

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
“ ____ ” _____ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

**«Розробка системи електропостачання та
електрозбереження дільниці точних технологій
машинобудівного підприємства
Development of a power supply and energy conservation
system for the precision technologies department of a
machine-building enterprise»**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ЕЕ-21
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ К. Руденок
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____ О. Сіріков
« ____ » _____ 2025 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. Плєшков

« _____ » _____ 2025 р.

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

Руденку Костянтину Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи електропостачання та електрозбереження дільниці точних технологій машинобудівного підприємства*

Development of a power supply and energy conservation system for the precision technologies department of a machine-building enterprise

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 *03.06.2025 р.*

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи *Мета: розробка системи електропостачання та електрозбереження дільниці точних технологій машинобудівного підприємства*

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>03.03-10.03</i>	
2	<i>Електричні навантаження в системі електропостачання</i>	<i>10.03-24.03</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	<i>24.03-31.03</i>	
4	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>31.03-07.04</i>	
5	<i>Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій</i>	<i>07.04-14.04</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>14.04-21.04</i>	
7	<i>Спеціальний розділ. Розробка системи електрозбереження</i>	<i>21.04-05.05</i>	
8	<i>Висновки</i>	<i>05.05-12.05</i>	
9	<i>Перелік посилань</i>	<i>12.05-19.05</i>	
10	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційних матеріалів</i>	<i>19.05-03.06</i>	

Дата видачі завдання

« ___ » _____ 2025 р.

Підпис керівника

_____ Сіріков О.І.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ___ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача

_____ Руденок К.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 91 с.; 13 рис.; 37 табл.; 9 джерел

Руденок К.В. Розробка системи електропостачання та електрозбереження дільниці точних технологій машинобудівного підприємства. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ЦНТУ, Кропивницький, 2025 рік.

В даній кваліфікаційній роботі розроблена системи електропостачання та електрозбереження дільниці точних технологій машинобудівного підприємства.

Проведений розрахунок електричних навантажень силових електроприймачів на шинах 0,4 кВ. Побудовані графіки електричних навантажень для активної та реактивної потужності за зимовий та літній періоди, а також річний графік за тривалістю для активної потужності. В результаті порівняння схем електропостачання найбільш оптимальною виявилась радіальна схема з силовими пунктами 0,4 кВ і встановленням двох трансформаторів ТМ 630/10 та компенсуючих пристроїв з боку низької напруги. Проведений розрахунок кабелів до силових пунктів і освітлювальних установок. Розрахунок струмів короткого замикання проводився для вибору і перевірки електричних апаратів.

Спеціальним розділом кваліфікаційної роботи є розробка 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, електрозбереження в вентиляційних установках, раціональне використання освітлювальних установок. В якості прикладу проведений розрахунок економії електричної енергії від впровадження світлодіодного освітлення в цеху та впровадження обмежувача холостого ходу на вертикально-фрезерувальному верстаті.

Ключові слова: електричне навантаження, компенсація реактивної потужності, вибір силового електрообладнання, система електрозбереження

ABSTRACT

Qualification work: 91 p.; 13 Fig.; 37 tables; 9 sources

Rudenok K.V. Development of a power supply and energy conservation system for the precision technologies department of a machine-building enterprise. - Manuscript.

Qualification work of the first (bachelor's) level of higher education in specialty 141 "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics", EPP "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". – Central National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025.

In this qualification work, a power supply and power saving system for the precision technologies section of a machine-building enterprise was developed.

The electrical loads of power electrical receivers on 0.4 kV buses were calculated. Electrical load schedules for active and reactive power were constructed for the winter and summer periods, as well as an annual schedule for duration for active power. As a result of comparing power supply schemes, the most optimal was a radial scheme with 0.4 kV power points and the installation of two TM 630/10 transformers and compensating devices on the low voltage side. The calculation of cables to power points and lighting installations was carried out. The calculation of short-circuit currents was carried out for the selection and testing of electrical devices.

A special section of the qualification work is the development of a shop power saving system. Measures to save electricity for shop equipment are considered, taking into account the specifics of this shop. Among the measures considered are such as saving electricity in AC motors, saving electricity in ventilation units, rational use of lighting installations. As an example, a calculation of the savings in electrical energy from the introduction of LED lighting in the workshop and the introduction of an idle speed limiter on a vertical milling machine was carried out.

Key words: electrical load, reactive power compensation, selection of power electrical equipment, electricity saving system

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	9
1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В	9
1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень	10
1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В	16
1.4. Графіки електричних навантажень	16
2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	23
2.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	23
2.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання	23
3. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	24
3.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.....	24
3.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності	27
4. ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕХОВИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.....	28
5. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	29
5.1. Розрахунок струмів КЗ	29
5.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.....	40
5.3. Розрахунок освітлювальної мережі цеху	44
5.4. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання цеху	49
5.5. Вибір електрообладнання.....	58
6. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ .	66
6.1. Вступ.....	66
6.2. Загальні фактори економії електроенергії.....	66
6.3. Економії електроенергії в засобах передавання і перетворення	68
6.3.1. Економія електроенергії в електричних мережах.....	68
6.3.2. Економія електроенергії в трансформаторах	70
6.4. Економії електроенергії на етапі використання.....	71
6.4.1. Економія електроенергії в електродвигунах.	71
6.4.2. Економія електроенергії в вентиляційних установках.....	76
6.4.3. Економія електроенергії в освітлювальних установках.....	79
6.5. Розрахунок економії електроенергії від впровадження світлодіодного освітлення.....	85
6.6. Розрахунок економії електроенергії від впровадження автоматичного обмеження холостого ходу.....	87
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	91

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Руденок К.В.		
Перевір.		Сіріков О.І.		
Н. Контр.		Сіріков О.І.		
Затв.		Плешков П.Г.		
Розробка системи електропостачання та електрозбереження ділянки точних технологій машинобудівного підприємства			Літ.	Аркуш
			6	91
ЦНТУ гр. ЕЕ-21				

ВСТУП

Розробка системи електропостачання має наметі вибір всього необхідного обладнання для забезпечення споживачів електричною енергією. Вихідними даними для вибору обладнання є електричні навантаження розрахунок яких є першим розділом даної кваліфікаційної роботи. Перевірка обраного обладнання проводиться на здатність витримувати та відключати максимально можливі струми, якими є струми короткого замикання. Їх розрахунок також проводиться в даній кваліфікаційній роботі. Вибір обладнання, в більшості випадків, не є задачею з однозначним рішенням, а як правило, має одну, а то і декілька альтернатив, вибір з яких відбувається лише на основі проведення техніко-економічного порівняння. Такими задачами є вибір напруги та джерела зовнішнього електропостачання, способами внутрішнього електропостачання, компенсація реактивної потужності і т.п.

Проектування системи електрозбереження має на меті розробку комплексу заходів спрямованих на заощадження електричної енергії, а також на раціональне її використання. Розгляд заходів та методів енергозбереження стосується, в даному випадку, лише засобів передавання, перетворення та використання електричної енергії, так як пристрої генерації електроенергії відсутні. Система електрозбереження розглядається, як комплекс заходів, та може стосуватися лише того обладнання та режиму його роботи, яке розташоване в даному цеху. В якості обладнання цеху слід розглянути загальнозаводські установки такі, як освітлювальні та вентиляційні, а також електродвигуни, що є приводом багатьох верстатів. Серед засобів передавання слід розглянути електричні мережі, а засобів перетворення – трансформатори.

Перелік струмоприймачів, що є вихідними даними для розрахунку електричних навантажень в мережі до 1000 В, для цеху що розглядається наведений в табл. 1.

									Арк.
									7
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

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

№ п/п	Найменування обладнання	Тип верстату	n	P _н , кВт	
				Одного	Сумарна
1	Токарно-гвинторізний	1К62	7	10	70,0
2	Вертикально-фрезерувальний	6Т12-1	1	7,5	7,5
3	Вертикально-свердлильний	2Р125	4	2,2	8,8
4	Точильно-шліфувальний	17813	1	5,8	5,8
5	Спеціальний багатошпindelний	13507П	1	22,3	22,3
6	Вертикально-свердлильний	2Н135	8	4	32,0
7	Горизонтально-фрезерувальний	6Р82Г	3	8,9	26,7
8	Вертикально-фрезерувальний	6Р12К	5	7,5	37,5
9	Настільно-свердлильний	НСР-12М	2	0,6	1,2
10	Вертикально-різбонарізний	5053	1	1	1,0
11	Плоскошліфувальний	3Е711В	2	4	8,0
12	Точильно-шліфувальний	3К631	1	0,75	0,75
13	Зубофрезерний	5К310	1	4	4,0
14	Вертикально-фрезерувальний	6В11Р	1	8,5	8,5
15	Токарно-гвинторізний	16К20	2	10,1	20,2
16	Токарно-револьверний	1Г340П	1	5,7	5,7
17	Токарно-гвинторізний	1К625	1	11	11,0
18	Токарно-гвинторізний	1М63	1	15	15,0
19	Точильно-шліфувальний	3Б634	2	4,6	9,2
20	Різбонакатний	А9518Б	1	4,5	4,5
21	Точильно-шліфувальний	3К631	2	5,2	10,4
22	Універсально-заточувальний	3Д642Е	1	1,4	1,4
23	Універсально-фрезерний	675П	1	15,4	15,4
24	Випрямляч зварювальний	ВДУ-606	14	2,5	35,0
25	Пристрій зварювальний		1	8,5	8,5
26	Напіваавтомат зварювальний	ПДГ-508	12	1,5	18,0
27	Прес кривошипний	Тоledo	2	4	8,0
28	Прес кривошипний	КД2126	1	4,7	4,7
29	Машина точкового зварювання	МТ2202	1	150	150,0
30	Машина точкового зварювання	МТ1222	4	70	280,0
31	Стенд для перемотування дроту		1	2	2,0
32	Машина точкового зварювання	МТ2728	1	200	200,0
33	Прес гідравлічний	П6320	2	3	6,0
34	Камера пульверизаційна		2	7	14,0
35	Машина мийна	С01.15.2.83	1	2,97	3,0
36	Ванна для фарбування		5	2,7	13,5
37	Електротельфер	0,5т	2	3	6,0
38	Сушильна камера		1	400	400,0
39	Шпоночно-фрезерний	692Р	1	2,2	2,2
40	Електротельфер	0,25т	1	2	2,0
41	Спеціальний верстат	К3	1	2,2	2,2

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

8

1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Розрахунок електричних навантажень електроприймачів виконується у відповідності з методом «Упорядкованих діаграм» [1, 2].

1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В

Визначимо розрахункове електричне навантаження силового пункту СП-1. Для цього спочатку визначимо середньозінне навантаження для групи вертикально-свердлильних верстатів

$$P_{\text{см}} = P_{\text{н.сум}} \cdot K_{\text{и}} = 20,4 \cdot 0,16 = 3,26 \approx 3,3 \text{ кВт},$$

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

Середнє реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 3,26 \cdot 1,02 = 3,33 \approx 3,3 \text{ квар.}$$

де $\text{tg}\varphi$ 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

$$n_{\text{Е}} = \frac{2\Sigma P_{\text{н}}}{P_{\text{н max}}} = 2 \cdot 70,8 / 22,3 = 6.$$

Груповий коефіцієнт використання по СП-1 визначимо за формулою

$$K_{\text{и СП-1}} = P_{\text{см СП-1}} / P_{\text{н.сум СП-1}} = 12,5 / 70,8 = 0,18.$$

За значенням $K_{\text{и СП-1}}$ та $n_{\text{Е}}$ з відповідних таблиць або номограм [1, 2] визначаємо $K_{\text{м}} = 2,48$. Тоді, розрахункове активне навантаження СП-1

$$P_{\text{р СП-1}} = P_{\text{см СП-1}} \cdot K_{\text{м}} = 12,5 \cdot 2,48 = 30,9 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{р СП-1}} = 1,1 Q_{\text{см СП-1}} = 1,1 \cdot 13,7 = 15,0 \text{ квар.}$$

так як $n_{\text{Е}} < 10$.

Розрахунковий максимум навантаження СП-1:

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					9

$$S_{p\text{ СП-1}} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{30,9^2 + 15,0^2} = 34,4 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм СП-1:

$$I_{p\text{ СП-1}} = \frac{S_{p\text{ СП-1}}}{\sqrt{3}U} = \frac{34,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 49,6 \text{ А.}$$

Розрахунок електричного навантаження по іншим силовим пунктам подібний результати розрахунку наведені в табл. 1.1.

1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень

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

Вибір розташування світильників.

Для приміщення технологічної групи маємо:

$L = 7 \text{ м}$ – довжина приміщення; $B = 4 \text{ м}$ – ширина приміщення; $H = 4 \text{ м}$ – висота приміщення

1. Розрахункова висота $h = H - h_p - h_c = 4 - 0,8 - 0,5 = 2,7 \text{ м}$
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 глибoku криву сили світла (Г).
4. З даної формули знаходимо $L_a = 2,7 \cdot 1 = 2,7 \text{ м}$
5. При $L_a = 2,7 \text{ м}$ в ряду можливо розташувати три світильника.
6. $2l = L - (N-1) \cdot L_a = 7 - (3-1) \cdot 2,7 = 1,6 \text{ м}$, $l = 0,8 \text{ м}$.
7. Приймаємо кількість рядів освітлювачів один у ширину, $L_b = 4 \text{ м}$
 $L_a/L_b = 2,7/4 = 0,675 < 1,5$.
8. Загальна кількість світильників в приміщенні – 3 шт. (3×1).

