

**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)

« ____ » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Сергій БАЛЮТА
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та технології
енергозбереження»

на тему: «Розрахунок та забезпечення надійної роботи електропостачання
та обладнання цеха ПрАТ «Індар»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ 4-3

Рудь Валентин Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Серьогін Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Аліна СІРИК
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Володимир МИХАЙЛЕНКО
(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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2022р.

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 «Енергетичний менеджмент та технології
енергозбереження»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Рудь Валентин Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розрахунок та забезпечення надійної роботи
електропостачання та обладнання цеха ПрАТ “Індар”.»

керівник роботи _____ професор. Серьогін Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31.03.2022 року № 167-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2022 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. Однолінійна схема електропостачання

2. План цеху виробництва інсуліна.

3. Схема освітлення цеху.

4. План цеху з використанням ВДЕ та ДЕС.

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 31.03.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ т.№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	31.03.2022р	
2	Вступ	03.04.2022р	
3	Вибір напруги живлячих та розподільчих мереж	08.04.2022р	
4	Розрахунок електричних навантажень цеху.	13.04.2022р	
5	Розрахунок електричних навантажень цеху.	20.04.2022р	
6	Вибір потужності трансформатора.	25.04.2022р	
7	Розрахунок КЗ.	30.04.2022р	
8	Вибір апаратури розподільчої мережі, ШРА і СПМ.	02.05.2022р	
9	Вибір комутаційної та захисної апаратури	08.05.2022р	
10	Розрахунок розподільчої мережі.	15.05.2022р	
11	Спецпитання.	20.05.2022р	
12	Розробка заходів з охорони праці, техніки безпеки.	24.05.2022р	
13	Список літератури	28.05.2022р	
14	Здача дипломного проекту на перевірку	30.05.2022р	
15			
16			
17			

Здобувач

(підпис)

Рудь В.А.

Керівник роботи

(підпис)

Серьогін О.О.

Анотація

Рудь Валентин Андрійович . Дипломний проект на тему :
« Розрахунок та забезпечення надійної роботи електропостачання
та обладнання цеху ПрАТ “Індар”.»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 13 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 82 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 : цех виробництва інсуліну, освітлення, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

Abstract

RUD VALENTIN. Diploma project on the topic :

" Calculation and ensuring reliable operation of power supply and equipment of the shop of PJSC Indar "

National University of Food Technologies, Kiev -2022

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

The added explanatory note consists of an introduction, 13 sections and a list of used literature. The project is 82 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 : insulin production plant, lighting, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

Зміст

Вступ.....	7
1. Коротка характеристика електроприймачів цеху.....	8
2. Розрахунок електричних навантажень цехових електроспоживачів.....	9
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000В.....	9
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	12
3. Побудова графіків електричних навантажень цеху.....	15
4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху.....	19
5. Режими реактивної потужності системи електропостачання.....	23
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах.....	23
5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.....	24
5.3. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності.....	24
6. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій (ТП).....	27
7. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі.....	32
8. Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного та низьковольтного електрообладнання.....	43
9. Релейний захист та автоматика (РЗА).....	49
9.1. Вибір запобіжників та автоматичних вимикачів.....	49
9.2. РЗА трансформаторів цехових ТП.....	53
10. Якість електричної енергії в системі електропостачання.....	57
11. Охорона праці на підприємстві.....	59
11.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання.....	59
11.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці.....	61
11.3. Практичний розрахунок.....	70
12. Індивідуальне завдання.....	74
12.1. Можливості та основні завдання для забезпечення гарантованого живлення.....	74
12.2. Аналіз основних засобів забезпечення гарантованого живлення.....	75
12.3. Вибір та розрахунок безперебійного джерела електричної енергії.....	79
13. Література.....	86

										ДП 2022 141	Арк.
											6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Вступ

На теперішній час проблема, що пов'язана зі збільшенням рівня ефективності комплексу постачання електричної енергії до підприємств та їх цехів із безперервним процесом виробництва виходить на передній план і являється досить важливою для продовження розвитку енергосистеми України через те, що доволі невеликі зміни в комплексі зовнішнього та внутрішнього постачання електричної енергії дають змогу створити збій непростого процесу виробництва та спричинити коштовні витрати

Щоб спроектувати ефективний процес роботи споживачів на цеху виробництва інсуліну відповідно до нормальних та післяаварійних режимах, треба зменшити кількість та довготривалість пауз в постачанні електричної енергії.

Головними способами для збільшення ефективності постачання електричної енергії на виробництві являються: можливість взяти в роботу запасні джерела подачі електричної енергії, покращення роботи комплексу подачі електроенергії, ефективніший вибір обладнання КТП, детальні обчислення завантажень цеху, тестування працездатності частин комплексу, застосування приладів захисту (реле) та автоматики.

Таким чином, обстеження працездатності та ефективності роботи комплексу подачі електричної енергії до цеху виробництва інсуліну являється доволі важливим, а також фінансово доцільним та актуальним завданням.

									ДП 2022 141	Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

1. Коротка характеристика електроприймачів цеху.

Таблиця 1.1

-№ п/п	Установки	P _{вст} , кВт	Характеристика електроприймачів цеху	
			П2а	
			ЗП	
1	2	3	4	
1	Форсуночний сепаратор	8700	1	
2	Синтезатор	2800	3	
3	Спектроскоп	3400	3	
4	Кристалізатор	3500	3	
5	Хроматограф	3800	1	
6	Спектрометр	11100	1	
7	Дезінтегратор	15000	3	
8	Центрофуга	22000	3	
9	Ферментатор	2200	3	
10	Камерний сепаратор	1700	3	
11	Вентилятор	4500	1	
12	Вентилятор	7000	3	

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Коротка характеристика електроприймачів цеху	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					8	1
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

Розрахунок електричних навантажень цехових електроспоживачів.

1.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В.

Згідно робочому режиму, все об'єднання електроприймачів поділяємо на 2 підгрупи. До першої увійдуть ті електроприймачі, які працюють зі сталим графіком, а до другої - зі змінним.

Знаходимо розрахункову потужність електроприймачів, що працюють зі змінним графіком навантаження:

Для прикладу проведемо обчислення для форсуночного сепаратору:

Загальна номінальна потужність для 3 форсуночних сепараторів:

$$P_{\Sigma PC_{\text{в}}} = P_1 \cdot n_{\text{шт}} = 8,7 \cdot 1 = 8,7 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де P_1 – одинична номінальна потужність;

$n_{\text{шт}}$ – кількість електроприймачів.

Використовуючи дані з довідника:

- для 3 форсуночних сепараторів:

$$K_B = 0,13 \quad \cos \varphi = 0,8 \quad \text{tg } \varphi = 0,75$$

Визначаємо середню потужність за максимально навантаженою зміну:

$$P_{\text{см}PC_{\text{в}}} = K_B \cdot P_{\Sigma PC_{\text{в}}} = 0,13 \cdot 8,7 = 1,13 \text{ кВт}, \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{см}PC_{\text{в}}} = \text{tg } \varphi \cdot P_{\text{см}PC_{\text{в}}} = 0,75 \cdot 1,13 = 0,85 \text{ квар}, \quad (2.3)$$

Результати обчислень для інших споживачів вносимо до таблиці.

Загальна номінальна потужність електроприймачів, які працюють згідно змінного графіку завантаження:

$$P_{\Sigma}^{\sim} = \sum P_{\text{ном}} = 83,3 \text{ кВт}, \quad (2.4)$$

Загальна середня активна потужність електроприймачів, які працюють згідно змінного графіку завантаження:

$$P_{\Sigma \text{см}}^{\sim} = \sum P_{\text{см}}^{\sim} = 24,1 \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

Загальна середня реактивна потужність електроприймачів, які працюють згідно змінного графіку завантаження:

$$Q_{\Sigma \text{см}}^{\sim} = \sum Q_{\text{см}}^{\sim} = 16,3 \text{ квар}, \quad (2.6)$$

Коефіцієнт використання електросприймачів зі змінним графіком завантаження:

$$K_B^{\sim} = \frac{\sum P_{\text{см}}^{\sim}}{\sum P_{\text{ном}}} = \frac{24,1}{83,3} = 0,29, \quad (2.7)$$

Визначаємо n_e :

$$n_e = \frac{\sum P_{\text{ном}}^2(\text{всіх})}{\sum (P_{\text{і ном}}^2 * n(\text{штук}))} = 15,5, \quad (2.8)$$

Знаходимо коефіцієнт максимуму K_M :

$$K_M = 1,5,$$

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Розрахунок електричних навантажень цехових електроспоживачів.	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					9	7
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

Розрахункова активна потужність всіх електросприймачів, які працюють згідно змінного графіку завантаження:

$$P_{розр}^{\sim} = K_M \cdot P_{\Sigma см}^{\sim} = 1,5 \cdot 24,1 = 36,2 \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

Так як $n_e > 10$, то реактивну складову визначаємо таким чином:

$$Q_{розр}^{\sim} = Q_{\Sigma см}^{\sim} = 16,3 \text{ квар}, \quad (2.10)$$

Повна потужність:

$$S_{розр}^{\sim} = \sqrt{Q_{розр}^{\sim 2} + P_{розр}^{\sim 2}} = \sqrt{16,3^2 + 36,2^2} = 39,7 \text{ кВА}, \quad (2.11)$$

Розрахунковий струм всіх електросприймачів, які працюють згідно змінного графіку завантаження:

$$I_{розр}^{\sim} = \frac{S_{розр}^{\sim}}{U_{ном} \cdot \sqrt{3}} = \frac{39,7}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 60,3 \text{ А}, \quad (2.12)$$

Результати обчислень заносимо до таблиці №2.1.

Знаходимо розрахункову потужність електроприймачів, які працюють згідно постійного графіку завантаження:

Для прикладу проведемо обчислення для центрофуги:

$$P_{\Sigma ШС} = n_{шт} \cdot P_1 = 22 \cdot 3 = 66 \text{ кВт}, \quad (2.13)$$

де P_1 – одинична номінальна потужність;

$n_{шт}$ – кількість електроприймачів.

Використовуючи дані з довідника:

- для електричної шафи кристалізатора: $K_B = 0,7 \cos \varphi = 0,96 \text{ tg } \varphi = 0,29$

Визначаємо середню потужність за максимально завантажену зміну:

$$P_{смШС} = P_{\Sigma смШС} \cdot K_B = 66 \cdot 0,7 = 46,2 \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

$$Q_{смШС} = \text{tg } \varphi \cdot P_{смШС} = 0,29 \cdot 46,2 = 13,4 \text{ квар}, \quad (2.15)$$

Результати обчислень для інших споживачів вносимо до таблиці №2.1

Загальна номінальна потужність електроприймачів, які працюють згідно постійного графіку завантаження:

$$P_{\Sigma}^- = \sum P_{ном} = 117,6 \text{ кВт}, \quad (2.16)$$

Загальна середня активна потужність електроприймачів, які працюють згідно постійного графіку завантаження:

$$P_{\Sigma см}^- = \sum P_{см}^- = 82,3 \text{ кВт}, \quad (2.17)$$

Загальна середня реактивна потужність електроприймачів, які працюють згідно постійного графіку завантаження:

$$Q_{\Sigma см}^- = \sum Q_{см}^- = 24 \text{ квар}, \quad (2.18)$$

Розрахункова потужність всіх електросприймачів, які працюють згідно постійного графіку завантаження:

$$P_{розр}^- = P_{\Sigma см}^- = 82,3 \text{ кВт}, \quad (2.19)$$

$$Q_{розр}^- = Q_{\Sigma см}^- = 24 \text{ квар}, \quad (2.20)$$

Повна потужність:

$$S_{розр}^- = \sqrt{Q_{розр}^- 2 + P_{розр}^- 2} = \sqrt{24^2 + 82,3^2} = 85,7 \text{ кВА}, \quad (2.21)$$

										ДП 2022 141	Арк.
											10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Розрахунковий струм всіх електросприймачів, які працюють згідно постійного графіку завантаження:

$$I_{розр}^- = \frac{S_{розр}^-}{U_{ном} \cdot \sqrt{3}} = \frac{85,7}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 130,2 \text{ А}, \quad (2.22)$$

Знаходимо розрахункові потужності усіх електросприймачів:

$$P_{розр} = P_{розр}^- + P_{розр}^{\sim} = 82,3 + 36,2 = 118,5 \text{ кВт}, \quad (2.23)$$

$$Q_{розр} = Q_{розр}^- + Q_{розр}^{\sim} = 24 + 16,3 = 40,3 \text{ квар}, \quad (2.24)$$

Повна потужність:

$$S_{розр} = \sqrt{P_{розр}^2 + Q_{розр}^2} = \sqrt{118,5^2 + 40,3^2} = 125,2 \text{ кВА}, \quad (2.25)$$

Знаходимо розрахунковий струм усіх електросприймачів:

$$I_{розр} = \frac{S_{розр}}{U_{ном} \cdot \sqrt{3}} = \frac{125,2}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 190 \text{ А}, \quad (2.26)$$

Результати обчислень вносимо до таблиці №2.1

Таблиця 2.1 Розрахунок електричних навантажень

№	Обладнання	n	P _{ном} , кВт		Кв	cosφ/tgφ		P _{см} , кВт	Q _с , квар	N _е	К _м	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	I _р , А
			одно го	всіх		cos φ	tgφ								
1	Горизонтально-фрезерний верстат	1	8.7	8.7	0.13	0.8	0.75	1.1	0.8	15.5	1.5				
2	Синтезатор	3	2.8	8.4	0.13	0.8	0.75	1.1	0.8	15.5	1.5				
3	Спектроскоп	3	3.4	10.2	0.13	0.8	0.75	1.3	1	15.5	1.5				
4	Кристалізатор	3	3.5	10.5	0.13	0.8	0.75	1.3	1	15.5	1.5				
5	Хроматограф	1	3.8	3.8	0.13	0.8	0.75	0.5	0.4	15.5	1.5				
6	Спектрометр	1	11.1	11.1	0.13	0.8	0.75	1.4	1.1	15.5	1.5				
7	Камерний сепаратор	3	1.7	5.1	0.13	0.8	0.75	0.6	0.5	15.5	1.5				
8	Вентилятор 1	3	7	21	0.65	0.85	0.62	13.7	8.5	15.5	1.5				
9	Вентилятор 2	1	4.5	4.5	0.65	0.8	0.75	2.9	2.2	15.5	1.5				
Σ	Сумарно по " ~ "	19		83.3				24	16.2			36.2	16.3	39.7	60.3
10	Центрофуга	3	22	66	0.7	0.96	0.29	46.2	13.4						
11	Дезінтегратор	3	15	45	0.7	0.96	0.29	31.5	9.2						
12	Ферментатор	3	2.2	6.6	0.7	0.96	0.29	4.6	1.3						
Σ	Сумарно по "-"	9		117.6				82.3	24			82.3	24	85.7	130.2
Всього по ремонтному цеху		27		200.9				106.3	40.2			118.5	40.3	125.2	190

					ДП 2022 141	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.

Зазвичай для того, щоб дізнатися розрахункові навантаження освітлювальних приладів, спочатку обчислюють електричне освітлення проєктованого цеху, що розподіляють на аварійне та робоче.

Щоб обчислити освітлення, в нашому випадку для механічного цеху доцільно використати метод світлового потоку.

Згідно формули, знаходимо необхідний потік ламп в кожному світильнику:

$$\Phi = \frac{K_3 * Fz * E_{min}}{\eta}, \quad (2.27)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу;

E_{min} – мінімальна освітленість;

S – площа приміщення, яка освітлюється;

z – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку – відношення світлового потоку, що падає на робочу поверхню, до світлового потоку світильників.

Коефіцієнт використання η залежить від декількох основних чинників: тип світильника, коефіцієнтів відбиття стін, стелі, робочої поверхні та від показника приміщення, що враховує співвідношення розмірів приміщення. Приймаємо:

$$p_{ст} = 0,5,$$

$$p_c = 0,3,$$

$$p_p = 0,1,$$

Згідно формул, які були наведені вище, визначаємо:

Коефіцієнт запасу $K_3 = 1,8$.

Мінімальна освітленість $E_{min} = 200$ лк.

Коефіцієнт нерівномірності $z = 1,15$

Площа приміщення:

$$S = AB, \quad (2.28)$$

$$S = 60 * 40 = 2400 \text{ м}^2,$$

Обрахуємо показник, що враховує співвідношення розмірів приміщення (індекс приміщення):

$$i = \frac{AB}{(A+B)*h_p}, \quad (2.29)$$

$$h = H - h_c - h_p, \quad (2.30)$$

де $H = 15$ м – висота приміщення цеху;

$h_p = 0,8$ м – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h_c = 0,2$ м – відстань світильників від перекриття.

$$h = 15 - 0,2 - 0,8 = 14 \text{ м},$$

Тоді:

$$i = \frac{60*40}{(60+40)*14} = 1,714,$$

$$\eta = 0,521,$$

Обчислимо світловий потік однієї лампи, який знадобиться для забезпечення заданої мінімальної освітленості за формулою, лм:

									ДП 2022 141	Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\Phi_{л} = \frac{z * E_{min} * K_3 * S}{N_{CB} * \eta}, \quad (2.31)$$

де E_{min} – нормоване значення освітленості, лк;
 S – площа приміщення, що освітлюється, м²;
 N_{CB} – кількість установлених світильників;
 K_3 – коефіцієнт запасу;
 z – коефіцієнт мінімальної освітленості.

Для механічного цеху значення норми освітленості при загальному освітленні дорівнює 200 лк. Обираємо співвідношення $1 / H_p = 0,8-1,2$, де 1 – дистанція між світильниками. Далі проводимо вибір значення коефіцієнту запасу $K_3 = 1,8$. Наступним кроком визначаємо коефіцієнт мінімальної освітленості $z = 1,15$.

Тоді світловий потік лампи:

$$\Phi_{л} = \frac{1,15 * 2400 * 200 * 1,5}{32 * 0,521} = 44436,948 \text{ лм},$$

Кількість світильників цеху:

$$N_{CB} = \frac{A * B}{L^2}, \quad (2.32)$$

де L – довжина освітлювальної лінії, м²

$$L = h * \lambda, \quad (2.33)$$

$$L = 14 * 0,57,$$

$$N_{CB} = \frac{40 * 60}{7,98^2} = 32,$$

Далі приходимо до висновку та беремо лампи ДРЛ700(10) – 5. Лампи цього типу мають наступні характеристики: їх напруга складає 130 В, потужність сягає 700 Вт, світовий потік становить 44000 лм, вони мають час горіння 12000 год, зроблені з типом цоколя Е40. Згідно даних з довідника, коефіцієнт потужності 0,85, тангенс φ 0,69. Щодо струму, то в таких лампах він має номінал 4А. В подальших розрахунках використаємо ПРА 1К700ДРЛ44 - 002УХЛ1

Наступним кроком обраховуємо активну потужність освітлювального навантаження, враховуючи, що коефіцієнт попиту $K_{п} = 0,9$:

$$P_{осв} = K_{п} * P_{л} * n, \quad (2.34)$$

$$P_{осв} = 0,9 * 0,7 * 32 = 19,04 \text{ кВт},$$

Переходимо до наступної дії та враховуємо реактивну потужність освітлювального завантаження:

$$Q_{осв} = tg\varphi * P_{осв}, \quad (2.35)$$

$$Q_{осв} = 0,69 * 19,04 = 13,17 \text{ квар.},$$

Аварійне освітлення та його обчислення:

Світильники освітлення, які ми раніше віднесли до підгрупи аварійних, розташуємо рівномірно по всій площі приміщення механічного цеху. Зазвичай, коли розраховують аварійне освітлення, то значення освітленості приймають 5% від норми робочого освітлення, проте не менше, ніж 5 та не більше, ніж 30 лк. Для освітлення приміщення цього разу використаємо лампи розжарення моделі Б215 – 225

$$P_{ав} = P_{осв} * 0,05, \quad (2.36)$$

$$P_{ав} = 19,04 * 0,05 = 0,952 \text{ кВт},$$

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2022 141	

Час обрахувати повне освітлювальне навантаження:

$$S_{осв} = \sqrt{P_{освс}^2 + Q_{освс}^2}, \quad (2.37)$$

$$P_{освс} = P_{ав} + P_{осв}, \quad (2.38)$$

$$P_{освс} = 0,952 + 19,04 = 19,992 \text{ кВт},$$

$$S_{осв} = \sqrt{19,992^2 + 13,17^2} = 23,15 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

					ДП 2022 141	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

20-21	13723240	9355840	16609000	8267010	5636050	10005420
21-22	14599190	11694790	18705740	8794690	7045060	11268520
22-23	10803400	6549080	12633450	6354940	3852400	7431440
23-24	7007610	5145710	8693960	4122120	3026890	5114090

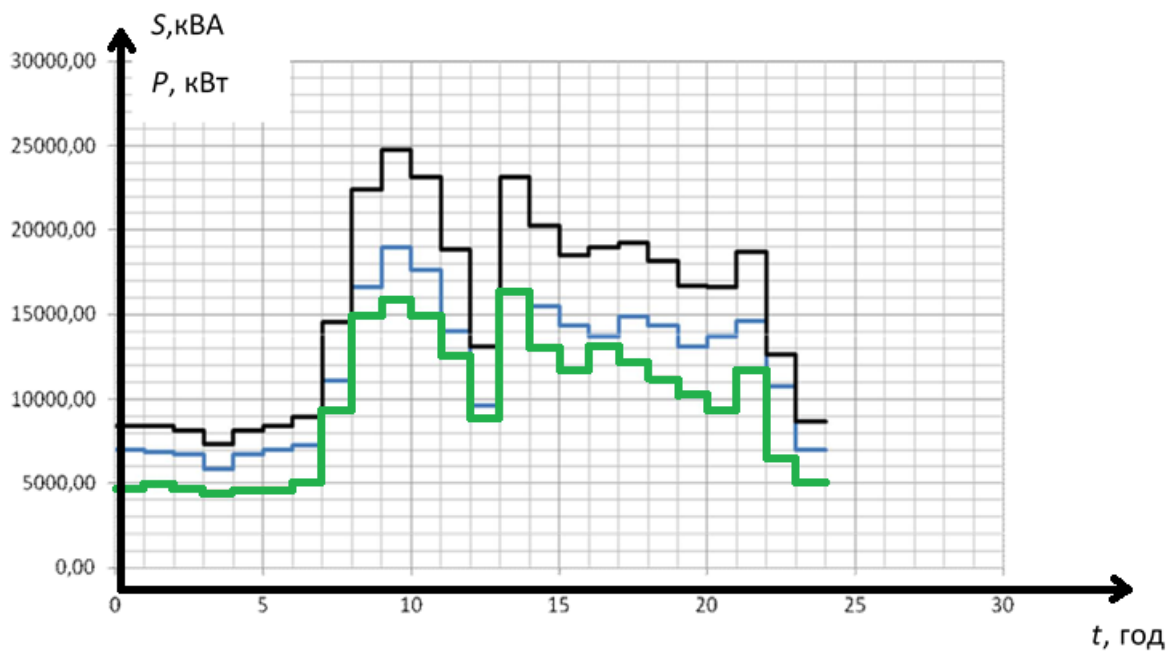


Рисунок 3.1 – Графіки навантаження для зимової доби

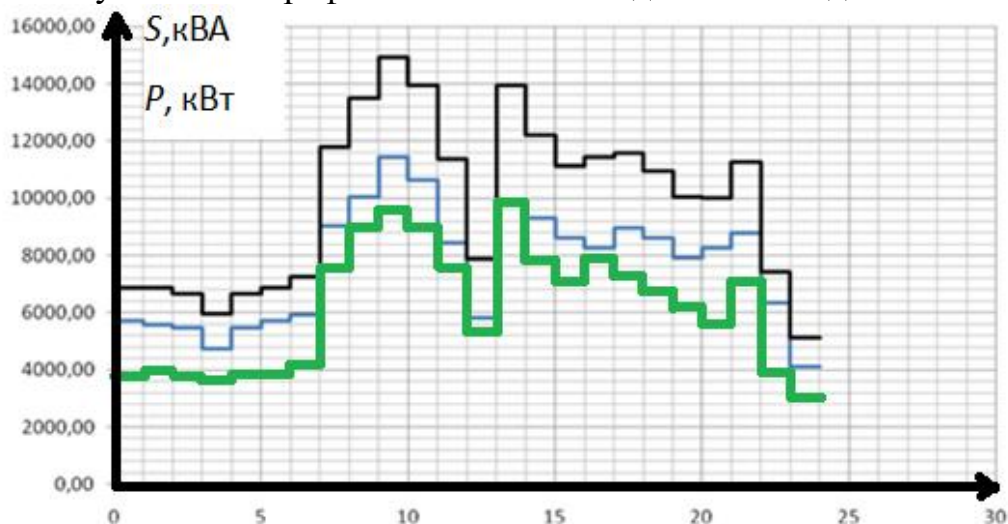


Рисунок 3.2 – Добові графіки навантаження для літньої доби

Таблиця 3.3 – Дані для побудови річних графіків навантажень активної, реактивної і повної потужності

8267000	306	6763000	153	8931000	212
8443000	153	7045000	306	10005000	153
8619000	306	7323000	153	10054000	153
8795000	153	7606000	153	10956000	153
8971000	153	7609000	153	11132000	153
9021000	153	7890000	306	11269000	153
9323000	153	8870000	212	11366000	153
9636000	212	9018000	306	11428000	153
9850000	153	9356000	424	11583000	153
10026000	153	9581000	153	11800000	153
10628000	153	9863000	153	12214000	153
10803000	212	10291000	212	12634000	212
11095000	212	11227000	212	13097000	212
11433000	153	11694000	424	13485000	153
13139000	212	12163000	212	13939000	306
13723000	424	12630000	212	14513000	212
14015000	212	13098000	424	14917000	153
14307000	424	14969000	424	16609000	212
14599000	212	15904000	212	16700000	212
14891000	212	16372000	212	18186000	212
15475000	212			18479000	212
16351000	212			18706000	212
16643000	212			18866000	212
17643000	212			18971000	212
18979000	212			19227000	212
				20274000	212
				22385000	212
				23138000	212
				23139000	212
				24762000	212

На підставі виконаних розрахунків конструємо графік навантажень, що продемонстрований на рис. 3.3.

