

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра Електропостачання і електроменеджменту**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис) Сергій Блаженко
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2023р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Сергій Балюта
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2023р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Електротехніка та інформаційні технології»
на тему: «Електропостачання заготівельного цеху Козятинського
тепловозоремонтного заводу з використанням сонячно – вітрового комплексу
для підвищення надійності електрозабезпечення»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ-5-7ск

Якимчук Юрій Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Шестеренко Володимир Євгенович
(прізвище , ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Сірик А.О.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2023р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.
І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та інформаційні технології»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“ ” _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Якимчук Юрій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Електропостачання заготівельного цеху Козятинського
тепловозоремонтного заводу з використанням сонячно – вітрового комплексу для
підвищення надійності електрозабезпечення»

керівник роботи професор. Шестеренко Володимир Євгенович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 11.11.2022 року № 809-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Призначення підприємства і його розміри.,
перелік споживачів і їх потужність. Розташування технологічного
обладнання в цеху.

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

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ.

Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема електропостачання цеху

2. Схема розташування обладнання у цеху.

3. Схема освітлення цеху.

4. Релейний захист трансформатора.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доц.Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 11.11.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	11.11.2022р	
2	Вступ	25.11.2022р	
	Вибір напруги живлячих та розподільчих мереж	08.12.2022р	
4	Розрахунок електричних навантажень цеху.	13.12.2022р	
5	Розрахунок електричних навантажень цеху.	20.12.2022р	
6	Вибір потужності трансформатора.	25.12.2022р	
	Розрахунок КЗ.	30.12.2022р	
8	Вибір апаратури розподільчої мережі, ШРА і СПМ.	02.01.2023р	
9	Вибір комутаційної та захисної апаратури	08.01.2023р	
10	Розрахунок розподільчої мережі.	15.01.2023р	
11	Спецпитання.	20.01.2023р	
12	Розробка заходів з охорони праці, техніки безпеки.	24.01.2023р	
13	Список літератури	28.01.2023р	
14	Здача дипломного проекту на перевірку	30.01.2023р	
15			
16			
17			

Здобувач _____
(підпис)

Якимчук Ю.В

Керівник роботи _____
(підпис)

Шестеренко.В.Є

Анотація

Якимчук Юрій Васильович. Дипломний проект на тему :

«Електропостачання заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу з використанням сонячно – вітрового комплексу для підвищення надійності електрозабезпечення»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2023
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 14 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 78 сторінок .

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень : схема електропостачання цеху, схема розташування обладнання цеху, схема освітлювальної мережі, силове обладнання цеху.

У проекті розглянуто характеристику підприємства і надано опис технологічного процесу. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантажень. Розраховано трансформатори головної понижувальної підстанції, а також розраховані кількість і потужність цехових трансформаторів. Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання заводу виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту і управління. Розраховано кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

У розділі охорона праці розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

Ключові слова : понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

Abstract

Yakymchuk Yury. Diploma project on the topic:

"Electricity supply of the procurement shop of the Kozyatyn locomotive repair plant using a solar-wind complex to increase the reliability of electricity supply"

National University of Food Technologies, Kiev -2023

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The added explanatory note consists of an introduction, 14 sections and a list of used literature. The project is 78 pages .

The description includes a graphical part consisting of four drawings: the general plan of the enterprise, the scheme of power supply of the plant, the scheme of power supply of the coloring workshop, lighting network, power equipment of the workshop.

The project examines the characteristics of the enterprise and provides a description of the technological process. Calculations of electrical loads were performed and load cartogram was built. Transformers of the main substation are calculated, as well as the calculated number and power of the department transformers. The calculation of operating currents was performed and the corresponding cables were selected. For the power supply system of the plant, the calculation of short-circuit currents was performed. Electrical protection and control devices are selected. The number and type of equipment for reactive power compensation was calculated.

The section labor protection considers possible emergencies and safety and protection of service personnel.

Keywords : low-power substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

Зміст

Завдання

Вступ

1. Електрична частина.....	11
1.1. Розрахунок навантаження заготівельного цеху.....	11
1.2. Компенсація реактивної потужності.....	19
1.3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	21
1.3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	21
1.3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	22
1.3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	23
1.3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних трас.....	24
1.3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній.....	26
1.4. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	30
1.4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі.....	30
1.4.2. Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ.....	37
1.4.3. Вибір електричних апаратів РП – 10 кВ.....	40
1.4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	42

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Якимчук Ю.В</i>					6	
Перевірив		<i>Шестеренко В.</i>						
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-7ск		

1.5. Якість електричної енергії.....	45
1.6. Електричне освітлення.....	47
2. Охорона праці.....	53
2.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання.....	53
2.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці.....	55
2.3. Практичний розрахунок.....	57
3. Спеціальне завдання.....	66
Список використаної літератури.....	78

					ДП 2023	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання

Тема – «Електропостачання заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу з використанням сонячно – вітрового комплексу для підвищення надійності електрозабезпечення».

Табл.1 Дані електроспоживачів цеху

Позиція	Обладнання	Кількість	Потужність, кВт
1-3	Карусельний фрезерний верстат	3	9
4,5	Заточувальні верстати	2	2,4
6,7	Наждачні верстати	2	2,6
8	Вентилятор припливний	1	25
9	Вентилятор витяжний	1	22
10	Поздовжньо-стругальний верстат	1	49
11,12	Плоскошліфувальний верстат	2	40
13-15	Поздовжньо-фрезувальний верстат	3	23
16-18	Різьбонарізний верстат	3	13
19,20	Токарно-револьверний верстат	2	21

					ДП 2023		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		<i>Якимчук Ю.В.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		<i>Шестеренко В.</i>				8	
Зав.кафедр.					Завдання		
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-7ск		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>					

21-28	Фрезерний напівавтомат	8	11
29,30	Зубофрезерний верстат	2	36
31-34	Зубофрезерний напівавтомат	4	13
35	Кран мостовий	1	33

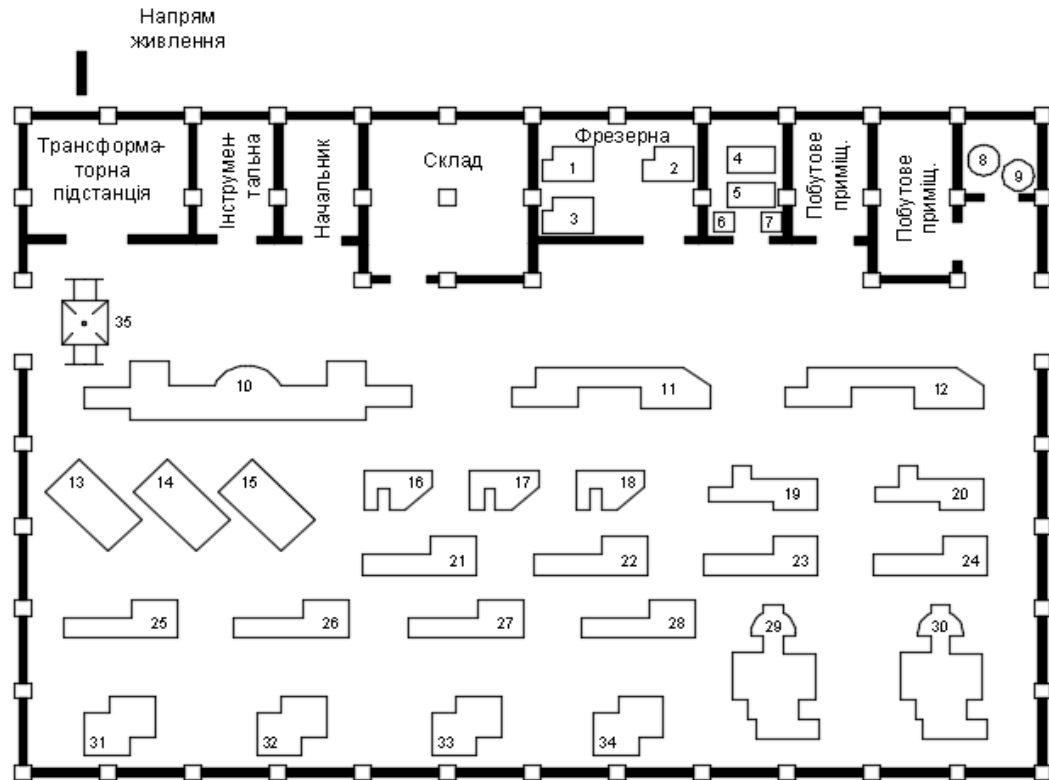


Рис.1 Генплан заготівельного цеху

Табл.2 Технічні вимоги до електроприймачів

Матеріал низьковольтного провідника	Al
Категорійність електроспоживачів	2

Розміри цеху : А x В x h = 72 м x 48 м x 8 м .

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Вступ

Завод спеціалізується на ремонті пасажирських тепловозів серії ТЕП70, універсальних магістральних тепловозів серії М62, вантажних 2ТЕ116, маневрових ТЕМ7 та ТГМ6, а також виробляє понад 170 найменувань запасних частин. Завод має налагоджене виробництво лиття та обробки деталей циліндро-поршневої групи дизелів та механічної обробки металевих виробів із застосуванням сучасних технологій. На тепловозоремонтному заводі налагоджено також ремонт вагоноуповільнювачів сортувальних гірок КВ-2, КВ-3. Окрім цього підприємство тепловозоремонтного заводу виготовляє дзвони різного розміру та тональності з унікальною можливістю відтворювати будь-яку запрограмовану мелодію.

Завод має потужну виробничу і ремонтну базу, яка включає ливарний цех, цехи механічної обробки, гальванічну ділянку, лабораторії з калібрування лінійно-кутових засобів вимірювання і засобів вимірювальної техніки, інші підрозділи. Тепловозоремонтний завод — підприємство метало- та енергоємне. Воно спеціалізується на випуску зубчатих коліс для тепловозів та електровозів, тепловозних теплообмінників, виробляє й інші запасні частини для рухомого складу залізничного транспорту.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Якимчук Ю.В.</i>						
Перевірив		<i>Шестеренко В.</i>					10	
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ4-7ск		

Розділ 1. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Розрахунок навантаження заготівельного цеху

Табл.1.1.1 Параметри електроприймачів заготівельного цеху

Козятинського тепловозремонтного заводу

Номер на генплані	Назва електроприймача	Кількість п, шт	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання, K_E	$\cos\varphi/tg\varphi$	Примітки
1-3	Карусельний фрезерний верстат	3	9	0,9	0,85/0,78	
4,5	Заточувальні верстати	2	2,4	0,6	0,95/0,66	
6,7	Наждачні верстати	2	2,6	0,75	0,96/0,65	
8	Вентилятор припливний	1	25	0,7	0,88/0,74	
9	Вентилятор витяжний	1	22	0,65	0,85/0,78	
10	Повздовжньо-стругальний верстат	1	49	0,9	0,82/0,81	
11,12	Плоскошліфувальний верстат	2	40	0,9	0,85/0,78	
13-15	Повздовжньо-фрезувальний верстат	3	23	0,6	0,95/0,66	
16-18	Різьбонарізний верстат	3	13	0,75	0,96/0,65	
19,20	Токарно-револьверний верстат	2	21	0,7	0,88/0,74	
21-28	Фрезерний напівавтомат	8	11	0,65	0,85/0,78	
29,30	Зубофрезерний верстат	2	36	0,9	0,9/0,72	
31-34	Зубофрезерний напівавтомат	4	13	0,75	0,86/0,76	
35	Кран мостовий	1	33	0,6	0,95/0,66	

					ДП 2023		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Якимчук. Ю.В			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Шестеренко В.				11	
Зав.кафедр.					Електрична частина ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-7ск		
Н. Контр.							
Затвердив		Балюта С.М					

Сумарна кількість електроприймачів заготівельного цеху - 35. 27-м електроприймачів відносяться до електроприймачів зі змінним навантаженням, 8-м – до електроприймачів з постійним графіком навантаження. Розрахунок виконуватимемо за методом впорядкованих діаграм.

