

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра електроенергетики

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня **магістр**

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ,

(код та назва)

освітньо-професійної _____ програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: «Розрахунок режимів роботи та модернізація системи електропостачання системи електропостачання Приватного Науково-Виробничої Фірми «Гермет»

Здобувача групи ЕТ.М-31

(шифр групи)

Макухи Дмитра Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дмитро МАКУХА

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

старший викладач, к.т.н. Сергій ЛЕБЕДКА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Сумський державний університет

Факультет ЕЛІТ Кафедра електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о.зав.кафедри електроенергетики
С.М. Леbedка
“ ” 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Макухи Дмитра Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розрахунок режимів роботи та модернізація системи електропостачання
ПРИВАТНА НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА "ГЕРМЕТ"

затверджена наказом по університету № _____ від _____
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 05.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: навантаження металообробного цеху, розміри приміщення з існуючим
навантаженням, відомості рівнів сонячної інсоляції міст, середня споживана електроенергія протягом
дня та року.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно
вирішити):

Вступ

Електротехнічний розрахунок (коротка характеристика технологічного процесу ПНВФ ГЕРМЕТ,
визначення розрахункових електричних навантажень цеху, світлотехнічний розрахунок системи
освітлення, компенсація реактивної потужності, вибір перерізу провідників, розрахунок струмів КЗ,
вибір захисної апаратури для електроустаткування).

Науково-дослідна частина (аналіз зниження втрат, вибір сонячного обладнання)

Охорона праці (законодавство про альтернативні джерела енергії, дотримання безпеки при монтажі
та обслуговуванню СЕС, причини травматизму та запобіжні заходи при експлуатації сонячної
електростанції).

Економічна частина (розрахунок загальних витрат на побудову сонячної станції, розрахунок
ефективності роботи СЕС із заданими параметрами)

Висновки (зробити висновок за отриманими розрахунками)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Затвердження теми та завдання магістерської роботи	15.10	
2	Вихідні дані для розрахунку	15.10—25.10	
3	Електротехнічний розрахунок	25.10—15.11	
4	Охорона праці	15.11—20.11	
5	Економічний розрахунок	20.11—01.12	
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12—05.12	
7	Здача на кафедрі в паперовому та електронному вигляді	05.12	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Реферат

Пояснювальна записка містить 50 с., 4 рис., 16 табл., 15 джерел інформації.

Бібліографічний опис: Макуха Д.М. Модернізація системи електропостачання ПНВФ Гермет: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Д.М. Макуха; наук. керівник С.М. Лебедка . - Суми: СумДУ

Ключові слова: електропостачання, струм короткого замикання, світлотехнічний розрахунок, автоматичний вимикач, напруга; електропостачання, струм короткого замикання, , СЕС, power supply, short circuit current, light engineering calculation, transformer, inverter.

Об`єкт модернізації – електропостачання механічного цеху.

Тема роботи: Розрахунок режимів роботи та модернізація системи електропостачання ПНВФ Гермет.

Короткий огляд : За даними номінальних потужностей обладнання було визначено і розраховане розрахункове навантаження методом коефіцієнту попиту. Обрані перерізи провідників силових живлючих кабелів, проводів силової розподільчої мережі за допомогою метода найбільшого допустимого струму. Всі провідники узгоджені з відповідними апаратами захисту.

Розраховано струми короткого замикання, з огляду на значення яких було обрано апарати захисту.

Проведено моделювання аварійних режимів, з метою аналізу їх впливів на мережу, використовувалися методи обчислення системи внутрішньо цехового електропостачання, були додатково поглиблені знання шляхом самостійного опрацювання матеріалу, відповідно до теми магістерської роботи.

Перелік скорочень

ЧПУ – числове програмне управління

СРШ – силова розподільна шафа

ЕП – електроприймачі

ЕД – електродвигун

АД – асинхронний двигун

СД – синхронний двигун

ТП – трансформаторна підстанція

ЛЕП – лінія електропередач

КП – компенсуючі пристрої

РП – розподільний пункт

ЩРО – щит розподільчий освітлення

КЗ – коротке замикання

СЕС – сонячна електростанція

Зміст

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1: РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Коротка характеристика технологічного процесу ПНВФ «ГЕРМЕТ»	8
1.2 Визначення розрахункових електричних навантажень цеху.....	8
1.3 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення	14
1.4 Компенсація реактивної потужності.....	15
1.4 Вибір перерізу провідників.....	18
1.5 Розрахунок струмів КЗ.....	21
1.6 Вибір захисної апаратури для електроустаткування.....	27
РОЗДІЛ 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	31
3.ОХОРОНА ПРАЦІ	38
4.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	45
ВИСНОВОК	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	50

					МР 3.8.141.458 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	«Розрахунок режимів роботи та модернізація системи електропостачання ПНВФ «Гермет»	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Розроб.</i>		Макуха Д.М.					6	50
<i>Перевір.</i>		Лебедка С.М.				СумДУ ЕТМ-31		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

В даній магістерській роботі розраховувалась система електропостачання механічного цеху «ПНВФ Гермет», а також заходи що до покращення електропостачання і значного зменшення витрати електричної енергії.

В дипломному проекті буде модернізована система внутрішньо-цехового електропостачання, яка зможе забезпечити споживачів електричною енергією необхідної якості та надійності електропостачання.

Для виконання поставленої задачі, робота системи електропостачання в нормальних, форсованих і аварійних режимах буде підтверджена відповідними розрахунками.

Для цього будуть відібрані такі схемні та технічні рішення, щоб у нормальному режимі система характеризувалася економічністю, в форсованому режимі забезпечувала заданий рівень надійності в електропостачанні, а в аварійному режимі – швидко та вибірково відключався лише елемент з коротким замиканням.

Дане підприємство має споживання від двох окремо заведених ліній, протягнутих безпосередньо від ТП. Однак я розглядаю в розрахунку лише один цех підприємства та одну трифазну лінію постачання. В системі внутрішньо цехового електропостачання відбувається розподіл електричної енергії між групами та окремими електроприймачами напругою 0,4 кВ.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1: РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика технологічного процесу ПНВФ «ГЕРМЕТ»

Приватне підприємство займається механічним обробленням металевих виробів, дослідженням та експериментальними розробками у сфері природничих та технічних наук, виробництвом інструментів, підшипників, зубчастих передач, елементів механічних передач і приводів, ремонтом та технічним обслуговуванням машин і устаткування промислового призначення, та іншими видами діяльності, пов'язаними з механічним обробленням металевих виробів. Приймали участь в тендерних закупівлях.

За ці роки були розроблені і освоєні безліч нових металевих виробів, металургії, хімічної промисловості, комунального міського господарства, сільського господарства, військово-промислового комплексу і інших галузей народного господарства.

Підприємство освоїло широкий асортимент товарів народного споживання.

Завод здійснює сервісне обслуговування, своєчасне постачання запасних частин. Застосовується різне технологічне устаткування. Це, в першу чергу, верстатне устаткування, призначене для механічної обробки і виготовлення деталей на базі універсальних верстатів (токарних, фрезерних, свердлувальних, розточувальних і так далі), а також верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Шкідливими чинниками є шум, вібрації, запиленість, загазованість.

1.2 Визначення розрахункових електричних навантажень цеху.

При розрахунку силових навантажень важливе значення має правильне визначення електричного навантаження в усіх елементах силової мережі.

Завищення навантаження може привести до перевитрати провідникового матеріалу, здорожчання будівництва; зниження навантаження – до зменшення пропускної спроможності електричної мережі і неможливості забезпечення нормальної роботи силових електроприймачів.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок розпочинають з визначення номінальної потужності кожного електроприймача незалежно від його технологічного процесу середньої потужності: потужності, витраченій впродовж найбільш завантаженої схеми, і максимальної розрахункової потужності ділянки, цеху.

Номінальна потужність - це корисна потужність електроприймача, що здійснює роботу. Вона вказується в паспортних даних цих електроустановок, електродвигунів, та ін.

Дані про споживачів силової мережі наводяться в таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.1 – Дані про споживану потужність силової мережі

№ п/п	марка	Назва електроприймачів	Кількість	Встановлена потужність одного електроприймача, кВт
1	5M14	Верстат зубодолбежний вертикальний механічний універсальний напівавтомат.	1	3,55
2	1М63БФ101	Верстат токарно-гвинторізний	2	15
3	DOOTURN280	Токарний верстат із похилою станиною зі ЧПУ	2	11
4	CTX 400 S2	Токарний верстат з ЧПУ	1	21
5	Deckel Maho DMC	Вертикально-фрезерний верстат	1	45

Розрахункова електрична навантаження мережі освітлення наводиться в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. – Розрахункове електричне навантаження мережі освітлення

Розрахункове електричне навантаження мережі освітлення цеху	
P_{P0} , кВт	Q_{P0} , кВАр
0,9	0

Розраховуємо загальну потужність електроприймачів за формулою:

$$P_{заг} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (1.1)$$

де: P- потужність електроприймачів

$$P_{заг} = 3.55 + 15 + 15 + 11 + 11 + 21 + 45 = 121.55 \text{ кВт}$$

Приведемо схему живлення електроприймачів механічного цеху на рис. 1.2.1.