Візьмемо річні графіки за тривалістю для того, щоб визначити число годин використання максимуму навантажень:

$$T_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * t_i}{P_{max}} \quad (3.1)$$

$$T_{max} = \frac{(5,84 + 6,86 + 7,3 + 9,64 + 10,8 + 11,1 + 13,14 + 14,02 + 14,6 + 14,9 + 15,49 + 16,35 + 16,64 + 17,64 + 18,98) * 212 + (67,16 + 13,72 + 14,31) * 424 + (4,12 + 4,75 + 5,58 + 5,81 + 5,94 + 6,36 + 7,92 + 8,44 + 8,8 + 8,98 + 9,02 + 9,32 + 9,85 + 10,03 + 10,63) * 153 + 7,01 * 636 + (5,46 + 5,7 + 8,27 + 8,62) * 306}{8,44} = 4591,97$$

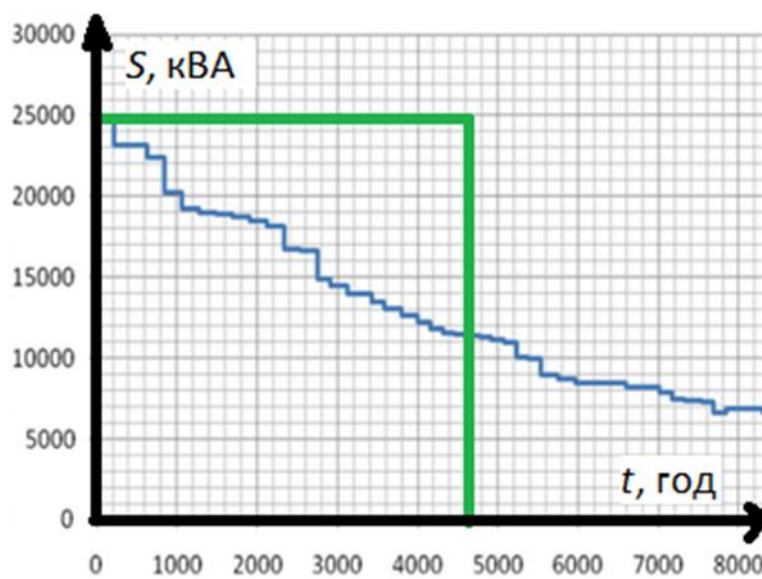


Рисунок 3.3 – Річні графіки навантажень

Кількість годин використання максимального завантаження за рік:

$$T_m = \frac{W_p}{S_{p,max}}, (3.2)$$

де $S_{p,max}$ – розрахункове максимальне навантаження, МВА, табл. 3.2;

W_p – електроенергія, яку використали за рік, МВА·год., табл. 3.3.

$$T_m = \frac{113706,273}{24,762} = 4591,97 \text{ год.}$$

Річна витрата активної електроенергії W_{ap} :

$$W_{ap} = P_{r,max} * T_m, (3.3)$$

де $P_{r,max}$ – розрахункове максимальне навантаження, МВт, табл. 3.2

$$W_{ap} = 18,98 * 4591,97 = 87155,6 \text{ МВт * год}$$

						ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху.

Далі будемо розглядати систему зовнішнього електропостачання. До неї входять схема електропостачання, а також джерела живлення підприємства. В більшості випадків головними умовами проектування раціональної системи зовнішнього електропостачання є надійність, економічність і якість електроенергії в мережі.

Економічність показує приведені витратами на систему електропостачання. Надійність залежить від категорії споживачів електричної енергії і особливостей технологічного процесу. Якщо неправильно надати оцінку показникам надійності, то система може працювати з перебоями електропостачання, а також потягне зайві витрати на резервування.

Коли створюють проект, то виробляють декілька можливих та доступних варіантів. Найкращий обирається в кінці розрахунків методом зіставлення технічних та економічних характеристик.

Якщо планують схеми постачання електричної енергії підприємства, то не забувають також про характер розміщення навантаження на зоні підприємства. Також слід пам'ятати про потужність, яку використовують установки, та наявність джерела живлення.

Пристрої, що використовують потужність розподіляють на три групи. Перша – це група великої потужності, 75-100 МВт чи навіть більше. В цьому випадку наперед продумують розподіл шин приймального пункту і живлення кожної ділянки по окремій лінії. Варіант з двома і більше приймальними пунктами обирають на підприємствах великої потужності з переважанням споживачів першої категорії при наявності потужних та відокремлених груп приймачів електричної енергії.

Друга – це група середньої потужності, від 5 до 75 МВт. І третя – це група малої потужності, менше 5 МВт. Для таких підприємств застосовують схеми електричного постачання з одним прийомним пунктом електроенергії (ГРП, ГПП, РПП). Так як встановлена потужність приймачів нашого заводу становить 6,35 МВт, то він відноситься до підприємств середньої потужності і можна застосувати схему електропостачання з одним прийомним пунктом.

Промислове підприємство має в наявності споживачів першої і другої категорії надійності електропостачання, які повинні споживатись на менш ніж по двох лініях від двох незалежних ДП.

Зважаючи на те, що дистанція до підстанції складає 12 км, а потужність підприємства становить 3203000 ВА, то в якості напруги підприємства вибрано 35 кВ і буде встановлена ГПП з двома трансформаторами.

Постачання електричної енергії до споживачів виконується за підтримки

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					20	4
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

радіальних, магістральних і змішаних схем живлення.

Радіальними вважають такі схеми, в яких електричну енергію від ДП передають безпосередньо до ПС, без відгалужень по дорозі для живлення інших споживачів.

Магістральні схеми - схеми, в яких електричну енергію від ДП надають до ПС, споживача не безпосередньо, а з відгалуженнями по дорозі для живлення інших споживачів.

Зазвичай магістральні схеми гарантують приєднання 5-6 ПС. Схеми такого зразка мають меншу надійність, проте мають не таке велике число відмикаючих апаратів, надають шанс більш вигідно розподілити споживачів. Магістральні схеми, які з'єднані подвійними транзитними лініями, створюють більшу надійність живлення. Якщо відбувається пошкодження довільної живлячої магістралі вищої напруги, то надання електричної енергії надається по другій магістралі методом автоматичного перемикачів споживачів на відділення шин нижчої напруги трансформатора, що залишився в роботі.

Згідно радіальної схеми, живлення відбувається в більшості випадків, у великих та відповідальні споживачі електроенергії. Невеликі споживачі отримують електроенергію за магістральними схемами.

Сукупність базових питань при розробці систем електропостачання промислового підприємства разом із обиранням головної схеми живлення бере до складу вибір раціональної напруги для схеми, бо останніми розраховуються параметри ліній передачі електричної енергії та електроустаткування ПС і мереж, яке було вибрано, а отже, розміри вкладень грошей, витрати металів кольорових руд, втрати електричної енергії та витрати в процесі використання. Базова напруга для внутрішніх заводських розподільних мереж зазвичай складає 10000 В.

Число цехових трансформаторних ПС (ЦТП) безпосередньо впливає на витрати на розподільні пристрої (РУ), напругою 6 – 20 кВ і внутрішні заводські і цехові розподільні мережі. Якщо зменшити число ЦТП або збільшити їх одиничну номінальну потужність, то зменшиться кількість осередків РУ, загальна відстань ліній і втрати електричної енергії та напруги в мережах 6000-20000 В, проте тоді піднімається вартість мереж напругою 400В і їх втрати. Якщо підвищити кількість ЦТП, то витрати на мережі 400В стануть менші, але в той же час виросте кількість осередків РУ 6000– 20000В та витрати на мережі напругою 6000–20000В. Якщо є певне число трансформаторів із номінальною потужністю, то тоді отримують заданий ступінь надійності електропостачання.

Щоб було комфортніше використовувати схеми електропостачання необхідно старатися робити вибір не більше двох стандартних потужностей основних трансформаторів (без врахування допоміжних). Завдяки цьому відбувається

					ДП 2022 141	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

скорочення резерву трансформаторів на запасі та стає легшою заміна непрацюючих трансформаторів. Коли це виконано, то краще встановити трансформатори подібної потужності. Для цього треба подивитись питання можливості живлення двома чи декількома споживачами від однієї ЦТП і виконання надання електричної енергії великих споживачів від двох або трьох ЦТП.

Зараз ЦТП виконуються комплектними (КТП), повністю зробленими на підприємствах, і, завжди, коли немає перешкод умов навколишнього середовища і обслуговування, ставиться відкритим.

Однотрансформаторні ЦТП краще ставити тоді, коли в цеху приймачів електричної енергії, що дозволяють перерву електропостачання поки йде направлення складського запасу або при запасанні, здійснюваному по лініях нижчої напруги від сусідніх ЦТП, тобто вони доступні для споживачів 2 і 3 категорій або якщо в мережі 380-660 в маленького числа (до 20%) споживачів 1 категорії. Двохтрансформаторні ЦТП краще використовувати:

- якщо більше споживачів категорії один і присутні споживачі «особливої групи»;
- якщо цехового навантаження в одному місці та об'єкти загального застосування, які стоять відділені (наприклад, компресорні або насосні станції);
- якщо цех з великою питомою щільністю завантажень.

Залежно від стартових даних відрізняють 2 способи обрання номінальної потужності трансформаторів ЦТП:

- по вказаному добовому графіку завантаження цеху на показову річну добу для нормальних та аварійних режимів;
- по обчислювальній потужності для таких самих режимів.

Обчислення числа трансформаторів ЦТП

Число трансформаторів можна дізнатись, застосувавши формулу:

$$n = S_N * \frac{P_{см}}{K_{загр}}, \quad (4.1)$$

$$P_{зм} = P_{вст} * K_B, \quad (4.2)$$

$$Q_{зм} = tg\varphi * P_{зм}, \quad (4.3)$$

$$S_{зм} = \sqrt{P_{зм}^2 + Q_{зм}^2}, \quad (4.4)$$

де $P_{зм}$, $Q_{зм}$, $S_{зм}$ - активна, реактивна і повна потужності відповідно за зміну, що була найбільш завантажена.

Обчисливши за даними формулами, всі отримані дані занесли в табл. 4.1.

$$n = \frac{1878}{630*0,7} = 4,26, \quad (4.5)$$

Отже, ми маємо встановити 5 трансформаторів потужністю $S_N = 630000$ ВА.

					ДП 2022 141	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 Розподіл навантажень по ЦТП

Об'єкт	S_N , Вт	K_B	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{\text{ц}}$, Вт	$Q_{\text{ц}}$, ВАр	$S_{\text{ц}}$, ВА	№ ЦТП	$P_{\text{зм}}$, Вт	$Q_{\text{зм}}$, Вт	$S_{\text{зм}}$, Вт
Синтезуючий	5000 00	0,33	1,14	165 000	1880 00	250 000	1	744 000	122 700 0	1446 000
Адміністративний	9800 00	0,14	2,29	137 000	3140 00	343 000				
Ферментації	2500 000	0,16	1,73	400 000	6930 00	800 000				
Компресорна	6000 0	0,7	0,75	420 00	3200 0	530 00				
Котельня	1200 00	0,65	0,75	780 000	5850 00	975 000	2	780 000	585 000	9750 00
Цех збірки	3500 00	0,06	1,73	210 00	3600 0	420 00	3	354 000	319 000	4820 00
Молекулярний	2000 00	0,73	0,75	146 000	1100 00	183 000				
Цех заготівки	1000 00	0,35	1,33	350 00	4700 0	580 00				
Склад	6000 0	0,2	1,73	120 00	2100 0	240 00				
Ремонтний	4000 00	0,35	0,75	140 000	105	175				

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

5. Режими реактивної потужності системи електропостачання.

5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах.

Коли йде мова про баланс реактивної потужності, то мають на увазі те, що потужності, що генеруються, та потужності, що споживаються, мають бути однакові за значенням при відхиленнях напруги у приймачів електричної енергії, які допускаються. Приблизні втрати реактивної потужності для повітряних ліній електричної передачі: 35000В беруть 1-2%; 110000В беруть 4-6%, від повної переданої по лінії потужності – по модулю. Витрати в трансформаторах беруть 5-9% від повної потужності, яка надходить через трансформатор.

Різниця між активною та реактивною потужностями полягає в тому, що реактивна не може бути забезпечена лише генераторами, які наявні на станції. Для того, щоб створити та надати потрібну реактивну потужність із врахуванням витрат, власних потреб та запасу реактивної потужності лише на електричній станції являється економічно доцільним. Одним з найпродуктивнішим варіантом є використання компенсуючих установок, які ставляться в мережі. Саме через це головною ціллю створення балансу реактивної потужності являється визначення загальної потужності компенсуючих установок із врахуванням розподільної потужності генераторів станцій.

Баланс реактивної потужності мережі, що розробляється обчислюється з допомогою формули:

$$Q_{\Gamma} = Q_p + Q_{\text{нагр}} + DQ_{\text{мер}} + Q_{\text{сн}} - Q_{\text{ку}}, \quad (5.1)$$

де $Q_{\text{нагр}}$ - сумарна реактивна потужність завантажень, яка була задана

$Q_{\text{сн}}$ - втрата реактивної потужності на свої потреби станцій, який допускається брати рівним 2%, 5%, 6% від повної загальної повного завантаження споживачів

Q_p - запас реактивної потужності на станціях, який складає десь біля 10% від $S_{\text{нагр}}$

$DQ_{\text{мер}}$ - витрати реактивної потужності в мережі (Мвар)

Загальні реактивні витрати в мережі створюються із витрат у лініях та трансформаторах:

$$DQ_{\text{мер}} = DQ_{\text{леп}} + DQ_{\text{гр}}, \quad (5.2)$$

Якщо взяти до уваги середні значення коефіцієнта завантаження трансформаторів 0,7-0,85, то витрати реактивної потужності в трансформаторах сягатимуть десь біля 10% від загальної потужності, яка буде передаватися через них;

Витрати потужності, які наведені в лініях електричної передачі створюються з

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Режими реактивної потужності системи електропостачання.	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					24	4
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

двох елементів, у яких протилежні знаки:

$$DQ_{\text{леп}} = DQ_{\text{л}} + DQ_{\text{с}}, \quad (5.3)$$

де $DQ_{\text{с}}$ - реактивна потужність, яка створюється лінією електричної передачі;
 $DQ_{\text{л}}$ - витрати реактивної потужності в опорі лінії електричної передачі, що є індуктивним.

При близьких до істини розрахунках та якщо немає в мережі ліній 330000В або вище, можна вважати, що витрати реактивної потужності в індуктивних опорах ВЛ та створення реактивної потужності цими лініями в період завантажень, що є найбільшими взаємно компенсуються:

$$DQ_{\text{с}} = DQ_{\text{д}}, \quad (5.4)$$

$$DQ_{\text{леп}} = 0, \quad (5.5)$$

$$DQ_{\text{мер}} = DQ_{\text{тр}} = S_{\text{нагр}} * 0,1, \quad (5.6)$$

$Q_{\text{ку}}$ - загальна потужність компенсуючих установок, які ставляться в мережі;
Реактивна потужність системи розраховується по формулі:

$$Q_{\text{Г}} = P_{\text{r}} * tg(c), \quad (5.7)$$

де $tg(c)$ розташований, згідно відомому $cos(c)$ енергетичної системи.

Із формули балансу реактивного завантаження шукаємо загальну потужність компенсуючих установок, які ставляться на підстанціях:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{нагр}} + DQ_{\text{мер}} + Q_{\text{сн}} - Q_{\text{Г}}, \quad (5.8)$$

До речі, компенсація реактивної потужності у споживачів допомагає зменшити навантаження на частину електромережі (лінії електричної передачі, трансформатори), які знижують кількість витрат потужності в мережі та роблять кращим режим напруги завдяки зменшенню падіння напруги в частині електромережі. Зменшення навантаження частини мережі від реактивної потужності робить доступним надання завантаження на ці елементи додатковою активною потужністю або іноді зробити меншим перетин лінії електричної передачі чи зробити меншим задану потужність трансформаторів.

Щоб обрати та розташувати прилади компенсації реактивної потужності в електромережі, потрібно дивитися на забезпечення потрібної пропускну можливості мережі в нормальних та післяаварійних режимах роботи, коли залишаються потрібні рівні напруги та резерви стійкості.

5.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.

Потужність, згідно огрупувань електричних споживачів $P_{\text{гр}}$, Вт

$$P_{\text{смгр}} = \sum P_{\text{у}} + K_{\text{в}}(2.49), \quad (5.9)$$

$$P_{\text{смгр1}} = 2 * 0,65 * 100 = 130000 \text{Вт},$$

$$P_{\text{смгр2}} = 3 * 0,6 * 30 = 54000 \text{Вт},$$

										ДП 2022 141	Арк.
											25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$P_{смгр3} = 3 * 0,55 * 24 = 39600\text{Вт},$$

$$P_{смгр4} = 3 * 0,65 * 7 = 13650\text{Вт},$$

$$P_{смгр5} = 2 * 0,65 * 100 = 19500\text{Вт},$$

$$P_{смгр6} = 3 * 0,35 * 10 = 10500\text{Вт},$$

$$P_{смгр7} = 5 * 0,45 * 3 = 6750\text{Вт},$$

$$P_{смгр8} = 4 * 0,65 * 1,1 = 2860\text{Вт},$$

$$P_{смгр9} = 1 * 0,55 * 400 = 220000\text{Вт},$$

Реактивні потужності по об'єднанню електричних споживачів Q, Вар

$$Q_{смгр} = P_{смгр} * tg(f), \text{ (5.10)}$$

$$Q_{смгр1} = 1,11 * 130 = 144300\text{Вар},$$

$$Q_{смгр2} = 1,02 * 54 = 55080\text{Вар},$$

$$Q_{смгр3} = 0,33 * 39,6 = 13100\text{Вар},$$

$$Q_{смгр4} = 0,75 * 13650 = 10240\text{Вар},$$

$$Q_{смгр5} = 0,75 * 19,5 = 14630\text{Вар},$$

$$Q_{смгр6} = 1,17 * 10,5 = 12290\text{Вар},$$

$$Q_{смгр7} = 1,98 * 6,75 = 13370\text{Вар},$$

$$Q_{смгр8} = 1,98 * 2,86 = 5660\text{Вар},$$

$$Q_{смгр9} = 0,43 * 220 = 94600\text{Вар},$$

Загальні потужності

$$\sum P_{см} = 496860 \text{ Вт},$$

$$\sum Q_{см} = 363270 \text{ Вар},$$

Коефіцієнт використання

$$K_B = \frac{\sum P_{см}}{P_{кст}}, \quad (5.11)$$

$$K_B = \frac{496,86}{862,4} = 0,58,$$

Розрахункова активна потужність цеху

$$P_{роз} = k_B * P_{уст} * k_{max}, \quad (5.12)$$

$$P_{роз} = 0,58 * 862,4 * 1,16 = 580220,$$

$$Q_{роз} = 363270 \text{ Вар},$$

Середньозважений тангенс цеху

$$tgf = \frac{Q_{роз}}{P_{роз}} = \frac{363,27}{496,86} = 0,73, \quad (5.13)$$

Повна потужність цеху

$$S = \sqrt{P^2 + Q_P^2}, \quad (5.14)$$

$$S = \sqrt{580,22^2 + 363,27^2} = 684,56,$$

						ДП 2022 141	Арк.
							26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Розрахунковий струм шинопроводу

$$I = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}}, \quad (5.15)$$
$$I = \frac{684,56}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1041,31 \text{ А,}$$

Приходимо до висновку, що нам потрібен провід марки АВВГ перерізом 4 на 300 міліметрів квадратних.

5.3. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності.

Потужність компенсуючого приладу $Q_{\text{бат}}$, ВАр

Тангенс, який був заданий енергетичним постачальником $\text{tg}(\varphi) = 0,33$

$$Q_{\text{бат}} = (\text{tg}(f) - \text{tg}(f_1)) * P, \quad (5.16)$$
$$Q_{\text{бат}} = (0,63 - 0,33) * 589,87 = 176961 \text{ Вар,}$$

Приходимо до висновку, що нам потрібен провід УKM 0,4 105 5У3 – 1шт.,
УKM 0,4 70 10У3 – 1шт.

Сумарна встановлена потужність конденсаторної установки $\sum Q_{\text{бат}}$, Вар

$$\sum Q_{\text{бат}} = 105 + 70 = 175000 \text{ ВАр,}$$

Загальна повна потужність цеху із врахуванням компенсації реактивної енергії
 S , ВА

$$S = \sqrt{(589,87 + 17,76)^2 + (363,27 - 175)^2} = 636130,$$

Обираємо трансформатор

$$S_{\text{п.т.}} = \frac{S_{\text{роз}}}{K_3 * N}, \quad (5.17)$$

де N – це число трансформаторних установок;

K_3 – це коефіцієнт навантаження, для 2 категорії електричного постачання.

$$S_{\text{п.т.}} = \frac{636,13}{0,6 * 2} = 530110 \text{ ВА,}$$

Приходимо до висновку, що необхідно ставити 2 трансформатори потужністю
 $S=630 \text{ кВА ТМ-630 / 10}$

										ДП 2022 141	Арк.
											27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

6. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій (ТП).

Обираємо два можливих варіанти цехової підстанції для створення техніко-економічного порівняння варіантів. Число трансформаторів залежить від категорії електричної підстанції за надійністю.