Розрахунок електричних навантажень освітлювальних електроприладів

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

стеля $P_{\text{ст}} = 70\%$; стін $P_{\text{ст}} = 50\%$; полу $P_{\text{пл}} = 10\%$.

									Арк.
									10
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

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

№ п/п	Найменування обладнання	n	P _н , кВт		K _н	Cos	tg	Середньозміне		K _м	Розрахункове навантаження				
			Одного	Сумарна				P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар		n _э	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
	СП-1														
	Вертикально-свердильний	6	2,2-4	20,4	0,16	0,7	1,02	3,3	3,3						
	Спеціальний багатощиндельний	1	22,3	22,3	0,2	0,65	1,17	4,5	5,2						
	Спеціальний верстат	1	2,2	2,2	0,35	0,65	1,17	0,8	0,9						
	Горизонтально-фрезерувальний	2	8,9	17,8	0,16	0,7	1,02	2,8	2,9						
	Вертикально-фрезерувальний	1	7,5	7,5	0,14	0,65	1,17	1,1	1,2						
	Настільно-свердильний	1	0,6	0,6	0,12	0,6	1,33	0,1	0,1						
	Всього по СП-1	12	0,6-22,3	70,8	0,18	0,67	1,10	12,5	13,7	6	2,48	30,9	15,0	34,4	49,6
	СП-2														
	Настільно-свердильний	1	0,6	0,6	0,12	0,6	1,33	0,1	0,1						
	Вертикально-різбонарізний	1	1	1,0	0,14	0,6	1,33	0,1	0,2						
	Вертикально-фрезерувальний	2	7,5	15,0	0,14	0,65	1,17	2,1	2,5						
	Точильно-шліфувальний	1	0,75	0,75	0,14	0,65	1,17	0,1	0,1						
	Вертикально-свердильний	4	4,0	16	0,16	0,7	1,02	2,6	2,6						
	Точильно-шліфувальний	1	4,6	4,6	0,14	0,65	1,17	0,6	0,8						
	Плоскошліфувальний	2	4,0	8	0,14	0,65	1,17	1,1	1,3						
	Всього по СП-2	12	0,6-7,5	45,95	0,15	0,67	1,12	6,7	7,5	12	1,96	13,2	7,5	15,2	22,0
	Всього по СП-1,2	24	0,6-22,3	116,75	0,16	0,67	1,10	19,2	21,2	10	2,05	39,4	21,2	44,7	64,5
	СП-3														
	Горизонтально-фрезерувальний	1	8,9	8,9	0,16	0,7	1,02	1,4	1,5						
	Зубофрезерний	1	4	4,0	0,17	0,65	1,17	0,7	0,8						
	Вертикально-фрезерувальний	1	8,5	8,5	0,14	0,6	1,33	1,2	1,6						
	Токарно-гвинторізний	5	10-10,1	50,1	0,17	0,65	1,17	8,5	10,0						
	Токарно-револьверний	1	5,7	5,7	0,17	0,65	1,17	1,0	1,1						
	Токарно-гвинторізний	2	11-15	26,0	0,17	0,6	1,33	4,4	5,9						
	Точильно-шліфувальний	1	4,6	4,6	0,14	0,65	1,17	0,6	0,8						
	Всього по СП-3	12	4-15	107,8	0,17	0,64	1,21	17,8	21,6	12	1,88	33,5	21,6	39,9	57,6
	Всього по СП-1-3	36	0,6-22,3	224,55	0,16	0,65	1,15	37,0	42,8	20	1,62	60,0	42,8	73,7	106,4

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	СП-4														
	Токарно-гвинторізний	3	10-10,1	30,1	0,17	0,65	1,17	5,1	6,0						
	Різьбонакатний	1	4,5	4,5	0,12	0,6	1,33	0,5	0,7						
	Точильно-шліфувальний	1	5,2	5,2	0,16	0,65	1,17	0,8	1,0						
	Універсально-фрезерний	1	15,4	15,4	0,14	0,65	1,17	2,2	2,5						
	Вертикально-свердильний	1	4,0	4	0,14	0,65	1,17	0,6	0,7						
	Універсально-заточувальний	1	1,4	1,4	0,12	0,6	1,33	0,2	0,2						
	Випрямляч зварювальний	2	2,5	5	0,6	0,95	0,33	3,0	1,0						
	Напівавтомат зварювальний	2	1,5	3	0,35	0,5	1,73	1,1	1,8						
	Всього по СП-4	12	1,4-15,4	68,6	0,20	0,70	1,03	13,4	13,9	9	1,9	25,5	15,3	29,7	42,9
	Всього по СП-1-4	48	0,6-22,3	293,15	0,17	0,67	1,12	50,5	56,7	26	1,53	77,2	56,7	95,8	138,2
	СП-5														
	Випрямляч зварювальний	6	2,5	15	0,6	0,95	0,33	9,0	3,0						
	Пристрій зварювальний	1	8,5	8,5	0,5	0,8	0,75	4,3	3,2						
	Напівавтомат зварювальний	4	1,5	6	0,35	0,5	1,73	2,1	3,6						
	Точильно-шліфувальний	1	5,2	5,2	0,16	0,65	1,17	0,8	1,0						
	Всього по СП-5	12	1,5-8,5	34,7	0,47	0,83	0,66	16,2	10,8	8	1,5	24,3	11,8	27,0	39,0
	Всього по СП-1-5	60	0,6-22,3	327,85	0,20	0,70	1,01	66,7	67,4	29	1,35	90,0	67,4	112,4	162,3
	СП-6														
	Випрямляч зварювальний	6	2,5	15	0,6	0,95	0,33	9,0	3,0						
	Напівавтомат зварювальний	6	1,5	9	0,35	0,5	1,73	3,2	5,5						
	Всього по СП-6	12	1,5-2,5	24,0	0,51	0,82	0,69	12,2	8,4	12	1,27	15,4	9,3	18,0	26,0
	Всього по СП-1-6	72	0,6-22,3	351,85	0,22	0,72	0,96	78,8	75,8	32	1,31	103,2	75,8	128,1	184,9
	СП-7														
	Прес кривошипний	3	4-4,7	12,7	0,17	0,65	1,17	2,2	2,5						
	Машина точкового зварювання	3	70-150	290	0,35	0,6	1,33	101,5	135,3						
	Всього по СП-7	6	4-150	302,7	0,34	0,60	1,33	103,7	137,9	4	2,03	210,4	151,6	259,4	374,4
	СП-8														
	Стенд для перемогування дроту	1	2,0	2	0,12	0,65	1,17	0,2	0,3						
	Машина точкового зварювання	3	70-200	340	0,35	0,6	1,33	119,0	158,7						
	Всього по СП-8	4	2-200	342,0	0,35	0,60	1,33	119,2	158,9	4	2	238,5	174,8	295,7	426,8

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	СП-9														
	Токарно-гвинторізний	1	10	10,0	0,17	0,65	1,17	1,7	2,0						
	Вертикально-свердильний	1	2,2	2,2	0,14	0,65	1,17	0,3	0,4						
	Точильно-шліфувальний	1	5,8	5,8	0,12	0,65	1,17	0,7	0,8						
	Вертикально-фрезерувальний	1	7,5	7,5	0,12	0,65	1,17	0,9	1,1						
	Електротельфер	2	2-3	5,0	0,1	0,5	1,73	0,5	0,9						
	Всього по СП-9	6	1,5-8,5	30,5	0,13	0,63	1,24	4,1	5,1	6	2,95	12,1	5,6	13,3	19,2
	СП-10														
	Прес гідравлічний	1	3	3,0	0,17	0,65	1,17	0,5	0,6						
	Вертикально-фрезерувальний	2	7,5	15,0	0,12	0,6	1,33	1,8	2,4						
	Шпоночно-фрезерний	1	2,2	2,2	0,14	0,6	1,33	0,3	0,4						
	Всього по СП-10	4	2,2-7,5	20,2	0,13	0,61	1,30	2,6	3,4	4	3,24	8,5	3,7	9,3	13,4
	Всього по СП-9-10	10	1,5-8,5	50,7	0,13	0,62	1,26	6,7	8,5	10	2,23	15,0	8,5	17,2	24,9
	Сушильна камера	1	400,0	400	0,7	0,95	0,33	280,0	92,0	-	-	400,0	131,5	421,1	607,7
	СП-11														
	Камера пульверизаційна	2	7	14,0	0,6	0,7	1,02	8,4	8,6						
	Ванна для фарбування	5	2,7	13,5	0,4	0,6	1,33	5,4	7,2						
	Машина мийна	1	2,97	2,97	0,6	0,6	1,33	1,8	2,4						
	Прес гідравлічний	1	3	3,0	0,17	0,65	1,17	0,5	0,6						
	Електротельфер	1	3	3,0	0,1	0,5	1,73	0,3	0,5						
	Всього по СП-11	10	2,7-7	36,5	0,45	0,65	1,18	16,4	19,3	10	1,39	22,8	21,2	31,1	44,9
	Всього по СП-9-11	20	1,5-8,5	87,17	0,27	0,64	1,20	23,1	27,7	20	1,34	31,0	27,7	41,6	60,0
	Всього по цеху	103	0,6-400	1483,72	0,41	0,78	0,81	604,8	492,4	7	1,55	937,5	492,4	1058,9	1528,4

2. Знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{L \cdot B}{h(L + B)} = \frac{7 \cdot 4}{2,7(7 + 4)} = 0,9.$$

3. Знаходимо коефіцієнт використання світового потоку, який є функцією індексу приміщення, табл. 5.9. [3] $\eta = 0,63$.

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

Знаходимо світовий потік ламп у кожному світильнику:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot K_{зап} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 28 \cdot 1,15}{3 \cdot 0,63} = 7667 \text{ лм},$$

де S – площа приміщення m^2 ,

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

Так як з використанням найближчих стандартних значень $\Phi_n = 5600$ лм і $\Phi_n = 11000$ лм неможливо витримати задані можливі межі по $\Phi_n - 10 - +20\%$, то зменшуємо кількість світильників до двох, тоді:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot K_{зап} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 28 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,63} = 11500 \text{ лм}.$$

Вибираємо ближчі стандартні лампи зі світовими потоками ДРЛ-250 $\Phi_n = 11000$ лм. Обране значення Φ_n відрізняється від знайденого на -5% , що лежить у межах $-10 - +20\%$.

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

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_c \cdot K_{пра} = (2 \cdot 0,25) \cdot 0,8 \cdot 1,12 = 0,45 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \operatorname{tg} \phi = 0,45 \cdot 1,73 = 0,78 \text{ квар},$$

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{0,45^2 + 0,78^2} = 0,9 \text{ кВА},$$

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

Розрахунки для інших приміщень подібні результати розрахунку наведені в табл. 1.2. Для ламп накаливання був обраний світильник типу ВЗГ-100М.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					14

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювального навантаження.