Розрахунок потужності змінного режиму роботи в кількості 27 електроприймачів.

Номінальна потужність заточувального верстату:

$$P_{\text{НОМ.З.В.}} = n * P_{\text{ВСТ.З.В.}} = 2 * 2,4 = 4,8 \text{ кВт.}$$

Розрахунки для інших споживачів відразу записуємо в таблицю №1.1.3.

Сумарна номінальна потужність змінного навантаження:

$$P_{\text{НОМ.З.}} = \sum P_{\text{НОМ.і.}} = 380 \text{ кВт.}$$

Середня $P_{\text{СМ.З.В.}}$ заточувального верстату:

$$P_{\text{СМ.З.В.}} = K_{\text{В.З.В.}} * P_{\text{НОМ.З.В.}} = 0,6 * 4,8 = 2,9 \text{ кВт.}$$

Сумарна середня потужність змінного навантаження:

$$P_{\text{СМ.З.}} = \sum P_{\text{СМ.З.і.}} = 254,6 \text{ кВт.}$$

Середня $Q_{\text{СМ.З.В.}}$ заточувального верстату за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{СМ.З.В.}} = P_{\text{СМ.З.В.}} * \text{tg}\varphi_{\text{З.В.}} = 2,9 * 0,66 = 1,9 \text{ квар.}$$

Сумарна середня потужність змінного навантаження:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$Q_{см.з.} = \sum Q_{см.з.i.} = 184 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{P_{см.з.}}{P_{ном.з.}} = \frac{254,6}{380} = 0,67.$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{ном.з.})^2}{\sum_{i=1}^n P_{ном.з.}^2 * n} = \frac{380^2}{6843,04} = 21,1.$$

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(n_e, K_B)$$

Табл.1.1.2.

n_e/K_B	0,6	0,7
20	1,15	1,11
25	1,14	1,10

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1,12.$$

Активна розрахункова потужність змінного навантаження:

$$P_{р.з.} = K_M * P_{см.з.} = 1,12 * 254,6 = 285,2 \text{ кВт.}$$

Реактивна розрахункова потужність змінного навантаження:

$$Q_{р.з.} = Q_{см.з.} = 184 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_{рз} = \sqrt{P_{р.з.}^2 + Q_{р.з.}^2} = \sqrt{285,2^2 + 184^2} = 339,4 \text{ кВ * А.}$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Розрахунковий струм:

$$I_{p.з} = \frac{S_{p.з.}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{339,4}{\sqrt{3} * 0,4} = 490 \text{ А.}$$

Розрахунок потужності постійного режиму роботи в кількості 8 електроприймачів.

Номінальна активна потужність:

$$P_{\text{НОМ.П.}} = \sum P_{\text{НОМ.П.і}} = 228 \text{ кВт.}$$

Середня активна потужність:

$$P_{\text{СМ.П.}} = \sum P_{\text{СМ.П.і}} = 205,2 \text{ кВт.}$$

Середня реактивна потужність:

$$Q_{\text{СМ.П.}} = \sum Q_{\text{СМ.П.і}} = 157,5 \text{ квар.}$$

Розрахункова активна потужність:

$$P_{\text{р.п.}} = P_{\text{СМ.П.}} = 205,2 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{\text{р.п.}} = Q_{\text{СМ.П.}} = 157,5 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_{\text{р.п.}} = \sqrt{P_{\text{р.п.}}^2 + Q_{\text{р.п.}}^2} = \sqrt{205,2^2 + 157,5^2} = 258,7 \text{ кВ * А.}$$

Розрахунковий струм:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$I_{p.п.} = \frac{S_{p.п.}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{258,7}{\sqrt{3} * 0,4} = 373,4 \text{ А.}$$

Повна потужність силового навантаження заготівельного цеху Козятинського тепловозоремонтного заводу:

$$S_{\text{сил.}} = S_{p.з.} + S_{p.п.} = 339,4 + 258,7 = 598,1 \text{ кВ * А.}$$

Струм силового навантаження заготівельного цеху Козятинського тепловозоремонтного заводу:

$$I_{\text{сил.}} = \frac{S_{\text{сил.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{598,1}{\sqrt{3} * 0,4} = 863,3 \text{ А.}$$

Величина пікового струму заготівельного цеху Козятинського тепловозоремонтного заводу.

Для споживачів заготівельного цеху Козятинського тепловозоремонтного заводу зі змінним графіком навантаження:

$$I_{\text{пик.з.}} = i_{\text{пуск}}^{\text{ДВ}} + (I_{p.з.} - K_B * I_{\text{н.}}^{\text{ДВ}}),$$

де $i_{\text{пуск}}^{\text{ДВ}}$ – пусковий струм крана мостового;

$I_{p.з.}$ – розрахунковий струм електроприймачів заготівельного цеху Козятинського тепловозоремонтного заводу за змінним графіком роботи;

$I_{\text{н.}}^{\text{ДВ}}$ – номінальний струм крана мостового.

Найпотужніший двигун заготівельного цеху Козятинського тепловозоремонтного заводу:

Кран мостовий потужністю 33 кВт.

Номінальний струм:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$I_{н.}^{ДВ} = \frac{P_{н.}^{ДВ}}{\sqrt{3} * U_{н.м.} * \cos\varphi * \eta_{ДВ.}} = \frac{33}{\sqrt{3} * 0,4 * 0,95 * 0,85} = 59 \text{ А.}$$

Пусковий струм:

$$i_{пуск}^{ДВ} = K_{пуск} * I_{н.}^{ДВ} = 5 * 59 = 295 \text{ А,}$$

де $K_{пуск}$ – кратність пускового струму.

Піковий струм:

$$I_{пик.з.} = i_{пуск}^{ДВ} + (I_{р.з.} - K_B * I_{н.}^{ДВ}) = 295 + (490 - 0,6 * 59) = 749,6 \text{ А.}$$

Піковий струм постійного навантаження:

$$I_{пик.п.} = I_{р.п.} = 373,4 \text{ А.}$$

Повний піковий струм виготовлення клейонки та бинтів Мартенса:

$$I_{\Sigma пик} = I_{пик.з.} + I_{пик.п.} = 749,6 + 373,4 = 1123 \text{ А.}$$

Питома потужність для освітлення у виробничих приміщеннях:

$$P_{пит} = 10 \dots 15 \text{ Вт/м}^2.$$

Площа заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу:

$$S = a * b = 72 * 48 = 3456 \text{ м}^2.$$

Активна потужність освітлення заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу:

$$P_{ос.} = P_{пит} * S = 12 * 3456 = 41472 \text{ Вт.}$$

Реактивна потужність освітлення заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$Q_{oc.} = P_{oc.} * tg\varphi = 41\,472 * 0,284 = 11\,778 \text{ квар},$$

$$\text{де, } \cos\varphi = 0,97, tg\varphi = \arccos(0,96) = 0,284.$$

Повна потужність освітлення заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу:

$$S_{oc.} = \sqrt{P_{oc.}^2 + Q_{oc.}^2} = \sqrt{41,472^2 + 11,778^2} = 43,11 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Струм освітлення заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу:

$$I_{oc.} = \frac{S_{oc.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{43,11}{\sqrt{3} * 0,4} = 62,22 \text{ А}.$$

Загальна потужність заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу:

$$S_{роз.} = S_{сил.} + S_{oc.} = 598,1 + 43,11 = 641,21 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Повний розрахунковий струм цеху виготовлення клейонки та бинтів Мартенса:

$$I_{роз.} = \frac{S_{роз.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{641,21}{\sqrt{3} * 0,4} = 925,51 \text{ А}.$$

Табл.1.1.3. Характеристика навантаження

№	Обладнання	п	Рном, кВт		К в	cosφ / tgφ		Рсм, кВт	Qсм, квар	ne	К m	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВ*А	Ip, А
			од ног о	всі х		cosφ	tgφ								
4 5	Загочувальні верстатти	2	2,4	4,8	0,6	0,95	0,66	2,88	1,9						
6 7	Наждачні верстатти	2	2,6	5,2	0,75	0,96	0,65	3,9	2,54						
8	Вентилятор припливний	1	25	25	0,7	0,88	0,74	17,5	12,95						

					ДП 2023					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						17

9	Вентилятор витяжний	1	22	22	0,65	0,85	0,78	14,3	11,15						
13-15	Поздовжньо-фрезувальний верстат	3	23	69	0,6	0,95	0,66	41,4	27,32						
16-18	Різьбонарізний верстат	3	13	39	0,75	0,96	0,65	29,25	19,01						
19,20	Токарно-револьверний верстат	2	21	42	0,7	0,88	0,74	29,4	21,76						
21-28	Фрезерний напівавтомат	8	11	88	0,65	0,85	0,78	57,2	44,62						
31-34	Зубофрезерний напівавтомат	4	13	52	0,75	0,86	0,76	39	29,64						
35	Кран мостовий	1	33	33	0,6	0,95	0,66	19,8	13,07						
	Сумарне змінне навантаження	27		380	0,67			254,6	184	21,1	1,12	285,2	184	339,4	490
1-3	Карусельно-фрезерний верстат	3	9	27	0,9	0,85	0,78	24,3	19						
10	Поздовжньо-стругальний верстат	1	49	49	0,9	0,82	0,81	44,1	35,72						
11,12	Плоскошліфувальний верстат	2	40	80	0,9	0,85	0,78	72	56,16						
29,30	Зубофрезерний верстат	2	36	72	0,9	0,9	0,72	64,8	46,66						
	Сумарне постійне навантаження	8		228	0,9			205,2	157,5			205,2	157,5	258,7	373,4
	Сумарне силове навантаження	35										490,4	341,5	598,1	863,3
	Сумарне освітлювальне навантаження											41,472	11,778	43,11	62,22
	Сумарне навантаження цеху											531,872	353,278	641,21	925,51

1.2. Компенсація реактивної потужності

Реактивна потужність, яку потрібно компенсувати дорівнює:

$$Q_{\text{КУ}} = Q_{\text{р}} = 353,28 \text{ квар.}$$

Для компенсації вищенаведеної реактивної потужності обираю до встановлення КУ (конденсаторну установку) УКМ58-0,4-402-67 УЗ.

Перевірка за умовою:

$$Q_{\text{КУ}} \geq Q_{\text{р}}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 402 \text{ квар} > Q_{\text{р}} = 353,28 \text{ квар.}$$

Результуючий коефіцієнт потужності:

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{роз}}}{S_{\text{роз}}} = \frac{531,872}{\sqrt{531,872^2 + (353,28 - 402)^2}} = 0,99.$$

Як апарат захисту КУ та провідників до неї, потрібно обрати АВ (автоматичний вимикач) з комбінованим розчіплювачем.

Номинальний струм АВ:

$$I_{\text{КУ}} = \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НОМ}}} = \frac{402}{\sqrt{3} * 0,4} = 580,24 \text{ А.}$$

Обираю ВА5739 - 34 триполюсний:

$$I_{\text{НОМ.розч}} = 630 \text{ А} > I_{\text{НОМ.КУ}} = 580,24 \text{ А};$$

$$I_{\text{НОМ.АВ}} = 630 \text{ А} = I_{\text{НОМ.розч.}} = 630 \text{ А.}$$

Конденсатори УКМ58 з'єднані за схемою трикутника.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Для можливості дистанційного комутування приєднання/від'єднання КУ від шин ТП (трансформаторної підстанції) черговим персоналом або диспетчером передбачаю встановлення триполюсного контактора.