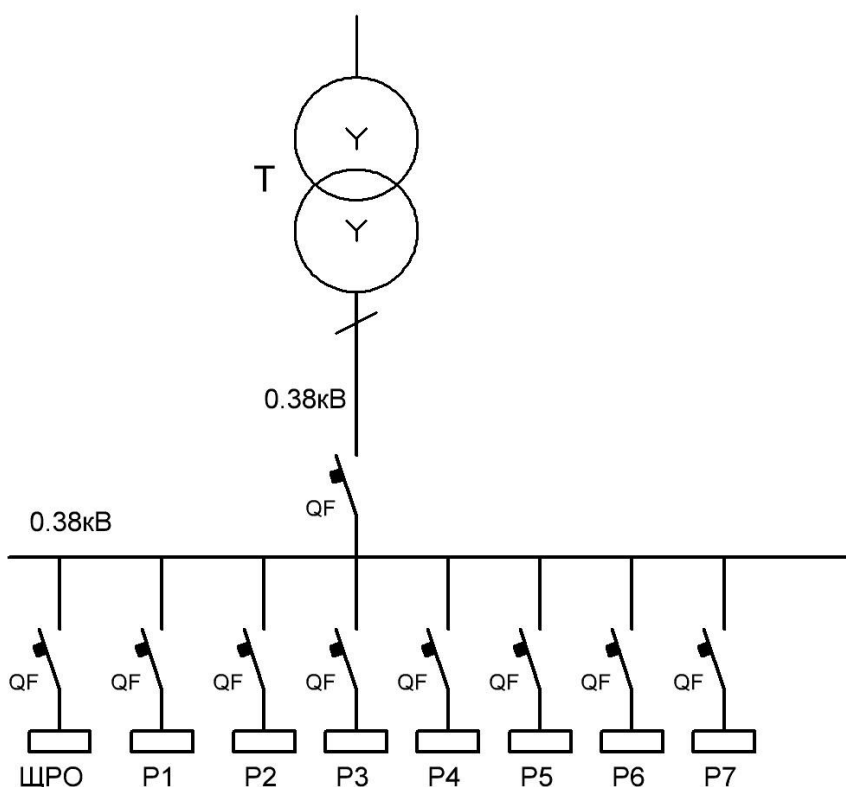


Рисунок 1.1 – Схема живлення електроприймачів механічного цеху

Вибираємо коефіцієнти використання для кожної групи споживачів:

Токарні, свердлувальні верстати - 0,3, вертикально-фрезерний 0,16; освітлення - 0,85. Знаходимо загальний коефіцієнт використання для групи електроприймачів за формулою (1.2)

						MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$K_{u\Gamma} = \frac{K_{uP1} * P_1 + K_{uP2} * P_2 + K_{uP3} * P_3 + K_{uP4} * P_4 + K_{uP5} * P_5 + K_{uP6} * P_6 + K_{uP7} * P_7}{P_{\Gamma P}} \quad (1.2)$$

$$K_{u\Gamma} = \frac{0.3 * 3.55 + 0.3 * 15 + 0.3 * 15 + 0.3 * 11 + 0.3 * 11 + 0.3 * 21 + 0.16 * 45}{121.55} = 0.248$$

Вибираємо коефіцієнти потужності $\cos\phi$. Розраховуємо значення $\operatorname{tg}\phi$ для кожного споживача за отриманим значенням, а для усієї групи за формулою (1.3)

$$\operatorname{tg}\phi_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{uP_{ni}} \operatorname{tg}\phi}{\sum_{i=1}^n K_{uP_{ni}}} = 0.874 \quad (1.3)$$

тоді $\cos\phi_{\Sigma} = 0.753$

Загальна активна потужність по ділянці розраховуємо за формулою:

$$P_o = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_2 + P_3 \quad (1.4)$$

$$P_o = 30.165 \text{ кВт}$$

Розрахуємо реактивні потужності, які використовувалися за формулою

$$Q_o = \sum K_{uP_n} \operatorname{tg}\phi, \text{ кВар} \quad (1.5)$$

$$Q_1 = 0,969 \text{ кВар}, Q_2 = 2,985 \text{ кВар}, Q_3 = 3,967 \text{ кВар}, Q_4 = 6,427 \text{ кВар}, Q_5 = 5,06 \text{ кВар},$$

Загальну реактивну потужність по ділянці розраховують за формулою:

$$Q_o = Q_1 + Q_2 + Q_2 + Q_3 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (1.6)$$

$$Q_o = 26,36 \text{ кВар}$$

Знайдемо ефективну кількість електроприймачів за формулою:

$$n_e = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2} \quad (1.7)$$

$$n_{e1} = 1 \text{ шт}, n_{e2} = 2 \text{ шт}, n_{e3} = 2 \text{ шт}, n_{e4} = 1 \text{ шт}, n_{e5} = 1 \text{ шт}$$

Загальна кількість ефективних електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2} = 4,66 \approx 4 \text{ шт, оскільки округлення потрібно приймати в меншу сторону;}$$

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо коефіцієнти розрахункового навантаження за значеннями “К” та “n” за таблицею методом інтерполяції, тоді загальний коефіцієнт розрахункового навантаження: $K_p = 1,78$

Визначимо розрахункову активну потужність за формулою:

$$P_p = K_p \sum K_u P_n \quad (1.8)$$

$$P_{p1} = 1,896, P_{p2} = 8,01, P_{p3} = 5,874, P_{p4} = 11,214, P_{p5} = 12,816$$

Загальна розрахункова активна потужність: $P_{p\partial} = 30,165 * 1,78 = 53,694 \text{ кВт}$

Визначимо розрахункову реактивну потужність. Оскільки в усіх випадках, $n_{e1} < 10$ використовуємо формулу

$$Q_p = 1,1 \sum K_u P_{ni} \text{tg} \varphi_i \quad (1.9)$$

$$Q_{p1} = 1,066 + 3,283 + 4,363 + 7,07 + 5,566 = 28,996 \text{ кВАр}$$

Загальна розрахункова реактивна потужність:

$$S_{p\partial} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.10)$$

$$S_{p1} = 1,44 \quad S_{p2} = 5,4 \quad S_{p3} = 5,16 \quad S_{p4} = 9 \quad S_{p5} = 8,8$$

Визначимо повну розрахункову потужність за формулою

$$S_{p\partial} = \sqrt{53,694^2 + 28,996^2} = 61,023$$

Визначимо розрахунковий струм за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} \quad (1.11)$$

Загальний розрахунковий струм по ділянці:

$$I_{p\partial} = \frac{61,023}{\sqrt{3} * 0,38} = 91,714 \text{ (А)}$$

Розрахункові данні вносимо до таблиці 2.3.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Розрахункові дані для всієї групи електроприймачів

Найменування	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
	Активна, кВт	Реактивна, кВАр	Повна, кВА	
5M14	1,896	1,066	1,44	2,188
1M63БФ101	16,02	6,566	10,8	16,408
DOOTURN280	11,748	8,726	10,32	15,68
CTX 400 S2	11,214	7,07	9	13,674
Deckel Maho DMC	12,816	5,566	8,8	13,37
Всього	53,694	28,996	61,023	92,714

При розрахунку пікових навантажень для магістралі, від яких живляться електроприймачі (ЕП). Найпотужніший електродвигун (ЕД) усієї групи ЕП - електродвигун вертикально-фрезерного верстату з важким режимом роботи номінальною потужністю 45 кВт, для якого з довідкових даних приймається коефіцієнт активної потужності $\cos\varphi = 0,7$, коефіцієнт використання 0,16

Номінальний струм ЕД визначається за формулою:

$$I_{\text{ном макс}} = \frac{P_{\text{ном д}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном.д}} \cos\varphi_{\text{ном.д}} \eta_{\text{ном.д}}} \quad (1.12)$$

$$I_{\text{ном макс}} = \frac{45 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,7 \cdot 1} = 97.672$$

Пусковий струм визначається за формулою:

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{пуск}} I_{\text{ном.ЕП}} \quad (1.13)$$

де $k_{\text{пуск}}$ - коефіцієнт пуску.

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними. Якщо вони відсутні, то відносно номінального струму ЕП величина пускового струму приймається:

- 5-кратною для асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором і синхронних двигунів (СД);

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2,5-кратною для двигунів постійного струму і АД з фазним ротором;
- 3-кратною для зварювальних трансформаторів.

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 97,672 = 488,36 \text{ (А)}$$

1.3 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення

На ділянці механічного цеху "Гермес" використовуються усі три види штучного освітлення: робоче, аварійне, евакуаційне. Метою розрахунку є визначення числа і типу джерел освітлення і їх розміщення. Призначення освітлювальної установки штучного освітлення - забезпечити можливість роботи при недостатності природного освітлення, а так само забезпечення безпеки людей в процесі роботи і при їх евакуації у разі аварії робочого освітлення. Розрахунок освітлювальної установки зробимо методом коефіцієнта використання світлового потоку. Світловий потік однієї лампи у світильнику визначається за формулою:

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta_{\text{л}}} \quad (1.14)$$

де $F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, лм; minE

E_{min} – мінімальна споживана освітленість, лк; k

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5 \div 2$;

S – площа приміщення, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N – кількість світильників, шт.;

n – кількість ламп в світильнику, шт.

$\eta_{\text{л}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку.

З данної формули виразимо кількість світильників

$$N = \frac{E_{\text{min}} \cdot k \cdot S \cdot Z}{F_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta_{\text{л}}} \quad (1.15)$$

де $F_{\text{л}} = 1600$ лм – освітлення виконуємо лампами потужністю 18 Вт;

$E_{\text{min}} = 200$ лк – зорова робота середньої точності;

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k=1.5$ – коефіцієнт запасу;

$E_{\min} = 200$ – площа приміщення;

$Z=1.15$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення для світлодіодних ламп;

$n=2$ – кількістю ламп в світильнику;

$\eta_n = 0.7$ – коефіцієнт використання світлового потоку для світильників з лампами накаливання.

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 192 \cdot 1,15}{1600 \cdot 2 \cdot 0,7} = 29,571$$

Приймаємо кількість світильників $N=30$ шт.

Світильники розміщуємо в п'ять рядів по 6 шт.