Найменування приміщення	L, м	B, м	N _{св}	N _{ряд}	N	i	η	E _н , лк	K _{зап}	Φ _р , лм	Тип лампи	P _л , кВт	Φ _н , лм	ΔΦ, %	K _с	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Технологічна група	7	4	2	1	2	0,9	0,63	300	1,5	11500	ДРЛ-250	0,25	11000	-5	0,8	0,45	0,78	0,9
Матеріальна комора	7	3	2	1	2	0,8	0,6	75	2	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,6	0,11	0,19	0,2
Служба механіка	16	7	5	3	15	1,8	0,73	300	1,5	5293	ДРЛ-125	0,125	5600	5	0,95	2,00	3,45	4,0
Інструментальна комора	7	3	2	1	2	0,8	0,6	75	2	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,6	0,11	0,19	0,2
Чоловіча роздягальня	7	7	3	2	6	1,3	0,69	150	1,5	3063	ДРЛ-80	0,08	3200	4	0,8	0,43	0,74	0,9
Ділянка зборки	18	7	6	3	18	1,9	0,73	300	1,5	4962	ДРЛ-125	0,125	5600	11	0,95	2,39	4,14	4,8
Матеріальна комора	3	3	1	1	1	0,6	0,54	75	2	2875	ДРЛ-80	0,08	3200	10	0,6	0,05	0,09	0,1
Кімната майстрів	4	3	1	1	1	0,6	0,54	300	1,5	11500	ДРЛ-250	0,25	11000	-5	0,95	0,27	0,46	0,5
Кімната прийому їжі	7	3	2	1	2	0,8	0,6	200	1,5	6038	ДРЛ-125	0,125	5600	-8	0,8	0,22	0,39	0,4
Механічна ділянка	7	5	3	2	6	1,1	0,67	300	1,5	4506	ДРЛ-125	0,125	5600	20	0,95	0,80	1,38	1,6
Механічна і зварювальна ділянка	120	9	44	3	132	3,1	0,78	300	1,5	5428	ДРЛ-125	0,125	5600	3	0,95	17,56	30,37	35,1
Туалет Ч	4	1,5	1	1	1	0,4	0,13	30	1,3	2070	Г220-150	0,15	2000	-3	0,8	0,13	0,00	0,1
Туалет Ж	4	1,5	1	1	1	0,4	0,13	30	1,3	2070	Г220-150	0,15	2000	-3	0,8	0,13	0,00	0,1
Площа підйомника	7	3	3	1	3	0,8	0,6	150	1,5	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,8	0,22	0,37	0,4
Умивальник	7	6	3	2	6	1,2	0,27	30	1,3	1211	Б220-100	0,1	1350	10	0,8	0,52	0,00	0,5
Площа підйомника	7	3	3	1	3	0,8	0,6	150	1,5	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,8	0,22	0,37	0,4
Збірно-молярна ділянка	72	9	27	3	81	3	0,78	300	1,5	5308	ДРЛ-125	0,125	5600	5	0,95	10,77	18,64	21,5
Коридор цеху	160	4	59	1	59	1,4	0,71	200	1,5	5271	ДРЛ-125	0,125	5600	6	0,95	7,85	13,58	15,7
Кімната прийому їжі	3	3	1	1	1	0,6	0,54	200	1,5	5750	ДРЛ-125	0,125	5600	-3	0,8	0,11	0,19	0,2
Служба механіка	4	3	1	1	1	0,6	0,54	300	1,5	11500	ДРЛ-250	0,25	11000	-5	0,95	0,27	0,46	0,5
Матеріальна комора	13	7	2	3	6	1,7	0,6	75	2	4360	ДРЛ-125	0,125	5600	20	0,6	0,50	0,87	1,0
Матеріальна комора	7	3	2	1	2	0,8	0,6	75	2	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,6	0,11	0,19	0,2
Матеріальна комора	7	3	2	1	2	0,8	0,6	75	2	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,6	0,11	0,19	0,2
Матеріальна комора	7	3	2	1	2	0,8	0,6	75	2	3019	ДРЛ-80	0,08	3200	6	0,6	0,11	0,19	0,2
Приміщення ТП	7	6	2	2	4	1,2	0,68	100	1,5	2664	ДРЛ-80	0,08	3200	17	0,6	0,22	0,37	0,4
Жіноча роздягальня	4	3	1	1	1	0,6	0,54	150	1,5	5750	ДРЛ-125	0,125	5600	-3	0,8	0,11	0,19	0,2
Начальник БТК	3	3	1	1	1	0,6	0,54	300	1,5	8625	ДРЛ-250	0,25	11000	20	0,95	0,27	0,46	0,5
Заступник начальника цеху	7	3	3	1	3	0,8	0,6	300	1,5	6038	ДРЛ-125	0,125	5600	-8	0,95	0,40	0,69	0,8
Виробничо-диспетчерське бюро	7	3	3	1	3	0,8	0,6	300	1,5	6038	ДРЛ-125	0,125	5600	-8	0,95	0,40	0,69	0,8
Склад	7	6	2	2	4	1,2	0,68	75	2	2664	ДРЛ-80	0,08	3200	17	0,6	0,22	0,37	0,4
Всього по цеху																46,63	79,31	92

1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В

Методика визначення електронавантаження вище 1000 В подібна до методики визначення електричного навантаження до 1000 В розглянутої вище. Додатково ще обчислюються втрати електричної потужності в трансформаторах цехової ТП. Методика розрахунку електронавантажень у силових мережах вище 1000 В в табличному вигляді детально розглянута в [6-8].

Розрахункові втрати в трансформаторах:

$$\Delta P_{xx} = 2,27 \text{ кВт} \quad I_{xx} = 2\%$$

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

$$\Delta P_m = n \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (2,27 + 7,6 \cdot 0,78^2) = 13,82 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m = n \cdot \left(\frac{I_{xx}}{100} S_n + \frac{U_{кз}}{100} S_n \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{2}{100} 630 + \frac{5,5}{100} 630 \cdot 0,78^2 \right) = 67,53 \text{ квар};$$

де коефіцієнт завантаження трансформаторів цехової ТП

$$K_3 = \frac{S_p}{2S_{нтр}} = \frac{984,7}{2 \cdot 630} = 0,78.$$

Розрахунок навантажень в мережі вище 1000В приведений в табл. 1.3.

1.4. Графіки електричних навантажень

Головною метою побудови графіків електричних навантажень є визначення річного часу повних втрат – τ , який визначається за формулою Кізевича [4, 5].

Побудову графіків електронавантажень виконано із застосуванням математичного пакету *Mathcad*. При розрахунках прийнято, що літній графік на 15% менше зимового.

При цьому приймається для року:

Кількість днів робочих

Зимою – 147

Літом – 105

Кількість днів вихідних

Зимою – 65

Літом – 48

Більш детально методика розрахунку і побудови графіків електричних навантажень використаних в цьому пункті наведена в [6-8].

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					16

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

№ п/п	Найменування обладнання	P _н , кВт		K _н	Cos	tg	Середнє		n _о	K _м	Розрахункове			
		Одного	Сумарна				P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
	СП-1	12	0,6-22,3	70,8	0,18	0,67	1,1	12,46	13,67	6	2,48	30,91	15,04	34,38
	СП-2	12	0,6-7,5	45,95	0,15	0,67	1,12	6,74	7,53	12	1,96	13,21	7,53	15,21
	СП-3	12	4-15	107,8	0,17	0,64	1,21	17,84	21,57	12	1,88	33,55	21,57	39,88
	СП-4	12	1,4-15,4	68,6	0,2	0,7	1,03	13,42	13,88	9	1,9	25,50	15,27	29,72
	СП-5	12	1,5-8,5	34,7	0,47	0,83	0,66	16,18	10,76	8	1,5	24,27	11,83	27,00
	СП-6	12	1,5-2,5	24	0,51	0,82	0,69	12,15	8,41	12	1,27	15,43	9,26	17,99
	СП-7	6	4-150	302,7	0,34	0,6	1,33	103,66	137,86	4	2,03	210,43	151,64	259,38
	СП-8	4	2-200	342	0,35	0,6	1,33	119,24	158,95	4	2	238,48	174,84	295,71
	СП-9	6	1,5-8,5	30,5	0,13	0,63	1,24	4,10	5,08	6	2,95	12,11	5,59	13,33
	СП-10	4	2,2-7,5	20,2	0,13	0,61	1,3	2,62	3,41	4	3,24	8,48	3,75	9,27
	СП-11	10	2,7-7	36,47	0,45	0,65	1,18	16,39	19,26	10	1,39	22,78	21,19	31,11
	Сушильна камера	1	400	400	0,7	0,95	0,33	280,00	92,03	-	-	400,00	131,47	421,05
	Всього силова	103	0,6-400	1483,72	0,41	0,78	0,81	604,817	492,41	7	1,55	937,5	492,4	1058,9
	Освітлення цеху											46,63	79,31	92,00
	Всього по ТП											984,10	571,72	1138,1
	КП 0,4 кВ												536	
	Всього по ТП з КП											984,10	35,72	984,7
	Втрати в тр-рах ТП 2×630											13,82	67,53	
	Всього на шинах 10 кВ ТП											997,92	103,25	1003,2

1. Активне розрахункове навантаження:

$$P_{\max} := 997.92 \quad \text{кВт}$$

2. Реактивне розрахункове навантаження:

$$Q_{\max} := 639.25 \quad \text{квар}$$

$$T_{\text{лето_р}} := 105 \quad T_{\text{лето_в}} := 48$$

$$T_{\text{зима_р}} := 147 \quad T_{\text{зима_в}} := 65$$

$$T_{\Gamma} = 365$$

3. Задання графіка навантаження (в %) для кожної ступені графіка (1 - для активної потужності, 2 - для реактивної потужності):

Робочі дні

	1	2
1	6	38
2	6	38
3	6	38
4	8	51
5	8	53
6	7	51
7	10	60
8	10	49
9	68	93
10	100	100
11	99	97
12	62	51
13	30	56
14	66	55
15	59	55
16	57	53
17	55	31
18	30	24
19	29	40
20	28	40
21	54	26
22	51	58
23	30	65
24	30	...

Вихідні дні

	1	2
1	6	20
2	6	20
3	6	20
4	6	20
5	6	20
6	6	20
7	6	20
8	6	20
9	5	15
10	5	15
11	5	15
12	5	15
13	5	15
14	5	15
15	5	15
16	5	15
17	5	15
18	5	15
19	5	15
20	5	15
21	5	15
22	6	20
23	6	20
24	6	20

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	51	206	213
2	51	206	213
3	51	206	213
4	68	277	285
5	68	288	296
6	59	277	283
7	85	326	337
8	85	266	279
9	577	505	767
10	848	543	1007
11	840	527	991
12	526	277	594
13	254	304	397
14	560	299	635
15	500	299	583
16	483	288	563
17	467	168	496
18	254	130	286
19	246	217	328
20	238	217	322
21	458	141	479
22	433	315	535
23	254	353	435
24	254	353	...

Power_2 =

	1	2	3
1	60	243	250
2	60	243	250
3	60	243	250
4	80	326	336
5	80	339	348
6	70	326	333
7	100	384	396
8	100	313	329
9	679	595	902
10	998	639	1185
11	988	620	1166
12	619	326	699
13	299	358	467
14	659	352	747
15	589	352	686
16	569	339	662
17	549	198	584
18	299	153	336
19	289	256	386
20	279	256	379
21	539	166	564
22	509	371	630
23	299	416	512
24	299	416	...

Power_3 =

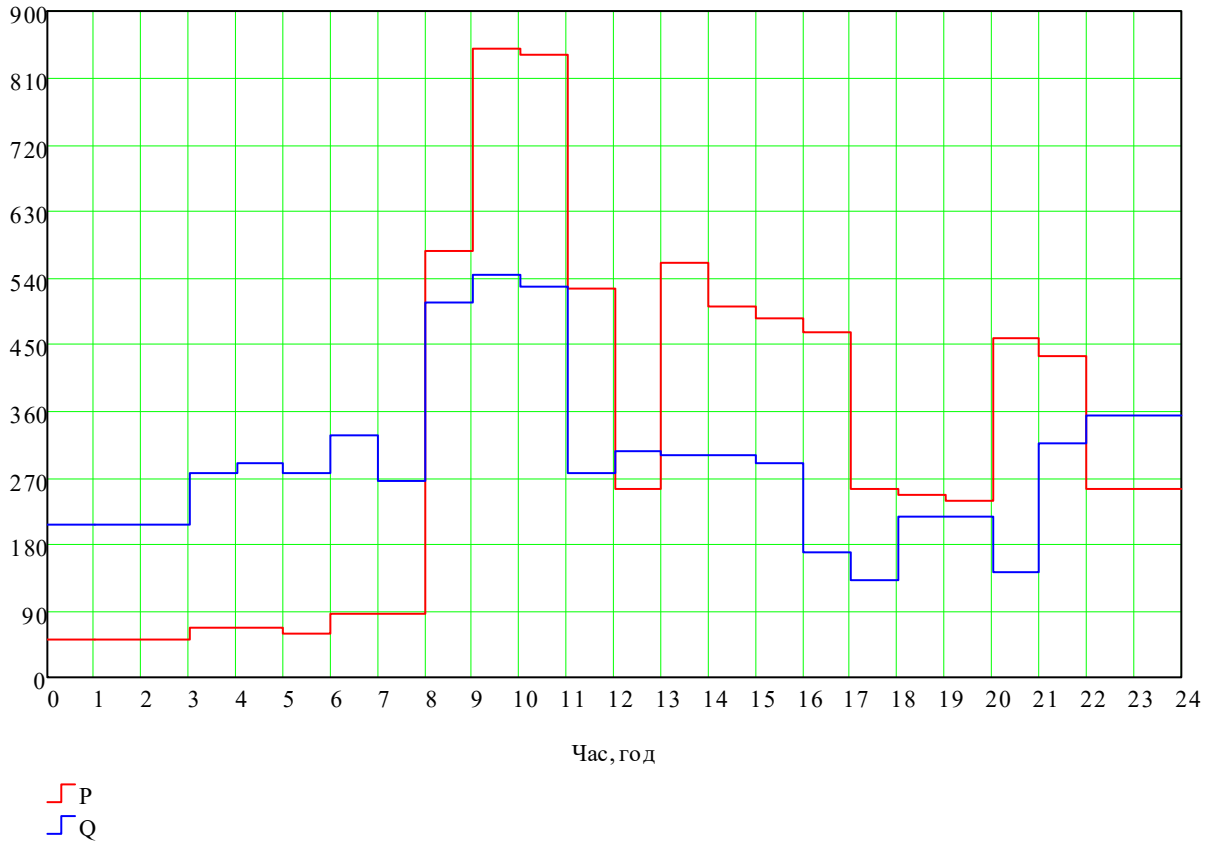
	1	2	3
1	51	109	120
2	51	109	120
3	51	109	120
4	51	109	120
5	51	109	120
6	51	109	120
7	51	109	120
8	51	109	120
9	42	82	92
10	42	82	92
11	42	82	92
12	42	82	92
13	42	82	92
14	42	82	92
15	42	82	92
16	42	82	92
17	42	82	92
18	42	82	92
19	42	82	92
20	42	82	92
21	42	82	92
22	51	109	120
23	51	109	120
24	51	109	...

