

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

_____ Сергій БАЛЮТА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2025 р.

«__» _____ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Електротехніка та інформаційні технології»

на тему: «Проектування системи електропостачання підприємства торгівельного обладнання в м. Ужгород та огляд і аналіз систем комерційного обліку електричної енергії»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-3

_____ Лазар Мар'ян Михайлович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Мащенко Олег Анатолійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Аліна СІРИК _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент Михайло КРАСЮК _____
(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) незарядженої 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 Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гуло
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма Електротехніка та інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Сергій БАЛЮТА/

« 10 » жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Лазаря Мар'яна Михайловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування системи електропостачання підприємства торгівельного обладнання в м. Ужгород та огляд і аналіз систем комерційного обліку електричної енергії
керівник роботи Мащенко Олег Анатолійович, ст. викладач
затвержені наказом закладу вищої освіти від « 10 » 10. 2024 р. № 861-кс.
2. Строк подання здобувачем роботи 31 січня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи План підприємства торгівельного обладнання в м. Ужгород та його ремонтно-механічного цеху; характеристика споживачів електричної енергії комплексу та цеху; відомості про джерела живлення; умови проектування
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика електроспоживачів цехів підприємства; проектування електропостачання підприємства: визначення електричних навантажень; вибір кількості та потужності трансформаторів цехових ТП з урахуванням компенсації реактивної потужності; вибір напруги зовнішнього електропостачання підприємства; вибір захисних і комутаційних апаратів, вибір ліній електропостачання напругою понад 1 кВ та перевірка їх на дію струмів короткого замикання; проектування електропостачання ремонтно-механічного цеху: розрахунок силових і освітлювальних навантажень, розробка схеми електропостачання цеху та вибір її елементів; охорона праці; спеціальна частина. Огляд і аналіз існуючих систем комерційного обліку електричної енергії.
5. Перелік графічного матеріалу
 1. Генплан підприємства з електричною мережею та картограмою навантаження.
 2. Однолінійна схема електропостачання підприємства.
 3. План ремонтно-механічного цеху з силовою мережею, розрахункова схема силової мережі.
 4. Огляд і аналіз існуючих систем комерційного обліку електричної енергії.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	Сірик А.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

По р №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1	Отримання завдання на дипломне проєктування	10.10.2024 р	
2	Вступ	13.10.2024 р	
3	Характеристика електроспоживачів цехів по вимогах надійності електропостачання й середовища	16.10.2024 р	
4	Вибір силового виконавчого електрообладнання по заданій установленій потужності електроспоживачів	22.10.2024 р	
5	Вибір пускової й захисної апаратури електроспоживачів. Розрахунок відгалуджень до них	26.10.2024 р	
7	Розробка схеми живлення електроспоживачів цеху	02.11.2024 р	
8	Розрахунок силових і освітлювальних навантажень ремонтно-механічного цеху	08.11.2024 р	
9	Вибір силових електротехнічних пристроїв	13.11.2024 р	
10	Вибір перерізу проводів і кабелів для силової мережі цеху	20.11.2024 р	
11	Визначення розрахункових електричних навантажень цехів і підприємства в цілому	27.11.2024 р	
12	Складання карторгами електричних навантажень підприємства	03.12.2024 р	
13	Техніко-економічне обґрунтування вибору напруги зовнішнього електропостачання	08.12.2024 р	
14	Вибір одиничних потужностей і кількості трансформаторів цехових ТП підприємства	13.12.2024 р	
15	Компенсація реактивної потужності	20.12.2024 р	
16	Розробка схеми електропостачання підприємства	24.12.2024 р	
17	Розрахунок струмів КЗ й вибір основного електрообладнання й електроапаратури	30.12.2024 р	
18	Електричний розрахунок мереж зовнішнього й внутрішнього електропостачання	06.01.2025 р	
19	Охорона праці	16.01.2025 р	
20	Спеціальна частина. Огляд і аналіз існуючих систем комерційного обліку електричної енергії	26.01.2025 р	
21	Оформлення графічної частини проєкту	28.01.2025 р	
22	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	31.01.2025 р	

Здобувач

(підпис)

Лазар М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мащенко О.А.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Лазар Мар'ян Михайлович. Дипломний проєкт на тему:
«Проектування системи електропостачання підприємства торгівельного
обладнання в м. Ужгород та огляд і аналіз систем комерційного обліку
електричної енергії»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ - 2025
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 17 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проєкту становить 110 сторінок.

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень: Генплан підприємства з електричною мережею та картограмою навантаження; однолінійна схема електропостачання підприємства; план ремонтно-механічного цеху з силовою мережею, розрахункова схема силової мережі; огляд і аналіз існуючих систем комерційного обліку електричної енергії.

Розрахунки й аналіз виконані за допомогою методик, що викладені у навчальній, довідниковій, нормативній і науково-технічній літературі.

У результаті виконання проєкту наведено характеристику споживачів електроенергії підприємства; виконано розрахунок електричних навантажень; визначено число й потужність силових трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій; розраховано та вибрано високовольтне і низьковольтне електрообладнання та провідники і перевірено їх до дії струмів короткого замикання. В спеціальній частині проєкту розглянуто питання «Огляд і аналіз існуючих систем комерційного обліку електричної енергії».

У розділі охорона праці наведено організаційні заходи з електробезпеки для працівників під час роботи в електроустановках, організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки та виконано розрахунок заземлюючих пристроїв.

Ключові слова: підприємство торгівельного обладнання, ремонтно-механічний цех, споживачі електроенергії, електричне навантаження, трансформатор, захисна апаратура, струм короткого замикання, провід, кабель, силовий пункт, шинопровід, компенсація реактивної потужності, АСКОЕ.

Abstract

MARIAN LAZAR. Diploma project on the topic:

"Designing of the power supply system of the commercial equipment enterprise in the city of Uzhhorod and review and analysis of commercial electric energy accounting systems"

National University of Food Technologies, Kyiv - 2025

141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 17 chapters and a list of references. The volume of the project is 110 pages.

The graphic part, which consists of four drawings, is included in the description: General plan of the enterprise with electrical network and load map; single-line power supply scheme of the enterprise; a plan of a repair and mechanical workshop with a power network, a calculation scheme of the power network; review and analysis of existing commercial electricity accounting systems.

Calculations and analysis were performed using the methods described in educational, reference, regulatory and scientific and technical literature.

As a result of the implementation of the project, the characteristics of the electricity consumers of the enterprise are given; the calculation of electrical loads has been performed; the number and capacity of power transformers of workshop transformer substations are determined; calculated and selected high-voltage and low-voltage electrical equipment and conductors and tested them for short-circuit currents. In a special part of the project, the issue "Review and analysis of existing systems of commercial accounting of electric energy" is considered.

In the occupational safety section, organizational measures for electrical safety for workers while working in electrical installations, organizational measures to ensure fire safety, and the calculation of grounding devices are given.

Keywords: trading equipment enterprise, repair and mechanical shop, electricity consumers, electrical load, transformer, protective equipment, short-circuit current, wire, cable, power point, busbar, reactive power compensation, ASKOE.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	7
1.	ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ ЦЕХІВ ПО ВИМОГАХ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ Й СЕРЕДОВИЩА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	8
2.	ВИБІР СИЛОВОГО ВИКОНАВЧОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПО ЗАДАНИЙ УСТАНОВЛЕНІЙ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ.....	10
3.	ВИБІР ПУСКОВОЇ Й ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ. РОЗРАХУНОК ВІДГАЛУДЖЕНЬ ДО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ.....	13
4.	РОЗРОБКА СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ Й ВИБІР КОНСТРУКТИВНОГО ЇЇ ВИКОНАННЯ.....	19
5.	РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ І ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ.....	23
5.1.	Розрахунок силових електричних навантажень.....	23
5.2.	Розрахунок освітлювальних навантажень цеху.....	28
5.3.	Розрахунок електричних навантажень вузлів електричної мережі й усього цеху.....	29
6.	ВИБІР СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ (ШР, ШРА, ШМА, ВРП, ТП) І АПАРАТІВ ЗАХИСТУ В НИХ.....	31
7.	ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ І КАБЕЛІВ ДЛЯ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ.....	34

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			Зміст	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					4	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛІ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

17.8.	Схеми підключення трифазних лічильників в електричних мережах напругою 220/380 В.....	93
17.9.	Принцип функціонування «АСКОЕ».....	96
17.10.	Досвід впровадження «АСКОЕ» у зарубіжних країнах.....	102
17.11.	Потреба запровадження «АСКОЕ» в Україні.....	107
	ЛІТЕРАТУРА.....	109

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

ВСТУП

Система електропостачання підприємств (СЕП), що складається з мереж напругою до 1000 В і вище, трансформаторних підстанцій, служить для забезпечення вимог виробництва шляхом подачі електроенергії від джерела живлення до місця споживання в необхідній кількості й відповідній якості. СЕП промислового підприємства є підсистемою енергосистеми, що забезпечує комплексне електропостачання промислових і інших споживачів даного району. СЕП промпідприємства є також підсистемою технологічної системи виробництва даного підприємства, яка висуває певні вимоги до електропостачання.

Основні завдання, розв'язувані при проектуванні, а також дослідженні, спорудженні й експлуатації СЕП промислових підприємств, полягають в оптимізації параметрів цих систем шляхом правильного вибору напруг, визначення електричних навантажень і вимог до безперебійності електропостачання; раціонального вибору числа й потужності трансформаторів, конструкцій промислових мереж; засобів компенсації реактивної потужності й регулювання напруги, засобів симетрування навантажень і подавленням вищих гармонік у мережах шляхом правильної побудови схеми електропостачання, що відповідає оптимальному рівню надійності.

					<i>ДП 2025 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					<i>7</i>	
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>				<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ ЦЕХІВ ПО ВИМОГАХ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ Й СЕРЕДОВИЩА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Оскільки, на підприємстві є цехи з I-ої категорією по надійності електропостачання, то для забезпечення їхньої категорії необхідно віднести завод до I-ої категорії, у цьому випадку електроспоживачі I категорії будуть забезпечені електроенергією від двох незалежних взаємно резервуючих джерел, живлення напругою 110 або 6,5 кВ згідно завдання.

Розглянемо ремонтно-механічний цех по виробництву нестандартного обладнання.

По надійності електропостачання ремонтно-механічного цеху приймаємо третю категорію, тому що при зникненні електроживлення це не приведе до загрози життю й здоров'я персоналу цеху, масовому недовипуску продукції, зупинки й переривання технологічного процесу або масовому простою механізмів.

Приймаємо нормальні умови навколишнього середовища в проектованому цеху; не запылене, хімічно агресивних середовищ нема, не вибухопожежонебезпечне, вологого середовища немає.

По категорії електробезпеки цех відноситься до категорії без підвищеної небезпеки, оскільки, підлога не струмопровідна дерев'яна, відкрита проводка відсутня, електрообладнання виконане в закритому виконанні.

В основному приміщенні цеху є велика кількість електроспоживачів рівномірно розподілених по приміщенню, що дозволяє застосувати розподільчий шинопровід. Живлення допоміжного обладнання у зв'язку з малою їхньою кількістю можливо здійснити силовими шафами типу ПР 85 і ШР 86.

					ДП 2025 141			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			1. Характеристика електроспоживачів по вимогах надійності електропостачання й середовища виробничих приміщень	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Машенко О.А.</i>					<i>8</i>	
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>				<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Для визначення електричних навантажень враховуємо режим роботи, потужність, напругу й рід струму електроспоживачів. У ремонтно-механічному цеху припускаємо в основному тривалий режим роботи електрообладнання, напруга мережі 380 В, рід струму змінний, трифазний.

Аналогічно даємо характеристику іншим цехам підприємства. Результати характеристик зведемо в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика цехів по категорії надійності електропостачання

<i>№ на плані</i>	<i>Найменування цехів</i>	<i>Руст, кВт</i>	<i>Категорія надійності електропостачання</i>	<i>Характеристика середовища приміщення</i>	<i>Характеристика середовища по безпеці до дії електричного струму</i>
1	Пресово-заготівельний	1890	2	нормальне	без підвищеної небезпеки
2	Сварочно-складальний	690	3	пожежонебезпечне	з підвищеною небезпекою
3	Механоскладальний	960	2	нормальне	без підвищеної небезпеки
4	АБК	200	3	нормальне	без підвищеної небезпеки
5	Автоматний	900	2	нормальне	без підвищеної небезпеки
6	Пластмасового лиття	660	1	жарке	з підвищеною небезпекою
7	Фарбувальний	2450	2	пожежонебезпечне	з підвищеною небезпекою
8	Товарів народного споживання	660	3	нормальне	без підвищеної небезпеки
9	Ремонтно-механічний	-	3	нормальне	без підвищеної небезпеки
10	Складальний	450	2	нормальне	без підвищеної небезпеки

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ВИБІР СИЛОВОГО ВИКОНАВЧОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПО ЗАДАНИЙ УСТАНОВЛЕНІЙ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ

Еквівалентний електродвигун вибирається для визначення невідомих номінальних величин електроспоживача таких як – ККД, коефіцієнта потужності – $\cos\phi$, кратність пускового струму до номінального – $I_{\text{п}}/I_{\text{н}}$, залежно від установленної потужності – $P_{\text{уст}}$. Знаючи отримані величини можна розрахувати номінальний струм еквівалентного електродвигуна $I_{\text{н}}$, і пускового струму $I_{\text{п}}$. Правильний розрахунок струмів сприяє обґрунтованому вибору захисних апаратів і провідників системи електропостачання.

До вибору рекомендуються асинхронні електродвигуни серії А4 основного виконання, із синхронною частотою $1500 \div 3000$ об/хв, зі ступенем захисту IP44.

Електродвигун необхідно вибирати таким чином, щоб його номінальна потужність відповідала потужності приводного механізму по виразу:

$$P_{\text{уст}} \leq P_{\text{н.ед}}, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{уст}}$ – установлена потужність устаткування, кВт;

$P_{\text{н.ед}}$ – номінальна потужність електродвигуна, кВт.

Двигун має бути вибраний відповідно до напруги заводської мережі згідно виразу:

$$U_{\text{н.ед}} \geq U_{\text{м}}, \quad (2.2)$$

де $U_{\text{н.ед}}$ – номінальна напруга електродвигуна, кВ;

$U_{\text{м}}$ – номінальна напруга мережі, кВ.

Для встановлених приводів електроспоживачів у ремонтно-механічному цеху застосовуємо асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором серії 4А ($n = 3000$ об/хв).

					<i>ДП 2025 141</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лазар М.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.				10	
Реценз.		Красюк М.І.			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

2. Вибір силового виконавчого електрообладнання по заданій установленій потужності електроспоживачів

Вважаємо напругу мережі, до якого підключений електроспоживач, рівною $U_M = 380$ В, тоді номінальна напруга еквівалентного електродвигуна $U_{ном} = 380$ В.

Розглянемо приклад вибору еквівалентного двигуна для електроспоживача з номером за планом № 1:

$$P_{уст} = 5,5 \text{ кВт.}$$

Приймаємо електродвигун 4А100L2У3 з наступними параметрами:

$$P_{ном} = 5,5 \text{ кВт; } \eta = 0,875; \cos\varphi = 0,91; K_{пуск} = 7,5.$$

Вибраний еквівалентний електродвигун задовольняє умовам 2.1 і 2.2.

Номінальна потужність електродвигуна повторно-короткочасного режиму роботи (кран-балка) визначається по формулі:

$$P_H = P_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (2.3)$$

де ПВ – тривалість включення у відносних одиницях. %

Вибираємо еквівалентний двигун для кран-балки ПВ = 40%:

$$P_H = P_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ} = 5,5 \cdot \sqrt{0,4} = 3,48 \text{ кВт.}$$

Приймаємо електродвигун МКТФ 111-6 з наступними параметрами:

$$P_{ном} = 3,5 \text{ кВт; } \eta = 0,72; \cos\varphi = 0,79.$$

Еквівалентні електродвигуни для інших електроспоживачів вибираються аналогічно. Результати вибору наведені в табл. 2.1.

					ДП 2025 141	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір еквівалентних електродвигунів

№	Найменування обладнання	$P_{уст}$ кВт	Тип двигуна	Параметри двигуна			
				$P_{ном}$ кВт	η , %	$\cos\varphi$	$K_{твск}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Оплеточний верстат	5,5	4A100L2Y3	5,5	0,875	0,91	7,5
2	Верстат випробування наждакових точил	10	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
3	Відрізний верстат	1,1	4A71Y2Y3	1,1	0,775	0,87	5,5
4	Шліфувальний верстат	5,5	4A100L2Y3	5,5	0,875	0,91	7,5
5	Зубофрезерний верстат	3	4A90L2Y3	3	0,845	0,88	6,5
6	Довбальний верстат	5,5	4A100L2Y3	5,5	0,875	0,91	7,5
2	Токарний верстат	10	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
8	Вертикально-фрезерний верстат	7,5	4A112M2Y3	7,5	0,875	0,88	7,5
9	Токарний верстат	10	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
10	Фрезерний верстат	5,5	4A100L2Y3	5,5	0,875	0,91	7,5
11	Шліфувальний верстат	5,5	4A100L2Y3	5,5	0,875	0,91	7,5
12	Круглошліфувальний верстат	7,5	4A112M2Y3	7,5	0,875	0,88	7,5
13	Плоскошліфувальний верстат	9,6	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
14	Повздожньо-стругальний верстат	17	4A160M2Y3	18,5	0,885	0,92	7
15	Стругальний верстат	10	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
16	Свердильний верстат	3	4A90L2Y3	3	0,845	0,88	6,5
17	Заточувальний верстат	13	4A160S2Y3	15	0,880	0,91	7
18	Зварювальний трансформатор	22		22	1,000	0,35	3
19	Вентилятор витяжний	10	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
20	Камерна піч	8		8	1	1	2,5
21	Мийна машина	8,6	4A132M2Y3	11	0,880	0,9	7,5
22	Відпускна піч	18		18	1	1	2,5
23	Прес	2,2	4A80Y2Y3	2,2	0,830	0,87	6,5
24	Сушильна шафа	4,2	4A100L2Y3	5,5	0,875	0,91	7,5
25	Кран-балка	5,5	МКТФ111-6	3,5	0,72	0,79	

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

3. ВИБІР ПУСКОВОЇ Й ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ. РОЗРАХУНОК ВІДГАЛУДЖЕНЬ ДО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ

Захист електроспоживачів від струмів перевантаження й струмів короткого замикання виконуємо автоматичними вимикачами серії ВА 51 які монтуються в СП, а також автоматичними вимикачами серії АЕ 2000 які монтуються в ШРА.

Багато виробничих механізмів і установки, наприклад, обробляючі верстати, потужні електричні печі, випускаються з вбудованою апаратурою керування й захисту. Тому, при проектуванні електроустаткування вибір такої апаратури не здійснюється.

Вентиляційні установки, насоси й вантажопідйомні механізми (кран-балки, підйомники й ін.) поставляються без комутаційних і захисних апаратів. Для цих установок здійснюємо розрахунок і вибір комутаційної й захисної апаратури.

Для керування електродвигунами застосовуємо магнітні пускачі серії ПМЛ або ПМА.

Розрахунковий струм трифазного електродвигуна обчислюється по формулі:

$$I_p = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_m \cdot \cos\phi_{ном} \cdot \eta_{ном}}, \quad (3.1)$$

де $P_{уст}$ – установлена потужність устаткування, кВт;

U_m – номінальна напруга мережі, кВ;

$\cos\phi_{ном}$ – номінальний коефіцієнт потужності електроспоживача;

$\eta_{ном}$ – номінальний коефіцієнт корисної дії.

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			3. Вибір пускової й захисної апаратури електроспоживачів. Розрахунок відгалуджень до електроспоживачів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					13	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_p, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму стосовно $I_{\text{ном}}$.

Номинальні струми автоматичного вимикача $I_{\text{ном а}}$ і його розщеплювача $I_{\text{ном р}}$ вибираються по наступних умовах:

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_p, \quad (3.3)$$

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_p. \quad (3.4)$$

Струм спрацювання (відсічки) електромагнітного або комбінованого розщеплювача $I_{\text{сп.р}}$ перевіряється за умовою:

$$I_{\text{сп.р}} \geq K_n \cdot I_{\text{нік}}, \quad (3.5)$$

де K_n – коефіцієнт надійності.

При виборі електромагнітного розщеплювача для одиночних електродвигунів у виразах (3.3) – (3.5) $I_p = I_{\text{ном}}$ і $I_{\text{п}} = I_{\text{пуск}}$.

У формулі (3.5) коефіцієнт K_n враховує похибку визначення $I_{\text{п}}$ і розкид захисних характеристик електромагнітних розщеплювачів вимикачів. Значення K_n забезпечує неможливість помилкового відключення лінії при пуску електродвигуна для розкиду часо-струмових характеристик. Значення K_n приймаються залежно від типу автоматичного вимикача. При відсутності таких даних можна прийняти $K_n = 1,25 \dots 1,5$.

Струм спрацювання електромагнітного розщеплювача, як правило, встановлюється виготовлювачем залежно від $I_{\text{ном р}}$:

$$I_{\text{сп.р}} = K_{\text{с.в.}} \cdot I_{\text{ном.р}}, \quad (3.6)$$

де $K_{\text{с.в.}}$ – кратність струму відсічки.

З урахуванням (3.5) розрахункове значення кратності струму відсічки визначається по виразу:

$$K_{\text{с.в.}} \geq \frac{K_n \cdot I_n}{I_{\text{ном.р}}}. \quad (3.7)$$

Виберемо вимикач для приймача №1 за планом використовуючи формули (3.1-3.7).

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунковий струм електроспоживача:

$$I_p = \frac{P_{уст}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\phi_{ном} \cdot \eta_{ном}} = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,880 \cdot 0,91} = 10,49 \text{ А.} \quad (3.8)$$

Пусковий струм електроспоживача:

$$I_{пуск} = K_{пуск} \cdot I_p = 7,5 \cdot 10,49 = 78,71 \text{ А.} \quad (3.9)$$

Приймаємо вимикач ВА 51Г-25 з параметрами: $I_{на}=25 \text{ А}$; $I_{нр}=10 \text{ А}$; $K_{с.в.} = 10$:

$$K_{с.в.} \geq \frac{K_n \cdot I_n}{I_{ном.р}} = \frac{1,25 \cdot 78,71}{12,5} = 7,87; \quad (3.10)$$

Умови вибору виконуються, остаточно приймаємо вимикач ВА51Г-25/12,5.

Вибір інших автоматичних вимикачів аналогічний і зведений у табл. 3.1.

Провідники електричних мереж всіх видів і призначень вибираються й перевіряються по допустимому нагріванню тривалим розрахунковим струмом I_p за умовою:

$$I_{доп} \geq I_p / K_n; \quad (3.11)$$

$$I_{доп} \geq K_з \cdot I_з / K_n; \quad (3.12)$$

де I_p – розрахунковий струм електроспоживача;

K_n – поправочний коефіцієнт, що враховує умови прокладки проводів і кабелів (при нормальних умовах прокладки $K_n=1$);

$K_з$ – кратність довготривалого допустимого струму кабелю стосовно струму спрацьовування захисного апарату;

$I_з$ – номінальний струм захисного апарату.

Для автоматичних вимикачів з нерегульованої зворотньою залежною від струму характеристикою $K_з = 1$, для запобіжників $K_з = 1$ для мереж які захищаються від перевантаження згідно [1].