Із цієї формули отримаємо значення фактичної освітленості:

$$E_{\phi} = \frac{1600 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0,7}{1,5 \cdot 192 \cdot 1,15} = 202,899$$

Фактичне освітлення задовольняє мінімальним вимогам.

Окрім робочого освітлення, нормами передбачається установка аварійного, евакуаційного і охоронного освітлення. Аварійне освітлення призначається для продовження робіт там, де у разі відсутності робочого освітлення може порушуватися технологія, з'явитися небезпека вибуху, пожежі. Найменша освітленість робочої поверхні при цьому повинна складати 5 % від робочого освітлення, але не менше 2 лк в приміщенні і 1 лк на території підприємства. Евакуаційне освітлення передбачають для безпечної евакуації людей з приміщень. Це освітлення повинне забезпечувати освітленість 0,5 лк на підлозі або сходах і 0,2 лк на землі.

1.4 Компенсація реактивної потужності

Активну потужність електричної мережі отримують від генераторів електричних станцій, які є єдиним джерелом активної потужності. На відміну від активної потужності реактивна потужність може генеруватися не лише генераторами, але і компенсуючими пристроями, які можна встановити на підстанціях електричної мережі. При номінальному навантаженні генератори виробляють лише близько 60 %

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідної реактивної потужності, 20 % генерується в ЛЕП з напругою вище 110 кВ, 20% виробляють компенсуючі пристрої, розташовані на підстанціях або безпосередньо у споживача.

Компенсацією реактивної потужності називатимемо її вироблення або споживання за допомогою компенсуючих пристроїв. Проблема компенсації реактивної потужності в електричних системах країни має велике значення з наступних причин:

- 1) в промисловому виробництві спостерігається випереджаюче зростання споживання реактивної потужності в порівнянні з активною;
- 2) в міських електричних мережах зросло споживання реактивної потужності, обумовлене зростанням побутових навантажень
- 3) збільшується споживання реактивної потужності в сільських електричних мережах.

Компенсація реактивної потужності, як всякий важливий технічний захід, може застосовуватися для різних цілей.

По-перше, компенсація реактивної потужності потрібна за умовою балансу реактивної потужності.

По-друге установка компенсуючих пристроїв застосовується для зниження втрат електричної енергії в мережі.

По-третє, компенсуючі пристрої застосовуються для регулювання напруги. У усіх випадках при застосуванні компенсуючих пристроїв необхідно враховувати обмеження за наступними технічними і режимними вимогами:

- 1) необхідному резерву потужності у вузлах навантаження;
- 2) активних потужностей, що мається в розпорядженні на шинах її джерела;
- 3) відхиленнями напруги;
- 4) пропускних спроможності електричних мереж.

Для зменшення перетікань реактивної потужності по лініях і трансформаторах джерела реактивної потужності повинні розміщуватися поблизу місць їх споживання.

При цьому передавальні елементи мережі розвантажуються по реактивній потужності,

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чим досягається зниження втрат активної потужності і напруги. Як компенсуючі пристрої використовуються синхронні компенсатори, батареї конденсаторів, реактори і статичні джерела реактивної потужності.

Обґрунтування необхідності використання компенсуючих пристроїв в мережі напругою до 1000 В залежить від потужностей споживання. Потужність цих КП визначається при розрахунках систем внутрішньоцехового електропостачання. Максимальна реактивна потужність, яку доцільно передавати через трансформатор 6/0,4 кВ в мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта його завантаження β_T отримаємо

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{номТ})^2 - P_p^2} \quad (1.16)$$

де N – кількість трансформаторів ТП, шт.;

$S_{номТ}$ – повна номінальна потужність трансформатору цехової ПС, кВА;

P_p – розрахункова активна потужність цеху, кВт.

Якщо під коренем величина зі знаком “–” то приймають $Q_T = 0$.

$$Q_T = \sqrt{(1\beta_T S_{номТ})^2 - P_p^2} \quad (1.17)$$

В нашому випадку потужність трансформаторної підстанції невідома, також як і те, чи встановлено там КП. Але якщо допустити, що вона буде наприклад 400кВА, то в такому випадку потужність КП з конденсаторами номінальною напругою до 1 кВ

$$Q_{НК} = Q_p - Q_T \quad (1.18)$$

Q_p – розрахункова реактивна потужність цеху.

$$Q_T = \sqrt{(1\beta_T S_{номТ})^2 - P_p^2} \quad ()$$

Далі, згідно алгоритмом застосування приймається найближча стандартна величина потужністю Q , що обирається із спеціальної технічної літератури.

Кількість для двотрансформаторних цехових ПС має бути парною або однакової потужності. Якщо згідно розрахунків $Q_{нк} < 0$, то встановлювати конденсатори номінальною напругою до 1000В не потрібно, за умови, що вони вже встановлені

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

безпосередньо на головній трансформаторній підстанції.

1.4 Вибір перерізу провідників

У електричних мережах напругою до 1 кВ переріз живлячих мереж в основному вибирають за умовами нагріву або по економічній щільності струму тільки у разі великої кількості годин використання максимуму навантаження (вище 4000 - 5000 годин), яке в цехових електричних мережах буває дуже рідко. Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагріву їх електричним струмом в нормальному, форсованому і аварійному режимах. Якщо температура нагріву перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення і тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що приведе до порушення нормальної роботи системи, а у гіршому разі може привести до пожежі. Тому для усіх видів провідників і умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрів, який визначається двома ефектами теплової дії: максимально допустимою температурою і тепловим зносом ізоляції для цього режиму і класу ізоляції.

Виберемо переріз кабелів живлячої мережі механічного цеху для схеми живлення, яка приведена на Рис. 2. Застосуємо марку кабелю АВВГ, приймемо фактичну температуру довкілля $T_{cp} = 30^{\circ}C$.

Для кабелю марки ВВГ з довідкових матеріалів нормована тривало допустима температура жили $T_{жн} = 70^{\circ}C$, нормована температура середовища при прокладенні в повітрі $T_{cp.н} = 25^{\circ}C$. Тоді поправочний коефіцієнт на температуру довкілля визначається за формулою (1.19):

$$K_{cp} = \sqrt{\frac{T_{жн} - T_{cp}}{T_{жн} - T_{cp.н}}} \quad (1.19)$$

$$K_{cp} = \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 0,94$$

З таблиці 1.3.3 ПУЕ поправочний коефіцієнт на температуру довкілля також $K_{cp} = 0,94$

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При прокладенні кабелю усередині приміщення цеху поправочний коефіцієнт $K_{np} = 1$.

Для 5М14 (з урахуванням розрахункового струму та потужності 3,55кВт)
З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили 1,5 мм.кв. допустимий струм 19А.

За формулою (1.20)

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сп}} K_{\text{np}} I_{\text{доп}} \quad (1.20)$$

$$I'_{\text{доп}} = 0,94 * 1 * 19 = 17,86 \text{ А}$$

Таким чином умова виконується. З урахуванням номінальної потужності обладнання обираємо кабель ВВГ 4*1,5.

Для 1М63БФ101 (з урахуванням розрахункового струму та початкових даних потужності 15кВт кожного станку). З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили 4,0 мм.кв. допустимий струм 30А. За формулою (1.20) $I'_{\text{доп}} = 0,94 * 1 * 30 = 28,2 \text{ А}$ Таким чином умова виконується. З урахуванням номінальної потужності обладнання обираємо кабель ВВГ 4*4,0 до кожного станку.

Для DOTURN280 (з урахуванням розрахункового струму та потужності 11кВт кожного станку). З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили 2,5 мм.кв. допустимий струм 25А. $I'_{\text{доп}} = 0,94 * 1 * 25 = 23,5 \text{ А}$ Таким чином умова виконується. Обираємо чотирьохжильний кабель ВВГ 4*2,5.

Для СТХ400S2 (з урахуванням розрахункового струму та потужності 21кВт).
З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили 6,0 мм.кв. допустимий струм 40А.
 $I'_{\text{доп}} = 0,94 * 1 * 40 = 37,6 \text{ А}$ Таким чином умова виконується. Обираємо чотирьохжильний

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кабель ВВГ 4*6,0.

Для Deckel Maho DMC (з урахуванням розрахункового струму та потужності 45кВт). З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили 16,0 мм.кв. допустимий струм 75А.

$I'_{\text{доп}} = 0,94 * 1 * 75 = 70,5 \text{ А}$ Таким чином умова виконується. Обираємо чотирьохжильний кабель ВВГ 4*16.

Від лічильника до електрощитової цеху (з урахуванням розрахункового струму та загальної потужності цеху). З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили 25,0 мм.кв. допустимий струм 90А. $I'_{\text{доп}} = 0,94 * 1 * 90 = 84,6 \text{ А}$ Таким чином умова виконується. Обираємо чотирьохжильний кабель ВВГ 4*25.

Таблиця 1.4. Вибір перерізу кабелів живлячої мережі механічного цеху

Кабель	Потужність	Розмірність	Тип кабелю
Від електрощитової до 5М14	3.55	кВт	ВВГ 4*1,5
Від електрощитової до 1М63БФ101	15	кВт	ВВГ 4*4,0
Від електрощитової до DOOTURN280	11	кВт	ВВГ 4*2,5
Від електрощитової до СТХ 400 S2	21	кВт	ВВГ 4*6,0.
Від електрощитової до Deckel Maho DMC	45	кВт	ВВГ 4*16.
До електрощитової цеху	61	кВт	ВВГ 4*25.

1.5 Розрахунок струмів КЗ

У електричних установках можуть виникати різні види коротких замикань, що супроводжуються різким збільшенням струму. Тому електроустаткування, що встановлюється в системах електропостачання, має бути стійким до струмів короткого замикання і вибиратися з урахуванням величин цих струмів.

