

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) (прізвище та ініціали)

_____ Сергій Балюта
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему: «Розробка СЕП цеху по виробництву склотари в м. Свалява та аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів»

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

_____ Перець Артур Михайлович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Чорний Юрій Аркадійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Сірик А.О. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ (підпис)
(прізвище та ініціали)

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 – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« » 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Перець Артур Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка СЕП цеху по виробництву склотари в м. Свалява та аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів

керівник роботи доц. Чорний Юрій Аркадійович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» 11. 2022 р. № 809-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25 січня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Ситуаційний план розміщення склотарного цеху; план розміщення обладнання цеху; характеристика споживачів електричної енергії; відомості про джерела живлення; умови проектування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика споживачів електроенергії; розрахунок електричних навантажень; визначення числа й потужності силових трансформаторів на підставі техніко-економічного порівняння варіантів; вибір типу ввідного пристрою високої напруги; розрахунок високовольтних живильних ліній; розрахунок струмів короткого замикання та перевірка електрообладнання; вибір захисної й комутаційної апаратури; вибір й обґрунтування схеми силової розподільчої мережі 0,38 кВ, вибір устаткування; електричний розрахунок силової мережі, вибір перерізів проводів і кабелів; характеристика монтажу силової мережі; компоновка цехової КТП, конструктивне виконання й розрахунок контуру заземлення КТП; електричний розрахунок мережі освітлення; вибір й аналіз джерел світла, виду й системи освітлення освітлювальної арматури; Конструктивне виконання освітлювальної мережі цеху; спецпитання «Аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів»; розділ «Охорона праці»

5. Перелік графічного матеріалу

1. Ситуаційний план розміщення склотарного цеху. 2. Техніко-економічне порівняння варіантів схеми електропостачання. 3. Однолінійна схема електропостачання цеху 0,4 кВ. 4. План розташування обладнання і силової мережі цеху. 5. План і схема освітлювальної мережі.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проєкт	11.11.2022 р	
2	Вступ	13.11.2022 р	
3	Характеристика споживачів електроенергії	16.11.2022 р	
4	Розрахунок електричних навантажень	20.11.2022 р	
5	Визначення числа й потужності силових трансформаторів. Схема з'єднання	24.11.2022 р	
6	Вибір типу вводного пристрою високої напруги	28.11.2022 р	
7	Розрахунок високовольтних живильних ліній		
8	Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір і перевірка високовольтного електроустаткування на стійкість дії струмів короткого замикання	01.12.2022 р	
9	Вибір захисної й комутаційної апаратури	03.12.2022 р	
10	Вибір й обґрунтування схеми силової розподільчої мережі 0,38 кВ. Вибір устаткування	07.12.2022 р	
11	Електричний розрахунок силової мережі. Вибір перерізів проводів і кабелів	14.12.2022 р	
12	Характеристика монтажу силової мережі	18.12.2022 р	
13	Компоновка цехової КТП. Конструктивне виконання й розрахунок контуру заземлення КТП	22.12.2022 р	
14	Електричний розрахунок мережі освітлення	28.12.2022 р	
15	Вибір й аналіз джерел світла, виду й системи освітлення освітлювальної арматури	03.01.2023 р	
16	Конструктивне виконання освітлювальної мережі	06.01.2023 р	
17	Спецпитання «Аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів»	08.01.2023 р	
	Список літератури	11.01.2023 р	
	Оформлення графічної частини проєкту	20.01.2023 р	
	Оформлення пояснювальної записки проєкту	24.01.2023 р	
	Здача дипломного проєкту на перевірку	25.01.2023 р	

Здобувач

_____ (підпис)

Перець А.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Чорний Ю.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Перець Артур Михайлович. Дипломний проєкт на тему:
«Розробка СЕП цеху по виробництву склотари в м. Свалява та аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2023

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 16 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проєкту становить 82 сторінки.

До опису надано графічну частину, яка складається із п'яти креслень: ситуаційний план розміщення склотарного цеху, техніко-економічне порівняння варіантів схеми електропостачання, однолінійна схема електропостачання цеху 0,4 кВ, план розташування обладнання і силової мережі цеху, план і схема освітлювальної мережі.

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; виконаний розрахунок електричних навантажень; визначено число й потужність силових трансформаторів, а також на підставі техніко-економічного порівняння варіантів вибрано схему електропостачання; виконано розрахунок та вибрано високовольтне електрообладнання та провідники; розраховано струми короткого замикання; виконаний електричний розрахунок силової та освітлювальної електромережі цеху; наведено характеристику монтажу силової мережі. Розглянуто спецпитання «Аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів».

У розділі охорона праці розглянуті заходи безпеки при монтажі, ремонті та обслуговуванні цехових електроустановок, питання з проектування протипожежних заходів та виконаний розрахунок аварійного освітлення.

Ключові слова: склотарний цех, споживачі електроенергії, електричне навантаження, електричне освітлення, силовий трансформатор, захисна і комутаційна апаратура, струм короткого замикання, проводи і кабелі, розподільчий пункт, джерела світла, освітлювальна арматура.

Abstract

PERETS ARTUR. Diploma project on the topic:

"Development of SEP of the workshop for the production of glass containers in the city of Svalyava and analysis of electricity savings during the operation of lighting devices"

National University of Food Technologies, Kyiv -2023

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

The attached explanatory note consists of an introduction, 16 chapters and a list of references. The volume of the project is 82 pages.

The graphic part consisting of five drawings is included in the description: a situational plan for the location of the glass container workshop, a technical and economic comparison of power supply scheme options, a 0.4 kV single-line power supply scheme for the workshop, a plan for the location of equipment and power network of the workshop, a plan and diagram of the lighting network.

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 electricity consumers are given; the calculation of electrical loads has been performed; the number and power of power transformers are determined, and the power supply scheme is selected based on a technical and economic comparison of options; calculation was performed and high-voltage electrical equipment and conductors were selected; short-circuit currents are calculated; the electrical calculation of the shop's power and lighting electrical network was performed; the characteristics of the installation of the power network are given. The special issue "Analysis of electricity savings during the operation of lighting devices" was considered.

In the occupational safety section, safety measures during the installation, repair and maintenance of shop electrical installations, issues of designing fire prevention measures and the calculation of emergency lighting are considered.

Keywords: glass factory, electricity consumers, electric load, electric lighting, power transformer, protective and switching equipment, short-circuit current, wires and cables, distribution point, light sources, lighting fixtures.

Зміст

	Вступ.....	7
1.	Характеристика споживачів електроенергії.....	8
2.	Розрахунок електричних навантажень.....	10
2.1.	Розрахунок силових навантажень.....	10
2.2.	Розрахунок освітлювальних навантажень.....	12
3.	Визначення числа й потужності силових трансформаторів. Схема з'єднання.....	14
3.1.	Техніко-економічне порівняння варіантів схеми електропостачання.....	17
4.	Вибір типу ввідного пристрою високої напруги.....	23
5.	Розрахунок високовольтних живильних ліній.....	25
6.	Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір і перевірка високовольтного електроустаткування на стійкість дії струмів короткого замикання.....	28
7.	Вибір захисної й комутаційної апаратури.....	32
8.	Вибір й обґрунтування схеми силової розподільчої мережі 0,38 кВ. Вибір устаткування.....	36
9.	Електричний розрахунок силової мережі. Вибір перерізів проводів і кабелів.....	38
9.1.	Розрахунок навантажень по окремих вузлах схеми.....	38
9.2.	Вибір перерізу жил кабелів.....	39
9.3.	Вибір розподільчих пунктів.....	43
10.	Характеристика монтажу силової мережі.....	46

					<i>ДП 2023 141</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Перець А.М.			Зміст	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.				5		
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулоого ЗЕЛ-5-7ск			
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

11.	Компоновка цехової КТП. Конструктивне виконання й розрахунок контуру заземлення КТП.....	48
12.	Електричний розрахунок мережі освітлення.....	50
13.	Вибір й аналіз джерел світла, виду й системи освітлення освітлювальної арматури.....	53
14.	Конструктивне виконання освітлювальної мережі цеху.....	55
15.	Спецпитання. Аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів.....	57
16.	Охорона праці.....	72
	Список літератури.....	81

					ДП 2023 141	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Завод на якому пропонується проект електропостачання склотарного цеху є великим підприємством з виробництва скляної тари, що спеціалізуються на виробництві для винної й пивної промисловості з коричневого, зеленого й оливкового скла ємністю від 0,2 до 1 літра. Випуск різноманітної продукції забезпечує незмінний попит.

Від надійного й безперебійного електропостачання залежить робота промислового підприємства: якість продукції, нормальний режим роботи електроустаткування. Для ефективного функціонування підприємства, схема електропостачання повинна забезпечувати належний рівень надійності й безпеки.

За структурою або принципом роботи, характеру встановленого устаткування система електропостачання припускає застосування автоматизації, що дозволяє підвищити рівень надійності й безпеки роботи системи й обслуговування відповідно.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Перець А.М.</i>			Вступ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					7	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

По категорії надійності частина приймачів цеху виробництва скловиробів є споживачами I категорії – 30%, а всі інші – споживачі II категорії. Живлення електроспоживачів забезпечується від двох незалежних, взаємно резервуючих джерел живлення. Також передбачене резервне живлення від джерел безперебійного живлення – акумуляторних батарей і дизельних генераторів.

Всі споживачі електричної енергії є споживачами трифазної напруги 380 В змінного струму із частотою 50 Гц. Споживачі мають різні режими роботи. Все освітлювальне навантаження цеху однофазне. Характеристики споживачів цеху наведені в табл. 1.1

Таблиця 1.1

Характеристика споживачів

№ по плану	Найменування споживача	п, шт	U _{ном} , В	P _{ном} , кВт	K _в	cosφ	Режим роботи
Перший поверх							
1-5	Теплова завіса	5	380	15	0,8	0,9	ДР
6-13	Охолодження басейну печі ОЦ 14-46-8	8	380	45	0,8	0,8	ДР
14,15	Вентилятор повітря горіння ОЦ 14-46-8	2	380	37	0,8	0,8	ДР
16,17	Охолодження протоки ОЦ 14-46-5	2	380	11	0,8	0,8	ДР
18-21	Охолодження косоурів пальників	4	380	11	0,8	0,8	ДР
22	Система оборотного водопостачання цеху	1	380	30	0,8	0,8	ДР
23,40	Дробарка	2	380	2,2	0,8	0,8	ДР
24-26	Вакуумний водокільцевий насос	3	380	75	0,8	0,85	ДР
27	Гранулятор ГР-2	1	380	5,5	0,6	0,8	ДР
28-30	Вентилятор високого тиску	3	380	200	0,75	0,85	ДР
31-33	Компресори ES-45	3	380	90	0,8	0,85	ДР

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Перець А.М.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.				8	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск Характеристика споживачів електроенергії		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1. Розрахунок силових навантажень

Основними вихідними даними для визначення розрахункових силових навантажень служить перелік споживачів електричної енергії із вказівкою їхньої номінальної потужності, кількості й режиму роботи.

Розрахунок проводиться по методу впорядкованих діаграм.

Середньозмінна активна й реактивна потужності електроспоживача визначаються по формулах:

$$P_{cmi} = K_{ei} \cdot P_{номi}; \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Q_{cmi} = K_{ei} \cdot P_{номi} \cdot tg\varphi_i, \quad (2.2)$$

де K_{ei} – коефіцієнт використання ЕП; $P_{номi}$ – номінальна потужність електроспоживача, кВт.

Коефіцієнт використання для групи електроспоживачів:

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^n P_{cmi}}{\sum_{i=1}^n P_{номi}}. \quad (2.3)$$

Ефективне число електроспоживачів визначається по формулі:

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{номi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номi}^2}. \quad (2.4)$$

Розрахункове навантаження групи споживачів електроенергії визначається по формулі:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n P_{cmi}, \quad (2.5)$$

де K_p – розрахунковий коефіцієнт.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Перець А.М.			Розрахунок електричних навантажень	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					10	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Розрахункова реактивна потужність групи споживачів Q_p визначається залежно від ефективного числа електроспоживачів по виразах:

при $n_{ef} \leq 10$:

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n P_{cmi} \cdot tg\varphi_i; \quad (2.6)$$

при $n_{ef} > 10$:

$$Q_p = \sum_{i=1}^n P_{cmi} \cdot tg\varphi_i, \quad (2.7)$$

де $tg\varphi_i$ – відповідає $cos \varphi$, прийнятому для даного споживача.

Повну розрахункову потужність визначаємо по виразу:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.8)$$

Розрахунковий струм для групи споживачів визначається по виразу:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.9)$$

де $U_{ном} = 0,4$ кВ – номінальна напруга мережі.