Щоб жити цех з електричної підстанції другої категорії, можна використати трансформаторну КТП з одним трансформатором - перший варіант, або КТП з двома трансформаторами – другий варіант. Якщо обрати перший варіант то, необхідно заздалегідь продумати складський запас трансформаторів, щоб за короткий термін підстанція знову змогла працювати.

Для трансформаторної підстанції з одним трансформатором коефіцієнт завантаження коливається в діапазоні від 0,9 до 0,95. Потужність трансформаторів беруть, зважаючи на компенсуючі прилади з боку НН (НКУ).

Обчислимо розрахункову потужність трансформатора:

$$S_{рТ} = \frac{P_{розр}}{K_3^{опт} * n_T}, \quad (6.1)$$

де $K_3^{опт}$ – трансформаторний оптимальний коефіцієнт навантаження.

$S_{рТ}$ - обраховуємо за активною потужністю, бо мала кількість реактивної потужності можливо зкомпенсується джерелами реактивної потужності.

Витрати реактивної потужності:

$$dQ_{тр} = \frac{S_{номТ} * U_k}{100} * K_3^2 + \frac{S_{номТ} * I_k}{100}, \quad (6.2)$$

Пропускна здатність трансформатора за реактивною потужністю:

$$Q_{тр} = \sqrt{(S_{номТ} * n_m * K_3)^2 - P_{расч}^2}, \quad (6.3)$$

Визначимо розрахункову потужність компенсуючих пристроїв на стороні НН:

$$Q_{НКУ} = dQ_{тр} - Q_{тр} + Q_{расч}, \quad (6.4)$$

де $Q_{расч}$ - розрахункова реактивна потужність, кВАр.

Повна розрахункова потужність із врахуванням компенсуючих пристроїв з боку НН:

$$S_{роз} = \sqrt{(dQ_{тр} - Q_{НКУном} + Q_{роз})^2 - P_{роз}^2}, \quad (6.5)$$

Для точності розрахунку перевіримо коефіцієнт завантаження трансформатора, згідно наступного виразу:

$$K_3 = \frac{S_{роз}}{S_{номТ}}, \quad (6.6)$$

Потрібність приладу компенсуючої установки з боку ВН, згідно наступного виразу:

$$Q_{ВКУ} = dQ_{Т} - Q_e + Q_p - Q_{НКУ}^{ст}, \quad (6.7)$$

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій (ТП).	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					28	5
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

де Q_e – це економічно пояснена реактивна потужність, якщо $\operatorname{tg}(f) = 0,33$

$$Q_e = \operatorname{tg}(f) * P_{\text{роз}}, \quad (6.8)$$

Беручи до уваги формули 4.1-4.7, обчислимо два варіанти КТП.
Спочатку трансформаторна КТП з одним трансформатором.

$$S_{\text{рт}} = \frac{429,5}{0,9*1} = 479013\text{ВА},$$

Далі переходимо до вибору стандартного значення потужності трансформатора 630000 ВА, трансформатор ТМЗ – 630 / 10. Вони повинні бути ближчими та неменшими. Таким чином, є змога поставити комплектну трансформаторну підстанцію КТП – 630 / 10 / 0,4, яка витримує перевантаження на 40%.

Перелічімо параметри, якими наділений наш трансформатор:

$S_{\text{НОМТ}} = 630000\text{ВА}$, $U_{\text{ВН}} = 10000\text{В}$, $U_{\text{НН}} = 400\text{В}$, $U_k = 5,5\%$, $I_x = 1,8\%$, $dP_k = 7600\text{Вт}$, $dP_x = 1310\text{Вт}$

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{(630 * 1 * 0,9)^2 - 429,5^2} = 368280 \text{ Вар},$$

Зважаючи на той факт, що пропускна спроможність трансформатора по реактивній потужності більш, ніж достатньою мірою виконує умови передачі розрахункової реактивної потужності, то необхідність в компенсаційних приладах на стороні 400В відсутня.

Обчислення компенсаційних приладів з боку ВН:

$$S_M = \sqrt{(368,28 - 0 + 266,5)^2 - 429,5^2} = 528949 \text{ ВА},$$
$$K_3 = \frac{528,949}{630*1} = 0,84 < 0,9, \quad (6.9)$$

$$Q_e = 0,33 * 429,5 = 137956 \text{Вар},$$

$$Q_{\text{ВКУ}} = 368,28 - 0 + 266,5 - 137,956 = 168523 \text{Вар},$$

Ставимо компенсаційний прилад з боку ВН типу УФМ(5) - 10,5 – 150 - У3
Наступний варіант – КТП з двома трансформаторами.

$$S_{\text{рт}} = \frac{429,5}{0,7*2} = 307630 \text{ ВА},$$

Далі переходимо до вибору стандартного значення потужності трансформатора 400000 ВА, трансформатор ТМЗ – 400 / 10. Вони повинні бути ближчими та неменшими. Таким чином, є змога поставити комплектну трансформаторну підстанцію КТП – 2 x 400 / 10 / 0,4. Перелічімо параметри, якими наділений наш трансформатор:

$S_{\text{НОМТ}} = 400000\text{ВА}$, $U_{\text{ВН}} = 10000\text{В}$, $U_{\text{НН}} = 400\text{В}$, $U_k = 4,5\%$, $I_x = 2,18\%$, $dP_k = 5500\text{Вт}$, $dP_x = 950\text{Вт}$

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{(400 * 2 * 0,7)^2 - 429,5^2} = 357411 \text{ Вар},$$

Зважаючи на той факт, що пропускна спроможність трансформатора по

						ДП 2022 141	Арк.
							29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

реактивній потужності більш, ніж достатньою мірою виконує умови передачі розрахункової реактивної потужності, то необхідність в компенсаційних приладах на стороні відсутня.

Обчислення компенсаційних приладів з боку ВН:

$$S_M = \sqrt{(357,411 - 0 + 266,5)^2 - 429,5^2} = 526080 \text{ ВА},$$

$$K_3 = \frac{526,08}{400 \cdot 2} = 0,66 < 0,7, \quad (6.10)$$

$$Q_e = 0,33 \cdot 429,5 = 137956 \text{ Вар},$$

$$Q_{\text{ВКУ}} = 357,41 - 0 + 266,5 - 137,956 = 163556 \text{ Вар},$$

Ставимо компенсаційний прилад з боку ВН типу УФМ(5) - 10,5 - 150 - У3

Для технічного та економічного порівняння подивимось на обидва варіанти трансформаторної підстанції. Їх схеми креслень наведені на рисунку 4.1.

Щодо 1 варіанту, то там ми ставимо підстанцію КТП-630/10 з одним трансформатором. Цей варіант краще, бо підстанція з одним трансформатором дешевше трансформаторної з двома, але в аварійному режимі після аварії та вимкнення трансформатора цех залишиться без енергії.

Щодо 2 варіанту, то там ми ставимо підстанцію КТП-2×400/10 з двома трансформаторами. Її вартість більша, ніж трансформаторної підстанції з одним трансформатором, але в аварійному режимі після аварії та вимкнення трансформатора цех лише частково залишиться без енергії, а не повністю. Технічне та економічне порівняння двох можливих варіантів дає змогу отримати оптимальний варіант трансформаторної підстанції. Визначний параметром являється мінімум річних приведених витрат.

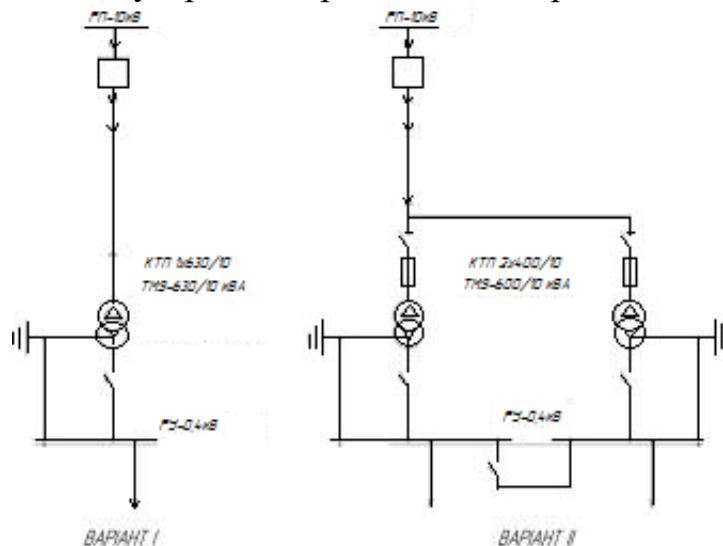


Рисунок 6.1 – Графічне зображення варіантів КТП

										ДП 2022 141	Арк.
											30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Технічне та економічне порівняння двох варіантів робиться, знаходячи наведені втрати, згідно наступного виразу:

$$Z_i = Y_i + B_i + K_i * E_H, \quad (6.11)$$

де $E_H = 0,12$ – це коефіцієнт результативності капітальних втрат, який є нормативним;

K_i - капітальні втрати для i -го варіанта;

B_i - експлуатаційні втрати для i -го варіанта;

Y_i - недоотриманий прибуток від перерви електричного постачання для i -го варіанта;

Капітальні витрати розраховуються за формулою:

$$K_i = K_{KY} + K_{КТП}, \quad (6.12)$$

де $K_{КТП}$ – це вкладення капіталу, щоб побудувати КТП, грн.;

K_{KY} – ціна компенсуючого приладу, грн.;

$$K_1 = 11,4 + 28 = 39440 \text{ грн},$$

$$K_2 = 11,47 + 2 * 24,5 = 60440 \text{ грн},$$

Витрати на використання визначаються, згідно наступного виразу:

$$B_{об} + B_a = K_i * \frac{K_{об} + K_a}{100}, \quad (6.13)$$

де $K_a, K_{об}$ – коефіцієнти витрати коштів на амортизацію та обслуговування, відповідно: $K_a = 6,4\%$, $K_{об} = 3\%$.

$$B_{об1} + B_{a1} = 39,44 * \frac{3+6,4}{100} = 3707 \text{ грн},$$

$$B_{об2} + B_{a2} = 60,44 * \frac{3+6,4}{100} = 5681 \text{ грн},$$

Втрати електричної енергії за рік в трансформаторах розраховуються за формулою:

$$DW = N_T * (\phi_{max} * ДР_{обм} + K_3^2 + ДР_{ст}), \quad (6.14)$$

де ϕ_{max} – число годин максимальних втрат;

$$T_M = 8760 * \left(\frac{T_{max}}{10000} + 0,124 \right)^2, \quad (6.15)$$

$$T_M = 8760 * \left(\frac{5350}{10000} + 0,124 \right)^2 = 3804,$$

$$DW1 = 1 * (3804 * 7,6 + 0,9^2 + 1,31 * 8760) * 10^{-3} = 34,894 \text{ МВт}\cdot\text{год},$$

$$DW2 = 2 * (3804 * 5,5 + 0,7^2 + 0,95 * 8760) * 10^{-3} = 37,149 \text{ МВт}\cdot\text{год},$$

Коштовність витрат на рік на електричну енергію становить:

$$B_{вт} = C * DW, \quad (6.16)$$

де C – ціна за один кВт * год електричної енергії. $C = 0,8$ грн.;

$$B_{вт1} = 34,894 * 0,8 = 27920,$$

$$B_{вт2} = 37,149 * 0,8 = 29720,$$

									ДП 2022 141	Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

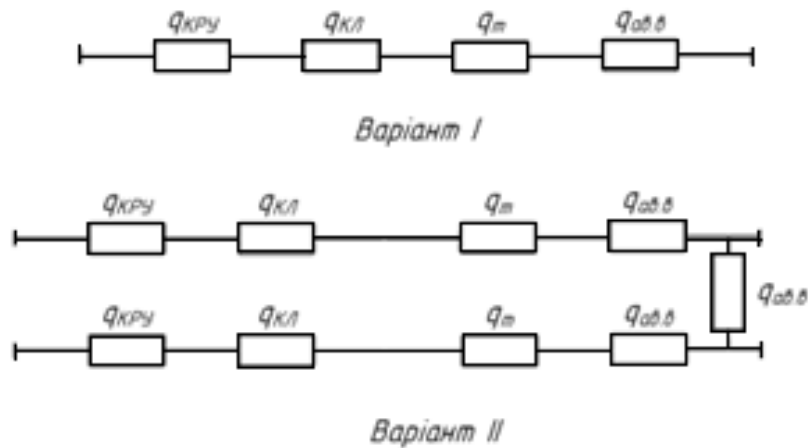


Рис 6.2 – Схема заміщення для визначення можливого перебою в електричному постачанні.

$$q_{\Sigma 1} = q_{\text{кл}} + q_{\text{кpy}} + q_{\text{АВВ}} + q_{\text{T}}, \quad (6.17)$$

$$q_{\Sigma 1} = 7,41 * 10^{-5} + 6 * 10^{-6} + 3 * 10^{-5} + 7 * 10^{-5} = 0,0001801,$$

$$q_{\Sigma 2} = (q_{\text{кл}} + q_{\text{кpy}} + q_{\text{T}}) * q_{\text{АВВ}} + 2 * (q_{\text{кл}} + q_{\text{кpy}} + q_{\text{T}}) * q_{\text{АВВ}}, \quad (6.17)$$

$$q_{\Sigma 2} = (7,41 * 10^{-5} + 6 * 10^{-6} + 7 * 10^{-5}) * 3 * 10^{-5} + 2 * (7,41 * 10^{-5} + 6 * 10^{-6} + 7 * 10^{-5}) * 3 * 10^{-5} = 0,0000000135,$$

Коштовність втрат від перерви в наданні електричної енергії:

$$B_{36} = P_p * Y_0 * \sum q * T_{\text{max}}, \quad (6.18)$$

де Y_0 – питомі втрати від перерви в наданні електричної енергії, $Y_0 = 3,5$;

$$B_{361} = 430,682 * 3,5 * 1,801 * 10^{-4} * 5350 = 1452000 \text{ грн},$$

$$B_{362} = 430,682 * 3,5 * 1,35 * 10^{-4} * 5350 = 110 \text{ грн},$$

Наведені втрати з кожного варіанта сягають:

$$З_1 = 27920 + 1452 + 3,707 + 39,44 * 0,12 = 29378 \text{ грн},$$

$$З_2 = 29720 + 0,11 + 5,681 * 60,44 * 0,12 = 29732 \text{ грн},$$

Подивимось наведені втрати з кожного варіанта поміж собою:

$$d3 = 100\% * \frac{З_2 - З_1}{З_2}, \quad (6.19)$$

$$d3 = 100\% * \frac{29732 - 29378}{29732} * 100\% = 1,191\% < 5\%, \quad (6.20)$$

Так як різниця наведених втрат варіантів відрізняється на число, яке є меншим 5%, а ще через навантаження змін, яке не є однорідним, приходимо до висновку та беремо схему із більш високим показником надійності електричного постачання. Тобто варіант 2.

										ДП 2022 141	Арк.
											32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

7. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі.

Для мережі цеху вибрана схема, яку називають радіальна. Вона буде виготовлена з використанням пунктів сили типу ШР - 11, які в свою чергу будуть наповнені запобіжниками, з'єднаними до РП-400В КТП.

Поставити КТП в середині цеху не є можливим, саме тому КТП проектується добудованого типу, зі сторони зовнішнього джерела живлення. Слід зазначити, що КТП зберігає 2 трансформатори ТМ – 400 / 10. Також він має шафи вводу ШНВ - 3УЗ, а ще, крім того лінійні шафи ШНЛ - 4УЗ, наповнені вимикачами серії ВА, які спрацьовують автоматично.

Мережа 400В, яка надає електроенергію, зроблена кабельними лініями при цьому кабелі викладені по боках на конструкціях.

Мережа 400В, яка розподіляє електроенергію, зроблена проводом, марка якої АПВ та має прокладку трубах, що зроблені з пластику та розташовані в підлозі.

Обчислені завантаження по вузлам з використанням електронно-обчислювальної машини приведені в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Обчислені завантаження по вузлам на електронно-обчислювальної машини

№	Назва вузла	$P_{\text{ECT}}, \text{Вт}$	$P_{\text{max}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{max}}, \text{ВАр}$	$S_{\text{max}}, \text{кВА}$	$I_{\text{max}}, \text{А}$	$P_{\text{cm}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{cm}}, \text{ВАр}$	$S_{\text{cm}}, \text{ВА}$
1	СП-1	90600	71800	53800	89700	129,4	70900	53700	88900
2	СП-2	58200	47100	62800	78500	113,3	8300	14200	16500
3	СП-3	46000	37000	32600	49300	71,2	8800	11100	14200
4	СП-4	92400	58000	43400	72400	104,5	39600	37200	54400
5	СП-5	79700	62000	54700	82700	119,3	18600	20500	27700
6	СП-6	117500	68500	44500	81700	117,9	47500	42100	63500
7	СП-7	99000	74500	49800	89600	129,3	43800	37800	57900
8	СП-8	103000	81000	55500	98200	141,8	44200	38800	58800
9	Печі опору	150000	150000	0	150000	216,5	150000	0	150000

Таблиця 7.2 – Обрання апаратів захисту шаф КТП

№	Вузлова назва	Вузловий розрахований струм, $I_p, \text{А}$	Шафний тип	Вимикач автоматичного типу	Струм АВ, $I_{\text{ном}}, \text{А}$
1	Ввід 1	808,3	ШНВ – 3УЗ	ВА55-43	1600
2	Опорна піч	72,2	ШНВ – 3УЗ	ВА52-35	250
3	Запас	-	ШНВ – 3УЗ	=	-
4	СП-1	129,4	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
5	СП-2	113,3	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Вибір схеми та розрахунок цехової мережі.	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					33	11
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

6	СП-3	71,2	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
7	СП-4	104,5	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
8	Опірна піч	72,2	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
9	Вимикач секції	808,3	ШНВ – 3УЗ	ВА55-43	1600
10	СП-5	119,3	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
11	СП-6	117,9	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
12	СП-7	129,3	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
13	СП-8	141,8	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
14	Опірна піч	72,2	ШНЛ – 4УЗ	ВА52-35	250
15	Запас	-	ШНВ – 3УЗ	-	-
16	Запас	-	ШНВ – 3УЗ	-	-
17	Ввід	808,3	ШНВ – 3УЗ	ВА55-43	1600

Далі мова піде про зону мережі цеху від РП - 400В до СП. Саме для цієї мережі оберемо прилади вимикачів, що будуть працювати автоматично та знайдемо необхідний переріз лінії кабелю.

Прилади вимикачів, що працюють автоматично беруть, згідно умов:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{ном}} &> U_{\text{мер}}, \\
 I_{\text{ном}} &> I_{\text{мах.раб.}}, \\
 I_{\text{теп роз}} &\geq I_p, \\
 I_{\text{ел маг роз}} &\geq 1,25 \cdot I_{\text{пік}},
 \end{aligned}$$

де $U_{\text{ном а}}$ – це напруга АВ, яка є номінальною, В;

$U_{\text{мер}}$ – це напруга, яка є номінальною у всій мережі, В;

$I_{\text{ном а}}$ – це струм АВ, який є номінальним, А;

$I_{\text{теп роз}}$ – це струм розчеплювача тепла, який є номінальним АВ, А;

$I_{\text{ел маг роз}}$ – це струм електромагнітного розчеплювача АВ, А;

I_p – це струм, який є обчислювальним для лінії, А;

$I_{\text{пік}}$ – це струм, який є піковим для лінії, А.

$$I_{\text{пік}} = I_{\text{ном max}} * (K_{\text{п}} - 1) + I_p, \quad (7.1)$$

де $K_{\text{п}}$ – це пусковий коефіцієнт.

Переріз КЛ робиться, згідно наступного виразу:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{сер}} * K_{\text{поп}}}, \quad (7.2)$$

де $K_{\text{поп}}$ – коефіцієнт, $K_{\text{поп}} = 0,92$;

$K_{\text{сер}}$ – коефіцієнт, який включає вплив середовища, яке знаходиться навколо, $K_{\text{сер}} = 1$.

Оберемо прилади АВ та лінійний переріз КЛ від РП - 400В до СП-1. Для того, щоб поставити у шафі КТП проводимо вибір вимикача ВА52 - 35, який буде працювати автоматично.

										ДП 2022 141	Арк.
											34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Умова	Розрахункові дані	Дані вимикача
$I_{\text{ел маг роз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пік}}$	456,3	1600
$U_{\text{ном}} > U_{\text{мер}}$	380	400
$I_{\text{ном}} > I_{\text{мах.раб.}}$	129,4	250
$I_{\text{теп роз}} \geq I_p$	129,4	160

Обираємо переріз КЛ, згідно наступного виразу:

$$I_{\text{дл доп}} \geq \frac{129,4}{0,92 \cdot 1},$$

$$I_{\text{доп}} \geq 140,6 \text{ А},$$

Приходимо до висновку та беремо кабель, марка якого АВВГ 3 x 95 + 1 x 70

$$I_{\text{доп}} = 170 \text{ А},$$

Проведемо тест на правильність обчисленого струму КЛ, який буде тривати довго, з захисними засобами:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{терл.розч}}, \quad (7.3)$$

$$170 \geq 160,$$

Вираз справджується.

Обчислення для кінцевих з'єднань робиться таким же чином. Обраховані дані обрання приладів та перерізу КЛ приведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Обрання приладів АВ та перерізів КЛ для мережі, яка є живильною

№	Найм	АВ тип	$I_{\text{ном АВ}} \geq I_p$	$I_{\text{теп рас}} \geq I_p$	$I_{\text{елмаг рас}} \geq I_{\text{пік}} \cdot k$	Переріз КЛ ААВГ	$I_{\text{доп}} \geq I_p$	$I_{\text{доп}} \geq I_p$
1	Ввід 1	ВА-55-43	$1600 \geq 490,6$	$2000 \geq 490,6$	$3000 \geq 1112,8$	-	-	-
2	Опор на піч	ВА-52-35	$250 \geq 72,2$	$100 \geq 72,2$	$1200 \geq 72,2$	3x50+1x35	$110 \geq 72,2$	$110 \geq 100$
3	СП-1	ВА-52-35	$250 \geq 129,4$	$160 \geq 129,4$	$1920 \geq 456,3$	3x95+1x70	$170 \geq 129,4$	$170 \geq 160$
4	СП-2	ВА-52-35	$250 \geq 113,3$	$125 \geq 113,3$	$1500 \geq 411,8$	3x70+1x50	$140 \geq 113,3$	$140 \geq 125$
5	СП-3	ВА-52-35	$250 \geq 71,2$	$100 \geq 71,2$	$1200 \geq 385$	3x50+1x35	$110 \geq 71,2$	$110 \geq 100$
6	СП-4	ВА-	$250 \geq$	$125 \geq$	$1500 \geq 596,9$	3x95+1x50	$140 \geq$	$140 \geq$

		52-35	104,5	104,5			104,5	125
7	Опор на піч	ВА-52-35	1600≥ 72,2	2000≥ 72,2	1200≥ 72,2	3x50+1x35	110≥ 72,2	110≥ 100
8	Вимикач секції	ВА-55-43	250≥ 580,5	125≥ 580,5	3000≥ 1364,1	-	-	-
9	СП-5	ВА-52-35	250≥ 119,3	125≥ 119,3	2000≥ 630,9	3x70+1x50	140≥ 119,3	140≥ 125
10	СП-6	ВА-52-35	250≥ 117,9	125≥ 117,9	1500≥ 646,8	3x70+1x50	140≥ 117,9	140≥ 125
11	СП-7	ВА-52-35	250≥ 129,3	160≥ 129,3	1200≥ 592,8	3x95+1x70	170≥ 129,3	170≥ 160
12	СП-8	ВА-52-35	250≥ 141,8	100≥ 141,8	1920≥ 601,1	3x95+1x70	170≥ 141,8	170≥ 160
13	Опор на піч	ВА-52-35	250≥ 72,2	100≥ 72,2	1200≥ 72,2	3x50+1x35	110≥ 72,2	110≥ 100
14	Ввід 2	ВА-55-43	1600≥ 580,5	2000≥ 580,5	3000≥ 1364,1	-	-	-

Для мережі, яка буде розподіляти електричний струм, беремо провід, марка якого АПВ та ШР – 11. Також будуть присутні запобіжники типу ПН - 2.

