

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. Гулого І.С.
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
 Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » 2025_p.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Сергій БАЛЮТА
(підпис) (ім'я та прізвище)

« _____ » 2025_p.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми _ Електротехніка та та інформаційні технології
на тему: «Розробка системи електропостачання заводу по виробництву
меблів. Особливості використання мікропроцесорного
лічильникаа Альфа 1440 ».

Виконав: здобувач_4_____ курсу, групи_ЕЛ-4-3

Ковалевський Богдан Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник ст. викладач Зінкевич П.О.
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти доцент Сірик А.О.
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент с.н.с. Грищенко А. Г.
(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. Гулого І.С.

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь Бакалавр

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

“ _____ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ковалевського Богдана Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи " Розробка системи електропостачання заводу по виробництву меблів. Особливості використання мікропроцесорного лічильникаа Альфа 1440'".

Керівник роботи ст викладач Зінькевич П.О.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “10” 04. 2025 року № 218 кс.

2. Строк подання здобувачем роботи 30 травня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, перелік споживачів та їх потужність, план розвитку підприємства.

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. Вибір вимірювальних трансформаторів, Розгляд питань з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу .

1. Генеральний план підприємства

2. Схема електропостачання цеху.

3. Схема освітлення цеху.

4. Спецпитання.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10 квітня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	10.04.2025р	
2	Вступ	13.04.2025р	
3	Коротка характеристика електроприймачів цеху	18.04.2025р	
4	Розрахунок ел. навантажень цехових електроприймачів	23.04.2025р	
5	Побудова графіків електричних навантажень цеху	28.04.2025р	
6	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	05.05.2025р	
7	Розрахунок навантажень підприємства	10.05.2025р	
8	Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій	15.05.2025р	
9	Розрахунок силової мережі цеху	20.04.2025р	
10	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного та низьковольтного ел. обладнання	25.04.2025р	
11	Релейний захист (РЗА)	02.05.2025р	
12	Спецпитання..	06.05.2025р	
13	Охорона праці	10.05.2025р	
14	Список літератури	14.05.2025р	
15	Здача дипломного проекту на перевірку	25.05.2025р	

Здобувач

_____ (підпис)

Ковалевський Б.В..
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Зінкевич П.О..
(прізвище та ініціали)

	Зміст	ст.
	Вступ	8
1.	Коротка характеристика виробництва та споживачів	9
2.	Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів цеху	11
2.1.	Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку	11
2.2	Вихідні данні для проведення розрахунку	11
2.3.	Розрахунок електричних навантажень ЕП цеху	12
2.4.	Розрахунок освітлюваного навантаження	15
3.	Побудова графіків електричних навантажень насосної станції.	17
4.	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання насосної станції	19
5.	Режими реактивної потужності системи електропостачання	24
5.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах	24
5.2.	Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв	25
5.3.	Вибір закону регулювання і системи автоматичного керування компенсуючих пристроїв	27
5.4.	Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності	27
6.	Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування трансформаторних підстанцій (ТП)	28
6.1	Вибір потужності трансформаторів ТП	28
6.2	Техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП	29
7.	Розрахунок цехової мережі та освітлення	33
7.1.	Розрахунок силової мережі цеху	33

					ДП 2025 141						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст						
Розроб.		Ковалевський									
Перевір.		Зінкевич П.									
Реценз.											
Н. контр.		.									
Затверд.		Балюта С.М.									
					Літ.		Арк.		Аркушів		
							4				
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С.,ЕЛ4-3						

7.2. Розрахунок освітлювальної мережі цеху	40
8. Розрахунок струмів коротких замикань	47
9. Релейний захист та автоматика(РЗА)	52
10. Облік та вимірювання режимних параметрів електропостачання	57
10.1. Комерційний облік електроенергії	57
10.2. Технічний облік електроенергії	58
10.3. Комплексне впровадження комерційного і технічного обліку	59
10.4. Використання АСКОВЕ для підвищення ефективності енерговикористання на промислових підприємствах	59
11. Якість електричної енергії в системі електропостачання	67
11.1. Основні показники якості електроенергії (ПЯЕ)	67
11.2. Вимоги до якості електроенергії	70
11.3. Методи та засоби підвищення якості електроенергії	
12. Спецпитання	75
13. Охорона праці	93
Список використаної літератури	102

Анотація

Ковалевський Богдан. Дипломний проект на тему :

« Розробка системи електропостачання заводу по виробництву меблів. Особливості використання мікропроцесорного лічильникаа Альфа 1440.»

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 102 сторінки .

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

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

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

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

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Abstract

Kovalevsky Bogdan. Diploma project on the topic :
Development of a power supply system for a furniture manufacturing
plant. Features of using the Alfa 1440 microprocessor meter
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 102 pages .

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

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

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

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

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Вступ

Електрична частина дипломного проекту присвячена проектуванню системи електропостачання деревообробного цеху. Системою електропостачання називають сукупність пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електроенергії. Системи електропостачання цеху створюються для забезпечення живлення електроенергією споживачів, розташованих на території підприємства.

Для сучасних СЕП характерна велика кількість різноманітних споживачів електроенергії, які висувають різні вимоги до надійності електропостачання та якості електроенергії. Забезпечити високу якість електропостачання всіх електроприймачів на підприємстві при оптимальних витратах матеріальних ресурсів та грошових коштів, ефективно керувати розвитком та функціонуванням складних систем електропостачання можливо лише на основі системного підходу з використанням сучасних технічних засобів, обчислювальної техніки.

Заходи щодо організації режимів електроспоживання різних груп електроприймачів підприємства, спрямовані на вирівнювання графіків навантаження й зниження максимуму потужності.

					ДП 2025 141							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Ковалевський			Вступ				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Зінкевич П.									8	
Реценз.												
Н. контр.		.										
Затверд.		Балюта С.М.										
ННІТІ ім. ак. Гулого І.С.,ЕЛ4-3												

1. Коротка характеристика виробництва та споживачів.

Електроприймачі деревообробного цеху пов'язані між собою технологічним процесом. До складу цеху входять вентилятори, компресор, установка забарвлення електростатична, зарядні агрегати, токарні верстати, ліфти вертикальні ДБ1, завантажувальні пристрої, торцювальні верстати ДС1, транспортери ДТ4 та ДТ6, багатопильні верстати, верстати для закладення сучків, фуговальні верстати, шипорезні верстати ДС35, верстати чотиристоронні ДС38, верстати для постановки напівпетель ДС39, перекладчики ДБ14, складальні напівавтомати ДА2, верстати для зняття провисів ДС40.

Розміри цеха $A \times B \times H = 30 \times 48 \times 9$ м.

Перелік обладнання деревообробного цеху вказано в таблиці.

Номінальна потужність P_n вказана для одного електроприймача.

Розміщення основного обладнання вказано на плані рис. 1.1.

Перелік електричного обладнання деревообробного цеху (табл. 2.1).

					ДП 2025 141				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Ковалєвський			Характеристика виробництва				
Перевір.		Зінкевич П.							
Реценз.									
Н. контр.		.							
Затверд.		Балюта С.М.							
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						9			
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С.,ЕЛ4-3				

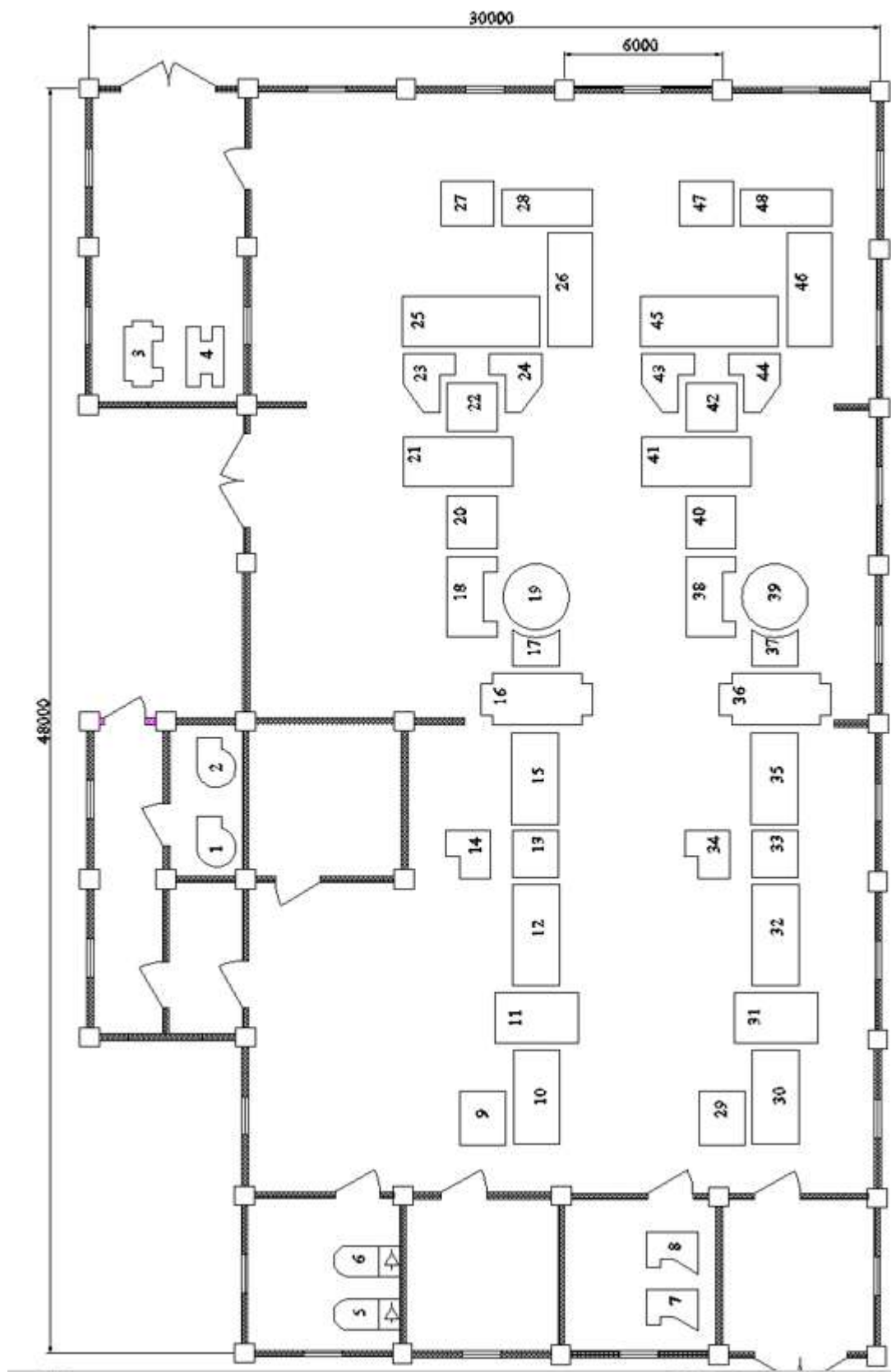


Рис. 1.1. Схема розміщення обладнання в цеху

					ДП 2025 141	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розрахунок електричних навантажень цеху

2.1. Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку

Для розрахунку освітлення в цеху використаємо метод коефіцієнта використання. Вихідними даними для якого є розміри цеху та тип приміщення.

2.2 Вихідні данні для проведення розрахунку

Розміри цеху:

Ширина цеху - 30 м

Довжина цеху - 48 м

Висота - 9 м

Вихідні данні електроприймачів цеху наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

За специфі-кацією	Назва обладнання	Кіль-кість п, шт.	Ном. потуж- ність Рном.од, кВт	Коеф. викор. Кв	cos(φ)
1	Вентилятор	2	5	0,65	0,8
2	Компресор	1	7,5	0,65	0,85
3	Установка забарвлення	1	4,5	0,45	0,6
4	Зарядний агрегат	2	4	0,25	0,7
5	Токарний верстат	2	2,2	0,3	0,7
6	Ліфт вертикальний ДБ1	2	3,2	0,25	0,6
7	Завантажувальний пристрій	4	2,8	0,3	0,7
8	Торцювальний верстат ДС1	2	3,2	0,3	0,7
9	Транспортер ДТ4	4	3,6	0,25	0,7
10	Багатопильний верстат	2	6	0,3	0,7
11	Верстат для закладення сучків	2	2,2	0,3	0,7
12	Фуговальний верстат	2	4,5	0,3	0,7
13	Транспортер ДТ6	4	3,8	0,25	0,7
14	Шипорезний верстат ДС35	2	5,5	0,3	0,7
15	Верстат чотиристоронній ДС38	2	4	0,3	0,7
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	4	1,8	0,3	0,7

					ДП 2025 141				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	17	Ковалевський	Діагностик ДБ14		2	3,6	0,25	0,75	
Перевір.	18	Зінченко	Сигнальний напівавтомат		2	1,5	0,25	0,75	
Реценз.					Розрахунок електричних навантажень цеху			ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3	
Н. контр.									
Затверд.		Балюта С.М.							

2.3. Розрахунок електричних навантажень ЕП цеху

Для прикладу проведемо розрахунок для вентилятора в таблиці 2.1.

Сумарна номінальна потужність цієї підгрупи електроприймачів:

$$P_{ном} = P'_{ном} \cdot n = 5 \cdot 2 = 10 \text{ кВт};$$

де $P'_{ном}$ - номінальна потужність одного ЕП;

n - кількість ЕП цієї групи.

Використовуючи довідникові дані [5] визначаємо коефіцієнт використання та потужності:

$$K_e = 0,65 \quad \cos \varphi = 0,8 \quad \operatorname{tg} \varphi = 0,45$$

Визначимо середню потужність за максимально завантаженою зміну:

$$P_{см} = P_{ном} \cdot K_e = 10 \cdot 0,65 = 6,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 6,5 \cdot 0,45 = 2,93 \text{ квар};$$

Для інших споживачів проведемо аналогічні розрахунки результати яких наведено у таблиці 3.2.

Сумарна номінальна потужність по даній групі ЕП, що працюють за змінним графіком навантаження:

$$P_{\Sigma ном} = 146,8 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт використання споживачів із змінним графіком навантаження

$$K_e = \frac{P_{\Sigma см}}{P_{\Sigma ном}} = \frac{48,3}{146,8} = 0,329;$$

$$m = \frac{P_{номімах}}{P_{номімін}} = \frac{7,5}{1,5} = 5 > 3,$$

					ДП 2025 141	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $P_{\text{номі max}}$ і $P_{\text{номі min}}$ – найбільша та найменша номінальна потужність окремого ЕП у групі, кВт.

Якщо $m > 3$ та $K_B > 0,329$ величина ефективного числа ЕП розраховується за формулою:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_1^m P_{\text{номі}}}{P_{\text{номі max}}} = \frac{2 \cdot 146,8}{7,5} = 39,15 > 3$$

По таблиці 3.1., стор. 30[2] знаходимо коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1,34.$$

Розрахункова потужність групи ЕП, що працюють за змінним графіком навантаження:

Розрахункові активну і реактивну потужності силових ЕП, що підключені до вузла напругою до 1000 В, визначають за формулою:

$$P_{P0,38} = K_M \cdot P_{\Sigma CM} = 1,34 \cdot 48,3 = 64,7 \text{ кВт}$$

Повна потужність:

$$S_P = \sqrt{Q^2_{P.C.0,38} + P^2_{P.C.0,38}} = \sqrt{35,61^2 + 64,7^2} = 73,83 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм для всієї групи ЕП, що працюють зі змінним графіком навантаження:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = 73,83 = 112,2 \text{ А.}$$

Таблиця 2.2 - Електричні навантаження ЕП на напрузі 0,4 кВ

					ДП 2025	141	Арж.
							14
Зм.	Арж.	№ докум.	Підпис	Дата			

За спец-ю	Назва обладнання	Кількість, шт.	P'ном, кВт	Pном, кВт	Kв	Cos (φ)	tg(φ)	Pсм, кВт	Qсм, квар
1	Вентилятор	2	5	10	0,65	0,8	0,45	6,5	2,93
2	Компресор	1	7,5	7,5	0,65	0,85	0,33	4,875	1,59
3	Установка забарвлення	1	4,5	4,5	0,45	0,6	1,07	2,025	2,16
4	Зарядний агрегат	2	4	8	0,25	0,7	0,73	2,00	1,46
5	Токарний верстат	2	2,2	4,4	0,3	0,7	0,73	1,32	0,96
6	Ліфт вертикальний ДБ1	2	3,2	6,4	0,25	0,6	1,07	1,6	1,71
7	Завантажувальний пристрій	4	2,8	11,2	0,3	0,7	0,73	3,36	2,45
8	Торцювальний верстат ДС1	2	3,2	6,4	0,3	0,7	0,73	1,92	1,40
9	Транспортер ДТ4	4	3,6	14,4	0,25	0,7	0,73	3,60	2,62
10	Багатопильний верстат	2	6	12	0,3	0,7	0,73	3,6	2,62
11	Верстат для закладення сучків	2	2,2	4,4	0,3	0,7	0,73	1,32	0,96
12	Фуговальний верстат	2	4,5	9	0,3	0,7	0,73	2,7	1,97
13	Транспортер ДТ6	4	3,8	15,2	0,25	0,7	0,73	3,8	2,77
14	Шипорезний верстат ДС35	2	5,5	11	0,3	0,7	0,73	3,3	2,40
15	Верстат чотиристоронній ДС38	2	4	8	0,3	0,7	0,73	2,4	1,75
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	4	1,8	7,2	0,3	0,7	0,73	2,16	1,57
17	Перекладчик ДБ14	2	3,6	7,2	0,25	0,75	0,58	1,8	1,05
18	Складальний напівавтомат	2	2,5	5	0,25	0,75	0,58	1,25	0,73
	Разом	44	67,4	146,80				48,3	32,4

Обчислення пікового струму та пікової потужності

Піковий струм групи споживачів завантаження визначається, виходячи з таких умов: всі двигуни крім найпотужнішого працюють в нормальному режимі, а найпотужніший запускається.

Піковий струм групи споживачів що працюють зі змінним графіком навантаження:

$$I_{\text{пiк}}^{\square} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{розр}}^{\square} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}})$$

$i_{\text{пуск}}^{\text{max}}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{\text{розр}}^{\square}$ – розрахунковий струм всіх електроприймачів, що працюють зі змінним графіком навантаження;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання для цього двигуна;

$I_{\text{ном}}^{\text{max}}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}$$

$K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму. $K_{\text{пуск}} = 5$

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 126,3 \text{ A}$$

$P_{\text{ном}}^{\text{max}}$ – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}} = 5 \cdot 150,35 = 631,48 \text{ A}$$

Піковий струм електроприймачів:

$$I_{\text{пiк}}^{\square} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{розр}}^{\square} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}})$$

$$I_{\text{пiк}}^{\square} = 631,48 + (523,79 - 0,65 \cdot 126,3) = 1112,42 \text{ A}$$

Визначення пікової потужності:

$$S_{\text{пiк}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пiк}} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1112,42 = 770,71 \text{ кВА}$$

2.4. Розрахунок освітлюваного навантаження

Деревообробний цех складається з виробничої дільниці розмірами 42х24 м та площею 1008 м² та допоміжних приміщень. Вентиляційну розмірами 6х3 м площею 18 м². Майстерню розмірами 12х6 площею 72 м².

Комнату відпочинку розмірами 5х6 площею 30 м². Зарядну розмірами 5х6 площею 30 м². Проіміщення майстра розмірами 5х6 площею 30 м². Токарну дільницю розмірами 5х6 площею 30 м². Трансформаторну розмірами 5х6

площею 30 м ² .					ДП 2025 141	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа цеху: 1278 м^2 .