Розрізняють наступні види коротких замикань: трифазне, або симетричне, - три фази з'єднуються між собою; двофазне - дві фази з'єднуються між собою без з'єднання із землею; однофазне - одна фаза з'єднується з нейтраллю джерела через землю; подвійне замикання на землю - дві фази з'єднуються між собою і із землею.

Головними причинами виникнення таких коротких замикань в мережі можуть бути: ушкодження ізоляції окремих частин електроустановки; неправильні дії обслуговуючого персоналу; перекриття струмоведущих частин установки.

Коротке замикання в мережі може супроводжуватися: припиненням живлення споживачів, приєднаних до точок, в яких сталося коротке замикання; порушенням нормальної роботи інших споживачів, підключених до неушкоджених ділянок мережі, внаслідок пониження напруги на цих ділянках; порушенням нормального режиму роботи енергетичної системи.

Для відвертання коротких замикань і зменшення їх наслідків необхідно: усунути причини, що викликають короткі замикання; зменшити час дії захисту, що діє при коротких замиканнях; застосувати швидкодіючі вимикачі; застосувати АРН для швидкого відновлення напруги генераторів; правильно вичислити величини струмів короткого замикання і по них вибрати необхідну апаратуру, захист і засоби для обмеження струмів короткого замикання.

Для умов дипломного проекту струми КЗ визначаються тільки для одного ступеня напруги 0,4 кВ (внутрішньоцехове електропостачання).

Розрахунок струмів КЗ в електричних мережах до 1 кВ здійснюється в іменованих одиницях. Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу дротів і жил кабелів, конструкцію струмопроводов, характеристики

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньоцехового електропостачання варто виконати достовірний розрахунок струмів КЗ.

Проведені дослідження струмів КЗ в електричних мережах до 1 кВ свідчать, що фактичні струми КЗ значно нижчі розрахункових.

Для вибору апаратури і захисту, перевірки селективності їх дій визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, в цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захисту знаходять мінімальний струм КЗ; при цьому враховують усі перехідні опори контактів (рубильників, автоматичних вимикачів, статутних контактів, болтових з'єднань) і опір дуги в місці ушкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

- 1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;
- 2) максимально спрощувати і еквівалентувати усю зовнішню мережу до місця КЗ, індивідуально враховувати тільки автономні джерела і ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;
- 3) не враховувати струми намагнічення трансформаторів;
- 4) не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;
- 5) прийняти коефіцієнти трансформації трансформаторів, які дорівнюють співвідношенню середньої номінальної напруги (37; 20; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,4; 0,23 кВ) тих східців мережі, які зв'язують трансформатори;
- 6) не враховувати СД, АД або комплексне навантаження, якщо їх сумарний номінальний струм не перевищує 1,0 % від початкового діючого значення періодичною складеною струму трифазного КЗ без урахування підживлення від ЕД або комплексного навантаження.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо струм трифазного КЗ в початковий момент часу і ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К2, К3 для схеми на рисунок 1.2.

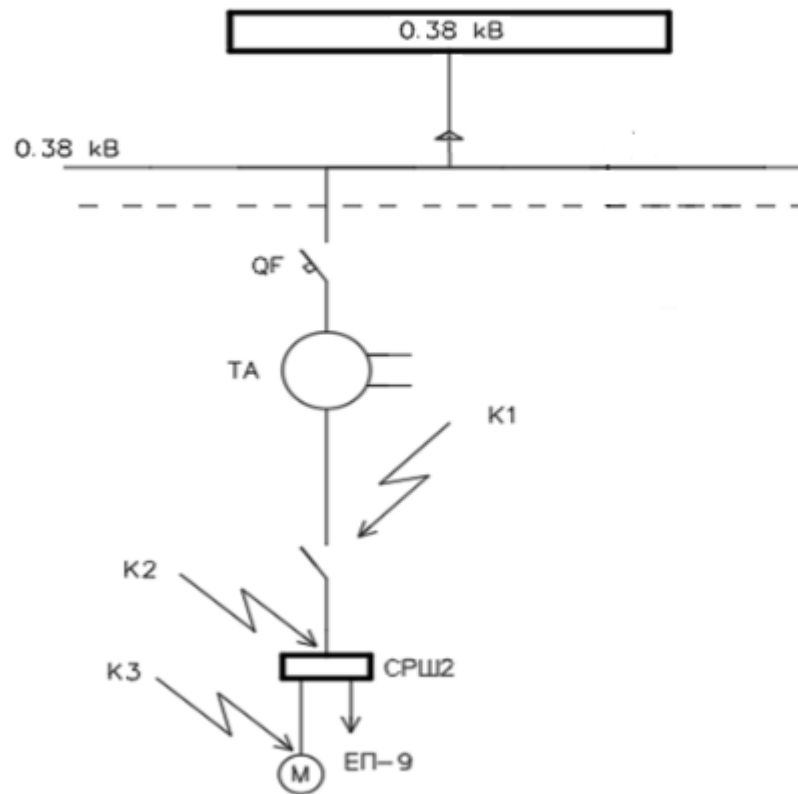


Рисунок. 1.2 - Розрахункова схема для розрахунку струмів трифазного КЗ.

Індуктивний опір системи визначається за формулою:

$$X_c = \frac{U_{ном.ср.НН}^2}{\sqrt{3} I_{к.ВН} U_{ном.ср.ВН}} \quad (1.21)$$

де $U_{ном.ср.НН}$ - середня номінальна напруга мережі, до якої приєднана обмотка ВН трансформатора, В

$I_{к.ВН} = I_{н0.ВН}$ - діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у виведень обмотки ВН трансформатора, кА

Отже $X_c = \frac{400^2}{\sqrt{3} * 6 * 10000} = 1,53$

Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	23	

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}} 10^6 \quad (1.22)$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100P_{к.ном}}{S_{ном.Т}}\right) \frac{U_{ном.ср.НН}^2}{S_{ном.Т}}} 10^4 \quad (1.23)$$

де $P_{к.ном}$ - номінальні втрати КЗ в трансформаторі, кВт;

$U_{ном.НН}$ - номінальна напруга обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

З каталожних даних втрати КЗ $P_{к.ном} = 5,5 \text{ кВт}$, напруга КЗ $u_{кз} = 4,5\%$

Тоді $R_T = 5,5 \text{ Ом}$, $X_T = 17,14 \text{ Ом}$

Тепер визначимо діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ в початковий момент в різних точках схеми. 1) Визначення струму трифазного КЗ в точці К1. Сумарні опори відносно точки до визначаються так:

$$R_{\Sigma K1} = R_{кб1} + R_T \quad (1.24)$$

$$X_{\Sigma K1} = X_C + X_{кбн} + X_T \quad (1.25)$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} \quad (1.26)$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K1}} \quad (1.27)$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К1.

Сумарні опори відносно точки К1 визначаються за формулами (1.24), (1.25), (1.26), інші необхідні значення вибираємо з довідника. Отримаємо наступне:

$$R_{\Sigma K1} = 30,22 \text{ мОм}, \quad X_{\Sigma K1} = 20,76 \text{ мОм},$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = \sqrt{30,22^2 + 20,76^2} = 36,66 \text{ мОм}$$

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 36,66} = 6,3 \text{ кА}$$

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	24	

Визначення струму трифазного КЗ в точці К2.

Сумарні опори відносно точки К2 визначаються так (1.24), (1.25), (1.26):

$$R_2 = 35,22 \text{ мОм}, X_{\Sigma K2} = 20,76 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = \sqrt{35,22^2 + 20,76^2} = 40,83 \text{ мОм}$$

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 40,83} = 5,66 \text{ кА}$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К3.

Сумарні опори відносно точки К3 визначаються так (1.24), (1.25), (1.26):

$$R_3 = 39,69 \text{ мОм}, X_{\Sigma K3} = 25,2 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = \sqrt{39,69^2 + 25,2^2} = 47,014 \text{ мОм}$$

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 47,014} = 4,91 \text{ кА}$$

Таблиця 1.5 - Результати розрахунку струмів трифазного КЗ в точках К2, К2-2, К3 електричної мережі 0,4 кВ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ в початковий момент, кА
К1	6,3
К2	5,66
К3	4,91

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності відключення лінії у разі пробою ізоляції і появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес складає мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде у кінці ділянки, яка захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацьовування захисту (запобіжника, розчіплювача автоматичного вимикача або вимикача або запобіжника в ланцюзі 6 (10) кВ, якщо захист в ланцюзі 0,38 кВ нечутлива).

Якщо потужність живлячої енергосистеми велика, початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевго КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ рекомендується визначати за формулою:

$$I_k^1 = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3}}; \quad (1.28)$$

де U_ϕ - фазна напруга мережі, В;

$Z_T^{(1)}$ - повний опір знижувального трансформатора струмами однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності і схеми з'єднання трансформаторів набуває з табличних даних.

Повний опір петлі «фаза-нуль» до точки К2 визначається за формулою:

$$Z_{nm} = Z_{уд. nm. kb} I_{kb} \quad (1.29)$$

З табличних даних вибираємо повні питомі опори ланцюга "фаза-нуль" для чотирижильних кабелів. Повний опір петлі "фаза-нуль" до точки К2 визначається за формулою (1.29), отримаємо $Z_{nm} = 5,8 \text{ мОм}$

Струм однофазного металевго КЗ в точці К2 $I_{k2}^1 = 15,9 \text{ кА}$

Повний опір петлі "фаза-нуль" до точки К3 визначається та струм однофазного металевго КЗ в точці К3 визначається за формулами з урахуванням довжини і відповідно буде дорівнювати $Z_{nm} = 8,7 \text{ мОм}$ $I_{k2}^1 = 13,2 \text{ кА}$

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К2, К3 наводяться в таблиці 1.6

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26	

Таблиця 1.6 - Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі напругою до 1 кВ

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
К2	15,9
К3	13,2

1.6 Вибір захисної апаратури для електроустаткування

У електричній мережі до 1 кВ вибір комутаційної апаратури, захисту і перерізи провідників взаємопов'язаний. Для захисту електричних мереж застосовують автоматичні повітряні вимикачі (автомати) і плавкі запобіжники. ПУЄ регламентує в ЕП до 1 кВ по режиму КЗ перевіряти тільки розподільні щити, струмопроводи і силові шафи. Струмообмежувальні запобіжники і автомати, а також автомати у яких струм відключення перевищує найбільш можливе значення струму КЗ, не вимагають перевірки їх стійкості до наскрізних струмів КЗ (на електродинамічну стійкість).