Для підключення електроспоживачів використовуємо проводи АПВ, прокладені в трубах. Умови прокладки в проектуваному цеху нормальні, отже коефіцієнт прокладки $K_n=1$.

Так, для відгалудження до ЕП №1 $I_p = 10,49 \text{ А}$, що захищається автоматичним вимикачем з $I_з = 12,5 \text{ А}$, прокладаємо провід АПВ від СП у пластмасовій важкогорючій трубі. Труби використовуємо для захисту проводів

									ДП 2025 141	Арк.
										15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

від механічних пошкоджень, а також для зручності монтажу у випадку потреби заміни проводів. Труба прокладена в підлозі залитим бетоном, труби виводяться над рівнем підлоги на відмітку 100 мм ($K_{\text{п}}=1$):

$$I_{\text{доп}} \geq I_p / K_n = 10,49/1 = 10,49 \text{ А.} \quad (3.13)$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 \cdot I_3 / K_n = 1 \cdot 12,5/1 = 12,5 \text{ А.} \quad (3.14)$$

Вибираємо провід марки АПВ 5х2,5 з $I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$ [1]. Прокладаємо в бетонній підлозі в пластмасовій трубі з умовним діаметром $\varnothing 32 \text{ мм}$.

Для інших електроспоживачів вибір зводимо в табл. 3.2.

Вибір магнітних пускачів здійснюється зі співвідношення

$$I_{\text{не}} \geq I_n, \quad (3.15)$$

де $I_{\text{не}}$ – номінальний струм нагрівального елемента теплового реле.

Для ЕП № 25 $I_p=9,4 \text{ А}$. Вибираємо пускач марки ПМЛ 110004 з $I_{\text{ном}} = 10 \text{ А}$.

$$I_n = 10 > I_p = 9,4 \text{ А;} \quad (3.16)$$

					ДП 2025 141	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Вибір захисної апаратури для захисту електроспоживачів й живильного кабелю для СП

№	Найменування обладнання	Параметри електроспоживача						Параметри автомату				Розрахунковий $K_{т.про}$
		$P_{уст},$ кВт	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	K_n	I_p, A	I_n, A	Познач.	$I_{на}, A$	$I_{нр}, A$	$K_{т.про}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Оплеточний верстат	5,5	0,875	0,91	7,5	10,49	78,71	ВА 51Г-25	25	12,5	10	7,87
2	Верстат випробування наждакових точил	10	0,880	0,9	7,5	19,18	143,88	ВА 51Г-25	25	20	10	8,99
3	Відрізний верстат	1,1	0,775	0,87	5,5	2,48	13,63	ВА 51Г-25	25	2,5	10	6,82
4	Шліфовальний верстат	5,5	0,875	0,91	7,5	10,49	78,71	ВА 51Г-25	25	12,5	10	7,87
5	Зубофрезерний верстат	3	0,845	0,88	6,5	6,13	39,84	ВА 51Г-25	25	6,3	10	7,91
6	Довбальний верстат	5,5	0,875	0,91	7,5	10,49	78,71	ВА 51Г-25	25	12,5	10	7,87
2	Токарний верстат	10	0,880	0,9	7,5	19,18	143,88	ВА 51Г-25	25	20	10	8,99
8	Вертикально-фрезерний верстат	7,5	0,875	0,88	7,5	14,80	110,99	ВА 51Г-25	25	16	10	8,67
9	Токарний верстат	10	0,880	0,9	7,5	19,18	143,88	ВА 51Г-25	25	20	10	8,99
10	Фрезерний верстат	5,5	0,875	0,91	7,5	10,49	78,71	ВА 51Г-25	25	12,5	10	7,87
11	Шліфувальний верстат	5,5	0,875	0,91	7,5	10,49	78,71	ВА 51Г-25	25	12,5	10	7,87
12	Круглошліфовальний верстат	7,5	0,875	0,88	7,5	14,80	110,99	ВА 51Г-25	25	16	10	8,67
13	Плоскошліфовальний верстат	9,6	0,880	0,9	7,5	18,42	138,12	ВА 51Г-25	25	20	10	8,63
14	Повздожньо-строгальний верстат	17	0,885	0,92	7	31,72	222,06	ВА51Г-31	100	40	10	6,94
15	Строгальний верстат	10	0,880	0,9	7,5	19,18	143,88	ВА 51Г-25	25	20	10	8,99
16	Свердильний верстат	3	0,845	0,88	6,5	6,13	39,84	ВА 51Г-25	25	6,3	10	7,91
17	Заточувальний верстат	13	0,880	0,91	7	24,66	172,65	ВА 51Г-25	25	25	10	8,63
18	Зварювальний трансформатор	22	1,000	0,35	3	95,50	286,50	ВА51Г-31	100	100	10	3,58
19	Вентилятор витяжний	10	0,880	0,9	7,5	19,18	143,88	ВА 51Г-25	25	20	10	8,99
20	Камерна піч	8	1	1	2,5	12,15	30,39	ВА 51Г-25	25	12,5	10	3,04
21	Мийна машина	8,6	0,880	0,9	7,5	16,50	123,73	ВА 51Г-25	25	20	10	7,73
22	Відпускна піч	18	1	1	2,5	27,35	68,37	ВА51Г-31	100	31,5	10	2,71
23	Прес	2,2	0,830	0,87	6,5	4,63	30,09	ВА 51Г-25	25	5	10	7,52
24	Сушильна шафа	4,2	0,875	0,91	7,5	8,01	60,11	ВА 51Г-25	25	10	10	7,51
25	Кран-балка	5,5	0,72	0,79		9,4	35	ВА 51Г-25	25	10	10	4,38

Таблиця 3.2

Вибір провідників відгалуджень

№ на плані	Найменування обладнання	I_p, A	I_z, A	K_n	K_z	I_p/K_n A	$(I_z \cdot K_z)/K_n$ A	Параметри провідника		Ø труби
								Позначення	$I_{доп}, A$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Оплоточний верстат	10,49	12,5	1	1	10,49	12,5	АПВ 5x2,5	19	32
2	Верстат випробування наждакових точил	19,18	20	1	1	19,18	20	АПВ 5x4	27	32
3	Відрізний верстат	2,48	2,5	1	1	2,48	2,5	АПВ 5x2,5	19	32
4	Шліфувальний верстат	10,49	12,5	1	1	10,49	12,5	АПВ 5x2,5	19	32
5	Зубофрезерний верстат	6,13	6,3	1	1	6,13	6,3	АПВ 5x2,5	19	32
6	Довбальний верстат	10,49	12,5	1	1	10,49	12,5	АПВ 5x2,5	19	32
2	Токарний верстат	19,18	20	1	1	19,18	20	АПВ 5x4	27	32
8	Вертикально-фрезерний верстат	14,80	16	1	1	14,80	16	АПВ 5x2,5	19	32
9	Токарний верстат	19,18	20	1	1	19,18	20	АПВ 5x4	27	32
10	Фрезерний верстат	10,49	12,5	1	1	10,49	12,5	АПВ 5x2,5	19	32
11	Шліфувальний верстат	10,49	12,5	1	1	10,49	12,5	АПВ 5x2,5	19	32
12	Круглошліфувальний верстат	14,80	16	1	1	14,80	16	АПВ 5x2,5	19	32
13	Плоскошліфувальний верстат	18,42	20	1	1	18,42	20	АПВ 5x4	27	32
14	Повздовжньо-строгальний верстат	31,72	40	1	1	31,72	40	АПВ 5x10	42	40
15	Строгальний верстат	19,18	20	1	1	19,18	20	АПВ 5x4	27	32
16	Свердильний верстат	6,13	6,3	1	1	6,13	6,3	АПВ 5x2,5	19	32
17	Заточувальний верстат	24,66	25	1	1	24,66	25	АПВ 5x4	27	32
18	Зварювальний трансформатор	95,50	100	1	1	95,50	100	АПВ 5x50	110	80
19	Вентилятор витяжний	19,18	20	1	1	19,18	20	АПВ 5x4	27	32
20	Камерна піч	12,15	12,5	1	1	12,15	12,5	АПВ 5x2,5	19	32
21	Мийна машина	16,50	20	1	1	16,50	20	АПВ 5x4	27	32
22	Відпускна піч	27,35	31,5	1	1	27,35	31,5	АПВ 5x6	32	32
23	Прес	4,63	5	1	1	4,63	5	АПВ 5x2,5	19	32
24	Сушильна шафа	8,01	10	1	1	8,01	10	АПВ 5x2,5	19	32
25	Кран-балка	9,4	10	1	1	9,4	10	АПВ 5x2,5, ПВС 5x2,5	19	32

4. РОЗРОБКА СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧІВ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ Й ВИБІР КОНСТРУКТИВНОГО ЇЇ ВИКОНАННЯ

Електричну мережу цехового електропостачання виконуємо за радіальною схемою. Перевагою радіальної схеми є висока надійність електропостачання, зручність експлуатації, можливість застосування простих пристроїв автоматизації. Однак така схема не має необхідну гнучкість і вимагає значних витрат на низьковольтне устаткування щитів і цехових мереж.

Одним із завдань при проектуванні цехового електропостачання є формування груп електроспоживачів. У проектуваному цеху встановлене різне по типу й потужності електрообладнання, яке розміщується в різних приміщеннях. Живлення електроспоживачів у таких приміщеннях виконується від силових шаф. Основне приміщення цеху розміщене в центрі будівлі, у якому є велика кількість електроспоживачів рівномірно розподілених по площі. Дані електроспоживачі заживлюються від шинопроводу. По цих групах визначаються розрахункові навантаження, які враховуються при намічуваних варіантах схем електропостачання. Розподіл електроспоживачів ремонтно-механічного цеху зведемо в табл. 4.1.

На даному етапі дипломного проектування немає можливості вибрати яким буде джерелом живлення в даному проектуваному цеху, оскільки невідоме розрахункове силове й освітлювальне електричне навантаження. Живлення можливо здійснити двома способами. Перший – від ввідно-розподільчого пристрою (ВРП) при навантаженні менш 400 кВА, другий – від цехової трансформаторної підстанції при навантаженні більше 400 кВА. В обох варіантах схем електропостачання буде застосовуватися одне коло живлення, оскільки цех відноситься до третьої категорії електропостачання.

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			4. Розробка схеми електропостачання електроспоживачів ремонтно-механічного цеху й вибір конструктивного її виконання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					19	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІПІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Силові пункти (СП) планується заживлювати безпосередньо від цехового джерела живлення (ВРП або ТП) п'ятижильним кабелем АВВГ прокладеним у лотках, прикріплених до стін і конструкцій будинку. СП передбачається виконати марки ПР 85-Ин1 навісного виконання, прикріплюються до колон будівельного модуля. У СП встановлюються автоматичні триполюсні вимикачі марки ВА 51 номінальним струмом до 100 А, у ШРА передбачається установка автоматичних триполюсних вимикачів марки АЕ 2000 номінальним струмом до 100 А.

Розподільчі шинопроводи (ШРА), також заживлюються безпосередньо від цехового джерела живлення за радіальною схемою п'ятижильним кабелем АВВГ прикріпленим до тросу. ШРА вибираємо марки ШРА 4. Підключення живильного кабелю здійснюємо на початку ШРА. Шинопроводи проектного цеху розміщаємо в зонах, де їхнє пошкодження підйомно-транспортними механізмами й переміщуваними вантажами мало ймовірно. Його розташовуємо на висоті не нижче 2,5 м від рівня підлоги або площадки обслуговування в краю стін і колон будинку.

Електроспоживачі ремонтно-механічного цеху заживлюємо від СП і ШРА проводами марки АПВ п'ятьма жилами. Для утворення каналів для проводів і кабелів у товщі фундаментів і в підлогах приміщень необхідні досить міцні, герметичні й гладкі всередині труби. Для цього застосовуємо пластикові важкогорючі труби, з умовним прохідним діаметром залежно від перерізу проводів і їхньої кількості.

Важливою загальною вимогою до конструктивного виконання електричних мереж до 1 кВ є забезпечення можливості зміни проводів і кабелів в умовах експлуатації, тому що термін служби ізоляції провідників обмежений. Через теплове зношування й вплив навколишнього середовища ізоляція й оболонки провідників згодом втрачають свої діелектричні й механічні властивості. Залежно від умов навколишнього середовища, якості електротехнічних матеріалів і величин електричних навантажень зміну провідників доводиться виконувати кожні 10-15 років експлуатації, а іноді й

					ДП 2025 141	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частіше.

Електричну мережу проєктованого цеху виконуємо відповідно до міжнародного електротехнічного стандарту МЭК 364. Відповідно до нормативно-правової документації для знову споруджуваних і реконструйованих підприємств застосовуємо систему заземлення електричної мережі TN-S (п'ятипровідна; три фази, робочий нульовий, захисний нульовий провідники).

Схема внутріцехової мережі представлена на рис. 4.1.

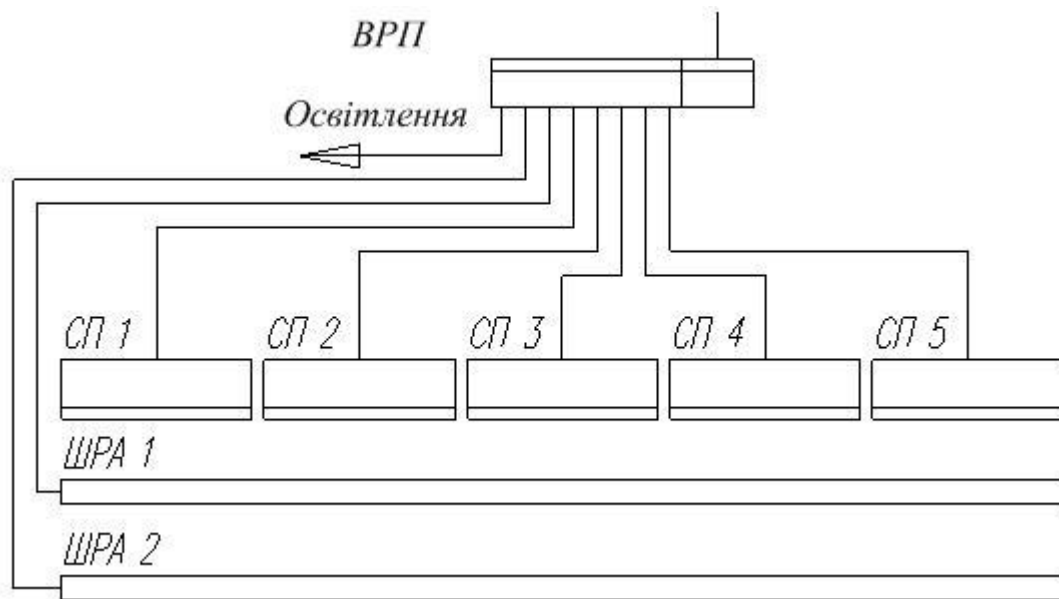


Рис. 4.1. Блок-схема внутріцехової розподільчої мережі

Розподіл електроспоживачів по групах представлено в табл. 4.1.

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розподіл електроспоживачів по групах

	№	Найменування електроспоживачів	Руст, кВт	Кількість
СП 1	2	Верстат випробування	10	2
	16	Свердлильний верстат	3	1
	17	Заточувальний верстат	13	1
	18	Зварювальний трансформатор	22	3
	19	Вентилятор витяжний	10	2
СП 2	15	Строгальний верстат	10	1
	20	Камерна піч	8	2
	21	Мийна машина	8,6	3
	23	Прес	2,2	1
	25	Кран-балка	5,5	1
СП 3	1	Оплеточний верстат	5,5	2
	6	Довбальний верстат	5,5	4
	8	Вертикально-фрезерний верстат	7,5	2
СП 4	7	Токарний верстат	10	2
	15	Строгальний верстат	10	2
	22	Відпускна піч	18	3
СП 5	13	Плоскошліфовальний верстат	9,6	3
	15	Строгальний верстат	10	1
	20	Камерна піч	8	2
ШРА 1	8	Вертикально-фрезерний верстат	7,5	7
	9	Токарний верстат	10	4
	10	Фрезерний верстат	5,5	1
	11	Шліфовальний верстат	5,5	8
	12	Круглошліфовальний верстат	7,5	2
	13	Плоскошліфовальний верстат	9,6	3
	14	Повздожньо-строгальний верстат	17	3
ШРА 2	1	Оплеточний верстат	5,5	9
	3	Відрізний верстат	1,1	1
	4	Шліфовальний верстат	5,5	6
	5	Зубофрезерний верстат	3	2
	6	Довбальний верстат	5,5	6
	11	Шліфовальний верстат	5,5	2
	24	Сушильна шафа	4,2	3

5. РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ І ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

5.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Розрахункові навантаження від силових електроспоживачів для первинної групи визначаються за методом впорядкованих діаграм.

Метод впорядкованих діаграм є основним методом при розрахунку навантажень. Цей метод можна використати, коли відомі одиничні потужності електроспоживачів, їхня кількість і технологічне призначення.

Розглянемо розрахунок СП 1: k_v , $\cos\varphi$ з [1].

Дані зведемо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Розрахунок навантажень для СП 1

№	Електроспоживач	$P_{уст.}$	Кіл-сть	k_v	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{см}$	$Q_{см}$
2	Верстат випробування	10	2	0,14	0,5	1,73	2,80	4,85
16	Свердлильний верстат	3	1	0,14	0,5	1,73	0,42	0,73
17	Заточувальний верстат	13	1	0,14	0,5	1,73	1,82	3,15
18	Зварювальний трансформатор	22	3	0,2	0,4	2,29	13,20	30,24
19	Вентилятор витяжний	10	2	0,65	0,8	0,75	13,00	9,75
	<i>Разом</i>	122					31,24	48,72
	Груповий коефіцієнт використання	K_v					0,26	
	Ефективне число електроспоживачів	n_e					7,33	
	Коефіцієнт розрахункової потужності	K_p					1,23	
	Розрахункове активне навантаження групи електроспоживачів	P_p	кВт				38,43	
	Середньовиважений	$\cos\varphi$	в.о				0,50	
	Середньовиважений	$tg\varphi$	в.о				1,75	
	Розрахункове реактивне навантаження	Q_p	квар				60,31	
	Повне максимальне навантаження	S_p	кВА				71,51	
	Розрахунковий максимальний струм групи електроспоживачів	I_p	А				108,65	

ДП 2025 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Лазар М.М.		
Перевір.		Мащенко О.А.		
Реценз.		Красюк М.І.		
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
5. Розрахунок силових і освітлювальних навантажень ремонтно-механічного цеху				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			23	
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3				

Визначаємо середньо активне й реактивне навантаження за найбільш завантаженою зміну:

$$\begin{aligned} P_{см1} &= P_{ном} \cdot k_{\epsilon} = 10 \cdot 2 \cdot 0,14 = 2,80 \text{кВт}; \\ Q_{см1} &= P_{см1} \cdot \text{tg}\phi = 2,80 \cdot 1,73 = 4,85 \text{квар}; \end{aligned} \quad (5.1.1)$$

Аналогічно розраховується $P_{см2}$, $Q_{см2}$ і т.д. результати зводимо в табл. 5.1.

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_{\epsilon} = \frac{P_{см}}{P_{ном}} = \frac{31,24}{122} = 0,26; \quad (5.1.2)$$

Визначаємо ефективне число електроспоживачів:

$$n_e = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2} = 7,33; \quad (5.1.3)$$

По n_e й K_{ϵ} визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження; $K_p=1,23$ [1].

Визначивши коефіцієнт розрахункового навантаження, обчислюємо розрахункове активне навантаження групи електроспоживачів;

$$P_p = P_{см} \cdot K_p = 31,24 \cdot 1,23 = 38,43 \text{кВт}; \quad (5.1.4)$$

Визначимо середньовиважений $\cos\phi_{\text{ср.взв}}$:

$$\cos\phi_{\text{ср.взв}} = \frac{\sum \cos\phi \cdot P_{номi}}{\sum P_{номi}} = 0,50; \quad (5.1.5)$$

тоді $\text{tg}\phi_{\text{ср.взв}}=1,75$.

Розрахункове реактивне навантаження визначаємо по формулі:

$$Q_p = P_{см} \cdot \text{tg}\phi_{\text{ср.взв}} = 1,1 \cdot 31,24 \cdot 1,75 = 60,31 \text{кВАр}. \quad (5.1.6)$$

Визначаємо повне максимальне навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{38,43^2 + 60,31^2} = 71,51 \text{кВА}; \quad (5.1.7)$$

Розрахунковий максимальний струм групи електроспоживачів:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}} = \frac{71,51}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 108,65 \text{А}; \quad (5.1.8)$$

Тоді піковий струм:

$$I_{\text{пик.}} = I_{\text{н.н.}} + (I_{\text{дл.}} - (k_{\epsilon} \cdot I_{\text{н.}})) = 286,50 + (108,65 - (0,2 \cdot 95,50)) = 376,05 \text{А}; \quad (5.1.9)$$

										ДП 2025 141	Арк.
											24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

де $I_{н.п}$ – найбільший пусковий струм даного електроспоживача;

k_v – коефіцієнт використання для найбільш потужного електроспоживача;

I_n – номінальний струм даного електроспоживача.

Результати розрахунку зведемо в табл. 5.1, інші результати розрахунку СП і ШРА зведемо в табл. 5.2.