Питома норма освітлення:

$$p = 0.015 \text{ кВт} / \text{м}^2$$

Тоді, розрахункова потужність

$$P_{po} = P_{нм} \cdot S = 0,015 \cdot 1278 = 19,17 \text{ кВт}$$

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg} \varphi = 19,17 \cdot 0,33 = 6,33 \text{ кВт}$$

$$\text{tg} \varphi = \text{tg}(\cos(0.95)) = 0,33$$

Повна потужність:

$$P_{роз.ц} = P_p + P_{po} = 64,7 + 19,17 = 83,87 \text{ кВт}$$

$$Q_{роз.ц} = Q_p + Q_{po} = 35,61 + 6,33 = 41,94 \text{ квар}$$

$$S_{розр} = \sqrt{P_{роз.ц}^2 + Q_{роз.ц}^2} = \sqrt{83,87^2 + 41,94^2} = 93,53 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм всіх електроприймачів:

$$I_{розр} = \frac{S_{розр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{93,53}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 135 \text{ А}$$

3. Побудова Графіки електричного навантаження цеху.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025 141			
Розроб.		Ковалевський			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір		Зінкевич П.				17		Арк.
Реценз.					Побудова графіка навантажень			ДП 2025 141
Н. контр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ 4-3			
Затверд.		Балюта С.М.			16			

Коефіцієнт завантаження від максимального $m_i = S_i / S_{\Sigma \text{макс}}$	Години доби $\Delta t, \text{год}$	Навантаження обмоток ВН для споживачів II та III категорії надійності, кВА $S_i = m_i \cdot S_{\Sigma \text{макс}}$
0,3	0...5	20,96
0,4	5...6	27,95
0,6	6...8	41,92
1	8...10	69,87
0,75	10...12	52,4
0,6	12...13	41,92
0,85	13...16	59,39
0,65	16...20	45,41
0,55	20...22	38,43
0,3	22...24	20,96

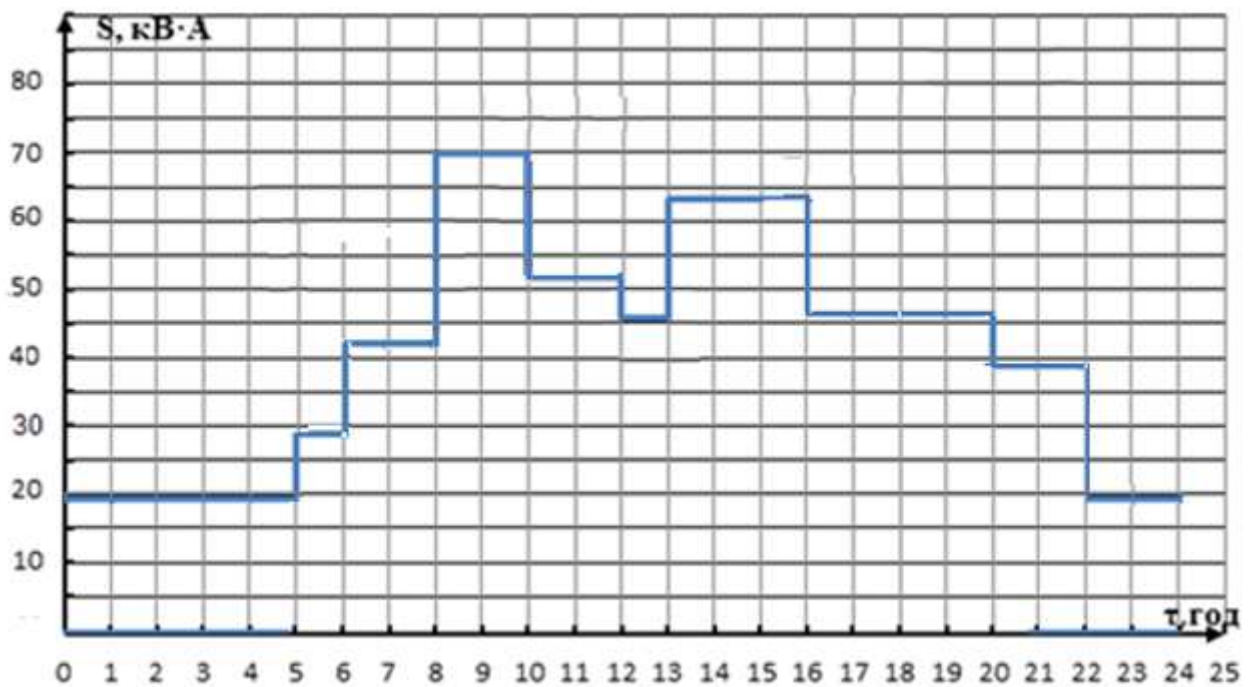


Рис. 3.1. Добовий графік навантаження

Після проведених розрахунків згідно алгоритму отримання впорядкованих графіків навантаження [1] маємо графік навантаження деревообробного цеху рис. 3.3.

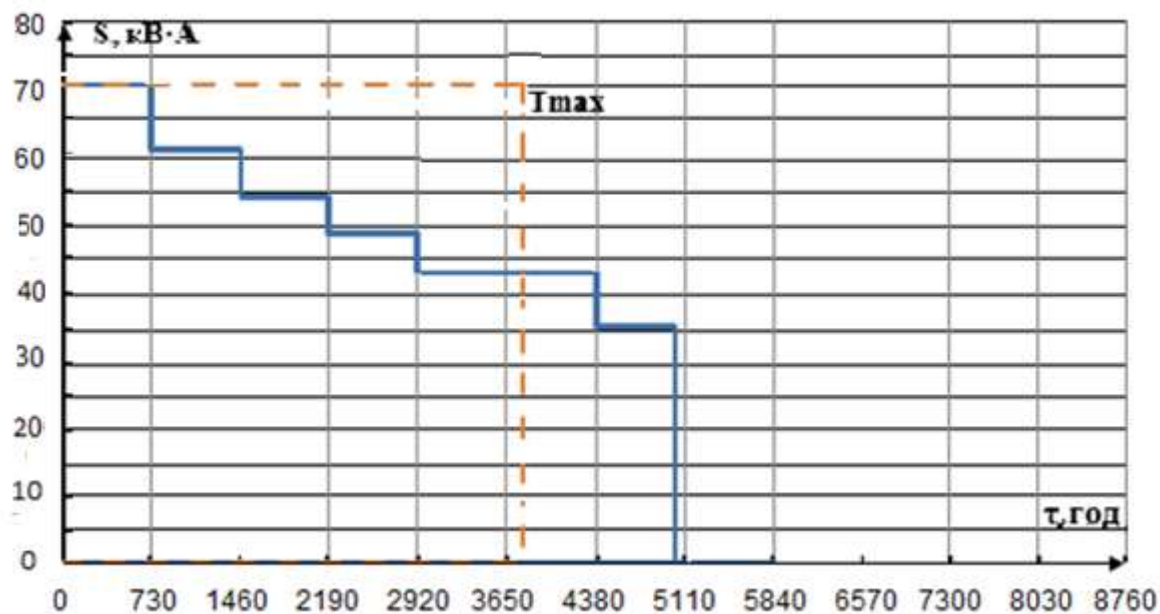


Рис. 3.3. Впорядкований графік навантаження

Схеми розподілу електроенергії на рівнях зовнішнього і внутрішнього електропостачання на сучасних підприємствах реалізують східчастий принцип побудови з однократною, двох- трьох- і більш кратною трансформацією напруги.

Електроустановку, через яку електроенергія надходить у ланку схеми з даною робочою напругою, будемо називати джерелом живлення (ДЖ), а електроустановку, що одержує електроенергію від цієї ланки,— приймачем (П). Джерелами живлення для першої ланки схеми електропостачання є приймальні пункти, на які електроенергія надходить від енергосистеми, а приймачами — споживачі електроенергії (знижувальні підстанції, двигуни, які працюють на напрузі, що підводиться від енергосистеми). Для другої ланки джерелами живлення є знижувальні підстанції, через які електроенергія надходить з першої в другу ланку, а приймачами — знижувальні підстанції, на яких виробляється подальше зниження напруги для подачі електроенергії в третю ланку, і двигуни, які працюють при напрузі другої ланки.

Схеми в окремих ланках системи електропостачання можуть бути радіальними, магістральними (з однобічним живленням, із двостороннім живленням і кільцевими) і змішаними.

Радіальними називають схеми, у яких відсутні відгалуження за довжиною живильної лінії (рис. 1.1). Радіальна система доцільна головним чином там, де маються великі зосереджені навантаження, розташовані в різних напрямках від джерела живлення. При різкозмінних навантаженнях, що викликають значні коливання напруги, застосування радіального живлення дозволяє зменшити їхній вплив на роботу інших електроприймачів. Радіальна система живлення має велику гнучкість і зручності в експлуатації, тому що ушкодження чи ремонт однієї лінії відбивається на роботі тільки одного споживача.

		Магістральними називають схеми, у яких від однієї лінії живляться		ДП 2025-141	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Ковалівський			
Перевір.		Дімокевич П.			
Реценз.					
Н.контр.					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Затверд.		Балютта С.М.			

Вибір напруги			Літ.	Арк.	Аркушів
зовнішнього та				19	
внутрішнього					Арк.
ДП 2025-ЕП 141			ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ 1-3		
			20		

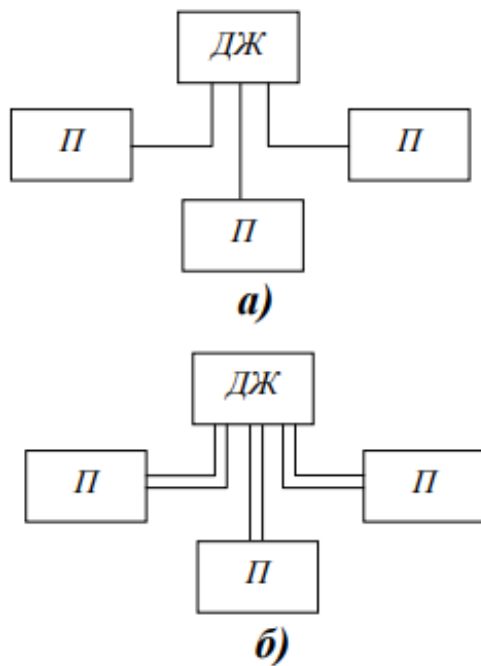


Рис. 1.1. Радіальні схеми розподілу електроенергії: а – одиночна; б – подвійна

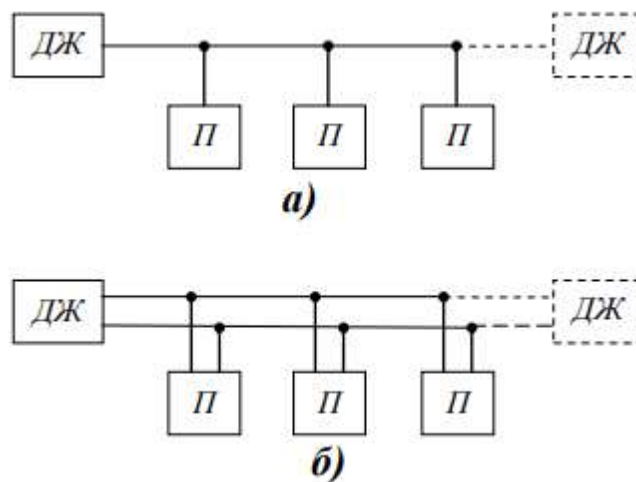


Рис. 1.2. Магістральні схеми розподілу електроенергії з глухими відпайками: а – одиночна; б – подвійна

Вибір тієї чи іншої схеми визначається територіальним розміщенням навантажень, їхніми величинами, необхідним ступенем надійності живлення та інших характерних рис підприємства.

У залежності від необхідного ступеня надійності електропостачання споживачів схеми виконують одиночними (див. рис. 1.1, а і 1.2,а) чи подвійними (див. рис. 1.1, б і 1.2, б). Одиночні схеми застосовують для живлення споживачів 3-ї категорії, а також споживачів 2-ї категорії, якщо припинення роботи останніх не зв'язано з порушенням нормального функціонування виробництва і не спричиняє значного економічного збитку. Для живлення споживачів 1-ї категорії, а також споживачів 2-ї категорії, припинення роботи яких зв'язано з порушенням нормального функціонування чи виробництва спричиняє значний економічний збиток, застосовують подвійні схеми. Радіальні схеми (див. рис. 1.1) застосовують для подачі електроенергії до відособлених споживачів чи групи споживачів, розміщених осторонь від

ІНШИХ СПОЖИВАЧІВ.					ДП 2025 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

Магістральні схеми з однобічним живленням широко застосовують при розташуванні споживачів уздовж одного напрямку, для групи технологічно зв'язаних споживачів, а також у всіх випадках, коли вони мають техніко-економічні переваги в порівнянні з іншими схемами. При повітряних лініях застосовують в основному магістральні схеми з глухими відпайками (див. рис. 1.2). При кабельних лініях застосовують в основному ланцюжкові схеми з заводом магістральної лінії на розподільний пункт або до споживача (рис. 1.3).

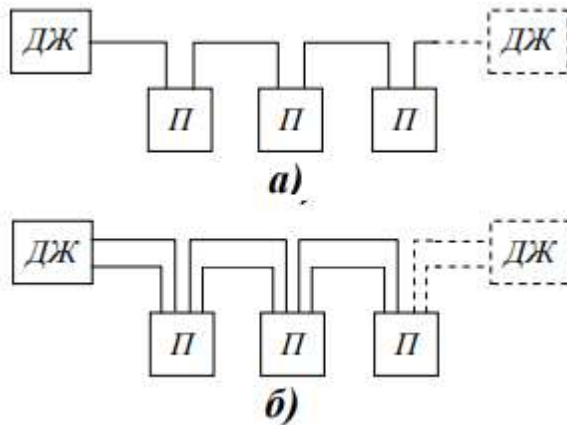


Рис. 1.3. Ланцюжкові магістральні схеми розподілу електроенергії:
а – одиночна; б – подвійна

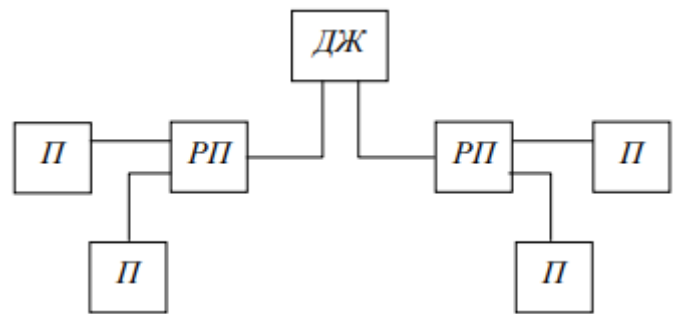


Рис. 1.4. Радіальна двоступенева схема розподілу електроенергії

Радіальні і магістральні схеми з однобічним живленням можуть виконуватися одноступеневими та двоступеневими (рис. 1.4). В останньому випадку на першій ступені електроенергія підводиться від джерела живлення до розподільних пунктів, а на другій - від розподільних пунктів безпосередньо до споживачів. При цьому в ряді випадків може виявитися доцільним сполучення радіальної схеми на першій ступені з магістральною на другій ступені (рис. 1.5) чи навпаки (рис. 1.6). На будь-якій ступені можливо також живлення однієї частини споживачів за радіальною схемою, а іншої — за магістральною.

Одноступеневі схеми застосовують, як правило, на малих підприємствах, а також для живлення великих зосереджених навантажень на середніх і великих підприємствах. Двоступеневі схеми застосовують для живлення через РП вилучених відособлених груп споживачів. Схеми з числом ступіней більш двох

допускаються при розвитку підприємства у випадку їхньої техніко-економічної доцільності. Одиночні та подвійні магістралі з двостороннім живленням застосовують при необхідності живлення від двох незалежних джерел за умовами надійності електропостачання, а також у випадках, коли розташування групи споживачів між двома джерелами живлення створює економічні переваги незалежно від необхідної надійності живлення. На рис. 1.2 і 1.3 друге джерело живлення показане пунктиром.

Через складність виконання захисту магістральних ліній із двостороннім живленням і кільцевими лініями напругою до 10 кВ ці лінії в нормальному режимі працюють розімкнутими, тобто як магістральні лінії з однобічним живленням. Можливість двостороннього від'єднання будь-якої ділянки лінії при його ушкодженні та подачі електроенергії до всіх споживачів, які приєднані до неушкоджених ділянок, забезпечує підвищену надійність електропостачання. У режимі двостороннього живлення магістральні лінії працюють тільки при напругах від 20 кВ і вище. Звичайний розподіл електроенергії на промисловому підприємстві здійснюється не за тою чи іншою схемою в її чистому вигляді, а за змішаною схемою, складеною з окремих основних схем. Змішані схеми живлення, що сполучають принципи радіальних і магістральних систем розподілу енергії, знаходять найбільше застосування на великих підприємствах, що мають різні групи як за потужностями та характером графіка навантаження, так і за вимогами до надійності електропостачання. Усі три види схем мають багато різновидів і модифікацій по ступеню надійності живлення, і при правильному їхньому виборі кожна з них може бути застосована для живлення електроприймачів будь-якої категорії.

Остаточний вибір типу схеми здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

Змішані схеми. Ці схеми включають в себе елементи радіальних і

магістральних схем.					ДП 2025 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

Для проектування системи електропостачання деревообробного цеху доцільно використати змішану схему, так як її доцільно використовувати для споживачів з просторовим розподілом в приміщенні, що пов'язано з особливостями технологічного процесу виробництва.

Згідно завдання напруга 10/0,4 кВ.

					5. Режими реактивної потужності системи електропостачання.			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025і 141			
Розроб.		Ковалевський			Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір	5	Вішневський			24			
Реценз					Режим реактивної		Арк.	
Н. контр					ДП 2025і 141		Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025і 141		Арк.	
Затверд		Балюта С.М.			ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., Е.		14-3	
							23	

компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах.

Так, як споживачі відносяться до II та III категорії надійності встановлюємо в цеху двотрансформаторну підстанцію. З урахуванням наявності централізованого резерву трансформаторів приймаємо коефіцієнт завантаження

трансформаторів $K_3 = 0,95$

1. Визначаємо потужність трансформатора підстанції:

$$S_{н.т.} = \frac{S_p}{N \cdot K_3} = \frac{69,87}{2 \cdot 0,95} = 36,77 \text{ кВА}$$

Враховуючи режим перенавантаження трансформатора при аварійному перенавантаженні в 1.4 рази приймаємо потужність трансформатора

<https://chebelektra.com/transformator/tm63> :

$$S_{н.т.} = 2 \times 63 \text{ кВА}$$

2. Згідно чинних нормативних документів по оплаті за реактивну енергію приймаємо КУ потужністю, рівною реактивного навантаження цеху:

$$Q_{нк} = Q_p = 34,84 \text{ квар}$$

5.2 Вибір кількості , потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_T^2 \cdot \beta)^2 - (P_p)^2} ;$$

$$Q_T = \sqrt{(63 \cdot 2 \cdot 0,75)^2 - 60,57^2} = 72,54 \text{ квар,}$$

де $S_T = 63 \text{ кВА}$ – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;

$\Delta N_T = 2$ шт – кількість трансформаторів на ТП;

					ДП 2025 141	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta = 0,75$ – коефіцієнт завантаження цехових трансформаторів;

$P_p = 60,57$ кВт – розрахункова потужність електроприймачів.

Потужність КУ, що визначається пропускною здатністю трансформаторів ТП

$$Q_{HK1} = Q_p \cdot \beta ;$$

$$Q_{HK1} = 31,7 - 72,54 = -40,83 \text{ квар.}$$

Потужність КУ, які забезпечують оптимальну величину втрат електричної енергії в електромережах ;

$$Q_{HK2} = Q_p - Q_{HK1} - \lambda \cdot S_T \cdot N_T = 31,7 - (-40,83) - 0,32 \cdot 63 \cdot 2 = 32,21 \text{ квар,}$$

де $\gamma = f(k_1; k_2)$, k_1 – залежить від кількості змін і для підприємства яке працює в три зміни $k_1 = 12$; k_2 – залежить від характеристики електричної мережі

$$k_2 = \frac{l_{\text{каб}} \cdot S_T}{F_{\text{каб}}}$$

$$k_2 = \frac{0,5 \cdot 63}{5} = 6$$

Сумарна розрахункова потужність низьковольтних КУ

Оскільки Q_{HK1} від’ємне

$$Q_{HK} = 0 + Q_{HK2} ;$$

$$Q_{HK} = 0 + 32,21 = 32,21 \text{ квар.}$$

$$Q_{HK} = \frac{Q_{HK}}{N_T} = \frac{32,21}{2} = 16,1 \text{ квар.}$$

З розрахунків видно, що на стороні НН трансформаторної підстанції необхідно ставити КУ потужністю $Q_{HK} = 16,1$ квар.

Виходячи з результатів розрахунків обираємо конденсаторну установку типу УКМ58-0,4-20-5 У3 згідно сайту <http://kvar.su/katalog/kondensatornye-ustanovki/kondensatornye-ustanovki-nizkogo-na-3/> .

