

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ П. Плешков
“___” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**«Розробка системи електропостачання цеху
пластмасових виробів
Development of a power supply system for a plastic
products workshop»**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ЕЕ-21-ЗСК
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ В. Мітюль
«___» _____ 2024 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____ О. Сіріков
«___» _____ 2024 р.

Рецензент _____

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет *будівництва, транспорту та енергетики*

Кафедра *електротехнічних систем та енергетичного менеджменту*

Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

Галузь знань *14 «Електрична інженерія»*

Спеціальність

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ П. Плешков

«_____» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Мітюля Вадима Олександровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи електропостачання цеху пластмасових виробів*
Development of a power supply system for a plastic products workshop

2. Керівник роботи *Сіріков Олександр Іванович, к.т.н., доцент*

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

3. Строк подання роботи до захисту 06.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи *Мета: розробка системи електропостачання цеху пластмасових виробів*

Завдання: 1. Вступ; 2. Електричні навантаження в системі електропостачання; 3. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства; 4. Компенсація реактивної потужності; 5. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій; 6. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання; 7. Спеціальний розділ. Розробка системи електрозбереження; 8. Висновки; 9. Перелік посилань.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>06.05-08.05</i>	
2	<i>Електричні навантаження в системі електропостачання</i>	<i>08.05-10.05</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	<i>10.05-13.05</i>	
4	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>13.05-15.05</i>	
5	<i>Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій</i>	<i>15.05-17.05</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>17.05-20.05</i>	
7	<i>Спеціальний розділ. Розробка системи електрозбереження</i>	<i>20.05-22.05</i>	
8	<i>Висновки</i>	<i>22.05-24.05</i>	
9	<i>Перелік посилань</i>	<i>24.05-29.05</i>	
10	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційних матеріалів</i>	<i>29.05-06.06</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника

_____ Сіріков О.І.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Мітюль В.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 82 с.; 8 рис.; 27 табл.; 8 джерел

Мітюль В. О. Розробка системи електропостачання цеху пластмасових виробів. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ЦНТУ, Кропивницький, 2024 рік.

Проведення розрахунку електричних навантажень напругою до 1 кВ дозволило визначити активну (868 кВт) та реактивну (130 квар з урахуванням компенсації) потужність по цеху. Побудовані графіки електричних навантажень. Час використання максимального навантаження складає 2754 год, а максимальних втрат 1363 год. Техніко-економічне порівняння схем внутрішнього електропостачання показало, що найбільш оптимальною виявилась схема з силовими пунктами 0,4 кВ і встановленням двох трансформаторів ТМ 630/10 та компенсуючих пристроїв з боку низької напруги з сумарною реактивної потужністю 675 квар. До застосування прийнята радіальна схема цехової мережі. Кабелі до силових пунктів прокладені в кабельних лотках на висоті 3 м над підлогою і закріплені на колонах з допомогою кронштейнів. Кабелі від силових пунктів до електроприймачів прокладені в металевих трубах. Розрахунок струмів КЗ проводився для вибору і перевірки електричних апаратів.

Спеціальний розділ присвячений розробці системи електрозбереження цеху. Розглянуті заходи по економії електроенергії в цеховому обладнанні з врахування його специфіки. Серед розглянутих заходів такі як економія електроенергії в двигунах змінного струму, електрозбереження в вентиляційних установках, раціональне використання освітлювальних установок. Проведений розрахунок економії електричної енергії від впровадження світлодіодного освітлення в цеху. Вибрані світлодіодні лампи на заміну застарілих ламп ДРЛ.

Ключові слова: електричне навантаження цеху пластмас, компенсація реактивної потужності, вибір електричного обладнання, енергозбереження

ABSTRACT

Qualification work: 82 p.; 14 Fig.; 27 tables; 8 sources

Mityul V. O. Development of the power supply system for the plastic products workshop. - Manuscript.

Qualification work for the first (bachelor's) level of higher education in specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", educational and professional program "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

Calculation of electrical loads with a voltage of up to 1 kV made it possible to determine the active (868 kW) and reactive (130 kvar including compensation) power in the workshop. Graphs of electrical loads are constructed. The time of using the maximum load is 2754 hours, and the maximum losses are 1363 hours. A technical and economic comparison of internal power supply schemes showed that the scheme with 0.4 kV power points and the installation of two TM 630/10 transformers and compensating devices on the low voltage side with a total reactive power of 675 kvar was the most optimal. The radial scheme of the workshop network is adopted for use. The cables to the power points are laid in cable trays at a height of 3 m above the floor and fixed on the columns with the help of brackets. Cables from power points to electrical receivers are laid in metal pipes. The calculation of short-circuit currents was carried out for the selection and testing of electrical devices.

A special section is dedicated to the development of the shop's power saving system. Considered measures to save electricity in shop equipment, taking into account its specifics. Among the considered measures are the saving of electricity in AC motors, electricity saving in ventilation systems, rational use of lighting systems. The calculation of electrical energy savings from the introduction of LED lighting in the shop was carried out. Selected LED lamps to replace outdated DRL lamps.

Key words: electrical load of the plastics shop, compensation of reactive power, choice of electrical equipment, energy saving

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	9
1.1. Обчислення силових навантажень в мережах до 1 кВ.....	9
1.2. Обчислення освітлювальних електронавантажень.....	10
1.3. Обчислення навантажень силових мереж вище 1 кВ.....	15
1.4. Побудова графіків електричних навантажень цеху.....	15
2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ВНУТРІШНЬОГО ТА ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ	22
2.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	22
2.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання	22
3. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	23
3.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.....	23
3.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності	26
4. ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕХОВИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.....	27
5. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ І СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ...	28
5.1. Розрахунок струмів КЗ	28
5.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.....	38
5.3. Розрахунок освітлювальної мережі цеху	42
5.4. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання цеху	45
5.5. Вибір електрообладнання.....	53
6. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ .	60
6.1. Вступ.....	60
6.2. Загальні фактори економії електроенергії.....	60
6.3. Економії електроенергії в засобах передавання і перетворення	62
6.3.1. Економія електроенергії в електричних мережах.....	62
6.3.2. Економія електроенергії в трансформаторах	64
6.4. Економії електроенергії на етапі використання.....	65
6.4.1. Економія електроенергії в електродвигунах.	65
6.4.2. Економія електроенергії в вентиляційних установках.....	70
6.4.3. Економія електроенергії в освітлювальних установках.....	73
6.5. Розрахунок економії електроенергії від впровадження світлодіодного освітлення.....	78
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	82

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розробка системи електропостачання цеху пластмасових виробів Development of a power supply system for a plastic products workshop	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Мітюль В.О.					6	82
Перевір.		Сіріков О.І.						
Н. Контр.		Сіріков О.І.				ЦНТУ гр. ЕЕ-21-ЗСК		
Затв.		Плешков П.Г.						

ВСТУП

Дана кваліфікаційна робота за ступенем «бакалавр» присвячена розробці системи електропостачання цеху пластмасових виробів. В спеціальному розділі кваліфікаційної роботи необхідно розробити комплексну систему електрозбереження для даного цеху.

Проектування системи електропостачання передбачає розрахунок електричних навантажень, що є вихідною інформацією для вибору електричного обладнання системи електропостачання. Обране електрообладнання повинно бути перевірено на дію струмів короткого замкнення. Для розрахунку втрат електричної енергії в системі електропостачання необхідно визначити показник графіків електричного навантаження, а саме – час максимальних втрат. З цією метою проводиться відповідний розрахунок у розділі «Графіки електричних навантажень» з побудовою останніх.

Система електропостачання, що проектується в даній кваліфікаційній роботі повинна відповідати умовам економічності, тобто вибір того чи іншого варіанта реалізації системи електропостачання повинно бути обґрунтовано техніко-економічно. Для розробки системи електропостачання цеху характерний більш детальний розгляд електричної мережі до 1000 В, а отже і вибір та порівняння варіантів електропостачання, як правило, розглядається для внутрішнього електропостачання.

Розробка системи електрозбереження передбачає розгляд заходів з заощадження електроенергії на даному виробництві. Комплексна система електрозбереження складається з енергозберігаючих заходів по окремим споживачам включаючи технічні та технологічні підходи енергозбереження. Для розробки цієї системи необхідно розглянути заходи енергозбереження в обладнанні, яке використовується в даному цеху, а також в елементах системи електропостачання, що проектується. Обов'язковим елементом є проведення простого розрахунку економії електроенергії на конкретному обладнанні цеху.

Праобразом пластмасового виробництва даної кваліфікаційної роботи послуговував цех пластмас заводу «Червона зірка». Для проектування системи

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

електропостачання використаний генплан даного цеху, а також електричні споживачі.

Вихідні дані для розрахунку електричних навантажень цеху пластмасового виробництва в мережі до 1000 В, а саме перелік струмоприймачів наведений в табл. 1. Генеральний план цеху з нанесенням обладнання наведений в презентації.

Таблиця 1. Вихідні дані для розрахунку електричних навантажень цеху пластмасового виробництва в мережі до 1000 В.

№	Найменування обладнання	Тип верстату	п	P _н , кВт		Номер за планом	K _н	Cos
				Одного	Сумарна			
1	Машина однопозиційна	ДЕ3330Ф1	2	15	30,0	1, 3	0,25	0,7
2	Машина однопозиційна	ДЕ3130-125	13	14	182,0	2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 40	0,25	0,7
3	Машина однопозиційна	ДЕ3132-250	27	30	810,0	7, 14, 15, 17, 20-30, 32, 34, 36, 38, 43, 56, 57, 59-62, 64	0,25	0,7
4	Машина однопозиційна	KUASY-260	1	22	22,0	19	0,25	0,7
5	Машина однопозиційна	Д3134-500	10	53,5	535,0	31, 33, 35, 37, 39, 44, 55, 65-67	0,25	0,7
6	Машина однопозиційна	KUASY-170	3	12	36,0	41, 45, 47	0,25	0,7
7	Установка очистки масла	ПУОМ-0,2	1	2	2,0	42	0,1	0,6
8	Машина однопозиційна	KUASY-400	1	33	33,0	46	0,25	0,7
9	Машина однопозиційна	KUASY-1400	1	82,5	82,5	48	0,25	0,7
10	Машина однопозиційна	KUASY-260	1	22	22,0	49	0,25	0,7
11	Машина однопозиційна	KUASY-630	1	40	40,0	50	0,25	0,7
12	Машина однопозиційна	KUASY-1800	4	76	304,0	51-54	0,25	0,7
13	Агрегат видувний	AB-60	1	40	40,0	58	0,2	0,6
14	Машина однопозиційна	ДЕ3136-1000	1	90	90,0	68	0,25	0,7
15	Машина однопозиційна	ДЕ3138-2000	3	120	360,0	63, 69, 70	0,25	0,7
16	Кран підвісний	3,2 т	2	4,6	9,2	71, 72	0,1	0,5

1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Обчислення розрахункових електричних навантажень електроприймачів цеху виконується у відповідності з методом «Розрахункового максимуму» [1, 2].

1.1. Обчислення силових навантажень в мережах до 1 кВ

Визначимо, в якості прикладу, розрахункове електричне навантаження для силового пункту СП-1. Для цього спочатку визначимо середньозінне навантаження для машини однопозиційної ДЕ3330

$$P_{\text{см}} = P_{\text{н.сум}} \cdot K_{\text{и}} = 30 \cdot 0,25 = 7,5 \text{ кВт},$$

де $K_{\text{и}}$ – коефіцієнт використання. Визначається за довідковими таблицями з [1, 2].

Середнє реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 7,5 \cdot 1,02 = 7,7 \text{ квар.}$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ визначається за значенням коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, який наводиться в довідкових таблицях з [1, 2].

Визначення середньозмінного активного і реактивного навантаження інших споживачів СП-1 подібно результати розрахунку наведені в табл. 1.1.

Сумарне середньозмінне навантаження по СП-1 визначається простим сумуванням середньозмінних навантажень окремих споживачів. Результати розрахунку наведені в табл. 1.1.

Ефективну кількість електроприймачів визначимо за спрощеною формулою

$$n_{\text{Е}} = \frac{2 \sum P_{\text{н}}}{P_{\text{н max}}} = 2 \cdot 186 / 30 = 12.$$

Груповий коефіцієнт використання по СП-1 визначимо за формулою

$$K_{\text{и СП-1}} = P_{\text{см СП-1}} / P_{\text{н.сум СП-1}} = 46,5 / 186 = 0,25.$$

За значенням $K_{\text{и СП-1}}$ та $n_{\text{Е}}$ з відповідних таблиць або номограм [1, 2] визначаємо $K_{\text{м}} = 1,63$. Тоді, розрахункове активне навантаження СП-1

$$P_{\text{р СП-1}} = P_{\text{см СП-1}} \cdot K_{\text{м}} = 46,5 \cdot 1,63 = 75,8 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{р СП-1}} = Q_{\text{см СП-1}} = 47,4 \text{ квар.}$$

так як $n_{\text{Е}} > 10$.

Розрахунковий максимум навантаження СП-1:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

$$S_{p\text{ СП-1}} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{75,8^2 + 47,4^2} = 89,4 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм СП-1:

$$I_{p\text{ СП-1}} = \frac{S_{p\text{ СП-1}}}{\sqrt{3}U} = \frac{89,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 129,1 \text{ А.}$$

Розрахунок електричного навантаження до 1 кВ по іншим силовим пунктам подібний, а результати розрахунку наведені в табл. 1.1.

1.2. Обчислення освітлювальних електронавантажень

Розрахунок освітлювальних електричних навантажень будемо проводити індексним методом за методикою наведеною в [3, 4].

Вибір розташування світильників.

Для приміщення технологічного бюро маємо:

$L = 6 \text{ м}$ – довжина приміщення

$B = 6,5 \text{ м}$ – ширина приміщення

$H = 10 \text{ м}$ – висота приміщення

1. Розрахункова висота $h = H - h_p - h_c = 10 - 0,8 - 0,5 = 8,7 \text{ м}$
де h_p – висота розрахункової поверхні над підлогою (приймаємо $h_p = 0,8 \text{ м}$),
 h_c – відстань від перекриття до світильників (приймаємо $h_c = 0,5 \text{ м}$).
2. Вибираємо освітлювач РСП 05/Г03 з лампами ДРЛ.
3. Для обраного світильника знаходимо $\lambda_e = L_a/h = 1$ - освітлювач має глибоку криву сили світла (Г).
4. З даної формули знаходимо $L_a = 8,7 \cdot 1 = 8,7 \text{ м}$
5. При $L_a = 8,7 \text{ м}$ в ряду можливо розташувати один світильник.
6. $2l = L - (N-1) \cdot L_a = 6 - (1-1) \cdot 8,7 = 6 \text{ м}$, $l = 3 \text{ м}$
7. Приймаємо кількість рядів освітлювачів один у ширину, $L_b = 6 \text{ м}$
$$L_a / L_b = 8,7 / 6 = 1,45 < 1,5$$
8. Загальна кількість світильників в приміщенні – 1 шт. (1×1).

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.1. Розрахунок електричних навантажень в мережі до 1000 В.

№ п/п	Найменування обладнання	п	P_{Σ} , кВт		K_{Σ}	Cos	tg	Середньозмінені		n_{Σ}	K_M	Розрахункове навантаження			
			Одного	Сумарна				$P_{\text{ср}}$, кВт	$Q_{\text{ср}}$, квар			P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	СП-1														
1	Машина однопозиційна ДЕ3330	2	15	30,0	0,25	0,7	1,02	7,5	7,7						
2	Машина однопозиційна ДЗ132	1	30	30,0	0,25	0,7	1,02	7,5	7,7						
3	Машина однопозиційна ДЕ3130	9	14	126,0	0,25	0,7	1,02	31,5	32,1						
	Всього по СП-1	12	14-30	186	0,25	0,70	1,02	46,5	47,4	12	1,63	75,8	47,4	89,4	129,1
	СП-2														
4	Машина однопозиційна ДЗ132	4	30	120,0	0,25	0,7	1,02	30,0	30,6						
5	Машина однопозиційна ДЕ3130	4	14	56,0	0,25	0,7	1,02	14,0	14,3						
6	Машина однопозиційна KUASY170	2	12,0	24	0,25	0,7	1,02	6,0	6,1						
7	Машина однопозиційна KUASY260	1	22	22	0,25	0,7	1,02	5,5	5,6						
8	Установка очистки масла ПУОМ 0,2	1	2	2	0,1	0,6	1,33	0,2	0,3						
	Всього по СП-2	12	2-33	224,0	0,25	0,70	1,02	55,7	56,9	12	1,63	90,8	62,6	110,3	159,2
	СП-3														
9	Машина однопозиційна KUASY170	1	12,0	12	0,25	0,7	1,02	3,0	3,1						
10	Машина однопозиційна KUASY260	1	22	22	0,25	0,7	1,02	5,5	5,6						
11	Машина однопозиційна KUASY400	1	33	33	0,25	0,7	1,02	8,3	8,4						
12	Машина однопозиційна KUASY630	1	40	40	0,25	0,7	1,02	10,0	10,2						
13	Машина однопозиційна KUASY1400	1	82,5	82,5	0,25	0,7	1,02	20,6	21,0						
14	Машина однопозиційна KUASY1800	2	76	152	0,25	0,7	1,02	38,0	38,8						
	Всього по СП-3	7	12-82,5	342	0,25	0,70	1,02	85,38	87,10	6	2,05	175,0	95,8	199,5	288,0
	СП-4														
15	Машина однопозиційна ДЗ132	12	30	360,0	0,25	0,7	1,02	90,0	91,8						
	Всього по СП-4	12	30	360,0	0,25	0,70	1,02	90,0	91,8	12	1,63	146,7	101,0	178,1	257,1
	СП-5														
16	Машина однопозиційна ДЗ134	5	53,5	267,5	0,25	0,7	1,02	66,9	68,2						
17	Машина однопозиційна ДЗ132	3	30	90,0	0,25	0,7	1,02	22,5	23,0						
18	Кран підвісний	1	4,6	4,6	0,1	0,5	1,73	0,5	0,8						

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по СП-5	9	4,6-53,5	362,1	0,25	0,70	1,02	89,8	92,0	9	1,83	164,4	101,2	193,0	278,6
	СП-6														
19	Машина однопозиційна KUASY1800	2	76	152	0,25	0,7	1,02	38,0	38,8						
20	Машина однопозиційна ДЗ138	1	120	120,0	0,25	0,7	1,02	30,0	30,6						
21	Агрегат видувний АВ-60	1	40	40,0	0,2	0,6	1,33	8,0	10,7						
	Всього по СП-6	4	40-120	312,0	0,24	0,69	1,05	76,0	80,0	4	2,3	174,8	88,0	195,7	282,5
	СП-7														
22	Машина однопозиційна ДЗ134	3	53,5	160,5	0,25	0,7	1,02	40,1	40,9						
23	Машина однопозиційна ДЗ132	7	30	210,0	0,25	0,7	1,02	52,5	53,6						
	Всього по СП-7	10	30-53,5	370,5	0,25	0,70	1,02	92,6	94,5	10	1,72	159,3	94,5	185,2	267,4
	СП-8														
24	Машина однопозиційна ДЗ138	2	120	240,0	0,25	0,7	1,02	60,0	61,2						
25	Машина однопозиційна ДЗ136	1	90	90,0	0,25	0,7	1,02	22,5	23,0						
26	Машина однопозиційна ДЗ134	2	53,5	107,0	0,25	0,7	1,02	26,8	27,3						
27	Кран підвісний	1	4,6	4,6	0,1	0,5	1,73	0,5	0,8						
	Всього по СП-8	6	4,6-120	441,6	0,25	0,70	1,02	109,3	111,5	6	2,1	229,4	122,6	260,1	375,5
	Всього по цеху	72	2-120	2597,7	0,25	0,70	1,02	645,3	661,2	43	1,25	806,6	661,2	1043,0	1505,4

Обчислення електричних навантажень освітлювальних приладів

1. По таблиці 5.1. [3] знаходимо коефіцієнт відображення поверхні приміщення:

стеля $P_{\pi} = 70\%$

сгін $P_{\pi} = 50\%$

підлоги $P_{\pi\pi} = 10\%$

2. Знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{L \cdot B}{h(L + B)} = \frac{6 \cdot 6,5}{8,7(6 + 6,5)} = 0,36$$

3. Знаходимо коефіцієнт використання світового потоку, який є функцією індекса приміщення, таблиця 5.9. [3] $\eta = 0,49$.

4. При $E_n = 300$ лк (нормі освітлення) $K_{\text{зап}} = 1,5$ (коефіцієнт запасу), табл. 4.1, 4.4 [3].

Знаходимо світовий потік ламп у кожному світильнику:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot K_{\text{зап}} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 39 \cdot 1,15}{1 \cdot 0,49} = 41189_{\text{лм}}$$

де S – площа приміщення м^2 ,

Z – коефіцієнт мінімального освітлення для ламп ДРЛ $Z = 1,15$.

Вибираємо ближчі стандартні лампи зі світовими потоками ДРЛ-1000

$\Phi_n = 50000$ лм.

Обране значення Φ_n відрізняється від знайденого на +18 %, що лежить у межах $-10 \dots +20\%$

5. Знаходимо розрахункову потужність $P_{p.o}$, $Q_{p.o}$ освітлювальної мережі

$$P_{p.o} = P_{\text{уст}} \cdot K_c \cdot K_{\text{пра}} = 1000 \cdot 0,8 \cdot 1,12 = 0,896 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \text{tg} \phi = 0,896 \cdot 1,73 = 1,55 \text{ квар},$$

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{0,896^2 + 1,55^2} = 1,79 \text{ кВА}$$

де K_c – коефіцієнт попиту із табл. 2.1 [4]; $K_{\text{пра}}$ – коефіцієнт який враховує втрати потужності в ПРА для ДРЛ; $P_{\text{уст}}$ – установлена потужність ламп.

Розрахунки для інших приміщень подібні, а результати розрахунку наведені в табл. 1.2.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

Вим.	
Арк.	
№ документа	
Підпис	
Дата	
Арк.	14

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювального навантаження.