Зробимо розрахунок навантажень для цеху:

Знайдемо P_{cm} для трифазних електроспоживачів по формулі (2.1):

Тельфер:

$$P_{cm} = P_{насп} \cdot \sqrt{ПВ} \cdot K_\epsilon; \quad (2.10)$$

$$P_{cm.3ф.} = 0,8 \cdot (5 \cdot 15 + 8 \cdot 45 + 2 \cdot 37 + 2 \cdot 11 + 4 \cdot 11 + 30 + 2 \cdot 2,2 + 3 \cdot 75 + 3 \cdot 90 + 2 \cdot 30 + 75 + 6 + 1 + 5 \cdot 2,2 + 4 \cdot 2,2 + 2 \cdot 11 + 3 \cdot 5,5 + 3 \cdot 175) + 0,75 \cdot 3 \cdot 200 + 0,6 \cdot (5,5 + 40 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 6 + 9 + 2 \cdot 28 + 55 + 11 + 3 \cdot 100 + 3 \cdot 0,5 + 3 \cdot 36 + 3 \cdot 20) + 0,3 \cdot 8 \cdot 10 + 0,06 \cdot \sqrt{0,4} \cdot (7 + 5,5) = 2654 \text{кВт}.$$

Т.к. немає однофазних споживачів, те сумарна середнесменная потужність:

$$P_{cm.\Sigma} = P_{cm.3ф.}; \quad (2.11)$$

$$P_{cm.\Sigma} = 2654 \text{кВт}.$$

Так як немає однофазних споживачів, то сумарне номінальне навантаження:

$$P_{н.\Sigma} = P_{н.3ф}; \quad (2.12)$$

$$P_{н.\Sigma} = 5 \cdot 15 + 8 \cdot 45 + 2 \cdot 37 + 2 \cdot 11 + 4 \cdot 11 + 30 + 2 \cdot 2,2 + 3 \cdot 75 + 3 \cdot 90 + 2 \cdot 30 + 75 + 6 + 1 + 5 \cdot 2,2 + 4 \cdot 2,2 + 2 \cdot 11 + 3 \cdot 5,5 + 3 \cdot 175 + 3 \cdot 200 + 5,5 + 40 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 6 + 9 + 2 \cdot 28 + 55 + 11 + 3 \cdot 100 + 3 \cdot 0,5 + 3 \cdot 36 + 3 \cdot 20 + 8 \cdot 10 + \sqrt{0,4} \cdot (7 + 5,5) = 3139 \text{кВт}.$$

Знайдемо середньозважений коефіцієнт використання по формулі (2.3):

					ДП 2023 141	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвісу світильників над підлогою: $h_n = 6$ м. Знаходимо питому потужність

освітлювальної установки: $P_{\text{ном}} = 5,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$. Площа ділянки: $F = 9000 \text{ м}^2$.

$$P_{\text{уст}} = 5,4 \cdot 9000 = 48,6 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{р.осв}} = 0,9 \cdot 1,2 \cdot 48,6 = 52,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{р.осв}} = 52,4 \cdot 0,44 = 23,1 \text{ квар.}$$

					ДП 2023 141	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА Й ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ. СХЕМА З'ЄДНАННЯ

Розрахунок числа й потужності силових трансформаторів

При виборі числа й потужності трансформаторів враховується категорія надійності електропостачання споживачів й їхній коефіцієнт завантаження K_3 , що залежить від системи охолодження трансформатора:

Для I категорії – $K_3=0,65$ (сухі) і $K_3=0,7$ (масляні);

для II категорії – $K_3=0,7$ (сухі) і $K_3=0,8$ (масляні);

для III категорії – $K_3=0,9$ (сухі) і $K_3=0,95$ (масляні).

Приймаємо $K_3=0,7$.

Знайдемо сумарну потужність, споживану цехом з урахуванням освітлювального навантаження:

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_{осв}; \quad (3.1)$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_p + Q_{осв}; \quad (3.2)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}. \quad (3.3)$$

$$P_{p\Sigma} = 2654 + 52,5 = 2707 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = 1840 + 23,1 = 1863 \text{ квар};$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(2707)^2 + (1863)^2} = 3266 \text{ кВА}.$$

Кількість трансформаторів визначається по формулі:

$$N = \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot S_{н.тр}}, \quad (3.4)$$

де $S_{н.тр}$ – номінальна потужність трансформатора.

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Перець А.М.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.			14		
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					
					Визначення числа й потужності силових трансформаторів. Схема з'єднання		

Розглянемо два варіанти КТП із силовими трансформаторами типу ТМ - 1600/10/0,4 і ТМ - 2500/10/0,4.

$$N_1 = \frac{3266}{0,7 \cdot 1600} = 3 \text{ шт.};$$

$$N_2 = \frac{3266}{0,7 \cdot 2500} \approx 2 \text{ шт.}$$

Реактивна потужність, передана через трансформатори з мережі ВН у мережу НН, визначається по виразу:

$$Q_{BH} = \sqrt{(1,1 \cdot k_3 \cdot N \cdot S_{н.мп.})^2 - P_p^2}; \quad (3.5)$$

$$Q_{BH1} = \sqrt{(1,1 \cdot 0,7 \cdot 3 \cdot 1600)^2 - 3266^2} = 1738 \text{ квар};$$

$$Q_{BH2} = \sqrt{(1,1 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 2500)^2 - 3266^2} = 2038 \text{ квар.}$$

Визначаємо реактивну потужність, яку необхідно компенсувати по вираженню:

$$Q_{KV} = Q_P - Q_{BH}; \quad (3.6)$$

$$Q_{KV1} = 1863 - 1738 = 129 \text{ квар};$$

$$Q_{KV2} = 1863 - 2038 = -179 \text{ квар.}$$

Так як $Q_{KV1} > 0$, то потрібно компенсуючий пристрій.

Вибираємо компенсуючі установки:

Беремо одну установку типу УКМ58-0,4-100-33 1/3 УЗ з використанням у кожній установці по 3 ступені.

$$Q_{куф1} = 3 \cdot 33 = 100 \text{ квар.}$$

Так як $Q_{KV2} < 0$, то й компенсуючого пристрою не потрібно.

Уточнюємо потужність із урахуванням компенсації:

$$S_p^1 = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{куф})^2};$$

$$S_{p1}^1 = \sqrt{2707^2 + (1836 - 100)^2} = 3216 \text{ кВА};$$

$$S_{p2}^1 = \sqrt{2707^2 + 1863^2} = 3266 \text{ кВА.}$$

Уточнюємо коефіцієнт завантаження трансформатора по виразу:

$$K'_3 = \frac{S_p}{N \cdot S_{н.мп.}}; \quad (3.7)$$

					ДП 2023 141	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\hat{E}'_{\zeta 1} = \frac{3216}{3 \cdot 1600} = 0,67;$$

$$\hat{E}'_{\zeta 2} = \frac{3216}{2 \cdot 2500} = 0,65.$$

Уточнюємо коефіцієнт завантаження трансформатора в аварійному режимі по виразу:

$$\hat{E}'_{\zeta \cdot \hat{\alpha} \hat{\alpha}} = \frac{S_{\delta}}{(N-1) \cdot S_{f \cdot \delta \delta}}; \quad (3.8)$$

$$\hat{E}'_{\zeta \cdot \hat{\alpha} \hat{\alpha} 1} = \frac{3216}{(3-1) \cdot 1600} = 1;$$

$$\hat{E}'_{\zeta \cdot \hat{\alpha} \hat{\alpha} 2} = \frac{3216}{(2-1) \cdot 2500} = 1,38.$$

Дані для вибору комплектної трансформаторної підстанції наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1

Вибір цехових трансформаторів

Найменування цеху	ЦПС	
	1	2
Номер варіанту		
Довідкові дані		
Номінальна потужність трансформатора, $S_{н.тр.}$, кВА	1600	2500
Коефіцієнт завантаження, K_3	0,7	0,7
Вихідні дані		
Розрахункова активна потужність, P_p , кВт	2707	2707
Розрахункова реактивна потужність, Q_p , квар	1863	1863
Активна потужність освітлення, P_p , кВт	52,5	52,5
Реактивна потужність освітлення, Q_p , квар	23,1	23,1
Розрахункові дані		
Кількість трансформаторів	3	2
Передана реактивна потужність, $Q_{вн.}$, квар	1738	2038
Компенсуюча потужність, $Q_{ку.}$, квар	129	- 179
Тип компенсуючих пристроїв	УКМ58-0,4-100-33 1/3 УЗ	немає
Уточнені дані		
Повна розрахункова потужність, $S_{p.}$, кВА	3266	3266
Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі, K_3	0,67	0,65
Коефіцієнт завантаження в аварійному режимі, K_3 . авар.	1	1,38
Тип трансформатора	ТМ-1600	ТМ-2500

$$\dot{E}_{i.\dot{\delta}\delta.1} = 4 \cdot \left(3 \cdot 18 \cdot 8760 + \left(\frac{3216}{1600} \right)^2 \cdot 2,8 \cdot 2700 \cdot \frac{1}{3} \right) = 1932885 \text{ тис. грн};$$

$$\dot{E}_{i.\dot{\delta}\delta.2} = 4 \cdot \left(2 \cdot 25 \cdot 8760 + \left(\frac{3266}{2500} \right)^2 \cdot 3,9 \cdot 2700 \cdot \frac{1}{2} \right) = 1787945 \text{ тис. грн.}$$

$$\dot{E}_{i.\dot{\delta}\delta.1, \dot{\delta}\delta.2, \dot{\delta}\delta.3} = (\dot{I}_{\dot{\delta}\delta.1} + \dot{I}_{i.\dot{\delta}\delta.2} + \dot{I}_{\dot{\delta}\delta.3}) \cdot K_{i.\dot{\delta}\delta.}, \quad (3.12)$$

де $N_a = 3,5\%$ норма амортизаційних відрахувань; $N_{\text{обсл.}} = 2,9\%$ – норма обслуговування устаткування; $N_{\text{рем.}} = 1,0\%$ – норма ремонту устаткування.

$$I_{\text{обсл., рем., ам.1}} = (0,035 + 0,029 + 0,01) \cdot 3373,5 = 250 \text{ тис. грн.};$$

$$I_{\text{обсл., рем., ам.2}} = (0,035 + 0,029 + 0,01) \cdot 3987,3 = 295 \text{ тис. грн.};$$

$$C_{\Sigma 1} = 0,25 \cdot 3373,5 + 1932885 + 250 = 1933978 \text{ тис. грн.};$$

$$C_{\Sigma 2} = 0,25 \cdot 3987,3 + 1787945 + 295 = 1789237 \text{ тис. грн.}$$

Результати техніко - економічних показників для ТП наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Результати техніко - економічних показників для ТП

Параметри ТП	ЦПС	
	3x1600	2x2500
Втрати холостого ходу, $\Delta P_{\text{хх}}$, кВт	18,0	35,0
Втрати короткого замикання, $\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	2,8	3,9
Повна вартість КТП, $C_{\text{тр}}$, тис. грн.	111,52	131,81
Повні капітальні витрати, $K_{\text{тр}}$, тис. грн.	3373,5	3987,3
Вартість втрат у трансформаторах, $I_{\text{н.тр.}}$, тис. грн.	1932885	1787945
Витрати на обслуговування, ремонт й амортизацію, $I_{\text{обсл.рем.ам.}}$, тис. грн	250	295
Сумарні витрати, Z_{Σ} , тис. грн.	1933978	1789237

Для остаточного вибору кількості трансформаторів і високовольтної схеми електропостачання необхідно провести вибір і техніко-економічний розрахунок повітряних ліній і вимикачів на 10 кВ.