Параметри наведемо в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

					ДП 2025 141	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип	Кількість та потужність ступенів,	Довжина, мм	Ширину, мм	Висота, м	Маса, кг	Тип Конденсатора	ГОСТ, ТУ
УКМ58-0,4- 20-5 УЗ	4×5	650	220	800	50	КРМ-0,4-5- ЗУЗ	ТУ 647 РК- 00213457. 013-00

Враховуючи те, що трансформаторна підстанція розташована в прибудові цеху, немає можливості оптимально і економічно вигідно розташувати компенсуючі пристрої. Отже, розміщуємо компенсуючі пристрої в приміщенні трансформаторної підстанції.

Фактична потужність низьковольтних КУ

$$Q_{\text{НКФ}} = 2 \cdot 20 = 40 \text{ квар.}$$

Конденсаторна установка підключена через автоматичний вимикач.

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,86 \text{ А}$$

Вибираємо вимикач типу ВА88-32 https://www.avtomats.com.ua/1750-va_88.html

Таблиця 5.2

Дані АВ	Умова вибору	Розрахункові дані
$U_{\text{НОМ}} = 0,38 \text{ кВ}$	=	$U_{\text{НОМ}}^{\text{мер}} = 0,38 \text{ кВ}$
$I_{\text{НОМ}}^{\text{розч}} = 40 \text{ А}$	>	$I_p = 30,86 \text{ А}$
$I_{\text{НОМ}}^{\text{АВ}} = 40 \text{ А}$	>	$I_{\text{НОМ}}^{\text{роз}} = 125 \text{ А}$
ВА88-32		

Втрати реактивної потужності в трансформаторах ТП

$$|\Sigma \Delta Q_{\text{ТП}} = n \cdot [\Delta Q_x + (\beta_{\text{Т}})^2 \cdot \Delta Q_x] = 2 \cdot \left[\frac{63 \cdot 0,9}{100} + 0,48^2 \frac{63 \cdot 4,5}{100} \right] = 2,44 \text{ , квар.}$$

Де $n = 2$ – кількість трансформаторів на ТП;

ΔQ_x та ΔQ_k – втрати реактивної потужності в ТР при холостому ході та короткому замиканні;

$$\Delta Q_x = \frac{S_{\text{тр.ном}} \cdot i_x}{100}, \quad \Delta Q_k = \frac{S_{\text{тр.ном}} \cdot U_k}{100}.$$

$$\beta_T = \frac{P_P}{n \cdot S_{\text{ном}}^T}, \quad \beta_T = \frac{60,57}{2 \cdot 63} = 0,48 \text{ – коефіцієнт завантаження ТР.}$$

5.3. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності.

Визначаємо $\text{tg } \varphi$ до компенсації:

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{34,84}{60,57} = 0,58$$

Знаходимо $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \cos (\arctg(0,58)) = 0,87$$

Визначаємо $\text{tg } \varphi$ після компенсації реактивної потужності:

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q_{\text{нк}}}{P_p} = \frac{34,84 - 40}{60,57} = -0,085$$

Знаходимо $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = \cos (\arctg(0,085)) = 0,996$$

З результатів розрахунків видно, що в результаті компенсації реактивної потужності фактичний коефіцієнт потужності зріс з

$$\cos \varphi = 0,87 \text{ до } \cos \varphi = 0,996.$$

					ДП 2025 141		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ковалєвський			Вибір кількості та потужності трансформаторів на ТП ДП 2025 141	Літ.	Арк.
Перевір.		Зінкевич П.					28
Реценз.						Аркушів	
Н. контр.						ДП 2025 141	
Затверд.		Балютин С.М.				27	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

6.1 Вибір потужності трансформаторів ТП

$P_p = 67,7$ кВт розрахункова активна потужність цеху;

$P_{осв} = 19,17$ кВт розрахункова активна потужність освітлення цеху;

$Q_p = 35,91$ квар розрахункова реактивна потужність цеху;

$Q_{осв} = 6,33$ квар розрахункова реактивна потужність освітлення цеху.

Сумарна активна і реактивна потужність навантаження на шинах низької напруги:

$$\sum P_{\text{нн}} = P_p + P_{\text{осв}} = 64,7 + 19,17 = 83,87 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{\text{нн}} = Q_p + Q_{\text{осв}} = 35,61 + 6,33 = 41,94 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{\sum P_{\text{нн}}^2 + (\sum Q_{\text{нн}} - Q_{\text{кп}})^2} = \sqrt{83,87^2 + (41,94 - 50)^2} = 84,64 \text{ кВт}$$

Виходячи із забезпеченості надійності живлення, обираємо два трансформатори. Згідно з ПУЕ коефіцієнт аварійного перевантаження може бути прийнятий рівним 1,4 (з урахуванням сезонних графіків).

$$S_p = \frac{S_{\text{нн}}}{1,4} = \frac{84,64}{1,4} = 60,46 \text{ кВА}$$

Відокремимо два варіанти трансформаторів:

перший – два трансформатори потужністю 63 кВА;

другий – два трансформатор потужністю 100 кВА.

У нормальному режимі роботи обидва варіанти прийнятні.

Аварійні режими

Перший варіант. У разі вимкнення одного з трансформаторів потужністю 63 кВА той, що залишився у роботі, забезпечуватиме потужність:

$$1,4S_{\text{ном}}=1,4 \cdot 63=88,2 \text{ кВА},$$

Другий варіант. У разі вимкнення одного з трансформаторів потужністю 100 кВА той, що залишився у роботі, забезпечуватиме потужність:

$$1,4S_{\text{ном}}=1,4 \cdot 100=140 \text{ кВА},$$

У обох випадках, у разі вимкнення одного з трансформаторів, другий зможе забезпечувати необхідну потужність для роботи цеху. Тобто робота підприємства не порушиться.

6.2. Техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП.

Порівняльну характеристику вибору трансформаторів виконаємо зіставленням приведених затрат (З), вибираючи варіант з найменшими зведеними затратами. Якщо вважати, що ТП за термін до одного року, а щорічні витрати будуть постійні, то сумарні зведені затрати, грн/рік

$$З = E_n K + C + Y,$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,10$; K – одноразові капітальні вкладення за варіантом, що розглядається, грн; C – щорічні поточні витрати виробництва при нормальній роботі ТП за даним варіантом, грн/рік; Y – збитки від недовипуску електроенергії споживачам, грн/рік (не враховуємо).

Щорічні поточні витрати:

$$C = E_{\text{пр}} K + E_a K + B_e,$$

					ДП 2025 141	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $E_{пр}$ – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та обслуговування. Для установок напругою до 90 кВ включно $E_{пр} = 0,03$; E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, який можна прийняти таким, що дорівнює 0,063; B_e – вартість втрат електроенергії в трансформаторах, грн/рік

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2},$$

де C_e – середня собівартість 1 кВт · год. електроенергії в електросистемі, коп. Для розрахунків беремо $C_e = 229,29$ коп/кВт · год.: ΔW – втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік, кВт · год.

Втрати електроенергії за рік за паралельної роботи n трансформаторів:

$$\Delta W = n \left[P_{хх} T_0 + \frac{P_k 365}{(n S_{ном.тр})^2} \sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i \right],$$

де P_x , P_k – потужність втрат електроенергії в трансформаторі відповідно в режимі холостого ходу та короткого замикання, кВт; T – кількість годин приєднання трансформатора до живильної мережі за рік, год., $T = 8760$ год.; m , k , f – кількість ступенів добового графіка навантаження підстанції відповідно на вищій, середній та низькій напругах.; $S_{i_{вн}}$, $S_{i_{нн1}}$, $S_{i_{нн2}}$ – поточне навантаження i -го ступеня добового графіка відповідно на вищій та нижчій напругах, МВ·А; $\Delta \tau_i$ – тривалість i -го ступеня добового навантаження, год; $S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, МВ·А.

Розрахунок ведемо у табличній формі окремо для кожного варіанта (табл. 6.3).

ВАРІАНТ 1. На підстанції встановлено два трансформатора типу ТМ-63 (сайт <https://prom.ua/Transformer-tm-630.html>).

Технічні дані трансформатора наведені в таблиці 6.1.:

Тип	Напруга	Потужність т-ра, кВА	Втрати, кВт		Напруга	Вартість
			х.х.	к.з.	к.з. %	тис. грн.
ТМ	10/0,4	2х63	0,24	1,28	4,5	40

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Визначаємо втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік:

$$\sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i = 58,85^2 \cdot 3 + 78,56^2 \cdot 4 + 47,9^2 \cdot 1 + 64,09^2 \cdot 2 + 68,32^2 \cdot 3 + 85,8^2 \cdot 1 + 93,53^2 \cdot 2 = 84432,3$$

$$\Delta W = n \left[P_{xx} T_0 + \frac{P_k \cdot 365}{(n S_{\text{ном.тр.}})^2} \cdot \sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i \right]$$

$$= 2 \cdot \left(240 \cdot 8760 + \frac{1280 \cdot 365}{(2 \cdot 63)^2} 84432,3 \right) = 4204,8 \text{ кВт/год}$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в трансформаторі:

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 229,29 \cdot 4204,8 \cdot 10^{-2} = 9628,99 \text{ грн/рік,}$$

де C_e —середня собівартість 1кВт · год електроенергії в електросистемі, коп./кВт.

$$C_e = 229,29 \text{ коп/кВт · год.}$$

Сумарні зведені витрати:

$$З = E_n K + E_{\text{пр}} K + E_a K + B_e =$$

$$= 0,1 \cdot 40000 + 0,03 \cdot 40000 + 0,063 \cdot 40000 + 9628,99 = 17348,99 \text{ грн/рік}$$

де E_n —нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($E_n = 0,1$).

ВАРІАНТ 2. На підстанції встановлено два трансформатора типу ТМ-100 (сайт <https://prom.ua/Transformatory-tm-1000.html>).

Технічні дані трансформатора наведені в таблиці 6.2.:

Таблиця 6.2.

Тип	Напруга	Потужність т-ра, кВА	Втрати, кВт		Напруга	Вартість
					к.з. %	тис. грн.
			х.х.	к.з.		
ТМ	10/0,4	2x100	0,33	1,97	4,5	48

Визначаємо втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік:

$$\Delta W = n \left[P_{xx} T_0 + \frac{P_k \cdot 365}{(n S_{\text{ном.тр.}})^2} \cdot \sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i \right]$$

$$= 2 \cdot \left(330 \cdot 8760 + \frac{1970 \cdot 365}{(2 \cdot 100)^2} 84432,3 \right) = 4408,58 \text{ кВт/год}$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в трансформаторі:

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 229,29 \cdot 4408,58 \cdot 10^{-2} = 10095,64 \text{ грн/рік},$$

де C_e – середня собівартість 1 кВт · год електроенергії в електросистемі, коп./кВт.

$$C_e = 229,29 \text{ коп/кВт} \cdot \text{год.}$$

Сумарні зведені витрати:

$$Z = E_n K + E_{\text{пр}} K + E_a K + B_e =$$

$$= 0,1 \cdot 48000 + 0,03 \cdot 48000 + 0,063 \cdot 48000 + 10095,64 = 19359,64 \text{ грн/рік}$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($E_n = 0,1$).

Дані двох варіантів розрахунку заносимо до таблиці 6.3:

Таблиця 6.3

№ по р	Тип трансформаторів на ГПП і їх кількість	2×ТМ-63	2×ТМ- 100
	Складові річних витрат	Сума по варіантах, грн	
1	Втрати електроенергії ΔW , кВт · год	4204,8	4408,58
2	Вартість втрат електроенергії B_e	9628,99	10095,64
3	Приведені затрати Z	17348,99	19359,64

Висновок: Використовуємо два трансформатора ТМ - 63, так як це економічно доцільно.

7. Розрахунок цехової мережі та освітлення

7.1. Розрахунок силової мережі цеху

Цехову електричну мережу виконуємо з використанням Силових пунктів, що з'єднується кабелями з шинами трансформаторної підстанції.

Розрахунок силових пунктів

Кількість та потужність приєднаних до силових пунктів електроприймачів представлено на плані розміщення електрообладнання та розводки електричної мережі (лист робочого креслення №2).

Вибір силових пунктів представлений в таблиці 6.2 .

Таблиця 7.1 – Вибір силових пунктів

Номер шафи	Номер Устат- кування	п, ш т	P _{н,од.,} кВт	P _{н,} кВт	P _{см,} кВт	Q _{см,} квар	K _в	n _е	K _м	P _{р,} кВ т	Q _{р,} кВА р	S _{р,} кВ А	I _{р,} А	Тип шафи I _{доп}
1	3	1	7,5	7,5	4,88	1,59	0,43	7,12	1,58	18,10	7,61	19,63	29,83	СПМ 75 – 4 I _{доп} =400А
	4	1	4,5	4,5	2,03	2,16								
	21	1	5	5	1,20	0,87								
	22	1	3,6	3,6	0,90	0,66								
	23,24	2	1,8	3,6	1,08	0,79								
	26	1	2,5	2,5	0,625	0,36								
	28	1	1,5	1,5	0,45	0,26								
	Всього	8	26,4	26,7	11,46	6,91								
2	1,2	2	5	28,2	6,5	2,93	0,41	13,00	1,84	24,288	8,44	25,71	39,07	СПМ 75 – 5 I _{доп} =400А
	15	1	2,8	2,8	1,35	0,98								
	17,20	2	3,8	7,6	1,9	1,38								
	18	1	4	4	1,2	0,87								
	19	1	3,6	3,6	0,9	0,53								
	16	1	4,5	4,5	1,35	0,98								
	Всього	8	23,7	32,5	13,2	7,68								
3	5,6	2	4	8	2,00	1,46	0,33	9,67	1,58	14,90	7,14	16,52	25,10	СПМ 75 – 4 I _{доп} =400А
	9	1	3,2	3,2	0,8	0,85								
	10	1	2,8	2,8	1,35	0,98								
	11	1	3,2	3,2	1,92	1,40								
	12	1	3,6	3,6	0,9	0,66								
	13	1	6	6	1,8	1,31								
	14	1	2,2	2,2	0,66	0,48								
	Всього	8	25	29	9,43	7,14								
4	7,8	2	2,2	4,4	1,32	0,96	0,37	3,4	1,87	11,1	5,34	12,03	СПМ	
					ДП 2025 141									Арк.
														33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										

	29	1	3,2	3,2	0,80	0,85									
	30	1	2,8	2,8	1,35	0,98									
	31	1	3,2	3,2	1,92	1,40									
	32	1	3,6	3,6	0,9	0,66									
	Всього	6	15	17,2	6,29	4,85									
5	33	1	6,0	6,0	1,80	1,31	0,35	8,97	1,56	14,508	6,92	16,07		1 9, 6 3	
	34	1	2,2	2,2	0,80	0,85									
	35	1	2,8	2,8	1,35	0,98									
	36	1	4,5	4,5	1,35	0,98									
	37	1	3,8	3,8	1,90	1,38									
	38	1	4,0	4,0	1,20	0,87									
	39	1	3,6	3,6	0,90	0,53									
	Всього	7	146,5	219,5	96,63	52,86									
6	40	1	3,8	3,8	1,9	1,38	0,32	8,00	1,52	9,81	5,00	11,01		2 4, 4 2	СПМ 75 – 4 I _{доп} =400А
	41	1	5	5	1,50	1,09									
	42	1	3,6	3,6	0,9	0,66									
	43,44	2	1,8	3,6	1,08	0,79									
	46	1	2,5	2,5	0,63	0,36									
	48	1	1,5	1,5	0,45	0,26									
	Всього	7	18,2	20	6,46	4,55									
	ШО	О СВ								19,17	6,33	20,18	29,13		

Вибір силових пунктів здійснюється за таблицею 3.10 [10] або на сайті <http://lekkont.com.ua/teh-spm> . Результати вибору зведені в таблицю 7.2

Розрахунок розподільчого щитка для освітлювальних установок оберем з сайту <http://www.electrocomp.ru/electro/page.aspx?page=61>, обираю щиток типу ЩО 3 - 220 - 40 – 12 – 5 для живлення освітлювальних установок.

З сайту <http://www.yamkel.com/121.html>, приймаємо 4-х жильний кабель напругою до 1кВ.

Вибір кабелю проводимо за розрахунковим струмом на лінії 0,4 кВ.

					ДП 2025 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			34

Таблиця 7.2

№	Тип СП	Кіль- кість Приє- днань	$I_{\Sigma P}$, А	Номер споживачів	I_{Σ} , А
1	СПМ 75-4	8	400	3, 4, 21, 22, 23, 24, 26, 28	$1 \times 11,4 + 1 \times 6,8 + 1 \times 7,6 + 1 \times 5,5 + 2 \times 2,7 + 1 \times 3,8 + 1 \times 2,3 = 42,8$ А
2	СПМ 75-4	8	400	1, 2, 15 -20	$2 \times 7,6 + 1 \times 4,3 + 2 \times 5,8 + 1 \times 6,1 + 1 \times 5,5 + 1 \times 6,8 = 49,4$ А
3	СПМ 75-4	8	400	5, 6, 9-14	$2 \times 6,1 + 1 \times 4,9 + 1 \times 4,3 + 1 \times 4,9 + 1 \times 5,5 + 1 \times 9,1 + 1 \times 3,3 = 44,1$ А
4	СПМ 75-4	8	400	7, 8, 29-32	$2 \times 3,3 + 1 \times 4,9 + 1 \times 4,3 + 1 \times 4,9 + 1 \times 5,5 = 26,1$ А
5	СПМ 75-4	8	400	33-39	$1 \times 9,1 + 1 \times 3,3 + 1 \times 4,3 + 1 \times 6,8 + 1 \times 5,8 + 1 \times 6,1 + 1 \times 5,5 = 40,9$ А
5	СПМ 75-4	8	400	40-44, 46, 48	$1 \times 5,8 + 1 \times 7,6 + 1 \times 5,5 + 1 \times 2,7 + 1 \times 3,8 + 1 \times 2,3 = 30,4$ А

КЛ від КТП до 1 СПМ – 75 - 4:

$$I_{\Sigma P} = 26,83 \text{ А.}$$

приймаємо кабель з $F_{\text{ном}} = 4 \text{ мм}^2$ та $I_{\text{доп}} = 29 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 29 \text{ А} \geq I_{\Sigma P} = 26,83 \text{ А}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4

КЛ від КТП до 2 СПМ – 75 - 4:

$$I_{\Sigma P} = 39,07 \text{ А.}$$

приймаємо кабель з $F_{\text{ном}} = 10 \text{ мм}^2$ та $I_{\text{доп}} = 50 \text{ А}$

					ДП 2025 141	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{доп}} = 50 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 39,07 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×10

КЛ від КТП до 3 СПМ – 75 - 4:

$$I_{\Sigma P} = 25,1 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з $F_{\text{ном}} = 4 \text{ мм}^2$ та $I_{\text{доп}} = 29 \text{ A}$

$$I_{\text{доп}} = 29 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 25,1 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

КЛ від КТП до 4 СПМ – 75 - 4:

$$I_{\Sigma P} = 19,63 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з $F_{\text{ном}} = 4 \text{ мм}^2$ та $I_{\text{доп}} = 29 \text{ A}$

$$I_{\text{доп}} = 29 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 19,63 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

КЛ від КТП до 5 СПМ – 75 - 4:

$$I_{\Sigma P} = 24,42 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з $F_{\text{ном}} = 4 \text{ мм}^2$ та $I_{\text{доп}} = 29 \text{ A}$

$$I_{\text{доп}} = 29 \geq I_{\Sigma P} = 24,42 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

КЛ від КТП до 6 СПМ – 75 - 4:

$$I_{\Sigma P} = 16,73 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з $F_{\text{ном}} = 4 \text{ мм}^2$ та $I_{\text{доп}} = 29 \text{ A}$

$$I_{\text{доп}} = 29 \geq I_{\Sigma P} = 16,73 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

					ДП 2025 141	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір схеми розподільчої мережі

Розподільчу мережу обрано радіального типу з використанням силових пунктів.

Освітлення

Для живлення світильників загального освітлення застосовується електричні мережі змінного струму, напругою при заземленій нейтралі не вище 380/220 В.

Розрахунок перерізу струмоведучих мереж 0,4 кВ, у тому числі і для освітлювальних установок.

Умова вибору перерізу кабелю:

$$\frac{I_{ном}^{розш} \cdot K_3}{K_n} \leq I_{доп}$$

де K_n - коефіцієнт прокладки, $K_n = 1$

K_3 - кратність струму захисту провідника відносно апарату захисту. Вибирається з таблиці 14.1, стор.315[1]. $K_3=1$

$I_{доп}$ - допустимий тривалий струм для кабелей с алюмінієвими жилами в полівінілхлоридній ізоляції марки АВВГ, при прокладці в землі кабеля, вибирається з сайту <http://www.yamkel.com/121.html> , там же обирається і допустимий переріз жили.