Автоматичний повітряний вимикач (автомат) - це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантажень) і нечастих включеннях і розмиканні в нормальних режимах роботи.

Для виконання захисних функцій в автоматичного вимикача застосовуються такі види розчіплювачів: тільки теплові або тільки електромагнітні, комбіновані (тепловий і електромагнітний), напівпровідникові, мікропроцесорні. Теплові розчіплювачі здійснюють захист від струмів перевантаження, електромагнітні, - від струмів КЗ.

Автоматичні вимикачі мають нерегульовані і регульовані розчіплювачі. У нерегульованих розчіплювачів відсутнє пристосування для регулювання уставки в процесі монтажу і експлуатації, вони відрегульовані на конкретний номінальний струм на заводі виготівнику. У регульованих розчіплювачів уставки регулюють

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	27	

шляхом впливу на механічну систему автомата або на спеціальний пристрій, який міняє час спрацьовування автоматичного вимикача. Для схеми внутрішньоцехового електропостачання приведеному на Рис. 2 виберемо необхідні автомати.

Вибираємо автомат з струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчіплювачами. Дані цього автоматичного вимикачу наводяться в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Триполюсний автоматичний вимикач ABB Formula A1B 125 TMF 100

Умови вибору	Каталожні дані
Номінальний струм (In)	100 A
Номінальний безперервний струм (Iu)	125A
Номінальна гранична потужність струму короткого замикання	18 kA
Номінальна імпульсна напруга (Uimp)	6 kV
Тип розчеплювача	TMF (Термомагнітний)
Номінальна напруга ізоляції (Ui)	690 V

Номінальна напруга цього автоматичного вимикача вибирається як:
 $690 \text{ V} > 380 \text{ V}$.

Номінальний струм $100\text{A} > 92.7$

При перевірці відключення струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ в точці К1.

Автоматичний вимикач, який захищає лінію від щита до 5M14 ABB Formula A1A 125 TMF 15

Таблиця 1.8 – Параметри вибору триполюсного автоматичного вимикача ABB Formula A1A 125 TMF 15

Умови вибору	Каталожні дані
Номінальний струм (In)	15 A
Номінальний безперервний струм (Iu)	125A
Номінальна гранична потужність струму короткого замикання	10 kA
Номінальна імпульсна напруга (Uimp)	6 kV
Тип розчеплювача	TMF (Термомагнітний)
Номінальна напруга ізоляції (Ui)	690 V

Автоматичний вимикач, який захищає лінію від щита до 1M63БФ101 ABB Formula A1A 125 TMF 25

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 1.9 – Параметри вибору триполюсного автоматичного вимикача АВВ Formula A1A 125 TMF 25

Умови вибору	Каталожні дані
Номинальний струм (In)	25 А
Номинальний безперервний струм (Iu)	125А
Номинальна гранична потужність струму короткого замикання	10 kA
Номинальна імпульсна напруга (Uimp)	6 kV
Тип розчеплювача	TMF (Термомагнітний)
Номинальна напруга ізоляції (Ui)	690 V

Автоматичний вимикач, який захищає лінію від щита до DOOTURN280 АВВ Formula A1A 125 TMF 20

Таблиця 1.10 – Параметри вибору триполюсного автоматичного вимикача АВВ Formula A1A 125 TMF 20

Умови вибору	Каталожні дані
Номинальний струм (In)	20 А
Номинальний безперервний струм (Iu)	125А
Номинальна гранична потужність струму короткого замикання	10 kA
Номинальна імпульсна напруга (Uimp)	6 kV
Тип розчеплювача	TMF (Термомагнітний)
Номинальна напруга ізоляції (Ui)	690 V

Автоматичний вимикач, який захищає лінію від щита до СТХ 400 S2 АВВ Formula A1A 125 TMF 32

Таблиця 1.11 – Параметри вибору триполюсного автоматичного вимикача АВВ

Умови вибору	Каталожні дані
Номинальний струм (In)	32 А
Номинальний безперервний струм (Iu)	125А
Номинальна гранична потужність струму короткого замикання	10 kA
Номинальна імпульсна напруга (Uimp)	6 kV
Тип розчеплювача	TMF (Термомагнітний)
Номинальна напруга ізоляції (Ui)	690 V

Автоматичний вимикач, який захищає лінію від щита до Deckel Maho DMC
ABB Formula A1A 125 TMF 70

Таблиця 1.12 – Параметри вибору триполюсного автоматичного вимикача АВВ

Умови вибору	Каталожні дані
Номінальний струм (I_n)	70 А
Номінальний безперервний струм (I_u)	125А
Номінальна гранична потужність струму короткого замикання	10 kA
Номінальна імпульсна напруга (U_{imp})	6 kV
Тип розчеплювача	TMF (Термомагнітний)
Номінальна напруга ізоляції (U_i)	690 V

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Для зниження втрат електроенергії розроблено декілька заходів. Всі заходи умовно можна поділити на три групи: організаційні, технічні і заходи по вдосконаленню систем розрахункового і технічного обліку електроенергії.

Організаційні заходи практично не вимагають для їх впровадження додаткових капіталовкладень. Технічні заходи вимагають капіталовкладень. Їх слід розділити на заходи з цільовим ефектом зниження втрат і заходу з відповідним зниженням втрат. Технічні заходи з цільовим ефектом зниження втрат розробляються спеціально для зниження втрат електроенергії.

Капіталовкладення в ці заходи окупляться цілком за рахунок зниження втрат. Термін окупності не повинен перевищувати нормативного значення, рівного 8,3 року. До технічних заходів з супутнім зниженням втрат відноситься практично усе введення електромережових об'єктів при розвитку енергосистеми за рахунок централізованих капітальних вкладень.

Слід зазначити, що зниження втрат електроенергії в мережах є частиною загального завдання підвищення економічності роботи енергосистеми. Не всяке зниження втрат в мережі підвищує економічність роботи енергосистеми в цілому. Також є з заходи, які підвищують економічність роботи енергосистеми в цілому і зменшують або збільшують втрати електроенергії в мережах залежно від особливостей їх режимів.

Зниження норм витрати електроенергії на одиницю продукції, що випускається, або на інший показник виробництва (виконуваний об'єм робіт, валовий випуск продукції) в першу чергу характеризує ефективність використання електроенергії. При цьому необхідно, щоб норми були оптимальними, встановленими на основі техніко-економічних розрахунків. Тут важливо підкреслити, що під оптимальною нормою розуміється об'єктивно необхідна витрата електроенергії на виробництво одиниці продукції або об'єму роботи за даних умов виробництва, обумовлений

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

організацією і технологією виробництва, технічним рівнем вживаного технологічного і енергетичного устаткування, технічним станом і режимом роботи виробничого устаткування.

Одним із сучасних заходів є встановлення сонячних панелей. Враховуючи попередні розрахунки, підприємство споживає постійно більше 30 кВт активної потужності та більше 60 кВА повної потужності. Для максимального покриття електроспоживання без під'єднання до зеленого тарифу.

Частина даху будинку дозволяє встановити сонячні панелі, наприклад потужністю 585 Вт кожна.

Розмір панелі моделі 585 наступний: 1135мм*2288мм. Враховуючи розміри даху 16.5м*6,5м, особливості його будови та направленість даху на південь, можна встановити лише 44 сонячні панелі, які будуть розташовані на даху механічного цеху та сусіднього приміщення (Рис. 2.1)