Струм, який буде номінальним, для плавкої вставки беремо, згідно наступного виразу:

$$U_{\text{ном зап}} \geq U_{\text{мер}}, \quad (7.4)$$

$$I_{\text{номплавст}} \geq \frac{I_{\text{пик}}}{a}, \quad (7.5)$$

де $I_{\text{пик}}$ – це струм, що являється піковим, А;

a – пусковий коефіцієнт.

$a = 2,5$ пуск, що проводиться легко;

$a = 1,6$ пуск, що проводиться важко.

$I_{\text{рЕП}}$ – це струм, що є номінальним для приймача електричної енергії, А;

$$I_{\text{рЕП}} \geq \frac{P}{n * U_{\text{нно}} * \cos(\varphi) * \sqrt{3}}, \quad (7.6)$$

Перетин проводів АПВ беремо, згідно наступного виразу:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{рЕП}}, \quad (7.7)$$

Оберемо запобіжники та переріз проводу АПВ, що буде використовуватися спеціально для вентиляторів. Їх потужність буде сягати $P = 22000$ Вт.

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$I_{pEP} \geq \frac{22}{0,8*0,4*0,9*\sqrt{3}} = 44,1A, \quad (7.8)$$

Поставимо прилади запобігання ПН2 – 250 - 100. Далі подивимось чи підходять вони нам по наступним формулам:

$$380V \geq 380V,$$

$$100A \geq 88,2A,$$

Обираємо переріз проводу АПВ:

$$47A \geq 44,1A,$$

Беремо провід, марка якого АПВ 3 * (1 x 10) + 1 x 8.

Подивимось відповідність запобіжних приладів щодо перерізу проводу, який ми взяли:

$$I_{длдоп} \geq \frac{I_{номплвст}}{3}, \quad (7.9)$$

$$47 \geq 33,3,$$

Обчислення щодо інших ЕП зроблені таким же чином. Обчислення показано в збірній таблиці 7.4

Таблиця 7.4 – Обрання приладів запобігання та перерізів проводів мережі, що буде розподільною

№ ЕП за планом	Найменує. ЕП	Р, кВ т	Іном пл вст., ≥ Іпк/к, А	Переріз проводу АПВ	Ідоп ≥ Іном ЭП, А	Тип Запобіжн.
49, 53	Холодильно-висадочний автомат	4,5	31,5≥21,6	4(1x2,5)	19≥10,8	ПН2-100-31,5
54	Холодильно-висадочний автомат	28	125≥103,3	3(1x16)+1x10	60≥51,6	ПН2-250-125
7	Внутрішньо-шліфувальний верстат	20	100≥82	3(1x10)+1x8	47≥41	ПН2-250-100
16, 17, 18	Абразивно-відрізний верстат	7	40≥33,7	4(1x2,5)	19≥16,8	ПН2-100-40
34	Пресс	20	50≥41	3(1x10)+1x8	47≥41	ПН2-100-50
14, 15, 35	Безцентрово-шліфувальний верстат	21	100≥84,2	3(1x10)+1x8	47≥42,1	ПН2-250-100

										ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							37

37, 45	Наждаковий верстат	2,5	31,5 \geq 12	4(1x2,5)	19 \geq 6	ПН2-100-31,5
28, 29	Безцентрово-шліфувальний верстат	14,5	60 \geq 59,1	3(1x5)+1x4	30 \geq 29,5	ПН2-100-60
36, 39, 41,42, 46	Токарно-автоматичний верстат	5,5	31,5 \geq 26,5	4(1x2,5)	19 \geq 13,2	ПН2-100-31,5
13	Мийна машина	5	31,5 \geq 12	3(1x4)+1x2,5	28 \geq 12	ПН2-250-80
24, 32, 33	Абразивно-відрізний верстат	14	80 \geq 61,7	3(1x10)+1x8	47 \geq 30,9	ПН2-100-80
44	Токарно-гвинторіз. верстат	7	40 \geq 33,7	4(1x2,5)	19 \geq 16,8	ПН2-100-40
51	Електро-тельфер	5,1	31,5 \geq 24,53	4(1x2,5)	19 \geq 12,3	ПН2-100-31,5
31	Кран	10,4	125 \geq 101,1	3(1x10)+1x8	47 \geq 23,1	ПН2-250-125
50, 55	Віброножиці	2,5	31,5 \geq 12,3	4(1x2,5)	19 \geq 6,2	ПН2-100-31,5
40, 52	Роликові ножиці	4	31,5 \geq 19,24	4(1x2,5)	19 \geq 9,6	ПН2-100-31,5
56, 57	Гільотинні ножиці	6,6	40 \geq 31,7	4(1x2,5)	19 \geq 15,9	ПН2-100-40
58	Гільотинні ножиці	12,5	60 \geq 56,4	3(1x5)+1x4	30 \geq 28,2	ПН2-100-60

59	Гільотинні ножиці	28	125 \geq 103,3	3(1x16)+1x10	60 \geq 51,7	ПН2-250-125
19, 20, 21, 22, 23	Пила	9	50 \geq 41,7	3(1x3)+1x2,5	22 \geq 20,8	ПН2-100-50
43	Вертикально-сверлильний верстат	3	40 \geq 36,5	4(1x2,5)	19 \geq 7,3	ПН2-100-40

12	Точильний верстат	2,2	31,5≥10,85	4(1x2,5)	19≥5,4	ПН2-100-3,15
60	Волочильний верстат	2	31,5≥9,7	4(1x2,5)	19≥4,93	ПН2-100-3,15
8	Голтовочний барабан	3,5	80≥17	3(1x4)+1x2,5	28≥8,5	ПН2-250-80
9	Вентилятор	4,5	80≥21,6	3(1x4)+1x2,5	28≥10,8	ПН2-250-80
5,10,47 48	Вентилятор	40	160≥137,9	3(1x25)+1x16	80≥69	ПН2-250-160
1,2,3,4	Вентилятор	22	160≥88,2	3(1x10)+1x8	47≥44,1	ПН2-250-100
25,26,27	Печі опору	50	100≥79,9	3(1x25)+1x16	80≥79,9	ПН2-250-100
38	Пресс	20	80≥41	3(1x10)+1x8	47≥41	ПН2-250-80
6	Наждаковий верстат	2,5	80≥12	3(1x4)+1x2,5	28≥6	ПН2-250-80
30	Електротельфер	5,1	80≥24,53	3(1x4)+1x2,5	28≥12,3	ПН2-250-80
11	Точильний верстат	2,2	80≥10,85	3(1x4)+1x2,5	28≥5,4	ПН2-250-80

Потужність, яка буде споживатися крановою установкою:

$$P_{\text{НОМ}\Sigma} = P_{\text{НОМ}1} + P_{\text{НОМ}2} + P_{\text{НОМ}3}, \quad (7.10)$$

$$P_{\text{НОМ}\Sigma} = 11 + 7,5 + 2,2 = 20700 \text{ Вт},$$

$$P_{\text{СП}} \geq \frac{P_{\text{НОМ}\Sigma} * n * \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{100}}}{a}, \quad (7.11)$$

$$P_{\text{СП}} \geq \frac{20,7 * 1 * \sqrt{\frac{25}{100}}}{0,85} = 12176 \text{ Вт},$$

Струм, який ми розрахуємо для однієї кранової установки:

$$I_p \geq \frac{\sqrt{(tg(f) * K_c * P_{\text{СП}})^2 + (K_c * P_{\text{СП}})^2}}{U_{\text{НОМ}} * \sqrt{3}}, \quad (7.12)$$

де $K_c = 0,5$ - коефіцієнт попиту.

$$I_p \geq \frac{\sqrt{(1,73 * 0,5 * 12,176)^2 + (0,5 * 12,176)^2}}{0,4 * \sqrt{3}} = 17,56 \text{ А},$$

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Беремо полосу зі сталі із розмірами 25 x 4 та струмом, що є тривалим та допустимим 85 А.

$$I_{\text{тролеї}} \geq I_{\text{розр}}, \quad (7.13)$$

$$85 \geq 17,56,$$

Щоб дізнатись витрати напруги в лінії, що носить назву тролейна, обчислимо струм, який зветься піковим.

$$I_{\text{пик}} = n * (I_{\text{НОМ1}} + I_{\text{НОМ2}} + I_{\text{НОМ3}} * K_{\text{п}}) \quad , \quad (7.14)$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{уст}} * \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{100}}}{n * U_{\text{НОМ}} * \cos(\phi) * \sqrt{3}}, \quad (7.15)$$

$$I_{\text{НОМ1}} = \frac{11 * \sqrt{\frac{25}{100}}}{0,85 * 0,4 * 0,85 * \sqrt{3}} = 10,98 \text{ А},$$

$$I_{\text{НОМ2}} = \frac{7,5 * \sqrt{\frac{25}{100}}}{0,85 * 0,4 * 0,8 * \sqrt{3}} = 7,96 \text{ А},$$

$$I_{\text{НОМ3}} = \frac{2,2 * \sqrt{\frac{25}{100}}}{0,85 * 0,4 * 0,85 * \sqrt{3}} = 2,95 \text{ А},$$

$$I_{\text{пик}} = 1 * (10,98 + 7,96 + 2,5 * 2,5) = 37,92 \text{ А},$$

Обчислена відстань тролейної лінії:

$$L_{\text{ТР}} = \frac{A - 2 * I_{\text{М3}}}{2}, \quad (7.16)$$

$$L_{\text{ТР}} = \frac{36 - 1 * 2}{2} = 17 \text{ м},$$

Можлива витрата напруги сягає:

$$dU_{\text{доп}} = \frac{L_{\text{ТР}} * I_{\text{пик}} * de}{10000}, \quad (7.17)$$

де $de = 10,5$ – втрати напруги на 100 амперів струму та 100 метрів довжини тролей;

$$dU_{\text{доп}} = \frac{17 * 37,92 * 10,5}{10000} = 0,68 \text{ В},$$

Для приладів запобігання, які ставляться в ЯРЗ - 100 IP54 для живлення кранових тролейних ліній, беремо струм вставки, яка є плавкою:

$$I_{\text{НОМПЛВСТ}} \geq \frac{I_{\text{пик}}}{K_{\text{п}}}, \quad (7.18)$$

$$I_{\text{НОМПЛВСТ}} \geq \frac{37,92}{1,6},$$

$$I_{\text{НОМПЛВСТ}} \geq 23,7,$$

Беремо запобіжні прилади типу ПН2 – 100 - 31,5.

На підприємствах, що займаються різними видами промислової діяльності, біля 10% електричної енергії, яка споживається, йде на освітлення. Якщо розумно продумати встановлення світильних приладів, то електрична енергія буде краще та продуктивніше використовуватися, якісна характеристика товарів може також стати краще, разом з цим виросте ефективність праці, стане

					ДП 2022 141	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

меншим число аварій та ситуації, коли люди травмувались.

Обчислення проводяться методом, який є скороченим, згідно питомих значень світильного завантаження на одне розмірне значення площі цехового приміщення. Обраховане світильне завантаження:

$$P_{po} = P_{no} * K_{п}, \quad (7.19)$$

де $P_{но}$ – це поставлене світильне завантаження, яке також є номінальним, Вт;
 $K_{п}$ – це попитний коефіцієнт.

$$P_{но} = F_u * P_{пит} \quad (7.20)$$

де $P_{пит}$ – це світильне завантаження, яке також являється питомим, на одне розмірне значення площі цехового приміщення, Вт / м²;

F_u – площа цехового приміщення, м³.

Світильне завантаження, яке також являється питомим, обчислюється в залежності від норми освітленості, яка є різною в залежності від цехового приміщення і схильна до зміни від типу виробництва, навколишнього середовища, деяких спеціальних деталей конструкції і тому подібне. Світильне завантаження, яке також являється питомим, та стандарти освітленості для цехового приміщення та інших приміщень, де роблять продукцію, таке:

- цехове приміщення головного виготовлення – $E_n = 300$ лк, $P_{пит.} = 13,8$ Вт/м²;

- цехове приміщення додаткового виготовлення – $E_n = 150$ лк, $P_{пит} = 9,75$ Вт/м²;

- цехове приміщення із великим завантаженням на зір – $E_n = 400$ лк, $P_{пит.} = 19,5$ Вт/м²;

- приміщення, де знаходяться компресори, насоси, котельні – $E_n = 200$ лк, $P_{пит.} = 9,8$ Вт/м²;

- приміщення, де розташовані запаси – $E_n = 85$ лк, $P_{пит.} = 3,3$ Вт/м² ;

- приміщення управління, їдальня – $E_n = 200$ лк, $P_{пит.} = 10$ Вт/м³.

Попитний коефіцієнт світильного завантаження для приміщень з відмінними типами:

- будинки, де виготовляють продукцію, які створені із окремих відстаней між двома рядами колон – $K_{п} = 0,95$;

- будинки, де виготовляють продукцію, які створені із пари різних приміщень – $K_{п} = 0,85$;

- їдальні, споруди адміністрації – $K_{п} = 0,9$;

- будинки з компресорами, насосами – $K_{п} = 0,6$.

Щоб освітити зону, яка знаходиться назовні, показник світильного навантаження, яке також являється питомим. та попитного коефіцієнта беруть такі:

$$P_{пит} = 3 \text{ Вт/м}^2 \quad K_{п} = 1,$$

Розрахункове освітлювальне навантаження території заводу :

$$P_{po} = P_{пит} * K_{п} * 0,3 * (F_3 - F_U), \quad (7.21)$$

										Арк.
										41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

де F_3 – заводська площа, м²;

F_U – загальна площа цехових приміщень, м.

Обчислення світільного завантаження заносимо в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Обчислення світільного завантаження заводу

№	Назва цеху	E_n , лк	$P_{пл.о.},$ Вт/м ²	$P_{н.о.},$ кВт	K_n	$P_{р.о.},$ кВт	$F_u, \text{ м}^2$
1	2	4	5	6	7	8	3
2	Цех №4 ферментація бактерій	300	13,8	276	0,95	262,2	20000
3	Цех №1 сублімування молекул	300	13,8	113,16	0,95	107,5	8200
4	Компресорна	200	13,8	11,76	0,6	7,0	1200
5	Котельна	200	13,8	31,36	0,6	18,8	3200
6	Цех №10 полістирол	300	13,8	44,16	0,95	41,95	3200
7	Цех №14 збірний	300	13,8	23,46	0,85	19,94	1700
8	Відділ кваліфікації	300	13,8	67,62	0,95	64,24	4900
9	Цех №8 підготовчий	300	13,8	74,52	0,95	70,80	5400
10	Цех №12 додавання розчину	400	19,5	83,85	0,95	79,66	4300
11	Пункт вимірювання	300	13,8	16,56	0,95	15,73	1200
12	Цех №3 пакувальний	300	13,8	41,4	0,95	39,33	3000
13	Цех №5 синтезуючий	300	13,8	828	0,95	786,60	60000
14	Адміністрація	200	10	19,6	0,9	17,64	2000
15	Цех №13 Фільтраційний	300	13,8	27,6	0,95	26,22	2000
16	Складське приміщення	85	3,3	20,79	0,9	18,71	6300
17	Депо	85	3,3	2,31	0,9	2,08	700
18	Сортувальна площа	150	9,75	19,5	0,95	18,53	2000
19	Цех №16 гістерезисний	150	9,75	17,55	0,95	16,67	1800
20	Друкарня	150	9,75	14,625	0,85	12,43	1500
21	Цех №9 механічний	200	9,75	44,325	0,95	42,11	4500
22	Цех №2	300	13,8	51,06	0,95	48,51	3700
23	Цех №7	300	13,8	66,24	0,95	62,93	3600
24	Стоянка	85	3,3	5,61	0,95	5,33	3000
25	Стикуюча СП-5	150	9,75	20,475	0,85	17,40	4000
26	Склад запасів	85	3,3	1,98	0,95	1,88	600

					ДП 2022 141			Арк.
								42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

27	Цех №22 малих серій	300	13,8	37,26	0,95	35,40	2700
28	Склад готової Продукції	85	3,3	11,88	0,95	11,29	3600
29	Цех №18 аварійний	300	13,8	0,414	0,65	26,9	3000
30	Цех №17 підготовчий	300	13,8	0,552	0,65	35,9	4000
31	Цех №21 Тестувальний	300	13,8	0,166	0,65	10,8	1200
32	Цех №15	300	13,8	0,83	0,65	5,4	600
33	Освітлення на зовні	20	3	123,27	1	123,57	41090

					ДП 2022 141			Арк.
								43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

8. Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного та низьковольтного електрообладнання.

Обчислення струмів короткого замикання розраховуємо для найбільш далекого електричного пункту, який підімкнений до СПб. Обрахунок зробимо для камерного сепаратора за номером 10 на плані цехового приміщення.

Обчислення проводяться методом іменованих одиниць. Обчислювальна схема та схема заміщення показані на рисунку 8.1.

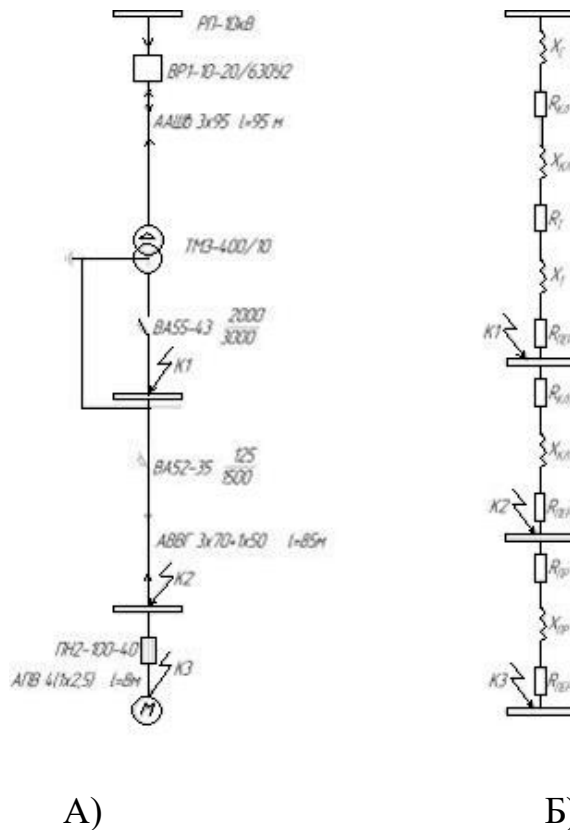


Рисунок 8.1 – Схеми для обчислення струмів коротких замикань

А) схема виходу;

Б) схема заміщення.

Обчислимо індуктивні та активні опори, які будуть прямої послідовності елементів схеми. Дізнаємось опір системи, згідно наступного виразу:

$$X_c = \frac{10^3 * U_{нн}^2}{U_{ВН} * I'' * \sqrt{3}}, \quad (8.1)$$

де I'' - струм короткого замикання, що є надперехідним, $I'' = 15000$ А;

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного та низьковольтного електрообладнання.	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					44	6
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

$U_{ВН}$ – напруга, що є номінальною на високій стороні, $U_{ВН} = 10000$ В;
 $U_{НН}$ – напруга, що є номінальною на низькій стороні, $U_{НН} = 400$ В.

$$X_c = \frac{10^3 * 0,4^2}{10,5 * 11,2 * \sqrt{3}} = 0,00073 \text{ Ом},$$

Оберемо опір для тієї лінії, яка в нас буде кабельною:

$$R_{кл} = \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 * l * R_0, \quad (8.2)$$

$$X_{кл} = \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 * l * X_0, \quad (8.3)$$

де R_0, X_0 – це активний та індуктивний опори, що є питомими відповідно, Ом/м.

$l = 95$ м – це відстань кабельної лінії.

$$R_{кл} = \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 * 95 * 0,33 = 0,00005 \text{ Ом},$$

$$X_{кл} = \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 * 95 * 0,08 = 0,00001 \text{ Ом},$$

Дізнаємось опір, що є активним, для трансформатора:

$$R_T = \frac{U_{НН}^2 * dP_k}{S_{НОМТ}^2}, \quad (8.4)$$

$$R_T = \frac{0,4^2 * 5,5}{0,4^2} = 0,0055 \text{ Ом},$$

Дізнаємось опір, що є реактивним, для трансформатора:

$$X_T = 10^4 * \frac{U_{НН}^2}{S_{НОМТ}} \sqrt{\frac{dP_k * 100}{S_{НОМТ}}} * U_k^2, \quad (8.5)$$

де U_k – це напруга короткого замикання, %;

$S_{НОМТ}$ – це потужність, що є номінальна, для трансформатора, кВА.

Для трансформатора ТМ - 400 / 10 / 0,4 $U_k = 4,5\%$.

$$X_T = 10^4 * \frac{0,4^2}{400} \sqrt{\frac{5,5 * 100}{400}} * 4,5^2 = 0,001714 \text{ Ом},$$

Оберемо опір для лінії, яка буде в нас кабельною, РП - 400В – СП6.

Кабель АВВГ 3 (1 x 70) + 1 x 50.

Опір жили, що буде фазною, визначається за формулою:

$$R_{кл1} = l * R_0, \quad (8.6)$$

$$X_{кл1} = l * X_0, \quad (8.7)$$

де R_0, X_0 – це активний та індуктивний опори, що є питомими відповідно, Ом/км.

$L = 85$ м – відстань лінії, що є кабельною.

$$R_{кл1} = 85 * 0,45 = 0,00038 \text{ Ом},$$

$$X_{кл1} = 85 * 0,09 = 0,00731 \text{ Ом},$$

Згідно виразів обчислимо опори нульової жили, що є кабельною:

$$R_{кл10} = 85 * 0,63 = 0,005313 \text{ Ом},$$

$$X_{кл10} = 85 * 0,09 = 0,00731 \text{ Ом},$$

					ДП 2022 141	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Петльовий фазний опір – 0 для кабелю АВВГ розраховується так:

$$R_{\phi-0} = R_{\text{кл}10} * R_{\text{кл}1}, \quad (8.8)$$

$$X_{\phi-0} = X_{\text{кл}10} * X_{\text{кл}1}, \quad (8.9)$$

$$R_{\phi-0} = 53,13 * 38 = 0,0091120\text{м},$$

$$X_{\phi-0} = 7,31 * 7,31 = 0,0014960\text{м},$$

Дізнаємось опори, які є фазними та 0 жили проводу АПВ:

$$R_{\text{ПР}} = 8 * 3,12 = 0,0024960\text{м},$$

$$X_{\text{ПР}} = 8 * 0,1 = 0,000080\text{м},$$

$$R_{\text{ПР}0} = 8 * 4,16 = 0,0033280\text{м},$$

$$X_{\text{ПР}0} = 8 * 0,1 = 0,000080\text{м},$$

Петльовий фазний опір – 0 для проводу АПВ 4 (1 x 2,5):

$$R_{\text{ПР}\phi-0} = 33,28 + 24,96 = 0,0058240\text{м},$$

$$X_{\text{ПР}\phi-0} = 0,8 + 0,8 = 0,000160\text{м},$$

Дізнаємось струм трьох фаз короткого замикання для К1.