З сайту http://www.elektrokabel.com.ua/p_cab_sil_avvg.htm визначаємо діаметр кабелю.

Результати вибору перерізу кабелів наведено в таблиці 7.3

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Електроспоживач					Кабель АВВГ		
					Ідоп, А	жила	
№ п/п	Назва обладнання	п, шт.	Рном.од, кВт	Іном.		Сст, мм ²	dкаб, мм
1	Вентилятор	2	5	7,6	19	2,5	11,2
2	Компресор	1	7,5	11	19	2,5	11,2
3	Установка забарвлення	1	4,5	6,8	19	2,5	11,2
4	Зарядний агрегат	2	4	6,1	19	2,5	11,2
5	Токарний верстат	2	2,2	3,3	19	2,5	11,2
6	Ліфт вертикальний ДБ1	2	3,2	4,9	19	2,5	11,2
7	Завантажувальний пристрій	4	2,8	4,3	19	2,5	11,2
8	Торцювальний верстат ДС1	2	3,2	4,9	19	2,5	11,2
9	Транспортер ДТ4	4	3,6	5,5	19	2,5	11,2
10	Багатопильний верстат	2	6	9,1	19	2,5	11,2
11	Верстат для закладення сучків	2	2,2	3,3	19	2,5	11,2
12	Фуговальний верстат	2	4,5	6,8	19	2,5	11,2
13	Транспортер ДТ6	4	3,8	5,8	19	2,5	11,2
14	Шипорезний верстат ДС35	2	5,5	6,1	19	2,5	11,2

15	Верстат чотиристоронній ДС38	2	4	7,6	19	2,5	11,2
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	4	1,8	2,7	19	2,5	11,2
17	Перекладчик ДБ14	2	3,6	5,5	19	2,5	11,2
18	Складальний напівавтомат	2	2,5	3,8	19	2,5	11,2

Для прокладки використаємо звичайні сталеві водогазопроводні труби так як вони можуть бути застосовані в будь-яких приміщеннях.

За монограмою [1, ст.345], вибравши шкалу В,обираємо внутрішній діаметр труби, а потім з табл.. 14.29 [1, ст 344] і з сайту

<https://vseprotruby.ru/vodoprovodnye/tablica-diametrov-trub.html>

					ДП 2025 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			38

Результати вибору труб наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4

Електроприймач		АВВГ	Кількість проводів	Труба	
№ п/п	Назва обл	dкаб, мм	n, шт	Дн, мм	dy, мм
1	Вентилятор	11,2	4	16	16
2	Компресор	11,2	4	16	16
3	Установка забарвлення	11,2	4	16	16
4	Зарядний агрегат	11,2	4	16	16
5	Токарний верстат	11,2	4	16	16
6	Ліфт вертикальний ДБ1	11,2	4	16	16
7	Завантажувальний пристрій	11,2	4	16	16
8	Торцювальний верстат ДС1	11,2	4	16	16
9	Транспортер ДТ4	11,2	4	16	16
10	Багатопильний	11,2	4	16	16

	верстат				
11	Верстат для закладення сучків	11,2	4	16	16
12	Фуговальний верстат	11,2	4	16	16
13	Транспортер ДТ6	11,2	4	16	16
14	Шипорезний верстат ДС35	11,2	4	16	16
15	Верстат чотиристоронній ДС38	11,2	4	16	16
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	11,2	4	16	16
17	Перекладчик ДБ14	11,2	4	16	16
18	Складальний напівавтомат	11,2	4	16	16
1	Вентилятор	11,2	4	16	16
2	Компресор	11,2	4	16	16

					ДП 2025 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

Переріз проводів та кабелів вибирають, виходячи з механічної навантаження на них, нагрівання і втрати напруги.

7.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Спроекуємо електричне освітлення насдеревобробного цеху. Цех має виробничу ділянку розмірами 24х42 м площею 1008 м² та допоміжні приміщення загальною площею 324 м². Висота стін 9 м.

Для освітлення машинної зали плануємо використати світильники типу ГСП-04В-250-762 виробництва ТОВ «Корпорація Ватра» з метало галогенними лампами типу ДРІ.

Спроекуємо електричне освітлення виробничої ділянки. Площа 1008 м². Відстань від стелі приймаємо 0,5м. Висота підвісу світильника над робочою поверхнею ($h_p = 0.8$ м):

$$h = H - h_p - h_c = 9 - 0,8 - 0,2 = 8 \text{ м}$$

Світильник ГСП-04В-250 має криву світлорозподілу типу Г, тому для нього можна прийняти $L/h = 0,8$ м тоді:

$$L = h \cdot 0,8 = 6,4 \text{ м}$$

Приймаємо відстань між рядами світильників 7 м. Відстань від крайнього світильника до стіни приймаємо $0,5 \cdot L$, тобто $l = 3,5$ м.

Кількість рядів:

$$N_p = \frac{42 - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{42 - 2 \cdot 3,5}{6,4} + 1 = 6,47$$

Коефіцієнт використання світлового потоку η визначається за довідковими таблицями [4] в залежності від типу прийнятого світильника, коефіцієнтів відбиття від поверхонь приміщення і від індексу приміщення „і”.

З табл. даних коефіцієнт використання $\eta_e = 0,85$.

Визначаємо потрібний світловий потік одного ряду:

$$\Phi_{\text{ряд}} = \frac{E_n \cdot \kappa_z \cdot S \cdot z}{N_p \cdot \eta_e} = \frac{150 \cdot 1,5 \cdot 1008 \cdot 1,1}{7 \cdot 0,55} = 41929,41 \text{ лм}$$

					ДП 2025 141	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k_3 – коефіцієнт запасу; визначається за довідником [3];

$$k_3 = 1,5$$

$E_{\min}$ – мінімальна освітленість, лк; за табл.10.2 [4]

Освітлення нормується на висоті $h=0,8$ м і $E_{\min}=250$ лк

S – площа освітлювального приміщення, m^2 ;

$$S=1008 m^2$$

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення; $z=1,1 \dots 1,15$;

$$z=1,13$$

N – прийнята кількість рядів світильників, шт.;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Використовуємо лампи ДРЛ 150 Вт з розрахунковим потоком лампи

$\Phi_l = 10500$ лм. Визначаємо потрібне число світильників в одному ряду

$$N = \frac{41929,41}{10500} = 3,99$$

Приймаємо 4 світильника в одному ряду.

Загальна кількість світильників в машинному залі буде становити 28.

Аналогічно розраховуємо освітлення в інших приміщеннях загальною площею площею $324 m^2$. В цих приміщеннях використаємо світильники НСП03 $\frac{2 \times 60}{2,5}$.

Загальна кількість світильників 34 штуки

Схема освітлення цеху наведена на аркуші графічної частини.

Щити аварійного освітлення живяться від щита АВР

Визначаємо активну потужність освітлювальних приладів при коефіцієнті попиту $K_{\pi} = 0,9$:

$$P_{\text{осв}} = n P_{\text{л}} K_{\pi}$$

Розрахуємо активну потужність освітлення виробничої ділянки

$$P_{\text{осв.м}} = 28 \cdot 0,25 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ кВт}$$

Розрахуємо активну потужність освітлення в інших приміщеннях

					ДП 2025 141	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{осв.і}} = 34 \cdot 0,12 \cdot 0,9 = 3,67 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність освітлення буде

$$P_{\text{осв}} = P_{\text{осв.м}} + P_{\text{осв.і}} = 6,3 + 3,67 = 9,97 \text{ кВт}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg} \varphi$$

$$Q_{\text{осв}} = 9,97 \cdot 0,62 = 6,18 \text{ квар}$$

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв.}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}}^2};$$

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{9,97^2 + 6,18^2} = 11,73 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм для всієї групи освітлювальних приладів:

$$I_P = \frac{S_{\text{осв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{11,73}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 17,82 \text{ А.}$$

Розрахунок аварійного освітлення:

Аварійне освітлення для цеху рекомендується брати 5 % від норми активної потужності освітлювальних приладів робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо лампи ДРЛ-100(6)-3., що живляться від окремого щитка .

$$P_{\text{ав}} = 0,05 P_{\text{осв}}.$$

$$P_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 9,97 = 0,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ав}} = 0,5 \cdot 0,62 = 0,31 \text{ квар}$$

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

$$I_P = \frac{S_{\text{осв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{12,32}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 18,71 \text{ А.}$$

Вибираємо ввідний автомат:

Вибір струмів апаратів захисту з урахуванням пускових струмів джерел світла: співвідношення ніж тривалодопустимими струмовими навантаженнями провідників і струмами захисних апаратів в силових і освітлювальних мережах повинні бути не менше зазначених у главі.

					ДП 2025 141	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При захисті автоматами, які мають тепловий та комбінований розчіплювач струм КЗ повинен бути не менше струму уставки помноженого на коефіцієнт 1,4 для автоматів до 100 А і на 1,25 для інших автоматів.

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$$

$$100 \text{ А} > 1,4 \cdot 18,71 = 26,21 \text{ А}$$

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач А3100 (табл.3.5[1]) та <http://elektroservice.com.ua/images/pdf/a31xx.pdf>

Вибір автоматичного вимикача для ділянок проводимо згідно вищесказаного заносимо до таблицю 7.5.

Таблиця 7.5

№ щитка	Найменування приміщення	$1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$	Тип автоматичного вимикача	Номинальне значення		Число полюсів	Розчеплювач	Номинальний струм розчеплювача
				Напруга, В	Струм, А			
21	Цех	26,78	А3100	380	100	3	комбінований	30

Вибираємо щиток освітлення:

Вибираємо щиток освітлення згідно сайту <http://www.ra-nn.ru/catalognku/?prod> для усіх приміщень, дані щитка наведені в табл. 7.6.

Таблиця 7.6

Тип щитка	Число однофазних груп	Апарат на вході	Апарат на відходящих лініях	Розміри ОЩ		
				довжина	ширина	висота
ОЩ-6УХЛ4	6	АЕ2056-10	А3100Б	400	154	516

Вибираємо кабель від КТП до ЩО:

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель з алюмінієвими жилами типу АВВГ (табл.. 3.21[1]) та https://odeskabel.com/images/pdf/dop_C.pdf

КЛ від ТП до ЩО:

$$I_{\Sigma P} = 29,13 \text{ А.}$$

приймаємо кабель з $F_{ном} = 6 \text{ мм}^2$ та $I_{дон} = 37 \text{ А}$

$$I_{дон} = 37 \text{ А} \geq I_{\Sigma P} = 29,13 \text{ А}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×6.

Отже, приймаємо кабель АВВГ 2×2,5мм² з $I_{доп.}=33\text{А}$.

Вибираємо кабель від ЩО до світильників:

Переріз двох жильних кабелюів вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1

https://odeskabel.com/images/pdf/dop_C.pdf

$$I_{пров.} \geq 1,1 \cdot I_{св.1}$$

$$34 \text{ А} > 1,1 \cdot 18,71 = 20,58 \text{ А}$$

Отже приймаємо двох жильний кабель АВВГ 2×4 мм² з $I_{доп.}=34 \text{ А}$.

Кабелі прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 2 м.

Аварійне освітлення.

Визначаємо розрахунковий струм одного світильника:

На прикладі КТП знаходимо сумарний розрахунковий струм:

$$I_{CB1} = \frac{P_{CB}}{U_{л} \cdot \cos \varphi} = \frac{120}{220 \cdot 0,91} = 0,599 \text{ А}$$

$$I_{\Sigma CB} = \frac{n \cdot P_{CB}}{\sqrt{3} \cdot U_{\Phi}} = \frac{1 \cdot 120}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,182 \text{ А}$$

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Вибираємо ввідний автомат:

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$$

$$3A > 1,4 \cdot 0,182 = 0,255 \text{ A}$$

Вибір автоматичного вимикача для інших приміщень проводимо аналогічно і заносимо до таблиці 7.7.

Таблиця 7.7

№	Найменування приміщення	Довжина, м	Ширину, м	Висота, м	Коефіцієнт запасу	Кількість рядів	Тип світильника	Загальна кількість світильників	Коефіцієнт використання, %	Загальна довжина ряду
1	Цех	20	49	8	1,8	2	НСП03 $\frac{2,5}{2 \times 60}$	6	48	92,7
2	ТП	8	9	8	1,8	1	НСП03 $\frac{2,5}{2 \times 60}$	2	48	46,5825

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач АЕ1000 і заносимо до табл. 7.8.

Таблиця 7.8

№ шитка	Найменування приміщення	$1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$	автоматичного вимикача	Номінальне значення		Розчеплювач	струм
				Напруга, В	Струм, А		
ЩАО	Цех	1,53	АЕ2030	380	50	1	комбінований 1,6
ЩАО	ТП	0,182	АЕ1000	380	50	1	комбінований 0,3

Вибираємо 1 щиток аварійного освітлення:

Таблиця 7.9

Тип щитка	Число однофазних груп	Апарат на вході	Апарат на відходящих лініях	Розміри ОЩ		
				довжина	ширина	висота
ОП-ЗУХЛ4	4	A3710Б	AE1000	374	140	252

Вибираємо кабель від ТП до ЩАО:

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель типу АВВГ:

Умови вибору кабеля: на відповідність допустимому струму:

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

$$17\text{A} > 1,6\text{ A}$$

на відповідність апарату захисту:

$$I_{\text{доп.}} \geq 0,22 \cdot I_{\text{розч.}}$$

$$16\text{A} > 0,22 \cdot 1,6\text{A} = 0,35\text{ A}$$

Отже, приймаємо кабель АВВГ 4×1,5 мм² з I_{доп.}=16А.

Вибираємо провідник від ЩАО до світильників:

Переріз двох жильних провідників вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1:

$$I_{\text{пров.}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{св.1}}$$

$$19\text{ A} > 1,1 \cdot 0,182\text{ A} = 0,2\text{ A}$$

Отже приймаємо двох жильний кабель АВВГ 2×1,5мм² з I_{доп.}=19А.

Провідники прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 1,5 м.

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Аналіз режимів коротких замикань – це одне з найбільш поширених завдань при дослідженні і проектуванні електроенергетичних систем. Трифазне коротке замикання (ТФКЗ) в нерозгалуженому колі є базовим для вибору комутаційної і захисної апаратури, а також для оцінки параметрів інших видів коротких замикань. При розрахунках

ТФКЗ зазвичай розглядають симетричну систему з індуктивноактивним навантаженням і активно-індуктивному характері опору лінії передачі [2]. Такі допущення дозволяють розглядати ТФКЗ на прикладі однофазної еквівалентної схеми. Навіть при таких допущеннях аналітичне рішення приводить до досить громіздких виразів, які доводиться табулювати за допомогою комп'ютера. В решті решт, для оцінки ударного струму пропонуються наближені математичні вирази, що передбачають знаходження максимального значення ударного струму для найбільш важкого режиму ТФКЗ.

Деревообробний цех, що проектується, отримує електроенергію від системи. За базову потужність для розрахунку струму короткого замикання приймаємо потужність:

$$S_6 = 69,87 \text{ кВА.}$$

Базові напруги:

$$U_{61} = 10,5 \text{ кВ ;}$$

$$U_{62} = 0,4 \text{ кВ.}$$

Базові струми :

$$I_{61} = S_6 / (U_6 \cdot \sqrt{3});$$

$$I_{61} = 69,87 / (10,5 \cdot \sqrt{3}) = 3,8 \text{ А ;}$$

$$I_{62} = 69,87 / (0,4 \cdot \sqrt{3}) = 0,101 \text{ кА.}$$

					ДП 2025 141			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ковалєвський				Розрахунок струмів КЗ		Літ.	Арк.
Перевір.	Зінкевич П.							47
Реценз.							ННІТІ ім. ак. Гулоного І.С., ЕЛ4-3	
Н. контр.	.							
Затверд.	Балюта С.М.							

Для розрахунку струмів короткого замикання зобразимо розрахункову схему електропостачання підприємства (рис. 8.1) і схему заміщення.

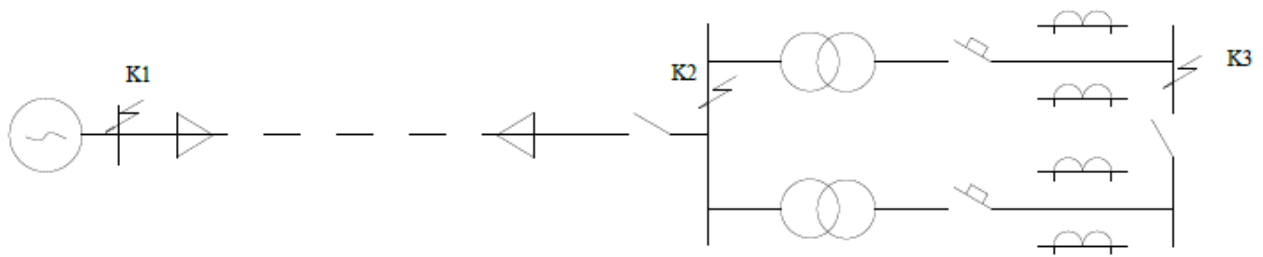


Рис. 8.1. Розрахункова схема електропостачання

В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорами, приведеними до базових умов. Схема заміщення приведена на рис. 8.2.

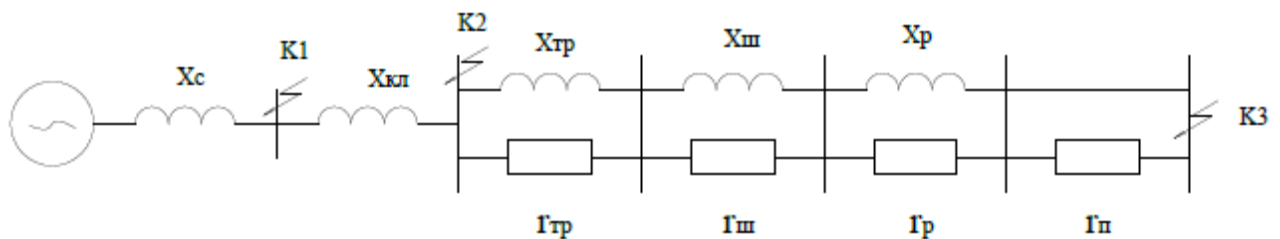


Рис. 8.2. Схема заміщення

Розраховуємо струм КЗ в точці К1.

Опір елементів.

1. Опір системи: $X_c^* = 0,4 \text{ в.о.}$

2. Опір кабельної лінії: $X_{кл}^* = X_0 \cdot l (S_6 / U_{62}^2) ,$

де X_0 – погоний опір кабельної лінії, $X_0 = 0,08 \text{ Ом/км}$;

l – довжина лінії 1,5 км.

$$X_{кл}^* = 0,08 \cdot 1,2 \cdot (69,87 / 10,5^2) = 0,076 \text{ в.о.}$$

При знаходженні струмів короткого замикання необхідно розрахувати їх у відносних одиницях.

Струм короткого замикання приймаємо незмінним, так як система має набагато більшу потужність, ніж потужність заводу.

$$I^*_{\infty} = I_r^* = I_{00}^* = 1,05 / X_p ,$$

де X_p – результуючий опір до точки короткого замикання.

					ДП 2025 141	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_1^* = 1,05 / X_c^* = 1,05 / 0,4 = 2,625 \text{ в.о.}$$

Струм короткого замикання в точці К1:

$$I_{кз1} = I_1^* \cdot I_6 = 2,625 \cdot 3,8 = 0,0101 \text{ кА.}$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = K_y \cdot \sqrt{3} \cdot I_{00}, \text{ кА.}$$

В точці К1 ударний струм рівний:

$$i_{уд1} = K_y \cdot \sqrt{3} \cdot I_{кз1} = 1,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,0101 = 0,033 \text{ кА,}$$

де $K_y = 1,9$ (для мереж напругою 10 кВ).

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні:

$$B = I_{\infty}^2 t,$$

де t – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача.

Для сторони – 10 кВ:

$$t = 0,05 + 0,3 = 0,35 \text{ с.}$$

Тепловий імпульс :

$$B_1 = I_{00}^2 t = 0,033^2 \cdot 0,35 = 0,000036 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Розраховуємо струм КЗ в точці К2.