Найменування приміщення	$L, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$N_{\text{св}}$	$N_{\text{ряд}}$	N	i	η	$E_{\text{н}}, \text{ лк}$	$K_{\text{зап}}$	$\Phi_{\text{р}}, \text{ лм}$	Тип лампи	$P_{\text{л}}, \text{ кВт}$	$\Phi_{\text{н}}, \text{ лм}$	$\Delta\Phi, \%$	$K_{\text{с}}$	$P_{\text{р}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{р}}, \text{ квар}$	$S_{\text{р}}, \text{ кВА}$
Тех. бюро	6	6,5	1	1	1	0,36	0,49	300	1,5	41189	ДРЛ-1000	1	50000	18	0,8	0,896	1,55	1,79
Приміщення ТП	6	12	2	1	2	0,46	0,49	100	1,5	12673	ДРЛ-250	0,25	11000	-10	0,6	0,34	0,58	0,7
Приміщення цеху	84	48	10	5	50	3,51	0,78	300	1,5	53502	ДРЛ-1000	1	50000	-7	0,8	44,80	77,50	89,5
Бухгалтерія	5	6,5	1	1	1	0,32	0,49	300	1,5	34324	ДРЛ-700	0,7	35000	2	0,8	0,63	1,09	1,3
Матеріальна комора	12,5	6,5	1	1	1	0,49	0,49	75	2	28603	ДРЛ-700	0,7	35000	18	0,6	0,47	0,81	0,9
ПРБ	4,5	6,5	1	1	1	0,31	0,49	300	2	41189	ДРЛ-1000	1	50000	18	0,7	0,78	1,36	1,6
Економ бюро	3	6,5	1	1	1	0,24	0,49	300	2	27459	ДРЛ-700	0,7	35000	19	0,8	0,63	1,09	1,3
Заступник начальнику цеху	3,5	6,5	1	1	1	0,26	0,49	300	2	32036	ДРЛ-700	0,7	35000	8	0,8	0,63	1,09	1,3
Начальник цеху	3,5	6,5	1	1	1	0,26	0,49	300	2	32036	ДРЛ-700	0,7	35000	8	0,8	0,63	1,09	1,3
Всього по цеху																49,80	86,15	100

1.3. Обчислення навантажень силових мереж вище 1 кВ

Методика обчислення навантаження вище 1 кВ подібна до методики визначення електричного навантаження до 1 кВ, що розглянута вище. Додатково ще обчислюються втрати електричної потужності в трансформаторах цехової ТП. Методика розрахунку навантажень для силових мереж вище 1 кВ детально розглянута в [6-8].

Обчислимо втрати в трансформаторах ТМ630 цехової ТП:

Каталожні дані трансформаторів –

$$\Delta P_{xx} = 2,27 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{кз} = 7,6 \text{ кВт}$$

$$I_{xx} = 2\%$$

$$U_{кз} = 5,5\%$$

$$\Delta P_m = n \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (2,27 + 7,6 \cdot 0,682^2) = 11,61 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m = n \cdot \left(\frac{I_{xx}}{100} S_n + \frac{U_{кз}}{100} S_n \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{2}{100} 630 + \frac{5,5}{100} 630 \cdot 0,682^2 \right) = 57,44 \text{ кВар};$$

де коефіцієнт завантаження трансформаторів 2×ТМ630 цехової ТП

$$K_3 = \frac{S_p}{2S_{нтр}} = \frac{859,5}{2 \cdot 630} = 0,682.$$

Розрахунок навантажень в мережі вище 1 кВ наведений в табл. 1.3.

1.4. Побудова графіків електричних навантажень цеху

Ціллю побудови графіків електричних навантажень є визначення таких характеристик, як річний час повних втрат – τ , що обчислюється за формулою Кізевича [4, 5]. При розрахунках приймемо, що зимовий графік на 15% більше за літній.

При цьому приймемо наступні параметри року:

Кількість робочих днів

Кількість вихідних днів

Взимку – 147

Взимку – 65

Літом – 105

Літом – 48

Детально методика розрахунку та побудови графіків електричних навантажень використаних для цього пункту наведена в [6-8].

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.3. Розрахунок електричних навантажень в мережі вище 1000 В.

№ п/п	Найменування обладнання	n	P _н , кВт		K _и	Cos	tg	Середнє		n _э	K _м	Розрахункове		
			Одного	Сумарна				P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
	СП-1	12	14-30	186	0,25	0,7	1,02	46,5	47,4	12	1,63	75,8	47,4	89,4
	СП-2	12	2-33	224	0,25	0,7	1,02	55,7	56,9	12	1,63	90,8	62,6	110,3
	СП-3	7	12-82,5	341,5	0,25	0,7	1,02	85,4	87,1	6	2,05	175,0	95,8	199,5
	СП-4	12	30	360	0,25	0,7	1,02	90,0	91,8	12	1,63	146,7	101,0	178,1
	СП-5	9	4,6-53,5	362,1	0,25	0,7	1,02	89,8	92,0	9	1,83	164,4	101,2	193,0
	СП-6	4	40-120	312	0,24	0,69	1,05	76,0	80,0	3,7	2,3	174,8	88,0	195,7
	СП-7	10	30-53,5	370,5	0,25	0,7	1,02	92,6	94,5	10	1,72	159,3	94,5	185,2
	СП-8	6	4,6-120	441,6	0,25	0,7	1,02	109,3	111,5	6	2,1	229,4	122,6	260,1
	Всього силова	72	2,1-80	2597,7	0,25	0,70	1,02	645,3	661,2	43	1,25	806,6	661,2	1043,0
	Освітлення цеху											49,80	86,15	99,5
	Всього по ТП											856,40	747,36	1136,7
	КП 0,4 кВ												675	
	Всього по ТП з КП											856,40	72,36	859,5
	Втрати в тр-рах ТП 2×630											11,61	57,44	
	Всього на шинах 10 кВ ТП											868,01	129,81	877,7

4. Обчислення ходинок графіка навантаження:

1. літні робочі дні
2. зимні робочі дні
3. літні вихідні дні
4. зимні вихідні дні

Power_1 =

	1	2	3
1	44	260	264
2	44	260	264
3	44	260	264
4	59	349	354
5	59	363	367
6	52	349	353
7	74	410	417
8	74	335	343
9	502	636	810
10	738	684	1006
11	730	664	987
12	457	349	575
13	221	383	442
14	487	376	615
15	435	376	575
16	421	363	555
17	406	308	509
18	221	308	379
19	214	274	347
20	207	274	343
21	184	239	302
22	148	219	264
23	74	260	270
24	74	260	...

Power_2 =

	1	2	3
1	52	306	310
2	52	306	310
3	52	306	310
4	69	410	416
5	69	427	432
6	61	410	415
7	87	483	491
8	87	394	404
9	590	748	953
10	868	805	1184
11	859	781	1161
12	538	410	677
13	260	451	521
14	573	443	724
15	512	443	677
16	495	427	653
17	477	362	599
18	260	362	446
19	252	322	409
20	243	322	403
21	217	282	356
22	174	258	311
23	87	306	318
24	87	306	...

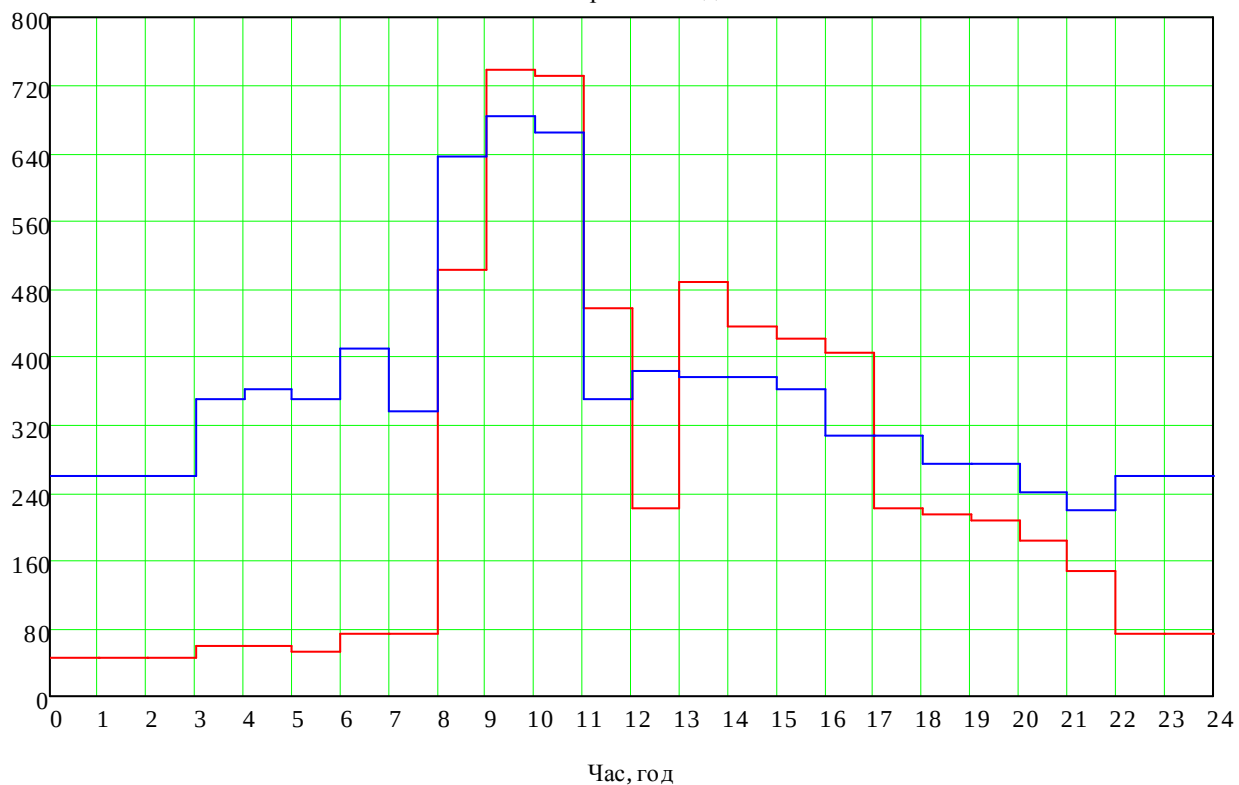
Power_3 =

	1	2	3
1	44	137	144
2	44	137	144
3	44	137	144
4	44	137	144
5	44	137	144
6	44	137	144
7	44	137	144
8	44	137	144
9	37	103	109
10	37	103	109
11	37	103	109
12	37	103	109
13	37	103	109
14	37	103	109
15	37	103	109
16	37	103	109
17	37	103	109
18	37	103	109
19	37	103	109
20	37	103	109
21	37	103	109
22	44	137	144
23	44	137	144
24	44	137	...

Power_4 =

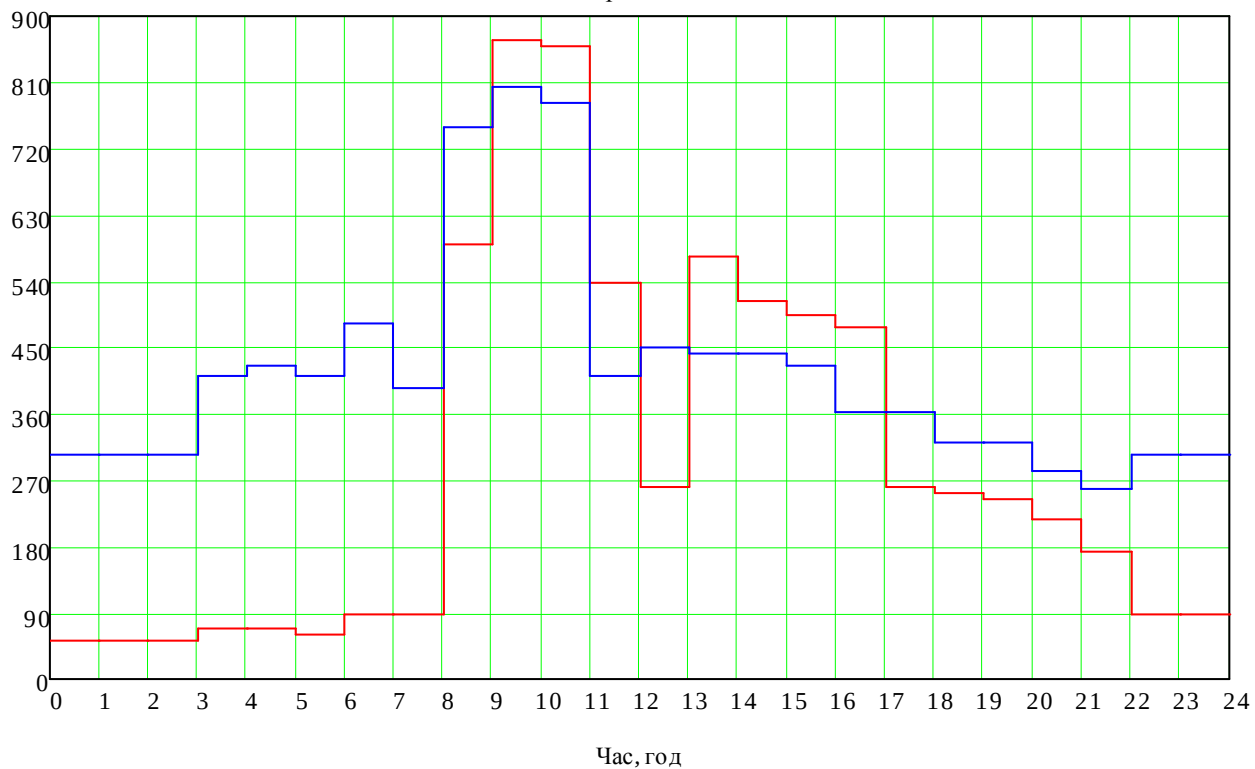
	1	2	3
1	52	161	169
2	52	161	169
3	52	161	169
4	52	161	169
5	52	161	169
6	52	161	169
7	52	161	169
8	52	161	169
9	43	121	128
10	43	121	128
11	43	121	128
12	43	121	128
13	43	121	128
14	43	121	128
15	43	121	128
16	43	121	128
17	43	121	128
18	43	121	128
19	43	121	128
20	43	121	128
21	43	121	128
22	52	161	169
23	52	161	169
24	52	161	...

Літні робочого дня



— P
— Q

Зимові робочого дня



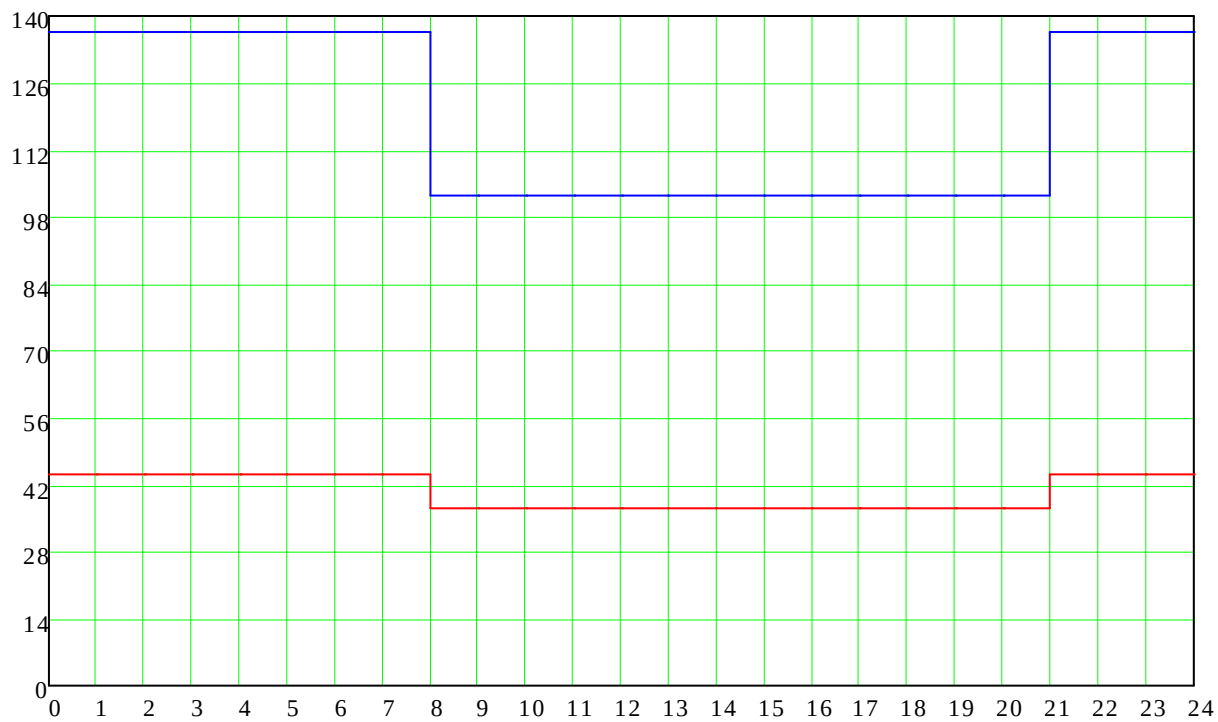
— P
— Q

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

19

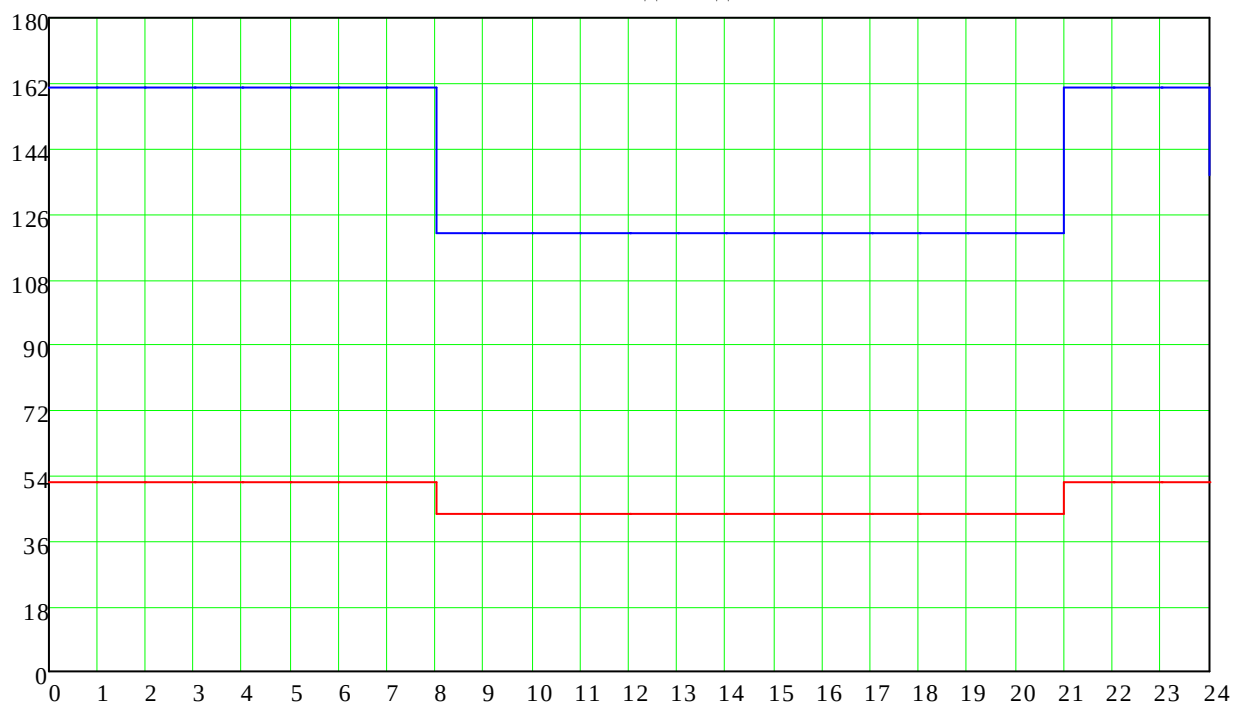
Літні вихідного дня



Час, год

 P
 Q

Зимові вихідного дня



Час, год

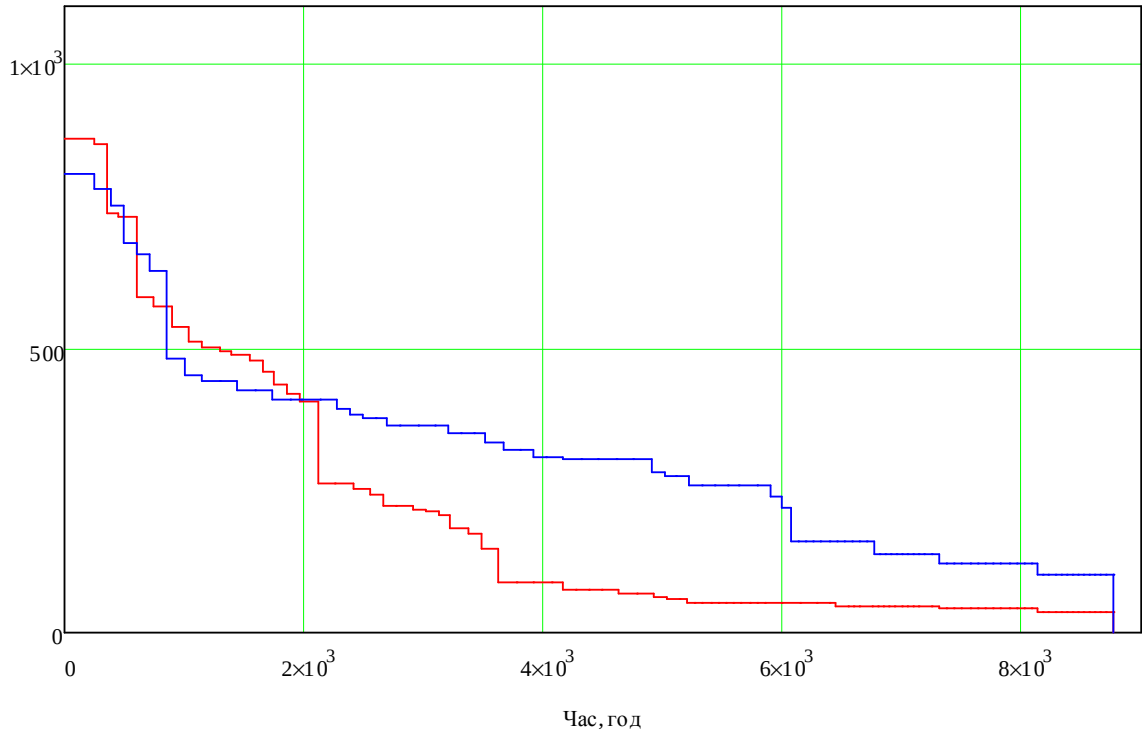
 P
 Q

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

20

Річний графік по тривалості



— Активная мощность

— Реактивная мощность

Споживання активної енергії за літню вихідну добу, кВт·год:	$W_{\text{лето_в}} = 967$
Споживання активної енергії за літню робочу добу, кВт·год:	$W_{\text{лето_р}} = 5969$
Споживання активної енергії за зимову вихідну добу, кВт·год:	$W_{\text{зима_в}} = 1137$
Споживання активної енергії за зимову робочу добу, кВт·год:	$W_{\text{зима_р}} = 7022$
Споживання реактивної енергії за літню вихідну добу, квар·год:	$V_{\text{лето_в}} = 2839$
Споживання реактивної енергії за літню робочу добу, квар·год:	$V_{\text{лето_р}} = 8558$
Споживання реактивної енергії за зимову вихідну добу, квар·год:	$V_{\text{зима_в}} = 3340$
Споживання реактивної енергії за зимову робочу добу, квар·год:	$V_{\text{зима_р}} = 10068$
Річне споживання активної енергії, кВт·год:	$W_{\Gamma} = 1779299$
Річне споживання реактивної енергії, квар·год:	$V_{\Gamma} = 2731974$
Кількість годин використання максимуму потужності, год:	$T_{\text{max}} = 2754$
Річний час максимальних втрат, год:	$\tau = 1363$

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ВНУТРІШНЬОГО ТА ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

2.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення

Для цеху приймемо варіант живлення від ГПП-2 напругою заводу, який знаходиться на відстані приблизно 60 м. Варіант живлення цеху від ГПП-1 не розглядається так, як відстань від цеху до ГПП-1 400 м. Тому зовнішнє джерело живлення визначається однозначно. Живлення запропоновано виконати кабельними лініями напругою 10 кВ.