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

Таблиця 5.2

Розрахунок силових і освітлювальних навантажень ремонтно-механічного цеху

Вузли живлення	Кількість	Встановлена потужність		K_{ϵ}	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Середнє наван. за найбільш завантаженому зміню		n_{ϵ}	K_{ρ}	Максимальні розрахункові навантаження				
		$P_{ном. одного}$	$P_{ном. загальна}$				$P_{см., кВт}$	$Q_{см., квар}$			$P_{м., кВт}$	$Q_{м., квар}$	$S_{м.}$	$I_{м. А}$	$I_{п. А}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
СП1															
Верстат випробування	2	10	20	0,14	0,5	1,73	2,80	4,85							
Свердильний верстат	1	3	3	0,14	0,5	1,73	0,42	0,73							
Заточувальний верстат	1	13	13	0,14	0,5	1,73	1,82	3,15							
Зварювальний трансформатор	3	22	66	0,2	0,4	2,29	13,20	30,24							
Вентилятор витяжний	2	10	20	0,65	0,8	0,75	13,00	9,75							
Разом по СП1	9		122,0	0,26	0,50	1,75	31,24	48,72	7,33	1,23	38,43	60,31	71,51	108,65	376,05
СП2															
Строгальний верстат	1	10	10	0,14	0,5	1,73	1,4	2,42							
Камерна піч	2	8	16	0,8	1	0	12,8	0							
Мийна машина	3	8,6	25,8	0,14	0,5	1,73	3,61	6,26							
Прес	1	2,2	2,2	0,14	0,5	1,73	0,31	0,53							
Кран-балка	1	3,5	3,5	0,1	0,5	1,73	0,35	0,61							
Разом по СП2	8		58	0,32	0,64	1,20	18,47	9,82	7,08	1,28	23,64	24,45	34,01	51,67	192,76
СП3															
Оплеточний верстат	2	5,5	11	0,14	0,5	1,73	1,54	2,67							
Довбальний верстат	4	5,5	22	0,14	0,5	1,73	3,08	5,33							
Вертикально-фрезерний верстат	2	7,5	15	0,14	0,5	1,73	2,10	3,64							
Разом по СП3	8		48,0	0,14	0,50	1,73	6,72	11,64	7,84	1,78	11,96	12,80	17,52	26,62	135,54
СП4															
Токарний верстат	2	10	20	0,14	0,5	1,73	2,80	4,85							
Строгальний верстат	2	10	20	0,14	0,5	1,73	2,80	4,85							
Відпускна піч	3	18	54	0,8	1	0,00	43,20	0,00							
Разом по СП4	7		94,0	0,52	0,79	0,78	48,80	9,70	6,44	1,13	55,14	42,05	69,35	105,36	246,55
СП5															
Плоскошліфовальний верстат	3	9,6	28,8	0,14	0,5	1,73	4,03	6,98							
Стругальний верстат	1	10	10	0,14	0,5	1,73	1,40	2,42							
Камерна піч	2	8	16	0,8	1	0,00	12,80	0,00							
Разом по СП5	6		54,8	0,33	0,65	1,18	18,23	9,41	5,95	1,28	23,34	23,70	33,26	50,53	191,73

Продовження табл. 5.2

Розрахунок силових і освітлювальних навантажень ремонтно-механічного цеху

Вузли живлення	Кількість	Встановлена потужність		K_e	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Середнє наван. за найбільш завантажену зміну		n_e	K_p	Максимальні розрахункові навантаження				
		$P_{ном. одного}$	$P_{ном. загальна}$				$P_{см., кВт}$	$Q_{см., квар}$			$P_{м., кВт}$	$Q_{м., квар}$	S_m	I_m, A	$I_{п., A}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШРА 1															
Вертикально-фрезерний верстат	7	7,5	52,5	0,14	0,5	1,73	7,35	12,73							
Токарний верстат	4	10	40	0,14	0,5	1,73	5,60	9,70							
Фрезерний верстат	1	5,5	5,5	0,14	0,5	1,73	0,77	1,33							
Шліфувальний верстат	8	5,5	44	0,14	0,5	1,73	6,16	10,67							
Круглошліфувальний верстат	2	7,5	15	0,14	0,5	1,73	2,10	3,64							
Плоскошліфувальний верстат	3	9,6	28,8	0,14	0,5	1,73	4,03	6,98							
Повздожньо-строгальний верстат	3	17	51	0,14	0,5	1,73	7,14	12,37							
Разом по ШРА1	28		236,8	0,14	0,50	1,73	33,15	57,42	24,15	1,28	42,43	63,16	76,09	115,61	333,23
ШРА 2															
Оплеточний верстат	9	5,5	49,5	0,14	0,5	1,73	6,93	12,00							
Відрізний верстат	1	1,1	1,1	0,14	0,5	1,73	0,15	0,27							
Шліфувальний верстат	6	5,5	33	0,14	0,5	1,73	4,62	8,00							
Зубофрезерний верстат	2	3	6	0,14	0,5	1,73	0,84	1,45							
Довбальний верстат	6	5,5	33	0,14	0,5	1,73	4,62	8,00							
Шліфувальний верстат	2	5,5	11	0,14	0,5	1,73	1,54	2,67							
Сушильна шафа	3	4,2	12,6	0,8	1	0,00	10,08	0,00							
Разом по ШРА 2	29		146,2	0,20	0,54	1,55	28,78	32,40	27,84	1,05	30,22	44,50	53,80	81,73	158,97
Освітлення			20,27		0,5	1,73					20,27	35,11	40,54	61,59	
Разом по цеху	95		760	0,25	0,57	1,46	185,39	179,11	69,07	0,70	150,04	224,58	270,09	410,36	677,76

5.2. Розрахунок освітлювальних навантажень цеху

Визначення розрахункового освітлювального навантаження виконуємо методом коефіцієнта попиту. Встановлену потужність освітлення обчислюємо методом питомої потужності на одиницю площі освітлюваного приміщення.

Питома потужність освітлення являє собою відношення сумарної потужності всіх джерел світла до площі освітлюваного ними приміщення.

Розрахунок даним методом зводиться до наступного:

1. по таблиці, що найбільш ближче відповідає заданим умовам приймається величина питомої потужності;
2. визначається встановлена потужність джерел світла в приміщенні.

Оскільки для проектного цеху немає вимог до передачі кольору, то в проектованому цеху для освітлення приймаємо світильники з лампами ДРЛ. Нормована освітленість для проектного цеху становить 250 лк. Питома потужність, що приходить на 100 лк при площі приміщення 600...1500 м² і висоті приміщення 8-12 м становить – 4,8 Вт/м², при використанні світильників РСП 05 з лампами ДРЛ [8]. Тоді питома потужність, що припадає на 250 лк буде дорівнює $P_{\text{пит}} = 2,5 \cdot 4,8 = 12,0 \text{ Вт/м}^2$.

Розрахункова активна потужність:

$$P_{\text{уст}} = F \cdot P_{\text{пит}} = (24 \times 54) \cdot 12,0 \cdot 10^{-3} = 18,43 \text{ кВт}, \quad (5.2.1)$$

де F – площа цеху, м²;

$P_{\text{пит}}$ – питома потужність освітлювального навантаження цеху, Вт/м².

Значення коефіцієнта попиту для мережі робочого освітлення виробничих будинків застосовується $K_{\text{п}} = 1,0$ для дрібних виробничих приміщень.

Розрахункова встановлена потужність освітлювальних електроспоживачів ремонтно-механічного цеху

$$P_{\text{р.осв}} = K_{\text{п}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot P_{\text{уст}} = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 18,43 = 20,27 \text{ кВт}; \quad (5.2.2)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$K_{\text{пра}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати в пускорегулюючій апаратурі газорозрядної лампи;

									ДП 2025 141	Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$P_{уст}$ – установлена потужність світильників цеху, кВт.

Значення потужності $\cos\varphi = 0,5$ – для світильників з розрядними лампами високого тиску (ДРЛ, ДРИ).

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p.осв} = P_{p.осв} \cdot \cos\varphi = 20,27 \cdot \cos 0,5 = 20,27 \cdot 1,73 = 35,11 \text{ кВт}; \quad (5.2.3)$$

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.осв.}^2 + Q_{p.осв.}^2} = \sqrt{20,27^2 + 35,11^2} = 40,54 \text{ кВА}. \quad (5.2.4)$$

$$I_{p.o.} = \frac{S_{p.o.}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = \frac{40,54}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 61,59 \text{ А}. \quad (5.2.5)$$

Оскільки, розрахункова потужність цеху менше ніж 400 кВА, то як джерело живлення проектованого цеху приймаємо ВРП.

5.3. Розрахунок електричних навантажень вузлів електричної мережі й усього цеху

Розрахунок електричних навантажень первинних груп електроспоживачів зроблений у п'ятому пункті пояснювальної записки. Зробимо розрахунок електричного навантаження всього цеху в цілому методом впорядкованих діаграм.

Визначаємо середнє активне й реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну всього цеху в цілому:

$$P_{см.цех} = \Sigma P_{см} = 31,24 + 18,47 + 6,72 + 48,8 + 18,23 + 33,15 + 28,78 = 185,39 \text{ кВт},$$

$$Q_{см.цех} = \Sigma Q_{см} = 48,72 + 9,82 + 11,64 + 9,7 + 9,41 + 57,42 + 32,4 = 179,1 \text{ квар}. \quad (5.3.1)$$

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_{г} = \frac{P_{см.цех}}{\Sigma P_{ном}} = \frac{185,39}{760} = 0,25. \quad (5.3.2)$$

Визначаємо ефективне число електроспоживачів усього цеху в цілому:

$$n_e = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{н.мах}} = \frac{2 \cdot 760}{22} = 69,07. \quad (5.3.3)$$

де $P_{н.мах}$ – номінальна потужність найбільш потужного

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

електроспоживача цеху.

По n_e й K_B визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження; $K_p = 0,75$ [1].

Визначивши коефіцієнт розрахункового навантаження, розраховуємо розрахункове активне навантаження всього цеху в цілому;

$$P_{p.цех} = (P_{см.цех} \cdot K_p) + P_{p.осв} = (185,39 \cdot 0,7) + 20,27 = 150,04 \text{ кВт}. \quad (5.3.4)$$

Визначимо середньовиважений $\cos\varphi_{ср.зв}$:

$$\cos\varphi_{ср.зв} = \frac{\sum \cos\varphi \cdot P_{номі}}{\sum P_{номі}} = 0,57; \quad (5.3.5)$$

тоді $\text{tg}\varphi_{ср.зв} = 1,46$.

Розрахункова реактивне навантаження цеху:

$$Q_{p.цех} = (P_{см.цех} \cdot K_p \cdot \text{tg}\varphi_{ср.зв}) + Q_{p.осв} = (185,39 \cdot 0,7 \cdot 1,46) + 35,11 = 224,58 \text{ кВАр}. \quad (5.3.6)$$

Визначаємо повне максимальне навантаження цеху:

$$S_{p.цех} = \sqrt{P_{p.цех}^2 + Q_{p.цех}^2} = \sqrt{150,04^2 + 224,58^2} = 270,09 \text{ кВА}. \quad (5.3.7)$$

Розрахунковий максимальний струм навантаження цеху:

$$I_{p.цех} = \frac{S_{p.цех}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{270,09}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 410,36 \text{ А}. \quad (5.3.8)$$

Тоді піковий струм:

$$I_{пик} = I_{н.п} + (I_{p.цех} - (k_e \cdot I_{н.п})) = 286,5 + (410,36 - (0,2 \cdot 95,5)) = 677,76 \text{ А}, \quad (5.3.9)$$

Згідно проведених розрахунків навантажень груп електроспоживачів і цеху в цілому, можемо зробити вибір джерела живлення цеху. У зв'язку з тим, що навантаження ремонтно-механічного цеху менше ніж 400 кВА, то доцільніше буде виконати живлення по першому варіанту від вводно-розподільчого пристрою ВРП.

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

6. ВИБІР СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ (ШР, ШРА, ШМА, ВРП, ТП) І АПАРАТІВ ЗАХИСТУ В НИХ

Вибір розподільчих силових шаф здійснюється по наступних умовах:

$$I_{PO3} \leq I_{НОМ}, \quad (6.1)$$

де I_{PO3} – розрахунковий струм групи електроспоживачів, А;

$I_{НОМ}$ – номінальний струм розподільчої шафи, А.

$$n_{EP} \leq n_{Ш} \quad (6.2)$$

де n_{EP} – кількість електроспоживачів групи;

$n_{Ш}$ – кількість можливих приєднань до шафи.

$$I_{C32} > I_{C31} \quad (6.3)$$

де I_{C31} – струм спрацьовування захисту електрообладнання;

I_{C32} – струм спрацьовування захисту, встановлений в шафі.

У даному дипломному проєкті будемо застосовувати розподільчі шафи ПР 85-Ин1, призначені для розподілу електричної енергії в трифазних мережах напругою 500 В змінного струму частотою 50 Гц із глухозаземленою нейтраллю. Результати вибору шаф приведемо в табл. 6.1.

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			6. Вибір силових електротехнічних пристроїв (ШР, ШРА, ШМА, ВРП, ТП) і апаратів захисту в них	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					31	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Характеристика вибраних розподільчих пунктів

Позначення на плані	Розрахунковий струм групи, А	Марка шафи	Номінальний струм шафи, А	Тип розподільчих вимикачів
СП1	108,65	ПР 85-Ин1-3-213-3У3	360	До 100-10
СП2	51,57	ПР 85-Ин1-3-104-3У3	225	До 100-8
СП3	26,62	ПР 85-Ин1-3-104-3У3	225	До 100-8
СП4	105,36	ПР 85-Ин1-3-104-3У3	225	До 100-8
СП5	50,53	ПР 85-Ин1-3-001-3У3	225	До 100-6

Тип розподільчих шинопроводів ШРА4-250 А вибираємо по допустимому струму.

Вибираємо розподільчий шинопровід ШРА1 типу ШРА 4-250 з номінальним струмом $I_n = 250\text{А}$, струм електродинамічної стійкості становить $I_{ел.с} = 15\text{кА}$, перевіряємо за умовою:

$$I_{н.шра1} = 250\text{А} > I_{р.ш.1} = 115,61\text{А}; \quad (6.4)$$

де $I_{н.шра}$ – номінальний струм шинопроводу, А;

$I_{р.шра}$ – розрахунковий струм групи електроспоживачів ШРА, А.

Результати вибору шаф приведемо в табл. 6.2.

Характеристика вибраних шинопроводів

Позначення на плані	Розрахунковий струм групи, А	Марка шинопроводу	Номінальний струм ШРА, А	Тип розподільчих вимикачів
ШРА 1	115,61	ШРА 4 250	250	ШРА 1
ШРА 2	81,73	ШРА 4 250	250	ШРА 2

Для захисту ліній розподільчої мережі вибираємо автоматичні вимикачі, серії ВА встановлювані в ВРП цеху. Вибір здійснюємо за умовами селективності (відключення струмів короткого замикання, перевантаження й т.д. у заданій послідовності). Селективність забезпечується умовою (6.3).

Здійснимо вибір ввідного автоматичного вимикача встановлюваного в щиті ввідно-розподільчого пристрою.

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025 141				

У вводних панелях ВРП марки Щ 20 Ин1 - “Иносат” встановлюються автоматичні вимикачі серії ВА 55.

Вибираємо автоматичний вимикач ВА 55-41 з електромагнітним приводом. Номінальний струм вимикача 1000А, номінальний струм розщеплювача 430 А. $K_{то} = 12$ А. Розрахункове значення кратності струму відсічки:

$$K_{с.в.} \geq \frac{1,25 \cdot I_{нік}}{I_{ном.р}} = \frac{1,25 \cdot 677,76}{430} = 1,97. \quad (6.5)$$

Умови вибору виконуються.

Результати вибору інших автоматичних вимикачів зведемо в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Вибір апаратів захисту розподільної мережі

Позначення на плані	I_n, A	I_n, A	Позначення	$I_{нр}, A$	$I_{нр}, A$	$K_{т-пр}$
СП1	108,65	376,05	ВА57-35	250	125	12
СП2	51,57	192,76	ВА57-35	250	80	12
СП3	26,62	135,54	ВА57-35	250	80	12
СП4	105,36	246,55	ВА57-35	250	125	12
СП5	50,53	191,73	ВА57-35	250	80	12
ШРА 1	115,61	333,23	ВА57-35	250	125	12
ШРА 2	81,73	158,97	ВА57-35	250	100	12
Освітлення	61,59		ВА57-35	250	80	12
Цех	410,36	677,76	ВА55-41	1000	430	12

Вибираємо панелі вводно-розподільчого пристрою:

Вводна: -Щ20 Ин 34-У3 з номінальним струмом $I_{ном}=1000$ А, напольного виконання з вводним автоматичним вимикачем ВА 55-41 з номінальним струмом $I_{ном}=1000/430$ А.

Лінійна 1: -Щ 20-Ин 08-У3 з $I_{ном}=1000$ А, напольного виконання з можливістю установки автоматичних вимикачів 4хВА57-35 номінальним струмом до $I_{ном}=250$ А.

Лінійна 2: -Щ 20-Ин 08-У3 з $I_{ном}=1000$ А, напольного виконання з можливістю установки автоматичних вимикачів 4хВА57-35 номінальним струмом до $I_{ном}=250$ А.

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2025 141

7. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ І КАБЕЛІВ ДЛЯ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

Силові шафи й розподільчий шинопровід живляться від ВРП по кабельних лініях. Вибір перерізу їх аналогічний вибору провідників до окремих електроспоживачів. Провідники вибираються й перевіряються по допустимому нагріванню тривалим розрахунковим струмом I_p за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p / K_n; \quad (7.1)$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 \cdot I_3 / K_n; \quad (7.2)$$

де I_p – розрахунковий струм групи електроспоживачів СП або ШРА;

K_n – поправочний коефіцієнт, що враховує умови прокладки проводів і кабелів (при нормальних умовах прокладки $K_n=1$);

K_3 – кратність тривало допустимого струму кабелю стосовно струму спрацьовування захисного апарату;

I_3 – номінальний струм захисного апарату.

Виберемо кабель для СП 1 з $I_p = 108,65$ А, враховуючи автоматичний вимикач, що встановлений у ВРП ВА 57-35 $I_{\text{нр}}=125$ А:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p / K_n = 108,65/1 = 108,65 \text{ А}; \quad (7.3)$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 \cdot I_3 / K_n = 1 \cdot 125/1 = 125 \text{ А}; \quad (7.4)$$

Вибираємо неброньований кабель АВВГ 5х35 з $I_{\text{доп}} = 130$ А [1].

Для інших СП і ШРА вибір зводимо в табл. 7.1.

Зробимо розрахунок і вибір живильного кабелю 0,4 кВ для проектного цеху.

Розрахунковий струм $I_p = 410,36$ А. (табл. 5.2). Час використання максимуму навантаження виберемо $T = 4000$ год, отже економічна густина струму, для ліній виконаних алюмінієвими кабелями дорівнює $j_e = 1,4$ А/мм².

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			7. Вибір перерізу проводів і кабелів для силової мережі ремонтно-механічного цеху	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					34	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Визначимо економічний переріз по формулі:

$$I_{\text{д.каб}} \geq \frac{I_p}{k_{\text{ав}} \cdot k_t \cdot k_n} = \frac{410,36}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 410,36 \text{ мм}^2, \quad (7.5)$$

де I_p – розрахунковий струм ремонтно-механічного цеху, А;

k_n – економічна щільність струму, А/мм².

Економічний переріз округляється до стандартного найближчого перерізу. Отже вибираємо кабель марки 2хАВВГ 5х240 із допустимим струмом $I_{\text{д}} = 930$ А.

Приймаючи нормальні умови навколишнього середовища, відсутність можливості перевантаження кабелю й відсутність паралельно прокладених кабелів то перевіримо вибраний переріз по допустимому нагріванню при виконанні умови:

$$I_{\text{д.каб}} \geq \frac{I_{\text{д.каб}}}{k_{\text{ав}} \cdot k_t \cdot k_n} = \frac{930}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 930 \text{ А}, \quad (7.6)$$

де $I_{\text{д.каб}}$ – допустимий струм провідника, що враховує реальні умови його прокладки, охолодження й аварійного перевантаження, А;

$I_{\text{д}}$ – найбільший розрахунковий струм, А;

$k_{\text{ав}}$ – коефіцієнт перевантаження в аварійному режимі;

k_t – коефіцієнт, що враховує фактичну температуру навколишнього середовища;

k_n – коефіцієнт, що враховує число кабелів, прокладених в одній траншеї.

Дані за коефіцієнтами вибрані з [2].

Результати розрахунку й вибору провідників зведені в табл. 7.1.

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

Вибір провідників, що живлять силові пункти

Найменування силового пункту	I_p, A	K_n	K_3	$\frac{I_p}{K_n}, A$	I_3, A	$\frac{K_3 \cdot I_3}{K_n}, A$	Марка кабелю	$I_{доп}, A$
СП1	108,65	1	1	108,65	125	125	АВВГ 5х35	130
СП2	51,57	1	1	51,57	80	80	АВВГ 5х25	105
СП3	26,62	1	1	26,62	80	80	АВВГ 5х25	105
СП4	105,36	1	1	105,36	125	125	АВВГ 5х35	130
СП5	50,53	1	1	50,53	80	80	АВВГ 5х25	105
ШРА 1	115,61	1	1	115,61	125	125	АВВГ 5х35	130
ШРА 2	81,73	1	1	81,73	100	100	АВВГ 5х25	105
Освітлення	61,59	1	1	61,59	80	80	АВВГ 5х25	105
Цех	410,36	1	1	410,36	430	430	АВВГ 5х240	465

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

8. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХІВ І ПІДПРИЄМСТВА В ЦІЛОМУ

Визначення розрахункового силового навантаження по встановленій потужності й коефіцієнту попиту є наближеним методом розрахунку, тому його застосування рекомендують для попередніх розрахунків і визначення загальнозаводських навантажень. Для визначення розрахункових навантажень по цьому методу необхідно знати встановлену потужність $P_{ном}$ групи приймачів, коефіцієнти потужності $\cos\phi$ і коефіцієнт попиту $K_{п}$ даної групи, визначені по довідкових матеріалах.

Розрахункове навантаження групи однорідних по режиму роботи електроспоживачів визначають по формулах (метод коефіцієнта попиту):

$$P_p = K_n \cdot P_{ном} \quad (8.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot tg\phi \quad (8.2)$$

де $P_{ном}$ – сумарні номінальні потужності цехів;

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту й потужності цехів.

Розрахункові дані $K_{п}$ і $\cos\phi$ узяті з [1].

Освітлювальне навантаження може бути визначене методом питомої потужності на одиницю виробничої площі.

Розрахункові активні й реактивні потужності освітлювального навантаження:

$$P_{oi} = P_{пит} \cdot F \cdot K_n \quad (8.3)$$

$$Q_{oi} = tg\phi \cdot P_{oi} \quad (8.4)$$

де $P_{пит}$ – питома розрахункова потужність на 1 м² площі, кВт/ м²;

F – площа розміщення приймачів групи, м²;

$tg\phi$ – коефіцієнт потужності освітлювального навантаження.

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			в. Визначення розрахункових електричних навантажень цехів і підприємства в цілому	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мащенко О.А.					37	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Зробимо розрахунок навантажень підприємства:

1. Коефіцієнти попиту й мінімальні освітленості цехів прийняті за довідковим даними, виходячи із призначення конкретного цеху;

2. Питомі потужності загального рівномірного освітлення прийняті за довідковим даними, виходячи із призначення конкретного цеху.

Приклад розрахунку навантажень цеху №1:

Розрахункові активні й реактивні потужності силового навантаження розраховуємо по формулах (8.1) і (8.2):

$$P_{p_1} = K_n \cdot P_{y_1} = 0,34 \cdot 1890 = 642,6 \text{ кВт}; \quad (8.5)$$

$$Q_{p_1} = P_{p_1} \cdot \text{tg}(\arccos(\phi)) = 642,6 \cdot (\arccos(0,82)) = 448,54 \text{ квар}. \quad (8.6)$$

Розраховуємо освітлювальне навантаження по формулах (8.3) і (8.4):

$$P_{o_1} = P_{num} \cdot F \cdot K_n = 4,4 \cdot 12500 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 99,00 \text{ кВт} \quad (8.7)$$

$$Q_{o_1} = P_{o_1} \cdot \text{tg}(\arccos\phi) = 99,00 \cdot \text{tg}(\arccos 0,95) = 32,54 \text{ квар} \quad (8.8)$$

Розрахункова повна потужність цеху №1:

$$S_{p_{ц_1}} = \sqrt{(P_p + P_o)^2 + (Q_p + Q_o)^2} = \sqrt{(642,6 + 99,00)^2 + (448,54 + 32,54)^2} = 883,97 \text{ кВА} \quad (8.9)$$

Розрахунок потужності інших цехів зведений у табл. 8.1.