Струм короткого замикання:

$$I_{00}^* = 1,05 / X_p,$$

$$\text{де } X_p^* = X_c^* + X_{кл}^* = 0,4 + 0,076 = 0,476 \text{ в.о.}$$

$$I_2^* = 1,05 / X_p^* = 1,05 / 0,476 = 2,21 \text{ в.о.}$$

Струм короткого замикання:

$$I_{кз2} = I_2^* \cdot I_6 = 2,21 \cdot 3,8 = 0,008 \text{ кА.}$$

В точці К2 ударний струм рівний:

$$i_{уд2} = K_y \cdot \sqrt{3} \cdot I_{кз2} = 1,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,008 = 0,028 \text{ кА.}$$

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

В точці К2 тепловий імпульс рівний:

$$B_2 = I_{00}^2 t = 0,028^2 \cdot 0,35 = 0,000025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Розраховуємо струм КЗ в точці КЗ.

Опір елементів.

1. Опір системи. Для точок КЗ опором системи на вторинній стороні трансформаторів до 63 кВА – можна знехтувати, так як його значення дуже маленьке і не відіграє суттєвої ролі.

2. Опір трансформатора:

$$X_{\text{тр}} = \sqrt{z_{\text{тр}}^2 - r_{\text{тр}}^2} = \sqrt{114,29^2 - 51,6^2} = 101,97 \text{ мОм},$$

$$\text{де } z_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{к}} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot 10^4}{S_{\text{тр}}} = \frac{4,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^4}{63} = 114,29 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot 10^6}{S_{\text{тр}}^2} = \frac{1,28 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{63^2} = 51,6 \text{ мОм}.$$

3. Опори шин:

$$X_{\text{ш}} = X_0 \cdot l_{\text{ш}} = 0,145 \cdot 10 = 1,45 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ш}} = r_0 \cdot l_{\text{ш}} = 0,044 \cdot 10 = 0,44 \text{ мОм},$$

де X_0, r_0 – погонні опори (з довідника);

$l_{\text{ш}}$ – довжина шини, м.

4. Опір розчеплювача для автоматичного вимикача на струм 630 А:

$$X_{\text{р}} = 0,06 \text{ мОм}.$$

5. Сумарний опір перехідних контактів трансформатора струму дуги в місці КЗ для трансформатора потужністю 63 кВА:

$$r_{\text{п}} = 6,41 \text{ мОм}.$$

Отже, знаходимо сумарні опори для точки КЗ:

					ДП 2025 141	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{\Sigma} = 51,6 + 0,44 + 6,41 = 58,45 \text{ МОм};$$

$$x_{\Sigma} = 101,97 + 1,45 + 0,06 = 103,48 \text{ МОм}.$$

Знаходимо струм КЗ в точці КЗ:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{б}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{58,45^2 + 103,48^2}} = 1,94 \text{ кА}.$$

В точці КЗ ударний струм рівний:

$$i_{\text{удз}} = K_u \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{кз}} = 1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 1,94 = 3,7 \text{ кА},$$

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні:

$$B = I_{\infty}^2 t,$$

де t – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача.

Для сторони – 0,4 кВ:

$$t = 0,07 + 0,6 = 0,67 \text{ с}.$$

В точці КЗ тепловий імпульс рівний:

$$B_3 = I_{00}^2 t = 1,94^2 \cdot 0,67 = 2,53 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Розрахунок проводимо в табличній формі. Результати розрахунків зводимо в таблицю 8.1.

Таблица 8.1

№ точки к.з.	X_p	$I_{\text{кз}}$	$i_{\text{уд}}$	B
	в.о.	кА	кА	кА ² с
1	0,4	0,01	0,033	0,0052
2	0,476	0,008	0,028	0,0006
3		1,94	3,7	2,53

9. Релейний захист та автоматика (РЗА)

Робота електрообладнання ґрунтується на злагодженому взаємодії безлічі пристроїв, кожне з яких виконує свої певні завдання. Обов'язковою умовою забезпечення працездатності електротехнічної апаратури є і постачання струмом з оптимальними параметрами. Найменше порушення в ланцюгах і окремих компонентах системи тягне ризики аварій та пошкодження обладнання. Для запобігання таких явищ використовується релейний захист - це засіб виявлення, реєстрації та сигналізації про можливі відхилення від нормативних експлуатаційних параметрів обслуговується системи.

Основною метою застосування систем РЗА є забезпечення стабільності роботи енергетичного обладнання. Комплекс релейних пристроїв в постійному режимі відслідковує експлуатаційні параметри системи, виявляючи і відокремлюючи пошкоджені компоненти. Так працює найпростіша РЗ, однак існують і більш складні пристрої, що функціонують в різних режимах в залежності від поточного стану апаратури. Багатофункціональні засоби релейного захисту та автоматики виконують також сигнальні функції, на основі яких приймаються команди про зміну параметрів енергопостачання або корекції налаштувань обладнання. Так, якщо в мережі живлення цільового пристрою виявляються великі перепади напруги, система автоматично може перевести апаратуру на резервне енергопостачання завдяки вбудованому контролеру експлуатаційних параметрів обслуговується системи.

Для виконання основних і допоміжних завдань релейна система повинна відповідати певним вимогам. У їх числі відзначаються такі:

- Селективність. Дана властивість визначає здатність РЗ вибірково підходити до моніторингу окремих ділянок і елементів системи. Відсів

					ДП 2025 141							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Ковалєвський			Релейний захист та автоматика				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Зінкевич П.									52	
Реценз.									ННІТІ ім. ак. Гулого І.С.,ЕЛ4-3			
Н. контр.		.										
Затверд.		Балюта С.М.										

реалізується за характером пошкодження, схильності і поточному функціональному стану об'єкта електроенергетичної системи.

- Чутливість. Обслуговується система може працювати в різних умовах зовнішнього впливу. До стороннім факторів негативного впливу відносять ненормативні електротехнічні властивості джерела струму, а також температурні, вологості і фізичні навантаження. Чутливість релейного захисту - це здатність виявляти пошкоджені елементи системи, а також відхилення в її робочих параметрах незалежно від зовнішнього впливу. Стабільність передачі сигналу повинна зберігатися в встановлених умовах роботи.
- Швидкодію. Чи означає певну швидкість, при якій РЗ буде виконувати свої завдання. Можна визначити швидкодію через часовий показник у вигляді інтервалу від моменту умовної аварії до відділення пошкодженої ділянки або компонента від загальної системи.
- Надійність. Характеризує здатність захисту продовжувати працездатність в нештатних умовах. Наприклад, при використанні резервних джерел енергопостачання, підключенні пікових навантажень і особливих режимів роботи устаткування, яке обслуговує.

Максимальний струмовий захист

Максимальний струмовий захист (МСЗ)- Найпростіший і надійний захист, що широко застосовується для захисту трансформаторів.

Визначаємо номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{\text{ном}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 3,64 \text{ А.}$$

Трансформатори струму відсутні.

Струм спрацювання захисту:

$$I_{\text{сз}} = \frac{K_{\text{н}} \cdot (I_{\text{ном}} \cdot K_{\text{сзн}} + I_{\text{ном}})}{K_{\text{п}}} = \frac{1,2 \cdot (3,64 \cdot 1,5 + 3,64)}{0,85} = 12,84 \text{ А,}$$

					ДП 2025 141	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_H=1,2$ - коефіцієнт надійності; $K_{сзп}=1,5$ - коефіцієнт само запуску;
 $K_n=0,85$ -коефіцієнт повернення реле.

Чутливість захисту при короткому замиканні на своїй ділянці:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k \min}}{I_{сз}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,64}{12,84} = 0,25 < 2,$$

де $I_k \min$ - мінімально ймовірне значення струму при короткому замиканні на стороні вищої напруги трансформатора.

Уставка реле струму:

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} \cdot K_{сх}}{K_{т,тс}} = \frac{12,84 \cdot 1}{1} = 12,84 \text{ A.}$$

Обираємо реле типу РТ-40/20 з паралельним з'єднанням котушок.

Установка часу захисту (реле):

$$t_{сз1} = t_{\max} + \Delta t.$$

Обираємо реле часу типу ЕВ-122 з напругою 110 В постійного струму.

$$\Delta t = 0,12 + 0,12 + 0,08 + 0,1 = 0,42 \approx 0,4 \text{ с,}$$

де 0,12 - похибка двох реле ЕВ-122; 0,08 - час до згасання дуги на контактах вимикача; 0,1 - запас часу.

Тоді:

$$t_{сз1} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ с;}$$

$$t_{сз2} = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ с.}$$

Розрахунок миттєвого діючого струмового захисту (відсічки)

Максимальний номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{\max} = \frac{1,4 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,09 \text{ A.}$$

Відсічка – найбільш простий з диференційних захистів трансформаторів.

Вона виконується за допомогою максимальних реле струму типу РТМ або РТ-40. При цьому відстройка захисту від піку струму намагнічування

					ДП 2025 141	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюється за допомогою невеликої витримки. Справа в тому, що пік миттєвого значення струму намагнічення швидко знижується від початкового рівня (6...8)Іном до (2...3) Іном усього за 0,04...0,06 с. Приблизно такий самий час потрібен для спрацювання реле прямої дії типу РТМ. Реле побічної дії типу РТ-40 спрацьовує швидше, і щоб затягнути час спрацювання його доповнюють проміжним реле. В результаті приблизно з запасом 1,5 разів приймається

$$I_{C3} = 4,5 \cdot I_{MAX} = 4,5 \cdot 5,09 = 22,91 \text{ A.}$$

Вибір такого великого струму ІСЗ, як завжди, забезпечує також відстройку й від режиму зовнішнього короткого замикання.

Перевіримо коефіцієнт чутливості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k \min}}{I_{C3}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,64}{22,91} = 0,1375 < 2.$$

Знаходимо вторинний струм:

$$I_{CP} = \frac{I_{C3} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{22,91 \cdot 1}{1} = 22,91 \text{ A.}$$

Захист від перевантажень

Струм спрацювання сигналізації:

$$I_{CC} = \frac{K_{ВД} \cdot K_{CX}}{K_{П}} \cdot I_{MAX} = \frac{1,5 \cdot 1,5}{0,85} \cdot 5,09 = 13,5 \text{ A.}$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{CP} = \frac{I_{CC} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{13,5 \cdot 1}{1} = 13,5 \text{ A.}$$

Час спрацювання сигналізації:

$$t_{CC} = t_{C3}^{MC3} + \Delta t = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ с,}$$

де $\Delta t = 0,4 \text{ с}$ - ступінь селективності.

					ДП 2025 141	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1

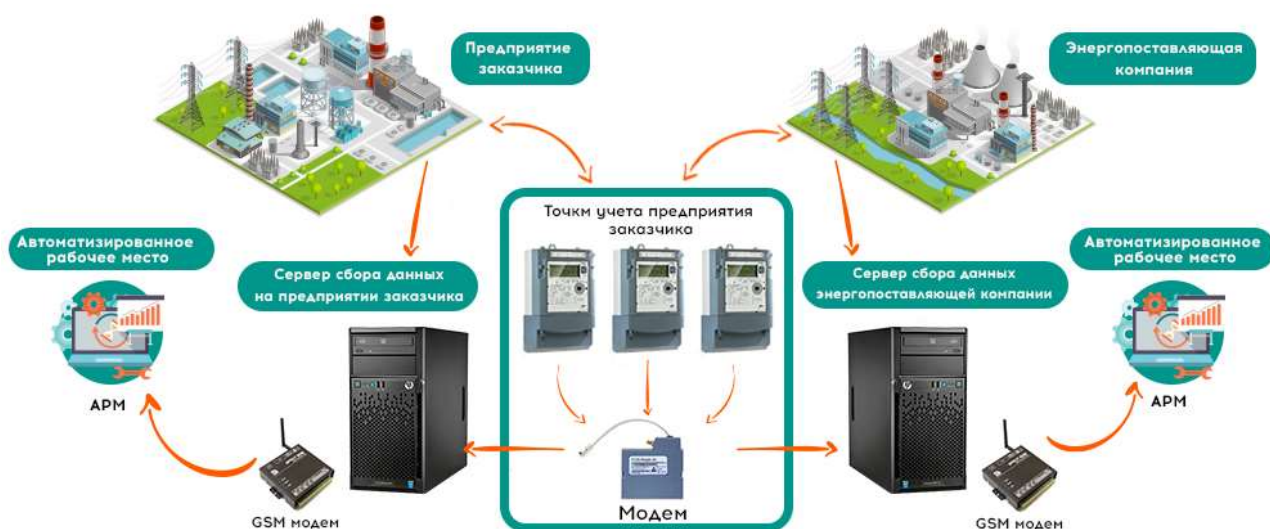
Струм спрацювання		Коефіцієнт	Час спрацювання захисту
захисту	реле		
Iсз	Iср	Кч	tсз
A	A	-	с
Відсічка			
22,91	22,91	13,75	-
Максимальний струмовий захист (МСЗ)			
128,38	12,84	24,54	2
Захист від перевантажень (з дією на сигнал)			
134,79	13,48	-	2,4

10. Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання

10.1. Комерційний облік електроенергії

Сучасні автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи комерційного обліку електроенергії створюються для комерційного обліку споживаної електричної енергії або електричної енергії, що відпускається. Головним завданням при побудові подібних систем є робота на оптовому ринку електроенергії (ОРЕ), при цьому необхідно забезпечити передачу інформації суміжним суб'єктам (мережевим компаніям, енергопостачальним організаціям або генеруючим компаніям).

Метою створення і функціонування АСКОЕ є вимірювання кількості електричної енергії, що дозволяє визначити величини облікових показників, використовуваних у фінансових розрахунках, тому установка АСКОЕ є обов'язковою вимогою відповідно до Закону України "Про ринок електричної енергії" та затверджена Кодексом комерційного обліку електричної енергії в постанові НКРЕКУ від 14 березня 2018 року № 311., який накладає серйозні вимоги в частині метрологічного забезпечення.



ДП 2025 141

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Облік та вимірювання параметрів системи		
Розроб.		Ковалевський					
Перевір.		Зінкевич П.					
Реценз.							
Н. контр.		.					
Затверд.		Балюта С.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						57	
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		

10.2. Технічний облік електроенергії

Автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи технічного обліку електроенергії призначені для організації обліку електроенергії усередині виробничого підприємства. Основними завданнями є:

- облік електроенергії, споживаної на різні потреби (споживання по окремих виробництвах, цехах, дільницях);
- планування споживання електроенергії;
- резервування даних комерційного обліку електроенергії (заміщення даних комерційної системи обліку);
- виявлення нераціонального використання електричної енергії;
- зниження втрат електроенергії на основі аналізу облікових даних;
- можливість використання даних споживання електроенергії для аналізу фінансово-економічної діяльності підприємства.

Системи технічного обліку електроенергії не підлягають державному метрологічному нагляду. Незважаючи на це, ТОВ «Смарт Грід Україна» буде системи технічного обліку на основі сертифікованих засобів вимірювальної техніки, що дозволяє отримати точні дані по споживанню електроенергії та в майбутньому стежити за станом обладнання.

Автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи технічного обліку електроенергії будуються на основі технічного завдання замовника. Такі системи, як правило, включають в себе велику кількість точок обліку і часто характеризуються великою територіальною віддаленістю місць установки лічильників. При реалізації подібних проектів додаткову увагу приділяється прокладці кабельних трас (ліній зв'язку) між окремими виробничими приміщеннями (об'єктами) в умовах проведення робіт на об'єктах діючого виробництва. У деяких випадках це призводить до необхідності модернізації існуючих кабельних ліній і кабельних споруд (естакад, лотків, кабельних каналів).

					ДП 2025 141	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.3. Комплексне впровадження комерційного і технічного обліку

Забезпечує такі функції:

- зонний облік споживання електроенергії;
- управління споживанням електроенергії в різні часові інтервали, реалізуючи найбільш швидкий спосіб зниження витрат на електроенергію перекладом підприємства на диференційовану по зонах доби оплату за електроенергію
- в режимі реального часу контроль енергетичного балансу підприємства;
- шляхом створення експертної системи на базі ретроспективного аналізу планувати споживання електроенергії;
- нормування і контроль енерговитрат підприємства диференційовано за видами виробництв або технологічних переділів;

формувати звітні документи, включаючи:

- цінні профілі навантажень; - програми навантажень;
- звіти (добові, тижневі, місячні, річні); - свідчення максимальної точності;
- вклади в споживану потужність різних споживачів;
- платіжні дані;
- контроль режимних обмежень.

10.4. Використання АСКОЕ для підвищення ефективності енерговикористання на промислових підприємствах

В усіх розвинених країнах збір і обробка інформації про споживання електроенергії являє собою цілу індустрію із залученням новітніх технологій. У нашій країні також почав зростати інтерес до розробки та впровадження подібних систем. Для отримання економічних результатів встановленням одних лічильників не обійтись. Для цього потрібна автоматизація збору та обробки

					ДП 2025 141	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даних. Сам по собі облік

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії — це комплекс технічних, математичних, алгоритмічних і програмних методів та засобів, що призначені для комерційного обліку електричної енергії. Основне призначення АСКОЕ на промисловому підприємстві полягає в точному обліку та оперативному контролі спожитої електроенергії, забезпеченні можливості зберігання отриманих даних, протягом певного часу і доступу до них для проведення розрахунків. Важливою складовою АСКОЕ є можливість обробки даних, їх аналіз та прогноз (коротко-, середньо- і довгостроковий). Сучасна АСКОЕ передбачає застосування багатофункціональних електронних лічильників електроенергії, які мають перевагу перед іншими типами лічильників в частині надання споживачу повних та достовірних даних [1-3].

Мета створення та експлуатації АСКОЕ полягає в постійній економії енергоресурсів і фінансів підприємства при мінімальних грошових витратах.

Економічний ефект досягається за рахунок багатьох факторів:

- економічно правильного замовлення лімітів потужності виходячи з аналізу кількості спожитої електроенергії в години пік;
- визначення точок несанкціонованого доступу до джерел енергії;
- відпрацювання оптимального, економічно вигідного режиму включення-виключення енергоспоживачів;
- забезпечення оперативного контролю та управління споживанням енергоносіїв протягом доби;
- посилення дисципліни використання енергоносіїв споживачами;
- раціонального планування часу роботи цехів і підрозділів протягом доби;
- скорочення кількості контролерів-обхідників;
- своєчасне виявлення розкрадань електроенергії;
- відсутність спотворень при знятті показів електролічильників за рахунок виключення людського фактору.

					ДП 2025 141	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підвищення ефективності обліку та контролю АСКОВЕ окрім лічильників комерційного обліку повинна також включати лічильники технічного обліку електроенергії. Два види обліку, комерційний і технічний, мають свою специфіку. Комерційним називають облік споживання енергії підприємством для грошового розрахунку за неї. Технічний облік для контролю процесу споживання електроенергії в середині підприємства по його підрозділах, об'єктах, електроприймачах. Комерційний облік консервативний, має усталену схему енергопостачання. Для нього характерна наявність невеликої кількості точок обліку, для яких потрібне встановлення приладів підвищеної точності. Окрім того, системи комерційного обліку пломбуються, що обмежує можливості внесення до них будь-яких оперативних змін з боку персоналу підприємства. Технічний облік, навпаки, динамічний і постійно розвивається, відображаючи мінливі вимоги виробництва. Для нього характерна велика кількість точок обліку з різними завданнями контролю енергоресурсів, за якими можна встановлювати в цілях економії коштів прилади зниженою точності. Відсутність пломбування приладів дозволяє службі головного енергетика підприємства оперативно вносити зміни в схему технічного контролю енергоресурсів, в уставки первинних вимірювальних приладів у відповідності з поточними змінами в схемі енергопостачання підприємства і специфікою розв'язуваних виробничих завдань [1-3].

Об'єднання лічильників комерційного і технічного обліку в єдину систему дозволяє формувати поточний баланс електроспоживання підприємства, котрий є основною базою для вдосконалення нормування енергоспоживання, оперативно виявляти і ліквідувати втрати і неефективні затрати електричної енергії всередині підприємства, визначати фактичну потужність, що використовується підприємством, в тому числі максимальну потужність в часи найбільших навантажень енергосистеми, і є невід'ємною умовою ефективного управління і оптимізації режимів електроспоживання підприємства.