Обираю КТИ – 7630 ІЕК триполюсний:

$$I_{\text{НОМ.КОНТ}} = 630\text{А} > I_{\text{НОМ.КУ}} = 580,24\text{ А.}$$

					ДП 2023	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

Схему внутрішнього електропостачання цеху необхідно обирати виходячи категорії надійності електропостачання споживачів цеху, територіального розмщення технологічного обладнання, геометричних особливостей цеху, місця розміщення ЦТП (цехової трансформаторної підстанції), техніко-економічного обґрунтування тому подібне.

Внутрішнє електропостачання можна виконувати за радіальною схемою, магістральною та кільцевою.

Радіальна схема дає перевагу в надійності електропостачання, магістральна схема дає перевагу в гнучкості та економічності, а кільцева – в гнучкості та надійності електропостачання але при цьому варіанті збільшуються струми КЗ (короткого замикання) та витрати на реалізацію даної схеми електропостачання.

Конкретно для нашого цеху, враховуючи всі відомі вихідні дані, доцільним буде використовувати змішану схему електропостачання – одні ділянки виконувати за магістральною схемою, інші – за радіальною.

1.3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції

Згідно з генеральним планом заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу для цехової підстанції передбачено приміщення. Враховуючи розміщення приміщення, ЦТП буде вбудованого типу.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Кількість трансформаторів які будуть встановлюються в ЦТП – 2. Ця кількість обґрунтовується тим, що згідно з вихідними даним категорійність електропостачання споживачів є II-ою.

Потужність пари трансформаторів враховується з компенсацією реактивної потужності:

$$S_p \approx P_p = 531,872 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Бажана потужність трансформатора:

$$S_{\text{тр.баж}} = \frac{S_p}{n_{\text{тр}} \cdot \beta_{\text{т}}} = \frac{531,872}{2 \cdot 0,7} = 379,91 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Згідно з $S_{\text{тр.баж}}$, потрібна пара масляних трансформаторів типу ТМ-400/10.

Фактивний коеф. завантаження в нормальному режимі:

$$\beta_{\text{т.ф.н.}} = \frac{S_p}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{531,872}{2 \cdot 400} = 0,665,$$

що відповідає умові $\beta_{\text{т.ф.н.}} \leq \beta_{\text{т}} \Rightarrow 0,665 < 0,7$.

Фактичний коеф. завантаження в післяаварійному режимі:

$$\beta_{\text{т.ф.п.}} = \frac{S_p}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{531,872}{1 \cdot 400} = 1,33$$

що відповідає умові $\beta_{\text{т.ф.п.}} \leq \beta_{\text{т}} \Rightarrow 1,33 < 1,4$.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Табл.1.3.2.1 Технічні дані ТМ – 400 /10 .

Тип	$S_{\text{тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	$P_{\text{х}}$	$P_{\text{к}}$		
ТМ – 400/10	400	10	0,4	1,05	5,5	4,5	2,1

Реактивні втрати х.х. одного трансформатора:

$$\Delta Q_{\text{х}} = S_{\text{тр.}} * \frac{I_{\text{х}}}{100} = 400 * \frac{2,1}{100} = 8,4 \text{ квар};$$

Реактивні втрати к.з. одного трансформатора:

$$\Delta Q_{\text{к}} = S_{\text{тр.}} * \frac{U_{\text{к}}}{100} = 400 * \frac{4,5}{100} = 18 \text{ квар.}$$

Активні втрати х.х. одного трансформатора:

$$\Delta P_{\text{х}}' = \Delta P_{\text{х}} + k_e * \Delta Q_{\text{х}} = 1,05 + 0,05 * 8,4 = 1,47 \text{ кВт};$$

Активні втрати к.з. одного трансформатора:

$$\Delta P_{\text{к}}' = \Delta P_{\text{к}} + k_e * \Delta Q_{\text{к}} = 5,5 + 0,05 * 18 = 6,4 \text{ кВт.}$$

1.3.3. Вибір кількості, типу та розташування

розподільчих пристроїв

В ролі розподільчих пристроїв в нашій схемі електропостачання будуть використовуватися силові пункти типу СПА 77 які використовують АВ як апарати захисту відхідних ліній до окремих електроприймачів.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Кількість і розташування даних розподільчих пристроїв вказується в «Силова схема електропостачання».

1.3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних трас

Кабельні траси будуть виконуватися з прокладанням однієї частини електропроводки по перфорованому металевому лотку, а іншої в металевій трубі в підлозі.

Табл.1.3.4.1 – Траси і способи прокладання силової електропроводки

Найменування лінії	Спосіб прокладання силової електропроводки
Л1	По перфорованому металевому лотку
Л2	По перфорованому металевому лотку
Л3	По перфорованому металевому лотку
Л4	По перфорованому металевому лотку
Л5	По перфорованому металевому лотку
Л1-1	В металевій трубі в підлозі
Л1-2	В металевій трубі в підлозі
Л1-3	В металевій трубі в підлозі
Л1-4	В металевій трубі в підлозі
Л1-5	В металевій трубі в підлозі
Л1-6	В металевій трубі в підлозі
Л1-7	В металевій трубі в підлозі
Л2-8	В металевій трубі в підлозі
Л2-9	В металевій трубі в підлозі

Л2-11	В металевій трубі в підлозі
Л2-12	В металевій трубі в підлозі
Л2-20	В металевій трубі в підлозі
Л2-24	В металевій трубі в підлозі
Л3-10	В металевій трубі в підлозі
Л3-13	В металевій трубі в підлозі
Л3-14	В металевій трубі в підлозі
Л3-15	В металевій трубі в підлозі
Л3-25	В металевій трубі в підлозі
Л3-26	В металевій трубі в підлозі
Л3-35	В металевій трубі в підлозі
Л4-16	В металевій трубі в підлозі
Л4-17	В металевій трубі в підлозі
Л4-18	В металевій трубі в підлозі
Л4-21	В металевій трубі в підлозі
Л4-27	В металевій трубі в підлозі
Л4-31	В металевій трубі в підлозі
Л4-32	В металевій трубі в підлозі
Л4-33	В металевій трубі в підлозі
Л5-19	В металевій трубі в підлозі
Л5-22	В металевій трубі в підлозі
Л5-23	В металевій трубі в підлозі
Л5-28	В металевій трубі в підлозі
Л5-29	В металевій трубі в підлозі
Л5-30	В металевій трубі в підлозі
Л5-34	В металевій трубі в підлозі

1.3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній

Алюмінієві провідники обираємо по умові:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_{\text{з}} * I_{\text{з}}}{k_{\text{прок}}},$$

де $k_{\text{прок}}$ – коефіцієнт прокладання;

$k_{\text{з}}$ - кратність струму провідника до струму апарата захисту ;

$I_{\text{з}}$ – струм розчіплювача (плавкого запобіжника) апарата захисту.

Живлення електроприймачів будемо виконувати кабелем АВВГ-4х.../

Розрахуємо переріз жил для лінії Л1-1:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_{\text{з}} * I_{\text{з}}}{k_{\text{прок}}} = \frac{1,0 * 16}{1} = 16 \text{ А},$$

де $k_{\text{прок}} = 1$ – для багатожильних кабелів.

Для лінії Л1-1 обираємо кабель АВВГ-4х2,5.

Приймаємо групу складності – В.

Внутрішній діаметр труби:

$$D \geq 1,35 * (d * n_{\text{пр}}),$$

D – внутрішній діаметр труби, мм ;

d – зовнішній діаметр кабеля;

$n_{\text{пр}}$ – кількість кабелів.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$D \geq 1,35 * (d * n_{\text{пр}}) = 1,35 * 10,7 * 1 = 14,5 \text{ мм.}$$

Обираємо трубу з діаметром 15 мм.

Дані заносимо до таблиці 1.3.5.1.

Табл.1.3.5.1.

Ділянка траси	$I_3, \text{А}$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	Тип КЛ	Переріз і кількість жил мм^2	Діаметр труби, мм
Л1-1	16	16	АВВГ	4х2,5	15
Л1-2	16	16	АВВГ	4х2,5	15
Л1-3	16	16	АВВГ	4х2,5	15
Л1-4	4	16	АВВГ	4х2,5	15
Л1-5	4	16	АВВГ	4х2,5	15
Л1-6	4	16	АВВГ	4х2,5	15
Л1-7	4	16	АВВГ	4х2,5	15
Л2-8	50	55	АВВГ	4х16	32
Л2-9	40	55	АВВГ	4х16	32
Л2-11	80	105	АВВГ	4х50	70
Л2-12	80	105	АВВГ	4х50	70
Л2-20	40	55	АВВГ	4х16	32
Л2-24	20	21	АВВГ	4х4	20
Л3-10	100	105	АВВГ	4х50	70
Л3-13	40	55	АВВГ	4х16	32
Л3-14	40	55	АВВГ	4х16	32
Л3-15	40	55	АВВГ	4х16	32
Л3-25	20	21	АВВГ	4х4	20
Л3-26	20	21	АВВГ	4х4	20
Л3-35	50	55	АВВГ	4х16	32
Л4-16	20	21	АВВГ	4х4	20
Л4-17	20	21	АВВГ	4х4	20

Л4-18	20	21	АВВГ	4x4	20
Л4-21	20	21	АВВГ	4x4	20
Л4-27	20	21	АВВГ	4x4	20
Л4-31	25	25	АВВГ	4x6	25
Л4-32	25	25	АВВГ	4x6	25
Л4-33	25	25	АВВГ	4x6	25
Л5-19	40	55	АВВГ	4x16	32
Л5-22	20	21	АВВГ	4x4	20
Л5-23	20	21	АВВГ	4x4	20
Л5-28	20	21	АВВГ	4x4	20
Л5-29	63	65	АВВГ	4x25	40
Л5-30	63	65	АВВГ	4x25	40
Л5-34	25	25	АВВГ	4x6	25
Л1	63	65	АВВГ	4x25	-
Л2	320	2x165	2xАВВГ	4x95	-
Л3	320	2x165	2xАВВГ	4x95	-
Л4	160	165	АВВГ	4x120	-
Л5	250	2x135	2xАВВГ	4x70	-

Розрахуємо втрати напруги в головних радіальних лініях, а саме Л1, Л2, Л3, Л4 та Л5.

Формула для розрахунку у втрат напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0), \text{ В};$$

у відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\%.$$

Табл.1.3.5.2

Ділянка траси	Довжина траси, м	Тип КЛ	Переріз мм ² і кількість жил	$\frac{\Delta U, В}{\Delta U, \%}$
Л1	39,1	АВВГ	4x25	$\frac{4,3}{1,08}$
Л2	63,2	2хАВВГ	4x95	$\frac{4,3}{1,08}$
Л3	25,7	2хАВВГ	4x95	$\frac{1,8}{0,45}$
Л4	66,8	АВВГ	4x120	$\frac{4,5}{1,13}$
Л5	100,7	2хАВВГ	4x70	$\frac{7,5}{1,9}$

За результатами таблиці №1.3.5.2 робимо висновок що втрати напруги в головних радіальних лініях в межах допустимих норм.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

1.4 .Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів

Розрахунок струмів КЗ (короткого замикання) виконується з метою перевірки апаратів захисту і провідників до термічної і електродинамічної дії струму КЗ. Ця перевірка необхідна для того, щоб у випадку виникнення КЗ у певній точці системи електропостачання, апарати захисту змогли відімкнути струм КЗ і зберегти свою працездатність, а провідники – витримати термічну дію струму КЗ впродовж часу спрацювання апарата захисту.