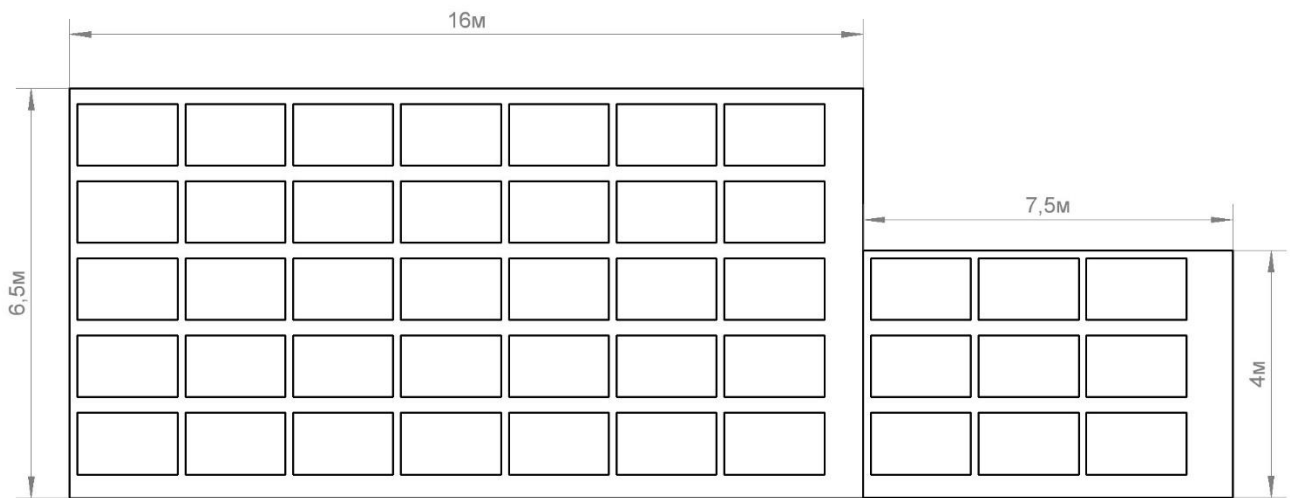


Рис. 2.1 Схема монтажу сонячних панелей

					МП 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міста/Місяці	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	Сер.
Вінниця	1.07	1.89	2.94	3.92	5.19	5.30	5.16	4.68	3.21	1.97	1.10	0.90	3.11
Дніпропетровськ	1.21	1.99	2.98	4.05	5.55	5.57	5.70	5.08	3.66	2.27	1.20	0.96	3.36
Донецьк	1.21	1.99	2.94	4.04	5.48	5.55	5.66	5.09	3.67	2.24	1.23	0.96	3.34
Житомир	1.01	1.82	2.87	3.88	5.16	5.19	5.04	4.66	3.06	1.87	1.04	0.83	3.04
Запоріжжя	1.21	2.00	2.91	4.20	5.62	5.72	5.88	5.18	3.87	2.44	1.25	0.95	3.44
Івано-Франківськ	1.19	1.93	2.84	3.68	4.54	4.75	4.76	4.40	3.06	2.00	1.20	0.94	2.94
Київ	1.07	1.87	2.95	3.96	5.25	5.22	5.25	4.67	3.12	1.94	1.02	0.86	3.10
Кропивницький	1.20	1.95	2.96	4.07	5.47	5.49	5.57	4.92	3.57	2.24	1.14	0.96	3.30
Луцьк	1.02	1.77	2.83	3.91	5.05	5.08	4.94	4.55	3.01	1.83	1.05	0.79	2.99
Луганськ	1.23	2.06	3.05	4.05	5.46	5.57	5.65	4.99	3.62	2.23	1.26	0.93	3.34
Львів	1.08	1.83	2.82	3.78	4.67	4.83	4.83	4.45	3.00	1.85	1.06	0.83	2.92
Миколаїв	1.25	2.10	3.07	4.38	5.65	5.85	6.03	5.34	3.93	2.52	1.36	1.04	3.55
Одеса	1.25	2.11	3.08	4.38	5.65	5.85	6.04	5.33	3.93	2.52	1.36	1.04	3.55
Полтава	1.18	1.96	3.05	4.00	5.40	5.44	5.51	4.87	3.42	2.11	1.15	0.91	3.25
Рівне	1.01	1.81	2.83	3.87	5.08	5.17	4.98	4.58	3.02	1.87	1.04	0.81	3.01
Суми	1.13	1.93	3.05	3.98	5.27	5.32	5.38	4.67	3.19	1.98	1.10	0.86	3.16
Сімферополь	1.27	2.06	3.05	4.30	5.44	5.84	6.20	5.34	4.07	2.67	1.55	1.07	3.58
Тернопіль	1.09	1.86	2.85	3.85	4.84	5.00	4.93	4.51	3.08	1.91	1.09	0.85	2.99
Ужгород	1.13	1.91	3.01	4.03	5.01	5.31	5.25	4.82	3.33	2.02	1.19	0.88	3.16
Харків	1.19	2.02	3.05	3.92	5.38	5.46	5.56	4.88	3.49	2.10	1.19	0.90	3.26
Херсон	1.30	2.13	3.08	4.36	5.68	5.76	6.00	5.29	4.00	2.57	1.36	1.04	3.55
Хмельницький	1.09	1.86	2.87	3.85	5.08	5.21	5.04	4.58	3.14	1.98	1.10	0.87	3.06
Черкаси	1.15	1.91	2.94	3.99	5.44	5.46	5.54	4.87	3.40	2.13	1.09	0.91	3.24
Чернігіє	0.99	1.80	2.92	3.96	5.17	5.19	5.12	4.54	3.00	1.86	0.98	0.75	3.03
Чернівці	1.19	1.93	2.84	3.96	4.54	4.75	4.76	4.40	3.06	2.00	1.20	0.94	2.94

Рисунок 2.2 – Таблиця рівнів сонячної інсоляції міст України, кВт·год /м²/ день

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики сонячної панелі

Характеристика	Значення	Одиниці виміру
Тип модуля	Монокристалічний	
Потужність модуля, P _{МАХ}	585	Вт
Номінальна напруга, U _{НОМ}	52,36	В
ККД	22,6	%
Струм при максимальній потужності	13.24	А
Напруга при максимальній потужності	44,21	В
Робочі параметри навколишнього середовища для даного фотомодуля	від - 40 до + 85	°С
Габарити	2278x1134x30	мм
Вага	27.2	кг

Формула розрахунку потужності сонячної панелі виглядає наступним чином

$$W = k \cdot P \cdot E \quad (2.1)$$

де k - фіксоване значення. Коефіцієнт k дорівнює 0,5 в літній та 0,7 в зимовий періоди.

P – потужність панелі, кВт

E – значення інсоляції за обраний період, $кВт \cdot год / м^2 / день$

Підставляючи всі відомі значення в формулу виходить наступне значення потужності, що видає одна панель в зимовий період:

$$W = 0,7 \cdot 585 \cdot 0,86 = 352,17 кВт \cdot год$$

Розрахункова кількість панелей визначається за формулою:

$$N = \frac{P_{доб}}{W} \quad (2.2)$$

$P_{доб}$ - максимальне добове споживання, кВт*год

W - розрахована потужність однієї сонячної панелі, кВт*год

Максимальне значення добового споживання з сонячної електростанції при наших параметрах даху $P_{доб} = 44 \cdot 352,17 = 15,5 кВт$

Значення інсоляції береться середнє за рік 3,16, при цьому коефіцієнт вибираємо 0,5, отримаємо $P_{рік} = 44 \cdot 585 \cdot 3,16 = 81340 кВт$

Оптимальний кут нахилу панелей в Україні прийнято вважати 35-45°, проте ідеальний кут буде залежати від місцевості.

Формула оптимальної широти для міста Суми

$$n = \text{географічна широта} \cdot 0,76 + 3,1^\circ$$

Отже, фотомодулі слід установити під нахилом:

$$n = 50,55^\circ \cdot 0,76 + 3,1^\circ = 41,5^\circ$$

За даними параметрами також необхідно підібрати інвертор, який підходив би під потужність встановленої гібридної СЕС. Серед запропонованих був вибраний гібридний інвертор Solis S5-GC30K. Його технічні характеристики

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	34	

наведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Характеристика інвертору для СЕС

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Номінальна потужність	30	кВт
Максимальна потужність	33	кВт
Мінімальна напруга масиву фотомодулів	200	В
Максимальна напруга масиву фотомодулів	1000	В
Номінальна вихідна напруга	220/230В	В
Максимальний вхідний струм	32	А
ККД	97	%
Розмір	647*252*629	мм
Захист від перевантажень	так	

Даний інвертор може працювати лише за наявності електричної мережі. Для роботи також доведеться встановити smart Meter для тих моментів, коли сонячні панелі будуть виробляти надмірні обсяги електроенергії для обмеження експорту в електричну мережу при відсутності зеленого тарифу.

Для з'єднання фотомодулів та підключення їх до інвертора, був вибраний спеціальний кабель Solar Energy H1Z2Z2-K перетином 6 мм² призначений для сонячних панелей і відповідає європейському стандарту EN50618 для Solar DC Cable.

Для підключення безпосередньо Solis до електричної мережі виберемо кабель за перерізом ВВГНГ5-16 з наступними параметрами

Характеристики	номінал
Кількість жил	5
Перетин жили, мм ²	16
Тип (маркування)	ВВГ нгд (не підтримує горіння, бездимний)
Виконання оболонки	нгд, нг-нд, нг-ls (не підтримує горіння, низький рівень диму)
Матеріал струмопровідної жили	Мідь
Характеристика жили	2 клас (7-ми жильна)
Матеріал оболонки	ПВХ

Для захисту інвертуру від перевантажень виберемо автоматику

Автоматичний вимикач	NOARK Ex9BS 3P C50 50A 4,5кА
Обмежувач перенапруг	Обмежувач імпульсної перенапруги ОПН Ex9UE клас 2 (C) 20кА 4P 275V AC plug-in технологія Noark
Пристрій захисного відключення (УЗО)	Ex9L-H 10кА 4P 63А 500mA тип AC, NOARK

SmartMeter (TAMP) – розумний лічильник SmartMeter, який не тільки виконує функції звичайного лічильника, а й запобігає перетоку електроенергії в центральну мережу. Для нашого випадку був вибраний розумний лічильник DTSU666-H 250A/50mA від компанії Huawei, що встановлюватиметься в існуючій шафі обліку на границі земельної ділянки. Пристрій працює у трифазній мережі. Його характеристика наведена в таблиці 2.3

						MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 2.3 – Характеристика лічильника

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Діапазон вхідної напруги (фазова)	від 176 до 288	В
Значення вхідного струму	до 250	А
Точність вимірювань напруги	± 0.5	%
Точність вимірювань струму	± 1	%

Максимальна генерація сонячних в літній сонячний день дозволить зекономити.

Ще одним способом економії може бути розділення загального освітлення на ділянках на дрібніші групи, встановлення індивідуальних світильників на верстатах з урахуванням горового освітлення.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.ОХОРОНА ПРАЦІ

Впродовж останніх років використання альтернативних джерел енергії для задоволення потреб господарств стало поширеним явищем в багатьох європейських країнах. Проте, в Україні досі відсутнє чітке законодавче регулювання використання сонячних панелей. Виробники сучасних екопристроїв пропонують розглядати їх як звичайні побутові електроприлади, тим самим усуваючи потребу в отриманні спеціальних дозволів.