Power_4 =

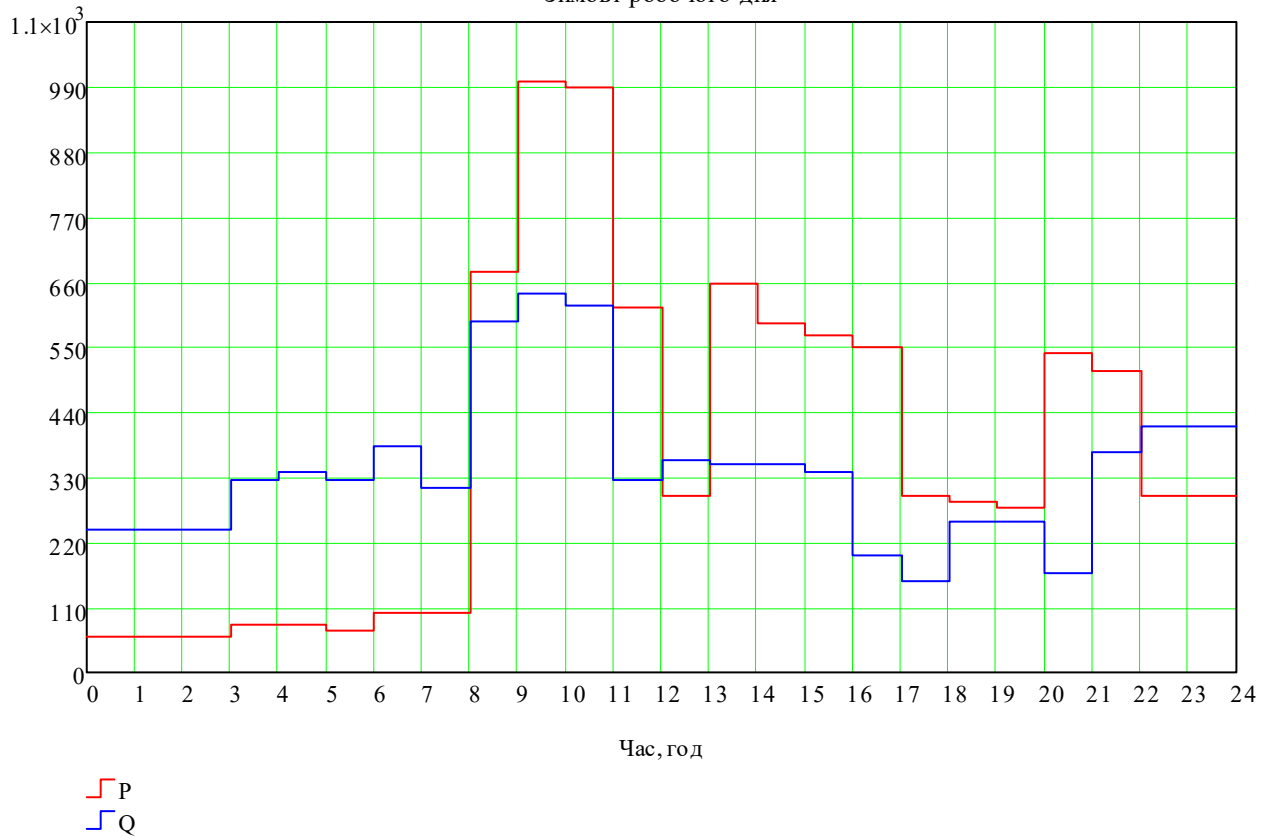
	1	2	3
1	60	128	141
2	60	128	141
3	60	128	141
4	60	128	141
5	60	128	141
6	60	128	141
7	60	128	141
8	60	128	141
9	50	96	108
10	50	96	108
11	50	96	108
12	50	96	108
13	50	96	108
14	50	96	108
15	50	96	108
16	50	96	108
17	50	96	108
18	50	96	108
19	50	96	108
20	50	96	108
21	50	96	108
22	60	128	141
23	60	128	141
24	60	128	...

- 1 - активна потужність
 2 - реактивна потужність
 3 - повна потужність

Літні робочого дня

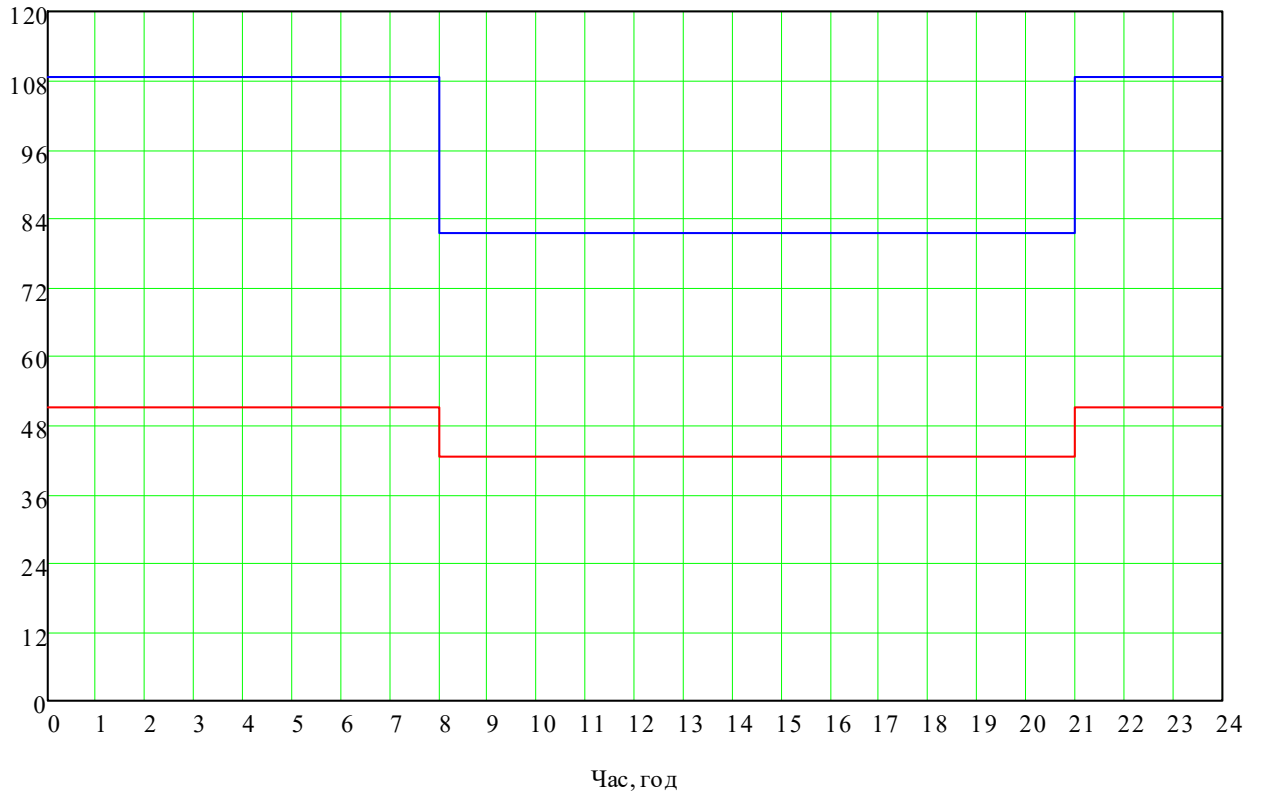


Зимові робочого дня



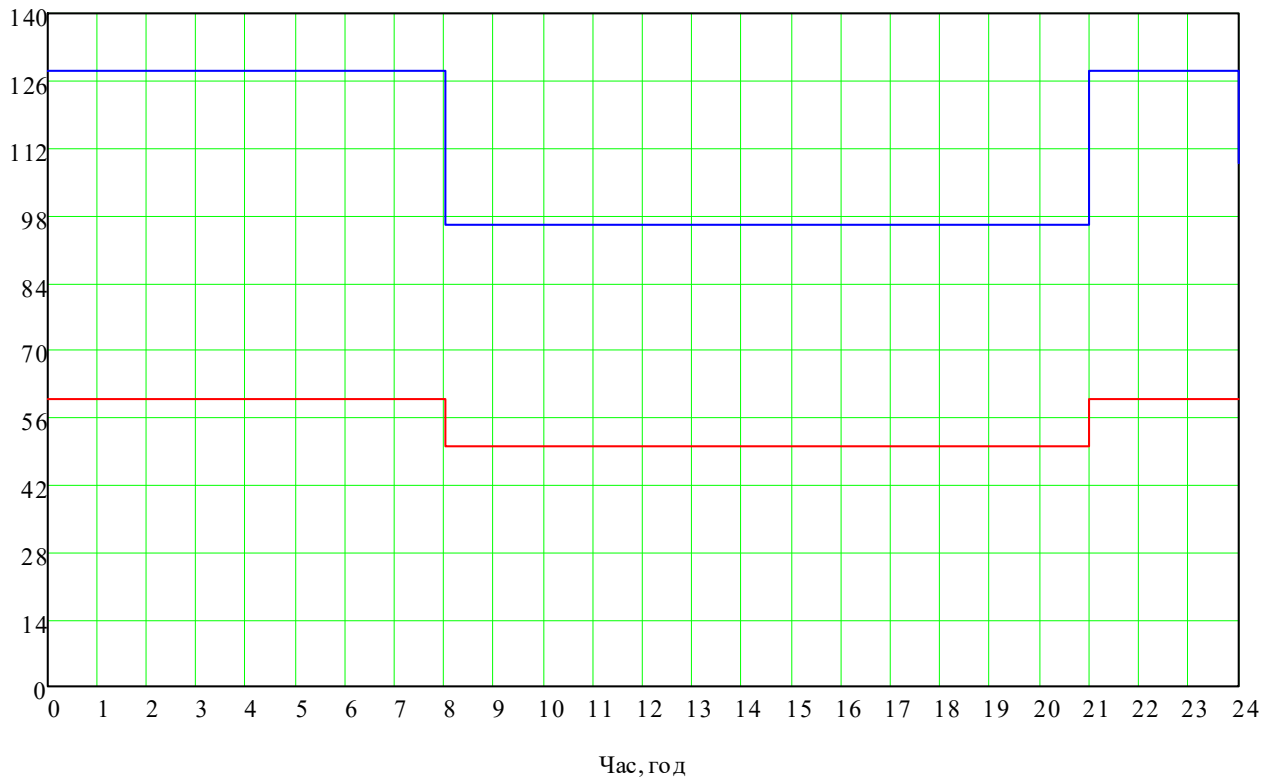
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Літні вихідного дня



┌ P
┌ Q

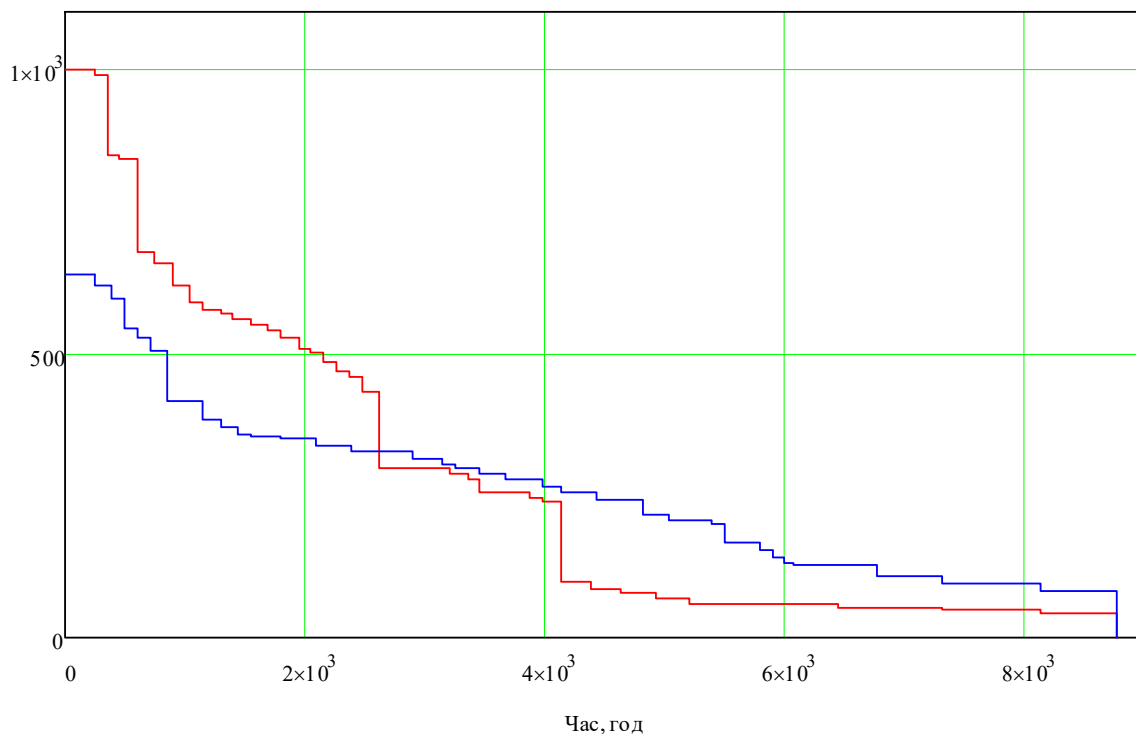
Зимові вихідного дня



┌ P
┌ Q

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Річний графік по тривалості



— Активная мощность
 — реактивная мощность

Споживання активної енергії за літню вихідну добу, кВт	$W_{\text{лето_в}} = 1111$
Споживання активної енергії за літню робочу добу, кВт	$W_{\text{лето_р}} = 7710$
Споживання активної енергії за зимову вихідну добу, кВт	$W_{\text{зима_в}} = 1307$
Споживання активної енергії за зимову робочу добу, кВт	$W_{\text{зима_р}} = 9071$
Споживання реактивної енергії за літню вихідну добу, квар-год:	$V_{\text{лето_в}} = 2255$
Споживання реактивної енергії за літню робочу добу, квар-год:	$V_{\text{лето_р}} = 6993$
Споживання реактивної енергії за зимову вихідну добу, квар-год:	$V_{\text{зима_в}} = 2653$
Споживання реактивної енергії за зимову робочу добу, квар-год:	$V_{\text{зима_р}} = 8227$
Річне споживання активної енергії, кВт:	$W_{\Gamma} = 2281355$
Річне споживання реактивної енергії, квар:	$V_{\Gamma} = 2224339$
Кількість годин використання максимуму потужності, год:	$T_{\text{max}} = 2689$
Річний час максимальних втрат, год:	$\tau = 1381$