1.4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

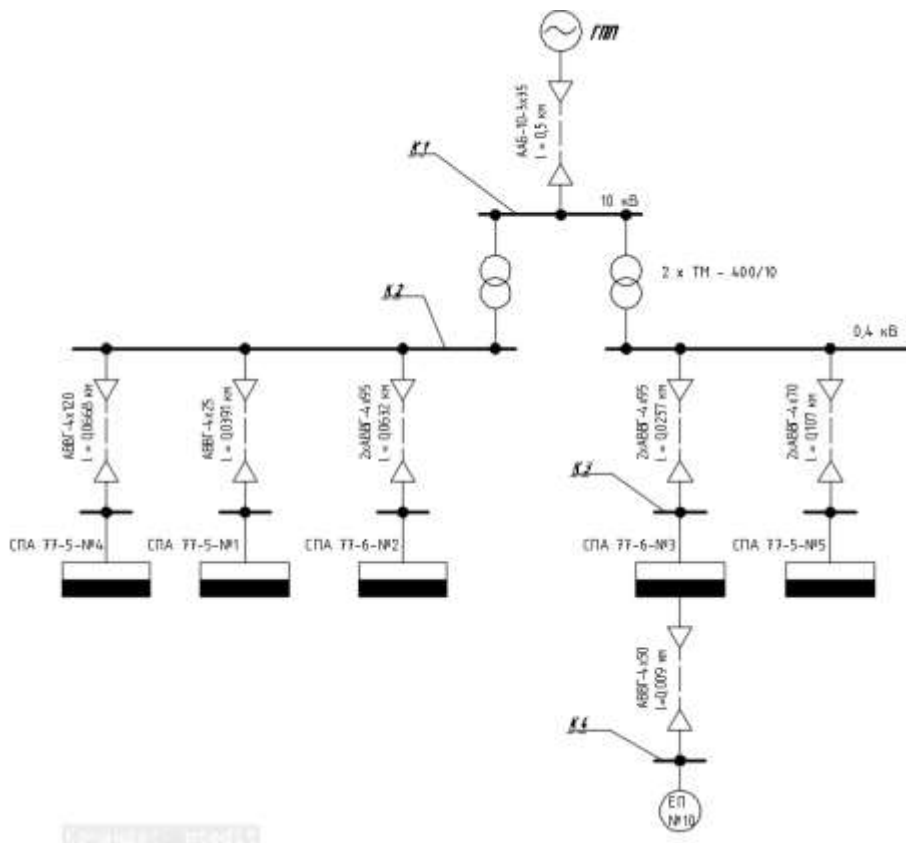


Рис.1.4.1 Однолінійна для визначення струму КЗ

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Точки розрахунку струму КЗ:

К1 – шини 10 кВ ТП;

К2 – шина 0,4 кВ ТП;

К3 – ввідні затискачі найзавантаженішого СП;

К4 – ввідні затискачі найпотужнішого ЕП (електроприймача).

Розрахуємо кабельну лінію для живлення ЦТП.

Втрати в одному трансформаторі ТМ – 400/10:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 8,4 + 18 = 26,4 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 1,47 + 6,4 = 7,87 \text{ кВт}.$$

Повні втрати в двох трансформаторах:

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{2 * \Delta P_{\text{тр}}^2 + 2 * \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{(2 * 7,87)^2 + (2 * 26,4)^2} = 55,1 \text{ кВ} * \text{А}$$

Потужність на шинах ВН ЦТП:

$$S_{\text{ВН}} = \Delta S_{\text{тр}} + S_p = 55,1 + 531,872 = 587 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Струм на стороні ВН ЦТП:

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{587}{\sqrt{3} * 10} = 33,9 \text{ А}.$$

Переріз провідника:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ВН}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{33,9}{1,2} = 28,25 \text{ мм}^2,$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де $j_{ек}$ – при $T_{max} > 5000$ год , $j_{ек} = 1,2 \frac{A}{мм^2}$ для алюмінієвих провідників. Оберемо кабель ААБ –10-3х35 , з $I_{доп} = 115$ А.

Визначимо втрати напруги в ААБ-10-3х35.

Кабель ААБ-10-3х35 до ЦТП:

$$r_0 = 0,894 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,5 * 33,9 * (0,96 * 0,894 + 0,28 * 0,095) = 26 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{мережі}} * 100\% = \frac{26}{10000} * 100 = 0,26\% < 5\% .$$

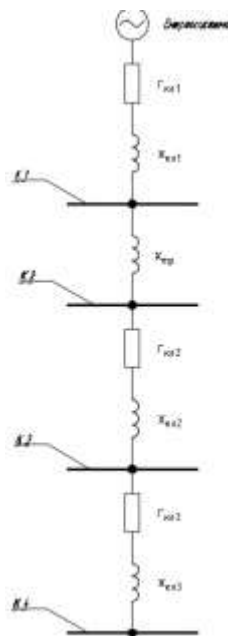


Рис.1.4.2 – Схема заміщення для розрахунку струму трифазного КЗ

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Задамо наступні базові значення:

для точки К1:

$$x_c = 0,5;$$

$$S_{\delta} = 10 \text{ МВ} * \text{А};$$

$$U_{\delta} = 10 \text{ кВ}.$$

Опір $x_{кЛ1}$ (ААБ-10-3х35):

$$x_{кЛ1} = \frac{x_0 * l * S_{\delta}}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{0,095 * 0,5 * 10}{10^2} = 0,005,$$

$$r_{кЛ1} = \frac{r_0 * l * S_{\delta}}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{0,894 * 0,5 * 10}{10^2} = 0,045.$$

Сумарний індуктивний опір до точки К1:

$$x_{к1} = x_{кЛ1} + x_c = 0,005 + 0,5 = 0,505.$$

Повний опір до К1:

$$Z_{к1} = \sqrt{r_{кЛ1}^2 + x_{к1}^2} = \sqrt{0,045^2 + 0,505^2} = 0,507.$$

Струм КЗ в К1:

$$I_{к1} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} * Z_{к1}} = \frac{10}{\sqrt{3} * 0,507} = 11,4 \text{ кА}.$$

Стала часу в К1:

$$T_A = 0,05 \text{ с}.$$

Аперіодична складова в К1:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{к1} * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_A}} = \sqrt{2} * 11,4 * e^{-\frac{0,04}{0,05}} = 7,24 \text{ кА},$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$\tau_{пв}$ - час розмикання струму КЗ ВВ:

$$\tau_{пв} = \tau_{р.з.мін} + \tau_{о.р.} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с,}$$

$\tau_{о.р.}$ – час спрацювання ВВ.

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{к1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 11,4 * 1,8 = 29 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{к1}^2 * (\tau_k + T_a) = 11,4^2 * (0,04 + 0,05) = 11,7 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Мінімально допустима площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{11,7 * 10^6}}{90} = 38 \text{ мм}^2.$$

C – для алюмінієвих кабелів напругою до 10 кВ.

Розрахований кабель не проходить за мінімальним перерізом тому обираємо кабель ААБ-10-3х50 і перераховуємо струм КЗ до точки К1.

Опір $x_{кл1}$ (ААБ-10-3х50):

$$x_{кл1} = \frac{x_0 * l * S_{б}}{U_{ном}^2} = \frac{0,09 * 0,5 * 10}{10^2} = 0,005,$$

$$r_{кл1} = \frac{r_0 * l * S_{б}}{U_{ном}^2} = \frac{0,625 * 0,5 * 10}{10^2} = 0,031.$$

Сумарний індуктивний опір до точки К1:

$$x_{к1} = x_{кл1} + x_c = 0,005 + 0,5 = 0,505.$$

Повний опір до К1:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$Z_{K1} = \sqrt{r_{K1}^2 + x_{K1}^2} = \sqrt{0,031^2 + 0,505^2} = 0,506.$$

Струм КЗ в К1:

$$I_{K1} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} * Z_{K1}} = \frac{10}{\sqrt{3} * 0,506} = 11,41 \text{ кА.}$$

Стала часу в К1:

$$T_A = 0,05 \text{ с.}$$

Аперіодична складова в К1:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{K1} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 11,41 * e^{-\frac{0,04}{0,05}} = 7,25 \text{ кА,}$$

$\tau_{пв}$ - час розмикання струму КЗ ВВ:

$$\tau_{пв} = \tau_{р.з. min} + \tau_{о.р.} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с,}$$

$\tau_{о.р.}$ - час спрацювання ВВ.

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{K1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 11,41 * 1,8 = 29,05 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_K = I_{K1}^2 * (\tau_K + T_a) = 11,41^2 * (0,04 + 0,05) = 11,72 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Мінімально допустима площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{11,72 * 10^6}}{90} = 38,04 \text{ мм}^2.$$

C – для алюмінієвих кабелів напругою до 10 кВ.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Кабель ААБ-10-3х50 проходить за мінімально допустимою площею поперечного перерізу.

Розрахуємо опори до К2:

ААБ-10-3х50:

$$r_{\text{кл1}} = r_0 \cdot \frac{l}{n_{\text{кб}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{ВН}}} \right)^2 = 0,625 \cdot \frac{0,5}{1} \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 * 10^3 = 0,5 \text{ МОм},$$

$$X_{\text{кл1}} = X_0 \cdot \frac{l}{n_{\text{кб}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{ВН}}} \right)^2 = 0,09 \cdot \frac{0,5}{1} \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 * 10^3 = 0,07 \text{ МОм}.$$

Опір трансформатора ТМ - 400/10:

$$X_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{к}}}{100} \right)^2 - \left(\frac{P_{\text{к}}}{S_{\text{НОМ тр}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ тр}}} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{5,5}{400} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} * 10^6 = 17,14 \text{ МОм}$$

Опір алюмінієвих з'єднань:

$$r_{\text{кон}} = 23 \text{ МОм}.$$

Сумарний опір до К2:

$$Z_{\text{к2}} = \sqrt{(r_{\text{кл1}} + r_{\text{кон}})^2 + (X_{\text{кл1}} + X_{\text{тр}})^2} = \sqrt{(0,5 + 23)^2 + (0,07 + 17,14)^2} \\ = 29,13 \text{ МОм}.$$

Струм К3 в точці К2:

$$I_{\text{к2}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{к2}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29,13} = 7,93 \text{ кА}.$$

Результати зводимо в таблицю 1.4.1.1.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Табл.1.4.1.1

Точка КЗ	$I_K, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$i_a, \text{кА}$	$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с.}$	$S_{min}, \text{мм}^2$
К1	11,41	29,05	7,25	11,72	38,04
К2	7,93	15,7	0	5,66	26,43
К3	6,9	13,67	0	4,29	23
К4	5,9	11,68	0	3,13	19,67

1.4.2. Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ

Умови вибору АВ:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$2) I_{\text{розч}} \geq I_{\text{ном}}$$

$$3) I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{розч}}$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1,25 * I_{\text{пік}}$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{тах.в.}}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд}}$$

Оберемо АВ для захисту Л1:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$2) I_{розч.} \geq I_{ном.};$$

$$63 \text{ A} > 59,7 \text{ A.}$$

$$3) I_{ном.ав.} \geq I_{розч.};$$

$$63 \text{ A} = 63 \text{ A}$$

$$4) I_{спр.} \geq 1,25 * I_{пик};$$

$$756 \text{ A} > 1,25 * 5 * 373,13 = 2303,88 \text{ A}$$

$$5) I_{кз} \leq I_{max.в.}$$

$$7,93 \text{ кА} < 10 \text{ кА}$$

$$6) i_{ел.д.} \geq i_{уд.}$$

$$25,5 \text{ кА} > 15,7 \text{ кА.}$$

Обираю АВ типу ВА21-29-34.

Табл.1.4.2.1.