Хоча законодавство України, зокрема Закон "Про альтернативні джерела енергії", встановлює певні вимоги для експлуатації альтернативних джерел енергії:

Безпека:безпечне виконання робіт та державний контроль за режимами споживання енергії. Енергетична безпека:забезпечення технічних і економічних потреб споживачів енергії.

Технологічні вимоги: дотримання вимог щодо виробництва, накопичення, передачі, постачання та споживання енергії.

Дотримання норм:дотримання єдиних державних норм, правил та стандартів усіма сторонами.

Експлуатаційні правила:дотримання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, встановлених відповідними нормативними актами.

Крім того, стаття 12 Закону України "Про альтернативні джерела енергії" передбачає обов'язкове забезпечення протиаварійного захисту та екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії.

Виконання вимог щодо альтернативних джерел енергії в Україні потребує комплексного підходу, охоплюючи не лише безпеку, але й технічні та організаційні аспекти. Закон "Про альтернативні джерела енергії" визначає важливі принципи:

Протидія аварійним ситуаціям: Для зменшення ризику та ліквідації наслідків аварій на об'єктах альтернативної енергетики мають бути дотримані державні стандарти. Це включає забезпечення належної системи безпеки та постійного технічного контролю.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розвиток та безпека: Створення умов для прогресу та підвищення безпеки експлуатації об'єктів альтернативної енергетики має бути відповідно до чинного законодавства.

Енергетична стабільність: Підтримка балансу енергетичної потужності та якості, виробленої з альтернативних джерел, гарантує стабільне функціонування в енергетичній системі України. Це стосується безперебійної інтеграції альтернативних джерел з основною мережею.

Сучасні системи захисту: Контроль за впровадженням сучасної протиаварійної автоматики та засобів зв'язку та управління об'єктами альтернативної енергетики є критично важливим. Це передбачає необхідність нагляду за їх ефективною роботою.

Захист від несанкціонованого втручання: Нагляд за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захистом від несанкціонованого втручання є необхідним елементом безпеки об'єктів.

Державний нагляд здійснює спеціально уповноважений орган та інші органи, відповідно до чинних правил Кабінету Міністрів України.

Особливості сонячних електростанцій (СЕС):

Для функціонування системи сонячних батарей, що передає енергію у мережу, потрібні додаткові пристрої. Це включає: інвертор (перетворення постійного струму на змінний), акумуляторні батареї (для накопичення енергії), та контролер заряду акумуляторів. Важлива роль належить стану свинцево-кислотних акумуляторних батарей, тому необхідно дотримуватися відповідних норм безпеки під час їх експлуатації, як описано в "Інструкції з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево-кислотних акумуляторних батарей". Дотримання правил безпеки експлуатації електроустановок (зокрема інверторів та контролерів) є обов'язковим.

Для безпечного використання сонячних батарей та пов'язаних з ними електроустановок важливо розуміти та дотримуватись принципів електробезпеки.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ізоляція струмовідних частин— це ключовий елемент безпеки. Діелектричні покриття запобігають випадковому дотику до струмовідних частин, захищаючи персонал від ураження електричним струмом.

Електрозахисні засоби— це вироби, які використовуються для захисту від ураження електричним струмом, дії електричної дуги та електромагнітного поля під час роботи з електроустановками. Їх поділяють на основні та додаткові:

Основні засоби:забезпечують надійний ізоляційний захист від напруги до 1000 В (рукавички, ізолювальні штанги, інструменти з ізольованими ручками, кліщі). Для роботи з напругою понад 1000 В використовуються більш потужні засоби (ізолювальні штанги, кліщі, покажчики напруги для фазування).

Додаткові засоби:підсилюють захист основних, використовуються у комплексі з ними (калоші, килимки, підставки) для додаткового захисту від електричних розрядів. Їхній захист часто залежить від конкретної напруги та умов роботи.

Огороджувальні засоби(щити, ширми, екрани) перешкоджають несанкціонованому наближенню до струмовідних частин, що знаходяться під напругою.

Нормативно-правові документи для використання сонячних батарей:

Закон України "Про використання альтернативних джерел енергії" (охоплює загальні принципи безпеки).

"Інструкція з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево-кислотних акумуляторних батарей".

Нормативні документи щодо електробезпеки, що стосуються експлуатації електроустановок (правила, стандарти).

Дотримання всіх зазначених заходів є ключовим для безпечного й ефективного використання сонячних батарей.

Обслуговування домашніх сонячних електростанцій (СЕС) може приховувати потенційні ризики виробничого травматизму та професійних захворювань. Важливо розуміти, що будь-яка робота з електрикою та пристроями на висоті потребує

					МР 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ретельного дотримання правил безпеки.

Потенційні причини травматизму на СЕС:

Електричний струм: Основний ризик. Ураження електричним струмом може призвести до опіків, електричних ударів та інших тяжких травм. Неправильна ізоляція, несправні компоненти або недбалість можуть створити ситуацію ризику.

Температурні перепади: Робота в умовах високих або низьких температур (зокрема, на відкритому повітрі) може призвести до опіків або обморожень.

Падіння з висоти: Якщо роботи ведуться на дахах або інших висотах, існує ризик падіння.

Комбіновані фактори: Ризик може бути значно вищим, якщо поєднуються кілька факторів. Наприклад, падіння з висоти та одночасне ураження електричним струмом.

Причини травматизму:

Технічні проблеми: Несправності обладнання, неналежне технічне обслуговування.

Санітарно-гігієнічні фактори: Неприятливі умови роботи (наприклад, погане освітлення, погані умови для відпочинку, недостатнє провітрювання).

Організаційні проблеми: Недостатньо чіткі інструкції, погано організовані робочі місця.

Психофізіологічні фактори: Втоmlюваність, відволікання, недостатнє тренування, нестача уваги до деталей.

Класифікація нещасних випадків:

Кількість потерпілих: одиничні або групові.

Тяжкість наслідків: легкі, тяжкі, летальні.

Причина: пов'язані з виробництвом, не пов'язані з виробництвом, але пов'язані з роботою.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запобіжні заходи перед початком роботи:

Правильний підбір та використання електрозахисних засобів (ІЗЗ) є ключовим. Належне планування роботи, чіткий розподіл завдань, регулярні перевірки обладнання та дотримання встановлених правил безпеки зменшать ризики травматизму. Перед початком будь-яких робіт на СЕС необхідні чіткі інструкції та навчання персоналу.

На початку кожної робочої зміни на СЕС важливо перевірити готовність робочого місця та обладнання, щоб запобігти ризикам.

Перевірка робочого місця та обладнання:

Перед початком роботи кожен працівник зобов'язаний перевірити робоче місце на відсутність несправностей, зокрема, перевірити стан обладнання, електропроводки та всіх пристроїв.

Якщо виявлено несправність, яку працівник не може усунути самостійно, він повинен негайно повідомити про це безпосереднього керівника.

Важливо ознайомитися з інформацією, наданою автоматизованою системою керування СЕС.

Обов'язково перевірити оперативний журнал, щоб ознайомитися з:

несправностями обладнання (найменування, години простою, дата/час виявлення, вжиті заходи, дата/час ремонту, причина, замінені деталі);

аварійними ситуаціями та вжитими заходами.

Наряд-допуск:

Кожен виробничий працівник (включаючи ремонтні служби), перед початком роботи на СЕС, повинен отримати наряд-допуск або розпорядження.

Наряд-допуск повинен містити інформацію про роботу, місце проведення, та час початку і закінчення.

Обов'язковим є інструктаж з правил безпеки під особистий розпис. Забезпечення засобами захисту. Працівники, які обслуговують електричну частину СЕС, повинні

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бути забезпечені всіма необхідними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) для безпечного виконання робіт.

Всі засоби захисту (у тому числі прилади, пристрої та інструменти) повинні проходити періодичні огляди та випробування, відповідно до вимог НАОП 1.1.10-1.07-82 "Правила використання та перевірки засобів захисту, що використовуються в електроустановках". Ця перевірка повинна проводитися перед кожним використанням.

Дотримання цих правил є критичним для запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпечної роботи на сонячних електростанціях.

Безпечні роботи на електрообладнанні СЕС:

Роботи на електрообладнанні, зокрема в контрольно-розподільчій шафі, СЕС, дозволяються тільки після повного зупинення станції та вимкнення всіх комутаційних апаратів, що з'єднують її з електричною мережею. Перед початком робіт необхідно дотримуватися таких важливих кроків:

Підготовка до роботи:

Отримання завдань та інструктаж: Отримання чіткого завдання та проходження повного інструктажу з безпеки є обов'язковим.

Ознайомлення з об'єктом: Ознайомлення з особливостями об'єкта та правилами монтажу СЕС (включаючи схеми, попередження та всі важливі регламенти).

Застосування захисного одягу: Обов'язкове використання захисного одягу, що відповідає вимогам безпеки.

Перевірка інструментів та засобів індивідуального захисту: Перевірка наявності, технічного стану інструментів, що потрібні для роботи, та наявність попереджувальних знаків.

Детальна перевірка засобів індивідуального захисту:

Виявлення дефектів: Огляд засобів на наявність зовнішніх пошкоджень (тріщин, проколів, розривів).

Перевірка термінів випробувань: Перевірка дат наступних випробувань (на штампі

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або етикетці).

Перевірка міцності: Перевірка міцності елементів засобів захисту, їх з'єднань, щоб гарантувати надійну експлуатацію.

Експлуатація СЕС:

Дотримання документів: Експлуатація СЕС здійснюється відповідно до документів, наданих виробником СЕС, враховуючи конкретні умови на площадці.