Загальний системний опір для К1 сягає:

$$R_{\text{К}1} = R_{\text{ПЕР}} + R_{\text{КЛ}} + R_{\text{Т}}, \quad (8.10)$$

де $R_{\text{ПЕР}}$ – це контактна резистентність вимикача, що являється перехідним та працює автоматично.

$$X_{\text{К}1} = X_{\text{С}} + X_{\text{КЛ}} + X_{\text{Т}}, \quad (8.11)$$

$$Z_{\text{К}1} = \sqrt{R_{\text{К}1}^2 + X_{\text{К}1}^2}, \quad (8.12)$$

$$R_{\text{К}1} = 15 + 0,05 + 15 = 0,002055 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{К}1} = 0,73 + 0,01 + 17,14 = 0,0017880\text{м},$$

$$Z_{\text{К}1} = \sqrt{20,55^2 + 17,88^2} = 0,0027240\text{м},$$

Струм 3 фаз короткого замикання обчислюємо, згідно наступного виразу:

$$I_{\text{К}1}^{(3)} = \frac{U_{\text{Н}}}{Z_{\text{К}1} * \sqrt{3}}, \quad (8.13)$$

$$I_{\text{К}1}^{(3)} = \frac{400}{27,24 * \sqrt{3}} = 8480 \text{ А},$$

Струм КЗ, яке буде ударним дізнаємось по наступному виразу:

$$i_{\text{у}} = K_{\text{у}} * I_{\text{К}1}^{(3)} * \sqrt{2}, \quad (8.14)$$

де $K_{\text{у}}$ – це коефіцієнт удару. $K_{\text{у}} = 1,8$;

$$i_{\text{у}} = 8,48 * 1,8 * \sqrt{2} = 21580\text{А},$$

Дізнаємось величину струму 1 фази короткого замикання для К1.

Загальна резистентність системи для К1 рахується так:

										ДП 2022 141	Арк.
											46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$R_{\text{ПФ-ОК1}} = 2 * R_{\text{ПЕР}} + \frac{R_T}{3}, \quad (8.15)$$

$$X_{\text{ПФ-ОК1}} = \frac{X_T}{3}, \quad (8.16)$$

$$Z_{\text{ПФ-ОК1}} = \sqrt{R_{\text{ПФ-ОК1}}^2 + X_{\text{ПФ-ОК1}}^2}, \quad (8.16)$$

де R_T, X_T – величини резистентності трансформатора струму 1 фази замикання на корпус, Ом;

$$R_{\text{ПФ-ОК1}} = 2 * 15 + \frac{17,7}{3} = 0,003590\text{м},$$

$$X_{\text{ПФ-ОК1}} = \frac{51}{3} = 0,00170\text{м},$$

$$Z_{\text{ПФ-ОК1}} = \sqrt{17^2 + 35,9^2} = 0,003972,$$

Струм 1 фази короткого замикання дізнаємось, згідно наступної формули:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{\text{ННФ}}}{Z_{\text{ПФ-ОК1}}}, \quad (8.17)$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{220}{37,92} = 5540 \text{ А},$$

Згідно величин, які ми дізнались, протестуємо вимикач ВА55 – 43, згідно виразів:

	Розрахункові дані	Дані вимикача
$I_{\text{к.з}}^{(3)} < I_{\text{вим}}$	8,48	9,6
$i_{\text{уд}} < i_{\text{дин}}$	21,58	80
$1,25 \cdot I_{\text{слм роз}} < I_{\text{к.з}}(1)$	3750	5,54

Порахуємо величину струму 3 фаз короткого замикання для К2.

Загальна резистентність системи для К2, згідно наступної формули:

$$R_{K2} = R_{\text{ПЕР2}} + R_{\text{КЛ2}} + R_{K2}, \quad (8.18)$$

$$X_{K2} = X_{\text{КЛ1}} + X_{K2}, \quad (8.19)$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2}, \quad (8.20)$$

$$R_{K2} = 5 + 38 + 20,55 = 0,0063540\text{м},$$

$$X_{K2} = 7,31 + 17,88 = 0,002520\text{м},$$

$$Z_{K2} = \sqrt{25,3_{K2}^2 + 63,54_{K2}^2} = 0,006835,$$

Струм 3 фаз короткого замикання дізнаємось, згідно наступного виразу:

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{\text{Н}}}{Z_{K2} * \sqrt{3}}, \quad (8.21)$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{400}{68,35 * \sqrt{3}} = 3380 \text{ А},$$

						ДП 2022 141	Арк.
							49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Струм К3, що є ударним, дізнаємось по формулі:

$$i_y = K_y * I_{K2}^{(3)} * \sqrt{2}, \quad (8.22)$$

де K_y – ударний коефіцієнт. $K_y = 1,8$;

$$i_y = 3,38 * 1,8 * \sqrt{2} = 8600A,$$

Визначимо величину струму 1 фази короткого замикання для К2.

Загальна резистентність системи для К2 по формулі:

$$R_{\text{ПФ-OK2}} = R_{\text{КЛ1}} + R_{\text{ПЕР2}} + 2 * R_{\text{ПЕР1}} + \frac{R_T}{3}, \quad (8.23)$$

$$X_{\text{ПФ-OK2}} = X_{\text{КЛ1}} + \frac{X_T}{3}, \quad (8.24)$$

$$Z_{\text{ПФ-OK2}} = \sqrt{R_{\text{ПФ-OK2}}^2 + X_{\text{ПФ-OK2}}^2}, \quad (8.25)$$

$$R_{\text{ПФ-OK2}} = 5 + 38 + 2 * 15 + \frac{17,7}{3} = 0,007890\text{м},$$

$$X_{\text{ПФ-OK2}} = 7,31 + \frac{51}{3} = 0,0024310\text{м},$$

$$Z_{\text{ПФ-OK2}} = \sqrt{24,31^2 + 78,9^2} = 0,0082550\text{м},$$

Струм 1 фази короткого замикання дізнаємось так:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\text{ННФ}}}{Z_{\text{ПФ-OK2}}}, \quad (8.26)$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{82,55} = 2660 \text{ А},$$

Згідно величин струмів короткого замикання, протестуємо вимикач ВА52 – 35, що є автоматичним:

	Розрахункові дані	Дані вимикача
$I_{\text{к.з}}^{(3)} < I_{\text{вим}}$	3,38	12
$i_{\text{уд}} < i_{\text{дин}}$	8,6	30
$1,25 \cdot I_{\text{елм роз}} < I_{\text{к.з}}^{(1)}$	2,5	2,66

Дізнаємось величини струму 3 фази короткого замикання для К3.

Загальна резистентність системи для К3 по формулі:

$$R_{K3} = R_{\text{ПЕР3}} + R_{\text{ПР}} + R_{K2}, \quad (8.27)$$

$$X_{K3} = X_{\text{КЛ2}} + X_{\text{ПР}}, \quad (8.28)$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2}, \quad (8.29)$$

$$R_{K3} = 5 + 24,96 + 78,54 = 0,009350\text{м},$$

$$X_{K3} = 0,8 + 25,2 = 0,0025990\text{м},$$

$$Z_{K3} = \sqrt{25,99^2 + 93,5^2} = 0,0097040\text{м},$$

										ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							48

Трифазний струм КЗ визначимо за формулою:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_H}{Z_{K3} * \sqrt{3}}, \quad (8.30)$$
$$I_{K3}^{(3)} = \frac{400}{97,04 * \sqrt{3}} = 2380 \text{ A},$$

Струм КЗ, що є ударним, дізнаємось по наступному виразу:

$$i_y = K_y * I_{K3}^{(3)} * \sqrt{2}, \quad (8.31)$$

де K_y – це коефіцієнт удару. $K_y = 1,8$;

$$i_y = 1,8 * 2,38 * \sqrt{2} = 6060 \text{ A},$$

Визначимо величину струму 1 фази короткого замикання для КЗ.

Загальна резистентність системи для КЗ по формулі:

$$R_{\text{ПФ-ОКЗ}} = R_{\text{ПЕРЗ}} + R_{\text{ПР}} + R_{\text{П-ОКЗ}}, \quad (8.32)$$

$$X_{\text{ПФ-ОКЗ}} = X_{\text{ПФ}} + X_{\text{ПФ-ОКЗ}}, \quad (8.33)$$

$$Z_{\text{ПФ-ОКЗ}} = \sqrt{R_{\text{ПФ-ОКЗ}}^2 + X_{\text{ПФ-ОКЗ}}^2}, \quad (8.33)$$

$$R_{\text{ПФ-ОКЗ}} = 5 + 24,96 + 93,9 = 0,0108850 \text{ м},$$

$$X_{\text{ПФ-ОКЗ}} = 0,8 + 24,31 = 0,0002510 \text{ м},$$

$$Z_{\text{ПФ-ОКЗ}} = \sqrt{25,1^2 + 108,85^2} = 0,0111710 \text{ м},$$

Струм 1 фази короткого замикання протестуємо по рівнянню:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{\text{ННФ}}}{Z_{\text{ПФ-ОКЗ}}}, \quad (8.34)$$
$$I_{K3}^{(3)} = \frac{220}{111,71} = 1510 \text{ A},$$

По розрахованим величинам струмів короткого замикання протестуємо запобіжник ПН2 – 100 – 40, згідно рівнянь:

$$I_{K3}^{(3)} > 3 * I_{\text{ПЛВСТ}}, \quad (8.35)$$
$$1,51 > 0,12 \text{ кА},$$

Тест пройдений, а це означає, що взятий запобіжний пристрій задовольняє чутливості до 1 фази короткого замикання.

									ДП 2022 141	Арк.
										49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

9. Релейний захист та автоматика (РЗА).

9.1. Вибір запобіжників та автоматичних вимикачів.

Для того, щоб захистити прилади електричних двигунів від струмів КЗ та перевантаження були взяті вимикачі серії ВА51Г, що працюють автоматично, а також з поєднаними розчіплювачами, для місцевої системи нагріву та обігрівачів запобіжні пристрої, тип яких називається ПРС.

Обрання електромагнітних пускових пристроїв робиться в залежності від наступного:

- тип чи серія;
- номінальна напруга

$$U_{\text{НМП}} > U_{\text{НМ}}, \quad (9.1)$$

де $U_{\text{НМ}}$ - це напруга всієї мережі, що є номінальною, В;

$U_{\text{НМП}}$ – це напруга магнітного пускового пристрою, що є номінальною, В;
- струм магнітного пускового пристрою, що є номінальним

$$I_{\text{НМП}} > I_h, \quad (9.2)$$

де $I_{\text{НМП}}$ – це струм контактів сили магнітного пускового пристрою, що є номінальним, А;

- тип виготовлення: зворотний, незворотний, із тепловим чи без теплового реле, чи є додаткові контакти та електромеханічне блокування;
- струм, що є номінальним, не активації теплового реле відповідно до наступного:

$$I_{\text{ННН}} > I_{\text{НДВ}}, \quad (9.3)$$

З послідовним регулюванням струму не спрацювання теплового реле на номінальний струм електродвигуна

$$I_{\text{НТР}} = I_{\text{НДВ}}, \quad (9.4)$$

де $I_{\text{НТР}}$ – це струм не активації теплового реле, що є номінальним, А;

- ступінь захисту та чи є кнопки старту і запинки;
- кількість контактів кола, що буде допоміжним;
- рід струму та напруги котушки пускового пристрою, що буде магнітним;
- температурне вироблення та категорія розташування;
- виконання на комутаційну можливість.

Для прикладу оберемо електромагнітний пускач КМ1, щоб управляти електричним двигуном, який буде асинхронним, М1:

$$P_H = 3000\text{Вт}; I_H = 6,7\text{А}; U_H = 380\text{В}; I_p = 6,69\text{А},$$

Беремо пускач, який буде працювати за рахунок магнітної сили, серії ПМЛ - 221002 без реле, що робить тепло, параметрами якого будуть наступні значення:

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Релейний захист та автоматика (РЗА)	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					50	8
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

$$U_{\text{НМП}} = 380\text{В}; I_{\text{НМР}} = 10\text{А}; U_{\text{Нк}} = 220\text{В},$$

Протестуємо обраний пускач, що працює за рахунок магнітної сили, по рівнянням:

$$\begin{aligned} U_{\text{НМП}} &= 380\text{В} = U_{\text{НМ}} = 380\text{В}, \\ I_{\text{НМР}} &= 10\text{А} > I_p = 6,69\text{А}, \end{aligned}$$

Тест пройдений, а це означає, що пускач, який працює за рахунок магнітної сили, взято правильно.

Таким самим чином беремо пускачі, які працюють за рахунок магнітної сили, для управління іншими електричними двигунами та приладами для нагрівання. Обчислені величини про обрані пускачі, які працюють за рахунок магнітної сили, показані в силовій розподільчій схемі, яка є необхідною частиною проектування.

Запобіжні пристрої беруть у мережах для того, щоб була можливість вберегти електричні установки від режимів КЗ. Обрання запобіжних пристроїв роблять в залежності від наступного:

- напруга, що являється номінальною для мережі

$$U_{\text{намзап}} > U_{\text{номм}}, \quad (9.5)$$

де $U_{\text{намзап}}$ – це напруга запобіжного пристрою, яка являється номінальною, В;

$U_{\text{номм}}$ – це напруга, що є номінальною для мережі, В.

- по тривалості та допустимості обрахованої сили струму, що протікає по лінії, А.

$$I_{\text{номвст}} > I_{\text{трдоп}}, \quad (9.6)$$

де $I_{\text{номвст}}$ – це струм, що є номінальним для плавкої вставки, А;

$I_{\text{трдоп}}$ - по тривалості та допустимості обрахованого струму, що протікає по лінії, А.

Для відділу електричного калориферу ЕК1 ($I_{\text{розр}} = 50\text{А}$) беремо запобіжний пристрій, тип якого ПРС 63У3 – 3, та має характеристику:

$$\begin{aligned} U_{\text{номзап}} &= 380\text{В}; I_{\text{номзап}} = 63\text{А}; I_{\text{намвст}} = 50\text{А}, \\ U_{\text{номзап}} &= 380\text{В} \geq U_{\text{номм}} = 380\text{В}, \\ I_{\text{номвст}} &= 50\text{А} \geq I_{\text{трдоп}} = 50\text{А}, \end{aligned}$$

Тести пройдені, а для решти струмоприймачів запобіжні прилади беруться таким самим чином.

Вимикаючі пристрої, що працюють автоматично, беремо згідно таких правил:

-за напругою, що є номінальною, вимикача, що працює автоматично

$U_{\text{нав}}$;

$$U_{\text{нав}} \geq U_c, \quad (9.7)$$

де U_c – мережева напруга, В.

					ДП 2022 141	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-за струмом, що є номінальним, автомату $I_{\text{нав}}$:

$$I_{\text{нав}} \geq I_{\text{роз}}, \quad (9.8)$$

-по числу полюсів;

-по розчіплювачному підвиду;

-по розчіплювачному струму $I_{\text{нрозч}}$;

$$I_{\text{нрозч}} \geq I_{\text{роз}}, \quad (9.9)$$

-по струму активації розчіплювачів $I_{\text{спррозч}}$;

$$I_{\text{спррозч}} \geq I_{\text{пдв}} \quad (9.10)$$

Для автоматичних приладів серії ВА51Г

$$I_{\text{спррозч}} = 14 * I_{\text{н}}, \quad (9.11)$$

Для автоматичних приладів серії ВА51

$$I_{\text{спррозч}} = 7 * I_{\text{н}}, \quad (9.12)$$

- чи є додаткові контакти;

- по температурному виробленню;

- по категорії розташування.

Струм старту двигуна $I_{\text{пдв}}$, А, дізнаємось з виразу:

$$I_{\text{пдв}} = I_{\text{ндв}} * K_1, \quad (9.13)$$

де K_1 – кратність стартового струму електричного двигуна. Обчислимо для двигуна М1:

$$I_{\text{пдв}} = 6,7 * 7 = 46,9\text{А},$$

Беремо вимикач ВА51Г25 – 340010 - Р00УХЛЗ, який буде працювати автоматично, маючи такі параметри:

$$U_{\text{нав}} = 380\text{В}; I_{\text{нав}} = 25\text{А}; I_{\text{нрозч}} = 8\text{А}; I_{\text{спррозч}} = 112\text{А}$$

Має 3 полюси, поєднаний розчіплювач без додаткових контактів.

Вимикачі, які працюють автоматично, для решти приймачів електричного струму беруться так само. Магістральний вимикач, який працює автоматично, беруть, дивлячись на таке:

$$I_{\text{нав}} \geq I_{\text{роз}}, \quad (9.14)$$

$$I_{\text{розч}} \geq I_{\text{п}}, \quad (9.15)$$

Для ділянки магістралі від А1 до А3 обчислений струм:

$$I_{\text{розр}} = 70,5\text{А},$$

Стартовий струм для ділянки магістралі від А1 до А2, обчислюється по формулі:

$$I_{\text{пм}} = (\sum I_{\text{н}} - I_{\text{пнм}} + I_{\text{пнб}}) * 1,5, \quad (9.16)$$

де $\sum I_{\text{н}}$ – це додаток струмів, які являються номінальними, та приймачів електричного струму, які проводять роботу одночасно, А;

$I_{\text{пнб}} - I_{\text{пнм}}$ – різниця між величинами стартового та номінального

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

струмів приймача електричного струму, у якого струм являється найбільшим, А

$$I_{\text{пм}} = (3 + 22,5 + 22,5 + 22,5 - 22,5 + 3) * 1,5 = 135\text{А},$$

Беремо вимикач, який працює автоматично, ВА51 – 31 – 340010 - Р00УХЛЗ з характеристиками:

$$U_{\text{Нав}} = 380\text{В}; I_{\text{Нав}} = 100\text{А}; I_{\text{Нрозч}} = 80\text{А}; I_{\text{спррозч}} = 8000\text{А},$$

Із 3 полюсами із поєднаним розчіплювачем без додаткових контактів. Погодження допустимих струмів проводів із струмами, що являються номінальними, розчіплювачів вимикачів, які працюють автоматично, проводиться так:

$$\frac{I_{\text{грдопуст}}}{I_{\text{Нрозч}}} = 1, \quad (9.17)$$

Для вимикача, який працює автоматично, двигуна М1:

$$\frac{19}{8} = 2,38 > 1,$$

Для магістрального вимикача, який працює автоматично, (між щитами А1-А3):

$$\frac{80}{70,5} = 1,13 > 1,$$

Тест пройдений, для інших автоматичних приладів, які працюють для погодження можливих струмів проводів із струмами, які є номінальними, розчіплювачів вимикачів, які працюють автоматично, розраховується так само.

Тест на надійність активації при 1 фазі КЗ робимо для вимикача, який працює автоматично та забезпечує захист електричного двигуна вентилятора калорифера М1 (рис.3.2).

К1 для вимикача, який працює автоматично, з поєднуваним розчіплювачем в мережі групи електричного двигуна М1,

$$I_{\text{Нтр}} = 8\text{А},$$

На чутливість чи надійність активації при струмах 1 фази КЗ роблять, виходячи з виразів:

- для вимикачів, які працюють автоматично та мають лише електромагнітний розчіплювач в тому випадку, де: $I_{\text{Нав}} \leq 100\text{А}$, то

$$I_{\text{КВ}}^1 \leq 1,4 * I_{\text{рм}}, \quad (9.18)$$

У випадку, коли $I_{\text{Нав}} \geq 100\text{А}$, то

$$I_{\text{КВ}}^1 \leq 1,25 * I_{\text{врт}}, \quad (9.19)$$

- для вимикачів, які працюють автоматично та мають тепловий розчіплювач, розташований у площах із задовільним навколишнім середовищем:

$$I_{\text{К}}^1 \leq 3 * I_{\text{нів}}, \quad (9.20)$$

										ДП 2022 141	Арк.
											53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- для вимикачів, які працюють автоматично та мають тепловий розчіплювач, проте їх мережа знаходиться у вибухових чи пожежних або навіть небезпечних зонах:

$$I_K^1 \leq 6 * I_{нтр}, \quad (9.21)$$

де I_K^1 – це струм 1 фази КЗ у петлі фаза–0, А.

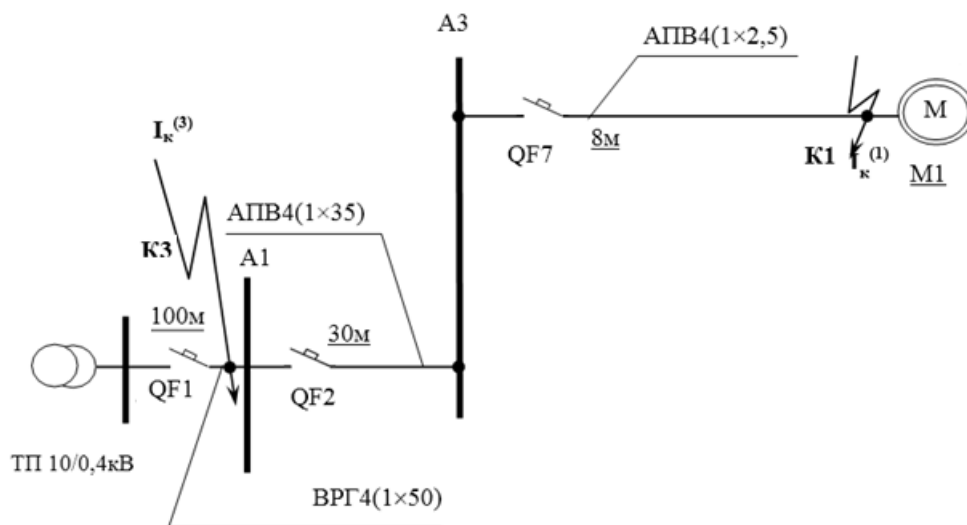


Рис. 9.1 – Схема електрична принципова розподільчої мережі лінії ТП - М1.

Обираємо струм 1 фази КЗ I_K^1 , А:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_{нф}}{\frac{Z_{ТП}^{(1)}}{3} + Z_{П}}, \quad (9.22)$$

де $U_{нф}$ – це напруга на одній фазі, що є номінальна, В;

$Z_{ТП}^{(1)}$ – це загальна резистентність трансформатора сили 1 фази струму КЗ на корпус, Ом.

$Z_{П}$ – це загальна резистентність проводів петлі фаза-0, Ом.

Для трансформаторів сили

$$\frac{Z_{ТП}^{(1)}}{3} = \frac{26}{S_N}, \quad (9.23)$$

де S_N – це загальна потужність трансформатора, яка є номінальною, кВА.

9.2 РЗА трансформаторів цехових ТП.

До проєктованого цеху виробництва інсуліну надходить енергія від ТП

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

потужністю $S_H = 400000$ ВА, з даними в таблиці 9.1

$$\frac{Z_{\text{ТП}}^{(1)}}{3} = \frac{26}{400} = 0,065,$$

Таблиця 9.1

Технічна характеристика трансформатора

Тип	S_H , ВА	U_{1H} , В	U_{2H} , В	Схема з'єднання	$Z_{\text{ТК}}^{(1)}$	U_K , %	Z_T , Ом
ТМ - 400	400000	10000	400	Y/Δ	65	4,5	0,0018

Загальна резистентність проводів петлі фаза-0

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{П01}}, \quad (9.24)$$

де $Z_{\text{П01}}$ - це опір петлі, який є питомим на i -й відстані мережі, Ом/км

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{П01}} * I_{\text{ТЛ-А1}} + Z_{\text{П02}} * I_{\text{А1-А3}} + Z_{\text{П03}} * I_{\text{А3-А1}}, \quad (9.25)$$

$$Z_{\text{П}} = 1,03 * 0,1 + 1,84 * 0,03 + 25,2 * 0,008 = 0,410 \text{ Ом},$$

$$I_k^{(1)} = \frac{220}{0,065 + 0,41} = 463 \text{ А},$$

Для вимикача QF7, який працює автоматично, струм розчіплювача, що являється номінальним:

$$I_{\text{нрозч}} = 8 \text{ А},$$

$$I_k^{(1)} = 463 \text{ А} > 6 * 8 = 48 \text{ А}, \quad (9.26)$$

Тест пройдений і на базі обчислень можна підбити підсумок, що твердження справджується, тому активація вимикача, який працює автоматично, при появі 1 фази КЗ буде надійним захистом.