					ДП 2025 141	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи специфіку комерційного і технічного обліку можна оптимізувати вартість створення АСКОВ та її експлуатації. Створення єдиної системи на передній план виводить динамічний і статистичний контроль енергетичних потоків, створення багаторівневих і різночасових балансів, багатofакторний аналіз даних вимірювань, їх інтерполяція і екстраполяція для створення об'ємної картини ефективності використання енергії або оцінки роботи людей і устаткування.

Технічний облік можна покращити за допомогою центрів обліку енергії (ЦОВ), що створюються на базі енергоємних приймачів. ЦОВ повинен відповідати ряду вимог [4]:

- значне енергоспоживання структурним підрозділом підприємства, на базі якого створюють ЦОВ;
- облік всієї спожитої ЦОВ енергії;
- призначення особи, яка буде відповідати за ефективність енергоспоживання ЦОВ.

Результати роботи ЦОВ мають бути легко контрольованими. Це дозволить аналізувати та покращувати показники енергоефективності роботи підрозділу. Найбільш вдалим прикладом виділення окремого ЦОВ є його формування на основі технологічної лінії з контрольованою кількістю продукції, одержаної в певних проміжках часу. В даному випадку існує можливість для співставлення витрат енергії з обсягом виготовленої продукції, тобто можливість визначення енергоефективності процесу. Для того, щоб визначити найбільш енергоємних споживачів необхідно проаналізувати річні енергобаланси підприємства, де загальні витрати енергії розподіляються між окремими підрозділами, а також приймачами енергії. Якщо енергобаланси підприємства не складені, то існує можливість використання паспортних даних основного енергоємного обладнання, а його розташування на території підприємства дасть інформацію про можливе розміщення ЦОВ [4].

Процес формування ЦОЕ передбачає встановлення додаткових лічильників, а аналіз існуючих розподільних систем дозволяє визначити конкретні місця для їх встановлення. Для розрахунку кількості додаткових лічильників можна скористатися методикою, яка визначає залежність їх кількості від рівня витрат коштів підприємства на оплату даного виду енергії.

Контроль енергоспоживання в ЦОЕ здійснюється на основі розроблених критеріїв, які визначають ефективність використання енергії. Ці критерії повинні відображати реально існуючі зв'язки між рівнем енергоспоживання та технологічними параметрами, від яких залежить енергоспоживання. В процесі управління енергоспоживанням найчастіше використовують регресійні моделі. Основні вимоги, що ставляться до вибору параметрів, які впливають на енергоспоживання в ЦОЕ наступні [4]:

- цільові параметри повинні відображати кінцеву мету використання енергії в ЦОЕ (наприклад, обсяг виробленої продукції);
 - необхідно забезпечити, щоб враховані технологічні параметри, що визначають рівень енергоспоживання, не були залежними (не корелюються або слабо корелюються);
 - перелік додаткових параметрів при побудові регресійної залежності слід здійснювати, орієнтуючись на малокеровані параметри, що схильні до випадкових змін в значних межах;
 - повинна існувати можливість вимірювання цільових і додаткових параметрів з необхідною точністю.
- Отже, об'єднана система комерційного і технічного обліку дозволяє:
- точно вимірювати параметри споживання енергоресурсів з метою забезпечення розрахунків відповідно до реальних обсягів їх споживання та мінімізації невиробничих витрат на енергоресурси, зокрема, за рахунок використання більш точних вимірювальних приладів або підвищення синхронності збору первинних даних;

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- здійснювати комплексний автоматизований комерційний і технічний облік енергоресурсів і контроль їх параметрів по підприємству, його цехах, підрозділах з метою мінімізації виробничих і невиробничих витрат на енергоресурси;
- створювати точний електробаланс підприємства, аналіз якого допомагає визначати основні напрями економії і раціонального використання електроенергії, вибирати оптимальну стратегію планування і управління електроспоживанням підприємства;
- контролювати в реальному часі характеристики режимів електропостачання підприємства, а саме, за необхідністю оператор АСКОЕ може в інтерактивному режимі запросити актуальні дані на будь-який момент часу або здійснювати безперервний контроль поточних параметрів режимів електроспоживання підприємства, в тому числі в періоди максимальних навантажень енергосистеми;
- фіксувати відхилення контрольованих параметрів енергоресурсів, їх оцінка в абсолютних і відносних одиницях для аналізу як енергоспоживання, так і виробничих процесів з метою мінімізації витрат на енергоресурси і відновлення виробничих процесів після їх порушення через вихід контрольованих параметрів енергоресурсів за допустимі межі;
- прогнозувати енергоспоживання з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок планування енергоспоживання;
- автоматично керувати енергоспоживанням на основі заданих критеріїв і пріоритетних схем включення/відключення споживачів-регуляторів з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок економії ручної праці і забезпечення якості управління;
- підтримувати єдиний системний час з метою мінімізації невиробничих витрат на енергоресурси за рахунок забезпечення синхронних вимірювань;
- зменшити витрати підприємства на електроенергетичні ресурси без зниження рівня електроспоживання за рахунок вибору оптимальних тарифів під час розрахунків за електричну енергію;

					ДП 2025 141	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечити необхідну точність й достовірність обліку електроенергії, що в свою чергу дозволить суттєво знизити вірогідність порушення договірних умов електропостачання, в тому числі перевищення потужності, заявленої підприємством в години максимальних навантажень енергосистеми, а відтак й знизити ризик нарахування штрафів;

- керувати режимами електроспоживання з метою оптимізації витрат на електричну енергію за рахунок використання електроенергії в години доби, яким відповідають найнижчі тарифні коефіцієнти, ще більше заощаджуючи під час оплати спожитої електроенергії. Вибір трансформаторів струму.

В приєднанні НН

Вибираємо трансформатор струму типу ТШ-0,66 згідно сайту <http://www.megommetr.com> :

$$I_{\text{НОМ}} = 400 \text{ A} > I_{\text{МАХ}} = 366 \text{ A};$$

$$U_{\text{М}} = 0,66 \text{ кВ} > U_{\text{Н}} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$K_{\text{T}} = 0,5; Z_{2\text{НОМ}} = 2 \text{ Ом}; I_2 = 5 \text{ A}.$$

Дані приладів зводимо у табл.. 10.1.

Таблиця 10.1.

Прилад	Тип приладу	А, В·А	В, В·А	С, В·А
А	Э351	0,5	-	-
Wh	НІК 2303	1,0	-	1,0
Varh	АРП1	2,0	-	2,0
Разом		3,5	-	3

Вибираємо трансформатор струму на ТП типу ТШ- 0,66 згідно сайту
<http://www.megommetr.com>:

$$I_{НОМ} = 400 \text{ A} > I_{МАХ} = 655,32 \text{ A};$$

$$U_M = 0,66 \text{ кВ} > U_H = 0,4 \text{ кВ};$$

$$K_T = 0,5; \quad Z_{2НОМ} = 2 \text{ Ом}; \quad I_2 = 5 \text{ А..}$$

					ДП 2025 141	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Якість електричної енергії в системі електропостачання

11.1. Основні показники якості електроенергії (ПЯЕ)

Стандартом встановлюються наступні показники якості електроенергії (ПКЕ):

- усталене відхилення напруги;
- розмах зміни напруги;
- доза флікера;
- коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги ;
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю;
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю;
- відхилення частоти;
- тривалість провалу напруги;
- імпульсна напруга;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги.

Кількісна характеристика якості електроенергії виражається відхиленнями напруги і частоти, розмахом коливань напруги і частоти, коефіцієнтом несинусоїдальності форми кривої напруги, коефіцієнтом несиметрії напруги основної частоти.

Відхилення частоти - різниця, усереднена за 10 хвилин між фактичним значенням основної частоти і номінальним її значенням. Відхилення частоти від номінального значення в нормальному режимі роботи допускається в межах $\pm 0,1$ Гц. Короткочасні відхилення можуть досягати $\pm 0,2$ Гц.

Коливання частоти - різниця між найбільшим і найменшим значеннями основної частоти в процесі досить швидкої зміни параметрів режиму, коли

					ДП 2025 141			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковалевський			Якість електричної енергії в системі	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Зінкевич П.					67	
Реценз.						ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		
Н. контр.		.						
Затверд.		Балюта С.М.						

швидкість зміни частоти не менше 0,2 Гц в секунду. Коливання частоти не повинні перевищувати 0,2 Гц понад допустимі відхилень 0,1 Гц:

Коливання напруги оцінюється наступними показниками:

1) Розмахом зміни напруги ΔU (див. Рисунок 1.1), тобто різницею між найбільшим і найменшим діючими значеннями напруги в процесі досить швидкої зміни параметрів режиму, коли швидкість зміни напруги не менше 1% в секунду.

2) Частотою змін напруги.

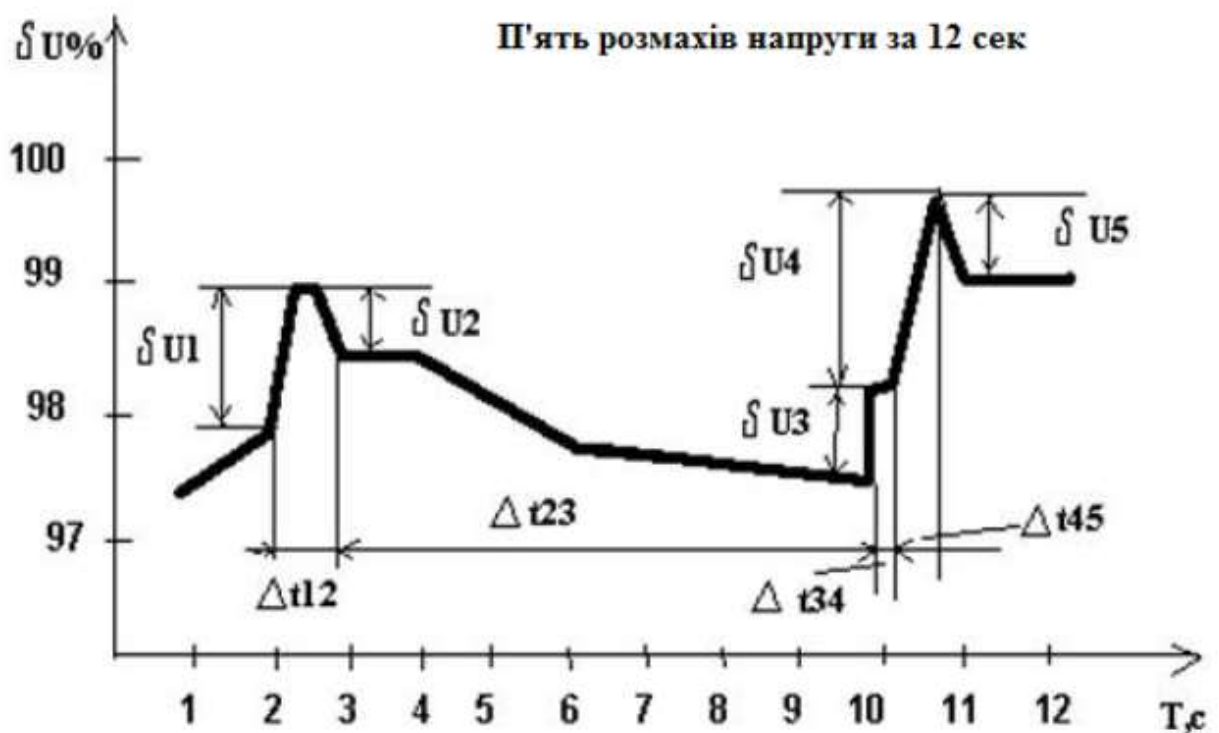


Рис. 11.1 - Розмах зміни напруги

Несинусоїдальність напруги мережі характеризується коефіцієнтом несинусоїдальності (спотворення) кривої напруги.

Під несиметрією напруг розуміють нерівність фазних або лінійних напруг за амплітудою і кутах зсуву між ними.

Фізичний сенс і нормування значення показників якості електроенергії, згідно з ГОСТ 13 109-97.

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Нормування значень показників якості електроенергії відноситься до числа головних питань проблеми якості електроенергії. Систему показників якості електроенергії утворюють кількісні характеристики повільних (відхилення) і швидких (коливання) вимірювань діючого значення напруги, його форми і симетрії в трифазній системі, а також змін частоти. Принципи нормування показників якості електроенергії по напрузі ґрунтуються на техніко-економічні передумови та полягають у наступному:

а) показників якості електроенергії по напрузі мають енергетичний сенс, тобто характеризують потужність (енергію) спотворення кривої напруги, ступінь негативного впливу енергії спотворення на електрообладнання і технологічні процеси порівнюються із значенням показників якості електроенергії;

б) гранично допустимі значення показників якості електроенергії вибираються з техніко-економічних міркувань;

в) показники якості електроенергії нормуються протягом певного інтервалу часу із заданою ймовірністю для отримання достовірних і порівнянних значень;

г) допустимі значення показників якості електроенергії вказуються на затискачах ЕП в вузлах електромереж.

У більшості країн СНД прийнятий стандарт ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення», в якому в якості допустимих значень показників якості електроенергії прийняті, в основному, рівні електромагнітної сумісності в СЕС, наведені в публікаціях МЕК в якості рекомендацій для складання національних стандартів. Відповідно до стандарту ГОСТ 13109-97, систему ПKE при живленні від електромереж трифазного струму утворюють відхилення напруги, розмах змін напруги (амплітуда КН), інтенсивність (доза) флікера, коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої лінійної (фазної) напруги, коефіцієнт п-ої ВГ, коефіцієнт зворотної та нульової послідовності напруги, імпульс напруги, коефіцієнт тимчасової перенапруги, відхилення частоти.

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Стандартом ГОСТ встановлено 2 види норм на якості електроенергії - нормативно допустимі і гранично допустимі величини. Оцінка відповідності показникам якості електроенергії вимогам стандарту проводиться протягом розрахункового часу, рівного 24 ч.

11.2. Вимоги до якості електроенергії

Відповідно до стандарту протягом не менше 95% часу кожної доби фазна напруга має перебувати в діапазоні 209-231 В (відхилення 5%), частота в межах 49.8-50.2 Гц, а коефіцієнт несинусоїдальності не повинен перевищувати 5%. Решта 5 або менше відсотків часу кожної доби напруга може змінюватися від 198 до 242 В (відхилення 10%), частота від 49,6 до 50,4 Гц, а коефіцієнт несинусоїдальності повинен бути не більше 10%. Допускаються також більш серйозних змін частоти: від 49,5 Гц до 51 Гц, але загальна тривалість таких змін не повинна перевищувати 90 годин за рік.

Аваріями електропостачання називаються ситуації, коли показники якості електроенергії короткочасно виходять за встановлені межі. Частота може відхилятися на 5 Гц від номінального значення. Напруга може знижуватися до нуля. Надалі показники якості повинні відновлюватися.

11.2. Методи та засоби підвищення якості електроенергії

На сьогоднішній день суттєвою проблемою енергетики в Україні являється якість електроенергії в розподільних електромережах 10 кВ, вимоги до якої визначені в [1]. Низька якість електроенергії призводить [2] до великих економічних проблем, обумовлених втратами електроенергії, зносу обладнання, в тому числі трансформаторів, ліній електропередач, виходу з ладу обладнання, яке чутливе до перепадів напруги, особливо обладнання, що містить мікропроцесорні блоки. В Україні на 2008 рік було виявлено по даним Інституту електродинаміки НАН України зниження якості електроенергії збільшує її витрати на 10-12% [3]. Тобто ціна на електроенергію буде тільки

					ДП 2025 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

збільшуватися. Збитки від провалів і раптового підвищення напруги, від імпульсів напруги і гармонік складають [4] в Канаді 1,2 млрд. доларів щорічно, а у колишньому СРСР – близько 10 млрд. доларів.

Істотні відхилення показників якості електроенергії від нормативних значень виникають у зв'язку зі змінами структури споживання електроенергії, масового впровадження засобів регулювання навантаження і електрообладнання з різкозмінним, несиметричним і нелінійним навантаженням [5]. Це в свою чергу може призводити до зміни режимів роботи електричних мереж, підвищених втрат електроенергії, зростання числавідмов електротехнічного обладнання, порушення технологічних процесів споживачів електроенергії і виникнення взаємних претензій електропостачальних організацій і споживачів електроенергії.

Для вирішення проблеми моніторингу і керування якістю електроенергії наразі існує ряд систем і пристроїв.

1. Система моніторингу і управління якістю електроенергії (СМіУКЕ) “Гармоника” призначена [3]:

- для контролю показників якості електроенергії (ПКЕ) по класу «А» вимірювань ГОСТ 30804.4.30;
- для реєстрації рівня порушень показників якості в окремих вузлах мереж електропостачання шляхом моніторингу ПКЕ;
- для аналізу впливу якості електроенергії на роботу магістральних та розподільчих мереж, мереж промислових підприємств і енергоустановок споживачів;
- для забезпечення підтримки вибору методів підвищення та управління якістю електроенергії, розрахунку параметрів технічних засобів, що реалізують ці методи.

Можливості системи дозволяють виявити причини відхилення якості електроенергії від норми, оцінити надійність системи електропостачання і

					ДП 2025 141	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи технологічного обладнання споживачів, а також вибрати ефективні засоби для підвищення якості електроенергії.

Система моніторингу і управління якістю електроенергії (СМіУКЕ) “Гармоника»” здійснює такі базові функції:

- безперервні вимірювання різноманітних параметрів електроенергії (включаючи ПКЕ) в електричних мережах 0,4-1150 кВ за допомогою синхронізованих по GPS / ГЛОНАСС стаціонарних і / або мобільних засобів вимірювань;
- збір, зберігання і передачу з рівня енергооб’єктів на рівень диспетчерських центрів (центрів управління) результатів вимірювань;
- визначення статистичних характеристик показників якості електроенергії і автоматизоване формування стандартизованих звітів про якість електроенергії;
- автоматизований аналіз даних з метою визначення можливих причин зниження якості електроенергії в електричних мережах;
- моделювання та аналіз режимів роботи електричних мереж з урахуванням результатів вимірювань щодо порушень якості електроенергії для комплексної оцінки впливу якості електроенергії на ефективність передачі і використання електроенергії і для розробки заходів по підтримці якості електроенергії в необхідних межах.

2. Для контролю показників якості в режимі реального часу служить автоматизована система контролю якості електроенергії (АСКЯЕ) [6].

Основні функції АСКЯЕ:

- контроль показників якості електроенергії в режимі реального часу (показники виводиться на екран диспетчера) дозволяє проводити експрес аналіз стану електромережі та попереджати можливі аварії;
- формування звітів по якості електроенергії (відповідно до ГОСТ 13109-97) для підготовки документів і ведення претензійної роботи з постачальниками електроенергії;

					ДП 2025 141	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- формування бази даних для аналізу стану енергосистеми і розробки заходів щодо забезпечення нормального функціонування устаткування.

АСКЯЕ створена на основі програмного комплексу RedPine - нового покоління, яка забезпечує збір, аналіз і відображення інформації про відхилення показників якості електроенергії від значень, визначених чинним ГОСТ. Комплекс RedPine встановлений на багатьох об'єктах промисловості і в сфері ЖКГ як база для систем обліку, контролю і диспетчеризації інженерних мереж.

3. Прилад контролю якості електроенергії:

Виробник SATEC LTD.

Прилад вимірює, обчислює і реєструє всі показники якості електричної енергії визначені в ГОСТ13109-97 [6]:

- сталі відхилення напруги в режимах найбільшою, найменшою і добового навантаження;

- спотворення синусоїди напруги;

- коефіцієнт n-ой гармонійної складової напруги;

- несиметрія напруг по зворотної та нульової послідовності;

- відхилення частоти;

- розмах зміни напруги і доза флікера; □ провали напруги;

- імпульсна напруга і тимчасові перенапруги;

- видача звітів згідно РД 153-34.0-15.501-00. Також існують методи регулювання напруги величезних мережах за допомогою трансформаторів з перемиканням регульованих відгалужень без збудження (ПБЗ) та з перемиканням регульованих відгалужень під навантаженням (РНП) [7]. В теперішній час трансформатори з ПБЗ виготовляють з основним і чотирма додатковими відгалуженнями. Трансформатори з регулюванням напруги під навантаженням [8], тобто з вбудованим пристроєм РПН [9] відрізняються від трансформаторів з ПБЗ наявністю спеціального перемикаючого пристрою, а також збільшеною кількістю ступенів регульованих відгалужень і діапазоном

					ДП 2025 141	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювання. Пристрій РПН є елементом з обмеженим ресурсом перемикання. До того ж час перемикання відпайки 5 с [10]. Цих недоліків не мають безконтактні пристрої РПН, в яких застосовуються напівпровідникові силові ключі. Трансформатори, обладнані такими пристроями мають час перемикання відпайки 10 мс, а саме перемикання не супроводжується появою вищих гармонік, відповідно покращується динамічна стійкість системи регулювання напруги.