2.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання

Цехові електричні мережі можуть бути виконані за радіальними, магістральними і змішаними схемами. Радіальна схема зазвичай використовується для живлення окремих потужних електроприймачів, таких як двигуни або електротермічні печі, а також для живлення невеликих зосереджених навантажень у цехах.

Магістральні схеми відрізняються простотою та економічністю, підходять для рівномірного розподілу навантаження по всій площі цеху, забезпечують високу надійність електропостачання, універсальність та гнучкість при переміщенні технологічного обладнання.

Електроприймачі рівномірно розміщені по площі цеху, що дозволяє використовувати силові пункти (СП) для розподілу електроенергії. Тому внутрішня мережа цеху виконується за змішаною схемою: радіальною для потужних силових пунктів і магістральною для малопотужних СП. У місцях зосередженого розміщення електроприймачів живлення здійснюється від силових пунктів серії ПР-11.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

3. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

3.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Розрахунок балансу будемо проводити за методикою наведеною в [6, 8].

Економічно обґрунтована величина максимальної реактивної потужності Q_E , яке може бути передана в цехову мережу:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 868,01 \cdot 0,15 = 130,2 \text{ квар.}$$

Необхідна сумарна потужність компенсуючих пристроїв в цеховій мережі:

$$Q_{\kappa\Sigma} = Q_p - Q_e = 804,81 - 130,2 = 674,61 \text{ квар.}$$

Отже, мінімальна кількість цехових ТП:

$$N = \frac{P_n}{K_z \cdot S_{\text{тр.ном}}} = \frac{856,4}{0,7 \cdot 630} = 1,941,$$

де K_z – бажаний коефіцієнт завантаження трансформаторів (що прийнятий $K_z=0,7$).

Остаточно приймаємо $N = 2$.

Якщо в цеху встановлюється 2 трансформатора, ставиться задача визначити оптимальну потужність силових трансформаторів і економічну доцільність передачі реактивної потужності через цехові ТП. Розглянемо варіанти заміни прийнятих трансформаторів трансформаторами наступної по шкалі більшої номінальної потужності.

I варіант: 2×ТМ 630 кВА

Найбільша РП, яку можна передати зі сторони 10 кВ в мережу 0,38 кВ.

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{(N \cdot K_z \cdot S_{\text{тр.ном}})^2 - P_p^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 868,01^2} = 156,46 \text{ квар.}$$

Потужність КП на боці 0,4 кВ:

$$Q_{\text{нк}} = Q_p - Q_{\text{тр}} = 804,81 - 156,46 = 648,3 \text{ квар.}$$

Приймаємо стандартне значення $Q_{\text{кн}} = 675$ квар 2×УКМ-0,38-337,5-37,5.

Потужність КП, що встановлюються на боці 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_{\text{кн}} - Q_e = 804,81 - 675 - 130,2 = 0 \text{ квар.}$$

Оскільки $Q_{\text{кв}} = 0$ тому КП на боці 10 кВ не передбачають.

II варіант: 2×ТМ 1000 кВА.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

$$Q_{mp} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{тр.ном})^2 - P_p^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 868,01^2} = 1400 \text{ квар},$$

$$Q_{нк} = Q_p - Q_{mp} = 804,81 - 1400 = -595 \text{ квар}.$$

Оскільки $Q_{кн} < 0$, немає потреби у встановленні КП на боці 0,4 кВ.

Потужність КП, що встановлюються на боці 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_p - Q_{кн} - Q_e = 804,81 - 0 - 130,2 = 674,61 \text{ квар}.$$

Приймаємо стандартне значення $Q_{кн} = 450$ квар УКЛ-10,5-450УЗ

Отже, компенсацію треба виконати на боці 10 кВ.

Баланс реактивної потужності наведений в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Баланс реактивної потужності

Показник \ Варіант		1	2
1	Потужність ВБК, квар	0	450
2	Потужність НБК, квар	675	0
3	Потужність Q_e , квар	129,81	354,81
4	Всього за умовами балансу	804,81	804,81

Обчислимо розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності для варіанту 1.

Втрати активної потужності в конденсаторах:

$$\Delta P_{кн} = \Delta P_{кн.}^{нум} \cdot Q_{кн.} = 4,5 \cdot 0,675 = 3,037 \text{ кВт}.$$

Втрати активної потужності при передачі реактивної потужності через трансформатори ТП:

$$\Delta P_{тр} = \frac{Q_n^2}{U_n^2} R_\Sigma = \frac{129,81^2}{10^2} \cdot 957,4 \cdot 10^{-6} = 0,161 \text{ кВт},$$

$$\text{де } R_\Sigma = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_n^2}{N_{тр} \cdot S_n^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{2 \cdot 630^2} = 957,4 \cdot 10^{-6} \text{ кОм}.$$

Вартість КТП:

$$K_{кмп\Sigma} = \Sigma N \cdot K_{кмп} = 1 \cdot 509,4 = 509,4 \text{ тис. грн}.$$

де $K_{кмп} = 20 \cdot 25,47 = 509,4$ тис. грн. вартість однієї КТП Хмельницького трансформаторного заводу з урахуванням коефіцієнту підвищення вартості [2].

Вартість низьковольтних батарей конденсаторів:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

$$K_{кн\Sigma} = \Sigma N_{кн} \cdot K_{кн} = 2 \cdot 70 = 140 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z = E_n \cdot (K_{кн} + K_{кв} + K_{мп}) + (\Delta P_{кн.} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{мп}) \cdot C_0 \cdot \tau =$$

$$= 0,12 \cdot (140 + 0 + 509,4) + (3,037 + 0 + 0,161) \cdot 4,06 \cdot 1363 \cdot 10^3 = 95,6 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо розрахункові витрати на компенсації реактивної потужності для варіанту II:

Втрати активної потужності в конденсаторах:

$$\Delta P_{кв} = \Delta P_{кв.}^{num} \cdot Q_{кв} = 2,5 \cdot 0,45 = 1,125 \text{ кВт.}$$

Втрати активної потужності при передачі реактивної потужності через трансформатори ТП:

$$\Delta P_{мп} = \frac{Q_n^2}{U_n^2} R_\Sigma = \frac{354,81^2}{10^2} \cdot 635 \cdot 10^{-6} = 0,799 \text{ кВт,}$$

$$\text{де } R_\Sigma = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_n^2}{N_{мп} \cdot S_n^2} = \frac{12,7 \cdot 10^2}{2 \cdot 1000^2} = 635 \cdot 10^{-6} \text{ кОм.}$$

Вартість КТП:

$$K_{кмп\Sigma} = \Sigma N \cdot K_{кмп} = 1 \cdot 613 = 613 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{кмп} = 20 \cdot 30,65 = 613 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних батарей конденсаторів:

$$K_{кв\Sigma} = \Sigma N_{кв} \cdot K_{кв} = 1 \cdot 70 = 70 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z = E_n \cdot (K_{кн} + K_{кв} + K_{мп}) + (\Delta P_{кн.} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{мп}) \cdot C_0 \cdot \tau =$$

$$= 0,12 \cdot (0 + 70 + 613) + (0 + 1,125 + 0,799) \cdot 4,06 \cdot 1363 \cdot 10^3 = 92,6 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунку техніко-економічних показників зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Техніко-економічні показники варіантів компенсації

Показник \ Варіант		1	2
1	Вартість ТП, тис. грн.	509,4	613
2	Вартість КП 0,4 тис. грн.	140	—
3	Вартість КП 10 кВ, тис. грн.	—	70
4	Приведені витрати на компенсацію реактивної потужності, тис. грн.	95,6	92,6

Таким чином, проведений розрахунок показав, що варіанти між собою економічно рівноцінні так, як відрізняються між собою менше ніж на 5%. Враховуючи той факт, що низьковольтними батареями можливо проводити регулювання видачі реактивної потужності шляхом включення і відключення секцій батареї, а також розташувати їх на обох секціях ТП то віддаємо перевагу першому варіанту з встановленням КП типу 2×УКМ-0,38-337,5-37,5.

3.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності

Згідно з розрахунками слід розглядати варіант компенсації реактивної потужності конденсаторними установками на боці 0,4 кВ ТП. До установки приймаємо дві конденсаторні батареї марки УКМ-0,38-337,5-37,5 і встановлюємо на кожен секцію шин ТП. Ступінь регулювання 37,5 кВар.

Розрахунки навантаження на ТП з урахуванням компенсації зводимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Розміщення компенсуючих пристроїв на ТП

№ ТП	К-ть тр-в	P_p , кВт	Q_p , кВар	K_3	$Q_{кп}$, кВар	К-ть БК	Тип БК	$\Sigma Q_{БК}$	K_3	S , кВА
1	2	868,01	804,81	0,94	156,5	2	УКМ-0,38-337,5-37,5	675	0,7	877,7

Враховуючи те, що електропостачання цеху здійснюється силовими пунктами то згідно з рекомендаціями [6] підключаємо батареї конденсаторів безпосередньо до шин ТП.

4. ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕХОВИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

При встановленні цехових ТП перевагу необхідно віддати комплектним трансформаторним підстанціям (КТП). Вибір їх кількості та потужності приймають за відповідною питомою щільністю навантаження. Так, при щільності навантаження до 0,2 кВА/м² застосовують трансформатори до 1000 кВА [1, 2, 5].

Номінальна потужність трансформатора для цеху:

$$S_{н.тр} = \frac{S_p}{2 \cdot K_3} = \frac{877,7}{2 \cdot 0,7} = 626,9 \text{ кВА.}$$

Враховуючи, що в цеху переважають споживачі II категорії то бажаний коефіцієнт завантаження приймемо $K_3 = 0,7$.

Цехову ТП розміщуємо на відмітці 0,0 м у окремому приміщенні виробничого корпусу. Таким чином, на цеховій трансформаторній підстанції прийняті до установки трансформатори 2×ТМ-630 кВА. Результати вибору ТП наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Вибір трансформаторів ТП-10/0,4 кВ

Місце встановлення ТП	Тип розміщення	Тип ТП	Кількість та тип тр-рів	S, кВА	K ₃	K ₃ ^{ав}
В цеху	Вбудована	КТП 2×630 кВА	2×ТМ-630/10	877,7	0,696	1,39

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

5. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ І СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

5.1. Розрахунок струмів КЗ

Розрахунок струмів короткого замикання для високовольтної мережі

Розрахунок струмів короткого замикання в високовольтній мережі будемо проводити за методикою викладеною в [2, 6, 8].

Розрахунок струмів к.з. в мережі 10 кВ проведемо по схемі рис 5.1.1, для якої складемо схему заміщення рис. 5.1.2. Опір енергосистеми заданий струмом к.з. на шинах 10 кВ п/ст. значення якого $I_{кз} = 8,3$ кА.

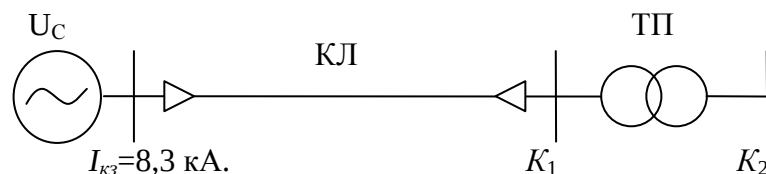


Рис. 5.1.1. Розрахункова схема до розрахунку струмів к.з.

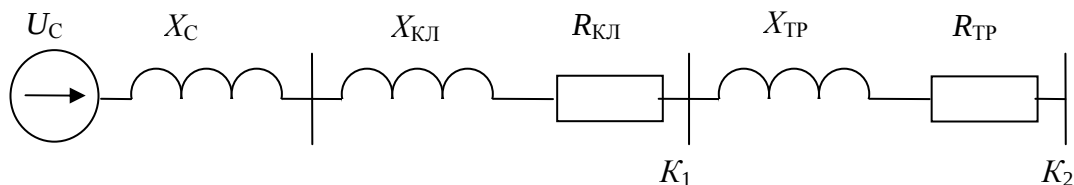


Рис. 5.1.2. Розрахункова схема заміщення до розрахунку струмів к.з.

Розраховуємо індуктивні і активні параметри схеми заміщення:

$$X_c = \frac{U_c}{\sqrt{3}I_{кз}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 8,3} = 0,686 \text{ Ом},$$

$$X_{кл} = x_0 l = 0,083 \cdot 0,06 = 0,005 \text{ Ом}, R_{кл} = r_0 l = 0,326 \cdot 0,06 = 0,019 \text{ Ом},$$

$$X_{тр} = \frac{U_k}{100} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{5,5}{100} \frac{10^2}{0,63} = 8,73 \text{ Ом}, R_{тр} = \frac{P_{кз}}{S_n^2} \frac{U_n^2}{630^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{630^2} = 1,9 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо струм к.з. в т. К1.

$$I'' = \frac{U_n}{\sqrt{3}z_{рез}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,701} = 8,236 \text{ кА},$$

$$R_{екв} = R_{кл} = 0,019 \text{ Ом}, X_{екв} = X_{кл} + X_c = 0,005 + 0,696 = 0,701 \text{ Ом},$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

$$z_{\text{рез}} = \sqrt{X_{\text{екв}}^2 + R_{\text{екв}}^2} = \sqrt{0,701^2 + 0,019^2} = 0,701 \text{ Ом.}$$

Ударний струм к.з. в т. К1

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} I'' k_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 8,236 \cdot 1,8 = 20,96 \text{ кА,}$$

де $k_{\text{уд}} = 1,8$ табл. 8.5 [2].

Розрахуємо струм к.з. в т. К2.

$$I'' = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} z_{\text{рез}}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 9,624} = 0,6 \text{ кА,}$$

$$R_{\text{екв}} = R_{\text{кл}} + R_{\text{тр}} = 0,019 + 1,9 = 1,919 \text{ Ом,}$$

$$X_{\text{екв}} = X_{\text{кл}} + X_{\text{с}} + X_{\text{тр}} = 0,005 + 0,696 + 8,73 = 9,431 \text{ Ом,}$$

$$z_{\text{рез}} = \sqrt{X_{\text{екв}}^2 + R_{\text{екв}}^2} = \sqrt{9,431^2 + 1,919^2} = 9,624 \text{ Ом.}$$

Ударний струм к.з. в т. К2

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} I'' k_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 0,6 \cdot 1,8 = 1,527 \text{ кА.}$$

Приводимо значення струму до напруги 10 кВ:

$$I''_{\text{нн}} = I'' \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{НН}}} = 0,6 \frac{10}{0,4} = 15 \text{ кА; } i_{\text{уд.нн}} = i_{\text{уд}} \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{НН}}} = 1,527 \frac{10}{0,4} = 38,175 \text{ кА.}$$

Розрахунок струмів короткого замикання в низьковольтній мережі

Розрахунок струмів короткого замкнення в низьковольтній мережі будемо проводити за методикою викладеною [2, 4].

Для розрахунку струмів к.з. складається електрична схема і схема заміщення цехової мережі починаючи від джерела живлення до віддаленого електроспоживача цеху. Струми трифазного к.з. необхідні для перевірки на стійкість обраного електроустаткування.

Розрахунок струмів к.з. в мережі 0,4 кВ будемо проводити для схем рис. 5.1.3. Для розрахункової схеми складемо схему заміщення рис. 5.1.4.

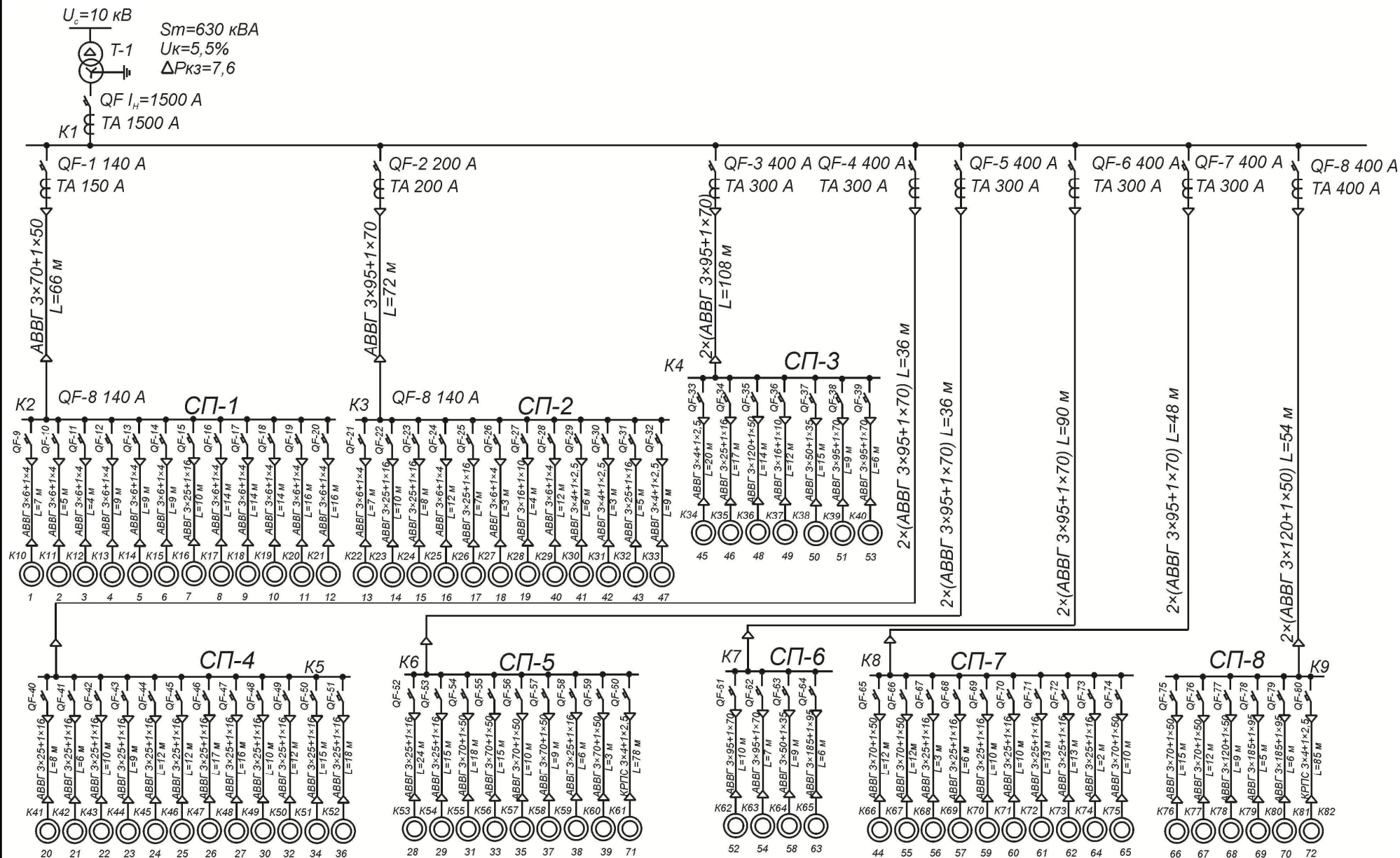
Визначаємо опори елементів схеми заміщення.

Опір системи живлення:

$$X_{\text{с}} = U_{\text{н}}^2 / S_{\text{кз}} = 0,38^2 / 142,65 = 1,01 \text{ мОм,}$$

$$\text{де } S_{\text{кз}} = \sqrt{3} U_{\text{н}} I_{\text{кз}} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 8,236 = 142,65 \text{ МВА.}$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					29



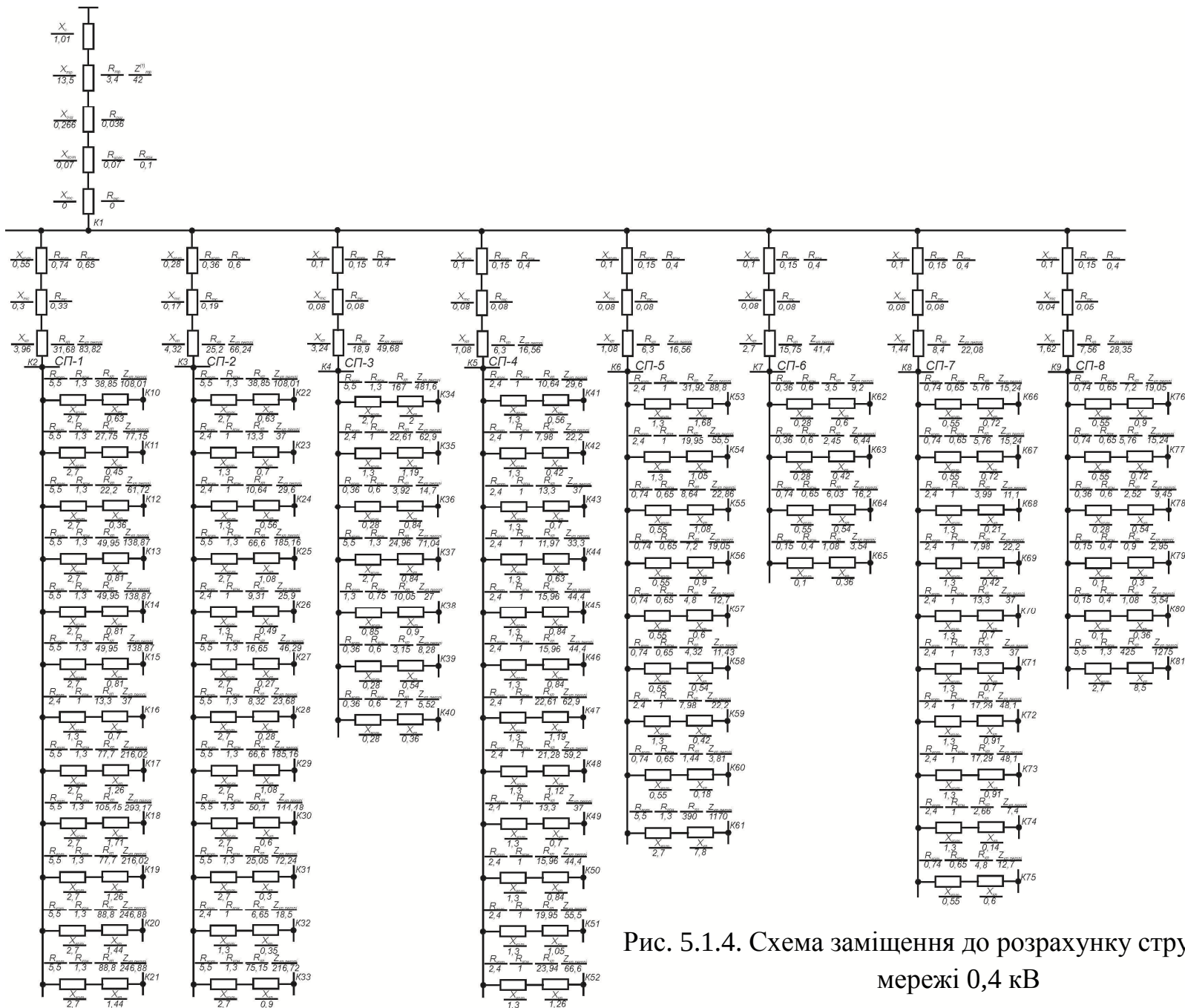


Рис. 5.1.4. Схема заміщення до розрахунку струмів к.з. в мережі 0,4 кВ

Опори цехового трансформатора, приведені до 0,38 кВ:

$$r_{\text{тр}} = 3,4 \text{ мОм}; x_{\text{тр}} = 13,5 \text{ мОм}; z_{\text{т}}^{(1)} = 42 \text{ мОм} - \text{додаток Д.1 [4].}$$

Опори трансформатора струму:

$$r_{\text{тс}} = 0 \text{ мОм}; x_{\text{тс}} = 0 \text{ мОм};$$

Опір ошиновки трансформатора:

$$r_{\text{ош}} = 0,036 \text{ мОм}; x_{\text{ош}} = 0,266 \text{ мОм};$$

Опір вимикаючих апаратів:

$$r_{\text{кот}} = 0,07 \text{ мОм}; x_{\text{кот}} = 0,07 \text{ мОм}; r_{\text{к}} = 0,1 \text{ мОм}; - \text{додаток Д.4 [4].}$$

Опір кабельної лінії до СП-1:

$$r_o = 0,48 \text{ мОм/м}; x_o = 0,06 \text{ мОм/м}; z_{o \text{ петлі}} = 1,27 \text{ мОм/м}; - \text{додаток Д.5 [4].}$$

Тоді

$$r_{\text{кл}} = r_o l = 0,48 \cdot 66 = 31,68 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кл}} = x_o l = 0,06 \cdot 66 = 3,96 \text{ мОм};$$

$$Z_{\text{петлі кл}} = Z_{o \text{ петлі}} l = 1,27 \cdot 66 = 83,82 \text{ мОм}.$$

Розрахунок опорів інших кабельних ліній подібний результати розрахунку приведені в табл. 5.1.1.