Решта вимикачі, що працюють автоматично, тестуються так само.

Тест вимикачів, що працюють автоматично, на допустиму можливість струмів 3 фази КЗ

Тест робиться для вимикачів, що працюють автоматично та поставлених близько до джерела електричної енергії КЗ (рис 3.2), на максимальну вимикаючу здатність струмів 3 фаз КЗ тестується так:

$$I_{\text{maxAB}} \geq I_{\text{уд}}, \quad (9.27)$$

де I_{maxAB} - це максимальний струм відключення автомата, кА;

$I_{\text{уд}}$ – струм, що є ударним, 3 фаз КЗ, кА.

В такому випадку

$$i_{\text{уд}} = I_k^3 * K_{\text{уд}}, \quad (9.28)$$

де I_k^3 - це постійна величина 3 фаз струму КЗ, кА;

$K_{\text{уд}}$ – це коефіцієнт удару, що визначається параметрами

трансформатора сили; $K_{уд} = 1,1$

Зробимо тест вимикача (QF1), що працює автоматично, з $I_{Грдопуст} = 15000\text{A}$.

Струм 3 фаз КЗ на шинах 400В ТП:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{нл}}{Z_T}, \quad (9.29)$$

де Z_T - це загальна резистентність трансформатора 10000 / 400 В зведеного до напруги 400В, Ом;

$$Z_T = \frac{U_{K\%} * U_{нл}^2}{100 * S_N}, \quad (9.30)$$

де $U_{K\%}$ - це напруга КЗ трансформатора у відсотках від $U_N, \%$

$U_{нл}$ - це напруга, що є номінальною в лінії трансформатора, В.

$$Z_T = \frac{4,5 * 400^2}{\sqrt{3} * 100 * 400 * 10^3} = 0,018 \text{ Ом},$$

$$I_k^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} * 0,018} = 12830 \text{ Ом},$$

Відповідно до (3.33) приймаємо $K_{уд} = 1,2$, тоді

$$i_{уд} = 12,830 * 1,1 = 14110\text{A},$$

Проведемо тест на допустиму відключаючу можливість

$$i_{maxAB} = 15000\text{A} > i_{уд} = 14110\text{A},$$

Тест пройдений, таким самим чином беремо та тестуємо вимикачі, що працюють автоматично, для захисту решти електричних установок.

Тест виборності роботи вимикачів, що працюють автоматично.

Вибірність вимикачів, що працюють автоматично, послідовно поставлених у мережі робиться, коли струм їх розчіплювачів, що являється номінальним, наступних від джерел живлення на 2-3 відмітки нижче поставлених струмів минулих автоматичних апаратів.

$$I_{HTRQF1} = 250\text{A} > I_{HTRQF2} = 100\text{A} > I_{HTRQF7} = 25\text{A},$$

Тест виборності праці цих вимикачів, які працюються автоматично підтверджується. Тестування решти автоматичних вимикачів проводиться таким же чином.

Характеристика взятих вимикачів, що працюють автоматично, наведена у таблиці 9.2

Таблиця 9.2 Характеристика взятих вимикачів, що працюють автоматично

Позиц. познач	Тип	$I_{нав}, \text{A}$	$U_{нав}, \text{В}$	$I_{розч}, \text{А}$	$I_{відс. рм}, \text{А}$	$I_{Гран доп}, \text{А}$
QF1	ВА 51 – 35 – 34	250	380	200	$12 * I_{нр}$	15000

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

QF2	BA 51 – 31 – 34	100	380	80	10*I _{HP}	7000
QF3	BA 51 – 25 – 34	25	380	25	10*I _{HP}	3800
QF4	BA 51 – 29 – 32	63	380	63	10*I _{HP}	3000
QF5	BA 51 – 25 – 34	25	380	16	10*I _{HP}	3800
QF6	BA 51 – 29 – 32	63	380	40	10*I _{HP}	3000
QF7	BA 51Г – 25 – 34	25	380	8	14*I _{HP}	1500
QF8	BA 51Г – 25 – 34	25	380	3,15	14*I _{HP}	1500
QF9	BA 51 – 25 – 34	25	380	4,0	14*I _{HP}	1500

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

10. Якість електричної енергії в системі електропостачання.

В разі, коли говорять про проектування цехової електричної мережі, основною умовою повинен бути тест на похибку напруги.

Згідно ГОСТ 13109 – 97, похибка напруг від стандартних чисел не має бути більшою, ніж $\pm 5\%$.

Нехай, напруга зі сторони джерела електричної енергії – номінальна.

Це означає, що для режимів найбільшого та найменшого завантаження обрахунки мають робитися, згідно сталим відхиленням. Коли є ці режими, затискна напруга найближчого та найвіддаленішого ЕП не має бути менше чи більше, ніж $0,95 * U_{\text{НОМ}} / 1,05 * U_{\text{НОМ}}$. Отже, для мереж 380Вт затискачі споживача не повинні бути більшими похибки $\pm 5\%$.

В якості найбільшого завантаження візьмемо обчислювальне, як найменше (25 – 30%) найбільшого завантаження цехового приміщення, буде характеризуватися в якості коефіцієнту найменшого завантаження $K_{\text{min}} = (0,25-0,3)$. Зважаючи, що напруга НХ ТС менша номінальної, і те, що трансформатори сили, які розташовані в цеховому приміщенні в роботі із регульованими відгалуженнями без завантаження і виробляють додаток напруг E_T (в границях $\pm 5\%$ кроками в 2,5%), то нормові похибки напруги на затискачах ЕП будуть такими:

- режим найбільшого завантаження:

$$\delta U_{y-} = E_T - (dU_{\text{ВК}} + dU_T + \sum_{i=0}^n U_{\text{НМ}} + dU_{\text{СП}}) \geq -5, \quad (10.1)$$

- режим найменшого завантаження:

$$\delta U_{y+} = E_T - K_H * (dU_{\text{ВК}} + dU_T) + dU_{\text{СП}} \geq +5, \quad (10.2)$$

де E_T – це додаток напруги регульованого трансформаторного відгалудження, %;

$dU_{\text{ВК}}, dU_{\text{ВК}}$ – втрати напруги в кабелі великої вмістності вольт в режимах найбільших та найменших завантажень, %;

dU_T, dU_T – втрати напруги для трансформаторних режимів найбільших та' найменших завантажень, %;

$\sum_{i=0}^n U_{\text{НМ}}$ – загальні втрати напруги магістральних ліній до споживачів, %;

n – число послідовних відстаней магістралей до споживача, шт.;

$dU_{\text{СП}}, dU_{\text{СП}}$ – втрати напруги лінії споживача, який розташований найвіддаленішим режимів найбільших та найменших значень, %.

Значення dU_T беремо з виразу:

$$\Delta U_T = \frac{S_p}{S_{\text{ТНОМ}}} * (U_a * \cos(f) + U_p * \sin(f)), \quad (10.3)$$

де S_p – це обчислювальна потужність на вторинній стороні трансформаторної станції, кВА;

$S_{\text{ТНОМ}}$ – потужність трансформатора, що є номінальною, кВА;

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудь В.А.			Якість електричної енергії в системі електропостачання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.					58	2
Реценз.						НУХТ ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.								

$dU_a = \frac{100 * P_k}{S_{Tном}}$ – це активна частина складової напруги короткого

замикання трансформаторної підстанції %;

$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2}$ – це реактивна частка складової напруги короткого замикання трансформаторної підстанції, %.

Знаходимо:

$$dU_T = \frac{283,8}{400} * \left(1,375 * 0,99 + \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 * 5,5}{400}\right)^2} * 0,05 \right) = 4,1\%, \quad (10.3)$$

Параметр ΔU_L шукають таким чином:

$$\Delta U_L = \frac{P_p^2 * r_l + Q_p^2 * x_l}{U_{ном}^2} = 0,808, \quad (10.4)$$

де r_l , x_l – це активний та реактивний лінійні резистивності, Ом;

$U_{ном}$ – це лінійна напруга, що є номінальною, В.

$$\Delta U_L = \frac{283,8^2 * 0,1 + 20^2 * 0,078}{10^2} = 808, \quad (10.5)$$

В такому разі лінійні втрати наприкінці такі:

- для режиму максимальних навантажень:

$$\delta U_{y-} = 10 - (0 + 4,1 + 2 * 0,5 + 8,08) = -3,18 > -5,$$

- для режиму мінімальних навантажень:

$$\delta U_{y+} = 0 - 0,3 * (0 + 4,1 + 2 * 0,5) + 8,08 = 6,55 \geq +5,$$

										ДП 2022 141	Арк.
											59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

11. Охорона праці на підприємстві.

11.1 Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Під час виконання та розробки дипломного проекту було прийняте рішення встановити два трансформатори марки ТМЗ – 400 / 10. Вони є достатньо ефективними та потужними для забезпечення надійної роботи цеху виробництва інсуліну.

Як було визначено раніше, варіант з двома трансформаторними підстанціями доцільніший для виконання поставлених задач. В разі появи аварійної ситуації на підприємстві цех залишиться без енергії частково і завдяки другому трансформатору діяльність виробництва зможе бути продовженою.

Виходячи з економічного розрахунку, було підтверджено, що різниця в коштовності встановлення одного більш потужного або двох слабших трансформаторів складає менше 5% та не має суттєвого впливу на вибір варіанту.

Особи, які виконують трудові функції із надання сервісу електричним установкам, має бути забезпечений потрібними захисними засобами, також бути із знаннями правил їх застосування та, крім того має використовувати їх для безпечного виконання процесу праці.

Одним із головних документів осіб, що виконують трудові функції із надання сервісу електричним установкам, являється посвідчення про перевірку знань. Саме цей документ є законним доказом на предмет права людини на самостійну роботу в електричних установках відповідно до посади за спеціальністю.

Щоб отримати посвідчення про перевірку знань, необхідно звернутися до спеціальної комісії на території підприємства. Лише після запису до документу воно є дійсним.

В той час, коли працівник виконує свої обов'язки, він повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. Якщо так сталось, що документ відсутній або його термін закінчився, людина не допускається до роботи.

Якщо людина змінює свою посаду, то посвідчення потрібно замінити на нове або якщо в ньому немає місця для нових записів.

Якщо знання співробітника не є достатніми, то посвідчення забирає комісія з охорони праці підприємства.

Посвідчення має бути створене з обкладинки, яка є твердою та сторінок.

Захисні засоби мають бути розташовані в якості інвентарних в приміщеннях установок, що працюють від електрики.

					<i>ДП 2022 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Рудь В.А.</i>			<i>Охорона праці на підприємстві</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Сірик А.О.</i>					<i>60</i>	<i>15</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ЕЛ-4-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Якщо у працівника наявні симптоми алкогольного чи навіть наркотичного сп'яніння, то такі особи не можуть бути допущеними до роботи. Це ж стосується і людей, що мають ознаки хвороби.

Якщо співробітник сам не може запобігти порушенню правил, то він має надати інформацію безпосередньому керівнику або керівнику вищого рівня.

Якщо постає питання нещасного випадку з людиною та необхідністю зняття напруги з потерпілого, то це робиться терміново без дозволу.

Захисні засоби, які є в електричних установках, мають мати характеристики відповідно до вимог теперішніх стандартів держави та технічних умов їх будови.

Роботодавець несе відповідальність за надання робітникам та комплектування електричних установок захисними засобами відповідно до комплектувальних норм, а також за вчасне проведення випробувань та дослідів, що необхідно виконувати час від часу.

Потрібно також не забувати, що пристрої, які створені для розподілу напруги до 1000 В повинні включати до свого комплекту таке:

- Штанга ізоляції універсальна;
- Пристрій, що показує напругу в кількості – 2;
- Кліщі ізоляції в кількості – 1;
- Рукавички діелектричні в кількості – 2;
- Калоші діелектричні в кількості – 2;
- Підставка, що забезпечує ізоляцію в кількості – 1;
- Захисні окуляри в кількості – 1;

Проводити обслуговування установок, що працюють від електрики, можуть місцеві працівники, за якими буде закріплена установка, або виїзні спеціалісти.

Працівник, що відповідає за електрогосподарство, дає визначення виду обслуговування, числу працівників та узгоджує свої розрахунки з керівництвом підприємства.

Для того, щоб мати доступ до роботи з електричними установками, треба також розуміти оперативні схеми, пам'ятати посадові інструкції, інструкції з ОП, бути обізнаним відносно особливостей обладнання та пройти деяке навчання, а також пройти тест на перевірку знань.

Робітники, що обслуговують установки мають мати групу III.

Особа, яка несе відповідальність за електрогосподарство, затверджує графік, згідно якого люди працюють.

Робітники перед початком зміни мають прийняти її, а після її закінчення здати наступному черговому. Не можна припиняти чергування без згоди зміни. Можна залишити місце роботи лише у виняткових ситуаціях в разі

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2022 141

згоди керівника.

Робітники за час чергування відповідають за коректне надання сервісу та безаварійну роботу всіх приладів на їх території роботи.

Старша оперативна особа має виконувати обгрунтовані вимоги працівників.

Якщо режим роботи порушено, електричні прилади почали працювати в аварійному режимі чи пошкодились, то робітник має терміново повернути роботу до норми та надати інформацію старшому робітнику.

Працівники мають обходити прилади з метою виявлення неполадок у їх роботі.

Для спостереження за роботою працівниками, що не пов'язані з електротехнікою чи екскурсіями потрібен дозвіл керівництва та нагляд робітника з рівнем допуску IV.

Робітники, що не мають відношення до електричної установки, мають право оглянути її з дозволу особи, відповідальної за електрогосподарство.

Двері, що ведуть до приміщень з електричними установками, повинні бути завжди зачинені.

Ключі від дверей мають мати номери та зберігатись у робітників.

11.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Для того, щоб проаналізувати небезпеку, що надходить від електроустановок, потрібно дізнатися струм, який проходить через людину.

Частіше всього людина потрапляє під струм в таких випадках:

- Двофазне увімкнення людини в мережу.
- Однофазне увімкнення людини з ізольованою нейтраллю.
- Однофазне увімкнення людини з глухозаземленою нейтраллю.
- Торкання до заземлених не струмоведучих частин, які опинилися під напругою.

Ситуація потрапляння людини під струм можлива лише у випадку замикання через людину, тобто дві точки.

Небезпечність залежить від струму та наступного:

- Схема включення людини в коло;
- Напруга;
- Схема мережі;
- Режим нейтралі мережі;
- Ступінь ізоляції струмоведучих частин від землі;
- Значення ємності струмоведучих частин від землі.

На наступних малюнках зображене двофазне увімкнення людини в мережу

					ДП 2022 141	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

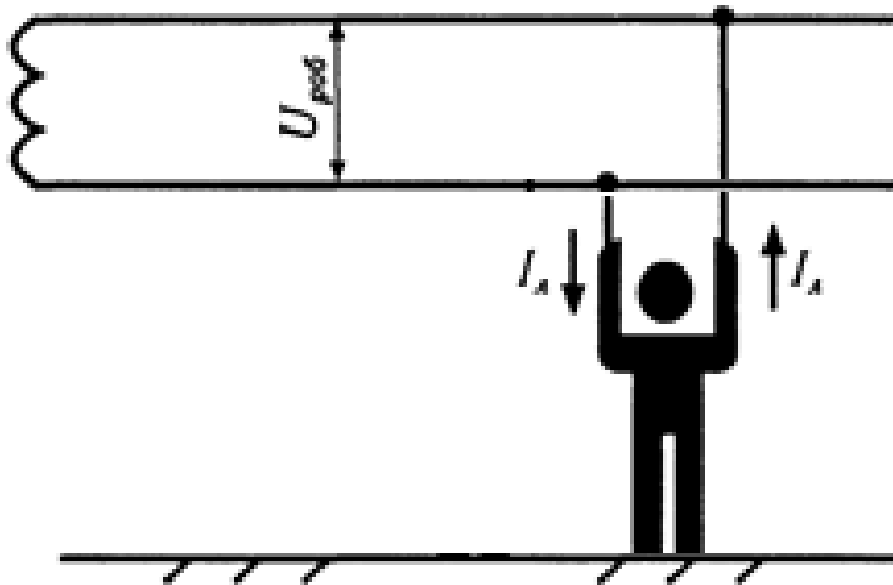


Схема двофазного торкання у мережі постійного або однофазного змінного струму

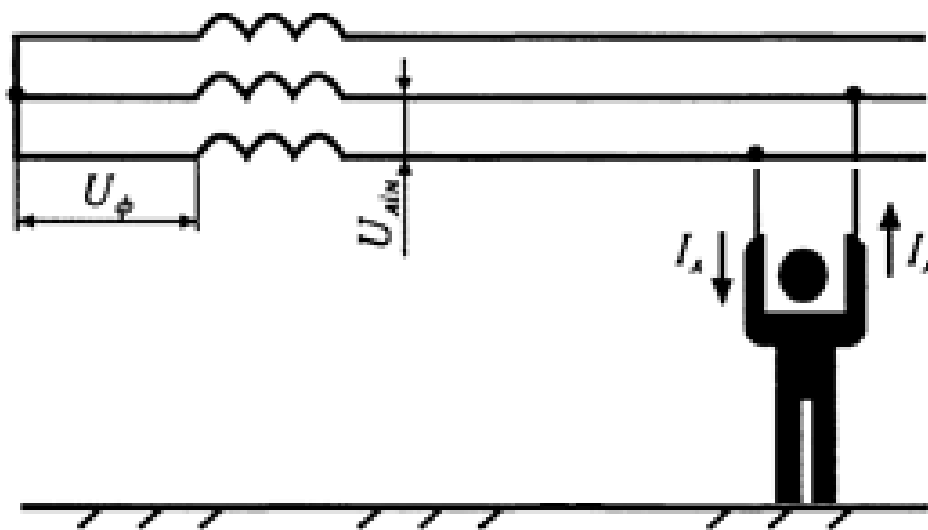


Схема двофазного доторкання у трифазній мережі.

У випадку торкання, що буде являтися двополюсним, сила струму, що пройде крізь людину можна дізнатись по наступних формулах:

- в разі мережі із однією фазою змінного чи постійного струму

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{роб}}}{R_{\text{л}}} \quad (11.1)$$

- для мережі з трьома фазами:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ліній}}}{R_{\text{л}}} = \sqrt{3} * \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}}} \quad (11.2)$$

де $U_{\text{роб}}$ – це робоча напруга мережі;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$U_{\text{лін}}$ – це напруга мережі лінії;

U_{ϕ} – це напруга мережі фази,

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{лін}}}{\sqrt{3}} \quad (11.3)$$

$R_{\text{л}}$ – це опір людського тіла.

Щоб побачити краще ситуацію, обчислюємо величину струму, який проходить через людське тіло при доторканні двох фаз у мережі із трьома фазами з напругою, що являється лінійною та дорівнює 380В.

$$I_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} * U_{\phi}}{R_{\text{л}}} = \frac{380}{1000} = 0,38\text{А} \quad (11.4)$$

Включення двох фаз являється головною небезпекою, бо лінійний струм створюється мережевою напругою і резистентністю людського тіла.

Подібні ситуації стаються не часто та являються порушеннями правил ОП.

Далі зображено ввімкнення людини з однією фазою

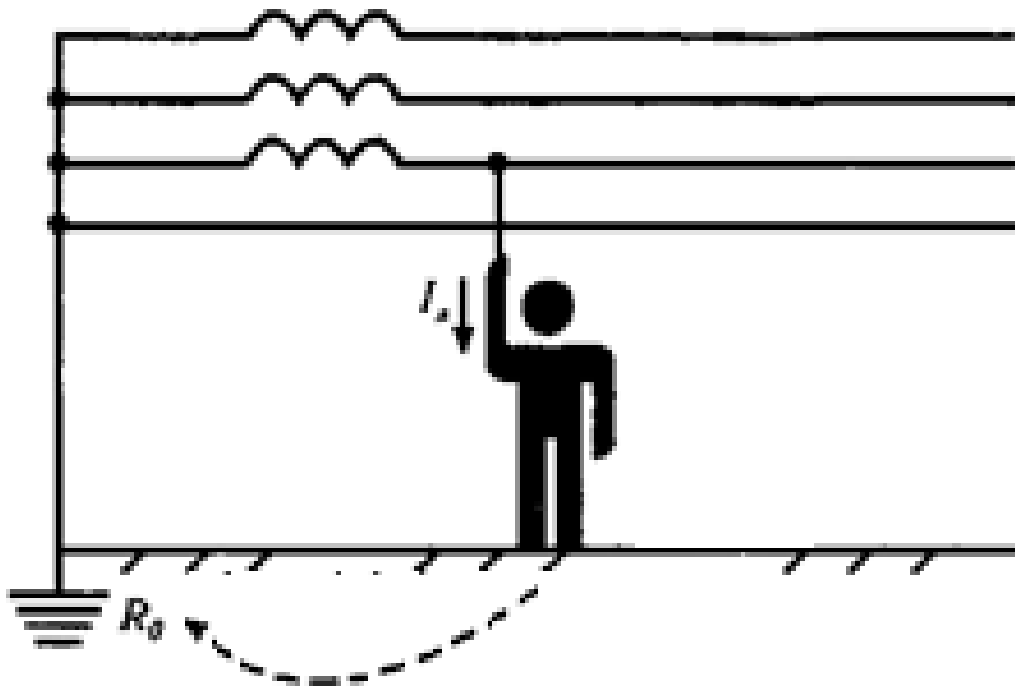


Схема дотику однієї фази в час нормального режиму роботи у мережі із трьома фазами та глухозаземленою нейтраллю

									Арк.
									64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

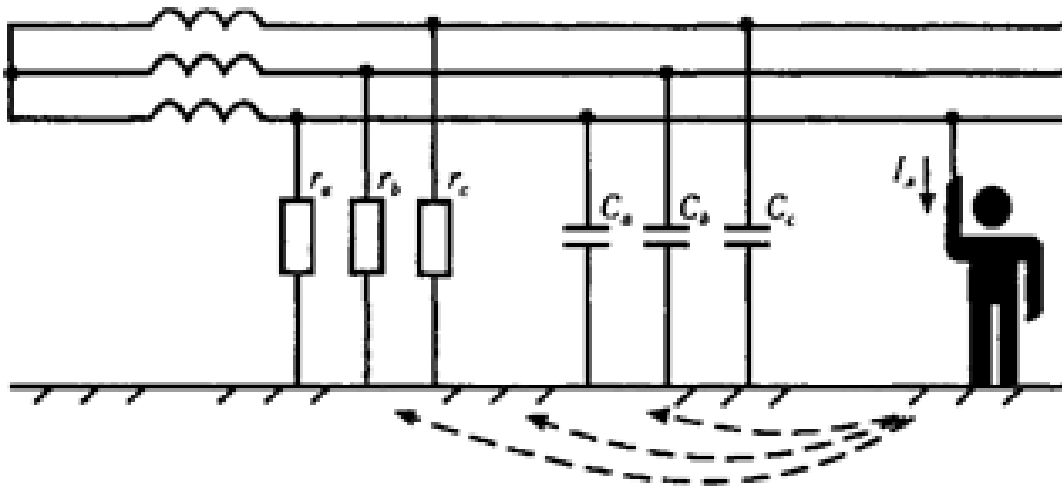


Схема дотику однієї фази в час нормального режиму роботи у мережі із трьома фазами та ізолюваною нейтраллю

Коли відбувається торкання однієї фази в мережі із трьома фазами та ізолюваною нейтраллю, то струм буде мати меншу величину в порівнянні з таким самим торканням глухозаземленої нейтралі. Таке явище відбувається через те, що до сумарної резистентності додається резистентність ізоляції - r та ємності - c .