Ділянка траси	$I_{розч.}, \text{A}$	$I_{ном.ав.}, \text{A}$	$I_{спр.}, \text{A}$	$I_{max.в.}, \text{кА}$	$I_{кз}, \text{A}$	$i_{ел.д.}, \text{кА}$	$i_{уд.}, \text{кА}$	Назва АВ
Л1	63	63	756	10	7,93	25,5	15,7	ВА21-29-32
Л2	320	400	3200	20	7,93	35	15,7	ВА0436-34
Л3	320	400	3200	20	7,93	35	15,7	ВА0436-34
Л4	160	400	3200	20	7,93	35	15,7	ВА0436-34
Л5	250	400	3000	20	7,93	35	15,7	ВА0436-34
Л1-1	16	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32
Л1-2	16	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32
Л1-3	16	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32
Л1-4	4	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32
Л1-5	4	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32
Л1-6	4	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32
Л1-7	4	63	756	10	5,9	25,5	11,68	ВА21-29-32

Л2-8	50	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л2-9	40	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л2-11	80	100	1200	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-34
Л2-12	80	100	1200	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-34
Л2-20	40	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л2-24	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л3-10	100	100	1200	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-34
Л3-13	40	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л3-14	40	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л3-15	40	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л3-25	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л3-26	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л3-35	63	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-16	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-17	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-18	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-21	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-27	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-31	25	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-32	25	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л4-33	25	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-19	40	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-22	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-23	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-28	20	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-29	63	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-30	63	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32
Л5-34	25	63	756	10	5,9	25,5	11,68	BA21-29-32

На вводі до СП типу СПА 77 встановлюються лише рубильники.

Виконаємо перевірку рубильників:

$$1) U_{\text{ном.р.}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$2) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{ном.л.}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Табл.1.4.2.2.

№ СП	Рубильник	$I_{\text{ном.р.}}, \text{А}$	$U_{\text{ном.р.}}, \text{кВ}$	$U_{\text{ном.м.}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном.л.}}, \text{А}$	$i_{\text{дин.}}, \text{кА}$	$i_{\text{уд.}}, \text{кА}$
1	ВР32 - 400	400	660	380	285,33	16	11,38
2					14,16		11,38

1.4.3. Вибір електричних апаратів РП - 10 кВ

На ввіді до ЦТП на стороні 10 кВ встановити високовольтний роз'єднувач і запобіжник.

Умови вибору і перевірки високовольтних апаратів:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН.}}$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$4) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$5) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}}$$

$$6) I_{0,0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

Оберемо плавкий запобіжник на ввід до ЦТП:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$40 \text{ А} > 33,9 \text{ А}.$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{птр.}};$$

$$31,5 \text{ кА} > 11,41 \text{ кА}.$$

$$4) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$74,5 \text{ кА} > 29,05 \text{ кА}.$$

$$5) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}};$$

$$29,22 \text{ кА} > 11,41 \text{ кА}.$$

$$6) I_{0,0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к}}.$$

$$28,35 \text{ кА}^2 * \text{с} > 11,72 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Обираємо плавкий запобіжник ПТ 011-10-40-31,5 УЗ.

Оберемо роз'єднувач на ввід до ЦТП:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}};$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$200 \text{ А} > 33,9 \text{ А}.$$

$$3) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$35 \text{ кА} > 29,05 \text{ кА}.$$

$$4) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}};$$

$$13,73 \text{ кА} > 11,41 \text{ кА}.$$

					ДП 2023	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$5) I_{0,0}^2 * \tau \geq \beta_k.$$

$$63 \text{ кА}^2 * \text{с} > 11,72 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Обрано й перевірено високовольтний роз'єднувач РЛНД – 10/200 з приводом ПР-1.

Занесемо результати в таблицю Табл.1.4.3.1.

Табл.1.4.3.1.

Лінія	U_m кВ	$U_{ВВ}$ кВ	I_p , А	$I_{ВВ}$, А	Тип
ААБ – 10-3 х 25	10	10	33,9	200	РЛНД – 10/200 з приводом ПР-1.
	10	10	33,9	40	ПТ 011- 10-40- 31,5 УЗ

1.4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку

Вибір ТС (трансформатори струму) за умовами:

$$1) U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м.}}$$

$$2) I_{1\text{та}} \geq I_{\text{нн}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_k$$

$$5) Z_{2та} \geq Z_{2факт}$$

Оберемо ТС в коло НН ТП.

Табл.1.4.4.1

Ти п ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірк и	Фактичн а	
ТШ-0,66-2 1000/5	$U_{1ном} = 0,66$ кВ	\geq	$>$	$U_{ном.м} = 0,38$ кВ
	$I_{1ном} = 1000$ А	\geq	$>$	$I_p = 925,51$ А
	$i_{дин} = 40$ кА	\geq	$>$	$i_{уд} = 15,7$ кА
	$I_{\tau}^2 * \tau = 16$ кА ² * С	\geq	$>$	$B_k = 5,66$ кА ² * С
	$Z_{2ном} = 1,2$ Ом	\geq	$>$	$Z_2 = 0,53$ Ом

Табл.1.4.4.2.

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0,1	0,1	0,1
Лічильник активної енергії	Меркурій 230	2,5	-	2,5
Усього		2,6	0,1	2,6

Сумарний опір приладів найзавантаженішої фази:

$$Z_{\Sigma \text{ прил}} = \frac{S_{\Sigma \text{ прил}}}{I_{2 \text{ ном}}^2} = \frac{2,6}{5^2} = 0,11 \text{ Ом.}$$

Опір проводів:

$$Z_{\text{пр}} = Z_{2 \text{ ном}} - Z_{\text{прил}} - Z_{\text{кн}} = 1,2 - 0,11 - 0,05 = 1,04 \text{ Ом,}$$

де $Z_{\text{кн}}$ – опір контактних з'єднань.

Довжина кабелів $l = 20 \text{ м.}$

Переріз проводів для ТС:

$$S = \frac{\rho \cdot l}{Z_{\text{пр}}} = \frac{0,028 \cdot 20}{1,04} = 0,54 \text{ мм}^2.$$

Опір при вибраному перерізі:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,028 \cdot 20}{1,5} = 0,37 \text{ Ом.}$$

Опір вторинної обмотки :

$$Z_2 = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{прил}} + Z_{\text{кн}} = 0,37 + 0,11 + 0,05 = 0,53 \text{ Ом.}$$

					ДП 2023	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 . Якість електричної енергії

Мінусами якості електричної енергії є втрати електроенергії, які виникають при її передачі на довгі відстані, по лініям зі значним опором, по перевантажених лініях і т.д. Також до мінусів якості електричної енергії відносяться втрати електроенергії при її перетворенні, наприклад в понижувальних трансформаторах. Всі ці мінуси можна звести до мінімуму шляхом правильного вибору кабельно-провідникової продукції і електрообладнання.

Розрахуємо реальну напругу на НН ЦТП:

$$U_2^{\text{прд.}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}};$$

де $U_2^{\text{НН}}$ – приведена напруга з ВН на НН;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в ААБ – 10 - 3 x 50;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати напруги в трансформаторах ТМ – 400 / 10.

Втрати напруги в ТМ – 400/10:

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{тр}}} * 100 = \frac{5,5}{400} * 100 = 1,38 \%,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,38^2} = 4,28 \%.$$

Втрати у вольтах:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{тр}} &= 2 * \frac{U}{S_{\text{тр}}} * (U_{\text{ка}} * (S_{\text{НН}} * \cos\varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{НН}} * \sin\varphi)) \\ &= 2 * \frac{10}{400} * (1,38 * (531,872 * 0,99) + 4,28 * (531,872 * 0,14)) \\ &= 52,3 \text{ В.}\end{aligned}$$

Втрати в лінії ААБ – 10 - 3 x 50:

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{л}} &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos\varphi \cdot r_0 + \sin\varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,5 * 33,9 * (0,99 * 0,625 + 0,14 * 0,09) = 18,54 \text{ В.}\end{aligned}$$

Визначимо $U_2^{\text{прд.}}$:

$$U_2^{\text{прд.}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 10000 - 18,54 - 52,3 = 9\,929,16 \text{ В.}$$

Визначимо коефіцієнт трансформації ТМ – 400 / 10:

$$K_{\text{Т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0,4} = 25.$$

Реальна напруга на шинах НН ЦТП:

$$U_2^{\Phi} = \frac{U_2^{\text{прд.}}}{K_{\text{Т}}} = \frac{9\,929,16}{25} = 397,17 \text{ В.}$$

Відхилення від номінального значення:

$$\Delta U_{\text{НН}}^{\%} = \frac{U_2^{\Phi} - U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}} * 100\% = \frac{397,17 - 400}{400} * 100 = -0,71 \%.$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

1.6. Електричне освітлення

Для заготівельного цеху Козятинського тепловозремонтного заводу використовувати світлодіодне освітлення.

Крива сили світла для світлодіодної лампи - Д.

Визначимо висоту підвісу ламп:

$$H_{\text{підв.}} = H - h_c - h_p = 8 - 1 - 1,0 = 6 \text{ м,}$$

де:

h_c – відстань від стелі до світильника, м;

h_p – відстань від підлоги до робочої поверхні, м.

В цеху є декілька приміщень відділених один від одного перегородками, тому будемо для кожного з приміщень окремо розраховувати освітлення.

Перше приміщення:

$$a = 71,54 \text{ м; } b = 38,68 \text{ м; } H = 8 \text{ м.}$$

Визначимо площу:

$$S = a \times b = 71,54 * 38,68 = 2\,767,2 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість - $E_n = 200 \text{ лк.}$

Відстань між центрами світильників:

$$L = \lambda * H_{\text{підв.}} = (1,2 \dots 1,6) * 6 = 7,2 \dots 9,6 \text{ м.}$$

Прийmemo $L = 8 \text{ м.}$

Числов рядів:

$$n_B = \frac{b}{L} = \frac{38,68}{8} = 4,84 = 5.$$

Рекомендована кількість світильників в ряду:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$n_A = \frac{a}{L} = \frac{71,54}{8} = 8,94 = 9.$$

Загальна кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = n_A * n_B = 9 * 5 = 45.$$

Індекс форми приміщення:

$$i = \frac{S}{N_p * (A + B)} = \frac{2767,2}{6 * (71,54 + 38,68)} = 4,2.$$

Прийmemo:

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стіни}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку складатиме:

$$\eta = 0,72;$$

$$\text{коефіцієнт запасу } \kappa_z = 1,5;$$

$$\text{коефіцієнт нерівномірності } z = 1,1.$$

Розрахуємо розрахункове значення світлового потоку:

$$\Phi_p = \frac{E_n * S * \kappa_z * z}{N_l * \eta} = \frac{200 * 2767,2 * 1,5 * 1,1}{45 * 0,72} = 28\,184,4 \text{ лм.}$$

Обираю LED - світильник HB LED 225 D80 5000K з $\Phi_n = 27\,000$ лм.

Відхилення Φ_p від Φ_n :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_n - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{27000 - 28\,184,4}{28\,184,4} * 100 = -4,2\%,$$

отримане значення входить в діапазон -10...+20 %.

Споживана потужність:

$$P_{\text{св.}} = N_l * P_n = 45 * 215 = 9\,675 \text{ Вт} = 9,68 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_{\text{о.р.}}}{S} = \frac{9\,675}{2767,2} = 3,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю № 1.6.1.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Табл.1.6.1.