Існують також більш складні системи керування якістю електроенергії з можливістю активного втручання в оперативному режимі.

					ДП 2025 141	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Спеціальне завдання.

Мікропроцесорний лічильник Альфа А1140

Багатофункціональний мікропроцесорний лічильник АЛФА А1140 трансформаторного включення призначений для обліку активної та реактивної енергії і потужності в трифазних мережах змінного струму в режимі багато тарифні, зберігання вимірюваних даних у своїй пам'яті, а також передачі їх по цифровим і імпульсним каналах зв'язку на диспетчерський пункт з контролю, обліку та розподілу електроенергії.

Лічильник АЛФА А1140 призначений для установки на перетікання, генерацію, високовольні підстанції, в розподільні мережі і на промислові підприємства.

Функціональні можливості лічильників АЛФА А1140

- Вимірювання активної та реактивної енергії та потужності з класом точності 0.2S, 0.5S в режимі багато тарифного.
- Вимірювання параметрів електромережі з нормованими похибками.
- Фіксація максимальної потужності навантаження із заданим усередненням.
- Фіксація дати і часу максимальної активної та реактивної потужності для кожної тарифної зони.
- Запис та зберігання даних графіка навантаження і параметрів мережі в пам'яті лічильника.
- Передача результатів вимірювань за цифровим і імпульсним каналах зв'язку.
- Автоматичний контроль навантаження та сигналізація про вихід параметрів мережі за встановлені межі.
- Облік втрат у силовому трансформаторі та лінії електропередачі.

					ДП 2025 141							
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат								
Розроб.					Мікропроцесорний лічильник Альфа А 1140			Літ.	Арк.	Архівів		
Перевірів										75		
Т.Контр.												
Н. Контр.												
Затверд.	Балюта С.М.											

Лічильник АЛФА А1140 може бути обладнаний одночасно декількома незалежними цифровими інтерфейсами (RS-485, RS-232) для підтримки різних завдань в інформаційному обміні.

Лічильник АЛФА А1140 має збільшену пам'яттю, що дозволяє йому вести запис трьох незалежних масивів профілю навантаження по енергії та потужності з різними інтервалами усереднення (1, 2, 3, 5, 6, 10, 15, 30 і 60 хв.) А також до 32 різних графіків параметрів мережі з двома різними інтервалами.

Крім того, записані за останній інтервал дані параметрів мережі, які зберігаються в окремому блоці пам'яті лічильника, можна зчитувати безпосередньо з частотою порядку декількох секунд. Комерційні дані по електроенергії та потужності можна зчитувати при цьому по другому цифровому інтерфейсу, з іншого частотою, наприклад 30-хв. Що дозволяє використовувати лічильник АЛФА А1140 одночасно як приладу комерційного обліку і як датчика (з заміщають даними) для систем оперативно-диспетчерського та технологічного управління SCADA.

Вбудована плата додаткового живлення, заміна батареї без розтину лічильника, 16-сегментний дисплей з підсвічуванням, відкритий протокол ANSI для читання лічильника - додаткові опції, які забезпечують зручність роботи з новим лічильником.

Розширені функції захисту

Лічильник АЛФА А1140 відрізняється підвищеним рівнем захисту комерційної інформації від помилок і навмисних дій.

- Захист від несанкціонованого доступу (паролями на ПЗ, лічильник і пломбуванням).
- Фіксація дати і часу зняття кришки лічильника та кришки клемника.
- Запис фактів зміни конфігурації лічильника.
- Фіксація спроб зв'язку з невірним паролем.
- Фіксація відключення фаз напруги.
- Вимірювання потужності по модулю для кожної фази.

					ДП 2025 141	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дат		76

- Фіксація фактів реверсу енергії.
- Фіксація перевищення заданих порогів по потужності.
- Самодіагностика.
- Збільшений журнал подій (до 255 записів в усіх журналах, до 35 наборів авто читання).

Лічильник АЛЪФА А1800 захищений міцним полікарбонатні корпусом і володіє винятковими робочими характеристиками, навіть при мінливих і суворих зовнішніх умовах, будь то екстремальні температури, вода або пари.

Призначення

Лічильники електричної енергії трифазні багатофункціональні Альфа А1140 (Далі - лічильники Альфа А1140) відповідають вимогам ГОСТ Р 52323-2005 (МЕК 62053-22:2003) для класів точності 0,2 S; 0,5 S і ГОСТ Р 52322-2005 (МЕК

62053-21:2003) для класів точності 1 і 2 (в частині вимірювань активної енергії);

ГОСТ 26035-83 (в частині вимірювань реактивної енергії).

Лічильники Альфа А1140 призначені для обліку активної та реактивної енергії і потужності в колах змінного струму в одно-або багатотарифні режимах; для використання в енергосистемах, на перетоках, а також для промислових, дрібно моторному і побутових споживачів .

Комплектність

У комплект поставки лічильника Альфа А1140 входять:

- лічильник - 1 шт.
- паспорт - 1 прим.
- керівництво по експлуатації (допускається поставляти 1 прим. на партію лічильників до 10 штук; уточнюється при замовленні) - 1 прим.
- методика повірки (на вимогу ЦСМ) - 1 прим.
- пакувальна тара - 1 шт.

					ДП 2025 141	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На вимогу замовника за окрему плату поставляються:

- програмний пакет Metercat для параметризації лічильників;
- оптичний перетворювач AE1.

Конструкція

Лічильник Альфа A1140 складається з вимірювальних датчиків напруги і струму, спеціалізованої НВІС вимірювання та швидкодіючого мікроконтролера. Виміряні величини та інші необхідні дані відображаються на рідкокристалічному індикаторі (ЖКИ), призначеному для роботи в широкому температурному діапазоні.

Джерелом живлення для електронної частини системи є імпульсний джерело живлення, що дозволяє забезпечити широкий діапазон робочої напруги та будуть використані конструктивно лічильник одного типу в ланцюгах різного напруги. У разі відсутності основного живлення передбачено використання зовнішнього (додаткового) джерела живлення.

Мікропроцесорне виконання лічильника Альфа A1140 робить його програмованим, що дозволяє використовувати лічильник з широким набором різноманітних функцій.

У лічильнику закладена можливість модернізації: додаткові електронні плати пам'яті, інтерфейсів і управління іншими пристроями можуть бути підключені до основної материнської плати за допомогою контактних роз'ємів. Таким чином, можна значно розширити функціональні можливості лічильника Альфа A1140.

Корпус лічильника

Лічильник Альфа A1140 розміщений в міцному корпусі полікарбонатною, що забезпечує його надійний захист від ударів, механічних пошкоджень, а також від впливу зовнішнього середовища (вода, пил, пісок) у відповідності зі строгими вимогами стандарту IP54.

Лічильник складається з наступних основних частин:

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Модуль шасі (підстава).
- Електронний модуль
- Внутрішня кришка електронного модуля лічильника.
- Кришка лічильника.
- Кришка затискної плати.

Прозора кришка прикриває дисплей (ЖКИ) і знімний щиток лічильника, кришка затискачів закриває затискача плати і виходи інтерфейсів. Кожна з кришок пломбується окремо.

Модуль шасі

Модуль шасі, виготовлений з полікарбонату, включає в себе підставу, в якому встановлені вимірювальні струмові трансформатори, сполучні кабелі струмових ланцюгів і ланцюгів напруги. До шасі кріпиться клемна коробка для підключення вимірювальних ланцюгів, і є поглиблення для встановлення літєвої батареї. Також у модулі шасі встановлюються затискачі додаткового живлення.

На лицьовій панелі лічильника також розташовані дві кнопки. Кнопка ALT служить для перекладу РКІ лічильника в альтернативний режим роботи, а кнопка СБРОС для скидання максимальної потужності. Кнопка СБРОС має отвір для встановлення пломби, яка виключає натискання кнопки. Пломба може бути встановлена при вертикальному положенні ручки кнопки. Щоб натиснути на кнопку, необхідно повернути ручку кнопки в горизонтальне положення.

Перше натискання на кнопку ALT включає підсветки РКІ. Друге натискання переводить дисплей в альтернативний режим.

Внутрішня кришка

Внутрішня кришка електронного модуля виконана з полікарбонату. У кришці закріплений дисплей, знімний щиток лічильника і додатковий знімний щиток споживача.

					ДП 2025 141	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дат		79

Прозора кришка

Кришка лічильника представляє собою прозору полікарбонатну конструкцію, що з'єднуються з модулем шасі внутрішніми засувками і закріплюються двома гвинтами із заводськими пломбами. У кришку вмонтовано кнопки ALT і СБРОС і металева пластина для кріплення до оптичного порту за допомогою магніту оптичного перетворювача.

Кришка затискачів

Кришка затискачів кріпиться до модуля шасі двома гвинтами, на які можуть встановлюватися пломби. На внутрішній стороні кришки розміщені схеми підключення лічильника, цифрових інтерфейсів і імпульсних вихідних пристроїв.

Датчики

У конструкції лічильника передбачені два датчики. Один з них спрацьовує при знятті кришки затискної плати; другий - при знятті кришки лічильника.

При знятті кришки затискної плати на РКІ лічильника з'являється трикутний індикатор над написом "ОК", який світиться до тих пір, поки кришка затискачів знята. При цьому в журналі подій фіксуються дата і час зняття кришки затисків.

У журналі подій також фіксується дата і час зняття кришки лічильника. Спрацьовування датчиків і, відповідно, запис в журналі подій факту зняття будь-який з кришок відбувається і при відключеному живленні.

Оптичний порт

Оптичний порт, розташований на кришці лічильника, використовується для зв'язку лічильника АЛЬФА А1140 з комп'ютером через оптичний перетворювач з інтерфейсом RS-232 і служить для:

- Заводський калібрування.
- Програмування.
- Метрологічній повірки.
- зчитування даних.

					ДП 2025 141	Адк.
						80
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Максимальна швидкість передачі інформації 19200 бод обмежена часом реакції оптичних елементів.

Перетворювач АЕ1

Перетворювач АЕ1 (оптичний кабель) являє собою пристрій зв'язку між оптичним портом лічильника і послідовним портом комп'ютера, перетворює оптичні сигнали лічильника в рівень напруг послідовного інтерфейсу RS-232. Довжина кабелю перетворювача складає 1,5 м. Живлення здійснюється безпосередньо від РС.

Технічні характеристики лічильників

Технічні характеристики лічильників Альфа А1140 наведені в таблиці 1

Класи точності лічильників Альфа А1140 прямого і трансформаторного включень з активної та реактивної енергії наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Вимірювана енергія	Клас точності лічильника			
Активна	0,2S	0,5S	1	2
Реактивна	0,5	1,0	2,0	2,0

Стійкість лічильників до зовнішніх впливів

Робочі умови застосування лічильників Альфа А1140 за ГОСТ 22261-94

слідують:

Змін.	Док.	№ докум.	Підпис	Дат.	ДП 2025 141	Док. 84
-------	------	----------	--------	------	-------------	------------

Найменування характеристики	Значення	Примітка
Клас точності - За активної енергії (ГОСТ Р 52323-2005, ГОСТ Р 52322-2005) - По реактивній енергії (ГОСТ 26035-83)	0,2S; 0,5S; 1; 2 0,5; 1,0; 2,0	В залежності від виконання
Додаткові похибки, викликані зміною впливаючих величин		Не превосходят пределов, установленных в ГОСТ Р 52323-2005 и ГОСТ Р 52322-2005
Номинальні напруги, В Робочий діапазон напруг, В	3х57/100, 3х220/380, 3х127/220; 3х100, 3х220 (0,8-1,2) $U_{ном}$	Допускаются 3х63/110, 3х230/400, 3х110, 3х230
Частота мережі, Гц	47,5 - 52,5	(57 - 63) - по замовленню
Номинальні (максимальні) струми, А	1 (2), 1 (10), 5 (10), 10 (100)	
Початковий струм (чутливість) - клас точності 0,2S и 0,5S - клас точності 1 - клас точності 2 (безпосереднє. включ.)	0,001 $I_{ном}$ 0,002 $I_{ном}$ 0,005 $I_б$	При коефіцієнті потужності, рівному 1
Споживана потужність по ланцюгах напруги, Вт ($B \cdot A$), менш	2 (3,6)	
Споживана потужність по ланцюгах струму, мВт ($mB \cdot A$)	2,5 (3,0) 12,5 (15,0)	

- Трансформаторне включення (при Іном) - Безпосереднє включення (при Іб)		
Розрядність РКІ - Дробова частина (кількість знаків після коми)	8 розрядів програмується	
Кільк.тарифн.зон	До 4	
Похибка ходу внутрішнього годинника, с / добу	$\pm 0,5$	
Робочий діапазон температур, ° С	От -40 до +65	
Відносна вологість (Неконденсуюча),%	0 - 98	
Швидкість обміну інформацією при зв'язку з лічильником по цифровим інтерфейсам	300 - 19200 2	
Кількість імпульсних каналів	До 6	
Постійна лічильника по імпульсного виходу, імп / кВт • г (квар • г)	От 100 до 40000	Задається програмно
Загальна тривалість вихідних імпульсів, мс	120	Можливе інше значення по замовленню
Захист від несанкціонованого доступу: - Пароль лічильника - Апаратна блокування - Контроль зняття кришки затискачів	€ € €	

Збереження даних у пам'яті, років	30	При відсутності живлення
Самодіагностика лічильника	є	Виконується при включення живлення, а також після кожного обміну через оптичний порт
Ступінь захисту корпусу	IP54	Лічильник призначений для внутрішньої установки
Габаритні розміри (висота x ширина x товщина), мм, не більше	307 x 170 x 89	
Маса, кг, не більше	2,0	
Середнє напрацювання до відмови, г, не менше	120000	
Міжпровірочний інтервал, років	12	
Термін служби, років, не менше	30	

- в частині кліматичних впливів - по групі 5, тобто:
 - Температура навколишнього повітря від мінус 40 ° С до плюс 65 ° С;
 - Відносна вологість повітря не більше 98% при температурі 25 ° С;
 - Атмосферний тиск від 60 до 106,7 кПа.
- в частині механічних впливів - по групі 5.

Електромагнітна сумісність

Лічильники Альфа А1800 щодо електромагнітної сумісності повністю відповідають вимогами ГОСТ Р 52320-2005.

Безпека лічильників

Лічильники Альфа А1140 відповідають вимогам ГОСТ 12.2.003-91 і ГОСТ 12.2.007.0-75 за загальною безпеки; відносяться до приладів класу захисту - не нижче II за ГОСТ Р 51350-99.

Опір ізоляції електрично не пов'язаних ланцюгів відносно один одного і корпусу лічильника не менше:

- 20 МОм - в нормальних умовах застосування;
- 5 МОм - при температурі 60 ° С і вологості не більше 80%;
- 2 МОм - при температурі 30 ° С та вологості 95%.

Конструкція лічильників забезпечує відсутність надмірного перегріву в робочому стані згідно з вимогами ГОСТ Р 51350-99.

Надійність лічильників

Показники надійності лічильників Альфа А1140 найскладнішою комплектації:

- наробіток до відмови
120000 год - відповідно до ТУ;
120000 год - відповідно до розрахунку за американським стандартом MIL 217E;
- термін служби - не менше 30 років.

Лічильники Альфа А1800 відносяться до не відновлювальної на місці експлуатації виробам, розрахованим на безперервний режим роботи, але час відновлення процесу обліку електроенергії залежить від наявності резервного лічильника на складі і часу його підключення, що зазвичай займає не більше 2 годин.

Позначення модифікацій лічильників

Альфа А1800

Приклад запису виконання лічильника - А1802RALXQV - Р4GB - DW - 4, де

А18 - лічильник Альфа А1800;

02 - Лічильник трансформаторного включення класу точності 0,2 S;

RALXQV:

Р (Т) - вимірювання активної та реактивної енергії в багато-тарифні режимі

					ДП 2025 141	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

(вимірі активної енергії в багато тарифні режимі);

A - двонаправлені вимірювання;

L - графіки навантаження по енергії і графіки параметрів мережі;

X - додаткова пам'ять 1 Мб;

Q - вимірювання параметрів мережі з нормованою похибкою;

V - функція обліку втрат

P4 - P1-P6 кількість імпульсних каналів (від одного до шести);

G - основний цифровий порт (інтерфейс RS485 або RS232);

B: B - додатковий цифровий інтерфейс RS485;

S - додатковий цифровий інтерфейс RS232;

E - додатковий цифровий інтерфейс Ethernet

D - підсвічування дисплея;

W - додаткове харчування;

4: 4 - трьохелементної лічильник (чотирипровідна лінія);

3 - Двохелементний лічильник (трипровідній лінія)

Примітки

1 За відсутності в лічильнику додаткових функцій, що позначаються символами "A", "L", "X", "Q", "V", "D", "W", ці символи в позначенні модифікації відсутні. Відсутність символу "Q" означає вимірювання параметрів мережі без нормування похибки вимірювань.

2 В якості основного цифрового порту може використовуватися один з двох інтерфейсів: RS232 або RS485.

Додатковим цифровим портом може бути інтерфейс RS485 (індекс "B" в позначенні), інтерфейс RS232

(Індекс "S" в позначенні) або інтерфейс Ethernet (індекс "E" у позначенні). При відсутності додаткового

					ДП 2025 141	Адк.
						86
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дат		

порту ("B", "S" або "E") та імпульсних каналів ("P") їх індекси в позначенні лічильника відсутні.

Основні модифікації

Лічильник Альфа А1800 має дві базові модифікації:

A18xxT - лічильник призначений для вимірювання активної енергії та максимальної

потужності в одному напрямку в режимі багато тарифного;

A18xxR - лічильник має можливість вимірювання у двох варіантах:

а) активної енергії та максимальної потужності у двох напрямках у багато тарифному режимі;

б) активної та реактивної енергії та максимальної потужності в одному напрямку - в багато тарифному режимі.

У лічильників Альфа А1140 базових модифікацій чотири імпульсних каналу та основного цифрового інтерфейс ("G").

Додаткові функціональні можливості лічильників Альфа А1140 наведені у таблиці 4:

- Вимірювання у зворотному напрямку, додаткові 4 виміру (символ "A" в позначенні модифікації);
- Ведення графіків навантаження по енергії і графіків параметрів мережі (символ "L" в позначенні);
- Наявність плати розширеної пам'яті (символ "X" у позначенні);
- Вимірювання параметрів мережі з нормованою похибкою (символ "Q");
- Облік втрат у трансформаторі та лінії електропередачі (символ "V" у позначенні конусообразного).

Підготовка лічильника до монтажу

6.1 Установчі розміри лічильника

Лічильник Альфа А1140 має зручний і безпечний корпус, що дозволяє

встановлювати його практично в будь-електротехнічній шафі

використовуючи

стандартне розташування настановних отворів.

Для зручності установки лічильника на зворотному боці корпусу зверху передбачений кронштейн з кріпильним вушком, що приймає три фіксованих положення: в одному випадку - прихована положення (за корпусом), два інших -

видимі (над верхньою частиною корпусу). Габаритні й настановні розміри лічильника наведені в розділі 11 цього паспорту.

6.2 Електричні з'єднання

Перед монтажем лічильника Альфа А1140 необхідно перевірити наявність у паспорті на даний лічильник відміток ВТК заводу-виробника та повірники, а також наявність і збереження на лічильнику всіх пломб (див. розділ 10).

УВАГА: Гарантія не поширюється на лічильник, який не має пломбу ВТК заводу-виробника.

Електричні з'єднання необхідно робити відповідно до рекомендацій чинної нормативно-технічної документації на дані види робіт.

Слід пам'ятати, що наявні в лічильнику імпульсні вихідні пристрої є пасивними й розраховані на робочу напругу до 240 В і струм до 100 мА. Нумерація і призначення затискачів вказані в 12.1 справжнього паспорта.

Отвори затискної плати дозволяють підключати проводи ланцюгів напруги та струмових ланцюгів максимальним діаметром / перетином:

5 мм/19, 6 мм² - для лічильників трансформаторного включення;

7 мм/38, 5 мм² - для лічильників безпосереднього включення.

Перед монтажем з підключається ділянки проводу (кабелю) довжиною приблизно 10 мм необхідно зняти ізоляцію.