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

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

2.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення

Для цеху приймемо варіант живлення від ГПП-1 напругою заводу, який знаходиться на відстані приблизно 260 м. Варіант живлення цеху від ГПП-2 не розглядається так, як відстань від цеху до ГПП-2 700 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 виконуватися по радіальних, магістральних і змішаних схемах. Радіальна схема частіше за все використовується для живлення окремих потужних електроприймачів (потужні двигуни, електротермічні печі та ін.), а також для живлення зосереджених навантажень незначної потужності у цехах.

Магістральні схеми, як правило, відрізняються простотою, економічністю та застосовуються при рівномірному розподіленні навантаження по площі цеху. Магістральні схеми забезпечують високу надійність електропостачання, а також мають високу універсальність та гнучкість до переміщення технологічного обладнання.

Електроприймачі по площі цеху розміщені не рівномірно, але зосереджено, що сприяє використанню для розподілення електроенергії силових пунктів (СП). Таким чином, внутрішню мережу цеху виконуємо за змішаною схемою, радіальною для потужних електроприймачів і силових пунктів і магістральною для малопотужних СП. У місцях зосередженого розміщення електроприймачів живлення здійснюється від силових пунктів серії ПР-11. Детальне порівняння варіантів цехових мереж та вибір остаточної схеми проведено у главі 5.4.

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						23

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 обґрунтоване значення максимальної реактивної потужності Q_E , яке може бути передано в цехову мережу:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 997,92 \cdot 0,15 = 149,7 \text{ квар.}$$

Необхідна сумарна потужність компенсуючих пристроїв в цеховій мережі:

$$Q_{\Sigma} = Q_p - Q_e = 639,25 - 149,7 = 489,55 \text{ квар.}$$

Розраховуємо мінімальну кількість цехових трансформаторів:

$$N = \frac{P_n}{K_3 \cdot S_{\text{тр.ном}}} = \frac{997,92}{0,8 \cdot 630} = 1,98,$$

де K_3 – бажаний коефіцієнт завантаження трансформаторів (прийняли $K_3 = 0,8$ для випадку переважання II, III категорії).

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.

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{\text{тр.ном}})^2 - P_p^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 630)^2 - 997,92^2} = 142 \text{ квар.}$$

Потужність КП на боці 0,4 кВ:

$$Q_{\text{нк}} = Q_p - Q_{\text{тр}} = 639,25 - 142 = 497,25 \text{ квар.}$$

Приймаємо стандартне значення $Q_{\text{кн}} = 536$ квар 2×УКМ-0,38-268-67.

Потужність КП, що встановлюються на боці 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_{\text{кн}} - Q_e = 997,92 - 536 - 149,7 = 312,22 \text{ квар.}$$

Оскільки $Q_{\text{кв}}$ виявилася невеликою, а в проекті розраховується окремий цех, тому КП на боці 10 кВ не передбачаються.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

II варіант: 2×ТМ 1000 кВА.

$$Q_{\text{тр}} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{\text{тр.ном}})^2 - P_p^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 997,92^2} = 1250,66 \text{ квар,}$$

$$Q_{\text{нк}} = Q_p - Q_{\text{тр}} = 639,25 - 1250,66 = -611,41 \text{ квар.}$$

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

Потужність КП, що встановлюються на боці 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_{\text{нк}} - Q_e = 639,25 - 0 - 149,7 = 489,55 \text{ квар.}$$

Приймаємо стандартне значення $Q_{\text{кв}} = 450$ 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	536	0
3	Потужність Q_e , квар	103,25	189,25
4	Всього за умовами балансу	639,25	639,25

Обчислимо розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності для варіанту 1.

Втрати активної потужності в конденсаторах:

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{кн.пит.}} \cdot Q_{\text{кн.}} = 4,5 \cdot 0,536 = 2,4 \text{ кВт.}$$

Втрати активної потужності при передачі реактивної потужності через трансформатори ТП:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{п}}^2}{U_{\text{н}}^2} R_{\Sigma} = \frac{103,25^2}{10^2} \cdot 957,4 \cdot 10^{-6} = 0,102 \text{ кВт,}$$

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

Вартість КТП:

$$K_{\text{кТП}\Sigma} = \Sigma N \cdot K_{\text{кТП}} = 1 \cdot 560,34 = 560,34 \text{ тис. грн.}$$

де $K_{\text{кТП}} = 22 \cdot 25,47 = 560,34$ тис. грн. вартість однієї КТП Хмельницького трансформаторного заводу з урахуванням коефіцієнту підвищення вартості [2].

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					25

Вартість низьковольтних батарей конденсаторів:

$$K_{кн\Sigma} = \Sigma N_{кн} \cdot K_{кн} = 2 \cdot 90 = 180 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z = E_H \cdot (K_{кн} + K_{кв} + K_{тп}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{тр}) \cdot C_0 \cdot \tau = \\ = 0,12 \cdot (180 + 0 + 560,34) + (2,4 + 0 + 0,102) \cdot 6,9 \cdot 1381 \cdot 10^{-3} = 102,87 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності для варіанту II:

Втрати активної потужності в конденсаторах:

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

Втрати активної потужності при передачі реактивної потужності через трансформатори ТП:

$$\Delta P_{тр} = \frac{Q_{п}^2}{U_H^2} R_{\Sigma} = \frac{189,25^2}{10^2} \cdot 635 \cdot 10^{-6} = 0,23 \text{ кВт.}$$

$$\text{де } R_{\Sigma} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_H^2}{N_{тр} \cdot S_H^2} = \frac{12,7 \cdot 10^2}{2 \cdot 1000^2} = 635 \cdot 10^{-6} \text{ КОМ.}$$

Вартість КТП:

$$K_{ктп\Sigma} = \Sigma N \cdot K_{ктп} = 1 \cdot 674,3 = 674,3 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{кмп} = 22 \cdot 30,65 = 674,3 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних батарей конденсаторів:

$$K_{кв\Sigma} = \Sigma N_{кв} \cdot K_{кв} = 1 \cdot 140 = 140 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z = E_H \cdot (K_{кн} + K_{кв} + K_{тп}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{тр}) \cdot C_0 \cdot \tau = \\ = 0,12 \cdot (0 + 140 + 674,3) + (0 + 1,125 + 0,23) \cdot 6,9 \cdot 1381 \cdot 10^{-3} = 105,3 \text{ тис. грн.}$$

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.	560,34	674,3
2	Вартість КП 0,4 тис. грн.	180	—
3	Вартість КП 10 кВ, тис. грн.	—	140
4	Приведені витрати на компенсацію реактивної потужності, тис. грн.	102,87	105,3

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						26

Таким чином, проведений розрахунок показав, що I варіант більш вигідний. Компенсація реактивної потужності найбільш доцільна на шинах КТП 0,4 кВ. Встановлюємо КП типу 2×УКМ-0,38-268-67.

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-0,38-268-67 і встановлюємо на кожен секцію шин ТП. Ступінь регулювання 67 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	997,92	639,25	0,94	497,25	2	УКМ-0,38-268-67	536	0,78	1003,2

Потужність компенсуючих пристроїв склала $Q_{кп} = 536$ квар, її розподіляємо секціями ТП пропорційно їх некомпенсованому реактивному навантаженню на шинах 10 кВ. Враховуючи те, що потужність батареї $Q_{БК} = 268$ квар більше ніж реактивне навантаження любого відгалуження, то підключаємо її безпосередньо до шин ТП.

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						27

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:

$$S_{н.тр} = \frac{S_p}{2 \cdot K_3} = \frac{984,7}{2 \cdot 0,8} = 615,4 \text{ кВА.}$$

Враховуючи, що в цеху переважають споживачі II категорії то бажаний коефіцієнт завантаження приймемо $K_3 = 0,8$.

Цехову ТП розміщуємо на відмітці 0,0 м у виробничому корпусі у окремому приміщенні із максимально можливим наближенням до найпотужніших електроприймачів. 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	$K_3^{ав}$	% споживачів III категорії, що відключаються
Цех	Вбудована	КТП 2×630 кВА	2×ТМ-630/10	984,7	0,78	1,4	16

У разі виходу з ладу однієї ланки системи електропостачання необхідно буде відключити 16% або 102,5 кВА потужності споживачів III категорії, з метою забезпечення аварійно допустимого коефіцієнта завантаження трансформатора.

								Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				28

Ударний струм к.з. в т. К1

$$i_{уд} = \sqrt{2}I''k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 7,99 \cdot 1,8 = 20,34 \text{ кА},$$

де $k_{уд} = 1,8$ табл. 8.5 [2].

Розрахуємо струм к.з. в т. К2.

$$I'' = \frac{U_{н}}{\sqrt{3}z_{рез}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 9,653} = 0,598 \text{ кА},$$

$$R_{екв} = R_{кл} + R_{тр} = 0,084 + 1,9 = 1,984 \text{ Ом},$$

$$X_{екв} = X_{кл} + X_c + X_{тр} = 0,021 + 0,696 + 8,73 = 9,447 \text{ Ом},$$

$$z_{рез} = \sqrt{X_{екв}^2 + R_{екв}^2} = \sqrt{9,447^2 + 1,984^2} = 9,653 \text{ Ом}.$$

Ударний струм к.з. в т. К2

$$i_{уд} = \sqrt{2}I''k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 0,598 \cdot 1,8 = 1,522 \text{ кА}.$$

Приводимо значення струму до напруги 10 кВ:

$$I''_{нн} = I'' \frac{U_{вн}}{U_{нн}} = 0,598 \frac{10}{0,4} = 14,95 \text{ кА}; i_{уд,нн} = i_{уд} \frac{U_{вн}}{U_{нн}} = 1,522 \frac{10}{0,4} = 38,056 \text{ кА}.$$

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:

$$X_c = U_{н}^2/S_{кз} = 0,38^2/138,39 = 1,04 \text{ мОм},$$

$$\text{де } S_{кз} = \sqrt{3} U_{н} I_{кз} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 7,99 = 138,39 \text{ МВА}.$$