Техніко-економічні розрахунки для повітряних ліній

Визначимо сумарні витрати по формулі:

$$Z_{\Sigma} = E \cdot K_{н.вл} + I_{п.вл} + I_{обсл.,рем.,ам.}, \quad (3.13)$$

де E – норма дисконту, $E = 0,25$; $K_{н.вл}$ – повні капітальні витрати з урахуванням вартості устаткування й монтажних робіт; $I_{п.вл}$ – вартість втрат у повітряних лініях; $I_{обсл.,рем.,ам.}$ – витрати на обслуговування, ремонт й амортизацію.

$$I_{п.тр} = C_0 \cdot \Delta W_{вл}, \quad (3.14)$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год, грн, $C_0 = 4$ грн/кВт·год; $\Delta W_{вл}$ – річні втрати в кабельній лінії, кВт·год.

$$\Delta W_{вл} = 3 \cdot I_p^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau, \quad (3.15)$$

де I_p – розрахунковий струм у кабельних лініях, А; r_0 – питомий активний опір кабельної лінії, Ом/км; l – довжина лінії, м; τ – час максимальних втрат.

$$\tau = (1,24 + \frac{T_{\max}}{10000})^2 \cdot 8760.$$

Оскільки, трансформатори працюють весь рік, то $T_{\max} = 8760$ год.

$$\tau = (1,24 + \frac{8760}{10000})^2 \cdot 8760 = 8760 \text{ год.}$$

$$\dot{E}_{i.ав} = 4 \cdot 3 \cdot 90^2 \cdot 0,326 \cdot 580 \cdot 8760 = 161 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{н.вл.} = Ц \cdot I \cdot (1 + \sigma_T + \sigma_C + \sigma_M), \quad (3.15)$$

де $Ц$ – ціна на устаткування, тис. грн. I – індекс цін устаткування ($I = 22$); σ_T – коефіцієнт, що враховує транспортно заготівельні роботи пов'язані із придбанням устаткування, ($\sigma_T = 0,1$ для устаткування з невеликою масою, $\sigma_T = 0,005$ для устаткування з масою більше 1 т.); σ_C – коефіцієнт, що враховує витрати на будівельні роботи; ($\sigma_C = 0,02 \div 0,15$ залежно від маси й складності устаткування); σ_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж і налагодження устаткування ($\sigma_M = 0,1 \div 0,15$ від оптової ціни на устаткування).

$$K_{н.вл.} = 0,72 \cdot 22 \cdot (1 + 0,1 + 0,04 + 0,12) = 19,96 \text{ тис.грн.}$$

									ДП 2023 141	Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$I_{\text{обсл.,рем.,ам.}} = (H_a + H_{\text{обсл}} + H_{\text{рем}}) \cdot K_{\text{н.вл}}, \quad (3.16)$$

де $H_a = 5\%$ норма амортизаційних відрахувань; $H_{\text{обсл.}} = 2\%$ – норма обслуговування устаткування; $H_{\text{рем.}} = 0,3\%$ – норма ремонту устаткування.

$$I_{\text{обсл.,рем.,ам.}} = (0,05 + 0,02 + 0,003) \cdot 19,96 = 1,46 \text{ тис.грн.}$$

$$Z_{\Sigma} = 0,25 \cdot 19,96 + 161 + 1,46 = 167 \text{ тис. грн.}$$

Всі інші розрахунки зведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати техніко - економічних показників для повітряних ліній

Цех	ЦПС	
Тип ТП	2x2500	3x1600
Тип проводу	СИП	СИП
Довжина повітряних ліній, м	1160	1740
Вартість проводу, тис. грн. /км	1,24	1,39
Втрати енергії в КЛ, $P_{\text{кл}}$ кВт	11,8	20,97
Капітальні витрати, $K_{\text{кл}}$, тис. грн.	19,96	22,36
Вартість витрат, $I_{\text{п.вл.}}$, тис. грн.	161	97
Витрати на обслуговування, ремонт й амортизацію, $I_{\text{обсл.рем.ам.}}$, тис. грн	1,46	1,63
Сумарні витрати, Z_{Σ} , тис. грн.	167	104

Техніко-економічний розрахунок для вимикачів

Визначимо сумарні витрати на один вимикач:

$$Z_{\Sigma} = E \cdot K_{\text{н.в.вкл}} + I_{\text{обсл.,рем.,ам.}}, \quad (3.17)$$

де E – норма дисконту, $E = 0,25$; $K_{\text{н.в.вкл}}$ – повні капітальні витрати з урахуванням вартості устаткування й монтажних робіт; $I_{\text{обсл.,рем.,ам.}}$ – витрати на обслуговування, ремонт й амортизацію.

$$K_{\text{н.в.вкл.}} = C \cdot I \cdot (1 + \sigma_T + \sigma_C + \sigma_M), \quad (3.18)$$

де C – ціна на устаткування, тис. грн. I – індекс цін устаткування ($I = 1$); σ_T – коефіцієнт, що враховує транспортно заготівельні роботи пов'язані із придбанням устаткування, ($\sigma_T = 0,1$ для встаткування з невеликою масою, $\sigma_T = 0,005$ для устаткування з масою більше 1 т.); σ_C – коефіцієнт, що враховує витрати на

										ДП 2023 141	Арк.
											20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Схема з'єднання трансформаторів

Для схеми з'єднання Y/Y_0 характерно високе значення опору нульової послідовності. При нерівності навантажень по фазах у чотирипровідній мережі з'являються струми нульової послідовності. Підвищення напруги нульової послідовності на десятки вольтів небезпечні для персоналу цеху, оскільки під напругою виявляються легко доступні частини електроустаткування. ГОСТ 13109-97 у чотирипровідних мережах 0,38 кВ нормує нормально допустиме (2 %) і гранично допустиме (4 %) значення коефіцієнтів несиметрії напруг по нульовій послідовності K_{0U} . Розрахунки й виміри в діючій електричній мережі показують, що використання трансформаторів зі схемою з'єднання Δ/Y_0 замість Y/Y_0 дозволяє майже на порядок знизити напругу нульової послідовності, а коефіцієнт несиметрії напруг по нульовій послідовності в цьому випадку практично завжди не перевищує допустиме значення.

У цеховій КТП застосуємо трансформатори зі схемою з'єднання обмоток Δ/Y_0 , що приведе до збільшення струмів однофазного короткого замикання поблизу трансформатора. Оскільки, струм короткого замикання буде меншим або дорівнювати струму трифазного КЗ, а струм трифазного КЗ є розрахунковим при перевірці устаткування, те це збільшення не представляє ніякої небезпеки. Також зменшиться час відключення однофазних КЗ у споживачів, що повністю відповідає п.1.7.79 нової редакції ПУЕ.

					ДП 2023 141	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИБІР ТИПУ ВВОДНОГО ПРИСТРОЮ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Умови вибору й перевірки високовольтних вимикачів:

1) По напрузі:

$$U_{ном. Q} \geq U_{ном. мережі} \quad (4.1)$$

2) По номінальному струмі:

$$I_{ном. Q} \geq I_{розр.} \quad (4.2)$$

3) По електродинамічній стійкості:

$$i_{y\delta} \leq i_{нр.с} \quad (4.3)$$

де $i_{нр.с}$ – граничний наскрізний струм.

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 3,67 \cdot 1,6 = 8,36 \text{ кА};$$

$$k_{y\delta} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,05}} = 1,6;$$

$$T_a = \frac{0,356}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,786} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}.$$

4) По електротермічній стійкості:

$$I_{терм.норм.}^2 \cdot t_{терм.норм.} \geq B_k \quad (4.4)$$

де $I_{терм.норм.}^2$ – граничний струм термічної стійкості; $t_{терм.норм.}$ – нормативний час протікання граничного струму термічної стійкості.

$$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k;$$

$$B_k = (I_{\epsilon, \max}^{(3)})^2 \cdot (t_{\dot{a}^3 \dot{a} \dot{a}} + \dot{O}_{\dot{a}}); \quad (4.5)$$

$$B_k = 3,67^2 \cdot (0,1 + 0,05) = 2,02 \text{ кА}.$$

$$t_{відкл.} = t_{р.з.оси} + t_{в.відкл.}; \quad (4.6)$$

ДП 2023 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Перець А.М.		
Перевір.		Чорний Ю.А.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
Вибір типу ввідного пристрою високої напруги				
			Літ.	Арк.
			23	Акрушів
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск				

де T_a – час загасання аперіодичної складової струму; $t_{відкл.}$ – довідкова величина; $t_{р.з.оси}$ – час дії основного релейного захисту; $t_{в.відкл.}$ – повний час відключення вимикача.

$$t_{відкл.} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ с.}$$

Вибираємо вакуумний високовольтний вимикач типу ВВП–10–12,5/630У3-У2-41:

Номинальний струм 630 А;

Номинальний струм відключення 12,5 кА;

Повний час відключення 0,05 с.

1) $10 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ};$

2) $I_{н.в.} = 630 \text{ А} > I_{расч.} = 93 \text{ А};$

3) $i_{уд} = 18,8 \text{ кА} \leq i_{пр.с.} = 25 \text{ кА};$

4) $I_{терм.норм.}^2 \cdot t_{терм.норм.} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k = 2,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

ПУЕ.

					ДП 2023 141	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРАХУНОК ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЖИВИЛЬНИХ ЛІНІЙ

Вибір високовольтної лінії зробимо по нагріванню розрахунковим струмом і по втратах напруги. Приклад приводимо для лінії, що живить трансформатори 2x2500 кВА.

Розрахунковий струм визначається:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}, \quad (5.1)$$

де S_p – розрахункове навантаження, кВА; $U_{ном}$ – напруга лінії електропередачі, кВ; n – кількість ліній передачі.

$$I_p = \frac{3266}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 2} = 90 \text{ А} \text{ – у нормальному режимі;}$$

$$I_{p,max} = \frac{3266}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1} = 180 \text{ А} \text{ – в аварійному режимі.}$$

Вибираємо провід марки СИП (3x95): $I_{доп} = 330 \text{ А}$; $x_0 = 0,083 \text{ мОм/м}$; $r_0 = 0,326 \text{ мОм/м}$.

Вибір перерізу кабелів по нагріванню розрахунковим струмом:

$$I_p \leq I_{доп} \cdot K_{ср} \cdot K_{пр} \cdot I_{доп}, \quad (5.2)$$

де $I_{доп}$ – тривало допустимий струм кабелю; $K_{ср}$ – коефіцієнт, що враховує температуру середовища, відмінної від розрахункової, $K_{ср} = 1$; $K_{пр}$ – коефіцієнт зниження струмового навантаження при груповій прокладці кабелів $K_{пр} = 1$.

$$330 \cdot 1 \cdot 1 = 330 \text{ А} > 180 \text{ А}.$$

Перевіряємо по термічній стійкості:

$$F_{СТ} = \frac{I_{КЗ}^{(3)}}{C} \sqrt{t_{відкл} + T_{а,ср}}, \quad (5.3)$$

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Перець А.М.			Розрахунок високовольтних живильних ліній	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					25	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Вибір високовольтних кабелів

Цех	ЦПС	
Тип ТП	2х2500	3х1600
Вибір по нагріванню розрахунковим струмом		
Розрахункова потужність, S кВА	3266	3266
Напруга, U кВ	10,5	10,5
Кількість ліній (норм. режим), n	2	3
Кількість ліній (авар. режим), n	1	2
розрахунковий струм норм. режиму, I _p А	90	60
розрахунковий струм авар. режиму, I _{p,max} А	180	90
Вибір кабелю		
Тип кабелю	СИП	СИП
Тривало допустимий струм, I _{доп} А	330	265
Переріз струмопровідної жили, мм ²	95	70
Довжина кабельних ліній, м	580	580
Вибір по термічній стійкості		
Температурний коефіцієнт, А·с/мм ²	78	78
Переріз розрахунковий, мм ²	108	93
Переріз округлений, мм ²	95	70
Вибір по втратах напруги		
cosφ	0,8	0,8
Питомий активний опір r ₀ Ом/км	0,326	0,443
Питомий індуктивний опір x ₀ Ом/км	0,083	0,086
Втрати напруги U, В	56	49
Втрати напруги U, %	0,6	0,5

					ДП 2023 141	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ. ВИБІР І ПЕРЕВІРКА ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ НА СТІЙКІСТЬ ДІЇ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованих одиницях. Вважаємо, що ТН підключено до джерела незмінного по амплітуді напруги. Розрахунок виконаємо без врахування підживлення від електродвигунів споживачів. Складемо схему для розрахунку струмів короткого замикання (рис. 6.1) і схему заміщення (рис. 6.2).

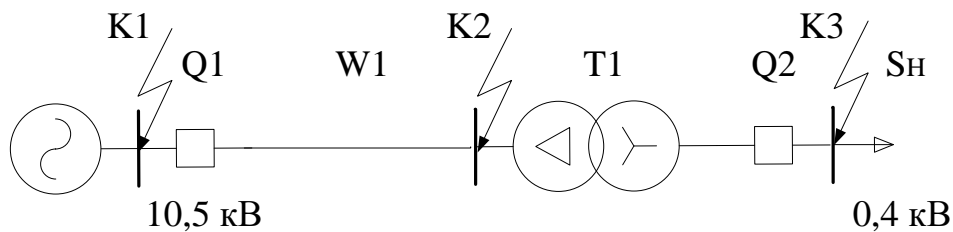


Рис. 6.1. Схема для розрахунку струмів короткого замикання

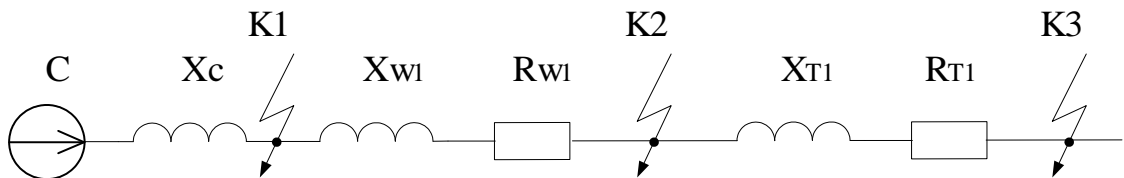


Рис. 6.2. Схема заміщення

Розрахунок параметрів схеми заміщення:

Параметри живильної системи:

$$x_c = \frac{U_B^2}{\sqrt{3} \cdot I_{HO} \cdot U_{CP}}, \quad (6.1)$$

де I_{HO} – номінальний струм відключення вимикача, $I_{HO} = 12,5$ кА

ДП 2023 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Перець А.М.			
Перевір.	Чорний Ю.А.			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.	Балюта С.М.			
Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір і перевірка високовольтного електроустаткування на стійкість дії струмів короткого замикання			Літ.	Арк.
				28
			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск	

Опір системи:

$$x_c = \frac{10,5^2}{\sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 10,5} = 0,5 \text{ Ом}.$$

Параметри повітряної лінії:

$$X_w = x_o \cdot l, \quad (6.2)$$

де x_o – питомий реактивний опір проводу, Ом/км

$$R_w = r_o \cdot l, \quad (6.3)$$

де r_o – питомий активний опір проводу, Ом/км

$$X_w = 0,366 \cdot 0,58 = 0,21 \text{ Ом/км};$$

$$R_w = 0,306 \cdot 0,58 = 0,18 \text{ Ом/км}.$$

Трансформатор ТМВМ-2500/10/0,4: $S_H = 2500 \text{ кВА}$, $U_{BH} = 10 \text{ кВ}$, $U_{HH} = 0,4 \text{ кВ}$,
 $\Delta P_{K3} = 25 \text{ кВт}$, $\Delta P_{XX} = 3,9 \text{ кВт}$, $U_{K3} = 5,5\%$.