Затискачі лічильника мають по два гвинти для забезпечення надійного з'єднання з проводом; для регулювання гвинтових кріплень використовуються

як звичайні, так і хрестові викрутки.

ДП 2025 141

Арк.

89

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

Заходи безпеки

- 1) Монтаж і експлуатація лічильників Альфа А1140 повинні вестися у відповідності з діючими правилами технічної експлуатації електроустановок.
- 2) Фахівець, що здійснює установку, обслуговування та ремонт лічильника, повинен бути атестований з електробезпеки на групу не нижче третьої та виконувати роботи відповідно до вимог міжгалузевих «Правил з охорони праці (правил безпеки) при експлуатації електроустановок».
- 3) Монтаж, демонтаж, ремонт, повірка та пломбування повинні вироблятися тільки організаціями, що мають відповідний дозвіл на проведення даних робіт, та особами, що володіють необхідною кваліфікацією.
- 4) Підключення лічильника до вимірювальних ланцюгів і до джерела додаткового живлення, а також підключення імпульсних вихідних та вхідних напівпровідникових реле необхідно проводити тільки при відключеному напрузі відповідних ланцюгів, прийнявши необхідні заходи, запобігання будь-якого випадкового включення живлення.

УВАГА: Не подавати напругу та навантаження на пошкоджений або несправний прилад.

Щоб уникнути поломок лічильника і поразки електричним струмом персоналу не допускається:

- Класти або вішати на лічильники сторонні предмети, допускати ударів по корпусу лічильника і пристроїв сполучення;
- Виробляти монтаж і демонтаж лічильника при наявності в ланцюгах напруги і струму;
- Порушувати правильність підключення фаз напруги і нейтралі.

Контроль літієвої батареї

Літієва батарея забезпечує підтримку харчування мікроконтролера, провідного календар, і додаткової плати пам'яті під час відключення напруги на вимірювальних ланцюгах лічильника.

Розряд літієвої батареї відбувається тільки при відключених ланцюгах напруги,

у тому числі, і додаткового живлення. Якщо напруга на вимірювальних

Арк.

ДП 2025 141

90

ланцюгах присутня, то розряд літієвої батареї блокується.

У процесі експлуатації лічильника необхідно відстежувати появу на РКІ знаку «Знижена напруга літієвої батареї» та коду попередження "W1 000001", який висвічується у циклі прокручування параметрів.

Літієвий батарею слід замінити при появі вищевказаних знаків та попередження.

Якщо лічильник тривалий час знаходився без харчування, що призвело до розряду літієвої батареї, то необхідно спочатку зарядити Суперконденсатор, подавши напругу на лічильник, приблизно, на 30 хвилин, а потім замінити батарею, виконавши наступні операції:

- а) повністю знеструмити лічильник;
- б) зняти кришку затискачів (див. 8.1 цього паспорта);
- в) від'єднати роз'єм літієвої батареї;
- г) замінити літієву батарею;
- д) під'єднати літієву батарею до гнізда;
- е) встановити кришку затискачів, як описано в 8.1;
- ж) подати напругу на лічильник і переконатися, що знак «Знижена напруга на літієвої батареї »і попередження" W1 000001 "на РКІ відсутні.

Перевірка інформації на щитку

На щитку лічильника Альфа А1140 наведена наступна інформація:

- тип лічильника;
- серійний номер;
- номінальні величини струму, напруги і частоти;
- клас точності, рівень ізоляції, подвійна ізоляція, кількість елементів;
- найменування заводу-виробника або замовника;
- частота імпульсів світлодіодів (LED);
- частота імпульсного виходу;
- значення коефіцієнтів трансформації трансформаторів струму та напруги;
- Знак затвердження типу засоби вимірювання і Знак відповідності;

• дата випуску.					ДП 2025 141	Адк.
						91
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Перед установкою і пломбуванням лічильника на місці експлуатації необхідно перевірити відповідність даних, нанесених на щиток, реальним умовам в точці обліку (номінальним значенням напруги та струму мережі, значень коефіцієнтів трансформації трансформаторів струму та напруги).

У разі зміни коефіцієнтів трансформації і (або) частоти імпульсних виходів нові значення вказуються на додатковому щитку лічильника; при цьому інформація, наведена на додатковому щитку, є визначальною.

Пломбування

Лічильник Альфа А1140 має два рівні пломбування:

- Перший рівень

- на гвинти, що кріплять верхню і нижню частини корпусу лічильника, встановлюються пломби повірників та ВТК заводу-виготовлювача;

- Другий рівень

- гвинти кріплення кришки затискачів і кнопка "RESET" пломбуються пломбами енергопостачальної організації.

Необхідно переконатися в збереженні і правильності встановлення всіх пломб лічильника.

					ДП 2025 141	Адк.
						92
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дат		

13. Охорона праці

В даному дипломному проекті ми маємо прибудовану двотрансформаторну підстанцію, котра складається з двох трансформаторів типу ТМ630 та ТМ1000 кВА. Даний тип підстанції використовується через відсутність місця в цеху підприємства, для розташування трансформаторної підстанції.

Прибудована трансформаторна підстанція – це закрита трансформаторна підстанція, що має тільки один будівельний елемент, спільний з суміжними приміщеннями (стіну, перегородку або підлогу, що є перекриттям суміжного приміщення знизу).

Трансформатори доставляють на місце установки на автомашині, спеціальному транспорті (трейлері) або на залізничній платформі і встановлюють на фундамент або в камеру за допомогою лебідок і поліспастів, а якщо дозволяє вантажопідйомність - кранами.

		Трансформатор повинен бути захищений від впливу погодних умов					
				ДП 2025 141			
Зм.	Лист	На документах, де трансформатор під час транспортування та вантажно-розвантажувальних операцій таким чином:			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Ковалевський						
Перев.						93	
Реценз.					ОХОРОНА ПРАЦІ		
Н. контр.	.						
Затверд.	Балюта С.М.						
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		

1. При транспортуванні вантажним автотранспортом трансформатори поставляються без упаковки, прикріпленими до вантажівки тросами. Колеса не встановлені, але заблоковані у захисному положенні.
2. У випадках транспортування морським або повітряним транспортом трансформатор належним чином упаковується у відкритий або герметичний дерев'яний ящик.
3. Для переміщення усі трансформатори мають бути оснащені наступними допоміжними пристроями:
 - 4 колесами або полозами для переміщення;

- тяговими провусинами;

- 2 (або 4) підйомними скобами.

Під час вантажно-розвантажувальних операцій забороняється проходити під та/або поруч із трансформатором; завжди слід використовувати засоби індивідуального захисту (черевики, каску, рукавички).

Для підйомних операцій малого обсягу може бути використані відповідні домкрати. Як опорна подушка під домкрат використовується нижня конструкційна частина візка. Слід враховувати, що кількість тросів повинна відповідати кількості підйомних скоб, а максимальний верхній кут між тросами не повинен перевищувати 60° .

Пересування трансформаторів по похилій площині виробляють з ухилом не більше 15° . Швидкість переміщення трансформатора в межах підстанції на власних ковзанках не повинна перевищувати 8 м / хв.

Встановлення

Установка повинна проводитись кваліфікованими фахівцями, які мають досвід у галузі електроприладів та правил техніки безпеки.

Перед установкою слід переконатися в наявності захисних пристроїв (якщо є) (кабельних коробок, панелей, захисних корпусів вентиляторів і т.д.).

					ДП 2025 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			94

Для установки коліс підняти трансформатор і підставити під нього механічну опору з відповідним опором (при цьому троси повинні бути натягнуті) і закріпити гвинтами колеса, встановивши їх у бажаному напрямку.

Для підйому та вибору відповідного троса слід орієнтуватися на відповідні вказівки, що містяться в посібнику з експлуатації та обслуговування.

Для забезпечення безпеки під час роботи та експлуатації слід:

1. При зберіганні забороняється складувати один трансформатор чи корпус на інший.
2. Відповідні відстані від стін до деталей під напругою. Інформація на допоміжних та захисних пристроях має легко читатись; вони повинні бути в межах досяжності;
3. Повітряний потік не менше $4.5 \text{ м}^3/\text{хв.}$ на 1 кВт сумарних втрат.
При температурі в приміщенні вище 40°C рекомендується встановлення витяжного вентилятора. Подробиці завжди можна дізнатися у нашому відділі продажу.
4. Відсутність ризику крапель води та/або затоплення.
5. Стандартні конструкторські значення згідно ДСТУ ІЕС 60076-1:2016:
 - Макс. температура у приміщенні 40°C ;
 - Мін. температура у приміщенні 25°C ;
 - Висота над рівнем моря не більше 1000 м.

Заземлення

Кожен трансформатор має два контакти заземлення. Тільки один з них має відповідні шайби та гайку. Один з них повинен бути приєднаний до діючої пластини заземлення мідним провідником з поперечним перерізом не менше 16 мм^2 .

Обслуговування

Для виконання техобслуговування слід відключити трансформатор від джерела живлення та міцно приєднати до пластини заземлення.

Технічне обслуговування може виконуватися кваліфікованими фахівцями.

Варто слідкувати за температурою трансформатора перед початком кожної операції з чищення, техобслуговування та виконання проводки.

У разі необхідності заміни деталей через пошкодження або інші причини слід використовувати деталі з тими ж характеристиками надійності та безпеки, що й поставлені .

Щоб дістатися до верхніх частин трансформатора слід:

1. Не підніматися по трансформатору;
2. Використовуйте підйомні платформи або відповідні сходи;
3. Переконайтеся, що трансформатор досяг безпечної температури.

Виробник робіт, що виконуються по наряду в електроустановках напругою вище 1000 В, повинен мати групу по електробезпеці не нижче IV, в установках до 1000 В і для робіт, що виконуються по розпорядженню, - не нижче III. Допуск до роботи здійснюється допускаючим - відповідальною особою з оперативного персоналу.

Перед допуском до роботи відповідальний керівник і виробник робіт разом з тим, що допускає перевіряють виконання технічних заходів щодо підготовки робочого місця. Після цього той, що допускає перевіряє відповідність складу бригади і кваліфікації включених в неї осіб, прочитує по наряду прізвища відповідального керівника, виробника робіт, членів бригади і зміст дорученої роботи; пояснює бригаді, звідки знята напруга, де накладені заземлення, які частини ремонтowanego і сусідніх приєднань залишилися під напругою і які особливі умови виробництва робіт повинні дотримуватися; указує бригаді межі робочого місця і переконується, що все їм сказане зрозуміло бригадою. Після роз'яснень допускаючий доводить бригаді.

Вимоги безпеки під час встановлення, експлуатації
та ремонту електрообладнання:

1. Вміти застосовувати засоби індивідуального, колективного захисту, засоби пожежогасіння;

					ДП 2025 141	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вміти надавати першу допомогу потерпілим від нещасних випадків;
3. Знати і виконувати всі вимоги нормативних актів з охорони праці, правил протипожежного захисту та виробничої санітарії.
4. Дотримуватися вимог інструкцій з експлуатації обладнання;
5. Працівникові, який обслуговує закріплені за ним електричні установки напругою до 1000 В одноосібно, необхідно мати III групу з електробезпеки.
6. Встановити заземлення (включити заземлюючі ножі, застосувати переносні заземлення);
7. Працювати без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу них слід як мінімум двом працівникам, керівнику робіт, необхідно мати групу IV.
8. При знятті і встановленні запобіжників під напругою в електроустановках напругою до 1000 В слід заздалегідь відключити всі навантаження, які підключені до зазначених запобіжників; використовувати при цьому ізолюючі кліщі або діелектричні рукавички, а якщо є відкриті плавкі вставки, то і захисні окуляри.

Контроль за станом засобів захисту та їх облік

1. Усі електрозахисні засоби і запобіжні пояси, що перебувають в експлуатації, повинні мати інвентарні номери, за винятком захисних касок, діелектричних килимів, ізолювальних підставок, плакатів і знаків безпеки, захисних огорожень, а також штанг, які застосовують для перенесення і вирівнювання потенціалів.

Допускається використовувати для електрозахисних засобів і запобіжних поясів заводські номери. Порядок нумерації для кожного виду засобів захисту встановлюють на підприємстві.

Інвентарний номер на засіб захисту необхідно наносити будь-яким способом, який не погіршує механічних або ізоляційних властивостей засобу захисту. Наприклад, інвентарний номер наносять фарбою або вибивають на

металі безпосередньо на засобах захисту або на спеціальній бирці, що кріпиться

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025	141	Арк.	996
-----	------	----------	--------	------	---------	-----	------	-----

до засобу захисту.

Якщо засіб захисту складається з кількох частин, які рознімаються, то загальний номер необхідно ставити на кожній частині.

2. В підрозділах підприємств і організацій, які застосовують засоби захисту, необхідно вести "Журнал обліку та зберігання засобів захисту" згідно з додатком 1 до цих Правил. Наявність і стан усіх засобів захисту повинні перевірятись періодичним оглядом не рідше 1 разу на 6 міс. працівником, який відповідає за їхній стан, із записом результатів огляду в журнал.

Засоби захисту, що видані для індивідуального користування, також необхідно зареєструвати в журналі.

3. Засоби захисту, крім ізолювальних підставок, діелектричних килимів, переносних заземлень, захисних огорожень, плакатів і знаків безпеки, необхідно випробовувати згідно з нормами експлуатаційних випробувань.

4. На засоби захисту, що пройшли випробування, необхідно проставляти штамп.

На засоби захисту, застосування яких не залежить від напруги електроустановки (діелектричні рукавички, діелектричне взуття, протигази та ін.), необхідно проставляти штамп.

Штамп на засобах захисту повинно бути добре видно. Його наносять фарбою, що не змивається, або наклеюють на ізолювальній частині біля обмежувального кільця ізолювальних електрозахисних засобів або біля краю гумових виробів і запобіжних пристроїв. Якщо засіб захисту складається з кількох частин, штамп проставляють тільки на одній частині.

5. Засоби захисту, що не витримали випробування, потрібно вилучити з експлуатації, і штамп необхідно перекреслити червоною фарбою.

Забороняється зберігати засоби захисту, що не витримали випробування або термін випробування яких минув, разом з придатними для користування

					ДП 2025 141	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засобами захисту.

6. Результати електричних і механічних випробувань засобів захисту необхідно записувати в спеціальний журнал в лабораторії, де проводять випробування. За наявності великої кількості засобів захисту з діелектричної гуми результати їхніх випробувань необхідно записувати в окремий "Журнал випробувань засобів захисту з діелектричної гуми (рукавичок, ботів, діелектричних калош та ізолювальних накладок)"

7. На засоби захисту, що належать стороннім організаціям, також повинен проставлятися штамп і, крім того, замовнику необхідно видавати протоколи випробувань.

8. Ізолювальний інструмент, покажчики напруги до 1000 В, а також запобіжні пояси і страхувальні канати дозволяється маркувати доступними засобами із записом результатів випробувань у "Журнал обліку та зберігання засобів захисту"

9. Забороняється користуватись засобами захисту з простроченим терміном зберігання.

Практичний розрахунок

В завданні треба розрахувати заземляючий пристрій для нульової точки трансформатора потужністю 60кВА; напругою 6000/380 В у чотирьохпровідній трифазній мережі з глухо заземленою нейтраллю. Заземлювач виконати з сталевих труб діаметром $d=0,05\text{м}$ довжиною $l=2\text{м}$ з розміром сталеві з'єднувальної стрічки $40*4\text{мм}$, питомий електричний опір ґрунту $\rho = 60\text{ Ом}\cdot\text{м}$, кліматичний коефіцієнт $=1,2$. Допустимий опір заземлючого пристрою прийняти до 10 Ом .

Визначимо розрахунковий питомий опір $\rho_r = \rho \cdot \phi$,

де ρ - питомий опір ґрунту, $\text{Ом}\cdot\text{м}$,

ϕ - кліматичний коефіцієнт

Вибираємо тип ґрунту $\rho = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, а кліматичний коефіцієнт відповідно $\phi = 1,2$. Тоді розрахунковий питомий опір буде

$$\rho_r = \rho \cdot \phi = 60 \cdot 1,2 = 72 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Приймаємо тип заземлювача і його розміри. Штучний заземлювач відноситься до типу трубчастий або стрижневою довжиною 2 м і діаметром $d = 0,05 \text{ м}$. Відстань від заземлювача до поверхні землі в розрахунках приймемо рівним $h = 0,8 \text{ м}$.

Розрахуємо опір розтікання одиночного трубчастого заземлювача:

$$R_0 = \frac{\rho_r}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right),$$

де: $H = h + \frac{l}{2} = 0,8 + \frac{2}{2} = 1,8 \text{ м}$ - відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

Використовуючи вище наведені дані, отримаємо:

$$R_0 = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 1}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,3 + 1}{4 \cdot 1,3 - 1} \right) = 72,0 / 2 \cdot 3,14 \cdot 2 = 26,59 \text{ Ом}$$

Кількість паралельно з'єднаних одиночних заземлювачів, необхідних для отримання допустимого значення опору заземлення, без урахування опору смуги з'єднання, буде становити:

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{доп}} \cdot \eta}$$

де η - коефіцієнт використання групового заземлювача. Згідно довідкових даних, кількість паралельно з'єднаних одиночних заземлювачів повинен бути не менше двох. Так як ми розраховуємо одиночне заземлення, то з довідкових

	таблиць вибираємо $\eta = 1$.				ДП 2025	141	Арк.
ЗМ:	АРК:	№ ДОКУМ:	Підпис	Дата			99

Тоді :

$$n = \frac{26,59}{10 \cdot 1} \approx 3.$$

Довжина смуги з'єднання визначається по формулі:

$$L = a(n - 1),$$

де $a = 0,5$ м - відстань між вертикальними заземлювачами.

Відповідно $L = 0,5 \cdot (3 - 1) = 1$ м. Розрахуємо опір смуги з'єднання, використовуючи формулу:

$$R_n = \frac{\rho_r}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{d \cdot h}$$

де d - еквівалентний діаметр сполучної смуги. У розрахунках приймемо $d = 0,95b$ при $b = 0,4$ м.

Тоді :

$$R_n = \frac{72}{2 \cdot 3,14 \cdot 1} \ln \frac{2 \cdot 1}{0,95 \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 1,91 \text{ Ом}$$

Враховуючи розрахунки, можна визначити опір всього заземлювального пристрою :

$$R = \frac{R_0 R_n}{R_0 \eta_n + R_n n \eta}$$

де η_n - коефіцієнт використання сполучної смуги, вибирається з довідника і відповідно до заданих умов має значення $\eta_n = 1$.

$$R = \frac{26,59 \cdot 1,59}{26,59 \cdot 1 + 1,91 \cdot 3 \cdot 1} = 1,6 \text{ Ом.}$$

Таким чином, опір розтікання групового штучного заземлювача дещо менше, що підвищує безпеку.

					ДП 2025 141	Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Шестеренко В.Є. Системи електрозабезпечення: Підручник [Електронний ресурс]. – К.: НУХТ, 2022. – 335 с.
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання: розрахунки, вибір обладнання: навч. посіб. /О.М.Сірий; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т харч. технол. – К.: НУХТ, 2011. – 319 с.
3. Самойленко О. М., Краснов В. В., Січкарьов С. М. Електропостачання промислових об'єктів: навч. посібник. – К: "Каравела", 2020. – 352 с.
4. Бондаренко В.П., Коновалова О.Ю., Семенюк А.М. Електротехнічне забезпечення промислових підприємств: навч. посібник. К: Видавничий центр КНУБА, 2018. – 344 с.
5. Панкратова Н.І., Мельниченко В.П., Коваленко В.В. Електротехнічне забезпечення промислових підприємств: підручник. – Київ: "Слово", 2017. – 376 с.
6. Демченко І.В., Степурко О.І., Буценко Л.В. Енергозбереження на промислових підприємствах: підручник. – Київ: Видавничий центр КНУБА, 2019. – 288 стор.
7. Лисюк О. П., Москаленко В. І., Харитоновна Н. М. Енергозбереження на промислових підприємствах: навч. посібник. – К: Видавництво НТУУ "КПІ", 2018. – 312 стор.
8. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Затверджено Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 р. № 476.

					ДП 2025 141				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Література				
Розроб.	Ковалєвський								
Перевір.	Зінькевич О.П.								
Реценз.									
Н. контр.	.								
Затверд.	Балюта С.М.								
					Літ.		Арк.	Аркушів	
								102	
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С.,ЕЛ4-3				