Таблиця 5.1.1. Розрахунок опорів КЛ мережі 0,4 кВ

КЛ	r_o , мОм/м	x_o , мОм/м	$z_{o \text{ петлі}}$, мОм/м	L , м	R , мОм	X , мОм	$Z_{\text{петлі}}$, мОм
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП-СП1	0,48	0,06	1,27	66	31,68	3,96	83,82
ТП-СП2	0,35	0,06	0,92	72	25,2	4,32	66,24
ТП-СП3	0,175	0,03	0,46	108	18,9	3,24	49,68
ТП-СП4	0,175	0,03	0,46	36	6,3	1,08	16,56
ТП-СП5	0,175	0,03	0,46	36	6,3	1,08	16,56
ТП-СП6	0,175	0,03	0,46	90	15,75	2,7	41,4
ТП-СП7	0,175	0,03	0,46	48	8,4	1,44	22,08
ТП-СП8	0,14	0,03	0,525	54	7,56	1,62	28,35
СП1-1	5,55	0,09	15,43	7	38,85	0,63	108,01
СП1-2	5,55	0,09	15,43	5	27,75	0,45	77,15
СП1-3	5,55	0,09	15,43	4	22,2	0,36	61,72
СП1-4	5,55	0,09	15,43	9	49,95	0,81	138,87
СП1-5	5,55	0,09	15,43	9	49,95	0,81	138,87

1	2	3	4	5	6	7	8
СП1-6	5,55	0,09	15,43	9	49,95	0,81	138,87
СП1-7	1,33	0,07	3,7	10	13,3	0,7	37
СП1-8	5,55	0,09	15,43	14	77,7	1,26	216,02
СП1-9	5,55	0,09	15,43	19	105,45	1,71	293,17
СП1-10	5,55	0,09	15,43	14	77,7	1,26	216,02
СП1-11	5,55	0,09	15,43	16	88,8	1,44	246,88
СП1-12	5,55	0,09	15,43	16	88,8	1,44	246,88
СП2-13	5,55	0,09	15,43	7	38,85	0,63	108,01
СП2-14	1,33	0,07	3,7	10	13,3	0,7	37
СП2-15	1,33	0,07	3,7	8	10,64	0,56	29,6
СП2-16	5,55	0,09	15,43	12	66,6	1,08	185,16
СП2-17	1,33	0,07	3,7	7	9,31	0,49	25,9
СП2-18	5,55	0,09	15,43	3	16,65	0,27	46,29
СП2-19	2,08	0,07	5,92	4	8,32	0,28	23,68
СП2-40	5,55	0,09	15,43	12	66,6	1,08	185,16
СП2-41	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП2-42	8,35	0,1	24,08	3	25,05	0,3	72,24
СП2-43	1,33	0,07	3,7	5	6,65	0,35	18,5
СП2-47	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП3-45	8,35	0,1	24,08	20	167	2	481,6
СП3-46	1,33	0,07	3,7	17	22,61	1,19	62,9
СП3-48	0,28	0,06	1,05	14	3,92	0,84	14,7
СП3-49	2,08	0,07	5,92	12	24,96	0,84	71,04
СП3-50	0,67	0,06	1,8	15	10,05	0,9	27
СП3-51	0,35	0,06	0,92	9	3,15	0,54	8,28
СП3-53	0,35	0,06	0,92	6	2,1	0,36	5,52
СП4-20	1,33	0,07	3,7	8	10,64	0,56	29,6
СП4-21	1,33	0,07	3,7	6	7,98	0,42	22,2
СП4-22	1,33	0,07	3,7	10	13,3	0,7	37
СП4-23	1,33	0,07	3,7	9	11,97	0,63	33,3
СП4-24	1,33	0,07	3,7	12	15,96	0,84	44,4
СП4-25	1,33	0,07	3,7	12	15,96	0,84	44,4
СП4-26	1,33	0,07	3,7	17	22,61	1,19	62,9
СП4-27	1,33	0,07	3,7	16	21,28	1,12	59,2
СП4-30	1,33	0,07	3,7	10	13,3	0,7	37
СП4-32	1,33	0,07	3,7	12	15,96	0,84	44,4
СП4-34	1,33	0,07	3,7	15	19,95	1,05	55,5
СП4-36	1,33	0,07	3,7	18	23,94	1,26	66,6
СП5-28	1,33	0,07	3,7	24	31,92	1,68	88,8
СП5-29	1,33	0,07	3,7	15	19,95	1,05	55,5

1	2	3	4	5	6	7	8
СП5-31	0,48	0,06	1,27	18	8,64	1,08	22,86
СП5-33	0,48	0,06	1,27	15	7,2	0,9	19,05
СП5-35	0,48	0,06	1,27	10	4,8	0,6	12,7
СП5-37	0,48	0,06	1,27	9	4,32	0,54	11,43
СП5-38	1,33	0,07	3,7	6	7,98	0,42	22,2
СП5-39	0,48	0,06	1,27	3	1,44	0,18	3,81
СП5-71	5	0,1	15	78	390	7,8	1170
СП6-52	0,35	0,06	0,92	10	3,5	0,6	9,2
СП6-54	0,35	0,06	0,92	7	2,45	0,42	6,44
СП6-58	0,67	0,06	1,8	9	6,03	0,54	16,2
СП6-63	0,18	0,06	0,59	6	1,08	0,36	3,54
СП7-44	0,48	0,06	1,27	12	5,76	0,72	15,24
СП7-55	0,48	0,06	1,27	12	5,76	0,72	15,24
СП7-56	1,33	0,07	3,7	3	3,99	0,21	11,1
СП7-57	1,33	0,07	3,7	6	7,98	0,42	22,2
СП7-59	1,33	0,07	3,7	10	13,3	0,7	37
СП7-60	1,33	0,07	3,7	10	13,3	0,7	37
СП7-61	1,33	0,07	3,7	13	17,29	0,91	48,1
СП7-62	1,33	0,07	3,7	13	17,29	0,91	48,1
СП7-64	1,33	0,07	3,7	2	2,66	0,14	7,4
СП7-65	0,48	0,06	1,27	10	4,8	0,6	12,7
СП8-66	0,48	0,06	1,27	15	7,2	0,9	19,05
СП8-67	0,48	0,06	1,27	12	5,76	0,72	15,24
СП8-68	0,28	0,06	1,05	9	2,52	0,54	9,45
СП8-69	0,18	0,06	0,59	5	0,9	0,3	2,95
СП8-70	0,18	0,06	0,59	6	1,08	0,36	3,54
СП8-72	5	0,1	15	85	425	8,5	1275

Сумарні опори до точки К1:

$$r_{\Sigma 1} = r_{\text{тр}} + r_{\text{ош}} + r_{\text{тс}} + r_{\text{кот}} + r_{\text{к}} = 3,4 + 0,036 + 0 + 0,07 + 0,1 = 3,606 \text{ мОм};$$

$$x_{\Sigma 1} = x_{\text{с}} + x_{\text{тр}} + x_{\text{ош}} + x_{\text{тс}} + x_{\text{кот}} = 1,01 + 13,5 + 0,266 + 0 + 0,07 = 14,846 \text{ мОм};$$

$$z_1 = \sqrt{(r_{\Sigma 1}^2 + x_{\Sigma 1}^2)} = \sqrt{(3,606^2 + 14,846^2)} = 15,278 \text{ мОм}.$$

Трифазний струм КЗ в точці К1:

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = U_{\text{н}} / (\sqrt{3} z_1) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 15,278) = 14,36 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} K_{\text{уд}} I_{\text{к1}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,467 \cdot 14,36 = 29,792 \text{ кА}.$$

де

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

$$K_{уд} = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,0131}} = 1,467,$$

$$T_a = \frac{X}{\omega R} = \frac{14,846}{314 \cdot 3,606} = 0,0131 \text{ 1/с.}$$

Сумарні опори петлі фаза-нуль до точки К1:

$$r_{петлі1} = 3r_{ош} + 3r_{тс} + 3r_{кот} + 3r_k = 3 \cdot 0,036 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 0,07 + 3 \cdot 0,1 = 0,618 \text{ мОм};$$

$$x_{петлі1} = 2x_c + 3x_{ош} + 3x_{тс} + 3x_{кот} = 2 \cdot 1,01 + 3 \cdot 0,266 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 0,07 = 3,1 \text{ мОм};$$

$$z_{петлі1} = \sqrt{(r_{петлі1}^2 + x_{петлі1}^2)} = \sqrt{(0,618^2 + 3,1^2)} = 3,161 \text{ мОм.}$$

Струм однофазного КЗ в точки К1:

$$I_{к1}^{(1)} = U_{\phi} / (z_T^{(1)} / 3 + z_{петлі1}) = 220 / (42/3 + 3,161) = 12,82 \text{ кА.}$$

Опір вимикаючого апарату до СП-1:

$$r_{кот} = 0,74 \text{ мОм}; x_{кот} = 0,55 \text{ мОм}; r_k = 0,65 \text{ мОм.}$$

Опори трансформатора струму:

$$r_{тс} = 0,3 \text{ мОм}; x_{тс} = 0,33 \text{ мОм};$$

Сумарні опори до точки К2:

$$r_{\Sigma 2} = r_{\Sigma 1} + r_{кат} + r_k + r_{тс} + r_{пр} = 3,606 + 0,74 + 0,65 + 0,33 + 31,68 = 36,976 \text{ мОм},$$

$$x_{\Sigma 2} = x_{\Sigma 1} + x_{кат} + x_{тс} + x_{пр} = 14,846 + 0,55 + 0,3 + 3,96 = 19,686 \text{ мОм};$$

$$z_2 = \sqrt{(r_{\Sigma 2}^2 + x_{\Sigma 2}^2)} = \sqrt{(36,976^2 + 19,686^2)} = 41,89 \text{ мОм.}$$

Трифазний струм КЗ в точці К2:

$$I_{к2}^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} z_2) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 41,89) = 5,237 \text{ кА.}$$

Ударний струм:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} I_{к2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0027 \cdot 5,237 = 7,426 \text{ кА},$$

де

$$K_{уд} = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,017}} = 1,0027,$$

$$T_a = \frac{X}{\omega R} = \frac{19,686}{314 \cdot 36,976} = 0,017 \text{ 1/с.}$$

Сумарні опори петлі фаза-нуль до точки К2:

$$r_{петлі2} = r_{петлі1} + 3r_{тс} + 3r_{кот} + 3r_k = 0,618 + 3 \cdot 0,33 + 3 \cdot 0,74 + 3 \cdot 0,65 = 5,778 \text{ мОм},$$

$$x_{петлі2} = x_{петлі1} + 3x_{тс} + 3x_{кот} = 3,1 + 3 \cdot 0,33 + 3 \cdot 0,55 = 5,65 \text{ мОм};$$

$$z_{петлі2} = \sqrt{(r_{петлі2}^2 + x_{петлі2}^2)} = \sqrt{(5,778^2 + 5,65^2)} = 8,08 \text{ мОм.}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

Струм однофазного КЗ в точки К2:

$$I_{K2}^{(1)} = U_{\phi} / (z_T^{(1)} / 3 + z_{\text{петлі}2} + z_{\text{кл петлі}}) = 220 / (42/3 + 8,08 + 83,82) = 2,077 \text{ кА.}$$

Розрахунок струмів к.з. в інших точках подібний результати розрахунку наведені в табл. 5.1.2.

Таблиця 5.1.2. Розрахунок струмів к.з. в мережі 0,4 кВ

т. к.з.	R_{Σ} , мОм	X_{Σ} , мОм	$I_{KЗ}$, кА	T_a , 1/с	$I_{уд}$, кА	$I^{(1)}_{KЗ}$, кА
1	2	3	4	5	6	7
1	3,606	14,846	14,36	0,0131	29,792	12,82
2	36,976	19,686	5,237	0,0017	7,426	2,077
3	29,956	19,616	6,127	0,0021	8,737	2,552
4	23,136	18,266	7,443	0,0025	10,723	3,233
5	10,536	16,106	11,399	0,0048	18,188	6,3
6	10,536	16,106	11,399	0,0048	18,188	6,3
7	19,986	17,726	8,213	0,0028	11,951	3,381
8	12,636	16,466	10,57	0,00415	16,292	5,44
9	11,766	16,606	10,78	0,00449	16,893	4,725
10	82,656	22,986	2,557	0,00076	3,617	0,935
11	71,556	22,806	2,921	0,00087	4,131	1,076
12	66,006	22,716	3,143	0,00095	4,445	1,164
13	93,756	23,166	2,272	0,00067	3,213	0,826
14	93,756	23,166	2,272	0,00067	3,213	0,826
15	93,756	23,166	2,272	0,00067	3,213	0,826
16	53,706	21,656	3,789	0,0012	5,359	1,434
17	121,506	23,616	1,772	0,00051	2,507	0,641
18	149,256	24,066	1,451	0,00042	2,052	0,523
19	121,506	23,616	1,772	0,00051	2,507	0,641
20	132,606	23,796	1,628	0,00047	2,303	0,588
21	132,606	23,796	1,628	0,00047	2,303	0,588
22	75,606	22,946	2,777	0,00083	3,927	1,02
23	46,656	21,616	4,267	0,0013	6,037	1,645
24	43,996	21,476	4,481	0,0014	6,343	1,741
25	103,356	23,396	2,07	0,0006	2,928	0,751
26	42,666	21,406	4,596	0,0015	6,507	1,794
27	53,406	22,586	3,784	0,0012	5,352	1,429
28	45,076	22,596	4,351	0,0014	6,158	1,674
29	103,356	23,396	2,07	0,0006	2,928	0,751
30	86,856	22,916	2,442	0,00072	3,454	0,872
31	61,806	22,616	3,334	0,001	4,715	1,223

1	2	3	4	5	6	7
32	40,006	21,266	4,842	0,0016	6,859	1,909
33	111,906	23,216	1,92	0,00056	2,715	0,678
34	196,936	22,966	1,107	0,00029	1,565	0,385
35	49,146	20,756	4,112	0,0012	5,817	1,557
36	28,016	19,386	6,44	0,0021	9,181	2,578
37	54,896	21,806	3,714	0,0011	5,253	1,371
38	35,236	20,016	5,414	0,0017	7,674	2,172
39	27,246	19,086	6,595	0,0021	9,413	2,788
40	26,196	18,906	6,791	0,0022	9,71	2,889
41	24,576	17,966	7,207	0,0021	10,277	2,937
42	21,916	17,826	7,766	0,0023	11,136	3,259
43	27,236	18,106	6,708	0,0019	9,534	2,673
44	25,906	18,036	6,95	0,002	9,892	2,799
45	29,896	18,246	6,264	0,0017	8,885	2,453
46	29,896	18,246	6,264	0,0017	8,885	2,453
47	36,546	18,596	5,35	0,0014	7,573	2,033
48	35,216	18,526	5,514	0,0015	7,805	2,105
49	27,236	18,106	6,708	0,0019	9,534	2,673
50	29,896	18,246	6,264	0,0017	8,885	2,453
51	33,886	18,456	5,686	0,0015	8,052	2,183
52	37,876	18,666	5,196	0,0014	7,352	1,966
53	45,856	19,086	4,417	0,0011	6,247	1,641
54	33,886	18,456	5,686	0,0015	8,052	2,183
55	20,566	17,736	8,079	0,0025	11,632	3,554
56	19,126	17,556	8,451	0,0027	12,238	3,788
57	16,726	17,256	9,129	0,0031	13,406	4,252
58	16,246	17,196	9,274	0,0032	13,668	4,359
59	21,916	17,826	7,766	0,0023	11,136	3,259
60	13,366	16,836	10,206	0,0038	15,499	5,135
61	407,336	26,606	0,537	0,00012	0,76	0,179
62	24,446	18,606	7,141	0,0023	10,232	3,074
63	23,396	18,426	7,367	0,0024	10,584	3,198
64	27,406	18,816	6,6	0,0021	9,406	2,747
65	21,616	18,186	7,767	0,0026	11,222	3,405
66	19,786	17,736	8,257	0,0027	11,945	3,679
67	19,786	17,736	8,257	0,0027	11,945	3,679
68	20,026	17,976	8,153	0,0026	11,783	3,553
69	24,016	18,186	7,283	0,0022	10,405	3,013
70	29,336	18,466	6,329	0,0018	8,984	2,505
71	29,336	18,466	6,329	0,0018	8,984	2,505

1	2	3	4	5	6	7
72	33,326	18,676	5,743	0,0016	8,136	2,224
73	33,326	18,676	5,743	0,0016	8,136	2,224
74	18,696	17,906	8,475	0,0028	12,324	3,779
75	18,826	17,616	8,509	0,0028	12,366	3,842
76	20,356	18,056	8,063	0,0026	11,646	3,155
77	18,916	17,876	8,43	0,0028	12,255	3,337
78	15,246	17,426	9,475	0,0035	14,15	3,753
79	13,216	17,006	10,187	0,004	15,59	4,328
80	13,396	17,066	10,112	0,0039	15,437	4,278

5.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

Вибір високовольтних силових кабелів напругою 10 кВ

Вибір силових високовольтних кабелів будемо проводити за методикою наведеною в [6, 8].

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{877,7}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 25,34 \text{ А},$$

$$I_{\max} = 2I_p = 2 \cdot 25,34 = 50,67 \text{ А}.$$

Перевірка кабелю на термічну стійкість до струмів КЗ:

$$F_{\min} = I_{\infty} \frac{\sqrt{t_{\text{пз}}}}{K_M} = 8,3 \frac{\sqrt{1}}{95} = 87 \text{ мм}^2.$$

По економічній щільності струму

$$F = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}} = \frac{25,34}{1,2} = 21,12 \text{ мм}^2.$$

де $j_{\text{ек}} = 1,2$ – для КЛ з алюмінієвими жилами при $T_M > 5000$ год.

Обираємо кабель типу ААШв (3×95) мм². Результати вибору зведені до табл. 5.2.1.

Таблиця 5.2.1. Результати вибору кабелів напругою 10 кВ.

Живлення	S_p , кВА	I_p , А	$I_{\text{ав}}$, А	$F_{\text{ек}}$, мм ²	$F_{\min}$, мм ²	$I_{\text{доп}}$, А	Марка кабелю
ГЗП–ТП	877,7	25,34	50,67	21,12	87	205	ААШв (3х95)

Вибір низьковольтних силових кабелів напругою 0,4 кВ

Вибір силових низьковольтних кабелів та шинопроводів будемо проводити за методикою наведеною в [4].

Вибір силові кабелі до силових пунктів.

Кабель обираємо по нагріву розрахунковим струмом:

$$I_p \leq K_{\text{пр}} I_{\text{доп}},$$

де $K_{\text{пр}} = 1$ – коефіцієнт прокладки [4].

Для СП-1

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{пр}}} = \frac{129,1}{1,0} = 129,1 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель АВВГ перерізом 70 мм² з довготривалим допустимим струмом $I_{\text{тр}} = 140 \text{ А}$.

Втраті напруги $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_p}{U_n} \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) L = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 129,1}{400} \cdot (0,48 \cdot 0,7 + 0,06 \cdot 0,71) 0,066 = 1,4\% \\ 1,4\% &< 5\% \end{aligned}$$

Розрахунки вибору кабельних ліній до інших СП подібний, результати розрахунку наведені в табл. 5.2.2.

Таблиця 5.2.2. Вибір перерізу живлячих кабелів до СП

№ СП	I_p , А	I_d , А	S мм ²	Cos	Sin	r_0 , мОм/м	x_0 , мОм/м	L , км	$\Delta U\%$	$I_{\text{зах}} K_{\text{зах}}$, А
1	129,1	140	70	0,70	0,71	0,48	0,06	0,066	1,40	140
2	159,2	165	95	0,70	0,71	0,35	0,6	0,072	3,34	160
3	288	330	2×95	0,70	0,71	0,175	0,03	0,108	1,94	300
4	257,1	330	2×95	0,70	0,71	0,175	0,03	0,036	0,58	300
5	278,6	330	2×95	0,70	0,72	0,175	0,03	0,036	0,62	300
6	282,5	330	2×95	0,69	0,73	0,175	0,03	0,09	1,57	300
7	267,4	330	2×95	0,70	0,71	0,175	0,03	0,048	0,80	300
8	375,5	400	2×120	0,70	0,71	0,14	0,03	0,054	1,05	400

По ДСТУ допустима втрата напруги на затискачах електродвигунів допускається 5%, тому всі кабельні лінії проходять, згідно цієї умови.