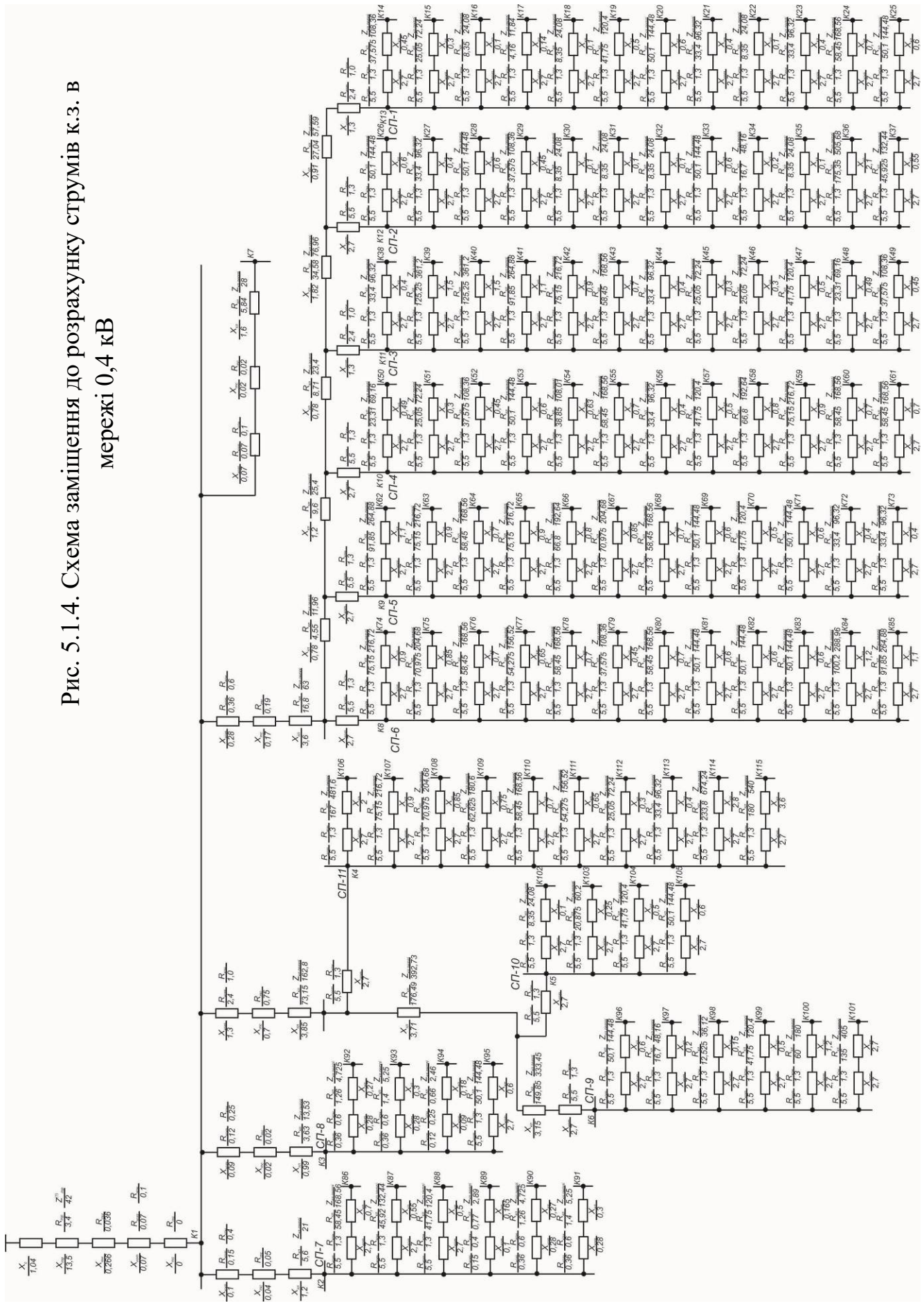
									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					30



Рис. 5.1.3. Розрахункова схема до розрахунку струмів к.з. в мережі 0,4 кВ

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Рис. 5.1.4. Схема замінщення 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-7:

$$r_{\text{o}} = 0,14 \text{ мОм/м}; x_{\text{o}} = 0,03 \text{ мОм/м}; z_{\text{o петлі}} = 0,525 \text{ мОм/м}; - \text{додаток Д.5 [4].}$$

Тоді

$$r_{\text{кл}} = r_{\text{o}}l = 0,14 \cdot 40 = 5,6 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кл}} = x_{\text{o}}l = 0,03 \cdot 40 = 1,2 \text{ мОм};$$

$$Z_{\text{петлі кл}} = Z_{\text{o петлі}}l = 0,525 \cdot 40 = 21 \text{ мОм}.$$

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	$r_{\text{o}},$ мОм/м	$x_{\text{o}},$ мОм/м	$z_{\text{o петлі}},$ мОм/м	$L,$ м	$R,$ мОм	$X,$ мОм	$Z_{\text{петлі}},$ мОм
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП-СП6	0,28	0,06	1,05	60	16,8	3,6	63
ТП-СП7	0,14	0,03	0,525	40	5,6	1,2	21
ТП-СП8	0,11	0,03	0,41	33	3,63	0,99	13,53
ТП-СП11	1,33	0,07	2,96	55	73,15	3,85	162,8
ТП-Суш. кам.	0,073	0,02	0,35	80	5,84	1,6	28
СП6-СП5	0,35	0,06	0,92	13	4,55	0,78	11,96
СП5-СП4	0,48	0,06	1,27	20	9,6	1,2	25,4
СП4-СП3	0,67	0,06	1,8	13	8,71	0,78	23,4
СП3-СП2	1,33	0,07	2,96	26	34,58	1,82	76,96
СП2-СП1	2,08	0,07	4,43	13	27,04	0,91	57,59
СП11-СП10	3,33	0,07	7,41	53	176,49	3,71	392,73
СП10-СП9	3,33	0,07	7,41	45	149,85	3,15	333,45
СП1-1	8,35	0,1	24,08	4,5	37,575	0,45	108,36

1	2	3	4	5	6	7	8
СП1-2	8,35	0,1	24,08	3	25,05	0,3	72,24
СП1-3	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП1-4	2,08	0,07	5,92	2	4,16	0,14	11,84
СП1-5	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП1-6	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП1-7	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП1-8	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП1-9	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП1-10	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП1-11	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП1-12	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП2-13	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП2-14	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП2-15	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП2-16	8,35	0,1	24,08	4,5	37,575	0,45	108,36
СП2-17	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП2-18	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП2-19	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП2-20	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП2-21	8,35	0,1	24,08	2	16,7	0,2	48,16
СП2-22	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП2-23	8,35	0,1	24,08	21	175,35	2,1	505,68
СП2-24	8,35	0,1	24,08	5,5	45,925	0,55	132,44
СП3-25	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП3-26	8,35	0,1	24,08	15	125,25	1,5	361,2
СП3-27	8,35	0,1	24,08	15	125,25	1,5	361,2
СП3-28	8,35	0,1	24,08	11	91,85	1,1	264,88
СП3-29	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП3-30	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП3-31	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП3-32	8,35	0,1	24,08	3	25,05	0,3	72,24
СП3-33	8,35	0,1	24,08	3	25,05	0,3	72,24
СП3-34	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП3-35	3,33	0,07	9,88	7	23,31	0,49	69,16
СП3-36	8,35	0,1	24,08	4,5	37,575	0,45	108,36
СП4-37	3,33	0,07	9,88	7	23,31	0,49	69,16
СП4-38	8,35	0,1	24,08	3	25,05	0,3	72,24
СП4-39	8,35	0,1	24,08	4,5	37,575	0,45	108,36
СП4-40	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП4-41	5,55	0,09	15,43	7	38,85	0,63	108,01
СП4-42	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

1	2	3	4	5	6	7	8
СП4-43	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП4-44	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП4-45	8,35	0,1	24,08	8	66,8	0,8	192,64
СП4-46	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП4-47	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП4-48	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП5-49	8,35	0,1	24,08	11	91,85	1,1	264,88
СП5-50	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП5-51	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП5-52	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП5-53	8,35	0,1	24,08	8	66,8	0,8	192,64
СП5-54	8,35	0,1	24,08	8,5	70,975	0,85	204,68
СП5-55	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП5-56	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП5-57	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП5-58	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП5-59	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП5-60	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП6-61	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП6-62	8,35	0,1	24,08	8,5	70,975	0,85	204,68
СП6-63	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП6-64	8,35	0,1	24,08	6,5	54,275	0,65	156,52
СП6-65	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП6-66	8,35	0,1	24,08	4,5	37,575	0,45	108,36
СП6-67	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП6-68	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП6-69	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП6-70	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП6-71	8,35	0,1	24,08	12	100,2	1,2	288,96
СП6-72	8,35	0,1	24,08	11	91,85	1,1	264,88
СП7-73	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП7-74	8,35	0,1	24,08	5,5	45,925	0,55	132,44
СП7-75	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП7-76	0,14	0,03	0,525	5,5	0,77	0,165	2,8875
СП7-77	0,28	0,06	1,05	4,5	1,26	0,27	4,725
СП7-78	0,28	0,06	1,05	5	1,4	0,3	5,25
СП8-79	0,28	0,06	1,05	5	1,4	0,3	5,25
СП8-80	0,28	0,06	1,05	5	1,4	0,3	5,25
СП8-81	0,11	0,03	0,41	6	0,66	0,18	2,46
СП8-82	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП9-83	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

1	2	3	4	5	6	7	8
СП9-84	8,35	0,1	24,08	2	16,7	0,2	48,16
СП9-85	8,35	0,1	24,08	1,5	12,525	0,15	36,12
СП9-86	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП9-102	5	0,1	15	12	60	1,2	180
СП9-103	5	0,1	15	27	135	2,7	405
СП10-87	8,35	0,1	24,08	1	8,35	0,1	24,08
СП10-88	8,35	0,1	24,08	2,5	20,875	0,25	60,2
СП10-89	8,35	0,1	24,08	5	41,75	0,5	120,4
СП10-90	8,35	0,1	24,08	6	50,1	0,6	144,48
СП11-92	8,35	0,1	24,08	20	167	2	481,6
СП11-93	8,35	0,1	24,08	9	75,15	0,9	216,72
СП11-94	8,35	0,1	24,08	8,5	70,975	0,85	204,68
СП11-95	8,35	0,1	24,08	7,5	62,625	0,75	180,6
СП11-96	8,35	0,1	24,08	7	58,45	0,7	168,56
СП11-97	8,35	0,1	24,08	6,5	54,275	0,65	156,52
СП11-98	8,35	0,1	24,08	3	25,05	0,3	72,24
СП11-99	8,35	0,1	24,08	4	33,4	0,4	96,32
СП11-100	8,35	0,1	24,08	28	233,8	2,8	674,24
СП11-101	5	0,1	15	36	180	3,6	540

Сумарні опори до точки K_1 :

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

$$x_{\Sigma 1} = x_{\text{с}} + x_{\text{тр}} + x_{\text{ош}} + x_{\text{тс}} + x_{\text{кот}} = 1,04 + 13,5 + 0,266 + 0 + 0,07 = 14,876 \text{ мОм};$$

$$z_1 = \sqrt{(r_{\Sigma 1}^2 + x_{\Sigma 1}^2)} = \sqrt{(3,606^2 + 14,876^2)} = 15,307 \text{ мОм}.$$

Трифазний струм КЗ в точці K_1 :

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = U_{\text{н}} / (\sqrt{3} z_1) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 15,307) = 14,33 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} K_{\text{уд}} I_{\text{к1}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,463 \cdot 14,33 = 29,648 \text{ кА}.$$

де

$$K_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,013}} = 1,463,$$

$$T_a = \frac{X}{\omega R} = \frac{14,876}{314 \cdot 3,606} = 0,013 \text{ 1/с}.$$

Сумарні опори петлі фаза-нуль до точки K_1 :

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

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					36

$$x_{\text{петлі1}} = 2x_c + 3x_{\text{ош}} + 3x_{\text{тс}} + 3x_{\text{кот}} = 2 \cdot 1,04 + 3 \cdot 0,266 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 0,07 = 3,088 \text{ мОм};$$

$$z_{\text{петлі1}} = \sqrt{(r_{\text{петлі}}^2 + x_{\text{петлі}}^2)} = \sqrt{(0,618^2 + 3,088^2)} = 3,149 \text{ мОм}.$$

Струм однофазного КЗ в точки K_1 :

$$I_{K1}^{(1)} = U_{\phi} / (z_T^{(1)} / 3 + z_{\text{петлі1}}) = 220 / (42/3 + 3,149) = 12,828 \text{ кА}.$$

Опір вимикаючого апарату до СП-7:

$$r_{\text{кот}} = 0,15 \text{ мОм}; x_{\text{кот}} = 0,1 \text{ мОм}; r_k = 0,4 \text{ мОм}.$$

Опори трансформатора струму:

$$r_{\text{тс}} = 0,05 \text{ мОм}; x_{\text{тс}} = 0,04 \text{ мОм};$$

Сумарні опори до точки K_2 :

$$r_{\Sigma 2} = r_{\Sigma 1} + r_{\text{кат}} + r_k + r_{\text{тс}} + r_{\text{пр}} = 3,606 + 0,15 + 0,4 + 0,05 + 5,6 = 9,806 \text{ мОм},$$

$$x_{\Sigma 2} = x_{\Sigma 1} + x_{\text{кат}} + x_{\text{тс}} + x_{\text{пр}} = 14,876 + 0,1 + 0,04 + 1,2 = 16,216 \text{ мОм};$$

$$z_2 = \sqrt{(r_{\Sigma 2}^2 + x_{\Sigma 2}^2)} = \sqrt{(9,806^2 + 16,216^2)} = 18,95 \text{ мОм}.$$

Трифазний струм КЗ в точці K_2 :

$$I_{K2}^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} z_2) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 18,95) = 11,577 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,146 \cdot 11,577 = 18,763 \text{ кА},$$

де

$$K_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0053}} = 1,146,$$

$$T_a = \frac{X}{\omega R} = \frac{16,216}{314 \cdot 9,806} = 0,0053 \text{ 1/с}.$$

Сумарні опори петлі фаза-нуль до точки K_2 :

$$r_{\text{петлі2}} = r_{\text{петлі1}} + 3r_{\text{тс}} + 3r_{\text{кот}} + 3r_k = 0,618 + 3 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,4 = 2,418 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{петлі2}} = x_{\text{петлі1}} + 3x_{\text{тс}} + 3x_{\text{кот}} = 3,088 + 3 \cdot 0,04 + 3 \cdot 0,1 = 3,508 \text{ мОм};$$

$$z_{\text{петлі2}} = \sqrt{(r_{\text{петлі}}^2 + x_{\text{петлі}}^2)} = \sqrt{(2,418^2 + 3,508^2)} = 4,261 \text{ мОм}.$$