Параметри трансформатора визначаються по:

$$x_T = \frac{U_{K3}}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_H}; \quad (6.4)$$

$$r_T = \frac{P_{K3} \cdot U_B^2}{S_H^2} \cdot 10^{-3}. \quad (6.5)$$

Опори трансформаторів рівні:

$$x_{T1} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{2,5} = 2,4 \text{ Ом};$$

$$r_{T1} = \frac{25 \cdot 10,5^2}{2,5^2} \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ Ом}.$$

Приведемо приклад розрахунку струму КЗ для точки К2

Перетворимо схему (рис. 6.3).

									ДП 2023 141	Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

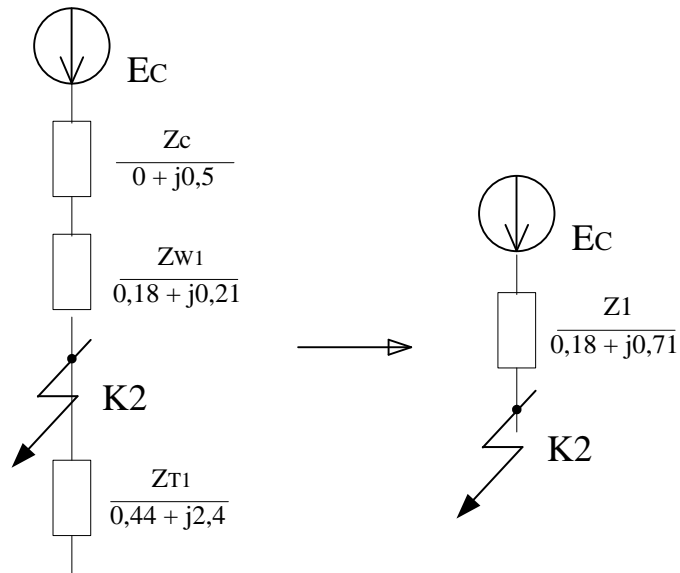


Рис. 6.3. Схема розрахунку струму КЗ у точці К2

Розрахуємо опори схеми заміщення:

$$Z_1 = Z_C + Z_{W1} = 0,18 + j0,71 = 0,73 \text{ Ом}.$$

Визначаємо періодичну складову струму трифазного й двофазного короткого замикання:

$$I_{\text{пос}}^{(3)} = \frac{E_C}{\sqrt{3} \cdot Z_{PE31}}; \quad (6.7)$$

$$I_{\text{пос}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{пос}}^{(3)}; \quad (6.8)$$

$$I_{\text{пос}}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,73} = 8,3 \text{ кА};$$

$$I_{\text{пос}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8,3 = 7,2 \text{ кА}.$$

Ударний струм визначається по формулі:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot K_{\text{уд}}, \quad (6.9)$$

де $I_{\text{по}}^{(3)}$ – значення періодичної складової струму К2 у початковий момент, кА; $K_{\text{уд}}$ – ударний коефіцієнт.

Для розподільчих мереж 10 кВ приймається $K_{\text{уд}} = 1,6$:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{по}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 8,3 = 18,8 \text{ кА}.$$

									ДП 2023 141	Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розрахунок струмів короткого замикання в інших точках проводиться аналогічно. Результати розрахунку представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ

Точка КЗ	$I_K^{(3)}, \text{кА}$	$I_K^{(2)}, \text{кА}$	$i_{yo}, \text{кА}$
К1	12,5	10,8	28,3
К2	8,3	7,2	18,8
К3	1,9	1,6	4,3

7. ВИБІР ЗАХИСНОЇ Й КОМУТАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ

Умови вибору й перевірки автоматичних вимикачів:

1) По напрузі:

$$U_{ном. QF} \geq U_{ном. мережі} \quad (7.1)$$

2) По номінальному струмі:

$$I_{ном. QF} \geq I_{розр} \quad (7.2)$$

3) По відлаштуванню від пікових струмів:

$$I_{co} \geq K_n \cdot I_{пик} \quad (7.3)$$

де I_{co} – струм спрацьовування відсічки; K_n – коефіцієнт надійності; $I_{пик}$ – піковий струм.

4) За умовою захисту від перевантаження:

$$I_{c.n} \leq (1,2 \div 1,4) \cdot I_{н.розщ} \quad (7.4)$$

5) За часом спрацьовування:

$$t_{c.o} > t_{c.o.в} + \Delta t \quad (7.5)$$

де $t_{c.o.в}$ – власний час відключення вимикача; Δt – ступінь селективності.

6) За умовою стійкості до струмів КЗ:

$$ГКС \geq I_{к,мах}^{(3)} \quad (7.8)$$

де $ГКС$ – гранична комутаційна здатність.

7) За умовою чутливості:

$$K_{ч} = \frac{I_{minK3}}{I_{c.o}} \geq 1,1 \cdot K_p \quad (7.9)$$

де K_p – коефіцієнт розкиду спрацьовування відсічки, $K_p = 1,4 \div 1,5$.

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Перець А.М.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.			32		
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулоого ЗЕЛ-5-7ск Вибір захисної й комутаційної апаратури		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

Закінчення табл. 7.1

1	2	3	4	5
QF83, QF103, QF106, QF107, QF109, QF110	BA 103-3/10	10	10	3
QF82, QF87	BA 103-3/5	5	5	3
QF63, QF64, QF66- QF70, QF72- QF75, QF81, QF85	BA 103-3/4	4	4	3
QF71, QF122, QF125	BA 103-3/2	2	2	3

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

8. ВИБІР Й ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ СИЛОВОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 0,38 КВ. ВИБІР УСТАТКУВАННЯ

Цехові мережі розподілу повинні: забезпечувати необхідну надійність електропостачання електроспоживачів залежно від їх категорії; бути зручними й безпечними в експлуатації; мати оптимальні техніко-економічні показники; мати конструктивне виконання, що забезпечує застосування індустріальних і швидкісних методів монтажу.

Схеми цехових мереж ділять на магістральні й радіальні.

При магістральній схемі живлення від КТП до окремих вузлів навантаження й потужних приймачів передається по окремих лініях. Магістральні мережі забезпечують надійність електропостачання, мають універсальність і гнучкість.

Радіальні схеми – це такі схеми, коли живлення одного досить потужного споживача або групи споживачів здійснюється від ТП або вводного пристрою по окремій живильній лінії.

Радіальні схеми застосовують для живлення навантажень великої потужності, при нерівномірному розміщенні приймачів у цеху або на окремих його ділянках. Вони виконуються кабелями або проводами, що прокладають відкрито, у трубах або в спеціальних каналах.

До переваг радіальних схем відноситься їхня висока надійність і зручність автоматизації, тому вони рекомендуються для живлення споживачів I категорії електропостачання. До недоліків цих схем відносяться: значна витрата провідникового матеріалу, обмежена гнучкість мережі при переміщеннях технологічного устаткування, необхідність у додаткових площах для розміщення силових РП.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Перець А.М.</i>			Вибір й обґрунтування схеми силової розподільчої мережі 0,38 кВ. Вибір устаткування	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					36	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

У нашому випадку приймаємо радіальну схему електропостачання, тому що цех виробництва скловиробів має споживачів I категорії й не рівномірне розташування електроспоживачів.

					ДП 2023 141	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ. ВИБІР ПЕРЕРІЗІВ ПРОВОДІВ І КАБЕЛІВ

9.1. Розрахунок навантажень по окремих вузлах схеми

Розрахунок виконаємо аналогічно п. 2.1.

Живлення споживачів здійснюється від тридцяти трьох розподільчих пунктів.

Приклад розрахунку навантаження, що приходить на 1-й ПР:

$$P_{cm} = 0,8 \cdot (2 \cdot 45 + 37 + 15) + 0,3 \cdot 10 = 116,6 \text{ кВт};$$

$$K_B = 0,76 \quad n_{ef} = 2 \text{ шт}, \quad K_p = 1;$$

$$P_p = 1 \cdot 116,6 = 116,6 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 1,1 \cdot (0,8 \cdot (2 \cdot 45 + 37 + 15) \cdot 0,75 + 0,3 \cdot 10 \cdot 2,3) = 101,3 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{(116,6)^2 + (101,3)^2} = 155 \text{ кВА}.$$

Розрахунок інших навантажень наведено в табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Розрахунок навантажень по окремих вузлах схеми

№ РП	№ ЕП за схемою	P_{cm}	K_B	n_{ef}	K_p	P_p	Q_p	S_p
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,6,7,14,36	116,6	0,76	2	1	116,6	101,3	155
2	8,9,15	101,6	0,8	3	1	101,6	78,2	127
3	2,10,11,16,18,19,37	113,4	0,76	1	1	113,4	88	143
4	12,13,17,20,21	98,4	0,8	3	1	98,4	73,8	122
5	3,27,42	20,1	0,75	1	1	20,1	18,7	26
6	22	24	0,8	1	1	24	18	30
7	24,25,26	180	0,8	6	1	180	112	212
8	28	150	0,75	2	1	150	93	176
9	29	150	0,75	2	1	150	93	176
10	30	150	0,75	2	1	150	93	176
11	31	72	0,8	2	1	72	45	65
12	32	72	0,8	2	1	72	45	65
13	33	72	0,8	2	1	72	45	65
14	34,35	48	0,8	2	1	48	36	60

ДП 2023 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Перець А.М.		
Перевір.		Чорний Ю.А.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		

**Електричний розрахунок
силової мережі. Вибір перерізів
проводів і кабелів**

Літ.	Арк.	Аркушів
	38	

ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	23,40,44	32,3	0,6	3	1,22	40	32	51
16	41	60	0,8	2	1	60	45	75
17	45 - 54	27	0,5	11	1,04	28	27	28
18	4,5,38,39,55,56	63,6	0,6	8	1,02	65	60	68
19	55,95	35,6	0,6	2	1,33	47,3	38	60
20	58	6,6	0,6	2	1,33	8,8	5	10
21	60 – 65	8,8	0,8	9	1	8,8	8,5	12
22	59,66 – 69,70	10,8	0,5	2	1,6	17,3	14,6	22
23	75,76,77 – 79	31	0,6	4	1,12	34,7	23,3	42
24	71,80	63	0,6	2	1,33	83,8	66,6	121
25	72,81	63	0,6	2	1,33	83,8	66,6	121
26	82	60	0,6	2	1,33	80	80	113
27	83	148	0,8	2	1	148	111	185
28	73,84,96	153,6	0,8	2	1	154	121	196
29	74,85	151	0,6	2	1,33	200	125	236
30	86,89,92	34	0,7	2	1,14	38,8	34,7	52
31	87,90,93	34	0,7	2	1,14	38,8	34,7	52
32	88,91,94	34	0,7	2	1,14	38,8	34,7	52
33	Освітлення	48,6			1,06	52,5	23,1	57

9.2. Вибір перерізу жил кабелів

Для вибору кабелів необхідно знати номінальні струми електроспоживачів, які розраховуються по формулі:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} \quad (9.1)$$

Перевіряємо вибраний кабель по нагріванню розрахунковим струмом:

$$I_p \leq K_{cp} \cdot K_{np} \cdot I_{доп}, \quad (9.2)$$

де $I_{доп}$ – тривало допустимий струм, А; K_{cp} – поправочний коефіцієнт, що враховує відмінність температури в цеху від температури, при якій заданий $I_{доп}$, $K_{cp} = 1$; I_p – розрахунковий струм споживача, для одиночного електроспоживача $I_p = I_{ном}$; K_{np} – поправочний коефіцієнт, що враховує зниження допустимого струмового навантаження для кабелів при їхній багат шаровій прокладці в коробах, $K_{np} = 1$.