Вибір живлючих станки кабелів.

Розрахуємо номінальний струм машини однопозиційної ДЕЗ330:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,7} = 30,9 \text{ А.}$$

Обираємо кабель АВВГ 3×6+1×4 з допустимим довготривалим струмом $I_H = 30,9 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 35 \text{ А}$. Перевіряємо обраний кабель на відповідність захисному пристрою:

$$K_{\text{пр}} I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зах}} I_3; 1 \cdot 35 > 1 \cdot 32,$$

де $I_3 = 32 \text{ А}$ – найближче стандартне значення розчеплювача автоматичного вимикача, $K_{\text{зах}} = 1$ – коефіцієнт захисту для автоматичного вимикача з нерегульованою зворотно залежною характеристикою [4].

Вибір кабелів до інших станків подібний результати зведені до табл. 5.2.3. Розподільчу мережу виконуємо кабелем марки АВВГ, для кранів підвісних – гнучким кабелем марки КРПС. Кабельні лінії до окремих електроприймачів прокладені в сталених тонкостінних трубах для електропроводок в підлозі цеху.

Таблиця 5.2.3. Вибір перерізу живлячих кабелів до електроприймачів

№	Найменування ЕП	P_H , кВт	cos	I_p , А	I_d , А	S , мм²	r_0 , мОм/м	x_0 , мОм/м	L , м	$\Delta U\%$	$I_{\text{зах}} K_{\text{зах}}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Машина однопозиційна ДЕЗ330	15	0,7	30,9	35	6	5,55	0,09	7	0,37	32
2	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	5	0,25	32
3	Машина однопозиційна ДЕЗ330	15	0,7	30,9	35	6	5,55	0,09	4	0,21	32
4	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	9	0,44	32
5	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	9	0,44	32
6	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	9	0,44	32
7	Машина однопозиційна ДЕЗ132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	10	0,26	70
8	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	14	0,69	32
9	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	14	0,69	32
10	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	14	0,69	32
11	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	16	0,79	32
12	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	16	0,79	32
13	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	7	0,35	32
14	Машина однопозиційна ДЕЗ132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	10	0,26	70
15	Машина однопозиційна ДЕЗ132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	8	0,21	70
16	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	12	0,59	32
17	Машина однопозиційна ДЕЗ132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	7	0,18	70
18	Машина однопозиційна ДЕЗ130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	3	0,15	32
19	Машина однопозиційна KUASY260	22	0,7	45,4	60	16	2,08	0,07	4	0,12	50

Продовження табл. 5.2.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	8	0,21	70
21	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	6	0,16	70
22	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	10	0,26	70
23	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	9	0,24	70
24	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	12	0,32	70
25	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	12	0,32	70
26	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	17	0,45	70
27	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	16	0,42	70
28	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	24	0,63	70
29	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	15	0,39	70
30	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	10	0,26	70
31	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	18	0,33	140
32	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	12	0,32	70
33	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	15	0,27	140
34	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	15	0,39	70
35	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	10	0,18	140
36	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	18	0,47	70
37	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	9	0,16	140
38	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	6	0,16	70
39	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	3	0,05	140
40	Машина однопозиційна ДЕ3130	14	0,7	28,9	35	6	5,55	0,09	12	0,59	32
41	Машина однопозиційна KUASY170	12	0,7	24,7	27	4	8,35	0,1	6	0,38	25
42	Установка очистки масла ПУОМ 0,2	2	0,6	4,8	27	4	8,35	0,1	3	0,03	25
43	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	5	0,13	70
44	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	12	0,22	140
45	Машина однопозиційна KUASY170	12	0,7	24,7	27	4	8,35	0,1	20	1,27	25
46	Машина однопозиційна KUASY400	33	0,7	68,0	75	25	1,33	0,07	17	0,49	70
47	Машина однопозиційна KUASY170	12	0,7	24,7	27	4	8,35	0,1	9	0,57	25
48	Машина однопозиційна KUASY1400	82,5	0,7	170,1	200	120	0,28	0,06	14	0,25	200
49	Машина однопозиційна KUASY260	22	0,7	45,4	60	16	2,08	0,07	12	0,35	50
50	Машина однопозиційна KUASY630	40	0,7	82,5	110	50	0,67	0,06	15	0,27	100
51	Машина однопозиційна KUASY1800	76	0,7	156,7	165	95	0,35	0,21	9	0,24	160
52	Машина однопозиційна KUASY1800	76	0,7	156,7	165	95	0,35	0,21	10	0,27	160
53	Машина однопозиційна KUASY1800	76	0,7	156,7	165	95	0,35	0,21	6	0,16	160
54	Машина однопозиційна KUASY1800	76	0,7	156,7	165	95	0,35	0,21	7	0,19	160
55	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	12	0,22	140
56	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	3	0,08	70
57	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	6	0,16	70
58	Агрегат видувний АВ-60	40	0,6	96,2	110	50	0,67	0,06	9	0,17	100

											Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							41

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	10	0,26	70
60	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	10	0,26	70
61	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	13	0,34	70
62	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	13	0,34	70
63	Машина однопозиційна ДЕ3138	120	0,7	247,4	260	185	0,18	0,06	6	0,11	250
64	Машина однопозиційна ДЕ3132	30	0,7	61,9	75	25	1,33	0,07	2	0,05	70
65	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	10	0,18	140
66	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	15	0,27	140
67	Машина однопозиційна ДЗ134	53,5	0,7	110,3	140	70	0,48	0,06	12	0,22	140
68	Машина однопозиційна ДЕ3136	90	0,7	185,6	200	120	0,28	0,06	9	0,17	200
69	Машина однопозиційна ДЕ3138	120	0,7	247,4	260	185	0,18	0,06	5	0,09	250
70	Машина однопозиційна ДЕ3138	120	0,7	247,4	260	185	0,18	0,06	6	0,11	250
71	Кран підвісний	4,6	0,5	13,3	35	4	5	0,1	78	1,16	16
72	Кран підвісний	4,6	0,5	13,3	35	4	5	0,1	85	1,26	16

5.3. Розрахунок освітлювальної мережі цеху

Розрахунок освітлювальної мережі цеху будемо проводити за методикою наведеною в [4].

Схема освітлювальних електромереж цеху наведена на рис 5.3.1.

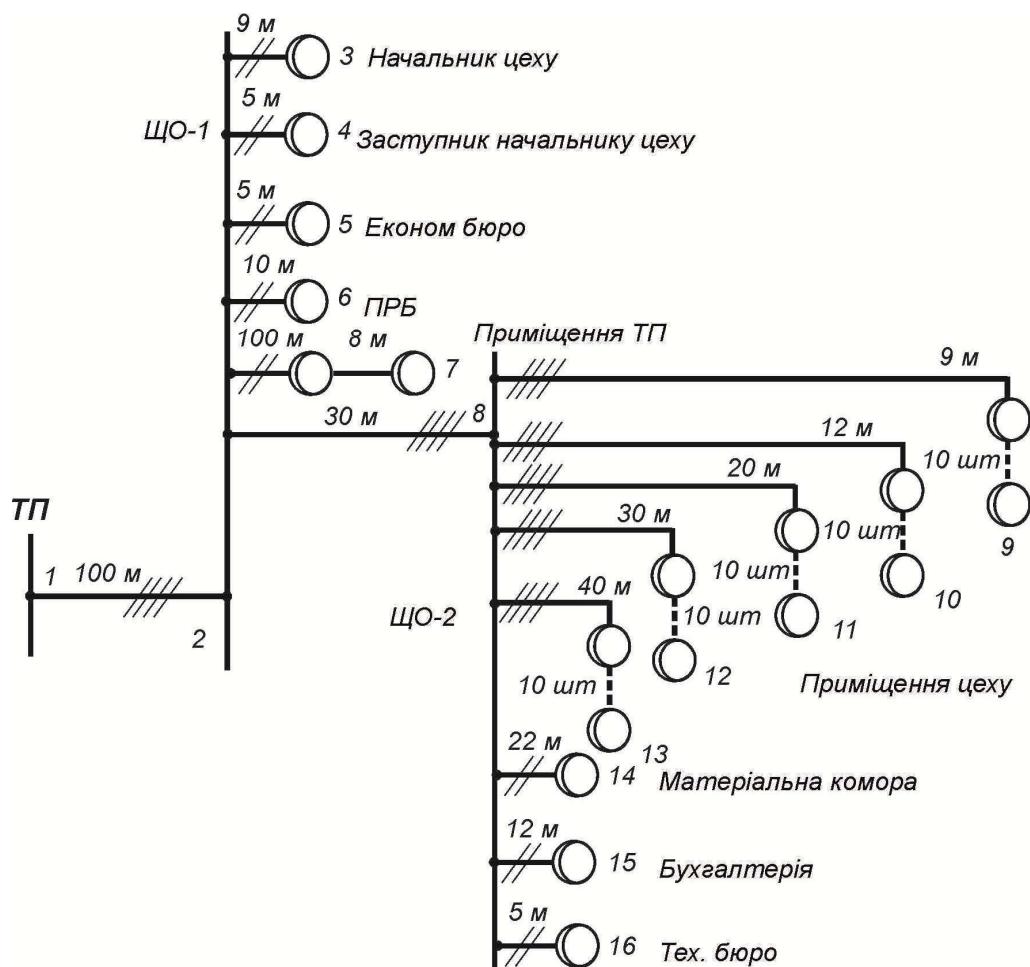


Рис. 5.3.1. Схема освітлювальних електромереж цеху.

Мінімальна допустима напруга освітлювального устаткування:

$$U_{\min} = 97,5\%U_{\text{н}}, U_{\text{xx}} = 105\%U_{\text{н}}.$$

Втрати напруги в трансформаторі:

$$U_a = \frac{100\Delta P_{\text{кз}}}{S_{\text{н.тр}}} = \frac{100 \cdot 7,6}{630} = 1,2\%,$$

$$U_p = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,2^2} = 5,37\%,$$

де $\Delta P_{\text{кз}} = 7,6$ кВт, $U_{\text{к}} = 5,5\%$.

$$\Delta U_{\text{т}} = k_3 (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) = 0,68(1,2 \cdot 0,996 + 5,37 \cdot 0,084) = 1,12\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}\%} = U_{\text{xx}} - U_{\min} - \Delta U_{\text{т}} = 105 - 97,5 - 1,12 = 6,38 \, \%.$$

Замінімо рівномірно розподілене по довжині навантаження зосередженим у середині лінії. Визначимо моменти всіх ділянок мережі. Розрахунок моментів проведений в табл. 5.3.1.

Таблиця 5.3.1. Розрахунок моментів навантаження освітлювальної мережі

№ п/п	N	P_0 , кВт	L_0 , м	L , м	α	M , кВт·м	αM , кВт·м
2-3	1	0,7	9	0	1,39	6,3	8,8
2-4	1	0,7	5	0	1,39	3,5	4,9
2-5	1	0,7	5	0	1,39	3,5	4,9
2-6	1	1	10	0	1,39	10	13,9
2-7	2	0,25	100	8	1,39	52	72,280
2-8	1	52,4	30	0	1	1572	1572,0
						Всього по ЩО-1	3026,699
8-9	10	1	9	8	1	130	130
8-10	10	1	12	8	1	160	160
8-11	10	1	20	8	1	240	240
8-12	10	1	30	8	1	340	340
8-13	10	1	40	8	1	440	440
8-14	1	0,7	22	0	1,39	15,4	21
8-15	1	0,7	12	0	1,39	8,4	12
8-16	1	1	5	0	1,39	5	7
						Всього по ЩО-2	1350,032

Визначаємо переріз кабелю до ЩО-1:

$$F_{12} = \frac{\Sigma M + \alpha \cdot \Sigma m}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}} = \frac{56 \cdot 100 + 3026,7}{44 \cdot 6,38} = 30,73 \text{ мм}^2,$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

де α – коефіцієнт приведення моментів, $\alpha = 1$;

Σm – сума моментів ліній, що живляться через дану ділянку;

$C = 44$ – для чотирьохпровідної мережі;

$C = 7,4$ – для двохпровідної мережі.

Приймаємо стандартне значення 35 мм^2 .

Перевіряємо вибране значення на довготривалий робочий струм

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144 \text{ А.}$$

Так як обраний переріз не витримує довготривалий струм $95 \text{ А} < 144 \text{ А}$, то остаточно приймаємо значення 95 мм^2 по умові довготривалого струму ($165 \text{ А} > 144 \text{ А}$).

Визначаємо дійсну втрату напруги:

$$\Delta U_{12} = \frac{M_{12}}{C \cdot F_{12}} = \frac{56 \cdot 100}{44 \cdot 95} = 1,34\%,$$

$$\Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{12} = 6,38 - 1,34 = 5,04\%.$$

Результати розрахунку вибору інших кабелів подібний результати розрахунку і вибору наведені в табл. 5.3.2.

Таблиця 5.3.2. Вибір перетину кабельних ліній освітлювальних мереж

№ п/п	αM , кВт·м	C	F_p , мм ²	S , кВА	I , А	$F_{\text{ст}}$, мм ²	ΔU , %	$I_{\text{доп}}$, А
2-3	9	7,4	0,197	1,40	2,02	2,5	0,47	23
2-4	4,9	7,4	0,110	1,40	2,02	2,5	0,26	23
2-5	4,9	7,4	0,110	1,40	2,02	2,5	0,26	23
2-6	13,9	7,4	0,313	2,00	2,88	2,5	0,75	23
2-7	72,28	7,4	1,629	1,00	1,44	2,5	3,91	23
2-8	1350,032	44	4,854	104,71	151,1	95	0,32	75
8-9	130	44	0,467	19,98	28,84	6	0,49	27
8-10	160	44	0,575	19,98	28,84	6	0,61	27
8-11	240	44	0,863	19,98	28,84	6	0,91	27
8-12	340	44	1,222	19,98	28,84	6	1,29	27
8-13	440	44	1,578	19,98	28,84	6	1,67	27
8-14	21	7,4	0,464	1,40	2,02	2,5	1,16	23
8-15	12	7,4	0,249	1,40	2,02	2,5	0,63	23
8-16	7	7,4	0,148	2,00	2,88	3,5	0,27	23

Прокладання кабелів освітлювальної мережі здійснюється кабелем марки АВВГ. Мінімальні перерізи чотирьохжильних кабелів вибрані 4 мм², двохжильних 2,5 мм². До рівня підвісу ліхтарів прокладання здійснюється в трубах діаметром 20 мм. Живлення освітлювальних мереж здійснюється від щитів типу ЩО31-21 (ЩО-1) і ЩО31-32 (ЩО-2) з вхідним автоматом АЗ114, автоматами на відходящих лініях АЕ-1031-11 та кількістю підходящих ліній до 6 шт - ЩО31-21 і до 12 шт - ЩО31-32 [4].

5.4. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання цеху

Розрахунок техніко-економічного порівняння варіантів електропостачання цеху будемо проводити за методикою наведеною в [4].

Для техніко-економічного порівняння маємо 2 варіанти. Перший варіант це електропостачання з використанням комплектних шинопроводів, другий – силових пунктів.

Вибір комплектних шинопроводів.

Розрахунок електричного навантаження шинопроводів для першого варіанту проведений у вигляді табл. 5.4.1.

Комплектні шинопроводи типу ШМА для магістралей вибирають по розрахунковому струму.

$$I_{н.ШМА-1} = 636,8 \text{ А}, I_{н.ШМА-2} = 935,5 \text{ А}.$$

Вибираємо магістральні шинопроводи ШМА73УЗ з номінальним струмом $I_n = 1600 \text{ А}$, $I_{дин} = 90 \text{ кА}$, $r_0 = 0,031 \text{ мОм/м}$, $x_0 = 0,017 \text{ мОм/м}$, $z_0 = 0,036 \text{ мОм/м}$.

Вибір розподільчих шинопроводів ШРА.

ШРА-1: $I_p = 336 \text{ А}$, вибираємо ШРА73 з $I_n = 400 \text{ А}$;

$I_{дин} = 25 \text{ кА}$, $r_0 = 0,15 \text{ мОм/м}$, $x_0 = 0,17 \text{ мОм/м}$, $z_0 = 0,49 \text{ мОм/м}$.

ШРА-2: $I_p = 336,3 \text{ А}$, вибираємо ШРА73 з $I_n = 400 \text{ А}$;

$I_{дин} = 25 \text{ кА}$, $r_0 = 0,15 \text{ мОм/м}$, $x_0 = 0,17 \text{ мОм/м}$, $z_0 = 0,49 \text{ мОм/м}$.

ШРА-3: $I_p = 444,3 \text{ А}$, вибираємо ШРА73 з $I_n = 630 \text{ А}$;

$I_{дин} = 35 \text{ кА}$, $r_0 = 0,1 \text{ мОм/м}$, $x_0 = 0,13 \text{ мОм/м}$, $z_0 = 0,16 \text{ мОм/м}$.

ШРА-4: $I_p = 576,3 \text{ А}$, вибираємо ШРА73 з $I_n = 630 \text{ А}$;

$I_{дин} = 35 \text{ кА}$, $r_0 = 0,1 \text{ мОм/м}$, $x_0 = 0,13 \text{ мОм/м}$, $z_0 = 0,16 \text{ мОм/м}$.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					45

Таблиця 5.4.1. Розрахунок електричних навантажень в мережі до 1000 В до розрахунку порівняння варіантів електропостачання

№ п/п	Найменування обладнання	п	P _н , кВт		K _и	Cos	tg	Середньозмінне		n _э	K _м	Розрахункове навантаження			
			Одного	Сумарна				P _{ср} , кВт	Q _{ср} , кВАр			P _р , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА	I _р , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШРА-1															
	Машина однопозиційна ДЕЗ330	2	15	30,0	0,25	0,7	1,02	7,5	7,7						
	Машина однопозиційна ДЕЗ130	6	14	84,0	0,25	0,7	1,02	21,0	21,4						
	Машина однопозиційна ДЗ132	8	30	240,0	0,25	0,7	1,02	60,0	61,2						
	Машина однопозиційна ДЗ134	3	53,5	160,5	0,25	0,7	1,02	40,1	40,9						
	Всього по ШРА-1	19	14-53,5	514,5	0,25	0,70	1,02	128,63	131,22	19	1,42	182,6	144,3	232,8	336,0
ШРА-2															
	Машина однопозиційна KUASY260	1	22	22	0,25	0,7	1,02	5,5	5,6						
	Машина однопозиційна ДЕЗ130	6	14	84,0	0,25	0,7	1,02	21,0	21,4						
	Машина однопозиційна ДЗ132	11	30	330,0	0,25	0,7	1,02	82,5	84,2						
	Машина однопозиційна ДЗ134	2	53,5	107,0	0,25	0,7	1,02	26,8	27,3						
	Кран підвісний	1	4,6	4,6	0,1	0,5	1,73	0,5	0,8						
	Всього по ШРА-2	21	4,6-53,5	547,6	0,25	0,70	1,02	136,21	139,29	20	1,4	190,7	153,2	244,6	336,3
	Всього по ШМА-1	40	4,6-53,5	1062,1	0,25	0,70	1,02	264,835	270,51	40	1,23	325,7	297,6	441,2	636,8
ШРА-3															
	Машина однопозиційна ДЗ132	8	30	240,0	0,25	0,7	1,02	60,0	61,2						
	Машина однопозиційна ДЕЗ130	1	14	14,0	0,25	0,7	1,02	3,5	3,6						
	Машина однопозиційна KUASY170	3	12,0	36	0,25	0,7	1,02	9,0	9,2						
	Машина однопозиційна KUASY260	1	22	22	0,25	0,7	1,02	5,5	5,6						
	Установка очистки масла ПУОМ 0,2	1	2	2	0,1	0,6	1,33	0,2	0,3						
	Машина однопозиційна KUASY400	1	33	33	0,25	0,7	1,02	8,3	8,4						

Продовження табл. 5.4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Машина однопозиційна KUASY630	1	40	40	0,25	0,7	1,02	10,0	10,2						
	Машина однопозиційна ДЗ134	5	53,5	267,5	0,25	0,7	1,02	66,9	68,2						
	Агрегат видувний АВ-60	1	40	40,0	0,2	0,6	1,33	8,0	10,7						
	Всього по ШРА-3	22	2-53,5	694,5	0,25	0,69	1,04	171,33	177,35	22	1,39	238,1	195,1	307,8	444,3
ШРА-4															
	Машина однопозиційна ДЗ138	3	120	360,0	0,25	0,7	1,02	90,0	91,8						
	Машина однопозиційна ДЗ136	1	90	90,0	0,25	0,7	1,02	22,5	23,0						
	Машина однопозиційна ДЗ134	2	53,5	107,0	0,25	0,7	1,02	26,8	27,3						
	Кран підвісний	1	4,6	4,6	0,1	0,5	1,73	0,5	0,8						
	Машина однопозиційна KUASY1400	1	82,5	82,5	0,25	0,7	1,02	20,6	21,0						
	Машина однопозиційна KUASY1800	2	76	152	0,25	0,7	1,02	38,0	38,8						
	Всього по ШРА-4	10	4,6-120	796,1	0,25	0,70	1,02	198,34	202,67	10	1,67	331,2	222,9	399,3	576,3
	Всього по ШМА-2	32	2-120	1490,6	0,25	0,70	1,03	369,66	380,02	25	1,34	495,3	418,0	648,2	935,5
	Всього по цеху	72	2-120	2552,7	0,25	0,70	1,03	634,5	650,5	43	1,25	793,1	715,6	1068,2	1541,9

Перевірка шин на електродинамічну стійкість.

ШМА виконують умови стійкості до струмів КЗ

$$I_{\text{дин}} = 90 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = 29,792 \text{ кА.}$$

($i_{\text{уд}}$ – ударний струм к.з. на шинах 0,4 кВ ТП т. К2).

Всі ШРА з $I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$ проходять по динамічній стійкості до струмів КЗ.

$$I_{\text{дин}} = 35 \text{ кА} > i_{\text{уд}} = 29,792 \text{ кА.}$$

ШРА з $I_{\text{н}} = 400 \text{ А}$ не проходять по динамічній стійкості до струмів КЗ.

$$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА} < i_{\text{уд}} = 29,792 \text{ кА.}$$

тому вибираємо в якості ШРА-1 і ШРА-2 ШРА73 з $I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$ за умовою динамічної стійкості.