$S, \text{мм}^2$	$H_p, \text{м}$	$P_H, \text{Вт}$	$\Phi_H, \text{лм}$	$N_L, \text{шт}$	$\Phi_p, \text{лм}$	$\Delta\Phi, \%$	$P_{\text{пит.р.}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
2767,2	6	215	27000	45	28184,4	-4,2	3,5
98,9	6	300	30000	2	30219,4	-0,73	6,07
47,3	6	215	27000	1	27873,2	-3,13	4,55
47,3	6	215	27000	1	27873,2	-3,13	4,55
133,4	6	215	27000	4	27513,75	-1,9	6,45
98,9	6	300	30000	2	30219,4	-0,73	6,07
47,3	6	215	27000	1	27873,2	-3,13	4,55
47,3	6	215	27000	1	27873,2	-3,13	4,55
63,8	6	215	27000	2	26317,5	2,6	6,74
30,25	6	215	27000	1	24956,25	8,2	7,11
30,25	6	215	27000	1	24956,25	8,2	7,11

Сумарне навантаження робочого освітлення:

$$P_{\text{р.о.}} = \left(\sum P_{\text{св}} * n \right) * K_{\text{п}} = (300 * 4 + 215 * 57) * 0,95 = 12\,782,3 \text{ Вт},$$

де $K_{\text{п}} = 0,95$ – для виробничих будівель.

Струм робочого освітлення:

$$I_{\text{р.о.}} = \frac{P_{\text{р.о.}}}{\sqrt{3} * U_L * \cos\varphi} = \frac{12,78}{\sqrt{3} * 0,4 * 0,95} = 19,42 \text{ А}.$$

Живлення робочого освітлення здійснюватиметься від шин НН ЦТП через власний щит робочого освітлення.

Оберемо ввідний АВ в щит освітлення:

$$I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{роб.}};$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$I_{\text{розч.}} \geq 1,4 * I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{розч.}} = 32 \text{ A} > I_{\text{роб.}} = 19,42 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{розч.}} = 32 \text{ A};$$

$$I_{\text{розч.}} = 32 \text{ A} > 1,4 * I_{\text{роб.}} = 1,4 * 19,42 = 27,19 \text{ A},$$

обираємо АЕ2046М.

Встановимо АВР на контакторах СЕС016.01 на вводі до ЩРО від двох секцій шин НН ЦТП.

Перевірка контакторів СЕС016.01:

$$U_{\text{конт.}} \geq U_{\text{ном.}}$$

$$I_{\text{конт.}} \geq I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{конт.}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$440 \text{ В} > 400 \text{ В};$$

$$32 \text{ А} > 19,42 \text{ А};$$

$$32 \text{ А} = 32 \text{ А}.$$

Кабель живлення для ЩРО:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_{\text{з}} * I_{\text{з}}}{k_{\text{пр}}} = \frac{1 * 32}{1} = 32 \text{ А},$$

обираємо кабель АВВГнг– 5 x 10, з $I_{\text{доп.кл.}} = 38 \text{ А}$.

Для кожної лінії робочого освітлення визначимо АВ і кабель.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Всі кабелі робочого освітлення будуть прокладатися в лотках. Живлення окремих ліній буде здійснюватися однофазною напругою 230 В.

Табл.1.6.2 Робоче освітлення

Лінія живлення освітлення	$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{аб}}$, А	Тип і переріз КЛ	$I_{\text{доп.кл.}}$, А
Л1-о	5,72	26,18	32	АВВГнг-3х8	38
Л2-о	3,87	17,7	20	АВВГнг-3х4	25
Л3-о	3,87	17,7	20	АВВГнг-3х4	25

Для аварійного освітлення використовуватимемо світлодіодні світильники.

Живлення аварійного освітлення здійснюватиметься від шин НН ЦТП через власний щит робочого освітлення.

Всі кабелі аварійного освітлення будуть прокладатися в лотках. Живлення окремих ліній буде здійснюватися однофазною напругою 230 В.

Табл.1.6.3 Аварійне освітлення

Лінія живлення освітлення	$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	Тип і переріз КЛ	$I_{\text{доп.кл.}}$, А
Л1-а	1,2	5,5	АВВГнг-3х2,5	19
Л2-а	1,2	5,5	АВВГнг-3х2,5	19
Л3-а	1,2	5,5	АВВГнг-3х2,5	19

Споживана аварійними світильникам потужність:

$$P_a = N_{л} * P_{н} = 12 * 300 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт.}$$

Струм при цьому :

$$I_a = \frac{P_a}{U_{\phi} * \cos\varphi} = \frac{3,6}{0,23 * 0,95} = 16,48 \text{ А.}$$

АВ на вводі в щит:

$$I_{розч.} \geq I_a;$$

$$I_{ном.ав} \geq I_{розч.};$$

$$I_{розч.} \geq 1,4 * I_a;$$

$$I_{розч.} = 25 \text{ А} > I_a = 16,48 \text{ А}$$

$$I_{ном.ав} = 63 \text{ А} > I_{розч.} = 25 \text{ А};$$

$$I_{розч.} = 25 \text{ А} > 1,4 * I_a = 1,4 * 16,48 = 23,07 \text{ А.}$$

Кабель від НН ТП до щита:

$$I_{пр} \geq \frac{k_{з} * I_{з}}{k_{прок}} = \frac{1 * 25}{1} = 25 \text{ А,}$$

$$\text{АВВГнг- 3х2,5 , з } I_{доп} = 19 \text{ А.}$$

Живлення ЩАО здійснюватиметься через АВР на контакторах типу DILM 17-10.

Перевірка контакторів DILM 17-10:

$$I_{конт.} \geq I_{ном.};$$

$$I_{конт.} \geq I_{роб.};$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$I_{\text{конт.}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$230 \text{ В} = 230 \text{ В};$$

$$32 \text{ А} > 16,48 \text{ А};$$

$$32 \text{ А} > 25 \text{ А}.$$

Розділ 2. ОХОРОНА ПРАЦІ

2.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Керівник підприємства повинен слідкувати за дотриманням вимог чинних нормативних документів щодо утримання, використання і обслуговування комутаційних апаратів (включно з вимикачами навантаження). Згідно з Правилами така особа:

- призначає відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електрогосподарства. Його вибирають серед інженерно-технічних працівників, які мають електротехнічну підготовку і пройшли перевірку знань у встановленому порядку;
- знаходить необхідну кількість спеціалістів для проведення електротехнічних робіт;
- затверджує Положення про енергетичну службу підприємства, а також посадові інструкції та інструкції з охорони праці;

					ДП 2023					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці					
								Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Якимчук Ю.В</i>								
Перевірив		<i>Шестеренко В.</i>							53	
Зав.кафедр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-7ск		
Н. Контр.										
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

- організовує випробування та вимірювання електроустановок (профілактичні, протиаварійні, приймально-здавальні) згідно з правилами і нормами, забезпечує проведення їх технічного огляду;
- влаштовує регулярні перевірки знань працівників;
- встановлює такий порядок, щоб працівники, відповідальні за обслуговування електроустановок, здійснювали регулярний огляд та перевірку дорученого їм обладнання і мереж.

Контроль за безпечною експлуатацією електроустановок здійснюють спеціалісти служб охорони праці. При цьому такі фахівці повинні мати групу IV з електробезпеки.

Організаційні заходи, які роблять роботу в електроустановках безпечною передбачають наступні заходи:

- затвердження переліку робіт, які виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення відповідальних за безпечне виконання таких робіт;
- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до виконання роботи;
- забезпечення нагляду під час виконання робіт;
- переведення на інше робоче місце;
- організація перерв у роботі та її закінчення.

Щоб підготувати робоче місце до роботи, яка передбачає зняття напруги (тобто, обслуговування, ремонт і т.д.), потрібно вжити таких технічних заходів:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- відключити від електромережі електроустаткування, яке підлягає ремонту, вжити заходів для запобігання його випадкового підключення;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, які потрібно заземлити;
- встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);
- поставити огорожу довкола невимкнених елементів системи, вивісити плакати з такими написами «Не включати – працюють люди», «Не включати – робота на лінії» тощо. Залежно від місцевих умов, струмовідні частини потрібно обгородити до чи після їх заземлення.
- Виконання всіх перелічених заходів має відбуватися у наведеній послідовності.

2.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Для попередження нещасних випадків на підприємстві потрібно використовувати плакати і знаки з електробезпеки. Їх відсутність – пряме порушення вимог охорони праці.

Знаки безпеки є одним із різновидів засобів колективного захисту працівників, що призначені для профілактики впливу небезпечних виробничих факторів і виникнення аварій. Основною метою застосування знаків безпеки на підприємстві є інформування працівників щодо порядку експлуатації обладнання та дозволеної поведінки у промислових приміщеннях.

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Знаки електробезпеки у вигляді інформаційних табличок, плакатів, наклейок необхідні передусім для того, щоб виключити ймовірність подачі напруги на електрообладнання під час його огляду або ремонту. Однак це не єдине їхнє призначення.

Існують такі види знаків з електробезпеки:

- заборонні;
- попереджувальні (застережні плакати);
- настановчі;
- вказівні.

Заборонні плакати і знаки з електробезпеки спрямовані на попередження несанкціонованої роботи з апаратами комутації для того, щоб в процесі роботи електроустаткування на нього ніхто помилково не подав напругу.

Основні види:

- «Робота під напругою. Повторно не вмикати» — цей знак використовується для заборони повторного ручного вмикання вимикачів ПЛ після автоматичного вимкнення їх без погодження з виконавцем робіт. Такий знак закріплюється на ключах керування вимикачів ПЛ, що ремонтуються, у разі виконання ремонтних робіт під напругою.
- «Не вмикати. Працюють люди» — переносний плакат, який використовується в електроустановках всіх класів напруг. Вивіщується на дротах роз'єднувачів, відокремлювачів і вимикачів навантаження, на ключах і кнопках дистанційного керування, на комутаційній апаратурі

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

до 1000 В (автоматах, рубильниках, вимикачах), у разі помилкового вмикання яких може подаватись напруга на робоче місце.

- «Не вмикати. Робота на лінії» — пересувний знак, що забороняє подання напруги на лінію, де працюють люди. Вивішується на приводах, кнопках і ключах керування тих комутаційних апаратів, у разі помилкового вмикання яких може бути подана напруга на повітряну або кабельну лінію, де виконують роботу працівники.
- «Не відчиняти. Працюють люди». Плакат використовується для заборони подавання стисненого повітря, газу. Він вивішується на засувках повітропроводів до повітрозабірників і до пневматичних приводів вимикачів та роз'єднувачів, у разі помилкового відкриття яких може подаватись стиснене повітря на працівників або може бути приведено в дію вимикач або роз'єднувач, де виконують роботу працівники, а також на засувках водневих, вуглекислотних та інших трубопроводів, у разі помилкового відкриття яких може виникнути небезпека для працівників.

2.3. Практичний розрахунок

Людина доторкнулась до фази трифазної трипровідної мережі з ізолюваною нейтралю (частота 50 Гц) напругою 380 В. Накреслити схеми і визначити напругу дотику ($U_{\text{дот}}$) та силу струму, що проходить через людину ($I_{\text{л}}$) для двох режимів роботи електроустановки:

1) нормальному – для двох випадків:

1.1) при $C_A=C_B=C_C=0$ і $R_A=R_B=R_C= R$, кОм; опір R має значення наведене в табл. 6;

					ДП 2023	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2) $C_A=C_B=C_C=C$, мкФ і $R_A=R_B=R_C=\infty$; ємність C має значення наведене в табл. 6;

2) аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{зам}$, Ом).