Обрані кабелі необхідно перевірити на втрати напруги:

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

$$\Delta U = \frac{I_p \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi)}{U_n} \cdot 100\%, \quad (9.3)$$

де r_0 , x_0 – активні й реактивні питомі опори лінії, мОм/м; L – довжина лінії, км; φ – кут зсуву між напругою й струмом у лінії.

Згідно ПУЕ втрата напруги повинна задовольняти умові:

$$\Delta U \leq \pm 5\% \quad (9.4)$$

Приведемо розрахунок для 1-го споживача:

$$I_n = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9} = 25 \text{ A};$$

Вибираємо кабель марки АВВГ 1(4х4), $I_{\text{доп}} = 32 \text{ A}$;

$$32 \cdot 1 \cdot 1 = 32 \text{ A} > 25 \text{ A};$$

$$\Delta U = \frac{25 \cdot \sqrt{3} \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot (7,74 \cdot 0,9 + 0,095 \cdot 0,43)}{380} \cdot 100\% = 3,5\% < 5\% .$$

Кабелі, що живлять електроспоживачі наведені в табл. 9.2.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (9.5)$$

де S_n – сумарна номінальна потужність споживачів підключених до ПР.

$$I_{\text{п1}} = \frac{155}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 235 \text{ A}.$$

Кабелі, що живлять розподільчі пункти наведені в табл. 9.3.

Таблиця 9.2

Вибір кабелів, що живлять електроспоживачі

№ ЕП	$P_{\text{ном}}$, кВт	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$U_{\text{ном}}$, В	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{доп}}$, А	Кабель	L , м	r_0 , мОм/м	x_0 , мОм/м	ΔU , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перший поверх											
1-5	15	0,9	0,43	380	25	32	АВВГ 4х4	45	7,74	0,095	3,5
6-13	45	0,8	0,6	380	85	105	АВВГ 4х25	15	1,24	0,066	0,7
14,15	37	0,8	0,6	380	70	75	АВВГ 4х16	18	1,25	0,091	0,7
16,17	11	0,8	0,6	380	21	24	АВВГ 4х2,5	24	1,94	0,067	2,4

Закінчення табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18-21	11	0,8	0,6	380	21	24	АВВГ 4x2,5	10	1,94	0,067	1
22	42,1	0,7	0,7	380	79	105	АВВГ 4x25	18	1,24	0,066	0,7
23,40	2,2	0,7	0,7	380	4	21	АВВГ 4x2	12	12,5	0,116	0,2
24-26	75	0,85	0,52	380	141	165	АВВГ 4x50	5	5,21	0,1	0,2
27	5,5	0,8	0,6	380	11	21	АВВГ 4x2	12	1,94	0,067	0,7
28-30	200	0,85	0,52	380	377	390	АВВГ 4x185	5	5,21	0,1	0,5
31-33	90	0,85	0,52	380	170	210	АВВГ 4x70	30	0,443	0,061	1,2
34,35	30	0,7	0,7	380	57	60	АВВГ 4x10	10	3,1	0,073	0,3
36-39	10	0,4	0,9	380	38	39	АВВГ 4x6	10	3,07	0,09	1,2
41	75	0,8	0,6	380	142	165	АВВГ 4x50	20	5,21	0,1	4,5
42,43	6	0,7	0,7	380	11	21	АВВГ 4x2	30	12,5	0,116	2
44	40	0,7	0,7	380	76	105	АВВГ 4x25	12	1,24	0,066	0,7
45-47	3	0,7	0,7	380	6	21	АВВГ 4x2	15	12,5	0,116	0,6
48-50	3	0,7	0,7	380	6	21	АВВГ 4x2	10	12,5	0,116	0,6
51-53	6	0,7	0,7	380	11	21	АВВГ 4x2	10	12,5	0,116	1,3
54	9	0,7	0,7	380	17	21	АВВГ 4x2	30	12,5	0,116	1,9
55,56	28	0,7	0,7	380	53	60	АВВГ 4x10	40	3,1	0,073	1,8
Другий поверх											
57	55	0,7	0,7	380	104	105	АВВГ 4x25	5	1,24	0,066	0,3
58	11	0,8	0,6	380	21	24	АВВГ 4x2,5	18	12,5	0,116	0,2
59	1	0,7	0,7	380	2	21	АВВГ 4x2	7	12,5	0,116	0,3
60 – 65	2,2	0,7	0,7	380	4	21	АВВГ 4x2	22	12,5	0,116	0,2
66 – 69	2,2	0,7	0,7	380	4	21	АВВГ 4x2	30	12,5	0,116	0,3
70 – 74	10	0,3	0,9	380	38	39	АВВГ 4x6	20	3,07	0,09	0,6
75,76	11	0,7	0,7	380	21	24	АВВГ 4x2,5	35	12,5	0,116	1
77-79	5,5	0,7	0,7	380	10	21	АВВГ 4x2	35	12,5	0,116	1,7
80 – 82	100	0,6	0,8	380	189	210	АВВГ 4x70	5	0,443	0,061	0,4
83 - 85	175	0,9	0,43	380	330	340	АВВГ 4x150	15	0,206	0,0596	1,2
86 -88	0,5	0,7	0,7	380	1	21	АВВГ 4x2	10	12,5	0,116	0,6
89 – 91	36	0,7	0,7	380	68	75	АВВГ 4x16	10	1,25	0,091	0,7
92 -94	20	0,7	0,7	380	38	39	АВВГ 4x6	5	3,07	0,09	1,7
95	7	0,5	0,86	380	13	21	АВВГ 4x2	40	12,5	0,116	0,2
96	5,5	0,5	0,86	380	11	21	АВВГ 4x2	20	12,5	0,116	3,5

					ДП 2023 141						Арк.
											41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	42	0,7	0,7	380	63	80	ВВГ 4x10	60	3,1	0,073	1,1
24	121	0,7	0,7	380	183	215	ВВГ 4x95	40	0,195	0,0602	0,4
25	121	0,7	0,7	380	183	215	ВВГ 4x50	70	0,37	0,0625	1,4
26	113	0,7	0,7	380	171	215	ВВГ 4x50	50	0,37	0,0625	2,2
27	185	0,7	0,7	380	281	330	ВВГ 4x95	20	0,195	0,0602	1,6
28	196	0,7	0,7	380	297	330	ВВГ 4x95	20	0,195	0,0602	1,3
29	236	0,7	0,7	380	358	385	ВВГ 4x120	40	0,154	0,0602	1,6
30	52	0,7	0,7	380	79	80	ВВГ 4x25	40	0,74	0,0662	0,9
31	52	0,7	0,7	380	79	80	ВВГ 4x25	35	0,74	0,0662	1,1
32	52	0,7	0,7	380	79	80	ВВГ 4x25	30	0,74	0,0662	0,7
33	50	0,7	0,7	380	79	80	ВВГ 4x25	20	0,74	0,0662	2,3

9.3. Вибір розподільчих пунктів

Вибір розподільчих пунктів здійснюється по ступені захисту залежно від характеру середовища в цеху, по його комплектації запобіжниками або автоматичними вимикачами.

Умови вибору розподільчих пунктів:

Номінальний струм силового пункту $I_{н.сп}$ повинен бути більше розрахункового струму I_p групи приймачів.

$$I_{н.сп} \geq I_p. \quad (9.6)$$

Число приєднань до розподільчого пункту не повинне перевищувати кількості ліній, що відходять від розподільчого пункту.

$$N_{присд} \leq N_{доп}; \quad (9.7)$$

$$235 A \geq 250 A;$$

$$5 \leq 6.$$

Вибір розподільчих пунктів наведений у табл. 9.4.

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

Закінчення табл. 9.3

1	2	3	4	5	6	7
ПР 24	121	183	2	ПР8504-0303-21-УЗ	250	2
ПР 25	121	183	2	ПР8504-0303-21-УЗ	250	2
ПР 26	113	171	1	ПР8503-0303-21-УЗ	250	2
ПР 27	185	281	1	ПР8503-0303-21-УЗ	400	2
ПР 28	196	297	3	ПР8504-0303-21-УЗ	400	4
ПР 29	236	358	2	ПР8504-0303-21-УЗ	400	2
ПР 30	52	79	3	ПР8504-0303-21-УЗ	250	4
ПР 31	52	79	3	ПР8504-0303-21-УЗ	250	4
ПР 32	52	79	3	ПР8504-0303-21-УЗ	250	4
ПОР 33	50	79	10	ПОР8504-0303-21-УЗ	250	10

					ДП 2023 141	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ХАРАКТЕРИСТИКА МОНТАЖУ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

У приміщеннях цеху кабелі прокладають по стінах, перекриттях, у каналах підлог, у сталевих або азбестоцементних трубах, закладених у підлогу й фундаментні масиви, а також на лотках й у коробах. В середині споруд застосовують як броньовані кабелі без захисного покритву, так і неброньовані кабелі у свинцевій, алюмінієвій або пластмасовій оболонці.

Для відкритої прокладки кабелів по стінах, перекриттях й у каналах застосовують збірні кабельні конструкції рис. 10.1, що складаються зі стійок рис. 10.1,а зі штампованими фігурними отворами й полиць рис.10.1,б із хвостовиками.

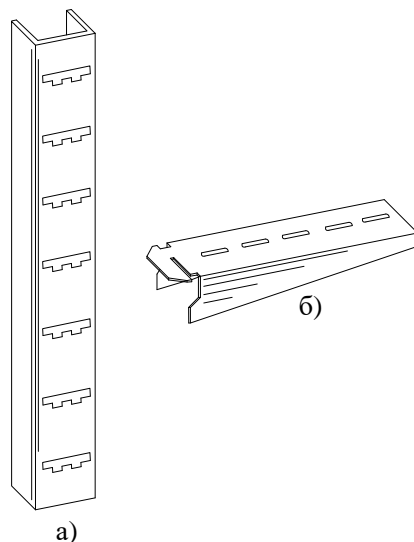


Рис. 10.1. Збірна кабельна конструкція

Електропроводки в сталевих трубах застосовуються в тих випадках, коли інші види прокладки не задовольняють вимогам надійності й середовища. Допускається використати звичайні сталеві водогазопровідні труби. Сталеві труби при відкритій прокладці кріплять скобами й хомутами.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Перець А.М.			Характеристика монтажу силової мережі	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					46	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Використання зварених і перфорованих лотків дозволяє скоротити трудомісткі операції по кріпленню проводок. Для кріплення кабелів і проводів на лотках застосовують різні вироби заводського виготовлення (скоби, хомути й ін.).

Короби призначені для прокладки проводів і кабелів перерізом до 16 мм в один - два ряди з відстанню між ними 5 мм. Допускається прокладка в коробах проводів і кабелів пучками при відстані між ними 20 мм. За умовами нагрівання сумарна площа всіх проводів і кабелів, розміщених у коробах, не повинна перевищувати 40 % загального перерізу короба.

Розкочування кабелів по конструкціях, лотках, у каналах виконують тяжінням леділки по кабельних роликах або в ручну.

З'єднання й кінцеві муфти для кабелів, що прокладають всередині приміщень, напругою до 1 кВ застосовують двох типів: епоксидні й свинцеві.

Розділювання кабелів з гумовою й пластмасовою ізоляцією жил використовується заділки типу КВВ.

При випробуваннях кабельних ліній напругою до 1 кВ, прокладених як всередині приміщень, так й у землі, керуються наступними вимогами:

Кабельні лінії, що з'єднують низьковольтну сторону трансформаторів з розподільчими щитами, випробовують мегаомметром на напругу 2,5 кВ, а кабельні лінії, що відходять від розподільчих щитів до електроспоживачів, – мегаомметром на напругу 1 кВ.

Опір ізоляції кожної жили стосовно двох іншим, з'єднаним разом з оболонкою, і із бронею, повинен бути не менш 0,5 МОм, слід провести додаткове випробування на електричну міцність змінним струмом промислової частоти напругою 1 кВ.

					ДП 2023 141	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. КОМПОНОВКА ЦЕХОВОЇ КТП. КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ Й РОЗРАХУНОК КОНТУРУ ЗАЗЕМЛЕННЯ КТП

КТП цеху виробництва скловиробів складається із двох силових трансформаторів ТМВМ - 2500/10/0,4, що мають масляне охолодження й захист масла за допомогою азотної подушки без розширника. Шаф вводу високої й низької напруги, шаф відходящих ліній і секційних шаф. У КТП на стороні низької напруги підстанції передбачений пристрій АВР, що спрацьовує при аварійному відключенні одного із трансформаторів.

Розрахунок контуру заземлення зроблений у програмі MathCad.

Штучний заземлювач зовнішній по відношенню до ТП. З нормуванням опору (1 норма) з урахуванням заданого опору природного заземлювача й напруги дотику (2 норма). При використанні 2 норми приймемо, що оперативний персонал перебуває в центральній частині ТП.