Визначаємо допустимі втрати напруги:

ШМА–1

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= \frac{\sqrt{3} \Sigma I_{\text{р}} l \cdot 100}{U_{\text{н}}} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot (336 \cdot 12 + 336,3 \cdot 18) \cdot 100}{380} (0,031 \cdot 0,7 + 0,017 \cdot 0,714) \cdot 10^{-3} = 0,155\%, \end{aligned}$$

ШРА–1

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= \frac{\sqrt{3} 0,5 I_{\text{р}} l \cdot 100}{U_{\text{н}}} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot 336 \cdot 66 \cdot 100}{380} (0,1 \cdot 0,7 + 0,13 \cdot 0,714) \cdot 10^{-3} = 0,823\%, \end{aligned}$$

ШРА–2

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= \frac{\sqrt{3} 0,5 I_{\text{р}} l \cdot 100}{U_{\text{н}}} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot 336,3 \cdot 66 \cdot 100}{380} (0,1 \cdot 0,7 + 0,13 \cdot 0,714) \cdot 10^{-3} = 0,824\%, \end{aligned}$$

ШМА–2

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= \frac{\sqrt{3} \Sigma I_{\text{р}} l \cdot 100}{U_{\text{н}}} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot (444,3 \cdot 18 + 576,3 \cdot 36) \cdot 100}{380} (0,031 \cdot 0,7 + 0,017 \cdot 0,714) \cdot 10^{-3} = 0,443\% \end{aligned}$$

ШРА–3

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

Продовження табл. 5.4.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
27	16	2	25	62	13	9	25
28	24	3	25	63	6	2	185
29	15	3	25	64	2	2	25
30	10	5	25	65	10	2	70
31	18	5	70	66	15	4	70
32	12	2	25	67	12	7	70
33	15	2	70	68	9	5	120
34	15	5	25	69	5	2	185
35	10	5	70	70	6	2	185
Всього					38	8	4
					151	44	6
					16	10	16
					304	105	25
					24	14	50
					116	34	70
					32	18	95
					23	14	120
					17	6	185

Розрахунок капіталовкладення по варіантам наведено в табл. 5.4.3.

Таблиця 5.4.3. Розрахунок капітальних вкладень

№	Елемент схеми	Одиниці	Кількість	Вартість, грн.	Всього, грн.
Варіант 1	ШМА 73 УЗ	м	54	1590	85860
	ШРА 73	м	264	1420	374880
	Кабель АВВГ, мм ²				
	4	м	8	63	504
	6	м	44	65	2860
	16	м	10	78	780
	25	м	105	88,5	9292,5
	50	м	14	121	1694
	70	м	34	146,5	4981
	95	м	18	178	3204
	120	м	14	210,5	2947
	185	м	6	296	1776
	Вимикач АВМ	шт.	2	2140	4280
				Всього	493058,5
Варіант 2	Силовий пункт ПР-8505	шт.	8	15000	120000
	Кабель АВВГ, мм ²				
	4	м	38	63	2394
	6	м	151	65	9815
	16	м	16	78	1248
	25	м	604	88,5	53454
	50	м	24	121	2904
	70	м	182	146,5	26663
	95	м	740	178	131720
	120	м	131	210,5	27575,5
	185	м	17	296	5032
	Вимикач АВМ	шт.	8	2140	17120
	Всього				397925,5

Розрахунки поточних витрат зводимо в табл. 5.4.4.

Таблиця 5.4.4. Розрахунок поточних витрат

№	Елемент схеми	K , грн	H_a , %	H_e , %	$H_{a.e.}$, %	C , грн
Варіант 1	Кабельні лінії	32318,5	5	5	10	3231,85
	Шинопровід	460740	15	5	20	92148
	Вимикачі автоматичні	4280	15	5	20	856
	Всього					96235,85
Варіант 2	Кабельні лінії	277925,5	5	5	10	27792,55
	Силовий пункт ПР-8505	120000	15	5	20	24000
	Вимикачі автоматичні	17120	10	5	20	3424
	Всього					55216,55

Розрахунок вартості втрат електроенергії

Втрати потужності в кабельній лінії ТП-СП1:

$$\Delta P_{\text{клСП1}} = I_{\text{р.клСП1}}^2 \cdot r_{0\text{клСП1}} \cdot l = 129,1^2 \cdot 0,48 \cdot 66 \cdot 10^6 = 0,528 \text{ кВт},$$

Втрати енергії:

$$\Delta E_{\text{СП1}} = \Delta P_{\text{клСП1}} \tau_{\text{max}} = 0,528 \cdot 1363 = 719,66 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість втрат електроенергії:

$$B_{\text{СП1}} = \Delta E_{\text{СП1}} \cdot C_0 = 719,66 \cdot 4,06 = 2921,86 \text{ грн.},$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії.

Аналогічно розраховуємо вартість втрат електроенергії в інших КЛ та шинопроводах. Результати розрахунку наведені в табл. 5.4.5.

Остаточний розрахунок обох варіантів наведено в таблиці 5.4.6.

Таблиця 5.4.5. Розрахунок втрат у КЛ та шинопроводах

Втрати при силових пунктах						Втрати при шинопроводах					
КЛ	r_o , мОм/м	L , м	R , мОм	I , А	B , грн	КЛ	r_o , мОм/м	L , м	R , мОм	I , А	B , грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП-СП1	0,48	66	31,68	129,1	2921,86	ШМА-1	0,031	18	0,558	636,8	1252,17
ТП-СП2	0,35	72	25,2	159,2	3534,34	ШМА-2	0,031	36	1,116	935,5	5404,73
ТП-СП3	0,175	108	18,9	288	8674,98	ШРА-1	0,1	66	6,6	336	4123,29
ТП-СП4	0,175	36	6,3	257,1	2304,45	ШРА-2	0,1	66	6,6	336,3	4130,66
ТП-СП5	0,175	36	6,3	278,6	2705,98	ШРА-3	0,1	66	6,6	444,3	7209,72
ТП-СП6	0,175	90	15,75	282,5	6955,68	ШРА-4	0,1	66	6,6	576,3	12130,06
ТП-СП7	0,175	48	8,4	267,4	3323,72	ШРА1-1	5,55	5	27,75	30,9	146,90
ТП-СП8	0,14	54	7,56	375,5	5898,80	ШРА1-2	5,55	5	27,75	28,9	127,97
СП1-1	5,55	7	38,85	30,9	205,66	ШРА1-3	5,55	5	27,75	30,9	146,90

											Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							51

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СП1-2	5,55	5	27,75	28,9	127,97	ШРА1-4	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-3	5,55	4	22,2	30,9	117,52	ШРА1-5	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-4	5,55	9	49,95	28,9	230,34	ШРА1-6	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-5	5,55	9	49,95	28,9	230,34	ШРА1-7	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП1-6	5,55	9	49,95	28,9	230,34	ШРА1-8	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-7	1,33	10	13,3	61,9	281,63	ШРА2-9	5,55	5	27,75	28,9	127,97
СП1-8	5,55	14	77,7	28,9	358,31	ШРА1-10	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-9	5,55	19	105,45	28,9	486,28	ШРА2-11	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-10	5,55	14	77,7	28,9	358,31	ШРА2-12	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-11	5,55	16	88,8	28,9	409,50	ШРА2-13	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП1-12	5,55	16	88,8	28,9	409,50	ШРА2-14	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП2-13	5,55	7	38,85	28,9	179,16	ШРА2-15	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП2-14	1,33	10	13,3	61,9	281,63	ШРА2-16	5,55	3	16,65	28,9	76,78
СП2-15	1,33	8	10,64	61,9	225,30	ШРА2-17	1,33	3	3,99	61,9	84,49
СП2-16	5,55	12	66,6	28,9	307,12	ШРА2-18	5,55	3	16,65	28,9	76,78
СП2-17	1,33	7	9,31	61,9	197,14	ШРА2-19	2,08	3	6,24	45,4	71,06
СП2-18	5,55	3	16,65	28,9	76,78	ШРА1-20	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП2-19	2,08	4	8,32	45,4	94,74	ШРА1-21	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП2-40	5,55	12	66,6	28,87	307,12	ШРА1-22	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП2-41	8,35	6	50,1	24,74	169,74	ШРА1-23	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП2-42	8,35	3	25,05	4,811	3,21	ШРА1-24	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП2-43	1,33	5	6,65	61,86	140,81	ШРА2-25	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП2-47	8,35	9	75,15	24,74	254,61	ШРА2-26	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП3-45	8,35	20	167	24,74	565,80	ШРА2-27	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП3-46	1,33	17	22,61	68,04	579,31	ШРА2-28	1,33	3	3,99	61,9	84,49
СП3-48	0,28	14	3,92	170,1	627,74	ШРА2-29	1,33	3	3,99	61,9	84,49
СП3-49	2,08	12	24,96	45,36	284,23	ШРА1-30	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП3-50	0,67	15	10,05	82,48	378,33	ШРА1-31	0,48	5	2,4	110,3	161,62
СП3-51	0,35	9	3,15	156,7	428,08	ШРА1-32	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП3-53	0,35	6	2,1	156,7	285,38	ШРА1-33	0,48	2	0,96	110,3	64,65
СП4-20	1,33	8	10,64	61,86	225,30	ШРА2-34	1,33	5	6,65	61,9	140,81
СП4-21	1,33	6	7,98	61,86	168,98	ШРА1-35	0,48	5	2,4	110,3	161,62
СП4-22	1,33	10	13,3	61,86	281,63	ШРА2-36	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП4-23	1,33	9	11,97	61,86	253,47	ШРА2-37	0,48	2	0,96	110,3	64,65
СП4-24	1,33	12	15,96	61,86	337,96	ШРА2-38	1,33	3	3,99	61,9	84,49
СП4-25	1,33	12	15,96	61,86	337,96	ШРА2-39	0,48	3	1,44	110,3	96,97
СП4-26	1,33	17	22,61	61,86	478,77	ШРА3-40	5,55	2	11,1	28,9	51,19
СП4-27	1,33	16	21,28	61,86	450,61	ШРА3-41	8,35	2	16,7	24,7	56,58
СП4-30	1,33	10	13,3	61,86	281,63	ШРА3-42	8,35	2	16,7	4,8	2,14
СП4-32	1,33	12	15,96	61,86	337,96	ШРА3-43	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП4-34	1,33	15	19,95	61,86	422,44	ШРА3-44	0,48	2	0,96	110,3	64,65
СП4-36	1,33	18	23,94	61,86	506,93	ШРА3-45	8,35	2	16,7	24,7	56,58
СП5-28	1,33	24	31,92	61,86	675,91	ШРА3-46	1,33	2	2,66	68,0	68,15
СП5-29	1,33	15	19,95	61,86	422,44	ШРА3-47	8,35	2	16,7	24,7	56,58
СП5-31	0,48	18	8,64	110,3	581,84	ШРА4-48	0,28	9	2,52	170,1	403,55
СП5-33	0,48	15	7,2	110,3	484,87	ШРА3-49	2,08	7	14,56	45,4	165,80
СП5-35	0,48	10	4,8	110,3	323,25	ШРА3-50	0,67	7	4,69	82,5	176,55
СП5-37	0,48	9	4,32	110,3	290,92	ШРА4-51	0,35	6	2,1	156,7	285,38
СП5-38	1,33	6	7,98	61,86	168,98	ШРА4-52	0,35	6	2,1	156,7	285,38
СП5-39	0,48	3	1,44	110,3	96,97	ШРА4-53	0,35	3	1,05	156,7	142,69
СП5-71	5	78	390	13,28	380,56	ШРА4-54	0,35	3	1,05	156,7	142,69
СП6-52	0,35	10	3,5	156,7	475,64	ШРА3-55	0,48	2	0,96	110,3	64,65

Продовження табл. 5.4.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СП6-54	0,35	7	2,45	156,7	332,95	ШРА3-56	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП6-58	0,67	9	6,03	96,23	308,97	ШРА3-57	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП6-63	0,18	6	1,08	247,4	365,91	ШРА3-58	0,67	7	4,69	96,2	240,31
СП7-44	0,48	12	5,76	110,3	387,90	ШРА3-59	1,33	7	9,31	61,9	197,14
СП7-55	0,48	12	5,76	110,3	387,90	ШРА3-60	1,33	7	9,31	61,9	197,14
СП7-56	1,33	3	3,99	61,86	84,49	ШРА3-61	1,33	9	11,97	61,9	253,47
СП7-57	1,33	6	7,98	61,86	168,98	ШРА3-62	1,33	9	11,97	61,9	253,47
СП7-59	1,33	10	13,3	61,86	281,63	ШРА4-63	0,18	2	0,36	247,4	121,97
СП7-60	1,33	10	13,3	61,86	281,63	ШРА3-64	1,33	2	2,66	61,9	56,33
СП7-61	1,33	13	17,29	61,86	366,12	ШРА3-65	0,48	2	0,96	110,3	64,65
СП7-62	1,33	13	17,29	61,86	366,12	ШРА3-66	0,48	4	1,92	110,3	129,30
СП7-64	1,33	2	2,66	61,86	56,33	ШРА3-67	0,48	7	3,36	110,3	226,27
СП7-65	0,48	10	4,8	110,3	323,25	ШРА4-68	0,48	5	2,4	185,6	457,38
СП8-66	0,48	15	7,2	110,3	484,87	ШРА4-69	0,18	2	0,36	247,4	121,97
СП8-67	0,48	12	5,76	110,3	387,90	ШРА4-70	0,18	2	0,36	247,4	121,97
СП8-68	0,28	9	2,52	185,6	480,25	ШРА2-71	5	78	390	13,3	380,56
СП8-69	0,18	5	0,9	247,4	304,92	ШРА4-72	5	85	425	13,3	414,71
СП8-70	0,18	6	1,08	247,4	365,91	Всього вартість втрат					43186,47
СП8-72	5	85	425	13,28	414,71						
Всього вартість втрат					59287,51						

Таблиця 5.4.6. Техніко-економічні показники варіантів електропостачання

№	Показники	Одиниці	Варіант схеми	
			I	II
1	Капітальні вкладення	грн.	493058,5	397925,5
2	Поточні витрати	грн.	96235,85	55216,55
3	Вартість втрат електроенергії	грн.	43186,47	59287,51
4	Приведені витрати	грн.	198589,34	162255,12

Таким чином, розрахунки приведених витрат показали, що різниця між варіантами складає більше 20%. Тому для подальших розрахунків приймаємо варіант II схеми електропостачання цеху з використанням силових пунктів.

5.5. Вибір електрообладнання

Вибір високовольтних вимикачів.

Вибір високовольтних вимикачів будемо проводити за методикою викладеною в [6, 8].

На боці 10 кВ встановлюємо типові шафи серії КРЗ-10 з вимикачами VM1S.

$$I_{\text{роб}} = 1,4 \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}} = 1,4 \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,92 \text{ А,}$$

											Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							53

$$i_{уд} = \sqrt{2} I'' k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 8,3 \cdot 1,8 = 21,13 \text{ кА},$$

$$B_k = (I'')^2 t_{від} = 8,3^2 \cdot 1 = 68,89 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Результати вибору вимикача наведені в табл. 5.5.1.

Таблиця 5.5.1. Вибір вимикача 10 кВ ліній, що відходять до ТП.

Параметри мережі	Умови вибору	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{вст} \leq U_n$	10 кВ
50,92 А	$I_{роб} \leq I_n$	630 А
8,3 кА	$I'' \leq I_{дин.}$	20 кА
21,13 кА	$i_y \leq 1,8 \sqrt{2} i_{дин.}$	50,9 кА
8,3 кА	$I_{нт} \leq I_{н.від}$	20 кА
11,73 кА	$\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{н.від} (1 + \beta_k)$	40 кА
68,89 кА ² ·с	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	1600 кА ² ·с

Вибір автоматичних вимикачів

До установки приймаємо КТП з трансформаторами потужністю 630 кВА, ввідні шафи типу ШН-8 мають автоматичні вимикачі типу АВМ, отже цей тип і приймається для встановлення.

Номінальний струм ввідного автоматичного вимикача дорівнює струму трансформатора найбільш важкого режиму, з урахуванням 40% перевантаження.

Вибір ввідного та секційного вимикача.

Номінальний струм вимикача:

$$I_n = 1,4 \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} U_n} = 1,4 \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1340 \text{ А}.$$

Приймаємо автомат АВМ-15.

Номінальний струм автомата: $I_{н.авт} = 1500 \text{ А}.$

Номінальний струм розмикача: $I_{н.роз} = 1500 \text{ А}.$

Струм вставки в зоні спрацьовування від перевантаження:

$$I_{у.тепл} = 1,25 I_{н.роз} = 1,25 \cdot 1500 = 1875 \text{ А}.$$

Струм вставки в зоні спрацьовування від струмів КЗ:

$$I_{у.роз} = 5 I_{н.роз} = 5 \cdot 1500 = 7500 \text{ А}.$$

Перевірка автомата:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

$$1. I_{\text{кз}}^{(1)} \geq 1,25 I_{\text{у.роз}}; \quad 12820 \text{ А} > 9375 \text{ А}$$

$$2. I_{\text{дин}} \geq I_{\text{у}}^{(3)}; \quad 30 \text{ кА} > 29,792 \text{ кА}$$

Вибір ввідних автоматів СП.

Розрахунковий струм СП-1 $I_{\text{р}} = 129,1 \text{ А}$.

Вибираємо автомат АВМ-4 $I_{\text{н.авт}} = 400 \text{ А}$.

Номінальний струм розмикача: $I_{\text{н.роз}} = 200 \text{ А}$.

Струм вставки в зоні спрацьовування від перенавантаження:

$$I_{\text{у.тепл}} = 1,25 I_{\text{н.роз}} = 1,25 \cdot 200 = 250 \text{ А}.$$

Струм вставки в зоні спрацьовування від струмів КЗ:

$$I_{\text{у.роз}} = 2 I_{\text{н.роз}} = 2 \cdot 200 = 400 \text{ А}.$$

Перевірка автомата:

$$1. I_{\text{кз}}^{(1)} \geq 1,25 I_{\text{у.роз}}; \quad 2077 \text{ А} > 500 \text{ А}$$

$$2. I_{\text{дин}} \geq I_{\text{у}}^{(3)}; \quad 42 \text{ кА} > 5,237 \text{ кА}$$

Вибір інших автоматів подібний результати розрахунків заносимо в Табл.

5.5.2.

Таблиця 5.5.2. Вибір ввідних автоматів СП

Найменування обладнання	$I_{\text{р}}, \text{ А}$	$I_{\text{к}}^{(3)}, \text{ кА}$	$I_{\text{к}}^{(1)}, \text{ кА}$	Тип автомату	$I_{\text{ном.авт}}, \text{ А}$	$I_{\text{ном.розц}}, \text{ А}$	$I_{\text{у.тепл}}, \text{ А}$	$I_{\text{у.розц}}, \text{ А}$	$1,25 \cdot I_{\text{у.розц}}, \text{ А}$
СП-1	129,1	5,237	2,077	АВМ-4	400	150	187,5	750	937,5
СП-2	159,2	6,127	2,552	АВМ-4	400	200	250	1000	1250
СП-3	288	7,443	3,233	АВМ-4	400	400	500	2000	2500
СП-4	257,1	11,399	6,3	АВМ-4	400	400	500	2000	2500
СП-5	278,6	11,399	6,3	АВМ-4	400	400	500	2000	2500
СП-6	282,5	8,213	3,381	АВМ-4	400	400	500	2000	2500
СП-7	267,4	10,57	5,44	АВМ-4	400	400	500	2000	2500
СП-8	375,5	10,78	4,725	АВМ-4	400	400	500	2000	2500

Вибір автоматів електроприймачів.

Вибір автоматів для електроприймачів подібний вибору автоматів до силових пунктів результати розрахунків заносимо в табл. 5.5.3.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					55

Таблиця 5.5.3. Вибір автоматичних вимикачів до ЕП

п/п	Найменування обладнання	I_p , А	$I_k^{(3)}$, кА	$I_k^{(1)}$, кА	Тип автомату	$I_{ном.авт}$, А	$I_{ном.розц}$, А	$I_{у.тепл}$, А	$I_{у.розц}$, А	$1,25 \cdot I_{у.розц}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Машина однопозиційна ДЕ3330	30,93	2,557	12,82	AE2056	100	32	40	96	120
2	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,921	2,077	AE2056	100	32	40	96	120
3	Машина однопозиційна ДЕ3330	30,93	3,143	2,552	AE2056	100	32	40	96	120
4	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,272	3,233	AE2056	100	32	40	96	120
5	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,272	6,3	AE2056	100	32	40	96	120
6	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,272	6,3	AE2056	100	32	40	96	120
7	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	3,789	3,381	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
8	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	1,772	5,44	AE2056	100	32	40	96	120
9	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	1,451	4,725	AE2056	100	32	40	96	120
10	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	1,772	0,935	AE2056	100	32	40	96	120
11	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	1,628	1,076	AE2056	100	32	40	96	120
12	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	1,628	1,164	AE2056	100	32	40	96	120
13	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,777	0,826	AE2056	100	32	40	96	120
14	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	4,267	0,826	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
15	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	4,481	0,826	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
16	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,07	1,434	AE2056	100	32	40	96	120
17	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	4,596	0,641	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
18	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	3,784	0,523	AE2056	100	32	40	96	120
19	Машина однопозиційна КУASY260	45,36	4,351	0,641	AE2056	100	50	62,5	150	187,5
20	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	7,207	2,937	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
21	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	7,766	3,259	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
22	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,708	2,673	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
23	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,95	2,799	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
24	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,264	2,453	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
25	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,264	2,453	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
26	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,35	2,033	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
27	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,514	2,105	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
28	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	4,417	1,641	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
29	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,686	2,183	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
30	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,708	2,673	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
31	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,079	3,554	A3730	400	160	200	480	600

Продовження табл. 5.5.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
32	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,264	2,453	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
33	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,451	3,788	AE2056	100	100	125	300	375
34	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,686	2,183	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
35	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	9,129	4,252	A3730	400	160	200	480	600
36	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,196	1,966	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
37	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	9,274	4,359	A3730	400	160	200	480	600
38	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	7,766	3,259	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
39	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	10,206	5,135	A3730	400	160	200	480	600
40	Машина однопозиційна ДЕ3130	28,87	2,07	0,751	AE2056	100	32	40	96	120
41	Машина однопозиційна KUASY170	24,74	2,442	0,872	AE2056	100	25	31,25	75	93,75
42	Установка очистки масла ПУОМ 0,2	4,811	3,334	1,223	AE2056	100	16	20	48	60
43	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	4,842	1,909	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
44	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,257	3,679	A3730	400	160	200	480	600
45	Машина однопозиційна KUASY170	24,74	1,107	0,385	AE2056	100	25	31,25	75	93,75
46	Машина однопозиційна KUASY400	68,04	4,112	1,557	AE2056	100	80	100	240	300
47	Машина однопозиційна KUASY170	24,74	1,92	0,678	AE2056	100	25	31,25	75	93,75
48	Машина однопозиційна KUASY1400	170,1	6,44	2,578	A3730	400	200	250	600	750
49	Машина однопозиційна KUASY260	45,36	3,714	1,371	AE2056	100	50	62,5	150	187,5
50	Машина однопозиційна KUASY630	82,48	5,414	2,172	AE2056	100	100	125	300	375
51	Машина однопозиційна KUASY1800	156,7	6,595	2,788	A3730	400	160	200	480	600
52	Машина однопозиційна KUASY1800	156,7	7,141	3,074	A3730	400	160	200	480	600
53	Машина однопозиційна KUASY1800	156,7	6,791	2,889	A3730	400	160	200	800	1000
54	Машина однопозиційна KUASY1800	156,7	7,367	3,198	A3730	400	160	200	800	1000
55	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,257	3,679	A3730	400	160	200	800	1000
56	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	8,153	3,553	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
57	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	7,283	3,013	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
58	Агрегат видувний АВ-60	96,23	6,6	2,747	AE2056	100	100	125	300	375
59	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,329	2,505	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
60	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	6,329	2,505	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
61	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,743	2,224	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
62	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	5,743	2,224	AE2056	100	63	78,75	189	236,25
63	Машина однопозиційна ДЕ3138	247,4	7,767	3,405	A3730	400	250	312,5	750	937,5
64	Машина однопозиційна ДЕ3132	61,86	8,475	3,779	AE2056	100	63	78,75	189	236,25

Вим.