Розрахункова потужність заводу визначається по формулах:

$$P_{p_3} = K_{\Sigma} \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_{p_{ni}} + \Delta P_{л} \right); \quad (8.10)$$

$$Q_{p_3} = K_{\Sigma} \cdot \left(\sum_{i=1}^n Q_{p_{ni}} + \Delta Q_m + \Delta Q_{л} \right); \quad (8.11)$$

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p_3}^2 + Q_{p_3}^2}; \quad (8.12)$$

де K_{Σ} – коефіцієнт суміщення максимуму навантажень, $K_{\Sigma} = 0,9$;

$\Sigma P_{p_{ni}}$ – сумарна активна потужність електроспоживачів до 1 кВ, кВт;

$\Sigma Q_{p_{ni}}$ – сумарна реактивна потужність електроспоживачів до 1 кВ, квар;

$\Delta P_{т}$ – втрати активної потужності в трансформаторах заводу, кВт;

$\Delta Q_{т}$ – втрати реактивної потужності в трансформаторах заводу, квар;

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$\Delta P_{л}$ – втрати активної потужності в лініях, кВт;

$\Delta Q_{л}$ – втрати реактивної потужності в лініях, квар.

Втрати потужності в трансформаторах і лініях визначаються по формулах.

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot S_{рн} = 0,02 \cdot 4708,46 = 94,17 \text{ кВт}; \quad (8.13)$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot S_{рн} = 0,1 \cdot 4708,46 = 470,85 \text{ квар}; \quad (8.14)$$

$$\Delta P_{л} = 0,03 \cdot S_{рн} = 0,03 \cdot 4708,46 = 141,25 \text{ кВт}; \quad (8.15)$$

$$\Delta Q_{л.кл} = 0; \quad (8.16)$$

$$\Delta Q_{л.вл} = (0,02 \div 0,03) \cdot S_{рн}; \quad (8.17)$$

Визначимо розрахункову потужність підприємства.

$$P_{рз} = K_{\Sigma} \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_{рні} + \Delta P_m + \Delta P_{л} \right) = 0,9 \cdot (4066,79 + 94,17 + 141,25) = 3871,99 \text{ кВт}; \quad (8.18)$$

$$Q_{рз} = K_{\Sigma} \cdot \left(\sum_{i=1}^n Q_{рні} + \Delta Q_m + \Delta Q_{л} \right) = 0,9 \cdot (2372,93 + 470,85 + 0) = 2559,40 \text{ квар}; \quad (8.19)$$

$$S_{р.з} = \sqrt{P_{рз}^2 + Q_{рз}^2} = \sqrt{3871,99^2 + 2559,40^2} = 4641,43 \text{ кВА}. \quad (8.20)$$

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

Таблиця 8.1

Визначення розрахункових електричних навантажень цехів і підприємства в цілому

№	Найменування приміщення	$P_{уст}$, кВт	K_n	$\cos\varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар	F , м ²	E , лк	$P_{пл}$, Вт/м ²	$K_{с осв}$	$\cos\varphi_{осв}$	$P_{ос}$, кВт	$Q_{ос}$, квар	$P_{p+ос}$, кВт	$Q_{p+ос}$, квар	S_{Σ} , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Пресово-заготівельний.	1890	0,34	0,82	642,60	448,54	12500	200	8,8	0,9	0,95	99,00	32,54	741,60	481,08	883,97
2	Сварочно-складальний	690	0,22	0,72	151,80	146,31	9750	250	11	0,9	0,95	96,53	31,73	248,33	178,04	305,55
3	Механоскладальний	960	0,42	0,85	403,20	249,88	6650	250	11	0,9	0,95	65,84	21,64	469,04	271,52	541,96
4	АБК	200	0,22	0,76	44,00	37,63	8375	250	11	0,9	0,95	82,91	27,25	126,91	64,88	142,53
5	Автоматний	900	0,24	0,89	216,00	110,66	8800	200	8,8	0,9	0,95	69,70	22,91	285,70	133,57	315,38
6	Пластмасового лиття	660	0,55	0,92	363,00	154,64	6250	250	11	0,9	0,95	61,88	20,34	424,88	174,97	459,49
7	Фарбувальний	2450	0,32	0,93	784,00	309,86	4875	200	8,8	0,9	0,95	38,61	12,69	822,61	322,55	883,59
8	Товарів народного споживання	660	0,43	0,73	283,80	265,70	10000	200	8,8	0,9	0,95	79,20	26,03	363,00	291,73	465,70
9	Ремонтно-механічний	-	-	-	129,77	189,47	-	-	-	-	-	20,27	35,11	150,04	224,58	270,09
10	Складальний	450	0,35	0,75	157,50	138,90	28000	250	11	0,9	0,95	277,20	91,11	434,70	230,01	491,80
Разом:					3175,67	2051,59						891,12	321,35	4066,79	2372,93	4708,46

9. СКЛАДАННЯ КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

При проектуванні систем електропостачання промислових підприємств складають картограми електричних навантажень, які широко застосовуються для відшукування місця розташування підстанцій і являють собою розміщені на генплані круги, площі яких у прийнятому масштабі дорівнюють розрахунковим навантаженням цехів. За допомогою картограми навантажень проектувальник може наочно представити розміщення навантажень по території підприємства.

Необхідно підстанції розташовувати поблизу навантажень заживлених від них, що пов'язане з витратами на провідникові матеріали й втратами електроенергії.

Виходячи з вище викладеного складання картограми необхідно для визначення центру електричних навантажень підприємства.

Кожному цеху відповідає своє коло, центр якого збігається із центром навантаження цеху, а радіус круга визначається по формулі:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}}; \quad (9.1)$$

де P_{pi} – розрахункова потужність і-го цеху;

m – масштаб для визначення площі круга, кВт/мм^2 , $m = 0,25 \text{ кВт/мм}^2$.

Круги на генплані підприємства розділяються на сектори, які пропорційні освітлювальному й силовому навантаженням цехів.

Центральний кут пропорційний освітлювальному навантаженню визначається по формулі:

$$\alpha_{oc.i} = \frac{P_{roc.i}}{P_{p.i}} \cdot 360; \quad (9.2)$$

					<i>ДП 2025 141</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>				41	
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>			<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>					9. Складання картограми електричних навантажень підприємства		
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>					

Координати умовного центру електричних навантажень визначаються по формулах

$$X_{\text{цен}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}; \quad (9.3)$$

$$Y_{\text{цен}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}; \quad (9.4)$$

Визначимо радіус круга й центральний кут пропорційний освітлювальному навантаженню цеху 1:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{741,60}{3,14 \cdot 0,25}} = 30,74 \text{ мм}; \quad (9.5)$$

$$\alpha_{\text{ос},i} = \frac{P_{\text{рос},i}}{P_{p,i}} \cdot 360 = \frac{99,00}{642,60} \cdot 360 = 48,06. \quad (9.6)$$

Для всіх інших цехів розрахунок радіусів кругів і центральних кутів пропорційних освітлювальному навантаженню цехів аналогічний. Результати розрахунків наведені в табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Розрахунок радіусів кругів і центральних кутів заводу

№	Найменування приміщення	$P_{p, \text{силь}}$, кВт	P_o , кВт	P_p , кВт	Радіус R , мм	Кут α , °
1	Пресово-заготівельний	642,60	99,00	741,60	30,74	48,06
2	Сварочно-складальний	151,80	96,53	248,33	17,79	139,93
3	Механоскладальний	403,20	65,84	469,04	24,44	50,53
4	АБК	44,00	82,91	126,91	12,72	235,19
5	Автоматний	216,00	69,70	285,70	19,08	87,82
6	Пластмасового лиття	363,00	61,88	424,88	23,26	52,43
7	Фарбувальний	784,00	38,61	822,61	32,37	16,90
8	Товарів народного споживання	283,80	79,20	363,00	21,50	78,55
9	Ремонтно-механічний	129,77	20,27	150,04	13,83	48,64
10	Складальний	157,50	277,20	434,70	23,53	229,57

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

Вихідні дані й розрахунок умовного центру електричних навантажень підприємства представлені в табл. 9.2.

Таблиця 9.2

Розрахунок умовного центру електричних навантажень підприємства

№	Найменування приміщення	P_p , кВт	X	Y	XP_p	YP_p
1	Пресово-заготівельний	642,60	467,5	184	300415,5	118238,4
2	Сварочно-складальний	151,80	188,5	92	28614,3	13965,6
3	Механоскладальний	403,20	381	177	153619,2	71366,4
4	АБК	44,00	438	301,7	19272	13274,8
5	Автоматний	216,00	252,5	184,5	54540	39852
6	Пластмасового лиття	363,00	252,5	240,5	91657,5	87301,5
7	Фарбувальний	784,00	319,5	177	250488	138768
8	Товарів народного споживання	283,80	183	197,5	51935,4	56050,5
9	Ремонтно-механічний	129,77	45	126	5839,65	16351,02
10	Складальний	157,50	421	54,5	66307,5	8583,75
	Разом	3175,67			1022689,05	563751,97
	$X_{центр.}$, мм		322,04			
	$Y_{центр.}$, мм		177,52			

Визначимо координати умовного центру електричних навантажень:

$$X_{цен} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}} = \frac{1022689,05}{3175,67} = 322,04 \text{ мм}; \quad (9.7)$$

$$Y_{цен} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}} = \frac{563751,97}{3175,67} = 177,52 \text{ мм}; \quad (9.8)$$

Враховуючи, доцільність зсуву РП (ГПП) убік джерела живлення щоб, по можливості, виключити зустрічні потоки потужності в живильних і відходящих лініях і місце розташування РП не перебувало на проїздах до будівель.

										Арк.
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

10. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ (ЗА УКРУПНЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ) ВИБОРУ НАПРУГИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Метою техніко-економічних розрахунків є визначення оптимального варіанту схеми й параметрів електромережі і її елементів.

Розрахункове навантаження підприємства $S_p = 4641,43$ кВА. Одиначна потужність трансформатора зв'язку з енергосистемою 10 МВА, $U_{вн} = 110$ кВ, $U_{нн} = 6,5$ кВ.

Відстань до проектованого підприємства 9,7 км.

Визначимо необхідність установки ГПП або РП на підприємстві. Залежно від переданої потужності, довжини живильних ліній, схеми живлення й вартості електроенергії визначаємо очікувану раціональну напругу, що підводиться до підприємства.

На практиці при виборі номінальної напруги використовують ряд підходів.

Виходячи з довжин ліній і величини переданої по них потужності, намічають напруги окремих ліній по відомих емпіричних формулах, наприклад, Стилла:

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{L + 16 \cdot P}; \quad (10.1)$$

де L – довжина лінії, км;

P – потужність на один ланцюг лінії, МВт.

Так наприклад, по формулі Стилла:

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{9,7 + 16 \cdot \frac{4,6}{2}} = 29,6 \text{ кВ}. \quad (10.2)$$

З результату розрахунку можна зробити висновок, що технічно необхідно вибирати напругу не менш 35 кВ. Виходячи з вихідних даних є тільки напруга 110 кВ і 6,5 кВ.

Розглянемо розрахунок економічної доцільності вибору напруги 110 кВ у якості живильної.

					<i>ДП 2025 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			10. Техніко-економічне обґрунтування (за укрупненими показниками) вибору напруги зовнішнього електропостачання	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					44	
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>				<i>ННІПІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

При розгляді варіантів зовнішнього електропостачання критерієм економічності є мінімум приведених витрат:

$$Z = p \cdot K + C_e; \quad (10.3)$$

де p – нормативний коефіцієнт економічної ефективності, $p = 0,12$;

K – капітальні витрати;

C_e – щорічні експлуатаційні витрати.

Капітальні витрати складаються з:

$$K = K_{л} + K_{ап} + K_{т-р}; \quad (10.4)$$

де $K_{л}$ – витрати на спорудження живильних ліній, у.о.;

$K_{ап}$ – витрати на установку високовольтної апаратури, у.о.;

$K_{т-р}$ – витрати на установку силових трансформаторів.

Щорічні експлуатаційні витрати:

$$C_e = \alpha \cdot K + \beta \cdot K + C_n; \quad (10.5)$$

де α, β – коефіцієнти відрахувань на амортизацію й обслуговування;

C_n – вартість втрат електроенергії.

Для електропостачання заводу розглянемо два варіанти.

Варіант 1

По першому варіанту передбачається здійснити живлення по кабельних лініях 6 кВ. За умовою надійності має бути не менше ніж дві лінії від двох незалежних джерел живлення.

Виконаємо вибір перерізу кабелю 6 кВ, що живлять РП від енергосистеми. Вибір перерізу провідника проводимо по економічній густині струму. Струм, що протікає по КЛ, визначається по формулі,

$$I_i = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} \cdot A; \quad (10.6)$$

де S_p – потужність, що протікає по лініях, кВ·А;

N – кількість паралельних ліній, шт;

U_n – номінальна напруга лінії, кВ.

Струм, що протікає по КЛ при напрузі 6 кВ:

									ДП 2025 141	Арк.
										45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{4641,43}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6,5} = 206,13 \text{ А}; \quad (10.7)$$

Економічна густина струму визначається залежно від часу використання максимуму навантаження. Час використання максимуму навантаження для підприємств із двозмінним графіком роботи дорівнює 4000 год отже економічна густина струму для голих сталевалюмінієвих проводів $j_e = 1,1 \text{ А/мм}^2$.

Економічний переріз визначається по формулі, мм^2 :

$$F_e = \frac{I_i}{j_e}; \quad (10.7)$$

Економічний переріз лінії:

$$F_e = \frac{I}{j_e} = \frac{206,13}{1,1} = 187,4 \text{ мм}^2; \quad (10.8)$$

Вибираємо кабель 6 кВ 2хАПВВнг-LS 3х95 з $I_{\text{доп}} = 2 \times 225 \text{ А}$.

Перевіряємо даний переріз за умовою нагрівання для післяаварійного режиму:

$$I_{p.ав} = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{4641,43}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 6,5} = 412,27 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 450 \text{ А}; \quad (10.9)$$

Остаточо приймаємо дві лінії, виконані кабелем 6 кВ 2хАПВВнг-LS 3х95.

Варіант 2

По другому варіанту електропостачання заводу передбачається здійснити на напрузі 110 кВ по проводам марки АС. Виберемо потужність трансформаторів на ГПП:

$$S_m \geq \frac{S_{p.з}}{1,4} = \frac{4641,43}{1,4} = 3315,31 \text{ кВА}; \quad (10.10)$$

де S_t – розрахункова мінімальна потужність трансформатора, МВА.

Вибираємо трансформатори ТМ 6300/110 з $S_{\text{ном}} = 6,3 \text{ МВА}$, тоді коефіцієнт нормального завантаження буде дорівнювати:

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

$$K_{з.н} = \frac{S_{р.з.} \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot S_{ном})} = \frac{4641,43 \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot 6,3)} = 0,37; \text{ що є допустимо.} \quad (10.11)$$

де $S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, МВА.

Коефіцієнт аварійного перевантаження буде дорівнювати:

$$K_{з.ав} = \frac{S_{р.з.} \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot S_{ном})} = \frac{4641,43 \cdot 10^{-3}}{(1 \cdot 6,3)} = 0,74, \text{ що є допустимо.} \quad (10.12)$$

Повітряні лінії вибираємо по економічній густині струму:

Розрахунковий струм, що протікає по лінії при напрузі 110 кВ:

$$I_p = \frac{S_{р.з.}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{4641,43}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 12,18 \text{ А}; \quad (10.13)$$

де n – кількість живильних ліній, шт.

Мінімальний економічний переріз проводу живильної лінії 110 кВ, мм^2 ;

$$F_e = \frac{I_p}{j_e} = \frac{12,18}{1,1} = 11,07 \text{ мм}^2; \quad (10.14)$$

Вибираємо провід марки АС–120/19, $I_{доп} = 390$ А, за умовою явища коронування для напруги 110 кВ.

Перевіряємо даний переріз за умовою нагрівання для післяаварійного режиму при відключенні одного ланцюга:

$$I_{р.ав} = \frac{S_{р.з.}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{4641,43}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 24,36 < I_{доп} = 390 \text{ А}; \quad (10.15)$$

де $I_{р.ав}$ – розрахунковий аварійний струм, А.

Умова виконується.

Остаточо вибираємо дві лінії, виконані проводом АС–120/19.

					ДП 2025 141	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

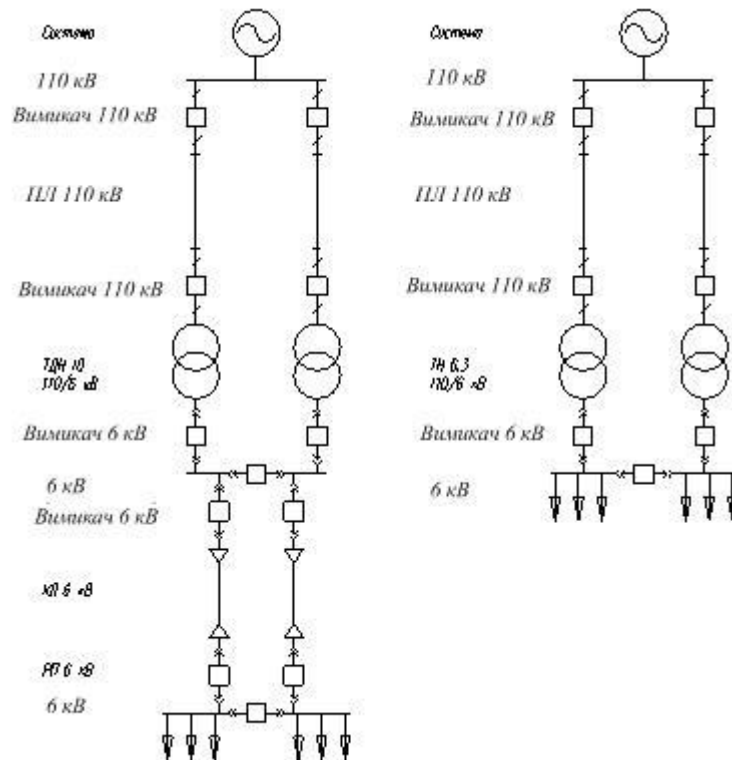


Рис. 10.1. Схеми електропостачання заводу обох варіантів

Розрахунок капітальних вкладень проводимо на основі укрупнених показників вартості обладнання й матеріалів.

На прикладі, зробимо розрахунок вартості капітальних витрат першого варіанту живлення підприємства по кабельних лініях 6 кВ.

Загальна вартість кабелю 6 кВ, його укладання й монтажу;

$$K_{\text{кл.6}} = C_{\text{кл.6}} \cdot L \cdot n = 17,3 \cdot 9,7 \cdot 2 = 335,62 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.16)$$

де $C_{\text{кл.6}}$ – вартість кабельної лінії 6 кВ за 1 км. у.о.;

L – довжина кабельної лінії 6 кВ, км;

n – кількість кабельних ліній 6 кВ.

Загальна вартість комірок вакуумних вимикачів 6 кВ і монтажу, де два вимикачі вводних, один секційний і шість відходящих ліній

$$K_{\text{рв.6}} = C_{\text{рв.6}} \cdot n = 15,2 \cdot 9 = 136,8 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.17)$$

де $C_{\text{рв.6}}$ – вартість вакуумного вимикача 6 кВ, у.о.

n – кількість вимикачів 6 кВ.

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

Вартість монтажу першого варіанту електропостачання;

$$K_{1B} = K_{КЛ.6} + K_{ВВ.6} = 335,62 + 136,8 = 472,42 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.18)$$

Розрахунок другого варіанту аналогічний першому, результати розрахунку обох варіантів зводимо в табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Розрахунок вартості варіантів електропостачання підприємства

Обладнання	Вартість одиниці, тис. у.о.	Варіант 1		Варіант 2		Довжина лінії м
		кількість	вартість	кількість	вартість	
ВЛ-110кВ,(АС120/19)	24,6	–	–	2	477,24	9,7
КЛ 6 кВ	17,3	2	335,62	–	–	9,7
ВРП 110 кВ	74,9	–	–	2	224,7	2
Тр-ри ТМ 6,3 МВА	570,6	–	–	2	1141,2	2
Комірки КРУ 6 кВ	15,2	9	136,8	9	136,8	2
Разом:			472,42		1979,94	

Зробимо розрахунок витрат на амортизацію й обслуговування першого варіанта електропостачання підприємства по кабельній лінії 6 кВ. Значення коефіцієнтів α і β взяті з довідникових матеріалів.

Амортизаційні витрати на зведення кабельної лінії 6 кВ;

$$I_{a.КЛ.6} = \left(\frac{K_{КЛ.6}}{100} \right) \cdot \alpha = \left(\frac{335,62}{100} \right) \cdot 2,3 = 7,72 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.19)$$

де α – норма амортизаційних відрахувань, %.

Витрати на обслуговування кабельної лінії 6 кВ;

$$I_{o.КЛ.6} = \left(\frac{K_{КЛ.6}}{100} \right) \cdot \beta = \left(\frac{335,62}{100} \right) \cdot 2,0 = 6,71 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.20)$$

де β – норма відрахувань на обслуговування, %.

Амортизаційні витрати на зведення розподільчого пристрою 6 кВ;

$$I_{a.РВ.6} = \left(\frac{K_{РВ.6}}{100} \right) \cdot \alpha = \left(\frac{136,8}{100} \right) \cdot 6,4 = 8,76 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.21)$$

Витрати на обслуговування розподільчого пристрою 6 кВ;

$$I_{o.РВ.6} = \left(\frac{K_{РВ.6}}{100} \right) \cdot \alpha = \left(\frac{136,8}{100} \right) \cdot 3,0 = 4,10 \text{ тис. у.о.}; \quad (10.22)$$

Розрахунок другого варіанта аналогічний першому, результати розрахунку

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

обох варіантів витрат на амортизацію й обслуговування зводимо в табл. 10.2.