В такому випадку, якщо мережа до 1000 В. А величина резистентності ізоляції фаз рівна, резистентність ємності можна не враховувати, величина струму буде така:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{вз}} + R_{\text{з}} + R_{\text{ос}} + \frac{R_{\text{із}}}{3}} = \frac{220}{20000 + 30000 + 1000 + \frac{15000}{3}} = 0,0022\text{А} \quad (11.5)$$

де $R_{\text{ос}}$ – це резистентність основи;

$R_{\text{вз}}$ – це резистентність взуття;

$R_{\text{із}}$ – це резистентність ізоляції.

У випадку несправностей $R_{\text{вз}} = 0$ $R_{\text{ос}} = 0$

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + \frac{R_{\text{із}}}{3}} = \frac{220}{1000 + \frac{15000}{3}} = 0,0044\text{А} \quad (11.6)$$

Струм проходить крізь резистентність ізоляції та ємності фаз.

Якщо нейтраль являється ізолюваною, то сила враження буде коливатись від значення резистентності ізоляції фази, яку людина торкнулась.

Якщо нейтраль являється заземленою, то струм проходить крізь людське тіло в землю, а потім крізь нейтраль, що є заземленою в мережу.

Струм обчислюється так:

										Арк.
										65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{вз}} + R_{\text{л}} + R_{\text{ос}} + R_0} = \frac{220}{30000 + 1000 + 20000 + 4} = 0,0044 \text{ А} \quad (11.7)$$

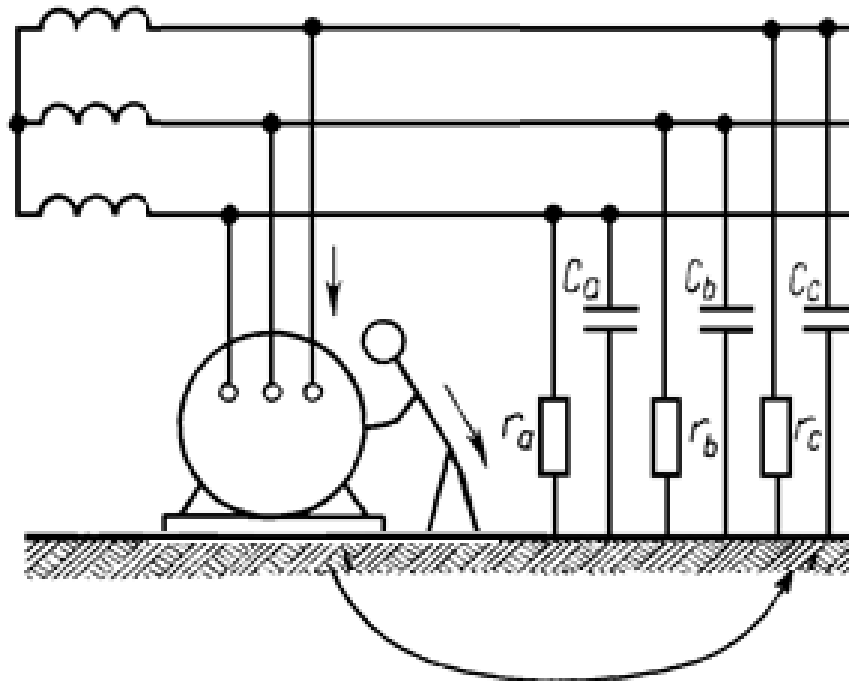
де R_0 – це резистентність заземлення нейтралі в процесі роботи.

Спротив заземлення нейтралі під час роботи можна не враховувати, бо $R_0 < 10$:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}}} \quad (11.8)$$

Можемо спостерігати, що мережа з нетраллю, яка являється глухозаземленою, спричиняє більшу загрозу порівняно з ізольованою.

Далі показане схематичне зображення дотику до заземлених не струмоведучих частин, що опинилися під напругою



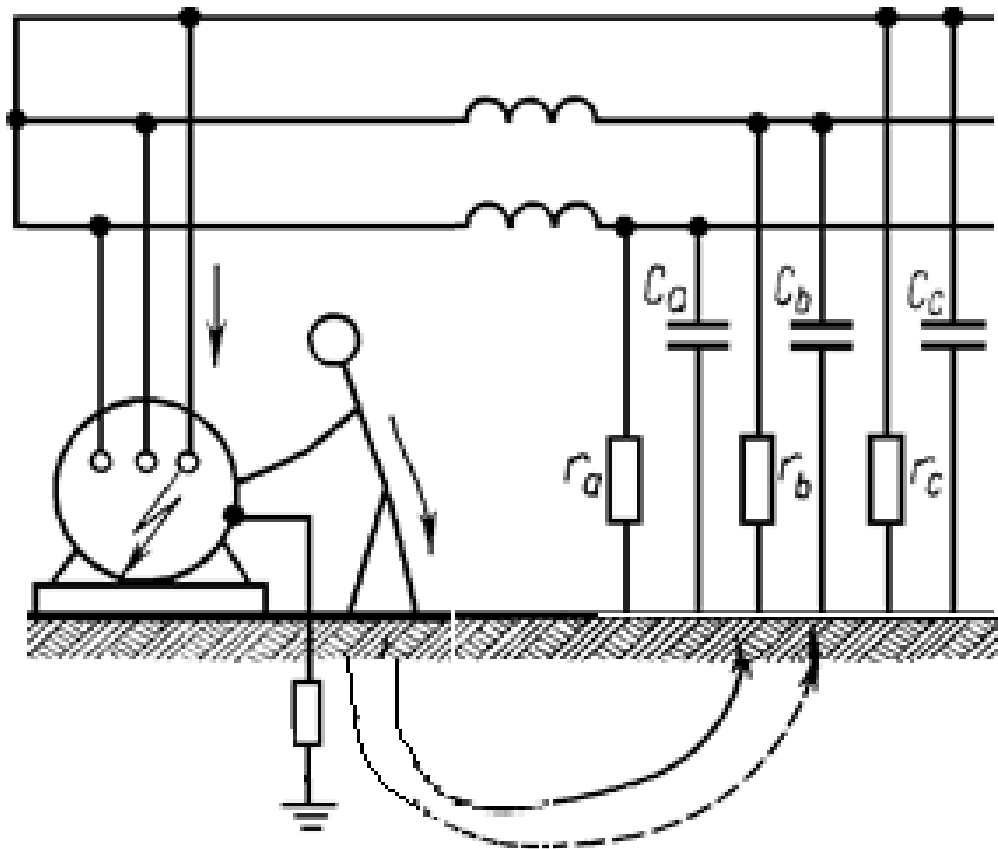
Дотик до корпусу, який знаходиться під напругою без наявності заземлення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2022 141

Арк.

66



Дотик до корпусу, який знаходиться під напругою із заземленням
В разі ситуації, коли корпус не заземлений, набуває чинності рівність:

$$I_L = I_3 \quad (11.9)$$

Цей стан можна порівняти до дотику однієї фази до струмоведучих частин. Струм тоді буде мати залежність від числа струму, що замкнений на землю.

Напругою дотику називають напругу, що створена поміж двома точками, які зачіпає людина. Щоб визначити напругу для людини, стоячої на землі та яка чіпає заземлений корпус, треба скористатись формулою:

$$U_{\text{дот}} = \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_k - \varphi_{\text{осн}} = \varphi_3 - \varphi_{\text{осн}} = a_1 * \varphi_3 \quad (11.10)$$

де φ_1 та φ_2 - це потенціали точок 1 і 2;

$\varphi_k, \varphi_{\text{осн}}$ - це потенціали корпусу обладнання та основи;

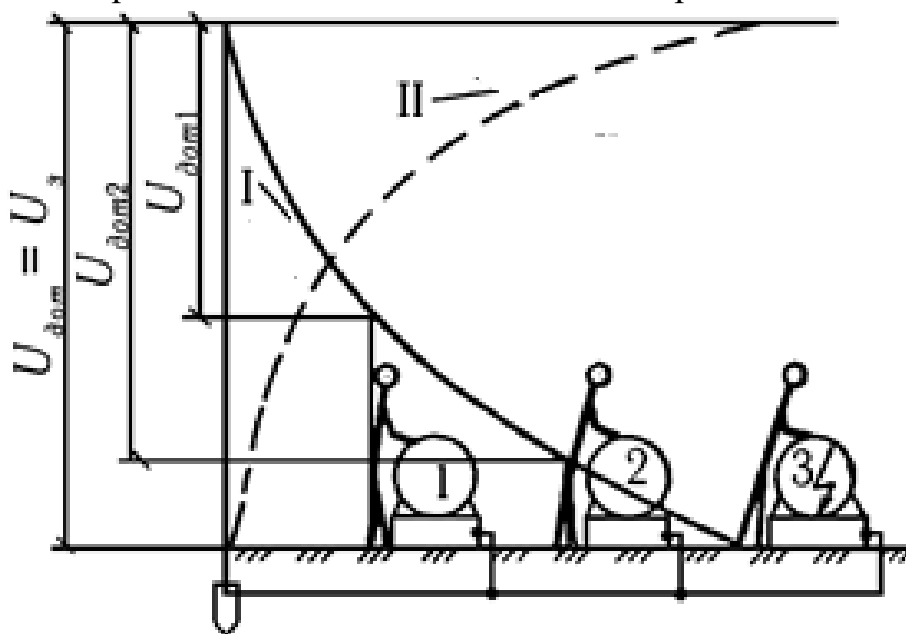
φ_3 - це земний потенціал.

a_1 - це коефіцієнт дотичної напруги

$$a_1 = 1 - \frac{\varphi_{\text{осн}}}{\varphi_3} \quad (11.11)$$

На наступному зображенні продемонстровано 3 корпуси споживачів електричної енергії, що з'єднані з заземлювачем R3. Потенціали на

поверхні землі при замиканні на корпус довільного споживача електричної енергії понад заземлювачем діляться кривою 1.



Напруга дотику до заземлених струмопровідних частин, які є під напругою

Що стосується потенціалів, то вони до всіх без виключення корпусів рівні так, як вони під'єднані поміж собою електричнозаземленим провідником електричного струму, де пониження напруги можна не брати до уваги. Обрахунок дотичної напруги проводиться так:

$$U_{\text{дот1}} = \varphi_3 - \varphi_{\text{ос1}} \quad (11.12)$$

$$U_{\text{дот2}} = \varphi_3 - \varphi_{\text{ос2}} \quad (11.13)$$

$$U_{\text{дот3}} = \varphi_3 - \varphi_{\text{ос3}} \quad (11.14)$$

$$U_{\text{дот1}} < U_{\text{дот2}} < U_{\text{дот3}} \quad (11.15)$$

Чим далі відстань від заземлювача, тим більше стає величина напруги дотику. Вона загалом знаходиться так:

$$U_{\text{дот}} = U_3 - 0 \quad (11.16)$$

Крива 2 дає змогу спостерігати як змінюється напруга дотику в залежності зміни дистанції від заземлювача по осі X.

За допомогою формули, можна обчислити напругу дотику без додаткової резистентності людини, тобто не беручи до уваги взяття, поверхню ніг та резистентність підлоги. Так, як $R_{\text{пов}} = R_{\text{п}} + R_{\text{вз}} + R_{\text{к}} + R_{\text{л}}$, то:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

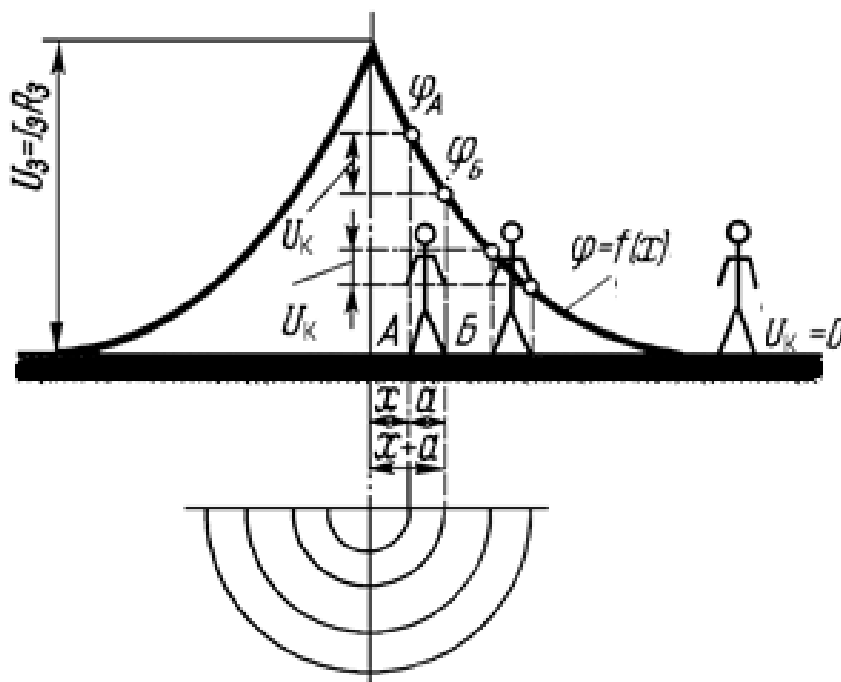
$$a_2 = \frac{R_L}{R_{\text{пов}}} = \frac{R_L}{R_{\text{п}} + R_{\text{вз}} + R_{\text{к}} + R_L} \quad (11.17)$$

Де a_2 – це коефіцієнт, що бере до уваги спад напруги в додатковій резистентності кола людини. Напруга дотику із додатковою резистентністю в ланці людина – пристрій визначається наступним чином:

$$U_{\text{дот}} = U_3 * a_1 * a_2 \quad (11.18)$$

Кроковою напругою називається різниця потенціалів поміж стопами ніг людини на дистанції одного кроку середньостатистичної людини, що складає 0,8 метра в області розтікання струму.

Величина струмової сили, що проходить крізь людину так само, як в випадку чіпання до заземлених частин, має залежність від струмової сили замикання на землю $I_L = f(I_3)$. На наступному рисунку продемонстровано розподілення потенціалів круглого провідника, що буде одиничним.



Загальна схема напруги кроку

						ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			69

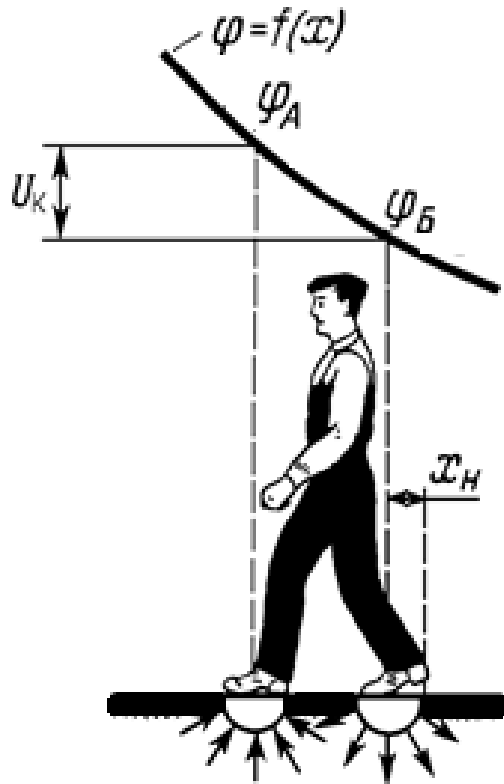


Схема напруги кроку розтікання струму з резистентною поверхнею людських ніг

Напруга кроку являється рівною 0, коли дві людські ноги розташовані на лінії, що має назву еквіпотенціальна. Щоб дізнатися крокову напругу треба скористатись формулою:

$$U_k = \varphi_A - \varphi_B = \varphi_x - \varphi_{x+a} \quad (11.19)$$

$$U_k = \varphi_3 * \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_3} \quad (11.20)$$

$$U_k = \varphi_3 * B_1 \quad (11.21)$$

де B_1 – це коефіцієнт, що бере до уваги форму потенціальної кривої та має пряму залежність від форми, конфігурації заземлювача та положення провідника відносно місця розташування.

$$B_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_3} \quad (11.22)$$

Для визначення струму скористаємось формулою:

$$I_{л} = \frac{U_k}{R_k} \quad (11.23)$$

$$R_k = 6 * \rho_{гр} \quad (11.24)$$

де $\rho_{гр}$ – це питома резистентність землі, де стоїть людина.

Крокова напруга таким же чином як і дотична напруга має залежність від резистентності взуття та опорної поверхні ніг. Для того, щоб врахувати це, візьмемо коефіцієнт B_2 :

$$B_2 = \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{п}} + R_{\text{вл}} + R_{\text{л}}} = \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{пов}}} \quad (11.25)$$

Виходить, що додаткова резистентність електроланки людини, що підпала під напругу кроку, має різницю від таких опорів в ланці людина-пристрій, що підпала під дотичну напругу. Щоб дізнатись резистентність поверхні ніг, скористаємось формулою:

$$R_{\text{н}} = \frac{p_s}{X_{\text{н}} * 4 * \pi} \quad (11.26)$$

Де $X_{\text{н}}$ – це радіус резистентної поверхні ніг, що являється еквівалентим. Резистентність взуття за напругою кроку в 4 рази більша, ніж при дотичній напрузі. У зв'язку з цією причиною:

$$B_2 = \frac{a_2}{4} \quad (11.27)$$

Таким чином бачимо, що $U_{\text{дот}} > U_{\text{к}}$.

Тепер крокова напруга з додатковими резистентностями дорівнює:

$$U_{\text{к}} = B_2 * B_1 * U_3 \quad (11.28)$$

Як бачимо, при напрузі кроку та потрапляння під її дію людини проявляється залежність від дистанції людини до точки, де проходить замикання на землю, величини кроку, розміру взуття, матеріалу, резистентності землі. Для виходу треба повільно та короткими кроками рухатись, при цьому не забирати ноги із землі.

11.3 Практичний розрахунок

Задача №1, варіант №11.

Людина доторкнулась до фазного проводу трифазної чотирипровідної мережі 380/220 В (частотою 50 Гц) з заземленою нейтралю. Накреслити схеми і визначити напругу дотику та силу струму, що проходить через людину для двох режимів роботи електроустановки: нормальному та аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю)

Покажіть, в яких випадках доторкання небезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини $R_{\text{л}}$, Ом; опір заземлення нейтралі R_0 , Ом; опір ізоляції провідників $R_a = R_b = R_c = R_N = R$ кОм; ємність провідників $C_a = C_b = C_c = C_n = C$, мкФ. Вихідні дані для розрахунку наведено в табл.5.

Запишемо дані для варіанту:

					ДП 2022 141	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_{\text{л}} = 850 \text{ Ом}; R_0 = 3,7 \text{ Ом}; R = 30000 \text{ Ом}; C = 6 * 10^{-8} \text{ Ф};$
 $C_1 = 6 * 10^{-8}; C_2 = 6 * 10^{-8}; C_3 = 6 * 10^{-8}; C_4 = 6 * 10^{-8}$
 $R_a = 30000; R_b = 30000; R_c = 30000; R_N = 30000;$
 $R_{\text{зам}} = 110; 60; 3; 0,5;$

Нам потрібно знайти наступні величини: $I_{\text{л1}}, U_{\text{дот1}}, I_{\text{л2}}, U_{\text{дот2}}, I_{\text{ла}}, U_{\text{дога}}$

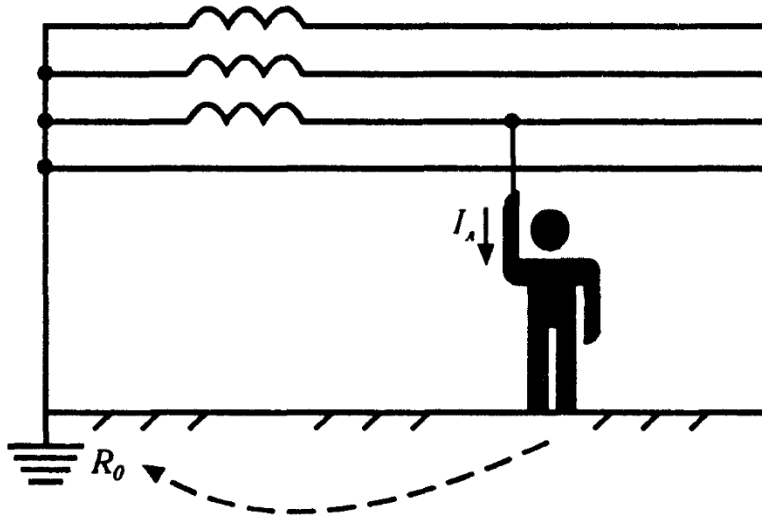


Схема однофазного доторкання під час нормального режиму роботи у трифазній мережі з глухозаземленою нейтраллю

Варіант 1, де $C_A = C_B = C_C = 0; R_A = R_B = R_C = R$

Знаходимо струм, що проходить через людину у нормальному режимі:

$$I_{\text{л1}} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{л}} + R_0}, \quad (11.29)$$

Де U_{Φ} – це фазна напруга

$$I_{\text{л11}} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{850 + 3,7} = 0,257 \text{ А}$$

$$I_{\text{л12}} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{850 + 3,7} = 0,257 \text{ А}$$

$$I_{\text{л13}} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{850 + 3,7} = 0,257 \text{ А}$$

$$I_{\text{л14}} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{850 + 3,7} = 0,257 \text{ А}$$

Далі шукаємо напругу дотику в нормальному режимі:

$$U_{\text{дот1}} = I_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л}} \quad (11.30)$$

$$U_{\text{дот11}} = I_{\text{л11}} \cdot R_{\text{л}} = 0,257 \cdot 850 = 218,45 \text{ В}$$

$$U_{\text{дот12}} = I_{\text{л12}} \cdot R_{\text{л}} = 0,257 \cdot 850 = 218,45 \text{ В}$$

$$U_{\text{дот13}} = I_{\text{л13}} \cdot R_{\text{л}} = 0,257 \cdot 850 = 218,45 \text{ В}$$

$$U_{\text{дот14}} = I_{\text{л14}} \cdot R_{\text{л}} = 0,257 \cdot 850 = 218,45 \text{ В}$$

Варіант 2, де $R_A = R_B = R_C = \infty$; $C_A = C_B = C_C = C$

Знаходимо струм, що проходить через людину у нормальному режимі:

$$I_{л21} = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_{л}^2 + \left(\frac{X_{c1}}{3}\right)^2}} = \frac{220}{\sqrt{850^2 + \left(\frac{0,053}{3}\right)^2}} = 0,258 \text{ А}$$

$$\text{Де } X_{c1} = \frac{1}{\omega \cdot C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,06} = 0,053 \text{ Ом}$$

$$I_{л22} = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_{л}^2 + \left(\frac{X_{c2}}{3}\right)^2}} = \frac{220}{\sqrt{850^2 + \left(\frac{0,053}{3}\right)^2}} = 0,258 \text{ А}$$

$$\text{Де } X_{c2} = \frac{1}{\omega \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,06} = 0,053 \text{ Ом}$$

$$I_{л23} = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_{л}^2 + \left(\frac{X_{c3}}{3}\right)^2}} = \frac{220}{\sqrt{850^2 + \left(\frac{0,053}{3}\right)^2}} = 0,258 \text{ А}$$

$$\text{Де } X_{c3} = \frac{1}{\omega \cdot C_3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,06} = 0,053 \text{ Ом}$$

$$I_{л24} = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_{л}^2 + \left(\frac{X_{c4}}{3}\right)^2}} = \frac{220}{\sqrt{850^2 + \left(\frac{0,053}{3}\right)^2}} = 0,258 \text{ А}$$

$$\text{Де } X_{c4} = \frac{1}{\omega \cdot C_4} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_4} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,06} = 0,053 \text{ Ом}$$

Так, як струм в попередніх виразах однаковий, то напруга теж матиме однакове значення:

$$U_{\text{дот}} = I_{л} \cdot R_{л} = 0,258 \cdot 850 = 219,3\text{В} \quad (11.31)$$

Наступним кроком знаходимо струм, що проходить через людину у аварійному режимі:

$$I_{ла1} = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3}}{R_{л} + R_{\text{зам1}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{850 + 110} = 0,396 \text{ А}$$

$$I_{ла2} = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3}}{R_{л} + R_{\text{зам2}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{850 + 60} = 0,418 \text{ А}$$

$$I_{ла3} = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3}}{R_{л} + R_{\text{зам3}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{850 + 3} = 0,446 \text{ А}$$

$$I_{ла4} = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3}}{R_{л} + R_{\text{зам4}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{850 + 0,5} = 0,448 \text{ А}$$

Тепер дізнаємось та обчислюємо напругу дотику в аварійному режимі:

											ДП 2022 141	Арк.
												73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								

$$U_{\text{дота1}} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам1}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{850}{850 + 110} = 337,38 \text{ В}$$

$$U_{\text{дота2}} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам2}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{850}{850 + 60} = 355,92 \text{ В}$$

$$U_{\text{дота3}} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам3}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{850}{850 + 3} = 379,71 \text{ В}$$

$$U_{\text{дота4}} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам4}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{850}{850 + 0,5} = 380,82 \text{ В}$$

Отже, при нормальному режимі роботи в першому та другому варіантах фіксується невелика різниця між значеннями сили струму та напругою дотику, проте після початку роботи в аварійному режимі їх значення сильно зростають та становлять більшу небезпеку для здоров'я людини, а також може стати причиною нещасного випадку для людини.