Вихідні дані для проектування:

струм короткого замикання $I_{кз} = 12,5 \text{ кА}$;

питомий опір верхнього шару землі $\rho_2 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

питомий опір нижнього шару землі $\rho_2 = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

потужність верхнього шару землі $h = 1,1 \text{ м}$;

розміри заземлителя $a \times b = 17 \times 14 \text{ м}$;

глибина закладання $t = 1 \text{ м}$;

довжина стержнів $l = 5 \text{ м}$.

						<i>ДП 2023 141</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Перець А.М.</i>			Компоновка цехової КТП. Конструктивне виконання й розрахунок контуру заземлення КТП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					48	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

12. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ

Живлення освітлювального навантаження здійснюється від семи щитків освітлення.

Визначимо розрахункове навантаження.

$$P_{P.OCB} = P_{VCT.OCB} \cdot K_{II} \cdot K_{ПРА}, \quad (12.1)$$

де $P_{VCT.OCB}$ – установлена потужність, кВт, K_{II} – коефіцієнт попиту, $K_{ПРА}$ – коефіцієнт втрат у пускорегулюючій апаратурі.

$$P_{VCT.OCB} = N \cdot P_{H.L.}, \quad (12.2)$$

де N – кількість джерел світла, $P_{H.L.}$ – номінальна потужність однієї лампи.

$$Q_{P.OCB} = P_{P.OCB} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (12.3)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ – відповідає $\cos \varphi$ освітлювальної установки.

$$S_{P.OCB} = \sqrt{P_{P.OCB}^2 + Q_{P.OCB}^2}. \quad (12.4)$$

Виберемо переріз провідників освітлювальних мереж

Значення тривало допустимого $I_{ДОП}$ струму визначається за умовою

$$I_{ДОП} \geq K_{CP} \cdot K_{ПР} \cdot I_P, \quad (12.5)$$

де K_{CP} – коефіцієнт враховуючий температуру середовища прокладки, $K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує наявність паралельно прокладених провідників, I_P – розрахунковий струм лінії.

Розрахунковий струм для чотирипровідної трифазної лінії визначається по формулі:

$$I_P = \frac{S_{P.OCB} 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{H.L.}}. \quad (12.6)$$

Розрахуємо освітлювальну мережу по втраті напруги

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Перець А.М.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.				50	
Реценз.					Електричний розрахунок мережі освітлення ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

Вибір і перевірка кабелів для освітлювальної мережі

№ ЩОС	$P_{P.OCB}$, Вт	$Q_{P.OCB}$, вар	$S_{P.OCB}$, ВА	I_P , А	I_D , А	Тип кабелю	L, м	r_0 , МОм/м	x_0 , МОм/м	ΔU , %
1	1920	830	2073	3,1	16	ВВГ 4×1,5	30	12,5	0,126	4,8
2	2880	1238	3135	4,7	25	ВВГ 4×2,5	25	7,4	0,116	3,6
3	4800	1720	5100	7,8	30	ВВГ 4×4	30	4,63	0,107	4,5
4	9600	4128	10450	15,9	90	ВВГ 4×25	70	0,74	0,091	3,6
5	1920	830	2073	3,1	16	ВВГ 4×1,5	5	12,5	0,126	0,8
6	9600	4128	10450	15,9	16	ВВГ 4×2,5	5	7,4	0,116	2,4
7	2880	1238	3135	4,7	40	ВВГ 4×4	50	3,09	0,1	3

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

13. ВИБІР Й АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА, ВИДУ Й СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ АРМАТУРИ

Загальне освітлення цеху виконується трубчастими люмінесцентними лампами типу ЛДЦ, ЛБЦТ, ЛХЕ. Допоміжні приміщення, де персонал буває епізодично й виконувати в них роботи не вимагають високого рівня освітленості, можуть освітлюватися світильниками з лампами розжарювання. Застосування ксенонових ламп всередині приміщень не допускається, тому що має місце надлишок ультрафіолетового випромінювання, шкідливого для людини.

Перевага віддається газорозрядним лампам, як енергетично більше економічним й що мають великий термін служби, у багато разів перевищуючий термін служби ламп розжарювання.

Штучне освітлення може бути двох систем – загальне й комбіноване.

Загальним називається освітлення, світильники якого освітлюють всю площу приміщення. Система загального освітлення застосовується для всіх приміщень. Загальне освітлення може бути рівномірним, коли по всьому приміщенню або його частині повинна створюватися однакова освітленість, або локалізованим, коли в різних зонах приміщення створюються різні освітленості.

Комбіноване освітлення це сукупність загального й місцевого освітлення.

Місьцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Освітленість робочої поверхні, створювана світильниками загального освітлення в системі комбінованого, повинна створювати не менш 10 % нормованої освітленості для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, які застосовуються для місцевого освітлення.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Перець А.М.</i>			Вибір й аналіз джерел світла, виду й системи освітлення освітлювальної арматури	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					53	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

При цьому освітленість повинна бути не менш 200 лк при розрядних лампах, і не менш 75 лк при лампах розжарювання. У той же час, небажано створювати освітленість від загального освітлення в системі комбінованого при наявності природного освітлення більше 500 лк при розрядних лампах розжарювання.

Штучне освітлення підрозділяється на види: робоче, аварійне, охоронне й чергове. У цеху застосовується тільки робоче й аварійне.

Робоче освітлення – освітлення забезпечує нормовані освітлювальні умови в приміщеннях й у місцях проведення робіт поза будинками.

Загасання робочого освітлення внаслідок аварії в системах електропостачання приводить до припинення робіт, може бути причиною нещасних випадків і псування устаткування. Тому крім робочого передбачається аварійне освітлення. Аварійне освітлення розділяється на освітлення безпеки й евакуаційне. Освітлення безпеки слід передбачати у випадках, якщо відключення робочого освітлення й пов'язане із цим порушення обслуговування устаткування може викликати тривале порушення технологічного процесу. Освітлення безпеки повинне створювати у виробничих приміщеннях потребуючі обслуговування при відключенні робочого освітлення, найменшу освітленість не менш 5 % освітленості, нормованої для робочого освітлення від загального освітлення, але не менш двох лк всередині будинку.

Евакуаційне освітлення призначене для безпечного виходу людей у випадку загасання робочого освітлення. Евакуаційне освітлення повинне забезпечувати найменшу освітленість на підлозі основних проходів і на сходах сходів: у приміщеннях 0,5 лк.

Світильники аварійного освітлення повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення типом, розміром або знаком, що наноситься на світильник фарбою.

					ДП 2023 141	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ

Раціональне розташування світильників забезпечує економічність освітлювальних установок і зручність їх експлуатації.

Розміщення світильників у цеху залежить від конкретного приміщення й вимог освітленості. В основному виробництві й складах світильники кріпляться по осях ферм.

Світильники із трубчастими люмінесцентними лампами зазвичай розміщують без розривів або з розривами між світильниками за умови, що відстань між кінцями сусідніх світильників не перевищувала половини висоти установки світильника над робочою поверхнею. Ряди світильників доцільно розташовувати паралельно стінам з вікнами або рядам колон приміщення.

У цеху застосовується суміщене живлення силового й освітлювального навантажень на напругу 380/220 В.

Поділ мереж електричного освітлення й силового устаткування починається від РУ 0,4 кВ. Звідти електроенергія передається живильній лінії на освітлювальний магістральний пункт, а від них до групових щитків. Джерела світла живляться від групових щитків груповими лініями.

Крім ТП джерелами живлення електричного аварійного освітлення служать акумуляторні батареї. Групові щитки робочого й аварійного освітлення підключаються до проміжних магістральних щитків. Така схема дозволяє зменшити кількість живильних ліній, збільшити їхній переріз, створити можливість гнучкої експлуатації освітлювальної мережі під час ремонту.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Перець А.М.</i>			Конструктивне виконання освітлювальної мережі цеху	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					55	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Наявність на підприємстві приймачів особливої категорії надійності, до яких відноситься й освітлювальне навантаження, застосовується схема, наведена на (рис. 14.1). Тут передбачене підключення до третього джерела живлення – акумуляторної батареї.

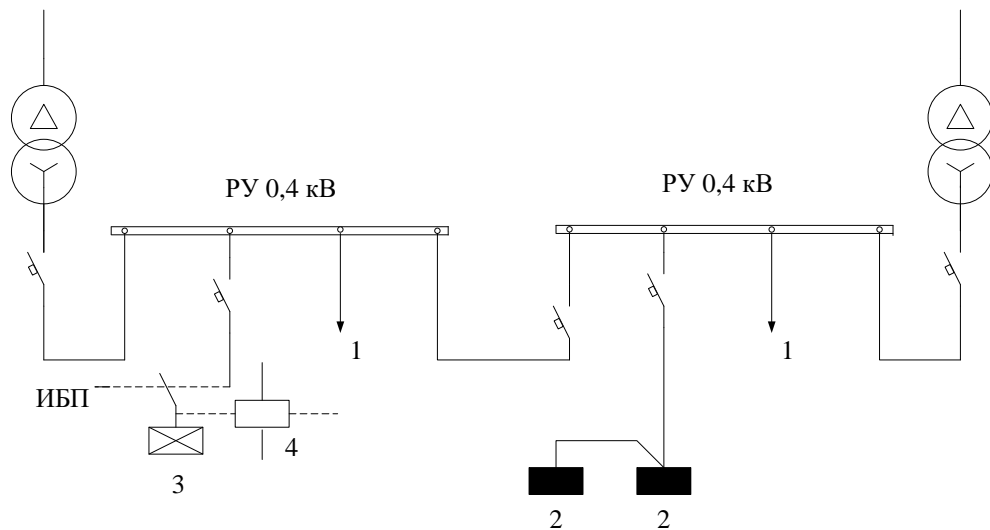


Рис. 14.1. Схема живлення освітлювального навантаження:

*1 - силове навантаження; 2 - робоче освітлення; 3 - аварійне освітлення;
4 - перемикаючий апарат*

Перемикаючий апарат із замикаючими й розмикаючими контактами має котушку, що живиться від одного з основних джерел, і переводить живлення аварійного освітлення на третє джерело тільки в аварійних режимах.

										Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

15. СПЕЦПИТАННЯ. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

15.1. Економія витрат на систему освітлення

Для визначення шляхів економії витрат на систему освітлення треба скласти річний баланс витрат, до якого входять амортизаційні витрати на освітлювальні прилади і мережу живлення, вартість споживаної електричної енергії на освітлення, вартість втрат електричної енергії в живильній мережі, витрати на обслуговування системи освітлення тощо.

Аналіз окремих складових витрат для переважної більшості освітлювальних установок показує, що вартість електроенергії є основною складовою загальних витрат. Так, наприклад, розрахунки показують, що в системі освітлення з використанням ламп розжарювання річна вартість спожитої електроенергії складає 93 %, а з підвищенням вартості електроенергії може скласти ще більше значення.

В якості енергетичного показника, що визначає раціональне споживання електричної енергії на цілі освітлення, пропонується питома встановлена потужність (ПВП) загального штучного освітлення приміщень, що є основою нормативної бази для контролю енерговитрат в освітлювальних установках при проведенні енергетичного обстеження об'єктів і на стадії експертизи проектів.

Питома встановлена потужність, Вт/м², визначається за формулою

$$\omega_{i\text{ед}} = \omega_0 \cdot \left(\frac{k_c}{1,5}\right) \cdot \left(\frac{100}{\eta_{\text{н\grave{a}}}}\right) \cdot \left(\frac{80}{H}\right),$$

де ω_0 – базове значення питомої встановленої потужності, приведене до освітленості 100 лк, коефіцієнту запасу 1,5, умовному ККД світильника 100 % і світловіддачі 80 лм/Вт; k_c – нормований коефіцієнт запасу; $\eta_{\text{н\grave{a}}}$ – ККД застосовуваного світильника, %; H – світловіддача застосовуваного джерела світла, лм/Вт.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Перець А.М.			Спецпитання. Аналіз економії електроенергії при експлуатації освітлювальних приладів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Чорний Ю.А.					57	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

кращого) освітлення, що в результаті приводить до зменшення споживання електроенергії і скорочення загальних витрат.

Можна стверджувати, що переважну більшість освітлювальних установок можна поліпшити щодо загальних грошових витрат і скорочення споживання електроенергії, якщо застосувати удосконалені технології і ефективніше обладнання. Деякі зміни для реалізації значних вигод вимагають лише дуже невеликих або взагалі нульових капітальних витрат. В інших випадках можуть знадобитися інвестиції капіталу в нове обладнання, і тоді необхідно зіставляти необхідні капітальні витрати з економією експлуатаційних витрат. Часто термін окупності виявляється на подив малим.

Можна виділити наступні шляхи економії витрат на систему освітлення:

контроль стану елементів системи освітлення і рівня напруги;

організаційні заходи для зменшення витрат;

перехід на більш ефективні джерела світла;

управління освітленням.