Струм однофазного КЗ в точки K_2 :

$$I_{K2}^{(1)} = U_{\phi} / (z_T^{(1)} / 3 + z_{\text{петлі2}} + z_{\text{кл петлі}}) = 220 / (42/3 + 4,261 + 21) = 5,603 \text{ кА}.$$

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

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					37

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

Т. к.з.	R_{Σ} , МОм	X_{Σ} , МОм	$I_{кз}$, кА	T_a , 1/с	$I_{уд}$, кА	$I^{(1)}_{кз}$, кА
1	2	3	4	5	6	7
1	3,606	14,876	14,33	0,013	29,648	12,828
2	9,806	16,216	11,577	0,005	18,763	5,603
3	7,626	15,976	12,393	0,0067	21,442	7,009
4	87,706	23,426	2,417	0,0008	3,418	1,026
5	264,196	27,136	0,826	0,0003	1,168	0,362
6	414,046	30,286	0,528	0,0002	0,747	0,234
7	9,636	16,566	11,448	0,005	18,796	4,829
8	28,356	21,626	6,152	0,002	8,842	2,105
9	32,906	22,406	5,511	0,002	7,871	1,889
10	42,506	23,606	4,512	0,002	6,404	1,551
11	47,816	22,986	4,135	0,0015	5,857	1,426
12	85,796	26,206	2,446	0,0009	3,459	0,908
13	109,436	25,716	1,952	0,0007	2,76	0,762
14	153,811	28,866	1,402	0,0005	1,983	0,525
15	141,286	28,716	1,522	0,0005	2,152	0,575
16	124,586	28,516	1,717	0,0006	2,428	0,657
17	120,396	28,556	1,773	0,0007	2,508	0,682
18	124,586	28,516	1,717	0,0006	2,428	0,657
19	157,986	28,916	1,366	0,0005	1,932	0,51
20	166,336	29,016	1,299	0,0005	1,838	0,483
21	149,636	28,816	1,44	0,0005	2,036	0,541
22	124,586	28,516	1,717	0,0006	2,428	0,657
23	149,636	28,816	1,44	0,0005	2,036	0,541
24	174,686	29,116	1,239	0,0005	1,752	0,459
25	166,336	29,016	1,299	0,0005	1,838	0,483
26	142,696	29,506	1,506	0,0006	2,129	0,538
27	125,996	29,306	1,696	0,0006	2,399	0,61
28	142,696	29,506	1,506	0,0006	2,129	0,538
29	130,71	29,356	1,644	0,0006	2,325	0,591
30	100,946	29,006	2,089	0,0008	2,954	0,763
31	100,946	29,006	2,089	0,0008	2,954	0,763
32	100,946	29,006	2,089	0,0008	2,954	0,763
33	142,696	29,506	1,506	0,0006	2,129	0,538
34	109,296	29,106	1,94	0,0007	2,743	0,705
35	100,946	29,006	2,089	0,0008	2,954	0,763
36	267,946	31,006	0,813	0,0003	1,15	0,286
37	139,521	29,456	1,539	0,0006	2,176	0,555
38	88,016	26,086	2,39	0,0008	3,38	0,807
39	179,866	27,186	1,206	0,0004	1,706	0,409
40	179,866	27,186	1,206	0,0004	1,706	0,409

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

38

1	2	3	4	5	6	7
41	146,466	26,786	1,473	0,0005	2,084	0,499
42	129,766	26,586	1,656	0,0005	2,342	0,56
43	113,066	26,386	1,89	0,0006	2,676	0,638
44	88,016	26,086	2,39	0,0008	3,38	0,807
45	79,666	25,986	2,618	0,0009	3,703	0,886
46	79,666	25,986	2,618	0,0009	3,703	0,886
47	96,366	26,136	2,197	0,0007	3,107	0,742
48	77,926	26,176	2,669	0,0009	3,774	0,897
49	92,191	26,136	2,29	0,0007	3,238	0,773
50	72,616	26,796	2,834	0,001	4,009	0,945
51	74,356	26,606	2,778	0,001	3,929	0,932
52	86,881	26,756	2,413	0,0008	3,413	0,809
53	99,406	26,906	2,13	0,0007	3,013	0,714
54	88,156	26,936	2,38	0,0008	3,366	0,81
55	107,756	27,006	1,975	0,0007	2,793	0,662
56	82,706	26,706	2,524	0,0009	3,57	0,846
57	91,056	26,806	2,311	0,0008	3,269	0,774
58	116,106	27,106	1,84	0,0006	2,602	0,617
59	124,456	27,206	1,722	0,0006	2,435	0,578
60	107,756	27,006	1,975	0,0007	2,793	0,662
61	107,756	27,006	1,975	0,0007	2,793	0,662
62	131,556	26,206	1,636	0,0005	2,312	0,546
63	114,856	26,006	1,863	0,0006	2,635	0,62
64	98,156	25,806	2,162	0,0007	3,057	0,717
65	114,856	26,006	1,863	0,0006	2,635	0,62
66	106,506	25,906	2,002	0,0007	2,831	0,665
67	110,681	25,956	1,93	0,0003	2,729	0,641
68	98,156	25,806	2,162	0,0007	3,057	0,717
69	89,806	25,706	2,349	0,0008	3,321	0,778
70	81,456	25,606	2,569	0,0008	3,634	0,85
71	89,806	25,706	2,349	0,0008	3,321	0,778
72	73,106	25,506	2,834	0,00097	4,007	0,937
73	73,106	25,506	2,834	0,00097	4,007	0,937
74	110,306	25,226	1,939	0,0006	2,742	0,641
75	106,131	25,176	2,011	0,0006	2,845	0,665
76	93,606	25,026	2,264	0,0007	3,202	0,746
77	89,431	24,976	2,363	0,0008	3,342	0,778
78	93,606	25,026	2,264	0,0007	3,202	0,746
79	72,731	24,776	2,855	0,0009	4,038	0,937
80	93,606	25,026	2,264	0,0007	3,202	0,746
81	85,256	24,926	2,47	0,0008	3,493	0,812

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						39

1	2	3	4	5	6	7
82	85,256	24,926	2,47	0,0008	3,493	0,812
83	85,256	24,926	2,47	0,0008	3,493	0,812
84	135,356	25,526	1,593	0,0005	2,253	0,53
85	127,006	25,426	1,694	0,0005	2,395	0,562
86	75,056	19,616	2,828	0,0007	3,999	0,96
87	62,526	19,466	3,35	0,0008	4,738	1,14
88	58,256	19,416	3,567	0,0008	5,045	1,215
89	11,126	16,481	11,033	0,0046	17,413	5,062
90	12,026	16,766	10,633	0,0043	16,502	4,723
91	12,166	16,796	10,579	0,0042	16,379	4,671
92	9,846	16,526	11,405	0,005	18,458	5,703
93	9,986	16,556	11,347	0,005	18,302	5,627
94	8,656	16,246	11,918	0,0058	19,93	6,344
95	64,526	19,276	3,258	0,0008	4,607	1,117
96	470,946	33,586	0,465	0,0002	0,657	0,199
97	437,546	33,186	0,5	0,0002	0,707	0,218
98	433,371	33,136	0,505	0,0002	0,714	0,22
99	462,596	33,486	0,473	0,0002	0,669	0,203
100	480,846	34,186	0,455	0,0002	0,644	0,193
101	555,846	35,686	0,394	0,0002	0,557	0,161
102	279,346	29,936	0,781	0,0003	1,104	0,337
103	291,871	30,086	0,748	0,0003	1,057	0,319
104	312,746	30,336	0,698	0,0003	0,987	0,294
105	321,096	30,436	0,68	0,0002	0,962	0,284
106	261,506	28,126	0,834	0,0003	1,18	0,306
107	169,656	27,026	1,277	0,0004	1,806	0,486
108	165,481	26,976	1,309	0,0004	1,851	0,499
109	157,131	26,876	1,376	0,0005	1,946	0,528
110	152,956	26,826	1,413	0,0005	1,998	0,543
111	148,781	26,776	1,451	0,0005	2,052	0,56
112	119,556	26,426	1,792	0,0006	2,534	0,713
113	127,906	26,526	1,68	0,0006	2,375	0,661
114	328,306	28,926	0,666	0,0002	0,941	0,242
115	274,506	29,726	0,795	0,0003	1,124	0,283

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:

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						40

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{1003,2}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 29 \text{ А},$$

$$I_{\max} = 2I_p = 2 \cdot 29 = 58 \text{ А}.$$

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

$$F = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}} = \frac{29}{1,6} = 18,12 \text{ мм}^2.$$

де $j_{\text{ек}} = 1,6$ – для КЛ з алюмінієвими жилами при $T_M < 3000$ год.

Обираємо кабель типу ААБ (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	1003,2	29	58	18,12	87	205	ААБ (3×95)

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

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{пр}}} = \frac{49,6}{1,0} = 49,6 \text{ А}.$$

Вибираємо кабель АПВ перерізом 16 мм² з довготривалим допустимим струмом $I_{\text{тр}} = 60$ А.

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

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					41

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_p}{U_H} \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) L =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 49,6}{400} \cdot (2,08 \cdot 0,67 + 0,29 \cdot 0,74) 0,013 = 0,45\%$$

$$0,45\% < 5\%$$

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	$\Delta U\%$
1	49,62	60	16	0,67	0,74	2,08	0,29	0,013	0,45
2	64,55	75	25	0,67	0,74	1,33	0,27	0,026	0,79
3	106,4	110	50	0,65	0,76	0,67	0,25	0,013	0,38
4	138,2	140	70	0,67	0,75	0,48	0,24	0,02	0,60
5	162,3	165	95	0,70	0,71	0,35	0,23	0,013	0,37
6	184,9	200	120	0,72	0,69	0,28	0,22	0,06	1,70
7	374,4	400	2×120	0,60	0,80	0,14	0,11	0,04	1,12
8	426,8	460	2×150	0,60	0,80	0,11	0,105	0,033	0,91
9	19,25	45	10	0,63	0,78	3,33	0,31	0,045	0,88
10	24,86	45	10	0,62	0,78	3,33	0,31	0,053	1,32
11	60,0	75	25	0,67	0,74	1,33	0,27	0,055	1,56
Сушильна камера	607,7	690	3×150	0,95	0,31	0,073	0,07	0,08	1,92

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 токарно-гвинторізного верстата:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,65} = 22,2 \text{ А.}$$

Обираємо кабель АПВ 3×4+1×2,5 з допустимим довготривалим струмом $I_H = 22,2 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 27 \text{ А}$. Перевіряємо обраний кабель на відповідність захисному пристрою:

$$K_{\text{пр}} I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зах}} I_z; 1 \cdot 27 > 1 \cdot 25,$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					42

де $I_3 = 25$ А – найближче стандартне значення розчеплювача автоматичного вимикача, $K_{зах} = 1$ – 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 АПВ. Кабельні лінії до окремих електроприймачів прокладені в сталевих тонкостінних трубах для електропроводок (ГОСТ 10704-76) в підлозі цеху.

Таблиця 5.2.3. Вибір перерізу живлячих кабелів до електроприймачів

№ п/п	Найменування ЕП	P_n , кВт	Cos	I_p , А	I_d , А	S мм ²	$I_{зах}K_{зах}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Токарно-гвинторізний	10	0,65	22,2	27	4	25
2	Вертикально-фрезерувальний	7,5	0,65	16,7	27	4	20
3	Вертикально-свердлильний	2,2	0,65	4,9	27	4	10
4	Точильно-шліфувальний	5,8	0,65	12,9	27	4	16
5	Спеціальний багатопшпindelний	22,3	0,65	49,5	60	16	50
6	Вертикально-свердлильний	4	0,7	8,2	27	4	10
7	Горизонтально-фрезерувальний	8,9	0,7	18,4	27	4	20
8	Вертикально-фрезерувальний	7,5	0,65	16,7	27	4	20
9	Настільно-свердлильний	0,6	0,6	1,4	27	4	10
10	Вертикально-різбонарізний	1	0,6	2,4	27	4	10
11	Плоскошліфувальний	4	0,65	8,9	27	4	10
12	Точильно-шліфувальний	0,75	0,65	1,7	27	4	10
13	Зубофрезерний	4	0,65	8,9	27	4	10
14	Вертикально-фрезерувальний	8,5	0,6	20,4	27	4	25
15	Токарно-гвинторізний	10,1	0,65	22,4	27	4	25
16	Токарно-револьверний	5,7	0,65	12,7	27	4	16
17	Токарно-гвинторізний	11	0,6	26,5	27	4	32
18	Токарно-гвинторізний	15	0,6	36,1	45	10	40
19	Точильно-шліфувальний	4,6	0,65	10,2	27	4	12,5
20	Різбонакатний	4,5	0,6	10,8	27	4	12,5
21	Точильно-шліфувальний	5,2	0,65	11,5	27	4	12,5
22	Універсально-заточувальний	1,4	0,6	3,4	27	4	10
23	Універсально-фрезерний	15,4	0,65	34,2	35	6	40
24	Випрямляч зварювальний	2,5	0,95	3,8	27	4	10
25	Пристрій зварювальний	8,5	0,8	15,3	27	4	16
26	Напівавтомат зварювальний	1,5	0,5	4,3	27	4	10
27	Прес кривошипний	4	0,65	8,9	27	4	10
28	Прес кривошипний	4,7	0,65	10,4	27	4	12,5
29	Машина точкового зварювання	150	0,6	360,8	400	2×120	400
30	Машина точкового зварювання	70	0,6	168,4	200	120	250
31	Стенд для перемотування дроту	2	0,65	4,4	27	4	10

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					43

1	2	3	4	5	6	7	8
32	Машина точкового зварювання	200	0,66	437,4	460	2×150	500
33	Прес гідравлічний	3	0,65	6,7	27	4	10
34	Камера пульверизаційна	7	0,7	14,4	27	4	10
35	Машина мийна	2,97	0,6	7,1	27	4	10
36	Ванна для фарбування	2,7	0,6	6,5	27	4	10
37	Електротельфер	3	0,5	8,7	27	4	10
38	Шпоночно-фрезерний	2,2	0,6	5,3	27	4	10
39	Електротельфер	2	0,5	5,8	27	4	10
40	Спеціальний верстат	2,2	0,95	3,3	27	4	10

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.