Таблиця 10.2

Розрахунок витрат на амортизацію й обслуговування

Обладнання	Вартість тис. у.о	Амортизація		Обслуговування	
		α , %	Вартість тис. у.о	β , %	Вартість тис. у.о
ПЛ, 110 кВ	477,24	2,40	11,45	0,40	1,91
КЛ, 6 кВ	335,62	2,30	7,72	2,00	6,71
ГПП 110 кВ	1365,90	6,40	87,42	2,00	27,32
РП 6 кВ	136,80	6,40	8,76	3,00	4,10
Разом:	Варіант 1 (ПЛ 110кВ)		98,87		29,23
	Варіант 2 (КЛ 6 кВ)		16,47		10,82

Визначимо вартість втрат електроенергії C_n .

$$C_n = C_{оп} \cdot \Delta W; \quad (10.23)$$

$C_{оп}$ – вартість одного кВт·год електроенергії; $C_{оп} = 0,15$ у.о./кВт·год;

Визначимо втрати електроенергії в елементах електричної мережі:

Трансформатор ТМН–6300/110: Довідникові дані: $P_{xx}=11,5$ кВт; $\Delta P_{кз}=44$ кВт; $S_{ном}=6,3$ МВА.

$$\Delta W_{m,6,3} = n \cdot P_{xx} \cdot T_z + \frac{P_{кз}}{n} \cdot \left(\frac{S_{p,3}}{S_{ном}}\right)^2 \cdot \tau = 2 \cdot 0,0115 \cdot 8760 + \frac{0,044}{2} \cdot \left(\frac{4,6}{6,3}\right)^2 \cdot 2405 = 229,69 \text{ МВт} \cdot \text{год}; \quad (10.24)$$

де n – кількість трансформаторів, шт;

P_{xx} – втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

$P_{кз}$ – втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

Трансформатор ТДН-10000/110: Довідкові дані: $\Delta P_{xx}=14$ кВт; $\Delta P_{кз}=58$ кВт; $S_{ном}=10$ МВА.

$$\Delta W_{m,10} = 2 \cdot 0,014 \cdot 8760 + \frac{0,058}{2} \cdot \left(\frac{4,6}{10}\right)^2 \cdot 2405 = 260,04 \text{ МВт} \cdot \text{год}; \quad (10.25)$$

де

$$\tau = (0,124 \cdot T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 4000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ год}; \quad (10.26)$$

Втрати потужності в живильних лініях:

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

Втрати потужності в КЛ 6 кВ виконані кабелем 6 кВ 2хАПВВнг-LS 3х240:
Довідкові дані $r_0 = 0,082$ Ом/км; $L = 9,7$ км.

$$\Delta P_{\text{КЛ.6}} = I_p^2 \cdot R_n \cdot 10^{-3} = I_p^2 \cdot \left(\frac{r_0 \cdot l}{n}\right) \cdot 10^{-3} = 412,27^2 \cdot \left(\frac{0,082 \cdot 9,7}{4}\right) \cdot 10^{-3} = 33,80 \text{кВт} \cdot \text{год}; \quad (10.27)$$

$$\Delta W_{\text{КЛ.6}} = \Delta P_n \cdot \tau = 33,80 \cdot 2405 \cdot 10^{-3} = 81,28 \text{МВт} \cdot \text{год}; \quad (10.28)$$

Втрати потужності у ПЛ 110 кВ виконані проводом АС-120/19: Довідкові дані $r_0 = 0,081$ Ом/км; $L = 9,7$ км.

$$\Delta P_{\text{ПЛ.110}} = I_p^2 \cdot R_n \cdot 10^{-3} = I_p^2 \cdot \left(\frac{r_0 \cdot l}{2}\right) \cdot 10^{-3} = 24,36^2 \cdot \left(\frac{0,081 \cdot 9,7}{2}\right) \cdot 10^{-3} = 0,233 \text{кВт} \cdot \text{год}; \quad (10.29)$$

$$\Delta W_{\text{ПЛ.110}} = \Delta P_n \cdot \tau = 0,233 \cdot 2405 \cdot 10^{-3} = 0,56 \text{МВт} \cdot \text{год}; \quad (10.30)$$

Визначаємо вартість втрат обох варіантів:

Варіант 1 (КЛ 6 кВ):

$$C_{\text{п.6}} = C_{\text{оп}} \cdot (\Delta \Delta_{\text{т.10}} + \Delta W_{\text{КЛ.6}}) = 0,15 \cdot (260,04 + 81,28) = 273,06 \text{тис.у.о}; \quad (10.31)$$

$$C_{\text{з.6}} = \alpha \cdot K + \beta \cdot K + C_{\text{н.10}} = 16,47 + 10,82 + 273,06 = 300,35 \text{тис.у.о}; \quad (10.32)$$

Варіант 2 (ПЛ 110 кВ):

$$C_{\text{п.110}} = C_{\text{оп}} \cdot (\Delta W_{\text{т.6,3}} + \Delta W_{\text{ПЛ.110}}) = 0,15 \cdot (229,69 + 0,56) = 184,2 \text{тис.у.о}; \quad (10.33)$$

$$C_{\text{з.110}} = \alpha \cdot K + \beta \cdot K + C_n = 98,87 + 29,23 + 184,2 = 312,3 \text{тис.у.о}; \quad (10.34)$$

Сумарні витрати:

Варіант 1 (КЛ 6 кВ):

$$Z_{1B} = p \cdot K_{1B} + C_{\text{з.6}} = 0,12 \cdot 472,42 + 300,35 = 357,04 \text{тис.у.о}; \quad (10.35)$$

Варіант 2 (ПЛ 110 кВ):

$$Z_{2B} = p \cdot K_{2B} + C_{\text{з.110}} = 0,12 \cdot 1979,94 + 312,3 = 549,89 \text{тис.у.о}; \quad (10.36)$$

На підставі мінімуму приведених витрат вибираємо 1-й варіант схеми електропостачання підприємства.

					ДП 2025 141	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. ВИБІР ОДИНИЧНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ І КІЛЬКОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВИХ ТП ПІДПРИЄМСТВА

Вибір потужності трансформаторів здійснюємо з урахуванням питомого навантаження цехів, $S_{\text{пит}}$, кВА/м² і установки БНК.

$$N = \frac{S_p}{\beta_T \cdot S_{\text{ном}}} \quad (11.1)$$

де β_T – коефіцієнт нормального завантаження трансформаторів, в.о.

При розрахунку необхідно врахувати схему внутрішньозаводського електропостачання. У даному дипломному проекті при сумарному навантаженні менше ніж 400 кВА вибираємо ВРП, більше 400 кВА – КТП.

Приклад розрахунку навантажень КТП зведений у табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Визначення розрахункових навантажень КТП

№	Найменування приміщення	$P_{\text{кмп. } i}$	$Q_{\text{кмп. } i}$ квар	$S_{\text{кмп. } i}$ кВА
КТП 3				
3	Механоскладальний	469,04	271,52	541,96
4	АБК	126,91	64,88	142,53
	Разом:	595,95	336,4	684,34
КТП 10				
10	Складальний	434,7	230,01	491,8
2	Сварочно-складальний	248,33	178,04	305,55
	Разом:	683,03	408,05	795,63
КТП 6				
6	Пластмасового лиття	424,88	174,97	459,49
5	Автоматний	285,7	133,57	315,38
	Разом:	710,58	308,54	774,67
КТП 8				
8	Товарів народного споживання	363	291,73	465,7
9	Ремонтно-механічний	150,04	224,58	270,09
	Разом:	513,04	516,31	727,86

ДП 2025 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Лазар М.М.		
Перевір.		Мащенко О.А.		
Реценз.		Красюк М.І.		
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
11. Вибір одиничних потужностей і кількості трансформаторів цехових ТП підприємства				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			52	
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3				

Враховуючи вимоги 2 категорії надійності електропостачання цехів, приймаємо число трансформаторів КТП рівним 2 шт. Бажана потужність трансформаторів КТП 8 дорівнює:

$$S_m = \frac{S_{КТП8}}{\beta_{ма}} = \frac{724,86}{1,4} = 517,76 \text{ кВА}; \quad (11.2)$$

де β_T – коефіцієнт нормального завантаження трансформаторів.

Вибираємо трансформатори ТСЗ-630/6, тоді нормальне завантаження трансформатора:

$$\beta_m = \frac{S_{КТП8}}{n \cdot S_m} = \frac{727,86}{2 \cdot 630} = 0,58; \quad (11.3)$$

Для кожної технологічно сконцентрованої групи електроспоживачів (цеху, корпусу) мінімальне число трансформаторів однакової потужності визначається по формулі:

$$N_{T \min} = \frac{P_{MT}}{\beta_T \cdot S_T} + \Delta N \quad (11.4)$$

де P_{MT} – сумарна розрахункова активна потужність групи, кВт;

β_T – коефіцієнт завантаження трансформатора;

S_T – прийнята номінальна потужність одного трансформатора, кВА;

ΔN – добавка до цілого числа.

Зробимо вибір трансформаторів для технологічно сконцентрованих груп на прикладі цеху №3.

По формулі (11.3) визначимо мінімальне число трансформаторів:

$$N_{КТП3} = \frac{595,95}{0,54 \cdot 630} = 1,74 = 2 \text{ шт}; \quad (11.5)$$

Вибираємо трифазний сухий двообмотковий трансформатор загального призначення ТСЗ 630/6 у кількості $N=2$ шт.

Аналогічно вибираємо число й тип трансформаторів в інших КТП, результати вибору зводимо в табл. 11.2.

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

Визначення числа й потужності цехових трансформаторів

№	Найменування цеху	P_{p+o} , кВт	S_p , кВА	F , м ²	$b_{та}$	b_t	Роз. кіл. тр.	$S_{ном}$
1	Пресово-заготівельний	741,6	883,97	12500	1,40	0,70	1,68	630
3	Механоскладальний	595,95	684,34	6650	1,09	0,54	1,74	630
6	Пластмасового лиття	710,58	774,67	6250	1,23	0,61	1,83	630
7	Фарбувальний	822,61	883,59	4875	1,40	0,70	1,86	630
8	Товарів народного споживання	513,04	727,86	10000	1,16	0,58	1,41	630
10	Складальний	683,03	795,63	28000	1,26	0,63	1,72	630

Оскільки навантаження зосереджені тільки в цехах, то приймаємо комплектні внутріцехові підстанції КТПЦ-Ин1.

КТПЦ-Ин1 призначені для живлення внутріцехових електроспоживачів промислових підприємств. До складу КТП входять шафи наступних типів: ввідні, секційні, відходящих ліній, керування, загальсекційні, а також панель стикування, шинний міст (при дворядному виконанні), силовий трансформатор. Місце розташування цехових КТП вибираємо таким чином, щоб уникнути зворотних потоків електроенергії.

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

12. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЦЕХІВ І ПІДПРИЄМСТВА

В якості джерел реактивної потужності на промислових підприємствах використовуються в першу чергу батареї статичних конденсаторів напругою 6...10 кВ. Враховується також реактивна потужність, яку можна одержувати з енергосистеми. Обмеження застосування батареї високовольтних конденсаторів (БВК) при відповідному обґрунтуванні застосовуються на підприємствах з безперервним режимом роботи, і пояснюються труднощами здійснення частоті комутації ємнісних навантажень.

Розрахунок компенсації реактивної потужності виконується в кілька етапів. Першопочатково підприємство, що складається з окремих будинків, може бути розбите на кілька технологічно сконцентрованих груп цехових трансформаторів однакової одиничної потужності. У межах кожної групи всі трансформатори повинні мати однаковий коефіцієнт завантаження й один вид компенсуючих пристроїв. Попередньо необхідно визначити розрахункові навантаження трансформаторів, з урахуванням на граничні можливості передачі потужності по лініях до 1кВ.

Для кожної групи трансформаторів приймається одинична номінальна потужність і коефіцієнт завантаження, після чого визначається мінімальне число трансформаторів. Потім виконується встановленої потужності батареї низьковольтних конденсаторів (БНК) у мережах до 1 кВ кожного цехового трансформатора, а також для підприємства в цілому. Після цього уточнюються активне й реактивне навантаження підприємства з урахуванням втрат потужності в трансформаторах і обчислюється економічне значення реактивної потужності, споживаної з енергосистеми.

					<i>ДП 2025 141</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>				55			
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>			<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>							
12. Компенсація реактивної потужності цехів і заводу									

Аналіз балансу реактивної потужності на границі розділу підприємства й енергосистеми визначає подальший порядок розрахунків.

Більш докладно вибір засобів компенсації розглядається нижче.

Найбільше значення реактивної потужності, що може бути передане через трансформатори в мережу до 1 кВ при прийнятому коефіцієнті завантаження трансформаторів β_T , визначається по наступному виразу, квар:

$$Q_T = \sqrt{(1,05 \cdot S_T \cdot \beta_T \cdot n)^2 - P_{p+o}^2}; \quad (12.1)$$

де 1,05 – коефіцієнт, що враховує допустиме систематичне перевантаження трансформатора;

S_T – номінальна потужність трансформатора, кВА;

β_T – дійсне завантаження трансформатора, в.о;

n – кількість трансформаторів, шт;

P_{p+o} – розрахункове активне навантаження даного КТП, кВА.

Сумарна потужність блоку низьковольтних конденсаторів БНК за критерієм вибору мінімального числа трансформаторів

$$Q_{нк1} = Q_{p+o} - Q_m; \quad (12.2)$$

де Q_{p+o} – розрахункове реактивне навантаження даного КТП, квар;

Вибір конденсаторних установок для КТП 3

По прийнятому числу трансформаторів визначаємо найбільшу реактивну потужність, що раціонально передавати через трансформатори в мережу по (12.1):

$$Q_m = \sqrt{(1,05 \cdot 630 \cdot 0,54 \cdot 2)^2 - (595,95)^2} = 404,45 \text{квар}; \quad (12.3)$$

Сумарна потужність блоку низьковольтних конденсаторів

$$Q_{нк1} = Q_p - Q_m = 336,4 - 404,45 = -65,06 \text{квар}; \quad (12.4)$$

Так як $Q_{нк1} < 0$, то можна прийняти $Q_{нк1} = 0$. Отже, установка блоку низьковольтних конденсаторів не потрібна.

Аналогічно зробимо розрахунки для інших цехів, і результати зведемо в табл. 12.1.

									ДП 2025 141	Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 12.1

Визначення числа й потужності батарей компенсуючих пристроїв

№	Назва цеху	P_p	Q_p	S_p	$K_{зтр}$	$\kappa_з$	N	$S_{ном}$	Q_m	$Q_{нк}$
1	Пресово-заготівельний	741,6	481,08	883,97	0,7	0,70	2	630	558,15	-77,07
3	Механоскладальний	595,95	336,4	684,34	0,7	0,54	2	630	401,46	-65,06
6	Пластмасового лиття	710,58	308,54	774,67	0,7	0,61	2	630	395,86	-87,32
7	Фарбувальний	822,61	322,55	883,59	0,7	0,70	2	630	429,03	-106,48
8	Товарів народного споживання	513,04	516,31	727,86	0,7	0,58	2	630	566,46	-50,15
10	Складальний	683,03	408,05	795,63	0,7	0,63	2	630	481,02	-72,97

					ДП 2025 141					Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

13. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Вибираючи місце розташування трансформаторної підстанції в цеху необхідно враховувати вимоги максимального наближення до центра навантажень цеху й розташовувати її з боку живлення. Цехові трансформаторні підстанції заживлені від РП кабельними лініями. Цехи, надійність яких прийнята по I і II-й категорії заживлюємо не менше ніж по двох кабельних лініях. Підстанції із транзитом потужності заживлюємо з надійністю не менш чим підключених споживачів. При виборі конфігурації схеми живлення необхідно врахувати виключення перетікань потужності. Для зручності в експлуатації й матеріально-технічному постачанні необхідно, щоб при розробці електропостачання була застосована обмежена кількість типорозмірів трансформаторів. У даному дипломному проекті застосовані трансформатори типу ТСЗ-630/6/0,4, у складі КТПЦ-Ин1. Застосування сухих трансформаторів обумовлене пожежобезпечністю.

Місце розташування трансформаторних підстанцій, вводно-розподільчих пристроїв і кабельних ліній, що живлять трансформаторні підстанції й вводно-розподільчі пристрої, наведені на кресленні аркуш 2.

					ДП 2025 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			13. Розробка схеми електропостачання підприємства	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					58	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

14. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ Й ВИБІР ОСНОВНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ Й ЕЛЕКТРОАПАРАТУРИ

Для розрахунку струмів короткого замикання складають розрахункову схему системи електропостачання, на підставі якої складається схема заміщення, використовувана при розрахунку струмів короткого замикання.

Розрахункова схема являє собою спрощену однолінійну схему. Розрахунок струмів короткого замикання будемо виконувати у відносних одиницях.

При розрахунку струмів короткого замикання у відносних одиницях необхідно прийняти базисні умови, тобто базисну потужність S_6 і базисну напругу U_6 . Опір елементів системи електропостачання приводять до базисних умов.

Схема заміщення наведена на рис. 14.1.

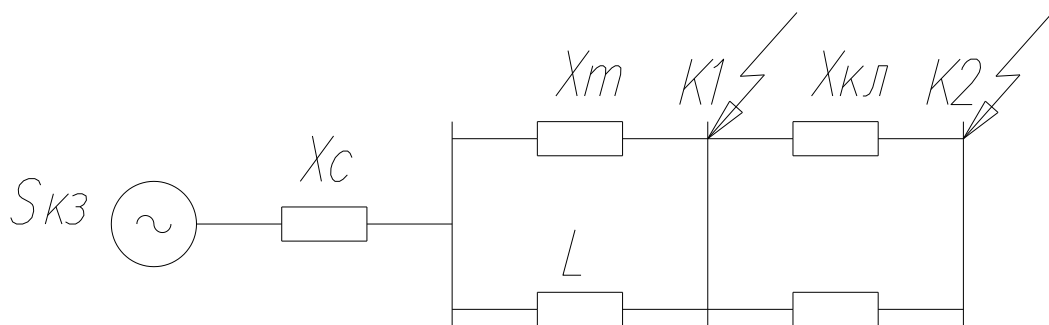


Рис. 14.1. Розрахункова схема й схема заміщення

Встановимо базисні величини, для точки К1: $S_{p.3}=S_6= 4,6$ МВА, $U_6 = 6,5$ кВ.

Розрахунковий базисний струм, кА;

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{4,6}{\sqrt{3} \cdot 6,5} = 0,409 \text{ кА}; \quad (14.1)$$

ДП 2025 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Лазар М.М.			
Перевір.	Машенко О.А.			
Реценз.	Красюк М.І.			
Н. Контр.				
Затверд.	Балюта С.М.			
14. Розрахунок струмів короткого замикання й вибір основного електрообладнання й електроапаратури				
Літ.		Арк.	Аркушів	
		59		
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3				

Активний опір системи, в.о;

$$X_c = \frac{S_{\sigma}}{S_{к.з}} = \frac{4,6}{770} = 0,006 \quad (14.2)$$

де $S_{к.з}$ – потужність короткого замикання системи, МВА.

Активний опір трансформатора, в.о;

$$X_m = \frac{U_{\kappa}}{2 \cdot 100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_n} = \frac{10,5}{2 \cdot 100} \cdot \frac{4,6}{10} = 0,024 \quad (14.3)$$

Струм короткого замикання для точки К1, кА;

$$I_{\kappa 1} = \frac{I_{\sigma}}{X_c + X_m} = \frac{0,409}{0,006 + 0,024} = 13,63 \text{ кА}; \quad (14.4)$$

Розрахункові величини для точки К2:

Активні й реактивні опори кабельної лінії 6 кВ, в.о;

$$R_{\kappa л} = \frac{r_0}{n} \cdot L \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} = \frac{0,083}{4} \cdot 9,7 \cdot \frac{4,6}{6,5^2} = 0,101; \quad (14.5)$$

$$X_{\kappa л} = \frac{x_0}{n} \cdot L \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} = \frac{0,329}{4} \cdot 9,7 \cdot \frac{4,6}{6,5^2} = 0,087. \quad (14.6)$$

Повний опір ланцюга для точки К2, в.о;

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{(R_{\kappa л}^2 + (X_c + X_m + X_{\kappa л})^2)} = \sqrt{(0,101^2 + (0,006 + 0,024 + 0,087)^2)} = 0,155 \quad (14.7)$$

Струм короткого замикання для точки К2, кА;

$$I_{\kappa 2} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\kappa 2}} = \frac{0,409}{0,155} = 2,64 \text{ кА}; \quad (14.8)$$

Ударний струм короткого замикання, кА;

$$I_{y, \kappa 2} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{no} = \sqrt{2} \cdot 1,37 \cdot 2,64 = 5,12 \text{ кА}. \quad (14.9)$$

Як комутаційні апарати в РП-6 кВ застосовуються вакуумні вимикачі ВВ/TEL-6-20/630 У2 (Tavrida Elektrik) на струми відключення до 20 кА й номінальний струм 630 А (без радіаторів охолодження).

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

Вибір високовольтних вимикачів РП 6 кВ

Умови вибору	Розрахункова величина	Каталожні дані
$U_{ном} \geq U_{уст}$	$U_{уст} = 6 \text{ кВ}$	6 кВ
$I_{ном} \geq I_{max}$	$I_p = 412,27 \text{ А}$	630 А
$I_{відк} \geq I_{но}$	$I_{к2} = 2,64 \text{ кА}$	20 кА
$i_{np} \geq i_y$	$I_{y.к2} = 5,12 \text{ кА}$	32 кА
Струм термічної стійкості головних ланцюгів, кА		12,5 кА при $t=3 \text{ сек.}$

Вибір запобіжника для трансформатора потужністю 630 кВА:

$$I_{пл.вс} \geq k \cdot \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,4 \cdot \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,5} = 78,34 \text{ А} \quad (14.11)$$

Вибір високовольтних запобіжників РП 6 кВ

Умови вибору	Розрахункова величина	Каталожні дані
$U_{ном} \geq U_{уст}$	$U_{уст} = 6 \text{ кВ}$	6 кВ
$I_{ном} \geq I_{max}$	$I_p = 78,34 \text{ А}$	80 А
$I_{відк} \geq I_{но}$	$I_{к2} = 2,64 \text{ кА}$	31,5 кА
$i_{np} \geq i_y$	$I_{y.к2} = 5,12 \text{ кА}$	31,5 кА

Вибираємо запобіжники в РП і КТП 6 кВ марки ПКТ 103-6-80-31,5У3 зі струмом плавкої вставки $I_B=80 \text{ А}$ для трансформаторів ТСЗ 630 кВА.

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

15. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖ ЗОВНІШНЬОГО Й ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір перерізів кабельних ліній електропередачі напругою 6 кВ виконаємо по економічній густині струму, а перевіряти будемо по нагріванню тривало допустимим струмом.

Мережі промислових підприємств до 1 кВ при часі використання максимуму навантаження 4000-5000 год також можна вибирати по економічній густині струму [2].

Так, максимальний струм з урахуванням втрат у внутрішньозаводській мережі на ділянках КТП 1-КТП10 дорівнює:

$$I_p = \frac{\sqrt{(P_{Pi} + K \cdot \Delta P_m)^2 + (Q'_{Pi} + K \cdot \Delta Q_m)^2}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (15.1)$$

де Q'_{Pi} – розрахункова реактивна потужність групи з урахуванням компенсації, квар;

ΔP_T – активні втрати в трансформаторах, кВА;

ΔQ_T – реактивні втрати в трансформаторах, квар;

$\kappa_{зф}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора, в.о.

N – кількість трансформаторів, шт.

Коефіцієнт завантаження трансформатора, в.о.;

$$\kappa_3 = \frac{S'_p}{n \cdot S_{н.т}}; \quad (15.2)$$

Де S'_p – розрахункова повна потужність групи, кВА.

Втрати в трансформаторі КТП 1:

$$\Delta Q_m = S_{ном} \cdot \frac{i_{xx} + k_3^2 \cdot U_k}{100} = 630 \cdot \frac{2,5 + 0,70^2 \cdot 5,5}{100} = 32,73 \text{ квар}; \quad (15.3)$$

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + k_3^2 \cdot \Delta P_{кз} = 1,5 + 0,70^2 \cdot 8,0 = 5,42 \text{ кВт}; \quad (15.4)$$

					<i>ДП 2025 141</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>			62		
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>			<i>ННІПІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>					

**15. Електричний розрахунок
мереж зовнішнього й
внутрішнього
електропостачання**

Максимальний струм з урахуванням втрат у внутрішньозаводській мережі на ділянці КТП1;

$$I_p = \frac{\sqrt{(P_{pi} + K \cdot \Delta P)^2 + (Q'_{pi} + K \cdot \Delta Q_T)^2}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{\sqrt{(741,6 + 2 \cdot 5,42)^2 + (481,08 + 2 \cdot 32,73)^2}}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 6,5} = 80,89 \text{ А}; \quad (15.5)$$

За умовою економічної густини струму:

$$S_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{80,89}{1,4} = 57,8 \text{ мм}^2 \quad (15.6)$$

де $j_{ек}$ – економічна густина струму, $j_{ек} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ [2];

I_p – розрахунковий струм лінії.