Покажіть, в яких випадках доторкання небезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини $R_{л}$, Ом; опір ізоляції повідників $R_A=R_B=R_C=R_N=R$, Ом; ємність провідників $C_A=C_B=C_C=C_N=C$, мкФ. Вихідні дані для розрахунку:

Таблиця 6

Ва- ріант	$R_{л}$ Ом	Нормальний режим		Аварійний режим		
		1 випадок; $C_A=C_B=C_C=0$; $R_A=R_B=R_C=R$ кОм	2 випадок; $R_A=R_B=R_C=\infty$; $C_A=C_B=C_C=C$ мкФ	R , кОм	C , мкФ	$R_{зам}$, Ом
18	1000	4; 6; 20 ;40; 60; 80	0,04; 0,08; 0,12; 0,3; 0,8; 1,1	45	0,09	140; 70; 4; 0,5

Нормальний режим випадок 1:

$C_A=C_B=C_C=0$ і $R_A=R_B=R_C= (4,6,20,40,60,80)$ кОм.

Визначимо величину напруги дотику для нормального режиму при $R = 4$ кОм:

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R} = 380 * \frac{1000}{1000 + 4 * 10^3} = 76 \text{ В};$$

$$R = 6 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{дот}} = 54,3 \text{ В};$$

$$R = 20 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{дот}} = 18,1 \text{ В};$$

$$R = 40 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{дот}} = 9,3 \text{ В};$$

$$R = 60 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{дот}} = 6,23 \text{ В};$$

$$R = 80 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{дот}} = 4,7 \text{ В}.$$

Визначимо величину струму через людину для нормального режиму при
 $R = 4 \text{ кОм};$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + R} = \frac{380}{1000 + 4 * 10^3} = 0,076 \text{ A.}$$

$$R = 6 \text{ кОм:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,054 \text{ A;}$$

$$R = 20 \text{ кОм:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,018 \text{ A;}$$

$$R = 40 \text{ кОм:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,009 \text{ A;}$$

$$R = 60 \text{ кОм:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,006 \text{ A;}$$

$$R = 80 \text{ кОм:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,005 \text{ A.}$$

Нормальный режим випадок 2:

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$C_A=C_B=C_C=(0,04; 0,08; 0,12; 0,3; 0,8; 1,1)$ мкФ і $R_A=R_B=R_C= \infty$ кОм.

За такого випадку, коли активний опір ізоляції має нескінченно велике значення, напруга дотику і струм протікання буде виникати лише за рахунок ємнісної складової.

Визначимо величину напруги дотику для нормального режиму при $C = 0,04$ мкФ:

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\phi} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + Z} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + \left(\frac{1}{2 * \pi * f * C} \right)} \\ &= 380 * \frac{1000}{1000 + \left(\frac{1}{2 * 3,14 * 50 * 0,04 * 10^{-6}} \right)} = 4,7 \text{ В;} \end{aligned}$$

$C = 0,08$ мкФ:

$$U_{\text{дот}} = 9,3 \text{ В;}$$

$C = 0,12$ мкФ:

$$U_{\text{дот}} = 13,8 \text{ В;}$$

$C = 0,3$ мкФ:

$$U_{\text{дот}} = 32,7 \text{ В;}$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$C = 0,8 \text{ мкФ:}$$

$$U_{\text{дот}} = 76,3 \text{ В;}$$

$$C = 1,1 \text{ мкФ:}$$

$$U_{\text{дот}} = 97,6 \text{ В.}$$

Визначимо величину струму через людину для нормального режиму при $C = 0,04 \text{ мкФ:}$

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + Z} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + \left(\frac{1}{2 * \pi * f * C} \right)} = \frac{380}{1000 + \left(\frac{1}{2 * 3,14 * 50 * 0,04 * 10^{-6}} \right)} = 0,005 \text{ А.}$$

$$C = 0,08 \text{ мкФ:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,009 \text{ А;}$$

$$C = 0,12 \text{ мкФ:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,014 \text{ А;}$$

$$C = 0,3 \text{ мкФ:}$$

$$I_{\text{л}} = 0,033 \text{ A};$$

$$C = 0,8 \text{ мкФ};$$

$$I_{\text{л}} = 0,076 \text{ A};$$

$$C = 1,1 \text{ мкФ};$$

$$I_{\text{л}} = 0,098 \text{ A}.$$

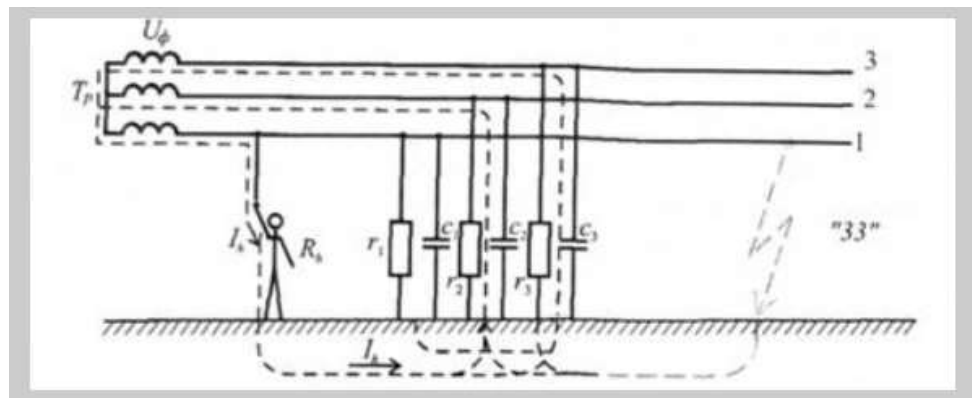


Рис.2.1 Однофазний дотик людини до проводу

Розрахуємо напруги дотику в аварійному режимі при $R_{\text{зам}} = 140 \text{ Ом}$:

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам}}} = 380 * \frac{1000}{1000 + 140} = 333,3 \text{ В};$$

$$R_{\text{зам}} = 70 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{дот}} = 355,14 \text{ В};$$

$$R_{\text{зам}} = 4 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{дот}} = 378,5 \text{ В};$$

$$R_{\text{зам}} = 0,5 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{дот}} = 379,81 \text{ В.}$$

Розрахуємо значення струму в аварійному режимі при $R_{\text{зам}} = 140 \text{ Ом}$:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам}}} = \frac{380}{1000 + 140} = 0,33 \text{ А};$$

$$R_{\text{зам}} = 70 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{л}} = 0,36 \text{ А};$$

$$R_{\text{зам}} = 4 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{л}} = 0,378 \text{ А};$$

$$R_{\text{зам}} = 0,5 \text{ Ом}$$

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$I_{\text{л}} = 0,38 \text{ A.}$$

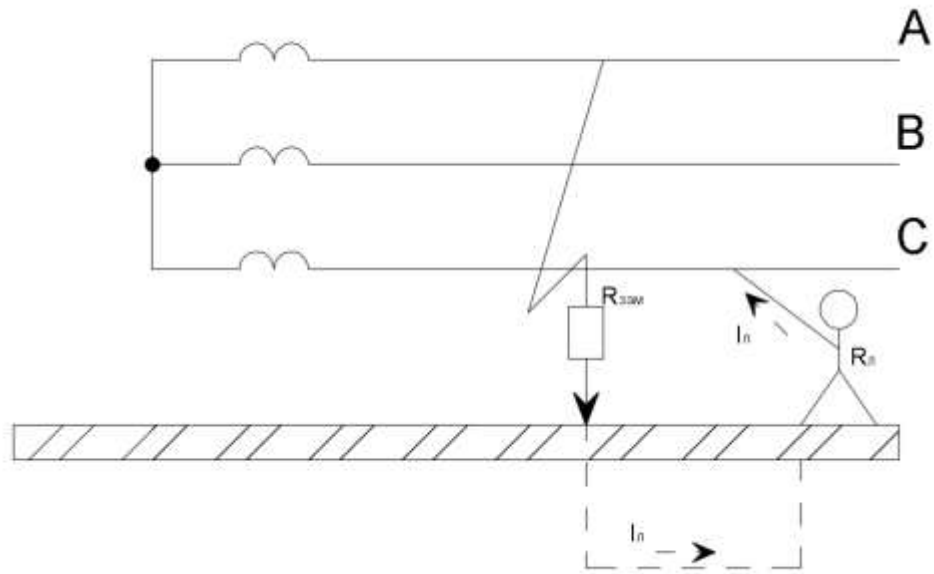


Рис.2.2 Аварійний режим

Висновок: в першому випадку нормального режимі струм через людину зменшується зі збільшенням опору ізоляції фазних провідників, у другому випадку – зі збільшенням ємності фазних провідників струм через людину збільшується.

В аварійному режимі прикладена напруга та струм протікання через людину мають небезпечні значення, що можуть призвести до летального наслідку.

3. Спеціальне завдання

Сонячно - вітровий комплекс

Вітрогенератор (ВЕС) – інженерна споруда, що перетворює кінетичну енергію вітру в механічну енергію обертання ротора з подальшим перетворенням в електричну енергію. Основні види вітрогенераторів – горизонтальні “крильчасті” і вертикальні генератори карусельного типу.

Для ВЕС потужністю 1 МВт знадобиться 30-50 соток землі.

Вітряки вимагають малу площу, але по широкому периметру не повинно бути лісопосадок і інших перешкод вітру.

Сонячна електростанція (СЕС) – інженерна споруда, що перетворює сонячну радіацію в електричну енергію. Залежно від типу конструкції розрізняються і способи перетворення енергії випромінювання сонця.

Для СЕС потужністю 1 МВт знадобиться мінімум 200 соток землі.

Вимагають більшу площу розміщення, ніж ВЕС, по периметру не повинно бути об'єктів, що затіняють панелі. Необхідно враховувати орієнтацію земельної ділянки, краще розташування столів з фотопанелями буде по південному схилу.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Спеціальне завдання	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Якимчук Ю.В</i>						
Перевірив		<i>Шестеренко В.</i>					66	
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-7ск			

Гібридні системи ВЕС / СЕС – вітрогенератор, укомплектований сонячними батареями з акумуляторами. Забезпечується взаємна «підстраховка» альтернативних джерел енергії (вітер вночі і вдень, сонце вдень, накопичувач – в будь-який час). Контролер регулює ступінь зарядки акумуляторів і управляє процесами взаємодії системи.

Для розміщення гібридних станцій, в залежності від потужності, потрібна кількість землі дорівнює загальній кількості відповідно площі під фотоелектричні панелі і площі під вітрогенератори. Вимоги до ландшафту все ті ж: не затінюмо від сонця і не перешкоджаємо вітру.

Давайте порівняємо особливості вибору землі під електростанції на сонячній енергії (тип – фотоелектричні панелі) з вітряними за основними параметрами:

Табл.1. Порівняння ВЕС та СЕС

Параметр	ВЕС	СЕС
Географія, залежність від погоди	При виборі земельної ділянки обов'язково враховуються кліматичні характеристики (вітрова карта України)	При виборі земельної ділянки обов'язково враховуються кліматичні характеристики (Інсоляційна карта України)



У будь-якому з регіонів, незалежно від кліматичних характеристик, спеціалізовані компанії проводять обов'язкові заміри швидкості вітру – мінімум 1 рік.

Вітрогенератори доцільно встановлювати в місцевості, де середня швидкість вітру більше 8 м/с. Лопаті великих генераторів починають обертальний рух при вітрі 4 м/с; максимальне ККД досягається при 12 м/с.

Головна перевага ВЕС перед СЕС – цілорічна робота без зниження продуктивності в осінньо-



Сонячні проекти більш мобільні, їх можна будувати в будь-якому регіоні.

Якщо подивитися на карту інсоляції, то приблизно на 80% території країни її рівень не опускається нижче трьох одиниць, що виглядає перспективно в порівнянні з іншими країнами Європи.

Головна перевага СЕС перед ВЕС – немає необхідності проводити тривалі (мінімум 1 рік) і витратні вимірювання вітру на обраній ділянці. Всі дані для розрахунків є.