					ДП 2022 141	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Індивідуальне завдання.

Підвищення ефективності та надійності роботи цеху виробництва інсуліну на ПрАТ “Індар”

12.1 Можливості та основні завдання для забезпечення гарантованого живлення

Виконання впровадження надійного та беззбійного процесу виробництва та покращення ефективності роботи з кожним днем стає все більш актуальною проблемою та питанням на сучасних підприємствах. На сьогоднішній день кожен цех прагне мати надійний захист від будь-яких аварій та хоче якнайшвидше та максимально ефективно впоратися з наслідками цих збоїв та неполадок в роботі систем. Це питання хвилює багатьох, але найбільшу роль відіграє там, де процес виготовлення продукту не припиняється. В іншому випадку під загрозу потрапляє якість продукту та персонал. Перебої з поставками електричної енергії на цехах з подібними процесами викликають економічні витрати та можуть стати причиною великих фінансових збитків, а також можуть знизити мотивацію персоналу, який довгий час робив продукцію, яка зіпсувалась.

Для того, щоб зменшити вірогідність збоїв та проблем, пов'язаних з ними, встановлюють системи, які надають змогу отримувати електричну енергію за будь-яких обставин.

Такі системи, що дають енергію постійно, включають в себе:

- мережу кабелів, що працюють від електрики
- запасний прилад створення енергії
- комплекс вмикання систем надання запасної енергії

Ціллю розділу являється перевірка з допомогою методу аналізу техніки та приладів, що діють станом на зараз, щоб дізнатись базові пункти, які нададуть змогу покращити надійність роботи та постачання електричної енергії до цеху виробництва інсуліну. З-посеред варіантів, які можуть допомогти уникати збоїв в подачі електрики треба подивитись на те, чи можна застосувати відновлювану енергетику, батареї (акумуляторного типу), підстанції, які працюють від дизельного палива. Щоб це дізнатись, треба провести:

-тестування працюючого комплексу, який надає електричну енергію до цеху виробництва інсуліну та перевірити чи можна впровадити місцевий комплекс беззбійної подачі електрики для окремих установок, що є на виробництві;

-тестування на предмет того, чи можна брати неоднакові типи джерел запасної подачі енергії;

-тестування пристроїв споживання електричної енергії, яким треба

					<i>ДП 2022 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Рудь В.А.</i>			<i>Індивідуальне завдання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					75	12
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ЕЛ-4-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

безперебійна подача живлення, по технічним характеристикам

12.2 Аналіз основних засобів забезпечення гарантованого живлення

Спочатку може здатися, що цех виробництва інсуліну, до складу якого входить багато електричного обладнання таких типів, як електродвигун, сепаратор, дезінтегратор, хроматограф, не буде мати особливих проблем від відсутності подачі електричної енергії. Проте, якщо взяти до уваги те, що процес виробництва являється клопіткою роботою та цех має гарно провітрюватись, там поставлені вентиляційні прилади, що є надійними.

Вентиляторні пристрої, що отримують повітря по протоках, треба покращити методом зменшення імовірності втрати подачі електричної енергії, бо від цих приладів залежить якість продукту.

Сьогоднішні комплекси подачі повітря створюються із проводів, по яким надходить повітря, вентиляторів, що розносять його та фільтрувальні установки, які допомагають підтримувати подачу якісного повітря до цехового приміщення. Це все дає змогу надавати рішення проблемам, пов'язаних із незадовільним станом повітря. Там, де можуть створюватися отруйні гази та запахи комплекс очистки повітря має вивести чисте повітря.

Вентиляційний комплекс має надавати:

- повітря, стандарту GMP;
- забрання пилу і рекуперувати повітря;
- повітряну вологість і температуру по стандарту GMP;
- АСУ та контролювання повітряної якості;

Тож, вентиляційний комплекс вимагає надійного постачання електричної енергії, бо він корегує умови, за яких люди виконують процеси в цеху виробництва інсуліну, а якщо сталась поломка чи аварія то надати самостійне живлення для вентиляційного комплексу та освітлення, яке буде працювати в аварійних ситуаціях, від запасного джерела подачі електричної енергії.

Для того, щоб вирішити проблему збою електричного постачання споживачів електричної енергії, можна застосувати запасні джерела енергії з метою уникнення паузи у виробництві. Також можна покращити ефективність подачі електричної енергії, дослідивши можливість ставлення місцевого комплексу подачі енергії з використанням відновлюваних джерел електричної енергії. Відновлювальні джерела дають змогу працювати безперервно для установок, які цього потребують.

Можна поглянути на такі варіанти:

- електрична станція, що працює від сонячної енергії та створить електричну енергію із змогою акумуляції завдяки застосуванню

										Арк.
										76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

інверторного апарату і батарей, що будуть мати акумуляторний тип;

-використання запасного об'єкту розробки від трансформаторної підстанції, що знаходиться поруч, у випадку недотримання достатньої кількості в комплексі електричного постачання завантаження окремих споживачів. Як варіант трансформаторна підстанція підприємства, поруч з нами;

-станція постачання електричної енергії, яка буде працювати від вітру та дасть змогу надавати електричну енергію частині обладнання та акумулявати електричну енергію для уникнення перебоїв електрики у випадку появи позапланових ситуацій;

-станція постачання електричної енергії, яка працює від води та є системою, що у випадку водойми поруч створить акумуляцію електричної енергії для запасу в разі припинення подачі електрики;

-станція постачання електричної енергії, що працює на дизельному паливі для місцевої подачі енергії окремим приладам.

Можна розподілити на дві категорії станції постачання електричної енергії, які були щойно розібрані, а саме – класичні (дизельні) та некласичні (відновлювані джерела електричної енергії)

У випадку застосування відновлюваних джерел електричної енергії для створення безперервної подачі енергії частині установок цеху виробництва інсуліну, можна виокремити базові елементи комплексу: енергетична станція (панелі, які працюють від енергії сонячних променів, станції, що працюють від сили води, генератори, що приводяться в роботу з допомогою повітря), установка інверторного типу, акумуляційний комплекс, контрольний прилад для спостереження за кількістю енергії в батареях, лінії, що надають електричне постачання.

Виходить, що для будівництва такого комплексу треба поставити модулі, що працювали б від енергії Сонця, саме на даху цехового приміщення або на території, яка стояла б відділено, створена електрична енергія відакумулюється у батареях та у випадку позаштатної ситуації пункти прийому електричної енергії будуть мати її від подачі із запасних джерел електричної енергії.

										ДП 2022 141	Арк.
											77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

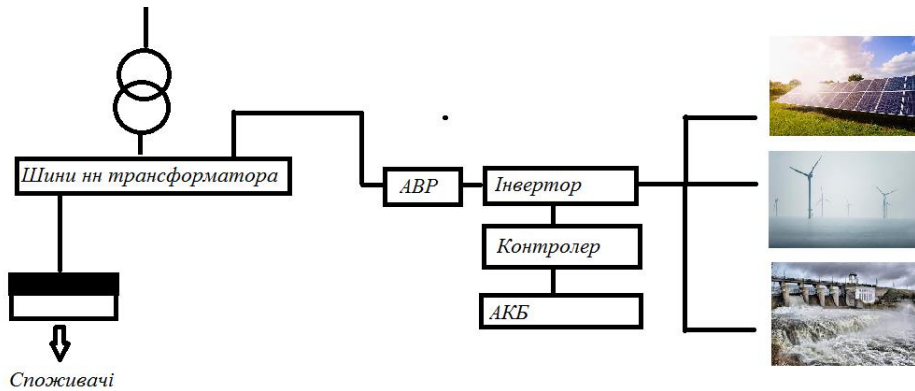


Рисунок 12.1 - Умовний малюнок комплексу запасної подачі електричної енергії із застосуванням відновлюваних джерел

Такий комплекс подачі місцевої електричної енергії створюється із комплексу АВР, що дає змогу змінюватись на запасне джерело електричної енергії у випадку, коли подача енергії від шин НН трансформаторної підстанції буде призупинена. Проте, якщо на шинах НН буде напруга, то станеться під'єднання подачі електричної енергії від трансформаторної підстанції, яка буде стояти на території цеху.

Також можливим є створення комплексу безперебійної подачі електричної енергії для недопущення перебоїв завдяки запасу від генераторної установки, що буде працювати від дизельного палива. Сьогоднішні установки такого типу мають при собі комплекс автоматичного запуску, який надає змогу запускати генератор самостійно та змінювати подачу електричної енергії до споживачів.

					ДП 2022 141	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

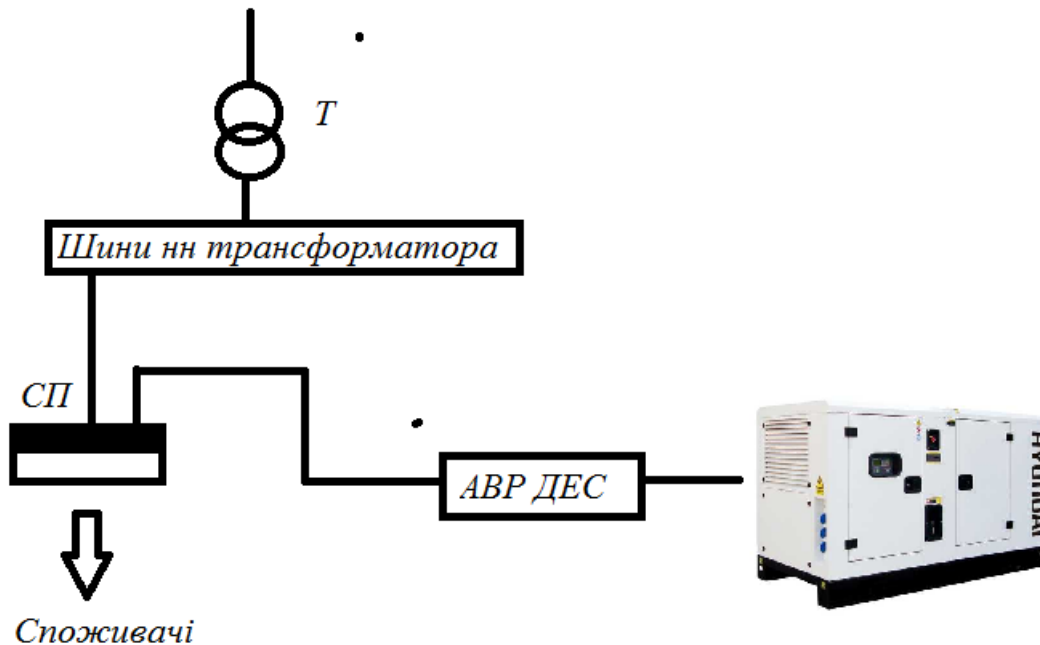


Рисунок 12.2 – Умовний малюнок комплексу запасної подачі електричної енергії від підстанції, що працює на дизельному паливі

Беручи до уваги місце цеху виробництва інсуліну вирішено, дослідити станцію подачі електричної енергії, що працює від енергії сонячних променів або генераторну установку, яка працює за рахунок дизельного палива для надання енергії частини споживачів.

Щоб краще дослідити станції створимо ССМЗ – аналітична порівняльна таблиця, в якій продемонструємо головні сильні, слабкі сторони, можливості та загрози установки запасних джерел електричної енергії.

Таблиця 12.1 – ССМЗ аналітична таблиця для станції, що працює від енергії сонячних променів, для надання запасного джерела енергії

Станція, що працює від енергії сонячних променів	
Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> -Не забруднює повітря; -Майже не потрібно контролювати; -Доступність сонця та можливість використовувати на протязі довгих років; 	<ul style="list-style-type: none"> -Потрібно мати зони на поверхні для променів сонячного світла та забезпечити уникнення перешкод для променів; -Погодна залежність; -Дорога ціна за частин таких, як інверторна установка, батареї акумуляторного типу, прилад для контролю за кількістю енергії,

періодичністю, прийнято рішення поставити станцію електричної енергії, що буде працювати від дизельного палива.

Щоб обрати потужність дизельної електричної станції потрібно обчислити потужність установок, яким необхідна подача запасної електричної енергії.

В таблиці 12.3 наведемо дані, необхідні для обчислень

Таблиця 12.3 – Дані, необхідні для обчислень

Найм. ЕП	п од	Номінальна потужність ВТ				Рнімакс/ Рнімін		
		Рні	РнΣ	Рні макс	Рні мін			
Приточного типу вентилятор	2	40000	80000					
Витяжного типу вентилятор	2	30000	60000					
СП1	4		140000	40000	30000	1333,333		
Потужності на проміжку		Ne розрах	Ne	Kp	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм Ір,А
Рп ВТ	Qп ВТ				Рр ВТ	Qр вар	Sp ВА	
48000	36000							
36000	27000							
84000	63000	3,92	4	1,18	99120	69300	120943,2	
		Рнімакс/ Рнімін<3						

Обчислювальна потужність комплексу світильного обладнання освітлення:

$$P_{PЩАО+ВИХ+ЗВ} = P_{P_ОСВ_ВИХ} + P_{P_ЗВУК} + P_{P_ОСВ_АВАР} = 40 + 1600 + 160 = 1800\text{Вт} \quad (12.1)$$

$$Q_{PЩАО+ВИХ+ЗВ} = Q_{P_ОСВ_ВИХ} + Q_{P_ЗВУК} + Q_{P_ОСВ_АВАР} = 10 + 400 + 40 = 450\text{вар} \quad (12.2)$$

$$S_{PЩАО+ВИХ+ЗВ} = \sqrt{P_{PЩАО+ВИХ+ЗВ}^2 + Q_{PЩАО+ВИХ+ЗВ}^2} = \sqrt{1800^2 + 450^2} = 1460\text{ВА} \quad (12.3)$$

Щоб поррахувати потужності та обрати дизельну електричну станцію з метою надання запасного джерела електричної енергії для споживачів треба дізнатись:

- загальну потужність завантаження;
- яким буде завантаження, його тип;
- робочий режим дизельної електричної станції;
- температуру навколо дизельної електричної станції.

Обчислювальна максимальна потужність дизельної електричної станції обчислюється по наступному виразу:

$$P_{MAX} = P_{осв} + P_{ЕД} \quad (12.4)$$

де $P_{ЕД}$ – потужність, яка надається двигунам;

$P_{осв}$ – потужність, яка надається освітлювальним приладам.

Коли обраховуємо потужності дизельної електричної станції треба брати до уваги втрати потужності в комплексі енергетичної системи та на свої потреби дизельної електричної станції. Максимальне обчислювальне завантаження дизельної електричної станції дізнаємось по виразу:

$$P_{maxроз} = \frac{k_{ВТ} * P_{max}}{k_{ВП}} \quad (12.5)$$

де $k_{ВТ} = 1,1$ – це коефіцієнт, який бере до уваги витрати потужності в комплексі електричної енергії із напругою до 250 В;

$k_{ВП}$ – це коефіцієнт, який бере до уваги втрати електричної енергії на свої потреби дизельної електричної станції, часто $k_{ВП} = 0,97$.

Обчислимо загальну розрахункову потужність дизельної електричної станції:

$$S_{maxрозр} = \frac{P_{maxрозр}}{\cos f} \quad (12.6)$$

$$P_{max} = 1460 + 99120 = 100580 \text{ Вт}$$

$$P_{maxрозр} = \frac{1,1 * 100580}{0,97} = 114059 \text{ Вт}$$

$$S_{maxроз} = \frac{114059}{0,8} = 142574 \text{ ВА}$$

$$I_{maxроз} = \frac{S_{maxрозр}}{\sqrt{3} * U_{0,38}} = \frac{142574}{\sqrt{3} * 380} = 216,62 \text{ А} \quad (12.7)$$

В залежності від обчислювальної потужності треба вибрати дизельну електричну станцію, проте потрібно не забути про резерв потужності.

Коли користуються дизельною електричною станцією в режимі запасу потужність завантаження має сягати 70-90% від потужності електричної станції.

Значить, потужність вибраної дизельної електричної станції для запасного випадку роботи має стати більше обрахованої в 1,11-1,43 рази. Часто беруть 1,25.

Тож, після обчислень обрахованої, максимальної потужності та беручи до уваги коефіцієнт резерву для дизельних електричних станцій, було вибрано генератор електричної енергії, працюючий на дизельному паливі, моделі ROST POWER RP - R175.

										ДП 2022 141	Арк.
											82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



Рисунок 12.3 – Генератор ROST POWER RP - R175, який працює на дизельному паливі

Беручи до уваги умови конструкції треба обрати особливості складу дизельної електричної станції, що може бути укомплектована на по нашому бажанню.

Внутрішнє приміщення цеху виробництва інсуліну зберігає багато споживачів, через це приходимо до висновку, що треба ставити дизельну електричну станцію ззовні цеху виробництва. Дизельна електрична станція поставиться на дистанції 8 метрів від цехового приміщення та побудована на фундаменті, створеного з матеріалу типу бетон, поряд з КТП1.

Ключові елементи наповнення зведемо до таблиці 12.4.

										Арк.
										83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2022 141

Щоб надати енергію в аварійній ситуації треба обчислити число дизельного пального, що буде треба для дизельної електричної станції.

Беручи до уваги значення середнього часу продовження відімкнення для зони, де знаходиться цех виробництва інсуліну, який складає близько 260 хвилин в рік, треба обчислити число палива для надання енергії протягом цього періоду.

Часто Rost Power RP - R175 роблять із баком на 160л. Втрата пального у класичному режимі сягає 40 літрів на годину. Без зупинки може працювати близько 4 годин. Давайте зробимо просте обчислення для того, щоб дізнатися потрібне число дизельного пального для виконання задач.

$$\frac{160}{240} = \frac{x}{260}$$

$$x = \frac{260 \cdot 160}{240} = 173,33 \text{ л} \quad (12.9)$$

Виходить, що для надання достатньої кількості запасної електрики для частини споживачів на протязі року із врахуванням протяжності відімкнень дизельна електрична станція має споживати 173,33 літрів дизельного пального.

Щоб досягнути глибше роботу запасного комплексу дизельного електричного постачання, покажемо схему функція на рисунку 12.4.

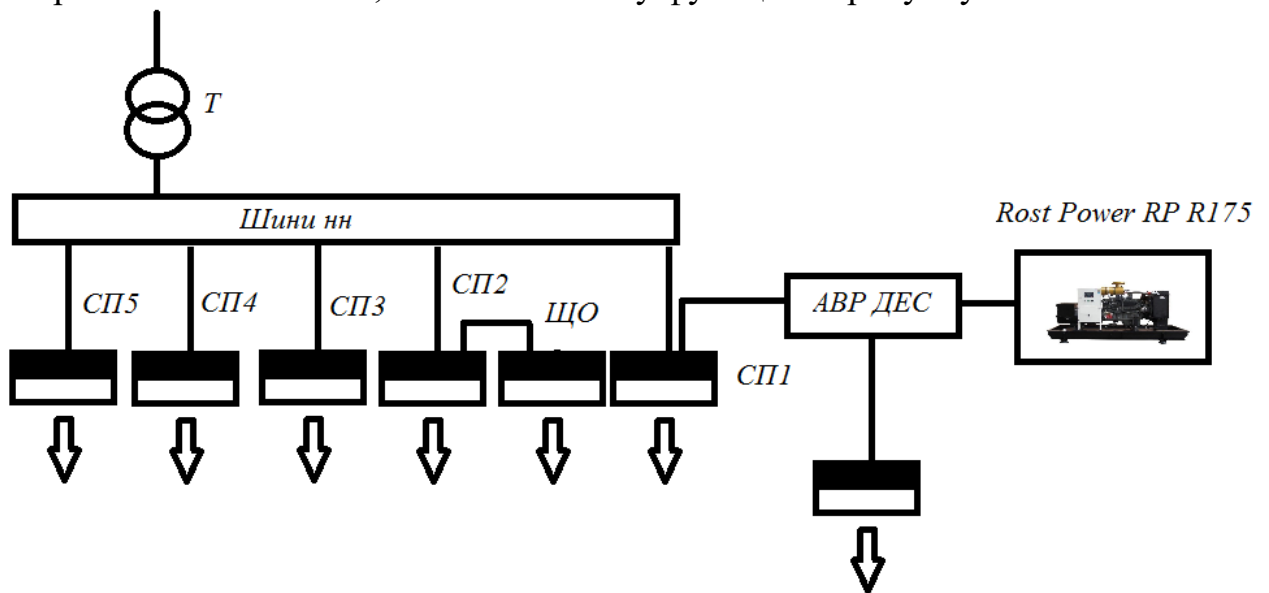


Рисунок 12.4 – Схема функцій електричного постачання частини споживачів від дизельної електричної станції

Наш комплекс запасу виготовлений з системою АВР дизельного електричної станції, яка дає можливість змінюватись на запасне джерело електричної енергії у випадку, коли електричне постачання від шин НН

13. Література.

1. Електроматеріалознавство, Л. Журавльова, В. Бондар, Київ, 2006
2. Основи електротехніки, М. Матвієнко., Київ, 2016
3. Офіційний сайт ПрАТ “Індар” - indar.com.ua
4. Проектування підстанцій електричних мереж, З. Бахор, А. Журахівський, Львів, 2019
5. Практична схемотехніка, В. Харченко, Ю. Миронченко, Київ, 2009
6. Промислова електроніка, М. Матвієнко, Київ, 2019
7. Електричні мережі та системи, М. Сегеда, Львів, 2015
8. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії, М. Олійник, В. Лисяк, О. Дудурич, Львів, 2020
9. Планування і контроль на підприємстві М. Афанасьєв, Київ, 2012
10. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка, В. Мілих, Київ, 2018
11. Проектування цифрових пристроїв М. Матвієнко, Львів, 2018
12. Коливальні процеси в електричних та електронних ланцюгах, В. Малишев, Київ, 2017

					<i>ДП 2022 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Рудь В.А.</i>			<i>Література</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>87</i>	<i>1</i>
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>				<i>НУХТ ЕЛ-4-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>П.І.Б.</i>						