Вибираємо кабельну лінію 3хАПВВнг-LS 1х70 з $I_{доп} = 190 \text{ А}$ [1].

Визначимо наведений допустимий струм:

$$I'_{доп} = I_{доп} \cdot K_{пр} \cdot K_{пер} \cdot K_{\Theta} = 190 \cdot 0,88 \cdot 1,1 \cdot 1,04 = 191,28 > I_p = 161,79 \text{ А}; \quad (15.7)$$

де $K_{пр}$ – коефіцієнт прокладки, прийнятий залежно від числа кабелів, що залишилися в роботі в аварійному режимі по [1];

$K_{пер}$ – коефіцієнт перевантаження, прийнятий 1,05;

K_{Θ} – температурний коефіцієнт, прийнятий залежно від нормованої температури середовища, допустимої температури нагрівання кабелю по [1].

Умова виконується. Остаточо приймаємо кабель 3хАПВВнг-LS 1х70.

Аналогічно вибираємо кабелі для інших ділянок мережі.

Живильні кабелі 6 кВ прокладаємо в кабельних каналах, розміщаємо горизонтально на землі з відстанню між кабелями (у світлі) не менш діаметра кабелю, тоді $K_{пр} = 0,88$. Тип кабелю АПВВнг-LS, перетин визначається розрахунком. Розрахункову температуру приймаємо $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $K_{\Theta} = 1,04$.

Результати вибору провідників наведені в табл. 15.1.

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

Таблиця 15.1

Електричний розрахунок мереж зовнішнього й внутрішнього електропостачання

№	Початок траси	Кінець траси	$U_{\text{нн}}$, кВ	S_p , кВА	I_p , А	J_e , А/мм ²	F , мм ²	Марка кабелю	$I_{\text{доп}}$, А	Кількість	$I_{\text{доп}}$, А	K_n	$K_{\text{пер}}$	K_{θ}	$I'_{\text{доп}}$, А	$I_{\text{ав}}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	ДЖ	РП	6	4641,43	223,31	1,1	203,0	3хАПвВнг-LS 3х95	225	2	450	0,88	1,1	1,04	450,00	446,62
2	РП	КТП 7	6	1568,08	75,44	1,4	53,9	3хАПвВнг-LS 1х50	155	1	155	0,88	1,1	1,04	156,04	150,89
3	КТП 7	КТП 3	6	684,49	32,93	1,4	23,5	3хАПвВнг-LS 1х25	105	1	105	0,88	1,1	1,04	105,71	65,87
4	РП	КТП 1	6	1681,32	80,89	1,4	57,8	3хАПвВнг-LS 1х70	190	1	190	0,88	1,1	1,04	191,28	161,79
5	КТП 1	КТП 10	6	797,35	38,36	1,4	27,4	3хАПвВнг-LS 1х25	105	1	105	0,88	1,1	1,04	105,71	76,73
6	РП	КТП 6	6	1510,66	72,68	1,4	51,9	3хАПвВнг-LS 1х50	155	1	155	0,88	1,1	1,04	156,04	145,36
7	КТП 6	КТП 8	6	735,79	35,40	1,4	25,3	3хАПвВнг-LS 1х25	105	1	105	0,88	1,1	1,04	105,71	70,80
8	КТП 3	ВРП 4	0,4	142,53	102,86	1,4	73,5	АВВГ 5х70	210	1	210	0,88	1,1	1,04	211,41	205,72
9	КТП 10	ВРП 2	0,4	305,55	441,02	1,4	315,0	АВВГ 5х150	340	2	680	0,88	1,1	1,04	684,57	441,02
10	КТП 6	ВРП 5	0,4	315,38	455,21	1,4	325,2	АВВГ 5х150	340	2	680	0,88	1,1	1,04	684,57	455,21
11	КТП 8	ВРП 9	0,4	270,09	389,84	1,4	278,5	АВВГ 5х240	465	1	465	0,88	1,1	1,04	468,12	389,84

16. ОХОРОНА ПРАЦІ

16.1. Організаційні заходи з електробезпеки для працівників під час роботи в електроустановках

Роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються: за нарядом-допуском, за розпорядженням та в порядку поточної експлуатації.

Організаційними заходами, якими досягається безпека робіт в електроустановках, є: затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації; призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт; оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації; підготовка робочих місць; допуск до роботи; нагляд під час виконання робіт; переведення на інше робоче місце; оформлення перерв в роботі та її закінчення.

На підприємстві торгівельного обладнання в м. Ужгород наказом затверджений перелік робіт, які виконуються за нарядами, за розпорядженнями та в порядку поточної експлуатації та призначені особи, відповідальні за безпечну організацію і безпечне виконання цих робіт.

Працівники, відповідальні за безпеку робіт

Відповідальними за безпеку робіт, що виконуються в електроустановках ремонтного цеху заводу є: працівник, який видає наряд, розпорядження; працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця; працівник, який готує робоче місце, допуск; працівник, який допускає до роботи (далі – допускач); керівник робіт; працівник, який наглядає за безпечним виконанням робіт (далі – наглядач); члени бригади.

					ДП 2025 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лазар М.М.			16. Охорона праці		
Перевір.		Сірик А.О.					
Реценз.		Красяк М.І.					
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					
					Літ.	Арк.	Архувів
						65	
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		

Працівник, який видає наряд, розпорядження, встановлює можливість безпечного виконання роботи. Він відповідає за достатність і правильність зазначених у наряді заходів безпеки, за якісний і кількісний склад бригади і призначення працівників, відповідальних за безпечне виконання робіт, а також за відповідність груп з електробезпеки працівників, які зазначені в наряді, роботі, що виконується в ремонтно-механічному цеху підприємства торгівельного обладнання в м. Ужгород.

Право видачі нарядів та розпоряджень надається адміністративно-технічним працівникам заводу, які мають групу V в електроустановках понад 1000 В та групу IV – в електроустановках до 1000 В.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск, несе відповідальність за достатність передбачених для безпечного виконання робіт заходів по вимкненню та заземленню устаткування і можливість їх здійснення, а також за координацію часу і місця роботи бригад, що допускаються в електроустановку ремонтного цеху. Давати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск мають право оперативні працівники з групою V – в електроустановках понад 1000 В і групою IV – в електроустановках до 1000 В.

Працівник, який готує робоче місце, відповідає за правильне виконання заходів щодо підготовки робочого місця, вказаних у наряді, а також тих, що вимагаються умовами роботи (встановлення замків, плакатів, огорож). Готувати робочі місця мають право чергові або оперативно-ремонтні працівники, які допущені до оперативних перемикачів в електроустановці ремонтно-механічного цеху.

Допускач відповідає за правильність і достатність вжитих заходів безпеки та їх відповідність до характеру і місця роботи, зазначених у наряді, за правильний допуск до роботи, а також за повноту та якість проведеного ним інструктажу. Допускачами призначаються оперативні або оперативно-ремонтні працівники. В електроустановках понад 1000 В допускачі повинні мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В – групу III.

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

Керівник робіт відповідає за: вжиття заходів безпеки, передбачених нарядом чи розпорядженням та їх достатність; чіткість і повноту інструктажу членів бригади; наявність, справність і правильне застосування необхідних засобів захисту, інструменту, інвентарю та пристосувань; збереження та постійність перебування на робочому місці заземлень, огорожень, знаків і плакатів безпеки, запірних пристроїв протягом робочої зміни; організацію і безпечне виконання робіт в ремонтному цеху і дотримання правил техніки безпеки. Керівник робіт повинен мати групу з електробезпеки IV під час виконання робіт в електроустановках понад 1000 В і групу III – в електроустановках до 1000 В.

Наглядач призначається для нагляду за бригадами будівельних робітників, різноробочих, такелажників та інших неелектротехнічних працівників під час виконання ними робіт в електроустановці ремонтного цеху за нарядами та розпорядженнями. Наглядач контролює наявність встановлених на місці роботи заземлень, огорожень, плакатів, запірних пристроїв та відповідає за безпеку членів бригади відносно ураження електричним струмом. Наглядачам забороняється поєднувати нагляд з виконанням будь-якої роботи і залишати бригаду без нагляду під час роботи. Наглядачами призначаються електротехнічні працівники з групою III.

Списки працівників, які мають право на видачу нарядів, розпоряджень, керівників робіт, допускачів, переліки робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації, визначаються особою, відповідальною за електрогосподарство ремонтного цеху, і затверджуються керівником підприємства торгівельного обладнання в м. Ужгород.

Порядок видачі та оформлення наряду

Наряд на роботу виписується у двох примірниках за умови дотримання чіткості і ясності записів в обох примірниках.

Наряд виписують на одного керівника робіт (наглядача) з однією бригадою. На руки керівнику робіт видається тільки один наряд. На однотипні роботи, що виконуються без зняття напруги однією бригадою, може бути виданий один

					ДП 2025 141	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спільний наряд для виконання їх в порядку черги на кількох приєднаннях, в одному або різних РУ, у різних приміщеннях підстанцій.

В електроустановках, де напруга знята з усіх струмовідних частин, у тому числі й з виводів ПЛ та КЛ, і замкнутий вхід до суміжної електроустановки (збірки та щити до 1000 В можуть залишатися під напругою), допускається видавати один наряд для одночасної роботи на всіх приєднаннях.

В разі розширення робочого місця чи зміни кількості робочих місць слід видавати новий наряд.

В разі заміни керівника робіт, а також зміни складу бригади більше ніж наполовину, має бути виданий новий наряд.

Оперативні працівники під час чергування з дозволу старшого в зміні оперативного працівника можуть залучатись до участі в роботі ремонтної бригади без включення в наряд, з записом в оперативному журналі після цільового інструктажу і розпису за нього.

Наряд видається на термін не більше 15 календарних днів від дня початку роботи. Наряд може бути продовжений один раз на термін не більше 15-ти календарних днів від дня продовження. Продовжити наряд може працівник, який видав наряд, або інший працівник, який має право видачі нарядів на роботи в електроустановці ремонтного цеху.

В кожному електрогосподарстві підприємства торгівельного обладнання в м. Ужгород роботи за нарядами і розпорядженнями обліковуються в призначеному для цього журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями.

Склад бригади, що працює за нарядом

Чисельність бригади та її склад з врахуванням кваліфікації і груп з електробезпеки працівників визначає працівник, який видає наряд (розпорядження), виходячи зі складності роботи, умов її виконання, а також потреби забезпечення можливості повноцінного нагляду за безпечним виконанням робіт всіма членами бригади з боку керівника робіт (наглядача).

У випадку роботи за нарядом бригада повинна складатися не менше ніж із двох працівників, включно з керівником робіт. До складу бригади з розрахунку на

									Арк.
									68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

кожного її члена з групою III допускається включати одного працівника з групою I, але загальна кількість членів бригади з групою I має бути не більше ніж дві особи.

Змінювати склад бригади дозволяється працівнику, який видав наряд, або іншому працівнику, який має право видачі нарядів на виконання робіт в електроустановці ремонтного цеху. Вказівки про зміни складу бригади можуть бути передані по телефону виконавцю робіт або допускачеві, який у наряді за своїм підписом записує прізвище та ініціали працівника, що дав вказівку про зміну.

Керівник робіт зобов'язаний проінструктувати працівників, заново введених до складу бригади, про заходи по безпечному проведенню робіт.

Зміни в складі бригади оформлюються працівником, який видав наряд, а за його відсутності – працівником, який має право видачі нарядів на роботи в даній електроустановці.

Підготовка робочого місця і допуск до виконання робіт

Підготовка робочих місць і допуск можуть провадитись тільки з дозволу оперативних працівників, а на підприємствах, де таких працівників немає, – з дозволу особи, яка видала наряд чи розпорядження за узгодженням з особою, відповідальною за електрогосподарство.

Підготовку робочих місць, як правило, виконують два працівники, які мають право на оперативні перемикання в даній електроустановці. Дозволяється виконувати підготовку робочого місця керівнику робіт з одним із членів бригади, якщо вони мають права на оперативні перемикання в даній електроустановці. Підготовку робочого місця може виконувати один працівник, крім встановлення переносних заземлень в електроустановках понад 1000 В і виконання перемикань, що здійснюються на двох і більше приєднаннях в електроустановках понад 1000 В, що не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

Допускач разом з керівником робіт повинні перевірити виконання технічних заходів по підготовці робочого місця. Якщо керівник робіт суміщає обов'язки допускача, то таку перевірку він виконує з одним із членів бригади, який має

										Арк.
										69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2025 141

групу III. Допуск до роботи за нарядами та розпорядженнями слід провадити безпосередньо на робочому місці. Допуск провадиться після перевірки технічних заходів з підготовки робочого місця. В цьому разі допускатч має: перевірити, чи відповідає склад бригади зазначеному у наряді або розпорядженні, та наявність у членів бригади посвідчень про перевірку знань; провести інструктаж: ознайомити бригаду зі змістом наряду, розпорядження; зазначити межі робочого місця і підходи до нього; показати найближче до робочого місця устаткування та струмопровідні частини приєднань, що ремонтуються, та суміжних, до яких забороняється наближатися незалежно від того, перебувають вони під напругою чи ні; довести бригаді, що напруга відсутня, показом встановлених заземлень та перевіркою відсутності напруги, якщо заземлення не видно з робочого місця, а в електроустановках 35 кВ і нижче (де дозволяє конструктивне виконання) з наступним дотиком рукою до струмопровідних частин, після перевірки відсутності напруги.

Після інструктажу допускатча бригаду повинен проінструктувати керівник робіт щодо безпечного виконання робіт, використання інструменту, пристосувань, механізмів і вантажопідіймальних машин. Без проведення інструктажу допуск бригади забороняється.

Нагляд під час виконання робіт за нарядом

З моменту допуску бригади до робіт нагляд за нею, з метою запобігання порушенням вимог правил техніки безпеки, покладається на керівника робіт або наглядача. Керівник робіт і наглядач повинні весь час перебувати на місці робіт, в міру можливості – на тій ділянці, де виконується найвідповідальніша і найбільш травмонебезпечна робота. Наглядачеві забороняється поєднувати нагляд з виконанням будь-якої роботи.

З дозволу керівника робіт можливе тимчасове залишення робочого місця одним або декількома членами бригади. Члени бригади з групою III можуть виходити з РУ чи повертатися на робоче місце самостійно. Члени бригади з групою I і II – тільки у супроводі члена бригади з групою III або особи, яка має право одноособового огляду електроустановок. Кількість членів бригади, що

									Арк.
									70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2025 141

залишаються на робочому місці, має бути не менше двох, включно з керівником робіт. Члени бригади, які повернулися, можуть стати до роботи тільки з дозволу керівника робіт. Під час короточасних відлучень членів бригади виводити їх з наряду не вимагається. До їх повернення керівнику робіт (наглядачеві) забороняється залишати робоче місце, якщо приміщення, де розміщується електроустановка, не можна замкнути на замок.

Оформлення перерв у роботі

Під час перерв у роботі протягом робочого дня (на обід, за умовами проведення робіт) бригада у повному складі виводиться з робочого місця. Двері приміщень РУ і огорожень електроустановки замикаються на замок. Наряд залишається у керівника робіт (наглядача). Плакати, огороження, заземлення залишаються на місці. Члени бригади не мають права повертатися на робоче місце за відсутності керівника робіт (наглядача). Допуск бригади до роботи після такої перерви здійснюється керівником робіт без оформлення в наряді. Під час перерв у роботі, пов'язаних із закінченням робочого дня, увесь склад бригади виводиться з робочого місця (РУ, електроустановки, ПЛ). Двері приміщень РУ та огорожень електроустановки замикаються на замок. Плакати, огороження, заземлення залишаються на місці.

Переведення бригади на нове робоче місце

В електроустановках понад 1000 В, що експлуатуються місцевими оперативними працівниками, переведення бригади на інше робоче місце здійснюється допускатчем. Це переведення може здійснювати працівник, який видав наряд, або керівник робіт. Переведення на інше робоче місце оформлюється записом в наряді. В електроустановках до 1000 В на різних робочих місцях одного приєднання, а також на різних робочих місцях однієї ПЛ, ПЛЗ, КЛ будь-яких напруг переведення на інше робоче місце здійснюється керівником робіт без оформлення в наряді. У випадках робіт в електроустановках без зняття напруги на струмопровідних частинах оформлення допуску на інше робоче місце визначається тільки в разі переведення бригади з ВРУ однієї напруги у ВРУ іншої напруги, або з одного приміщення ЗРУ в інше. В усіх електроустановках під час

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

виконання робіт за розпорядженням, оформлення переведення на інше робоче місце не вимагається.

Закінчення робіт. Закриття наряду

Після повного закінчення робіт робочому місцю слід надати належного стану. Послідовно виконуються: виведення бригади з робочого місця; зняття тимчасових огорожень і плакатів; зняття заземлень; встановлення на місце стаціонарних огорожень і плакатів, зняття огорожень і плакатів, вивішених перед початком робіт; закриття на замки дверей, приміщень.

Наряд може бути закритим лише після огляду устаткування і місць роботи, перевірки відсутності людей, сторонніх предметів і інструменту на робочих місцях і у разі надання належної чистоти. Закриття наряду оформлюється керівником робіт записом у наряді та журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями. Контроль за правильністю оформлення нарядів здійснюється працівниками, які видали їх, та керівними електротехнічними працівниками, періодично вибірковою перевіркою.

16.2. Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Організаційні заходи в ремонтно-механічному цеху повинні включати:

- організацію пожежної охорони (профілактичного й оперативного обслуговування об'єктів). Вид пожежної охорони (воєнізована, професійна, добровільні формування і т.п.), порядок профілактичного й оперативного обслуговування об'єктів, необхідність організації підрозділів пожежної охорони і їхня чисельність визначаються у встановленому порядку. Діяльність різних видів пожежної охорони устанавлюється відповідно до положень про них;
- організацію навчання робітників, службовців і населення правилам пожежної безпеки;
- розробку та реалізацію норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок роботи з пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, про дотримання протипожежного режиму й про дії людей при виникненні пожежі;
- виготовлення і застосування засобів наочної агітації щодо забезпечення пожежної безпеки.

										Арк.
										72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2025 141

16.3. Розрахунок заземлюючих пристроїв

Виконаємо розрахунок заземлювального пристрою для трансформаторної підстанції КТП 6/0,4 кВ ремонтно-механічного цеху.

Для електроустановок напругою до 1000 В мережі з ізольованою нейтраллю значення найбільшого допустимого опору захисного заземлювального пристрою при потужності генераторів або трансформаторів більше 100 кВ·А $R_{\text{доп}} = 4$ Ом.

Визначимо опір одиничного заземлювача розтіканню струму, Ом:

$$R_{cm} = \frac{0,366 \cdot \rho}{l} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right), \quad (16.1)$$

де d – діаметр стержня-труби, який приймаємо рівним $d = 0,95$ м;

l – довжина стержня-електрода, яку приймаємо рівною $l = 3,5$ м;

ρ – наближене значення питомого опору ґрунту, приймаємо для суглинку $\rho = 150$ Ом·м;

H – глибина закладання стержня-електрода, що визначається як:

$$H = H_0 + \frac{l}{2}, \quad (16.2)$$

де H_0 – глибина закладання верхніх кінців стержней і з'єднувальних провідників, яку приймаємо рівною $H_0 = 0,7$ м.

Тоді глибина закладання стержня-електроду

$$H = 0,7 + \frac{3,5}{2} = 2,45 \text{ м.}$$

$$R_{cm} = \frac{0,366 \cdot 150}{3,5} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 3,5}{0,95} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,45 + 3,5}{4 \cdot 2,45 - 3,5} \right) = 14,303 \text{ Ом.}$$

Визначимо кількість стержнів-заземлювачів без урахування впливу з'єднувальних смуг як заземлювачів та їх впливу на екранування:

$$n = \frac{R_{cm}}{\eta_{cm} \cdot R_{\text{доп}}}, \quad (16.3)$$

де η_{cm} – коефіцієнт використання вертикального стержневого заземлювача знаходиться з довідників за попереднім значенням числа стержнів $n = 10$ при

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

$\eta_{cm}=1$, причому заземлюючий пристрій виконано у вигляді контуру. Через це приймаємо $\eta_{cm} = 0,55$.

$$n = \frac{14,303}{0,55 \cdot 4} = 6 \text{ шт.}$$

Довжину сполучної смуги заземлювача обчислюємо за формулою, м:

$$l_{пол} = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (16.4)$$

де a – відстань між стержнями-електродами, яку приймаємо рівною $a=7$ м.

$$l_{пол} = 1,05 \cdot 7 \cdot 6 = 44,1 \text{ м.}$$

Визначаємо опір розтіканню струму з'єднувальної смуги, Ом

$$R_{пол} = \frac{0,366 \cdot \rho}{l_{пол}} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_{пол}^2}{b \cdot H_{пол}}, \quad (16.5)$$

де b – ширина полиці стержня-куточка, м, оскільки заземлюючий пристрій виконано зі стержня-куточка розмірами $60 \times 60 \times 4$, то приймаємо $b = 0,06$ м.

Тоді за (16.5)

$$R_{пол} = \frac{0,366 \cdot 150}{44,1} \cdot \lg \frac{2 \cdot 44,1^2}{0,06 \cdot 0,7} = 6,183 \text{ Ом.}$$

Опір групового штучного заземлювача, що складається з паралельно включених стержневих заземлювачів і смуги, дорівнює Ом:

$$R_{гр} = \frac{R_{пол} \cdot R_{cm}}{R_{пол} \cdot \eta_{cm} \cdot n + R_{cm} \cdot \eta_{пол}}, \quad (16.6)$$

де $\eta_{пол}$ – коефіцієнт використання одиночної смуги з'єднувального провідника, приймаємо $\eta_{пол}=0,48$ при відношенні відстані між стержневими заземлювачами до їх довжини рівним 2.

$$\text{Тоді } R_{гр} = \frac{6,183 \cdot 14,303}{6,183 \cdot 0,55 \cdot 6 + 14,303 \cdot 0,48} = 3,243 \text{ Ом.}$$

Перевіряємо виконання умови: опір заземлювального пристрою розтіканню струму має бути рівним або трохи менше допустимого опору, тобто:

$$R_{гр} \leq R_{доп}, \quad (16.7)$$

Відповідно до (16.7) $3,243 \text{ Ом} \leq 4,0 \text{ Ом}$, умова виконується, а отже розрахунок можна вважати закінченим.

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

17. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

17.1. Огляд структури та організації системи обліку

Сучасні «автоматизовані системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ)» представляють собою багатофункціональні комплекси, що поєднують вимірювання та облік енергоресурсів у різних географічних точках. Дані збираються та передаються на вищі рівні керування в реальному часі, відіграючи важливу роль у сфері енергетики.

З часу винайдення першого електромеханічного лічильника в 1889 році облік спожитої енергії здійснювався вручну шляхом знімання показників з лічильника та занесення їх у спеціальні журнали.

Точність синхронізації показань електролічильників із реальним часом значною мірою залежить від роботи внутрішнього годинника контролера та моменту зчитування даних. Відхилення, що виникають через цей метод, можуть коливатися від кількох годин до кількох днів і іноді перевищувати допустиму похибку самого лічильника.