Забезпечення цілісності заземлення:

Під час виконання робіт на механічній та/або електричній частині СЕС необхідно забезпечувати цілісність захисного заземлення.

Перевірка заземлення: Для перевірки технічного стану заземлюючих пристроїв проводяться зовнішній огляд видимої частини та огляд із перевіркою цілісності електричних кіл між заземленням та елементами, що заземлюються.

Дотримання цих правил безпеки є ключовим для попередження нещасних випадків під час роботи з електрообладнанням та забезпечення безпечної експлуатації СЕС.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Загальні витрати складаються з капітальних та поточних витрат.

Капітальними витратами є одноразові вкладення, за допомогою яких підприємство збільшує обсяг основних засобів. Капітальні витрати включають в себе вартість сонячної електростанції, витрати на транспортування обладнання, будівельні роботи, роботи та обладнання по приєднанню до мереж енергосистеми.

Загальні капіталовкладення можна розрахувати за формулою:

$$K = K_{уст} + K_{пр} + K_{вст} + K_{обл} \quad (4.1)$$

де K – загальні капіталовкладення, грн

$K_{уст}$ - вартість сонячної установки, грн;

$K_{пр}$ - вартість проектних робіт по визначенні місця для встановлення сонячних установок, оформлення необхідної документації, грн;

$K_{вст}$ - вартість будівельних та монтажних робіт при встановленні сонячних установок, підключенні їх до електричної мережі та підприємства;

$K_{обл}$ - вартість додаткового обладнання для підключення СЕС.

Частину робіт на даний час, ми не враховуємо, наприклад дана станція працюватиме без «зеленого тарифу» (за домовленістю із замовників).

Підставивши знайдені елементи капітальних витрат у формул $K=305500$ грн.

Поточними називають короточасні витрати у даний звітний період. Річні витрати йдуть на технічне обслуговування, ремонт сонячних установок, амортизаційних відрахувань, заробітну плату обслуговуючому персоналу і визначається за формулою:

$$B = B_{ам} + B_{зн} \quad (4.2)$$

де B - річні експлуатаційні витрати, грн;

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$B_{ам}$ - амортизаційні витрати, грн

$B_{зп}$ - витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн

Таблиця 4.1 – Розрахунок вартості головних компонентів гібридної СЕС

Обладнання	Кількість од.	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
SOLIS 30 кВт Трифазний Мережевий інвертор для сонячної електростанції S5-GC30K	1	91152	91152
Сонячна батарея LONGI HPBC Ні-Мо6 LR5-72HTH-585M 30мм	44	3821	168100
Лічильник SmartMeter Huawei	1	7751	7751
Диференційний вимикач (ПЗВ) Ex9L-H 10кА 4P 63А 500mA тип АС, NOARK	1	3525	3525
Автоматичний вимикач NOARK Ex9BS 3P C50 50А 4,5кА С	1	667	667
Обмежувач імпульсної перенапруги ОПН Ex9UE клас 2 (С) 20кА 4P 275V АС plug-in технологія Noark	1	3137	3137
Модульний щит IP40, 24 модуля, 2X12, NOARK	1	1	960
Кабель H1Z2Z2-K ×6	115	68	7820
Разом $K_{уст}$	-	-	283100

Оскільки для обслуговування персонал не потрібен, то поточні витрати складатимуться тільки з амортизаційних витрат. Їх прийнято вважати рівними 1% від вартості всієї установки (окрім фотомодулів до неї входять також акумуляторні батареї та інвертор). Тоді амортизаційні витрати розраховуються за формулою:

$$B_{ам} = K_{уст} \cdot 1\% \quad (4.3)$$

Підставивши в $K_{уст} = 305500$ отримаємо $B_{ам} = 3000$ грн

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це приблизна середня річна сума, яка необхідна для підтримання установки в робочому стані.

Розрахунок зведених річних витрат на кіловат встановленої потужності проводиться за наступною формулою:

$$З = \frac{P_n \cdot K \cdot B}{P} \quad (4.4)$$

де Z – відносні зведені річні витрати на 1 кВт встановленої потужності, грн;

K – загальні капіталовкладення, знайдені за формулою (4.1), грн;

B – річні експлуатаційні витрати, знайдені за формулою (4.2), грн;

P – встановлена потужність об'єкту електропостачання, кВт;

P_n – нормативний коефіцієнт рентабельності що розраховується за допомогою відношення:

$$P_n = \frac{1}{T} \quad (4.3)$$

де T – економічний термін служби обладнання, років

Загальний термін експлуатації вибраних фотомодулів за даними виробника – більше 30 років, отже нормативний коефіцієнт матиме значення 0,033.

$$З = \frac{0,033 \cdot 305500 + 3000}{25} = 523 \text{ грн}$$

Ефективність роботи показує коефіцієнт використання встановленої потужності, що визначається за відношенням:

$$K_{\text{ввл}} = \frac{P_d}{P_{\text{пл}}} \quad (4.4)$$

де P_d – дійсне вироблення електроенергії за даний період часу, кВт·год;

$P_{\text{пл}}$ - планова електроенергія, яка може бути вироблена, якщо генератори будуть працювати весь час з 100% потужністю, кВт·год.

Гарантія на сонячні панелі складає 12 років. Після 10 років експлуатації фотомодуль втрачає не більше 6% потужності, після 20 років – не більше 15%. Отже кожного року установка втрачає близько 0,6% потужності.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо вироблену кількість електроенергії на найближчі 30 років, віднімаючи кожного року 0,6% від потужності за формулою (4.5)

$$P_d = \sum_i^n (P \cdot 1 - 0,06 \cdot (n - 1)) \quad (4.5)$$

де n – кількість років роботи;

P – розрахована потужність всіх фотомодулів за рік, кВт·год

$$P_d = 2521000$$

$$P_{пл} = 2522000$$

розраховується як добуток максимальної потужності панелей на їх кількість, на термін роботи. Отже ефективність роботи СЕС

$$K_{ввп} = \frac{P_d}{P_{пл}} = 1$$

Щоб визначити термін окупності установки скористаємося формулою (4.6)

$$T_{ок} = \frac{K + B}{E} \quad (4.6)$$

$T_{ок}$ - термін окупності СЕС, років

E – економія за рік, грн

Економія за рік визначається як добуток тарифу за електроенергію та кількості електроенергії, що довелося б купити без встановлення сонячної електростанції. Тариф, за якою купується електроенергія – 9,00 грн. Кількість не купленої електроенергії приблизно 81340 кВт*год за рік.

Термін окупності за формулою складатиме при роботі СЕС на ПНВФ «Гермет» складатиме 4,2 років. Але ця цифра є умовною, оскільки темпи зростання плати за електроенергію збільшуватимуться з часом.

						MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ВИСНОВОК

У дипломному проекті була модернізована система електропостачання механічного цеху ПНВФ Гермет. В ході проектування було запропоновано надійну і економічну систему електропостачання у відповідності до завдання та параметрів ДСТУ, яка забезпечує електробезпеку для робочих цеху, а також для обслуговуючого персоналу. Були проведені розрахунки, на основі яких було обрано оптимальне електричне устаткування, з запропонованого в каталогах заводів виробників. Була підтверджена працездатність СЕП в нормальних, форсованих і аварійних режимах. Елементи СЕП вибиралися з номенклатури сучасного електроустаткування, що випускається серійно в Україні, а при відсутності – в інших країнах. Розрахунки виконувалися за сучасними методиками. Запропоновано варіанти економії електричної енергії з урахуванням навантаження в світлу пору доби, розраховано параметри сонячної електростанції з обмеженням по кількості панелей. Кінцевим результатом є створений проект металообробного цеху ГЕРМЕС, який складається з схем, необхідних розрахунків режимів роботи, розрахунок кабелів та автоматики. В результаті виконання дипломного проекту були закріплені навички самостійного вирішення конкретного завдання проектування системи електропостачання механічного цеху. Розрахунки показали, що система електропостачання цеху зможе забезпечити споживачів електричною енергією відповідної якості і у необхідній кількості.

					MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. - 280 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. - 153 с.
3. Мельник Л.Г., Карінцева О.І., Сотник І.М. Економіка енергетики: Навчальний посібник. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2006. – 238 с.
4. Економіка підприємства : Навчальний посібник / Під общ. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мірошника. - Суми: ИТД "Університетська книга" 2002. - 632 с.9.
5. Возняк О. Т. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні / О. Т. Возняк, М. Є. Янів // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. Політехніка". Теорія і практика буд-ва. – 2010. – № 664.
6. Екологічний паспорт сумської області станом на 01.01.2022 [Режимдоступу]: <https://mer.gov.ua/news/39661.html>
7. Які нюанси роботи сонячної електростанції в зимовий період [Режим доступу]: <https://prel.prom.ua/n234221-yaki-nyuansi-roboti.html>
8. Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018. [Режим доступу]: <https://strategy-council.com/files/research/en/38.pdf>
9. Сонячні батареї: типи та принцип роботи [Режим доступу]: <https://comfordsellers.com.ua/sonyachni-batareyi-typu-ta-pryntsyup-roboty/>
10. Ефективність сонячних модулів у 2022 році [Режим доступу]: <https://avenston.com/articles/solar-panels-2022/>
11. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 "Теплоенергетика" /Уклад: В.І Шкляр, В.В. Дубровська, – К.: НТУУ "КПІ", 2015. – 52 с
12. Кобевник В.Ф. Охорона праці. К.: Вища шк., 1990. - 286 с., мул. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закладів. За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2004. - 408 с.
13. ДБН В.2.5. – 28 – 2018. “Природне і штучне освітлення”
14. ДСН 3.3.6.042 – 99.” Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”
15. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

						MP 3.8.141.458 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	50		