15.2. Контроль стану елементів системи освітлення і рівня напруги

Для зниження витрати електроенергії освітлювальними установками необхідно здійснювати контроль над справністю баластових і компенсуючих конденсаторів у ПРА для люмінесцентних ламп. При пробі баластового конденсатора в індуктивно-ємнісному ПРА дволампових люмінесцентних світильників приблизно в 4,4 рази збільшується реактивний струм, що споживається світильником, і відповідно зростають втрати потужності в електричній мережі. При пробі компенсуючого конденсатора, встановленого паралельно клемам мережі світильника, реактивний струм збільшується удвічі, а втрати потужності в чотири рази, до того ж, зростають перешкоди телекомунікації.

Для люмінесцентних ламп при ПРА із стартером характерний режим роботи з залиплими контактами стартера тліючого розряду (світяться тільки кінці лампи). У такому режимі струм світильника зростає в 1,2 - 1,8 рази порівняно з номінальним струмом із одночасним різким зниженням світлового потоку.

									ДП 2023 141	Арк.
										59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Наприклад, одноламповий люмінесцентний світильник з лампою потужністю 40 Вт споживає в робочому режимі 95 ВА, а в режимі з залипим стартером - 132 В-А. Коефіцієнт потужності світильника в режимі з залипим стартером знижується до 0,12 - 0,15, а реактивний струм зростає з 0,37 до 0,6 А, що викликає збільшення втрат потужності в 2,5 рази. Крім того, лампа в зазначеному режимі не випромінює, тобто і вся активна потужність, що споживається світильником, є власне кажучи марною. Тому своєчасна заміна стартерів, а при їхній відсутності зняття залиплених стартерів (в цьому випадку нове запалювання лампи після відключення неможливе) є заходом щодо економії електричної енергії.

Рівень напруги значною мірою характеризує всі показники освітлювальної установки (енергетичні, світлотехнічні, електричні та експлуатаційні). Так, на рис. 15.1 показана залежність деяких показників натрієвої лампи високого тиску від напруги мережі.

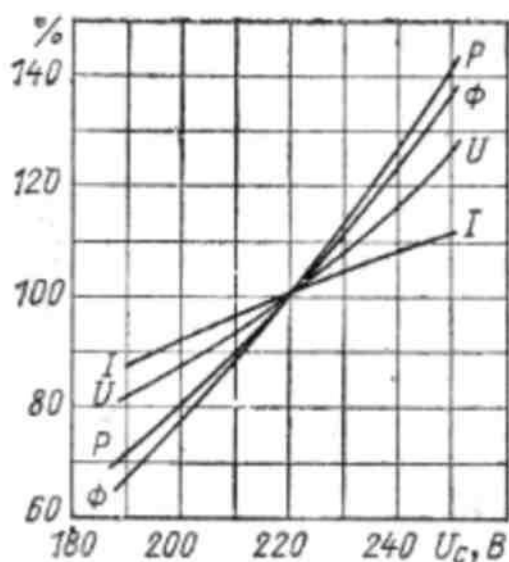


Рис.15.1. Залежність показників натрієвої лампи високого тиску від напруги мережі

Збільшення напруги відносно номінальної призводить до збільшення енергії, яку споживають освітлювальні установки; значення можливої перевитрати електричної енергії наведені в табл. 15.2.

зв'язку з цим на кожному підприємстві повинен бути графік очищення світильників, що підтверджується документально. Рекомендовані терміни очищення наступні:

– у приміщеннях зі значним виділенням пилу, диму, кіптяви (цехи доменні, мартенівські, ливарні, ковальські, цементних заводів, збагачувальних фабрик, підготовчі відділи текстильних фабрик і т. ін.) – два рази на місяць;

– у цехах із середнім виділенням (прокатні, механічні, складальні, металоконструкцій і т. п.) – один раз на місяць;

– з незначним виділенням – один раз на три місяці;

– установки зовнішнього освітлення – один раз на чотири місяці.

При проведенні регулярного протирання скла виробничих будинків і приміщень (не менше двох разів на рік) можна скоротити термін горіння ламп при двозмінній роботі не менш ніж на 15 % у зимовий час і на 50 – 70 % влітку.

Економія електроенергії в даному випадку визначається виразом:

$$\Delta W = \alpha \cdot P \cdot k_r \cdot T,$$

де α – частка економії електроенергії (процентна економія, поділена на 100);

P – потужність світильників групи, що розглядається, кВт;

T – час роботи освітлювальної установки, год. Для підвищення коефіцієнта використання природного і штучного освітлення поверхні приміщень виробничих і громадських будівель варто фарбувати у світлі тони, що дозволить:

- знизити число встановлених світильників за умови забезпечення заданих норм освітленості;

- підвищити освітленість до нормованих значень при існуючому числі або незначному збільшенні числа світильників.

Усі поверхні деякою мірою поглинають світло. Чим менша їхня відбивна здатність, тим більше світла вони поглинають. З цього випливає, що поверхні, пофарбовані у світлі колірні тони, є більш ефективними, однак їх варто регулярно фарбувати, мити або заново обклеювати для того, щоб забезпечити економічне використання освітлення. Відбиття від кольорових поверхонь у кімнаті може позначитися на кількості і колірному складі світла на робочих поверхнях.

										ДП 2023 141	Арк.
											63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Рекомендовані засоби управління для різних приміщень

Стратегія	Засоби управління									
	Настінний датчик руху	Датчик руху на стелю	Персональний датчик руху	Таймер	Реле часу	Багаторівневий комутатор	Ручний настінний диммер	Бездротовий дистанційний диммер	Датчик освітленості	Фотодатчик
Сільське господарство та легка промисловість			○		●	○			○	●
Студентські аудиторії		●				○	●	●		
Шкільні класи		●				●	●	●	○	●
Зали, приймальні, фойє					●	●			●	●
Конференц-зали	○	●		○		○	●	●		●
Зовнішнє освітлення		○			●	○			●	
Склади, сховища		●		●						
Бакалійні магазини, супермаркети		●		○	●	●			○	○
Гімназії		●				○			○	
Коридори		●			●				●	○
Лабораторії		●	○			○	●			●
Бібліотеки та читальні зали		●			○	○				●
Книгосховища		●		●	○	○				
Підсобні приміщення		●			○	○				
Їдальні, обідні зали	○	●		○		○			○	
Медичні заклади/екзаменаційні приміщення	○	●				●	●			
Музеї		○				●	●		○	●
Громадські приймальні		○	●		●	●	●			●
Приватні приймальні	○	●	●		●	●	●	●		●
Ресторани					○	●	●	○		○
Кімнати відпочинку	○	●		○		○				
Приміщення роздрібно́ї торгівлі					○		○			○
Товарні склади		●		○	●	●				○

● – ефективне застосування; ○ – обмежене застосування

15.6. Інші можливості економії електроенергії в освітлювальних установках

Значні резерви економії електроенергії має заміна світильників на ефективніші, з вищим коефіцієнтом корисної дії. Так, світильники з опаловими

розсіювачами мають коефіцієнт корисної дії близько 50 %. Заміна опалових розсіювачів на призматичні збільшує коефіцієнт корисної дії люмінесцентних світильників до 75 %. Високим рівнем ефективності відзначаються світильники з відкритими люмінесцентними лампами. Відсутність екранних та розсіювальних елементів дозволяє збільшити ККД світильників до 85 % і більше.

Можлива економія електричної енергії за рахунок використання світильників з найкращим для заданих умов світлорозподілом становить 15-20 % у приміщеннях невеликої висоти і 20-40 % - у високих. Так, заміною дифузійних люмінесцентних світильників на дзеркальні можна зменшити до 30 % витрати електроенергії.

Економію електричної енергії можна отримати за рахунок заміни ПРА на енергоефективне (з ПРА1 на ПРА2). Економія електроенергії визначається виразом

$$\Delta W = W \left(1 - \frac{\hat{E}_{iD\lambda 2}}{\hat{E}_{iD\lambda 1}} \right),$$

де W – витрата електроенергії у приміщенні при використанні світильників з ПРА1, кВт·год;

$K_{ПРА1}$, $K_{ПРА2}$ – відповідно коефіцієнт втрат в існуючому світильнику і світильнику з більш ефективним ПРА (значення коефіцієнтів втрат в ПРА наведені в табл. 15.8).

Економію електричної енергії за рахунок стабілізації напруги в освітлювальних установках можна визначити виразами:

- для ламп розжарювання:

$$\Delta W = D_{\text{л}} \cdot \hat{E}_U^{1,58} \cdot \dot{O}_D \cdot \left(1 + \frac{\Delta U}{100} \right),$$

- для люмінесцентних ламп з компенсувальними пристроями в пускорегулювальній апаратурі типу 2хУБК:

$$\Delta W = D_{\text{л}} \cdot (1,11 \cdot \hat{E}_U - 1,11) \cdot \dot{O}_D \cdot \left(\hat{E}_{iD\lambda} + \frac{\Delta U}{100} \right) \cdot \cos \varphi,$$

- для ламп типу ДРЛ:

$$\Delta W = D_{\text{л}} \cdot (2,43 \cdot \hat{E}_U - 1,43) \cdot \dot{O}_D \cdot \left(\hat{E}_{iD\lambda} + \frac{\Delta U}{100} \right) \cdot \cos \varphi,$$

						ДП 2023 141	Арк.
							69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Значення K для різних типів пускорегулювальних апаратів

№ п/п	Тип лампи	Тип ПРА	K
1	Люмінесцентна біла (ЛБ)	Звичайний електромагнітний	1,22
		Електромагнітний з пониженими втратами	1,14
		Електронний	1,1
2	КЛЛ	Звичайний електромагнітний	1,27
		Електромагнітний з пониженими втратами	1,15
		Електронний	1,1
3	ДРЛ, ДРИ	Звичайний електромагнітний	1,05
		Електромагнітний з пониженими втратами	1,1
		Електронний	1,1
4	ДНаТ	Звичайний електромагнітний	1,1
		Електромагнітний з пониженими втратами	1,1
		Електронний	1,06

де $P_{НОМ}$ – номінальна потужність освітлювальної установки;

$$\hat{E}_U = \frac{U_{\hat{o}} - U_{\hat{m}}}{U_{\hat{m}}} \text{ – відносне відхилення напруги;}$$

$U_{\hat{o}}$ – фактичний рівень напруги;

$K_{ПРА}$ – коефіцієнт, який враховує втрати потужності в пускорегулювальній апаратурі;

ΔU – втрата напруги в мережі;

T_P – річне число годин використання освітлювальної установки. Для приміщень з епізодичним використанням освітлювальної установки там, де можливо знизити освітленість, можна одержати економію за рахунок зниження напруги. Економічний ефект наведений табл. 15.9.

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

Економія електроенергії при зниженні напруги ламп

Тип лампи	Рівень напруги, $\% U_{ном}$	Світловий потік, $\% \Phi_{ном}$	Економія електроенергії, $\% W_{ном}$
Розжарювання	90	68	15
	85	56	23
Ртутні типу ДРЛ	90	67	24
	85	51	36
Люмінесцентні з компенсованим ПРА	90	90	13
	85	84	19
Ксенонові типу ДКСТ	90	55	35
	85	33	53

16. ОХОРОНА ПРАЦІ

16.1. Заходи безпеки при монтажі, ремонті та обслуговуванні цехових електроустановок

Небезпечними факторами при монтажі електричних машин є можливі ушиби людей при переміщенні й установці машин на фундаменти й підставки, при розбиранні й складанні машини, при використанні слюсарно-монтажного й електрифікованого інструменту, а також під час пробного пуску машини.

Переміщення, розбирання й складання невеликих машин проводиться із застосуванням засобів малої механізації, наприклад пересувного козлового крану з ручною лебідкою (рис.16.1); для переміщення великих машин застосовують ручні й електричні талі, лебідки й домкрати (рис.16.2).

Для посадки або демонтажу підшипників кочення, шківів, муфт, шестерень слід користуватися встановлювальними скобами (рис.16.3), які значно полегшують працю монтажника. Недопустимо збивати з валу електричної машини зазначені деталі ударами молотка або кувалди, тому що це небезпечно через можливість поранення осколками металу й може привести до пошкодження машини.

Кінці валів машин, муфти, ремінні й клинопасові передачі, шестерні повинні бути до початку випробування захищені кожухами або обгороджені бар'єрами.

Панелі станцій керування, щитів і пультів, пускорегулюючі апарати, складання резисторів повинні мати написи, що вказують, до якого двигуна або механізму вони відносяться. Сигнальні лампи, прилади й апарати повинні мати написи, що вказують характер сигналу («Включено», «Відключено» тощо).