«АСКОЕ», заснована на платформі АПК «Сатурн» (рис. 17.1), дозволяє відстежувати розподіл енергоресурсів на підприємстві в реальному часі, забезпечуючи повну прозорість енергоспоживання. Вона вирішує комплекс завдань, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії та оптимізацію енергопостачання для всіх структурних підрозділів та окремих споживачів. Крім того, система інтегрує прогнозування енергоспоживання з виробничими планами, аналізує енергетичні витрати на різних етапах виробництва, ідентифікує періоди пікових навантажень або простою енергоємного обладнання.

«Автоматизована система комерційного обліку» на базі АПК «Сатурн» включає дві основні підсистеми:

					<i>ДП 2025 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Лазар М.М.</i>			17. Спеціальна частина. Огляд і аналіз існуючих систем комерційного обліку електричної енергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Машенко О.А.</i>					75	
<i>Реценз.</i>		<i>Красюк М.І.</i>				<i>ННІП і м. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

1. Підсистема створення та адміністрування бази даних.
2. Підсистема первинного збору та обробки інформації.

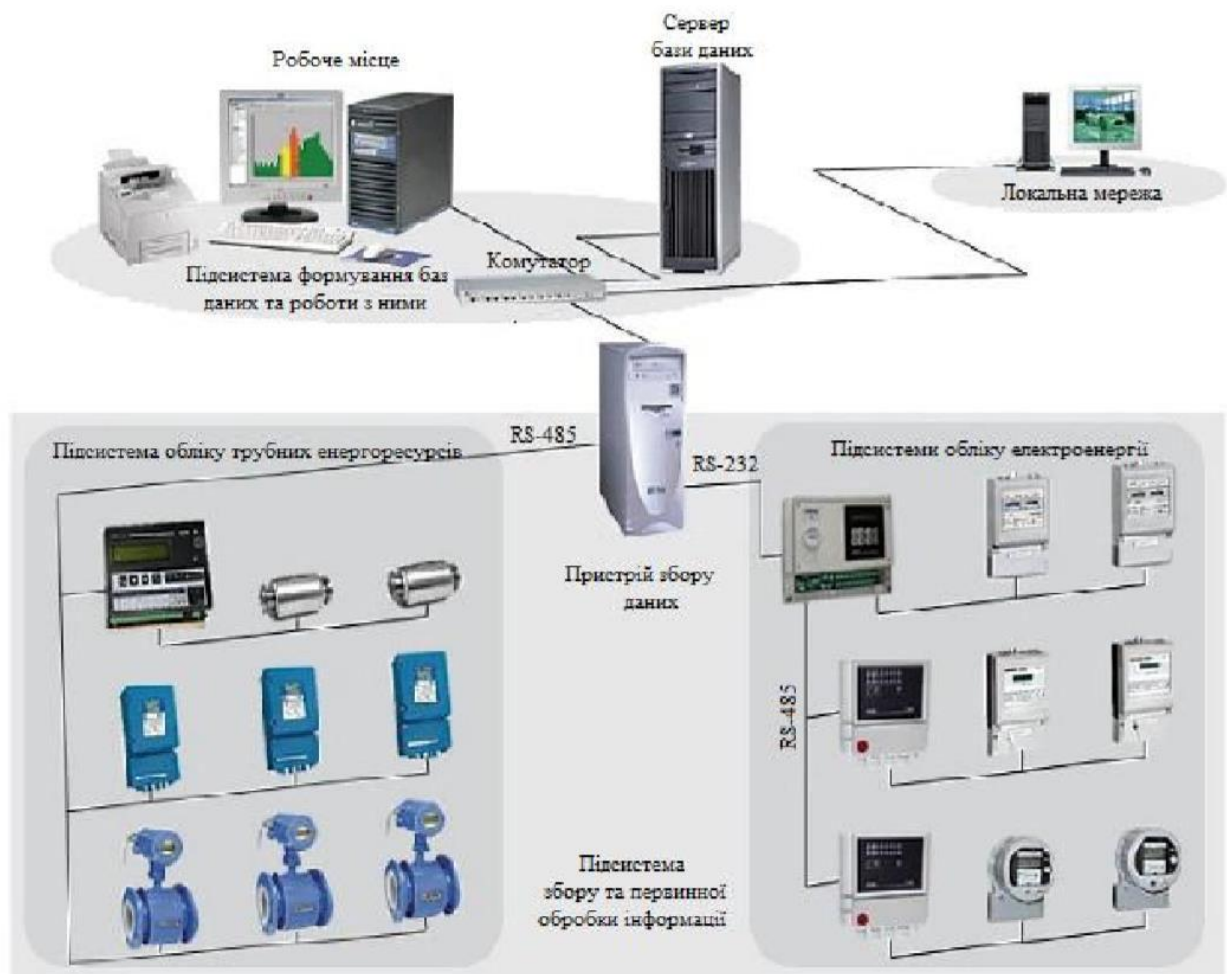


Рис. 17.1. АСКОЕ на основі АПК «Сатурн»

Наразі побутові споживачів передають і оплачують показники своїх електролічильників за три тижні після завершення розрахункового періоду. Ця тимчасова похибка може становити 40–50%. Ідея створення технічних рішень для автоматичного дистанційного зняття показників лічильників вже протягом тривалого часу залишається темою для обговорення. Проте практичне застосування таких систем у промислово розвинених країнах стартувало лише в 70–80-х роках ХХ століття, коли прогрес в інтегральних технологіях зробив ці рішення фінансово виправданими.

										Арк.
										76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Основними складовими «АСКОЕ» є:

- «Пристрій збору та передачі даних (ПЗПД)»: виконує функцію тимчасового збереження, зчитування та пересилання інформації до локального вузла збору. Зазвичай це електромережні модеми з кількома каналами, інтерфейсним модулем та блоком контролю приладів обліку.

- «Локальні блоки збору даних (ЛБЗД)»: відповідають за акумулювання та передачу інформації до центру обробки даних (ЦОД).

- Прилади обліку електроенергії: оснащені пам'яттю, яка працює незалежно від зовнішнього живлення, що дозволяє зберігати проміжні показники споживання.

- «Центри обробки даних (ЦОД)»: здійснюють опитування лічильників, обробку інформації, формування звітів, дистанційне обслуговування пристроїв обліку та забезпечують доступ до баз даних, що використовуються для взаєморозрахунків та виставлення рахунків.

Лічильник електроенергії підключається до виходу інтерфейсного модуля багатоканального мережевого модему за допомогою УТР-кабелю, що розташований у зовнішньому щитку. Модем приймає дані від лічильника, обробляє їх і синхронізує з часом зчитування. Оброблена інформація зберігається в незалежній пам'яті згідно з установленими параметрами. Для подальшої передачі до локальних блоків збору даних, модем перетворює інформацію у формат, який дозволяє ефективно передавати її через електромережу з мінімальними втратами.

ЛБЗД є незалежним пристроєм, обладнаним кількома модулями для прийому та передачі інформації. Монтується переважно на вході до будівлі або на трансформаторній підстанції (ТП). Підключення до фаз здійснюється через вбудовані електромережні модеми (ЕМ).

Дані з ЛБЗД передаються на сервер через GPRS або комутовану лінію за допомогою послідовного інтерфейсу та телефонного модему. У розподілених системах первинне зчитування даних з ЛБЗД здійснюється за допомогою

										Арк.
										78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

портативних пристроїв, таких як планшети чи ноутбуки. Один ЛБЗД може обслуговувати до 2048 облікових приладів.

«Центральний диспетчерський пункт (ЦДП)» здійснює збір, обробку, реєстрацію, аналіз і візуалізацію даних, отриманих з індивідуальних приладів обліку. Програмне забезпечення ЦДП поділяється на дві основні частини:

1. Оброблення зібраної інформації охоплює аналіз і структурування отриманих даних.

2. Оперативний зв'язок із ЛБЗД забезпечує двосторонню взаємодію для обміну інформацією.

Усі оброблені результати зберігаються у спеціалізованій базі даних для подальшого використання.

Програмне забезпечення «центрального диспетчерського пункту (ЦДП)» під час обробки зібраних даних виконує такі функції:

- складання балансу енергоспоживання для балансних груп;
- формування та друк індивідуальних рахунків для споживача електричної енергії;
- виписка рахунків за спожиту електроенергію;
- створення зведених таблиць енергоспоживання та формування звітів.

Для забезпечення захисту системи від несанкціонованого доступу використовуються методи шифрування даних та багаторівневий контроль доступу до параметрів і оперативної інформації.

«Автоматизовані системи» пропонують ефективні альтернативні рішення зазначених проблем, зокрема:

- Дистанційне зчитування показників індивідуальних і загальнобудинкових лічильників реалізується завдяки використанню програмного забезпечення спеціального призначення.

- Прилади обліку обладнані пристроями для передачі даних на електронні носії (ноутбуки, мобільні термінали), а контролери – портативними пристроями для зчитування інформації. Це виключає можливість ручного внесення змін у показання, забезпечуючи автоматичну та точну передачу даних до

										Арк.
										79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2025 141

«центрального диспетчерського пункту», що підвищує точність обліку та мінімізує ризик помилок.

У міжнародній практиці подібні системи позначають як "AMR system" («Automatic Meter Reading – система автоматичного зчитування показань електролічильників»). Багато виробників електролічильників протягом тривалого часу створювали системи для споживачів, які відповідають критеріям надійності, безпечності у використанні, простоти та відносно невисокої вартості. У процесі розробки цих систем дотримувалися двох головних принципів: забезпечення швидкої окупності та підвищеної надійності роботи. Наразі такі системи вже існують, масово виробляються та активно впроваджуються у багатьох країнах, що розвиваються.

На сьогоднішній день радіозв'язок є найпоширенішою технологією зв'язку для AMR-систем у світі, а за ним слідує PLC-зв'язок.

Це зумовлено тим, що в Північній Америці основні інвестиції спрямовуються саме в розвиток радіозв'язку, тоді як за межами цього регіону, на ринках енергопостачальних компаній, пріоритет надається технології зв'язку через низьковольтні мережі (PLC), яка там переважає.

Широке застосування PLC-зв'язку є цілком логічним у країнах з економікою, що розвивається, де зазвичай відсутня розвинена телефонна або радіозв'язкова інфраструктура. У таких регіонах навіть дротові телефонні лінії мають обмежену протяжність і недостатнє покриття територій. Оскільки для AMR-технологій необхідне практично повне покриття, щоб забезпечити доступ до кожного будинку або підприємства, єдиним засобом зв'язку, який охоплює всіх споживачів електроенергії, є електромережа.

Технічні рішення AMR-систем на основі PLC-технології забезпечують:

- Збереження одготарифних лічильників у більшості споживачів із можливістю передавати дані через силову мережу до групових УСПД.
- Запровадження нових тарифних систем для кожного споживача шляхом оновлення програмного забезпечення в УСПД, без необхідності монтажу чи заміни лічильників.

										ДП 2025 141	Арк.
											80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

таких випадках протягом перших шести місяців їм нараховується середній обсяг споживання, а згодом – нормативний, який зазвичай нижчий за фактичне споживання. Це створює ситуацію, коли споживачам вигідніше не передавати показання, що призводить до подальших фінансових втрат для енергопостачальних компаній.

Найкращим способом вирішення проблем, пов'язаних зі збором даних про споживання електроенергії, є впровадження системи АСКУЕ. Вона автоматизує процес моніторингу споживання, зменшуючи ризик помилок і виключаючи можливість фальсифікації даних. Ця система не лише забезпечує точність збору інформації, але й значно підвищує ефективність роботи енергетичної компанії, дозволяючи ефективніше контролювати споживання електроенергії та оперативно реагувати на потенційні несправності.

17.2. Недоліки існуючих системи збору показань приладів обліку

Забезпечення безперебійного електропостачання для споживачів є ключовим завданням енергопостачальних компаній. Для цього диспетчерські служби повинні володіти актуальною інформацією про стан енергооб'єктів і параметри мережі, що дозволяє оперативно реагувати на аварії та уникати відключень, спричинених перевантаженнями. Вирішення цих завдань покладається на сучасні інформаційні системи, які забезпечують ефективний моніторинг і управління енергооб'єктами.

Зростання споживання електроенергії ставить електромережі на межу перевищення розрахункових навантажень, створюючи спільну проблему для мережевих компаній у світі. Споживачі очікують надійного та якісного електропостачання, тоді як регуляторні органи не завжди схвалюють підвищення тарифів, необхідних для модернізації інфраструктури.

Чинна система збору даних має низку суттєвих недоліків, які з часом лише ускладнюватимуть ситуацію:

- Трудомісткість ручного збору: Щомісячні обходи контролерами для зняття показань з індивідуальних приладів обліку (ІПО) ускладнюють доступ до

										ДП 2025 141	Арк.
											82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- Автоматизований аварійний нагляд дає змогу оперативно виявляти несанкціоновані підключення до мережі та запобігати крадіжкам електроенергії.
- Виключено втручання людського фактора при знятті показників споживання, що забезпечує точність і своєчасність збору даних.
- Завдяки високій точності розрахунків за спожиту електроенергію та швидкій обробці даних, значно знижуються витрати на підготовку платіжних документів, забезпечуючи при цьому точний облік.

До **недоліків** використання програмно-технічного комплексу обліку електроенергії можна віднести такі фактори:

- Наявність посередників у процесі експлуатації електроустановок, де встановлено засоби обліку електроенергії, зокрема житлово-експлуатаційних організацій, які відповідають за житлові об'єкти, створює певні труднощі. Регулярні недопуски працівників ПТК до електрощитів, де розміщені балансні лічильники, ускладнюють оперативну реакцію на несанкціоновані підключення до мережі 0,4 кВ. Це також затримує виконання ремонтних робіт несправного обладнання, якщо таке є. Крім того, через можливість самовільної зміни фаз працівниками ЖЕО без попередження ПТК, виникає проблема втрати ефекту від симетрування навантаження в житлових будинках, оскільки зміна фаз може скасувати попередні налаштування.

- Для мінімального обслуговування ПТК необхідний висококваліфікований персонал, який, крім електротехнічних знань, має також володіти навичками роботи з комп'ютерами та мати досвід роботи з електронною технікою.

В загальному, «автоматизована система обліку» повною мірою відповідає сучасним вимогам управління споживанням електроенергії та значно підвищує економічну ефективність її використання.

17.4. Прилади обліку на індукційній основі

Для заміру електричної енергії змінного струму, що споживається, використовують два основні типи лічильників: індукційні та електронні. Вони

									Арк.
									86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де k – постійний коефіцієнт, що визначає конструктивні особливості лічильника. Гальмівний момент створюється постійним магнітом 3. Для компенсації тертя в опорах, а також опору повітря в рахунковому механізмі диска 4 та черв'ячної передачі, електромагніт 2 створює момент, що компенсує гальмівний.

$$M_k = M_T$$

Внаслідок балансування гальмівного та компенсаційного моментів, рухома частина індукційного лічильника залишається в динамічній рівновазі при відсутності навантажувального струму. Основне налаштування характеристик індукційного лічильника здійснюється таким чином:

- самохід регулюється за допомогою відгинання прапорця 6, що розташований на осі диска 4;
- шляхом зміщення пластини магнітного шунта в електромагніті 2, налаштовується компенсаційний момент.
- гальмівний момент регулюється через зміну положення постійного магніту 3.
- переміщенням затискача 5 на опорі R, регулюється внутрішній кут фазового зсуву φ .

17.5. Електронні прилади для вимірювання споживання електроенергії

Облік споживаної електроенергії за допомогою електронних лічильників здійснюється шляхом перетворення аналогових сигналів змінного струму та напруги в цифровий код або імпульсні сигнали.

Структурна схема електронного лічильника, що зображена на рис. 17.3, показує використання широтно-імпульсної та амплітудної модуляції для обробки вхідних сигналів.

					ДП 2025 141	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання похибки на струмі 25 мА при $\cos\varphi = 1$ за допомогою еталонного лічильника типу ЦЕ6806П.

Самохід. При підключенні лічильника до мережі з напругою в діапазоні від 80% до 110% від номінального значення (для напруги 220 В – від 176 до 242 В) і відключеному струмовому ланцюгу, диск індукційного лічильника не повинен здійснювати більше одного повного оберту за 10 хвилин. У випадку з електронним лічильником індикатори основного та перевірного передавальних пристроїв не повинні мерехтати.

Фактори, що можуть спричинити самохід індукційного лічильника в процесі його експлуатації:

1. Відсутня напруга на одній із фаз у клемній колодці лічильника.
2. Неправильне чергування фаз напруги.
3. Застосування схеми підключення трифазного лічильника із об'єднаними ланцюгами струму та напруги.
4. Різниця у величинах фазних напруг на клемній колодці трифазного лічильника, наприклад, $U_A = 220 \text{ В}$, $U_B = 240 \text{ В}$, $U_C = 260 \text{ В}$.
5. Неправильне налаштування лічильника.

Перевірка точності налаштування внутрішнього кута індукційного лічильника активної енергії виконується на стенді за умов номінальних значень напруги та струму при $\cos\varphi = 0$ і фазових кутах зсуву 90° та 270° . У таких умовах лічильник не має фіксувати споживання електроенергії.

17.7. Схеми підключення однофазних лічильників електричної енергії

Для обліку електроенергії в однофазних мережах змінного струму застосовуються різні типи лічильників, як вітчизняного, так і іноземного виробництва.

Приклад схеми підключення однофазного лічильника електроенергії наведено на рис. 17.4, а. При підключенні лічильника обов'язково потрібно дотримуватись правильності полярності як для напруги, так і для струму.

									ДП 2025 141	Арк.
										91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- монтаж додаткової (дублюючої) перемички для забезпечення живлення котушки, розташованої всередині корпусу;
 - встановлення стопора, що перешкоджає зворотному обертанню;
 - додавання другої струмової котушки в ланцюг нульового провідника.
- Крім того, корпус лічильника виготовляється з прозорого матеріалу.

17.8. Схеми підключення трифазних лічильників в електричних мережах напругою 220/380 В

У трифазних чотиріпровідних мережах з напругою 220/380 В для вимірювання електричної енергії використовуються лічильники прямого ввімкнення, які називаються прямоструминними. Також застосовуються лічильники, що підключаються до мережі через трансформатор струму (ТС), які відомі як універсальні або трансформаторні.

Лічильники прямого ввімкнення призначені для номінальних струмів навантаження 5, 10, 20, 50 А. Підключення цих лічильників до кола струму здійснюється послідовно з мережевими провідниками з обов'язковим дотриманням полярності (див. рис. 17.5).

Виміряна енергія є різницею між показаннями лічильного механізму на початок і кінець облікового періоду:

$$\Delta W = \Pi_k - \Pi_n = \Delta \Pi.$$

					ДП 2025 141	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

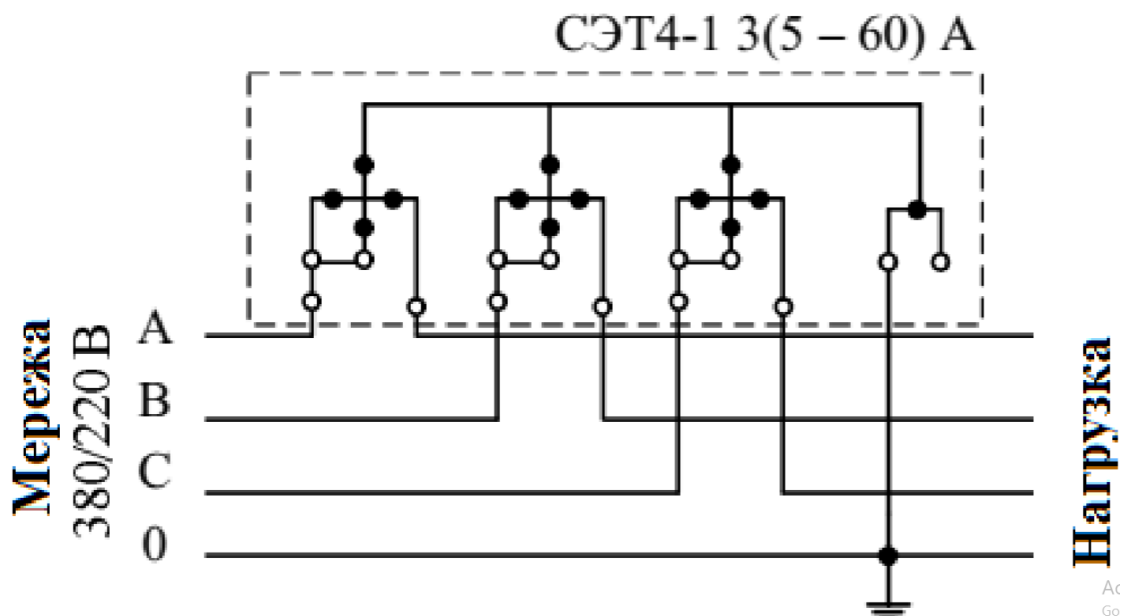


Рис. 17.5. Схема ввімкнення прямогочного лічильника типу СЭТ4-1

Підключення лічильника з зворотною полярністю в одному з струмових ланцюгів може призвести до значних втрат електроенергії. Тому необхідно обов'язково дотримуватися правильного порядку чергування фаз на затискачах лічильника. Зміна послідовності фаз здійснюється шляхом обміну місцями провідників між двома елементами.

На рисунку 17.6 представлено схему підключення трансформаторного лічильника (а) та векторну діаграму (б), що ілюструє індуктивний характер навантаження при фазовому зсуві 30 градусів. Підключення здійснюється через десятипровідну систему. Струмові кола лічильника не мають прямого електричного зв'язку з ланцюгами напруги, а є ізольованими. Вимірjana електрична енергія розраховується як різниця між показами лічильника, помножена на коефіцієнт трансформації:

$$W = (\Pi_k - \Pi_H) * k_T = \Delta \Pi * k_T$$

Для забезпечення коректного підключення всіх трьох вимірювальних елементів лічильника важливо ретельно дотримуватися полярності струмових ланцюгів і відповідності їх номінальній напрузі. Зворотне підключення обмоток первинного або вторинного ланцюга трансформатора струму (ТС) може призвести до виникнення негативного обертового моменту на диску лічильника.

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

Це може вплинути на точність вимірювань, але в межах допустимої похибки. Важливим є також правильне підключення лічильника до нульового проводу. Основними проблемами, які можуть виникнути в схемі, є: обрив фазних проводів вторинних ланцюгів напруги; окислення чи ослаблення контактів на ТС; пробій ТС.