Арк.

№ документа

Підпис

Дата

57

Арк.

Продовження табл. 5.5.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
65	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,509	3,842	A3730	400	160	200	480	600
66	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,063	3,155	A3730	400	160	200	480	600
67	Машина однопозиційна ДЗ134	110,3	8,43	3,337	A3730	400	160	200	480	600
68	Машина однопозиційна ДЕЗ136	185,6	9,475	3,753	A3730	400	200	250	600	750
69	Машина однопозиційна ДЕЗ138	247,4	10,187	4,328	A3730	400	250	312,5	750	937,5
70	Машина однопозиційна ДЕЗ138	247,4	10,112	4,278	A3730	400	250	312,5	750	937,5
71	Кран підвісний	13,28	0,537	0,179	AE2056	100	16	20	48	60
72	Кран підвісний	13,28	0,494	0,164	AE2056	100	16	20	48	60

Вим.	
Арк.	
№ документа	
Підпис	
Дата	
Арк.	58

Вибір силових пунктів

Приймаємо до установки силові пункти типу ПР-8505, вибір модифікації проводимо у вигляді табл. 5.5.4.

Таблица 5.5.4. Вибір силових пунктів

СП	Модифікація	$I_{роз}, A$	$I_{ном}, A$	Наявність ввідного автомату	Кількість вимикачів на фідерах
СП-1	3036	129,1	250	-	12
СП-2	3036	159,2	250	-	12
СП-3	3067	288	400	-	7
СП-4	3068	257,1	400	-	12
СП-5	3059	278,6	400	-	9
СП-6	3053	282,5	400	-	4
СП-7	3059	267,4	400	-	10
СП-8	3055	375,5	400	-	6

6. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ

6.1. Вступ

Система електрозбереження розглядається та розробляється, як комплекс заходів направлених на економію електричної енергії на усіх етапах її передачі, перетворення та використання. Такий підхід обумовлений тим, що не існує одного універсального способу або методу економії електричної енергії. Також розроблені методики підходу до економії електричної енергії стосуються конкретної енергетичної установки, яка здійснює передачу, перетворення (наприклад, трансформатори) або використання (наприклад, електричні двигуни, насосні або вентиляційні установки і т.п.) електроенергії. Отже, їх поєднання (синтез) утворює суцільну систему електрозбереження на підприємстві, яка і розглядається в даному спеціальному розділі випускної кваліфікаційної роботи.

6.2. Загальні фактори економії електроенергії

Класифікація факторів економії електроенергії:

- технічні;
- технологічні;
- економічні;
- організаційні.

До технічних факторів слід віднести:

1) Скорочення втрат в розподільчих мережах, лініях електропередачі, а також пристроях електропостачання:

- використання трансформаторів з поліпшеною сталю магнітопроводу;
- використання трансформаторів з РПН (регулюванням напруги під навантаженням);

- використання пристроїв компенсації;

2) Зниження втрат електроенергії на стадії використання:

- приведення встановленої потужності до тієї, яка споживається;
- зниження втрат в струмопроводах;
- установка обмежувачів не навантажувального ходу (холостого ходу);

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

- приведення конфігурації цехових мереж до оптимуму;
- оптимізація режимів роботи освітлювальних, силових і електротехнологічних установок та пристроїв.

До технологічних факторів слід віднести:

1) Заміна виробничого обладнання:

- використання більш економного технічного та електротехнічного обладнання;

- вивід та модернізація фізично і морально зношеного обладнання;

2) До інших технологічних факторів відносяться:

- зниження позапланових простоїв;
- зменшення механічних втрат;
- перехід з механічної обробки на штампову;
- заміна фрезерування на прокатку.

До економічних факторів слід віднести:

1) Вдосконалення способів економічного стимулювання за поліпшення використання електричної енергії.

2) Введення плати за розмір виробничих фондів.

3) Вдосконалення методів планування обсягів споживання електроенергії.

4) Комбінування та спеціалізація виробництва.

До організаційних факторів слід віднести:

1) Вдосконалення методів нормування і контролю за раціональним використанням електроенергії.

2) Вдосконалення системи контролю та обліку.

Основний резерв економії електричної енергії закладений в самій технології промислового виробництва. Так, машини та механізми, що працюють з прямолінійною енергетичною характеристикою типу

$$P = \Delta P_{xx} + \omega_{кор} A,$$

повинні працювати з максимальної продуктивністю A , адже питомі витрати енергії для в цьому випадку дорівнюватимуть

$$\omega = \Delta P_{xx}/A + \omega_{кор},$$

де $\omega_{кор}$ – корисна питома витрата електричної енергії.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

Для машин та механізмів, які мають параболічну енергетичну характеристику (наприклад, відцентрові вентилятори, ковшові елеватори і т. п.) типу

$$P = \Delta P_{xx} + \omega_{\text{кор}} A^2$$

питомі витрати електричної енергії будуть мати наступний вигляд

$$\omega = \Delta P_{xx}/A + \omega_{\text{кор}} A.$$

Отже, для таких механізмів оптимальний режим буде спостерігатися при

$$d\omega/dA = -\Delta P_{xx}/A^2 + \omega_{\text{кор}} = 0,$$

звідки можна отримати

$$A_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{xx}}{\omega_{\text{кор}}}}.$$

6.3. Економія електроенергії в засобах передавання і перетворення

6.3.1. Економія електроенергії в електричних мережах.

Сумарні річні втрати електричної енергії в лініях електропередач можна визначити за наступні формулами:

$$1. \Delta W = \sum_{i=1}^n 3I_i^2 R t_i = 3I_{\text{ск}}^2 R T_p = 3I_{\text{ср}}^2 R T_p K_{\phi}^2 = 3I_{\text{м}}^2 R T_p K_{\phi}^2 K_{\text{н}}^2 = 3^2 R T_p K_{\text{в}}^2$$

$$2. \Delta W = 3I_{\text{м}}^2 R \tau_{\text{м}}$$

де: $I_{\text{ск}}$, $I_{\text{ср}}$, $I_{\text{м}}$ – відповідно середньоквадратичний, середньорічний та максимальний струми;

$K_{\phi} = I_{\text{ск}}/I_{\text{ср}}$ – коефіцієнт форми графіка навантаження;

$K_{\text{н}} = I_{\text{ср}}/I_{\text{м}}$ – коефіцієнт навантаження;

$K_{\text{в}} = K_{\phi} K_{\text{н}}$ – коефіцієнт втрат;

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 8760 \text{ – кількість годин максимальних втрат;}$$

$$T_{\text{м}} = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_{\text{м}}} \text{ – кількість годин використання максимуму навантаження;}$$

W_p , V_p – річні витрати активної та реактивної енергії відповідно;

$S_{\text{м}}$ – максимальна повна потужність.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

Перелік заходів по економії електроенергії в електричних мережах:

- використання резервних ліній для зменшення струму;
- включення ліній на паралельну роботу;
- використання схем електропостачання без реакторів;
- підвищення напруги розподільчих мереж (660 В);
- встановлення оптимальних коефіцієнтів трансформації трансформаторів для цехових та міських підстанцій;
- зменшення фазової несиметрії навантажень;
- використання оптимальної топології для електричних мереж (коротка мережа).

Економія електроенергії в електричній мережі шляхом переведу її на більшу напругу.

Величина економії електроенергії в електричній мережі шляхом застосування підвищеної напруги може бути визначена за формулою, кВт·год/рік:

$$\Delta E = 0,003\rho L t \left(\frac{I_1^2}{F_1} - \frac{I_2^2}{F_2} \right);$$

де L – довжина електричної мережі, м;

I_1, I_2 – відповідно середнє значення струмів для проводі при низькій та високій напрузі;

ρ – питомий опір матеріалу струмопроводу;

F_1, F_2 – відповідно переріз струмопроводу при низькій та високій напрузі, мм²;

t – час роботи лінії на рік, год.

У випадку, якщо проводи на замінювалися, то $F_1 = F_2$.

Економію електричної енергії у випадку реконструкцій мереж з збереженням напруги (заміна перетину, матеріалу, зменшення довжини) можна визначити за формулою, кВт·год/рік:

$$\Delta E = 0,003 I_{ск}^2 \left(\frac{\rho_1 L_1}{F_1} - \frac{\rho_2 L_2}{F_2} \right) t,$$

де $I_{ск}$ – значення середньоквадратичного струму, А;

L_1, F_1, ρ_1 – відповідно довжина, перетин і питомий опір матеріалу проводу до

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

реконструкції;

L_2, F_2, ρ_2 – відповідно довжина, перетин і питомий опір матеріалу проводу після реконструкції;

t – розрахунковий час, год.

6.3.2. Економія електроенергії в трансформаторах

Приведену втрату активної потужності в трансформаторі можна визначити за формулою:

$$\Delta P_T = \Delta P'_{xx} + K_3^2 \Delta P'_{k3},$$

де $\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + K_{пв} \Delta Q_{xx}$; $\Delta P'_{k3} = \Delta P_{k3} + K_{пв} \Delta Q_{k3}$;

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx} \%}{100} S_{н.т}; \Delta Q_{k3} = \frac{U_{k3} \%}{100} S_{н.т};$$

$K_{пв} = 0,02-0,12 \text{ кВт/кВар}$ – коефіцієнт підвищення втрат від перетоку реактивної потужності між джерелом живлення та споживачем.

Економічний режим роботи декількох трансформаторів забезпечується мінімумом втрат електроенергії в них. Оптимальний режим паралельної роботи трансформаторів визначається кількістю одночасно включених трансформаторів та їх параметрами. На підстанціях з однаковими трансформаторами кількість одночасно включених визначається наступними умовами:

1) при збільшенні навантаження включення $(n+1)$ трансформатора економічно вигідно, якщо їх коефіцієнт завантаження складе

$$K_3 \geq \sqrt{\frac{n+1}{n}} \sqrt{\frac{\Delta P_{xx} + K_{пв} \Delta Q_{xx}}{\Delta P_{k3} + K_{пв} \Delta Q_{k3}}};$$

2) при зниженні навантаження економічно вигідно відключати один трансформатор, якщо K_3 працюючих складе

$$K_3 \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} \sqrt{\frac{\Delta P_{xx} + K_{пв} \Delta Q_{xx}}{\Delta P_{k3} + K_{пв} \Delta Q_{k3}}},$$

де n – кількість одночасно працюючих трансформаторів;

ΔP_{xx} та ΔP_{k3} – відповідно втрати холостого ходу та короткого замкнення трансформатора (за каталожними даними).

У випадку встановлення на підстанції двох та більше трансформаторів з

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

різними характеристиками (ΔP_{xx} , $\Delta P_{kз}$, I_{xx} , $U_{kз}$, $S_{н.т.}$) необхідно будувати графіки залежності втрат приведеної потужності від навантаження цих трансформаторів.

Для побудови графіків залежності приведених втрат активної потужності в трансформаторах можна скористатися наступним виразом:

$$\Sigma \Delta P = n(\Delta P_{xx} + K_{пв} \Delta Q_{xx}) + (\Delta P_{kз} + K_{пв} \Delta Q_{kз}) K_3^2 / n.$$

В подальшому за цими графіками в залежності від навантаження визначають режими роботи трансформаторів на підстанції. Тобто підключення або відключення додаткових трансформаторів на паралельну роботу.

Отже, зменшення втрат потужності та електроенергії в трансформаторах можна досягати наступними заходами:

- оптимальною кількістю та потужністю працюючих трансформаторів;
- зменшенням кількості працюючих трансформаторів в години нічних провалів потужності;
- виключенням холостих ходів трансформаторів;
- автоматичною системою керування режимами роботи цехових підстанцій.

6.4. Економії електроенергії на етапі використання

6.4.1. Економія електроенергії в електродвигунах.

1. Підвищення навантаження робочих машин

Збільшення середнього навантаження електричних двигунів робочих машин зменшує питомі витрати електричної енергії. Як видно з рис. 6.1 зменшення навантаження робочої машини призводить до зменшення коефіцієнту корисної дії (ККД) електродвигуна та особливо робочої машини в цілому.

З метою обчислення економії електроенергії при збільшенні навантаження робочої машини використовується поняття питомої витрати енергії.

Питома витрата енергії може бути обчислена за формулою [9]:

$$\Delta E = \frac{1}{\eta_{м.н.} K_n} \left(K_n + \frac{\alpha(1 - \eta_{м.н.})}{K_t} \right),$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

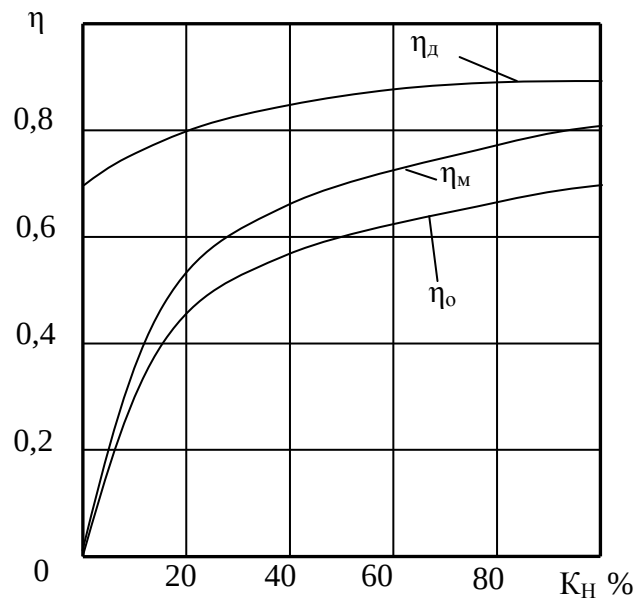


Рис. 6.1. Залежність ККД робочої машини η_m , двигуна η_d та всього приводу η_o від коефіцієнта навантаження K_H . [9]

де $\eta_{м.н.}$ – ККД робочої машини при $K_H = 1$;

$K_H = P_d / P_{д.ном}$ – коефіцієнт навантаження;

P_d – фактична потужність двигуна, кВт;

$P_{д.ном}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_T = T_m / (T_m + T_x)$ – коефіцієнт використання робочої машини;

T_m – час роботи, год.;

T_x – час роботи на холостому ході, год.;

α – коефіцієнт, що залежить від типу та конструкції робочої машини, дорівнює 0,7-0,9.

За відсутності холостого ходу робочої машини питома витрата електроенергії буде дорівнювати

$$\Delta E' = \frac{K_H + \alpha(1 - \eta_{м.н.})}{\eta_{м.н.} K_H}.$$

Максимальний режим роботи робочої машини буде спостерігатися при відсутності холостого ходу ($K_H = 1$) та номінальному завантаженні ($K_T = 1$). Тоді питома витрата енергії набуде мінімального значення та може бути визначена за формулою

$$\Delta E_0 = \frac{1 + \alpha(1 - \eta_{\text{м.н.}})}{\eta_{\text{м.н.}}}$$

Співвідношення $\beta = \Delta E/E_0$ показує коефіцієнт збільшення питомої витрати електроенергії в залежності від часу роботи в режимі холостого ходу та навантаження і може бути визначена за формулою

$$\beta = \frac{K_{\text{н}} K_{\text{т}} + \alpha(1 - \eta_{\text{м.н.}})}{[1 + \alpha(1 - \eta_{\text{м.н.}}) K_{\text{н}} K_{\text{т}}]}$$

На рис. 6.2 наведені графіки $\beta = (K_{\text{н}})$, за якими можливо визначити економію електроенергії, що можна отримати завдяки підвищенню навантаження робочої машини.

2. Встановлення автоматичних обмежувачів холостого ходу для робочих машин.

Застосування автоматичних обмежувачів холостого ходу на верстатах де час між операціями більше 10 с. (час холостого ходу), як правило, призводить до економії електричної енергії. У випадку коли час між операціями має менше значення ніж 10 с, питання установки автоматичних обмежувачів холостого ходу потрібно вирішувати шляхом проведення розрахунків або контрольних вимірювань.

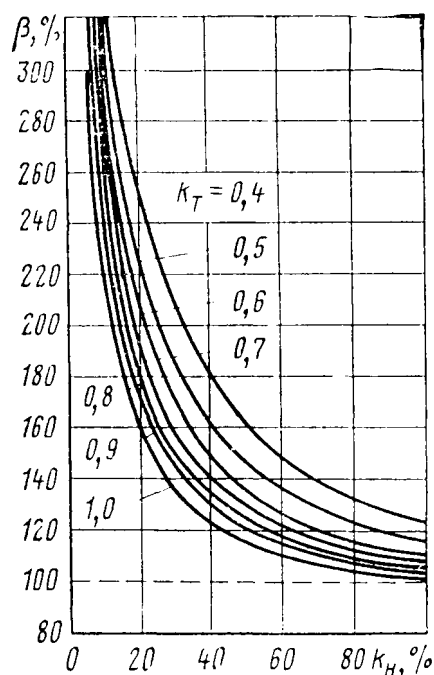


Рис. 6.2. Залежність питомих витрат електричної енергії від коефіцієнту навантаження робочої машини. [9]

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

67

Діаграма наведена на рис. 6.3 дозволяє визначати кількість економії електроенергії, що досягається установкою автоматичних обмежувачів холостого ходу та встановити економічну доцільність їх використання.

Вихідними даними для використання діаграми доцільності застосування автоматичних обмежувачів холостого ходу рис. 7.3 є:

а) середня потужність холостого ходу P_0^n . Дана потужність дорівнює сумі механічної потужності холостого ходу системи електроприводу P_m^n та втрати активної потужності в сталі електродвигуна ΔP_{xx} . Середня потужність холостого ходу P_0^n може бути визначена безпосередньо, шляхом проведення вимірювань на холостому ході дослідного механізму робочої машини;

б) номінальна потужність електродвигуна $P_{д.ном}$, кВт;

в) тривалість часу між операціями $T_{всп}$, с;

г) кількість циклів роботи z , год.

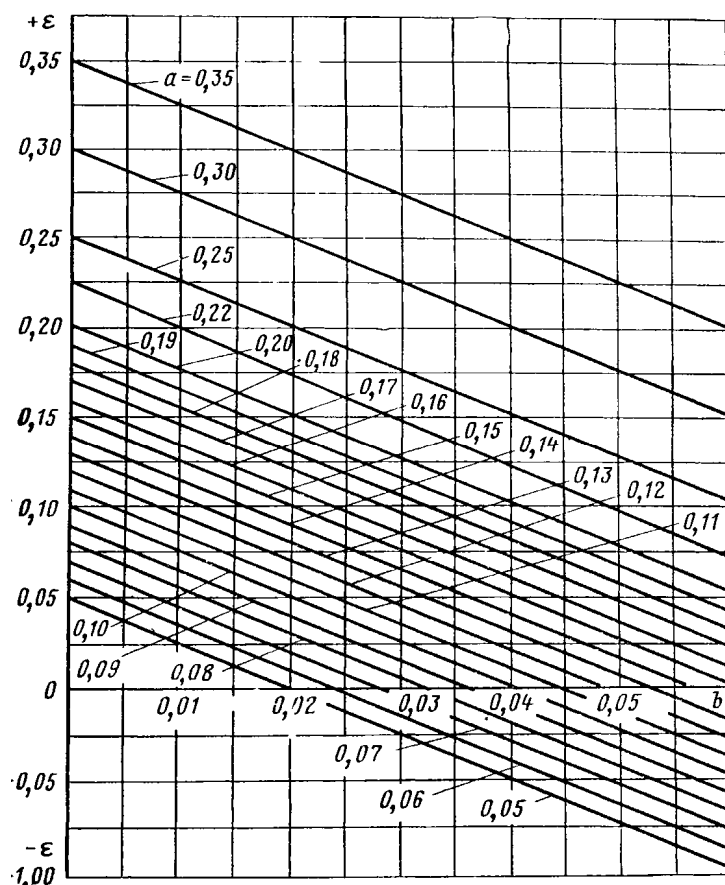


Рис. 6.3. Діаграма визначення ефективності установки автоматичних обмежувачів холостого ходу. [9]

За отриманими вихідними даними визначають наступні допоміжні параметри діаграми:

$$a = P_0^n / P_{д.ном}; b = 1/4T_{всп}.$$

За параметрами а та b на діаграмі рис. 6.3 знаходять показник ефективності ϵ . Цей показник дозволяє визначити економію електроенергії в системі електроприводу віднесену до однієї години роботи, кВт·год/год,

$$\Delta E = \epsilon \frac{zP_{д.ном} T_{всп}}{3600}.$$

3. *Заміна недозавантажених електродвигунів на електродвигуни меншої потужності*

У випадку середнього навантаження електродвигуна меншого за 45% від його номінальної потужності, заміна на електродвигун меншої потужності є завжди доцільна та перевірка розрахунками не потрібна. При завантаженні електродвигуна більше ніж 70% від його номінальної потужності заміна є недоцільною.