	зимовий період і вночі.	
Особливості використання землі	<p>При будівництві відбувається відторгнення земель в короткострокове і довгострокове користування.</p> <p>Особливість землекористування проектів ВЕС полягає в тому, що турбіни займають лише 1% від усієї території вітряної ферми, а 99% території може бути зайнято під сільське господарство або для інших видів діяльності (досвід Данії, Нідерландів, Німеччини).</p> <p>Фундамент вітрогенератора має діаметр приблизно 10 м, він повністю заглиблений під землю. А значить, землю практично до самої</p>	<p>Для будівництва промислової сонячної електростанції здійснюють відведення землі (рішенням спеціального компетентного органу – Госгеокадастру).</p> <p>Під СЕС дуже часто відводять ділянки з підвищеним рівнем заболоченості, з серйозною ерозією, зі слідами шкоди від специфічних виробництв або іншими характеристиками, що роблять ці землі непридатними для сільськогосподарських потреб.</p>

	основи вежі можна здати в оренду під сільськогосподарське використання і отримувати додатковий дохід.	
Вплив на навколишнє середовище, екологічність	<p>Роботу ВЕС супроводжує шум, вібрація і мелькаючі тіні.</p> <p>Самі по собі вітрові електростанції не забруднюють навколишнє середовище, але в циклі виробничих процесів в атмосферу здійснюється велика кількість викидів CO₂.</p> <p>Шкода ВЕС для птахів присутня, коли електростанція розташована на шляху їх міграції.</p>	<p>СЕС працюють безшумно.</p> <p>Сонячні електростанції не забруднюють навколишнє середовище.</p> <p>Шкода для екології присутня в процесі виробництва фотопанелей і залежить від різновиду використовуваних токсичних елементів, а також технологічних процесів їх виробництва та утилізації.</p>
Термін служби	Розрахунковий термін	Деградація панелей зазвичай

обладання	<p>служби сучасних ВЕС становить 25 років.</p> <p>Як правило, на протязі всього терміну служби вітрогенератор як мінімум 2-3 рази потребуватиме капітального ремонту, вартість якого може досягати собівартості всієї установки.</p>	<p>відбувається зі швидкістю не більше 0,7-0,8% в рік від номінальної потужності панелей.</p> <p>Якісний інвертор прослужить до 25 років.</p> <p>Мінімальна ступінь деградації характерна для монокристалічних модулів, а також тонкоплівкових сучасних гібридів. Термін ефективної служби не менше 25-30 років;</p> <p>Дещо менше живуть полікристалічні панелі – 20-25 років. Хоча на практиці їх використання може тривати трохи довше.</p>
Окупність	5-7 років – період повернення інвестицій	5-7 років – період повернення інвестицій
Коефіцієнт використання потужностей (КВВП) –	КВВП ВЕС = 35 – 40% тобто на 1 МВт встановленої потужності	КВВП СЕС = 15%

визначає прибутковість проєкту	ВЕС виробляє в два рази більше електроенергії, ніж СЕС	
Частка у виробництві електроенергії	1,1% від загального виробництва е/е в Україні на кінець 2019 р	2,2% від загального виробництва е/е в Україні на кінець 2019 р

Синтез енергоефективного обладнання комплексу сонячно-вітрової енергетичної установки (КСВЕУ) забезпечує раціональне використання енергетичних альтернативних ресурсів і використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня електропостачання споживачів електричної енергії 2-ї та 3-ї категорії. До третьої категорії належать невеликі підприємства, цехи, будівлі до 5 поверхів та споживачі електричної енергії, у роботі яких допускається перерва електропостачання до 24 годин для проведення ремонтних робіт та відновлення електропостачання.

На сьогоднішній день ефективно використання енергетичних ресурсів є одним із основних пріоритетів розвитку економіки будь-якої країни. Енергозбереження та підвищення енергоефективності повинні супроводжувати розвиток "зеленої" енергетики, підсилюючи економічні, екологічні та соціальні ефекти її впровадження. Енергоефективність показує витрати електричної енергії на одиницю виробництва або споживання одиниці продукції (досягнення соціально-економічного ефекту).

Підвищення енергоефективності обладнання КСВЕУ пов'язане з: використанням меншої кількості енергії для забезпечення перетворення сонячної та вітрової енергії в електричну; збільшенням надійності та експлуатаційного періоду обладнання КСВЕУ не знижуючи вимоги та якості електричної енергії системи електропостачання.

Серед основних напрямів підвищення енергоефективності необхідно назвати: зменшення непродуктивних втрат енергії; енергозбереження (заощадження) у процесах власного споживання електричної енергії в КСВЕУ; оптимізацію перетворення та постачання електричної енергії у періоди пікових навантажень. В КСВЕУ пропонується використання різних пристроїв автоматики системи електропостачання, які забезпечать енергоефективне використання електричної енергії. Пристрої автоматичного захисту будуть захищати КСВЕУ та систему електропостачання від ненормальних (перевантаження, зниження чи підвищення напруги і частоти) і аварійних (короткі замикання, неповнофазні режими, атмосферні перенапруги) режимів. Захист може бути виконаний за допомогою плавких запобіжників, теплових роз'єднувачів, магнітних пускачів, теплових і електромагнітних роз'єднувачів, автоматів та реле.

Пристрої автоматичного секціювання КСВЕУ і зовнішньої мережі дозволять зберегти електропостачання основної маси споживачів 2-ї та 3-ї категорії шляхом автоматичного відключення пошкодженої ділянки зовнішньої мережі або з метою економії електричної енергії. Автоматичне включення резервного обладнання (АВР) забезпечить безперебійність електропостачання за допомогою швидкого автоматичного переключення обладнання КСВЕУ до системи електропостачання споживачів чи переключення системи електропостачання до зовнішньої мережі. Сонячна

					ДП 2023	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

панель є збірною панеллю, яка перетворює енергію сонячних променів у електричну енергію. Вихідна потужність кожного модуля за стандартних умов використання знаходиться в межах від 100 до 365 Вт.

Технічні параметри (при освітленості 800 Вт/м², t = 25°C):

- клас модуля – нанокристалічний nC-Si (HIT) - 23%;

- потужність – 267 ±20% Вт;

- напруга – 18,9 В;

- напруга при максимальній потужності – 16,8 В;

струм при максимальній потужності – 15,9 А.

Проаналізувавши показники інсоляції в залежності від кута падіння сонячних променів найбільш несприятливим місяцем для Київської області є грудень, денна усереднена інсоляція на горизонтальну поверхню землі становить 0,5 кВт·год/м² /добу, на вертикальну – 1,22 кВт·год/м² /добу. При куті нахилу площини до землі 70 градусів інсоляція становитиме 1,26 кВт·год/м² /день, оптимальним кутом для грудня є 74 градуси.

Найсприятливішим місяцем є червень і інсоляція на горизонтальну поверхню складе 5,27 кВт·год/м² /добу, оптимальний кут нахилу для червня – 11 градусів.

Якщо ж сонячні модулі будуть задіяні в літні місяці, то рівень інсоляції буде на порядок вищим. Необхідно також враховувати кут нахилу сонячних променів, відносно якого буде змінюватись рівень інсоляції і відповідно потужність. Оскільки сонячні елементи знаходяться на поверхні лопатей вітрогенератора і мають різний кут нахилу, то усереднене значення буде оптимальним показником потужності. Середній оптимальний

					ДП 2023	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показник кута нахилу сонячних променів складає 44,6 градусів, що є близьким показником до положення панелей на КСВЕУ на території Київщини.

Ємність акумуляторної батареї (АКБ) є однією з її найважливіших технічних характеристик. Під цим терміном розуміють кількість часу, за який здатний забезпечувати електричною енергією споживачів підключених до автономного джерела, тобто це максимальна кількість електроенергії, накопиченої АКБ за повний цикл заряду і одиницею вимірювання ємності є $A \cdot год$.

Пропонується використовувати тип акумуляторів, які при експлуатації будуть розряджатися на 30 % від їх загальної ємності, після чого відразу виконувати їх зарядку. У цьому випадку вони здатні витримати близько 10000 циклів заряд-розряд. У разі якщо величина розряду зменшиться до 70%, то кількість даних циклів знизиться приблизно на 2000. За умови надійності роботи КСВЕУ джерело АКБ повинно бути з запасом близько 20% для того, щоб кожен раз не розряджати його повністю, що допоможе зберегти термін роботи та надійність протягом якомога більшого періоду часу функціонування КСВЕУ.

У тому випадку, коли для резервування навантаження використовується кілька акумуляторів, кількість накопиченої в них енергії абсолютно не залежить від типу їх з'єднання — паралельного, послідовного, або змішаного.

Іоністори відіграють важливу роль у підвищенні якості електроенергії у споживачів, стабілізуючи напругу і вирівнюючи графіки навантажень (особливо при наявності навантажень різко змінного,

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

імпульсного характеру). Надзвичайно актуальним є використання накопичувачів для вирівнювання графіків подачі потужності в енергосистемах на основі КСВЕУ.

Ефективне використання іоністорів у КСВЕУ на вітрових установках забезпечує якісну електричну енергію в моменти зміни напрямку або сили вітру, віддаючи необхідну кількість енергії для компенсації провалів напруги, забезпечуючи необхідні параметри електричної енергії.

Пристрої АВР відносно прості, і вартість їх незначна, тому економічний ефект від їхнього впровадження в КСВЕУ є значним. Тривалість дії пристроїв АВР у загальному випадку обмежується двома умовами. Поперше, час безструмової паузи повинен бути більше часу деіонізації середовища в місці короткого замикання і менше часу, що забезпечує самозапуск включених двигунів після відновлення напруги. Час, який рекомендується встановлювати для АВР, має бути рівним 0,5..1,5 с, для однократного АПВ - 0,5...2 с, для дворазового АПВ у другому циклі - 10...15 с.

При оперативному відключенні джерел електропостачання пристрої АВР виводяться з роботи, тобто вони не виконують повторного включення і включення резервного джерела.

Пристрої автоматики використовуються в КСВУ для автоматичного пуску й зупинки електрогенеруючих агрегатів, автоматичного включення генератора, регулювання частоти і розподілу активної потужності між паралельно працюючими агрегатами. Також автоматичні вимикачі використовуються для переключення на резервне джерело живлення у випадку відсутності енергії від жодного з джерел КСВЕУ, тобто сонця, вітру чи АКБ.

					ДП 2023	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті роботи прогнозовано потужність сонячних модулів та вітрової установки, яка забезпечить споживачів електричною енергією потужністю 15 кВт., залежності від розмірів КСВУ: діаметру 5 м. і висотою 9 м. При зміні цих параметрів є можливість досягнути іншого рівня електричної потужності.

Ефективне використання іоністорів у КСВЕУ на вітрових установках забезпечує якісну електричну енергію в моменти зміни напрямку або сили вітру, віддаючи необхідну кількість енергії для компенсації провалів напруги, забезпечуючи необхідні параметри електричної енергії.

Визначено, що використання в системі КСВЕУ елементів релейного захисту та автоматики позитивно вплине на ефективність та надійність електропостачання споживачів 2-ї та 3-ї категорії.

					ДП 2023	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств . Підручник . – Вінниця : Нова книга , 2004 . – 656 с .
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання : розрахунки , вибір обладнання : Навч. посіб . – К.: НУХТ , 2011. – 319 с.
3. ДСТУ-Н Б В2.5.-80:2015.
4. Основи охорони праці: підручник / В.І.Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. у-т. – 2-ге вид. Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Якимчук Ю.В</i>				78		
Перевірив		<i>Шестеренко В.</i>						
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-7ск			