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Перець А.М.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сірик А.О.					72	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

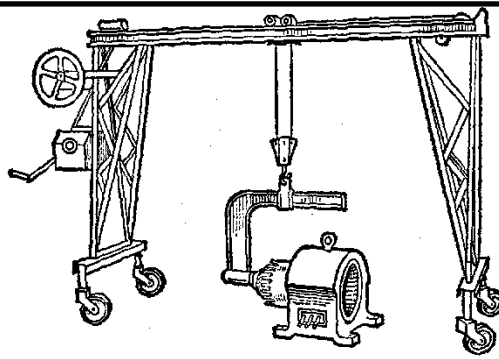


Рис.16.1. Пересувний козловий кран з ручною лебідкою

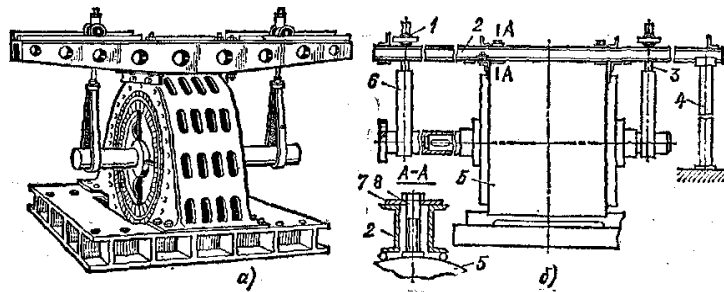


Рис. 16.2. Пристосування для викочування й заведення роторів масою до 5 т
 а - загальний вид; б - схема; 1 - каретка з підшипниками кочення; 2 - напрямні швелери; 3 - натяжно-піднімальний болт; 4 - підпірна стійка; 5 - статор машини; 6 - піднімальна сталева стрічка; 7 - накладка, що з'єднує швелери; 8 - болт кріплення швелера до стійки статора

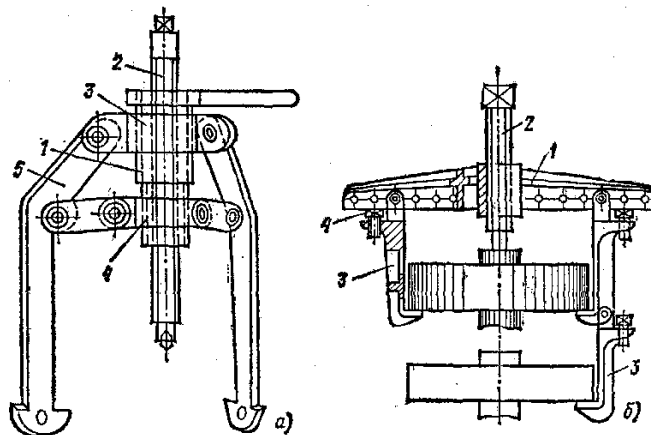


Рис. 16.3. Встановлювальні скоби:

а – тяжсна: 1 – втулка; 2 – нажимний гвинт; 3,4 – гайки з вушками; 5 – захвати;
 б – насадочна: 1 – коромисло; 2 – нажимний гвинт; 3 – захвати; 4 – упорні болти

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Електричні машини є основними споживачами електроенергії на промислових підприємствах з високим ступенем механізації й автоматизації виробництва. Правильна технічна експлуатація електроприводів забезпечує не тільки надійну й безаварійну роботу виробничого устаткування, але також і безпеку обслуговуючого їх електротехнічного й технологічного персоналу. ПТЕ і ПТБ дозволяють управляти нескладними електроприводами (пуск, зупинка, регулювання) виробничим робітником, що пройшов відповідний інструктаж із присвоєнням їм I кваліфікаційної групи по ТБ.

Електротехнічний персонал, що обслуговує електроприводи в електроустановках напругою до 1000 В (чищення, змашення, дрібний ремонт тощо), повинен мати кваліфікаційну групу не нижче III, а в електроустановках напругою понад 1000 В – не нижче IV групи.

Електродвигуни й апаратура керування повинні бути встановлені відповідно до вимог ПУЕ, що передбачають заходи щодо безпеки їхньої експлуатації.

Згідно ПТЕ вимикачі, контактори, рубильники й інші пускорегулюючі апарати повинні мати чіткі написи, що вказують, до якого електродвигуна вони відносяться. Виводи від обмоток електродвигунів і їхніх обертових частин повинні бути закриті огороженнями. Якщо з місця, де встановлений апарат для керування роботою електропривода, не видно виробничий механізм, що приводиться в рух, (машина), то для безпеки технологічного персоналу необхідно передбачати наступні заходи безпеки:

- 1) кнопка пуску встановлюється безпосередньо в механізмі, що приводиться (машини);
- 2) обладнається сигналізація, що сповіщає про майбутній пуск виробничого механізму (машини);
- 3) безпосередньо поблизу електроприводу встановлюється апарат для швидкого аварійного відключення електроприводу (кнопка «Стоп», ключ, кінцевий вимикач тощо).

Приводний електродвигун повинен бути негайно (аварійно) відключений від мережі в наступних випадках:

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Засоби пожежної автоматики й сигналізації

Електрична пожежна сигналізація служить для швидкого повідомлення служби пожежної охорони про виниклу пожежу в якому-небудь приміщенні або споруді підприємства. У системи автоматичного пожежогасіння включається також і пожежна сигналізація. При необхідності пожежна сигналізація може бути сполучена з охоронною сигналізацією. Відповідно до галузевих нормативних переліків ряд виробництв й об'єктів народного господарства, не підлягаючих пожежному захисту за допомогою автоматичного пожежогасіння, але що представляють підвищену пожежну небезпеку, підлягає устаткуванню автоматичною пожежною сигналізацією.

Система автоматичної пожежної сигналізації складається з оповіщувачів - датчиків, установлених у захищаних від пожежі приміщеннях, прийомної станції (розташованої в приміщенні пожежної команди), джерел електроживлення й електричної мережі, що зв'язують оповіщувачі із прийомною станцією.

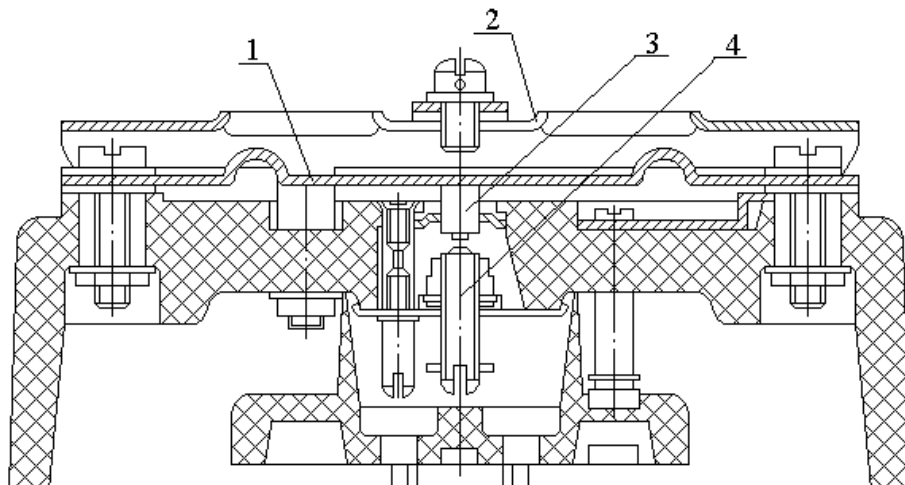
Крім автоматичної пожежної сигналізації застосовується сигналізація ручної дії. Ручні оповіщувачі типу ПКИЛ-7 із кнопковим керуванням розташовують на помітних місцях, наприклад на сходових площадках багатопверхових будинків, у коридорах у вхідних дверей і т.п. Для виклику пожежної команди слід розбити скло на корпусі оповіщувача й нажати кнопку.

Автоматичні пожежні оповіщувачі здійснюють посилення сигналів, заснованих на різних принципах замикання електричного ланцюга. Так, в оповіщувачах типів АТИМ-1, АТИМ-2 й АТИМ-3 замикання контактів відбувається внаслідок теплової деформації біметалічної пластинки (рис. 16.4). Вони працюють при заданих температурах 60, 80, і 100 °С і мають розрахункову площу обслуговування в приміщеннях до 15 м².

Теплові оповіщувачі диференціальної дії типу ДПС-03 працюють на принципі різного наростання термоелектрорушійної сили в зачернених і посріблених спаях термопар. Вони спрацьовують при швидкому підвищенні температури (зі швидкістю 30 °С/с). Ці оповіщувачі мають розрахункову площу обслуговування

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

приміщення до 30 м² і можуть застосовуватися у вибухонебезпечних приміщеннях.



*Рис. 16.4. Пожежний оповіслювач типу АТИМ:
1- біметалічна пластинка; 2- планка; 3,4- контакти*

16.3. Розрахунок аварійного освітлення

Аварійне освітлення призначене для освітлення виробничих приміщень при відключенні робочого освітлення. Воно повинне бути достатнім для безпечного виходу людей із приміщення й продовження роботи в приміщеннях і на відкритих просторах у тих випадках, коли відключення робочого освітлення може викликати пожежу, вибух, отруєння газами (парами), тривалий розлад технологічного процесу, порушення роботи найважливіших об'єктів, таких, як водопостачання електростанції, вузли радіопередачі й т.п.

Найменша освітленість робочих поверхонь при аварійному режимі повинна становити не менш 2 лк всередині будинків і не менш 1 лк на відкритих площадках.

Аварійне освітлення для евакуації людей застосовують у наступних випадках:
у виробничих приміщеннях, де постійно працює персонал, якщо при вимиканні робочого освітлення виникає небезпека травматизму;

в основних проходах або на сходах, що служать для евакуації людей з виробничих і громадських будинків, у яких перебувають більше 50 чол.;

										ДП 2023 141	Арк.
											79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

у місцях робіт на відкритих просторах, якщо евакуація працюючих пов'язана з підвищеною небезпекою травматизму;

у не виробничих приміщеннях, у яких одночасно можуть перебувати більше 100 чол. (аудиторія, червоні куточки, зали кіно й т.п.).

Аварійне освітлення забезпечує 5 % від норми, але не менш 2 лк у приміщеннях, і не менш 1 лк на відкритих просторах.

Світильники аварійного освітлення повинні бути приєднані до мережі, що не залежить від мережі робочого освітлення; допускається живлення від мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежні джерела живлення при аварійних ситуаціях. Світильники аварійного освітлення повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення типом, розміром або мати спеціальні знаки.

Для аварійного освітлення дозволяється застосовувати як лампи розжарювання, так і люмінесцентні лампи (останні при мінімальній температурі повітря не менш 10 °С). Застосування ламп типів ДРЛ, ДРИ й ксенонових для цих цілей забороняється.

Як аварійне освітлення використаємо люмінесцентні світильники, що мають спеціальні знаки. У випадку відключення електрики, світильники працюють від джерела безперебійного живлення, яким є батарея акумуляторів типу PW 9340 Models 130 установлених у ТП. Світильники аварійного освітлення передбачаємо не працюючими з основним освітленням, і автоматично включаються при припиненні живлення нормального освітлення.

З розрахунку освітлювальних навантажень цеху (пункт 2.2 кваліфікаційної роботи) розрахункова потужність ламп $P_p = 52,5$ кВт, потужність кожної лампи 80 Вт. Знаходимо число ламп:

$$N = \frac{52500}{80} = 656 \text{ шт.}$$

Виходячи з того, що при застосуванні даного пристрою лампи будуть горіти "впівнакалу" беремо кількість ламп не 5 %, а 10 % від норми:

$$N_{ав} = 656 \cdot 0,1 = 66 \text{ шт.}$$

Таким чином, кожен десятий світильник повинен бути включений через прилад аварійного освітлення.

					ДП 2023 141	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Старкова Л.Е., Орлов В.В. Проектирование цехового электроснабжения: Учеб. пособие., 2001. – 172 с.
2. Электротехнический справочник. В 3 т. Т.3.: В 2 кн. Кн. 2. Использование электрической энергии /Под редакцией Н.Н. Орлова.-М.: Энергоатомиздат, 1988.- 616 с.
3. Внутривзаводское электроснабжение: Методические указания для выполнения контрольных работ для студентов спец. 181300. Часть 3, 2003. – 40 с.
4. Л.Л. Коновалова, Л.Д. Рожкова Электроснабжение промышленных предприятий и установок – Москва: Энергоатомиздат, 1989.-528 с.
5. Правила устройства электроустановок /6-е изд. С изменениями, исправлениями и дополнениями /Главэнергонадзор РФ, Деан-СПб.:1999.- 925с.
6. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат,1987 г.
7. Определение расчетных электрических нагрузок: Методические указания для самостоятельной работы, 1996 г. Старкова Л.Е., Орлов В.В.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения /Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., “Энергия”, 1976г.
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1986г.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Перець А.М.</i>			<i>Список літератури</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					81	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

10. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2-е изд., перераб. и доп. /Под общ. ред. А.А.Федорова и Г.В. Сербиновского.- М.: Энергия, 1980г.-576с.
11. Мухин А.И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения.: Учебное пособие, 2000. – 180 с.

					ДП 2023 141	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		