У випадках завантаження в межах 45-70% від номінальної потужності електродвигуна доцільність його заміни на двигун меншої потужності потрібно обґрунтувати зменшенням сумарних втрат активної потужності в системі електропривод-двигун. Сумарні втрати активної потужності можна визначити за наступною формулою

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_x(1 - K_n^2) + K_n^2 Q_{\text{ном}}] K_e + \Delta P_x + K_n^2 \Delta P_{\text{а.н}},$$

де $Q_x = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_x$ – реактивна потужність холостого ходу;

$U_{\text{ном}}$ і I_x – відповідно номінальна напруга та струм холостого ходу електродвигуна;

$K_n = P/P_{\text{ном}}$ – коефіцієнт завантаження електродвигуна;

P і $P_{\text{ном}}$ – відповідно середнє навантаження та номінальна потужність електродвигуна;

$Q_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \text{tg}\varphi/\eta_d$ – реактивна потужність, що споживається двигуном при номінальному навантаженні;

η_d – ККД електродвигуна з номінальним навантаженням;

$\text{tg}\varphi$ – коефіцієнт потужності електродвигуна при номінальному навантаженні;

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		69

$K_{пв}$ – коефіцієнт підвищення втрат (орієнтовно для розрахунків можна приймати рівним 0,1 кВт/квар);

$\Delta P_x = P_{ном} \left(\frac{1-\eta_d}{\eta_d} \right) \left(\frac{\gamma}{1+\gamma} \right)$ – втрати активної потужності двигуна на холостому ході;

$\Delta P_{a,н} = P_{ном} \left(\frac{1-\eta_d}{\eta_d} \right) \left(\frac{1}{1+\gamma} \right)$ – приріст активних втрат потужності при завантаженні електродвигуна до 100%;

$\gamma = \frac{\Delta P_x}{\Delta P_{a,н}}$ – розрахунковий коефіцієнт, що залежить від конструкції електродвигуна. Може бути визначений за виразом

$$\gamma = \frac{\Delta P_x, \%}{(1-\eta_n, \%) - \Delta P_x, \%},$$

де $\Delta P_x, \%$ – втрати холостого ходу у % від активної потужності, що споживається двигуном при його завантаженні на 100%.

Заміна недозавантажених електродвигунів, навіть у випадку якщо вона обґрунтована розрахунком, може бути здійснена тільки після оцінки можливості підвищення завантаження до номінального. Це можливо здійснити за рахунок правильного використання робочих машин, які ними приводяться. Захід заміни недозавантажених електродвигунів виправданий, коли вибраний невірно двигун з завищеною потужністю в порівнянні з привідною робочою машиною. Встановлення двигуна меншої потужності, узаконює недовикористання робочої машини та в майбутньому може слугувати перешкодою для повного використання при відновленні повноцінного технологічного процесу.

6.4.2. Економія електроенергії в вентиляційних установках.

1. Загальні положення

Зменшення споживання електричної енергії вентиляційними установками можливо шляхом впровадження наступних заходів:

– заміна старих вентиляторів на нові з кращими характеристиками;

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					70

- запровадження економних способів зміни продуктивності вентиляційних установок;
- відключення вентиляторів на час робочих перерв, наприклад, під час обідніх перерв, перезмін і т.п.;
- усунення дефектів та відхилень від проекту;
- запровадження автоматичного керування.

Споживання електроенергії вентиляційними установками можна визначити дослідним шляхом за встановленою потужністю електродвигунів, кВт·год на рік,

$$E_{\text{вент}} = \sum_1^n k_n P_{\text{вст}} \tau,$$

де n – кількість вентиляторів на підприємстві;

$P_{\text{вст}}$ – номінальна потужність електродвигуна вентиляційної установки (за паспортними даними);

τ – кількість годин роботи вентилятора на рік, год.;

k_n – коефіцієнт використання вентиляційної установки.

2. *Заміна старих вентиляторів на сучасні з кращими характеристиками*

Заміна вентиляторів з низьким ККД на нові з кращими характеристиками дає економію електричної енергії, що може бути обчислена за формулою

$$\Delta E = \frac{hQ(\eta_2 - \eta_1)t}{102\eta_1\eta_2\eta_e\eta_m},$$

де η_1 і η_2 – відповідно коефіцієнт корисної дії старого та нового вентилятору;

η_e і η_m – коефіцієнт корисної дії електродвигуна та електричної мережі відповідно.

3. *Запровадження економних способів зміни продуктивності вентиляційних установок*

Суттєве зменшення витрат електричної енергії вентиляційними установками можна забезпечити наступними заходами.

1. Застосування багато швидкісних електродвигунів замість регулювання шиберами. Можлива економія енергії 20-30 %.

2. Регулювання подачі шиберами на всмоктуванні замість регулюванні на нагнітанні. Можлива економія електроенергії до 15 %.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		71

3. Регулювання шиберами витяжної вентиляції на робочих місцях замість регулюванні на нагнітанні.

4. Покращення роботи вентиляторів

Знизити витрату електроенергії вентиляційними установками можливо шляхом зміни частоти обертання валу, зміни кута лопаток на робочому колесі вентилятора, зміни кута повороту направляючого апарату і т.п.

Економію електричної енергії при цьому можна визначити за формулою, кВт·год,

$$\Delta E = \frac{(h_1 Q_1 \eta_1 - h_2 Q_2 \eta_2) t}{102 \eta_1 \eta_2 \eta_e \eta_m \eta_{пр}},$$

де Q_1 і Q_2 – відповідно подача вентилятору до та після зміни режиму роботи, м³/с;

h_1 і h_2 – відповідно тиск вентилятора до та після зміни режиму роботи, Па;

η_e , $\eta_{пр}$, η_m – коефіцієнт корисної дії відповідно електродвигуна, приводу та електромережі (для практичних розрахунків вказаними коефіцієнтами можна знехтувати);

η_1 і η_2 – коефіцієнт корисної дії вентилятору до та після зміни режиму його роботи.

5. Усунення дефектів підчас експлуатації вентиляційних установок

При монтажу, збиранні та ремонті вентиляційних установок трапляються не поодинокі випадки відхилення від проекту. Подібні відхилення, як правило, приводять до перевитрати електроенергії.

До таких випадків слід віднести:

1) Роботу вентилятора вентиляційної установки з перевернутим колесом. При цьому спостерігається зниження ККД на 20-40 %.

2) Збільшення зазору між патрубком всмоктування та робочим колесом у відцентрових вентиляторах. Це призводить до різкого зниження ККД та збільшення витрати електроенергії. Наприклад, збільшення зазору до 3% від довжини лопатки призводить до зниження ККД на 5-10 %.

3) Зняття перед входом в робоче колесо обтікача призводить до зниження ККД на 10 %.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		72

4) Скорочення дифузору або взагалі його відсутність для осьових вентиляторів призводить до зниження ККД на 6 %.

5) Неякісне виготовлення та монтаж відводів, колін, трійників, вм'ятин повітропроводів, і т. п. призводить до збільшення опору системи та відповідно перевитрату енергії.

6) Нещільності та негерметичність у з'єднаннях повітропроводів і інші джерела підсмоктування призводять до збільшення витрати електроенергії.

6. Запровадження автоматичного керування вентиляційними установками

1. Автоматичні пристрої для блокування індивідуальних витяжних систем призводять до зниження витрати електроенергії на 25-30 %.

2. Автоматичний пристрій блокування вентилятору повітряних завіс може дати економію електроенергії до 70 %.

3. Автоматичне регулювання та керування вентиляційними установками в залежності від температури зовнішнього повітря може дати економію електроенергії до 10-15 %.

6.4.3. Економія електроенергії в освітлювальних установках.

1. Раціональне використання джерел світла

Досягнути реальної економії електроенергії, збільшити освітленість робочих місць при експлуатації джерел світла можна завдяки наступним заходам:

- запровадження сучасних прогресивних джерел світла;
- використання ефективних світильників з високим ККД;
- впровадження ефективних конструкцій відбивальної арматури та раціональних схем освітлення.

Фактичну освітленість в діючій освітлювальній установці можна визначити за формулою, лк,

$$E_{\phi} = \frac{NnF_{\text{л}}\eta}{S},$$

де N – загальна кількість світильників у приміщенні;

n – кількість ламп встановлених в кожному світильнику;

$F_{\text{л}}$ – світовий потік однієї лампи, лм;

								Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				73

η – коефіцієнт використання світового потоку;

S – площа приміщення для якого визначається фактична освітленість, м².

2. Правильний вибір типу ламп та світильників

В теперішній час широке поширення отримали світлодіодні лампи, які більш економічні, ніж лампи розжарення та газорозрядні лампи. Лампи розжарення мають низький коефіцієнт корисної дії. Так видиме випромінювання складає не більш 6 % від потужності, що споживається лампою. Газорозрядні лампи мають більший ККД, що дорівнює 17 % та вище. Звичайні світлодіодні лампи широкого вжитку мають ККД 24-28%, а у деяких дослідних зразків ККД доходить до 60%.

При заміні ламп розжарення, люмінесцентних ламп, дугових ртутних ламп (ДРЛ) на світлодіодні кожне підприємство в змозі, як підвищити освітленість робочих місць, що покращить умови роботи працівників, так і отримати реальну економію електроенергії.

Характеристики побутових ламп широкого вжитку наведені і табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Енергетичні характеристики побутових ламп.

Різнovid лампи	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Світловіддача, лм/Вт	Освітленість, лк
Розжарення	60	720-780	12-13	470
Люмінесцентна	12	780	65	310
Галогенна	40	800	20	350
LED	8	800	100	650

Для оцінки ефективності використання газорозрядних ламп в порівнянні з іншими типами ламп необхідно врахувати суттєву особливість такого типу ламп. Ця особливість полягає у падаючій вольт-амперній характеристики газорозрядних ламп. Наявність такої характеристики призводить до того, що при збільшенні струму крізь лампу напруга на ній зменшується. Тому безпосереднє підключення лампи в електричну мережу призводить до необмеженого росту струму крізь лампу і швидкому її перегоранню. Отже, робота лампи неможлива без баластного опору, який обмежує струм крізь лампу.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		74

3. Включення джерел світла в денний час

У випадках коли світло залишається включеним в денний час при порушенні графіків включення та відключення перевитрату електроенергії можна визначити за встановленою потужністю освітлювальних приладів для даного цеху або ділянки та за кількістю годин денного часу

$$\Delta E_{\text{осв}} = P k_c (8760 - T_{\text{ос}}),$$

де P – встановлена потужність освітлювальних приладів приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту для освітлювального навантаження для даного приміщення;

$T_{\text{ос}}$ – кількість годин використання максимуму для освітлювального навантаження.

4. Завищення встановленої потужності освітлювальних установок

У випадку завищення встановленої потужності освітлювальних установок перевитрати енергії, можна знайти за формулою

$$\Delta E_{\text{осв}} = (P_{\text{ф}} - P) k_c T_{\text{ос}},$$

де $P_{\text{ф}}$ – фактична потужність встановлених ламп;

P – проектна потужність ламп, або за нормами освітленості;

k_c – коефіцієнт попиту для освітлювального навантаження;

$T_{\text{ос}}$ – кількість годин використання максимуму освітлювального навантаження.

4. Забруднення світильників

Під час експлуатації освітлювальних установок неминуче відбувається забруднення світловипромінюючих та світловідбиваючих поверхонь освітлювальних приладів пилом, брудом, конденсатом парів та газів. Це призводить до зниження світлового потоку, яке випромінює освітлювальна установка. Так, наприклад, в деяких випадках зниження освітленості спостерігалось в 8-10 разів. Тому постійне підтримання в чистоті освітлювальних установок має важливе значення для раціонального використання електричної енергії.

Тримання освітлювальних установок в забрудненому стані призводить до різкого зниження освітленості у виробничих приміщеннях. Так, виникає необхідність встановлювати лампи більшої потужності, збільшувати кількість

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		75

встановлених світильників, що остаточно призводить до перевитрат електроенергії.

5. Забезпечення номінального рівня напруги в освітлювальній мережі

Згідно вимог по якості електричної енергії напруга на лампі не повинна перевищувати 105 % та не бути нижчою від 95 % номінальної напруги. Зниження напруги нижче номінальної призводить до зниження світлового потоку створеного лампами, наприклад, зниження напруги на 1 % зменшує світовий потік ламп розжарювання на 3-4 %, люмінесцентних – 1,5 %, ДРЛ – 2,2 %. Збільшення напруги вище номінальної разом зі збільшенням світлового потоку призводить до збільшення споживання електроенергії, а отже її перевитраті.

Як правило, збільшення напруги вище номінальної спостерігається в нічні години коли навантаження в енергосистемі суттєво зменшується. Також до коливань напруги протягом доби призводять денна зміна навантаження.

З метою зменшення впливу відхилень напруги на освітлювальні прилади використовують, як схемні рішення так і спеціальні пристрої. До схемних рішень відносяться виділення освітлювального навантаження на окремі шини, живлення по окремим лініям і від окремих трансформаторів, тобто намагаються розділити освітлювальне та силове навантаження. В якості спеціальних пристроїв застосовують стабілізатори напруги, вольтодобавочні трансформатори і т.п.

Економічний ефект впровадження пристроїв автоматизації керування освітленням можна оцінити по кількості зекономленої електроенергії та збільшенню терміну служби. Економію електричної енергії завдяки стабілізації напруги в освітлювальній мережі, можна визначити за такими формулами [9]:

— для ламп розжарення

$$\Delta W = P_{\text{ном}} K_u^{1,58} T_B \left(1 + \frac{\Delta U}{100} \right),$$

— для люмінесцентних ламп

$$\Delta W = P_{\text{ном}} T_B (1,11 K_u - 1,11) \left(K_B + \frac{\Delta U}{100} \right) \cos \varphi,$$

— для ламп ДРЛ

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		76

$$\Delta W = P_{\text{ном}} T_{\text{в}} (2,43 K_{\text{у}} - 1,43) \left(K_{\text{в}} + \frac{\Delta U}{100} \right) \cos \varphi$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна встановлена потужність освітлювальних установок з однотипним джерелом світла;

$$K_{\text{у}} = \frac{U_{\text{ф}} - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} - \text{відносне відхилення напруги електричної мережі};$$

$U_{\text{ф}}$ – фактичний рівень напруги в освітлювальній мережі;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати потужності в ПРА;

ΔU – втрата напруги в освітлювальній електричній мережі;

$T_{\text{в}}$ – кількість годин використання (включення) освітлювальної установки на рік.

Економічний ефект E збільшення терміну служби джерел світла на рік, можна розрахувати за формулою

$$E = \frac{n T_{\text{в}} (U / U_{\text{ном}} - 1)}{T} (B_{\text{л}} - Z_{\text{л}}),$$

де n – кількість встановлених ламп одного типу, шт.;

$B_{\text{л}}, Z_{\text{л}}$ – відповідно вартість лампи та витрати на її заміну.

Слід зазначити також наступне. Сучасні світлодіодні лампи в своєму складі також мають спеціалізоване джерело живлення, яке випрямляє змінний струм електричної мережі в постійний, а також стабілізує струм, що проходить крізь світлодіоди. Дана компенсація необхідна, щоб виключити температурну зміну світлодіодних характеристик, яка відбувається, як при зміні температури оточуючого середовища, так і від нагріву самих світлодіодів струмом, що проходить крізь них. Дана стабілізація є обов'язковою, адже як і для дугових ламп світлодіоди мають падаючу температурну залежність. Чим більша температура тим менше падіння напруги на світлодіоді, і тим більший струм крізь нього буде проходити, якщо напруга буде стабільна. Це призведе до ще більшого розігріву світлодіоду збільшенню струму крізь нього, і як наслідок, швидкого його перегорання. Наявність стабілізатора струму в світлодіодних лампах майже виключає вплив відхилень напруги на якість роботи світлодіодного освітлення. Виключення можуть становити лише дешеві світлодіодні лампи в яких відсутній стабілізатор струму.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		77

6.5. Розрахунок економії електроенергії від впровадження світлодіодного освітлення

В якості енергозберігаючого заходу запропоновано розрахувати економію електроенергії від впровадження світлодіодного освітлення в цеху замість застарілих ламп ДРЛ. Для цього проведемо вибір світлодіодних світильників за методикою викладеною в [3].

Скористаємося знайденим необхідним світловим потоком для приміщень розрахованим в п. 1.2.

Вибираємо найближчі стандартні світлодіодні лампи для технічного бюро зі світловим потоком близьким до $\Phi_p = 41189$ лм. Враховуючи, що відсутні світлодіодні лампи з близьким світловим потоком, то встановлюємо дві світлодіодні лампи типу LED S250W з одиничним світловим потоком $\Phi_n = 25000$ лм та відповідно загальним у 50000 лм.

Обране значення Φ_n відрізняється від знайденого на +18 %, що лежить у дозволених межах – 10 – +20%

Знаходимо розрахункову потужність $P_{p.o}, Q_{p.o}$ освітлювальної мережі

$$P_{p.o} = P_{\text{л}} K_c N N^* = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1 = 0,4 \text{ кВт},$$

де K_c – коефіцієнт попиту із табл. 2.1 [4];

N – кількість ламп у світильнику, $N = 2$;

N^* – кількість світильників, $N^* = 1$.

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \operatorname{tg} \varphi = 0,4 \cdot 0,33 = 0,13 \text{ квар},$$

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{0,4^2 + 0,13^2} = 0,42 \text{ кВА}.$$

Розрахунки для інших приміщень подібні результати розрахунку наведені в табл. 6.2.

Річну кількість зекономленої електричної енергії визначимо за формулою:

$$\Delta E_{\text{осв}} = (P_{\text{р.осв}} - P_{\text{р.осв}}^{\text{LED}}) T_{\text{ос}} = (49,8 - 22,01) 1850 = 51411,5 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де $P_{\text{р.осв}}$ – фактична розрахункова потужність встановлених ламп (взято з п. 1.2 табл. 1.2.);

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		78

Таблиця 6.2. Розрахунок LED освітлювального навантаження.

Найменування приміщення	N*	Φ_p , лм	Тип лампи	N	$P_{л}$, кВт	Φ_n , лм	$\Delta\Phi$, %	K_c	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
Тех. бюро	1	41189	LED S250W	2	0,25	25000	18	0,8	0,40	0,13	0,42
Приміщення ТП	2	12673	E40 GL 100	1	0,1	14000	9	0,6	0,12	0,04	0,1
Приміщення цеху	50	53502	LED S250W	2	0,25	25000	-7	0,8	20,0	6,60	21,1
Бухгалтерія	1	34324	LMC-350W	1	0,35	39000	12	0,8	0,28	0,09	0,3
Матеріальна комора	1	28603	LED S150W	2	0,15	15000	5	0,6	0,18	0,06	0,2
ПРБ	1	41189	LED S250W	2	0,25	25000	18	0,7	0,35	0,12	0,4
Економ бюро	1	27459	LED S250W	1	0,25	25000	-10	0,8	0,20	0,07	0,2
Заступник начальника цеху	1	32036	LED S150W	2	0,15	15000	-7	0,8	0,24	0,08	0,3
Начальник цеху	1	32036	LED S150W	2	0,15	15000	-7	0,8	0,24	0,08	0,3
Всього по цеху									22,01	7,26	23

$P_{p.осв}^{LED}$ – розрахункова потужність світлодіодних ламп (табл. 6.2);

$T_{ос}$ – кількість годин використання максимуму освітлювального навантаження.

Прийнято, що $T_{ос} = 1850$ год для двозмінного графіку роботи підприємства.

Річна вартість зекономленої електроенергії від впровадження світлодіодного освітлення

$$E = \Delta E_{осв} C_0 = 51411,5 \cdot 4,06 = 208731 \text{ грн.} \approx 209 \text{ тис. грн.}$$

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти присвячена розробці системи електропостачання цеху пластмасових виробів.

Проведення розрахунку електричних навантажень напругою до 1 кВ дозволило визначити активну потужність по цеху, що склала 868 кВт та реактивну – 130 квар з урахуванням компенсації.

В роботі побудовані графіки електричних навантажень для активної та реактивної потужності за зимовий та літній періоди, а також річний графік за тривалістю для активної потужності. Час використання максимального навантаження складає 2754 год, а час максимальних втрат 1363 год.

Техніко-економічне порівняння схем внутрішнього електропостачання показало, що найбільш оптимальною виявилась схема з силовими пунктами 0,4 кВ і встановленням двох трансформаторів ТМ 630/10 та компенсуючих пристроїв з боку низької напруги з сумарною реактивної потужністю 675 квар. Коефіцієнт завантаження трансформаторів $K_z=0,68$. На ТП встановлюємо дві конденсаторні установки типу УКМ-0,38-337,5-37,5.

До застосування прийнята радіальна схема цехової мережі. Кабелі до силових пунктів прокладені в кабельних лотках на висоті 3 м над підлогою і закріплені на колонах з допомогою кронштейнів. Кабелі від силових пунктів до електроприймачів прокладені в металевих трубах. Розподільчу мережу виконано кабелем типу АВВГ.

Розрахунок струмів короткого замикання проводився для вибору і перевірки електричних апаратів. Розрахунковим видом КЗ при перевірці провідників і електричних апаратів на динамічну та термічну стійкість є трифазне КЗ.

Спеціальний розділ кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти присвячений розробці системи електрозбереження цеху. Розглянуті заходи по економії електроенергії цехового обладнання з врахування специфіки даного цеху. Серед розглянутих заходів такі як економія електроенергії в двигунах змінного струму (збільшення завантаження, установка обмежувачів холостого ходу, заміна малозавантажених електродвигунів), електрозбереження в вентиляційних установках (установка сучасних вентиляторів з покращеними

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		80

характеристиками, покращення роботи, впровадження автоматичного керування), раціональне використання освітлювальних установок (вибір раціональних джерел світла, очищення світильників, відключення джерел світла в денний час).

В якості прикладу проведений розрахунок економії електричної енергії від впровадження світлодіодного освітлення в цеху. Вибрані світлодіодні лампи на заміну застарілих ламп ДРЛ. Застосування вказаного заходу дасть річну економію електричної енергії в обсязі 51,4 тис. кВт·год на суму 209 тис. грн. на рік.

						Арк.
						81
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.

2. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.

3. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів : навч. посіб. / П. Г. Плешков, А. Ю. Орлович, С. В. Серебренніков [та ін.] ; ред. П. Г. Плешков. - Кропивницький: ЦНТУ, 2018. - 246с.

4. Електропостачання промислових підприємств. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по електропостачанню цехів для студентів спеціальності 8.090603 “Електротехнічні системи електроспоживання” та спеціалізації 7.090603* “Енергетичний контроль та маркетинг в енергетиці”. /Укл.: П.Г. Плешков, Ю.І. Казанцев, Н.Ю. Гарасьова, Т.В. Величко – Кіровоград: КДТУ, 2003.

5. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.];Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.

6. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007.

7. Енергетичний інжиніринг та менеджмент : в 3-х ч. Ч. 1. Проектування ефективних енергетичних систем / П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, О.І. Сіріков, І.В. Савеленко; під редакцією Заслуженого працівника освіти України, кандидата технічних наук, професора Плешкова П.Г. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький:ЦНТУ, 2018.– 156 с.

8. Методичні вказівки “Енергозберігаючі режими електропостачання” для студентів спеціальності 8.090603 усіх форм навчання. Частина 2. /Укладачі: Ю.І. Казанцев, П.Г. Плешков. Кіровоград, КДТУ, 2003. – 122 с.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		82