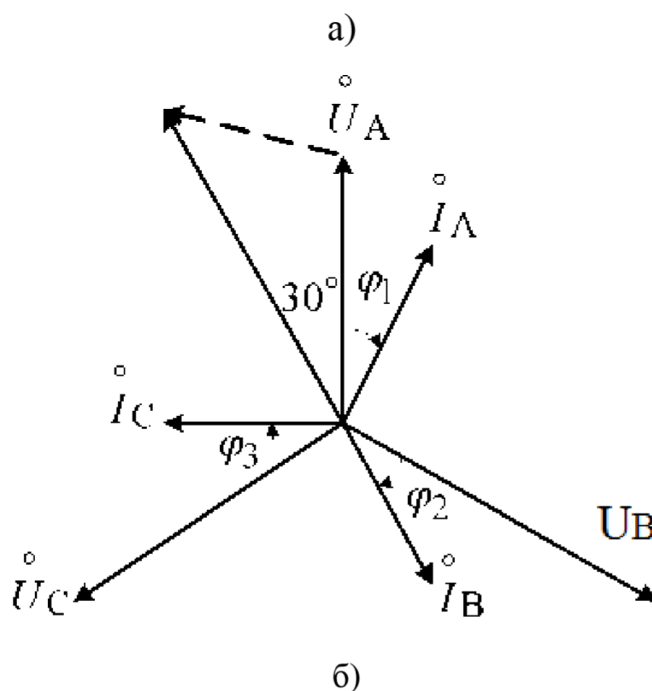
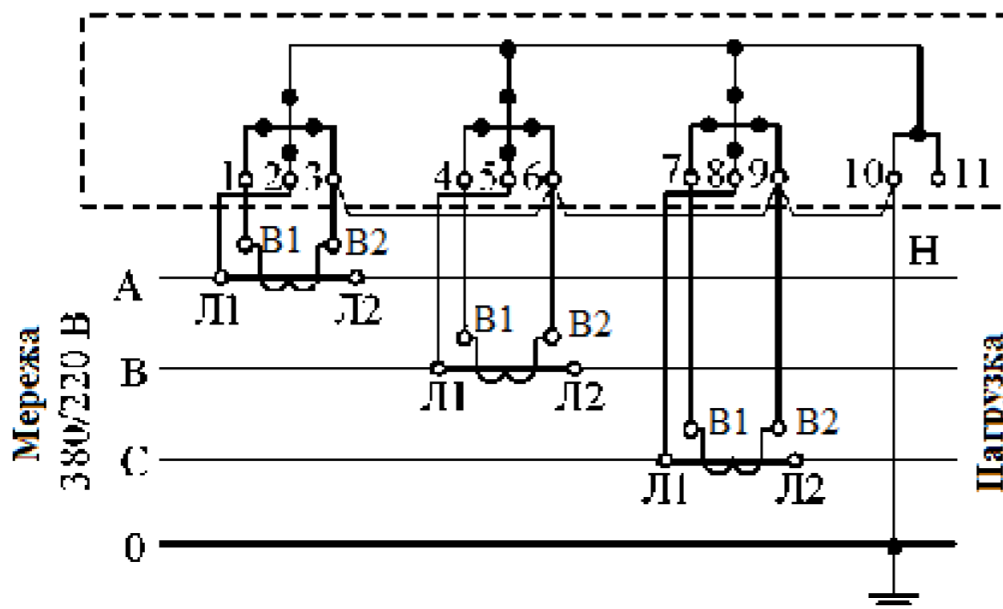


Рис. 17.6. Схема підключення трьохелементного індукційного лічильника моделі СА4У-І672М до трифазної мережі з окремими ланцюгами напруги та струму (а) та відповідна векторна діаграма (б)

Чергування фаз є обов'язковим. Якщо виникає потреба змінити порядок чергування фаз, слід поміняти місцями три провідники між відповідними елементами на колодці затискачів лічильника.

Часто використовується схема з семи проводами (рис. 17.6, а), в якій ланцюги напруги та струму об'єднані. Це досягається шляхом установки перемичок на трансформаторах струму (ТС) і на лічильнику.

Однак така схема має кілька недоліків:

- Пробій ТС може залишатись невиявленим тривалий час.
- Струмові кола лічильника знаходяться під напругою протягом певного часу.
- Установка перемичок I2-Л2 на ТС та 1-2, 4-5, 7-8 на лічильнику призводить до додаткових похибок вимірювань.

Прямий порядок чергування фаз є обов'язковим: Л1-В1 – перемички, що встановлені на трансформаторах струму (ТС), а також 1-2, 4-5, 7-8 – перемички, що розташовані на лічильнику.

17.9. Принцип функціонування «АСКОЕ»

«Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії» є інформаційно-обчислювальною системою з централізованим управлінням та розподіленими функціями вимірювання, яка має багаторівневу ієрархічну структуру.

Перший рівень системи виконує функцію збору даних. Головна задача «автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії» полягає у збиранні, обробці, вимірюванні та накопиченні даних про електроенергію, що передається, розподіляється, відпускається і отримується. Роботу система починає з отримання даних з лічильників, підключених до точок комерційного обліку на об'єктах енергетичної інфраструктури через трансформатори струму.

Перший рівень «автоматизованої системи комерційного обліку електричної» енергії охоплює інформаційно-вимірювальний комплекс точок вимірювання електричної енергії. Його основною функцією є вимірювання

									Арк.
									96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

спожитої електричної енергії. Цей рівень складається з лічильників та інших пристроїв, що здійснюють вимірювання параметрів електричної системи.

Для здійснення таких вимірювань можуть використовуватися датчики, які мають виходи для підключення до інтерфейсу RS-485, а також інші датчики, що підключаються через спеціалізовані аналого-цифрові перетворювачі. Окрім електронних лічильників електричної енергії, можуть також застосовуватися індукційні лічильники, оснащені перетворювачами, що перетворюють кількість обертів диска в електричні імпульси.

Другий рівень «автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії» є сполучним рівнем, який включає інформаційно-обчислювальний комплекс. Цей рівень включає канали зв'язку з лічильниками та комунікаційне обладнання, яке забезпечує прийом та передачу даних. Тут використовуються різноманітні контролери, які забезпечують передачу сигналів. «Пристрої збору та передачі даних (УЗПД)» відповідають за отримання інформації від лічильників електричної енергії. Вони забезпечують цілодобовий збір даних з «первинних вимірювальних приладів (ПВП)», а також здійснюють обробку, зберігання та передачу цієї інформації через канали зв'язку до верхнього рівня – «центру збору даних».

Третій рівень «автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії» забезпечує аналіз, зберігання та обробку даних. На цьому етапі центр збору інформації відповідає за перевірку правильності даних, їх прийом і первинну обробку. Оброблені дані зберігаються в базі даних для ведення архівів показників енергії, якості електричної енергії та потужності. Ключовими елементами цього рівня є персональні комп'ютери, сервери та контролери. Сервер першого рівня обробляє інформацію, отриману від УЗПД, а сервер другого рівня агрегує, структурує й відображає дані з попередніх серверів, а також документує результати обліку. Обладнання цього рівня повинно мати спеціалізоване програмне забезпечення для налаштування та управління елементами системи. Програми для обробки даних дають змогу представити результати аналізу у графічній чи табличній формі за різними часовими

					ДП 2025 141	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема «автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії», що передбачає опитування лічильників за допомогою переносного комп'ютера з використанням таких пристроїв, як перетворювач інтерфейсів, модем або мультиплексор, представлена на рис. 17.8.

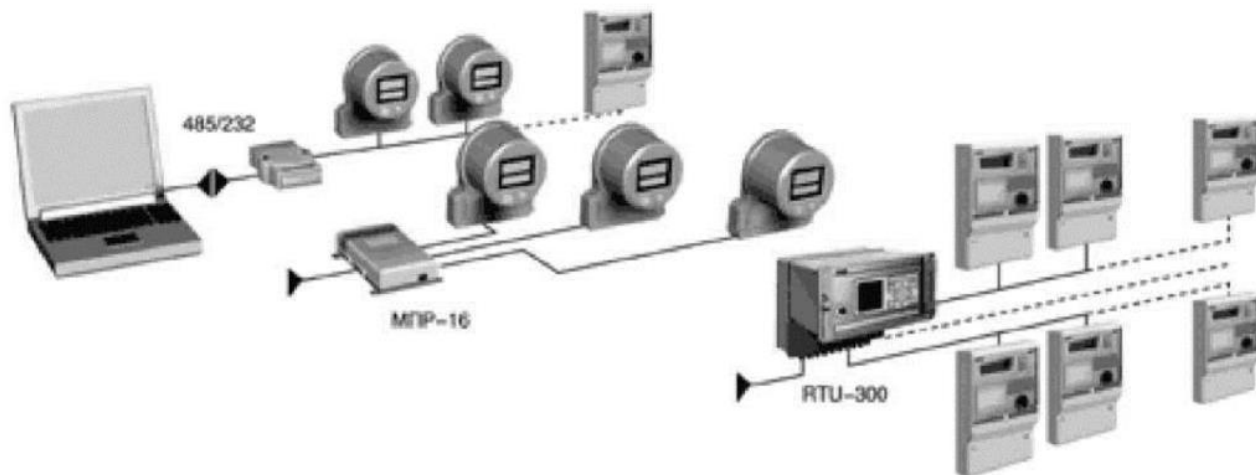


Рис. 17.8. Структурна схема «АСКОЕ» з використанням опитування через мультиплексор

Лічильники електроенергії, підключені через інтерфейс "струмова петля" до мультиплексора (наприклад, МПР-16), загальну шину RS-485 або ПЗПД, можуть бути розташовані в різних розподільчих пристроях. Їх опитування здійснюється один або кілька разів на місяць за допомогою програмного забезпечення, яке працює на ПК та формує файл із результатами. Постійного стабільного зв'язку між центром збору даних і лічильниками не передбачено, а ПЗПД функціонує як комунікаційний сервер.

Для функціонування центру збору даних на персональному комп'ютері застосовуються спеціалізовані програмні модулі. Вони створюють файл завдань для опитування лічильників і забезпечують імпорт отриманих даних до центральної бази. Синхронізація часу лічильників виконується під час опитування шляхом його узгодження з часом переносного комп'ютера, який, у свою чергу, синхронізує свій час із системним часом центру збору даних під час

										Арк.
										100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

завантаження файлів завдань. У разі відсутності стаціонарного комп'ютера в центрі збору його функції може виконувати переносний комп'ютер.

17.9.2. Побудова «АСКОЕ» із забезпеченням автоматичного опитування лічильників через локальний центр збору та аналізу даних

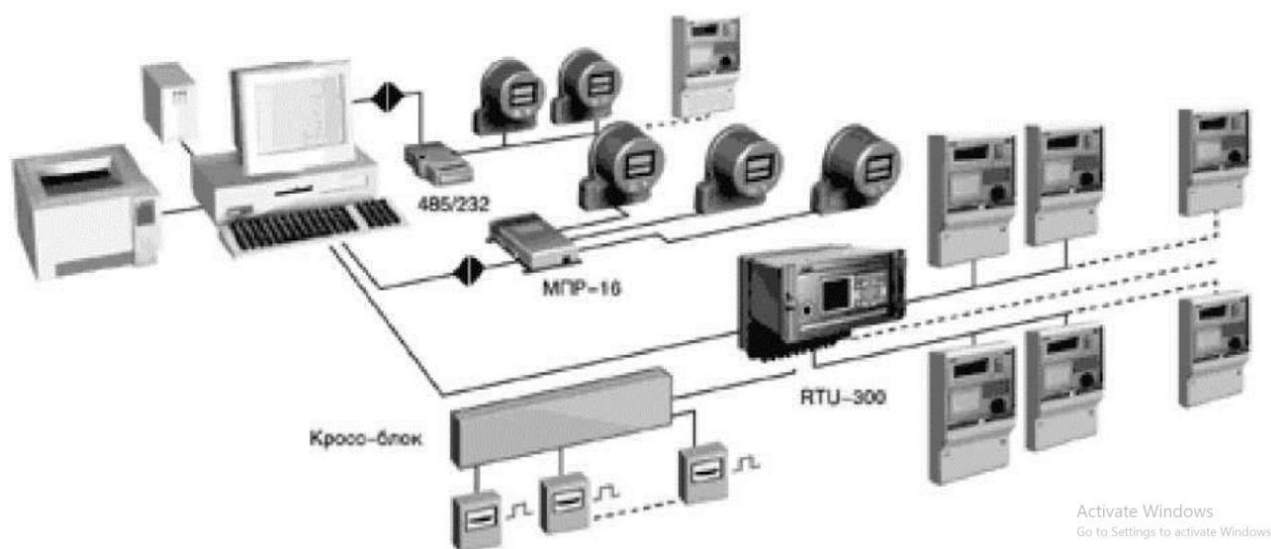


Рис. 17.9. Структура «АСКОЕ» із локальним центром збору даних

Лічильники постійно підключені до центру збору даних через канали зв'язку та регулярно опитуються за визначеним графіком. Зібрані дані передаються до бази даних для подальшого зберігання. Синхронізація часу лічильників здійснюється під час опитування, коли їхній час узгоджується з сервером центру збору даних. Для обробки інформації та ведення бази даних використовується локальний персональний комп'ютер (ПЕОМ), який виконує функції центру збору даних.

Локальна база даних може бути реалізована на платформах СУБД ORACLE8.X або MS Access, вибір залежить від кількості користувачів, складності математичних обчислень, рівня кваліфікації персоналу, обсягу лічильників, частоти їх профілювання та інших факторів. Дані надходять до бази даних періодично, відповідно до встановлених часових інтервалів.

									Арк.
									101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

надійності, якість та обсяги споживаної енергії, орієнтуючись на власні потреби та можливості енергосистеми. При цьому враховуються дані щодо цін, обсягів та характеристик місцевої і централізованої генерації.

Впровадження таких технологій сприяє розвитку ринків електроенергії та потужностей, дозволяючи кінцевим споживачам отримати доступ до ринкових механізмів та систем генерації. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності та результативності функціонування роздрібного енергетичного ринку.

У світовій енергетиці сьогодні активно реалізуються численні проекти з впровадження систем інтелектуального обліку (Smart Metering). Наприклад, Нова Зеландія вже повністю оснащена «розумними» лічильниками електроенергії, тоді як Австралія та Китай планують досягти такого ж рівня протягом найближчих трьох років. У Великій Британії на державному рівні прийнято «Кодекс розрахунків і балансування в енергетичній сфері», згідно з яким компанія ELEXON, дочірнє підприємство «National Grid Elexon», відповідає за адміністрування механізмів розрахунків і балансування на ринку електроенергії. Більшість країн ЄС також активно впроваджують програми модернізації автоматизованих систем обліку та інших компонентів «інтелектуальних систем».

Окремої уваги заслуговують плани впровадження систем «розумного» обліку в різних регіонах світу. Особливо показовим є досвід Європейського Союзу, який щороку інвестує понад 1,2 мільярда євро в дослідження та розвиток «АСКОЕ» та інших облікових систем.

Першою країною, яка розпочала впровадження «розумних» систем обліку електроенергії, стала Швеція, за нею – Норвегія, Ірландія, Нідерланди, Франція, Іспанія, Італія, Велика Британія та Фінляндія. У Швеції електричні компанії майже повністю забезпечили споживачів «розумними» лічильниками. У Норвегії регулятор енергетичного сектору зобов'язав компанії завершити їх встановлення до кінця 2020 року. У багатьох країнах ухвалені та діють державні програми модернізації електромереж із впровадженням сучасних «АСКОЕ» (рис. 17.10).

										ДП 2025 141	Арк.
											104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Наприклад, у Франції за період 2012-2013 років було встановлено понад 30 мільйонів «розумних» лічильників. У США з 2009 по 2015 рік кількість таких пристроїв досягла близько 60 мільйонів, а в Іспанії всі споживачі отримали «розумні» лічильники відповідно до урядової постанови 2008 року. Країни Європейського Союзу визначили власні завдання в цій сфері з урахуванням національних інтересів.

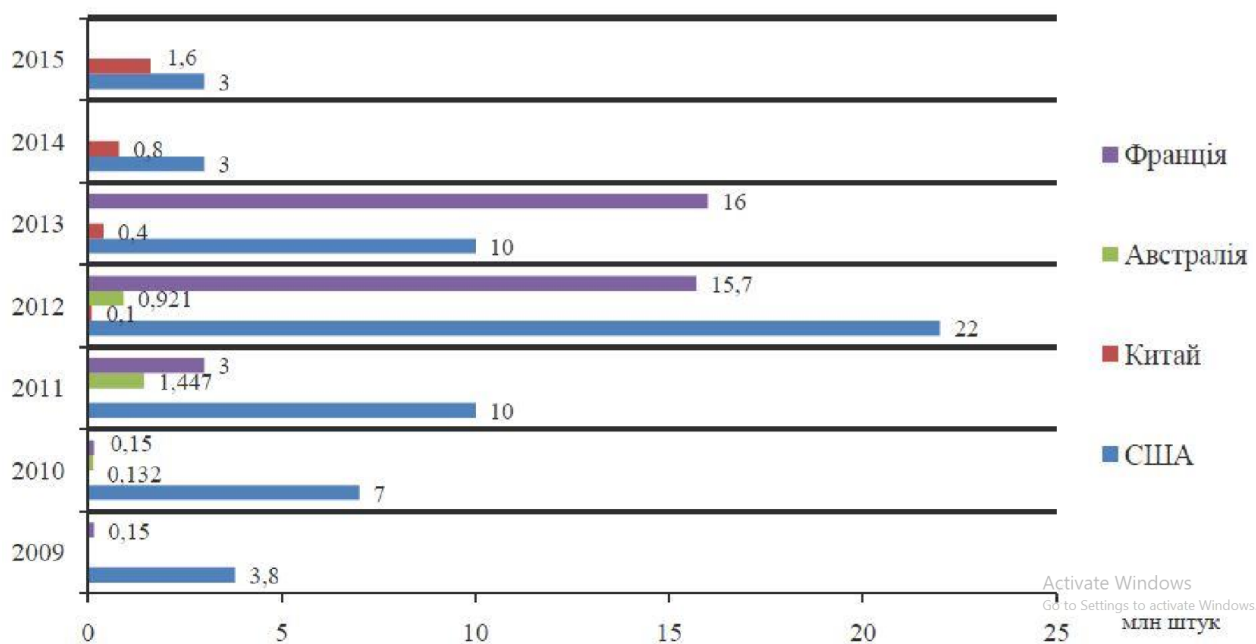


Рис. 17.10. Кількість встановлених інтелектуальних приладів обліку в окремих країнах

До 2025 року на розвиток «АСКОЕ» в країнах Європейського Союзу планується спрямувати понад 30 мільярдів доларів. Відповідно до третього енергетичного пакету ЄС та в межах програми розвитку «інтелектуальних» мереж під назвою «Технологічна платформа Smart Grid для Електричних Мереж Майбутнього в Європі», заплановано, що до 2020 року 80% європейських споживачів будуть обладнані «розумними» лічильниками, а до 2022 року цей показник досягне 100%.

Європейські компанії активно розвивають технології трансформації, передачі та оперативно-диспетчерського обліку електроенергії. Основна мета оптимізації в мережах незалежного оператора ЄС (ENTSO-E) до 2025 року –

17.11. Потреба запровадження «АСКОЕ» в Україні

Однією з ключових проблем енергетичного сектору України є забезпечення точного та достовірного комерційного обліку електроенергії та потужності як на оптовому, так і на роздрібному ринках. Для ефективного впровадження ринкових механізмів потрібні сучасні технічні та програмні рішення для обліку, передачі даних, моніторингу, а також системи контролю й обробки інформації.

Реформування оптового ринку електроенергії (ОРЕ) в Україні передбачає запровадження моделі ринку двосторонніх договорів, балансуючого ринку, а згодом і біржі електроенергії. Ефективне функціонування лібералізованого ринку електроенергії неможливе без впровадження «автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії» та систем моніторингу виробництва, споживання і постачання електроенергії в реальному часі.

Потреба у швидкому завершенні впровадження «АСКОЕ» на ОРЕ України обумовлена значними розбіжностями між обліком спожитої та виробленої електроенергії, що призводить до додаткових втрат. Це зумовлено тим, що до впровадження сучасних систем обліку більшість точок обліку були обладнані приладами різних типів і класів точності, значна частина з яких є застарілою як технічно, так і морально. Крім того, близько 40% точок обліку залишаються без резервних лічильників.

Відповідно до угоди між Урядом України та Європейською Комісією, спрямованої на вдосконалення системи обліку на оптовому ринку електроенергії (ОРЕ), заплановано впровадження проекту «Створення автоматизованої системи обліку електроенергії (АСОЕ) для оптового ринку електроенергії». Виконання цього проекту сприятиме:

- Забезпеченню комерційного обліку активної та реактивної електроенергії відповідно до вимог оптового ринку електроенергії (ОРЕ) щодо погодинного обліку на межах балансової належності учасників ринку, включаючи операторів магістральних мереж, генеруючі компанії, міждержавні електричні мережі та обленерго.

										ДП 2025 141	Арк.
											107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- Підвищенню точності та надійності комерційного обліку серед учасників ОРЕ.
- Удосконаленню оперативного управління режимами виробництва, передачі та споживання електричної енергії, а також оптимізація процесів комерційних розрахунків на ОРЕ.
- Скороченню витрат на передачу та постачання електричної енергії завдяки підвищенню точності обліку і мінімізації комерційних втрат.

Система обліку електроенергії та її компоненти мають відповідати міжнародним і українським стандартам сертифікації, необхідним для проведення комерційних розрахунків.

Відповідно до постанов НКРЕ України від 15.07.2010 р. № 815–820, які вносять зміни до умов і правил здійснення діяльності з виробництва та постачання електроенергії, операції купівлі-продажу на «оптовому ринку електроенергії» повинні базуватися на даних, отриманих із систем «АСКОЕ» головного оператора та учасників ринку.

У зв'язку з цим ДП «Енергоринок» та інші учасники ОРЕ мають привести свою діяльність у відповідність до цих вимог. З метою підготовки до здійснення розрахунків на основі даних «АСКОЕ», до кінця першого кварталу 2019 року було виконано значну роботу з впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії.

					ДП 2025 141	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підруч. /В.Є. Шестеренко. - Вінниця: Нова Книга, 2011. - 656 с.
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання: розрахунки, вибір обладнання: навч. посіб. /О.М.Сірий; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. університет харч. технол. - К.: НУХТ, 2011. - 319 с.
3. В.Є.Шестеренко. Проектування систем електропостачання. /В.Є. Шестеренко, О.В. Шестеренко. - Київ: ПП «К» 2017. – 436 с.
4. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування. В.Є. Шестеренко, О.В. Шестеренко. - Київ: 2013. - 424 с.
5. Силові споживачі електричної енергії: [навч. посіб.] /[Соловей О. І., Розен В. П., Ситник О. О. та ін.]; за заг. ред. О. І. Солов'я; М-во освіти і науки, Черкас. держ. технол. ун-т. - Черкаси : ФОП Кандич С. Г., 2016. - 121 с.
6. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Затверджено Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 р. № 476.
7. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказом Держнаглядохоронпраці від 09. 01. 98 № 4.
8. ДБН В .2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. К. – Мінрегіон України, 2018 р.
9. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем. Навч. посібник /В.П. Кідиба. - Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». - 2013. - 500 с.

					<i>ДП 2025 141</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазар М.М.			Література	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					109	
Реценз.		Красюк М.І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

10. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання [Текст]: навч. посібник для студ. електротехнічних спец. вищ. навч. закладів України / П. П. Говоров [та ін.]. –Х.: Інститут змісту і методів навчання; Харківська держ. академія міського господарства. - 1996. - 228 с.

11. Ковальчук А.О., Гончаров В.С., Кравчук Л.В. Охорона праці на виробництві: навч. посібник. – К: "Каравела", 2020. – 360 с.

12. Білоус Л.І., Красовський П.В., Попов В.І. Охорона праці на виробництві: підручник. – К: "Сфера", 2019. – 416 с.

13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrelektro.com.ua/ua/p802875126-vyklyuchatel-vakuumnyj-vvtel.html>.

14. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.tfk.net/catalog/kabelno_provodnikovaya_produktsiya/kabel.

15. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://energotransbud.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=67&Itemid=89.

					ДП 2025 141	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		