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, $U_{\text{к}} = 5,5\%$.

$$\Delta U_{\text{т}} = k_3 (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) = 0,78(1,2 \cdot 0,999 + 5,37 \cdot 0,036) = 1,086\%;$$

$$\Delta U_{\text{доп}\%} = U_{\text{xx}} - U_{\min} - \Delta U_{\text{т}} = 105 - 97,5 - 1,086 = 6,414 \%$$

Від КТП до освітлювального пункту ОСП проходить чотириохжильний кабель довжиною 5 м. Замінімо рівномірно розподілене по довжині навантаження зосередженим у середині лінії. Визначимо моменти всіх ділянок мережі. Розрахунок моментів проведений в табл. 5.3.1.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					44

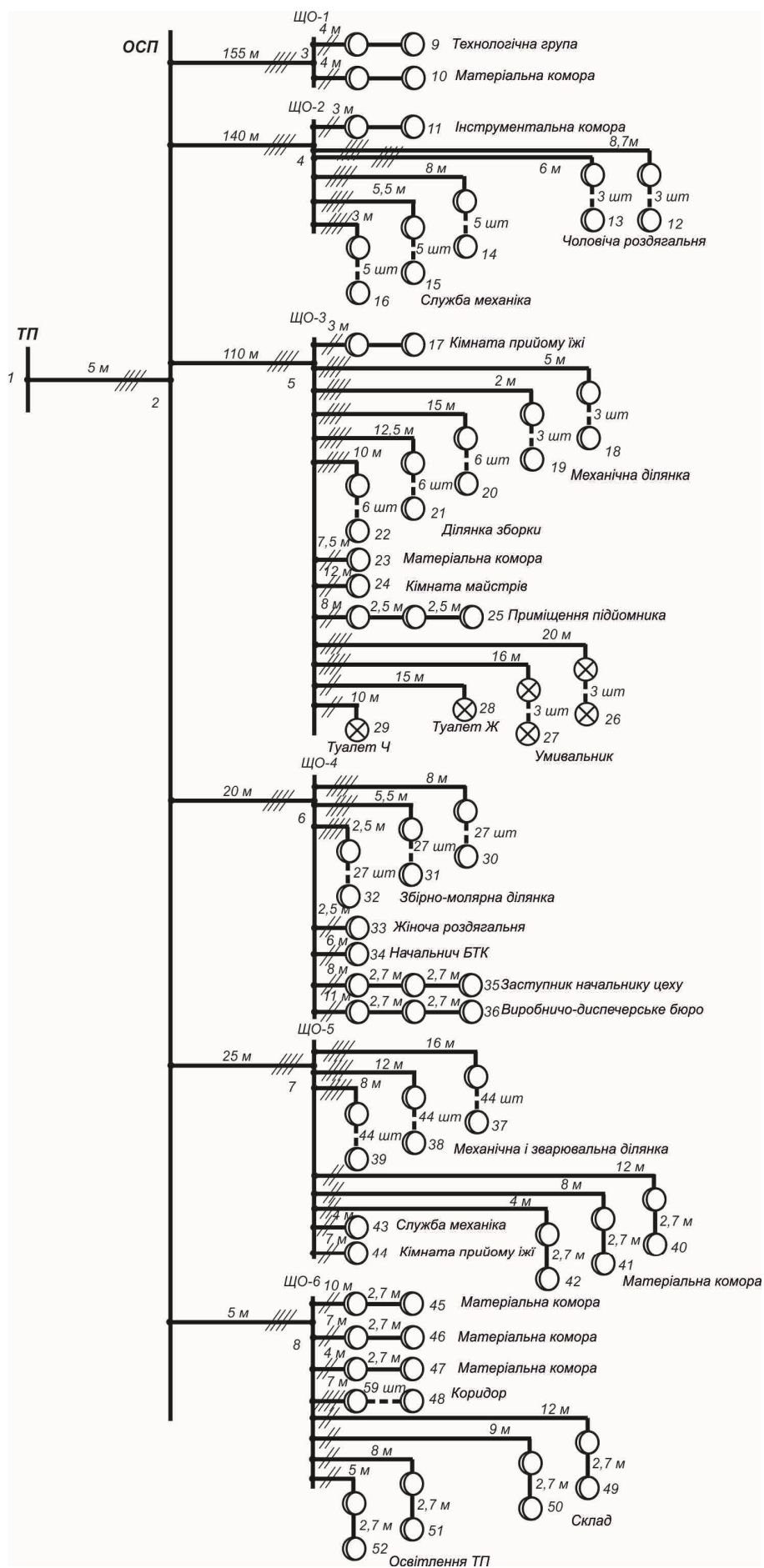


Рис. 5.3.1. Схема освітлювальних електричних мереж цеху.

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

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
1	2	3	4	5	6	7	8
2-3			155	0	1	102,3	102,300
3-9	2	0,25	4	2,7	1,39	2,675	3,718
3-10	2	0,08	4	2,7	1,39	0,856	1,190
						Всього по ЩО-1	107,208
2-4			140	0	1	352,1	352,100
4-11	2	0,08	3	2,7	1,39	0,696	0,967
4-12	3	0,08	8,7	5,4	1	2,736	2,736
4-13	3	0,08	6	5,4	1	2,088	2,088
4-14	5	0,125	8	10,8	1	8,375	8,375
4-15	5	0,125	5,5	10,8	1	6,813	6,813
4-16	5	0,125	3	10,8	1	5,25	5,250
						Всього по ЩО-2	378,329
2-5			110	0	1	519,2	519,200
5-17	2	0,125	3	2,7	1,39	1,088	1,512
5-18	3	0,125	5	5,4	1	2,888	2,888
5-19	3	0,125	2	5,4	1	1,763	1,763
5-20	6	0,125	15	13,5	1	16,313	16,313
5-21	6	0,125	12,5	13,5	1	14,438	14,438
5-22	6	0,125	10	13,5	1	12,563	12,563
5-23	1	0,08	7,5	0	1,39	0,600	0,834
5-24	1	0,25	12	0	1,39	3,000	4,170
5-25	3	0,08	8	5	1,39	2,520	3,503
5-26	3	0,1	20	5,4	1	6,810	6,810
5-27	3	0,1	16	5,4	1	5,610	5,610
5-28	1	0,15	15	0	1,39	2,250	3,128
5-29	1	0,15	10	0	1,39	1,500	2,085
						Всього по ЩО-3	594,813
2-6			20	0	1	225	225,000
6-30	27	0,125	8	70,2	1	145,463	145,463
6-31	27	0,125	5,5	70,2	1	137,025	137,025
6-32	27	0,125	3	70,2	1	128,588	128,588
6-33	1	0,125	2,5	0	1,39	0,313	0,434
6-34	1	0,25	6	0	1,39	1,500	2,085
6-35	3	0,125	8	5,4	1,39	4,013	5,577
6-36	3	0,125	11	5,4	1,39	5,138	7,141
						Всього по ЩО-4	651,313
2-7			25	0	1	440,625	440,625
7-37	44	0,125	16	116,1	1	407,275	407,275
7-38	44	0,125	12	116,1	1	385,275	385,275
7-39	44	0,125	8	116,1	1	363,275	363,275
7-40	2	0,125	12	2,7	1,39	3,338	4,639
7-41	2	0,125	8	2,7	1,39	2,338	3,249
7-42	2	0,125	4	2,7	1,39	1,338	1,859
7-43	1	0,25	4	0	1,39	1,000	1,390
7-44	1	0,125	7	0	1,39	0,875	1,216
						Всього по ЩО-5	1606,069
2-8			5	0	1	42,475	42,475

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

Арк.

46

1	2	3	4	5	6	7	8
8-45	2	0,08	10	2,7	1,39	1,816	2,524
8-46	2	0,08	7	2,7	1,39	1,336	1,857
8-47	2	0,08	4	2,7	1,39	0,856	1,190
8-48	59	0,125	7	156,6	1	629,088	629,088
8-49	2	0,08	12	2,7	1,39	2,136	2,969
8-50	2	0,08	9	2,7	1,39	1,656	2,302
8-51	2	0,08	8	2,7	1,39	1,496	2,079
8-52	2	0,08	5	2,7	1,39	1,016	1,412
						Всього по ЩО-6	685,896
						Всього по цеху	4023,629

Визначаємо переріз кабелю до ЩО-1:

$$F_{12} = \frac{\Sigma M + \alpha \cdot \Sigma m}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}} = \frac{46,63 \cdot 5 + 4023,628}{44 \cdot 6,414} = 15,06 \text{ мм}^2,$$

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 16 мм^2 .

Перевіряємо вибране значення на довготривалий робочий струм

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U} = \frac{92}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 132,8 \text{ А.}$$

Так як обраний переріз не витримує довготривалий струм $60 \text{ А} < 132,8 \text{ А}$, то остаточно приймаємо значення 70 мм^2 по умові довготривалого струму ($140 \text{ А} > 132,8 \text{ А}$).

Визначаємо дійсну втрату напруги:

$$\Delta U_{12} = \frac{M_{12}}{C \cdot F_{12}} = \frac{46,93 \cdot 5}{44 \cdot 70} = 0,076 \%,$$

$$\Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{12} = 6,414 - 0,076 = 6,338\%.$$

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

Таблиця 5.3.2. Вибір перетину кабельних ліній освітлювальних мереж

№ п/п	αM , кВт·м	C	F_p , мм ²	S , кВА	I , А	$F_{ст}$, мм ²	ΔU , %	$I_{доп}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-3	107,208	44	0,384	1,11	1,60	4	0,61	27
3-9	3,718	7,4	0,080	0,90	1,29	2,5	0,20	23
3-10	1,190	7,4	0,026	0,21	0,31	2,5	0,06	23
2-4	378,329	44	1,357	5,91	8,53	4	2,15	27
4-11	0,967	7,4	0,022	1,15	1,66	2,5	0,05	23
4-12	2,736	44	0,010	0,43	0,62	4	0,02	27
4-13	2,088	44	0,008	0,43	0,62	4	0,01	27
4-14	8,375	44	0,030	1,33	1,92	4	0,05	27
4-15	6,813	44	0,025	1,33	1,92	4	0,04	27
4-16	5,250	44	0,019	1,33	1,92	4	0,03	27
2-5	594,813	44	2,133	8,32	12,00	4	3,38	27
5-17	1,512	7,4	0,035	0,45	0,65	2,5	0,08	23
5-18	2,888	44	0,010	0,80	1,15	4	0,02	27
5-19	1,763	44	0,006	0,80	1,15	4	0,01	27
5-20	16,313	44	0,059	1,59	2,30	4	0,09	27
5-21	14,438	44	0,052	1,59	2,30	4	0,08	27
5-22	12,563	44	0,046	1,59	2,30	4	0,07	27
5-23	0,834	7,4	0,019	0,11	0,16	2,5	0,05	23
5-24	4,170	7,4	0,096	0,53	0,77	2,5	0,23	23
5-25	3,503	7,4	0,080	0,43	0,62	2,5	0,19	23
5-26	6,810	44	0,025	0,26	0,37	4	0,04	27
5-27	5,610	44	0,020	0,26	0,37	4	0,03	27
5-28	3,128	7,4	0,072	0,13	0,19	2,5	0,17	23
5-29	2,085	7,4	0,048	0,13	0,19	2,5	0,11	23
2-6	651,313	44	2,336	23,88	34,46	6	2,47	35
6-30	145,463	44	0,526	7,18	10,36	4	0,83	27
6-31	137,025	44	0,496	7,18	10,36	4	0,78	27
6-32	128,588	44	0,465	7,18	10,36	4	0,73	27
6-33	0,434	7,4	0,010	0,22	0,32	2,5	0,02	23
6-34	2,085	7,4	0,047	0,53	0,77	2,5	0,11	23
6-35	5,577	7,4	0,126	0,80	1,15	2,5	0,30	23
6-36	7,141	7,4	0,161	0,80	1,15	2,5	0,39	23
2-7	1606,069	44	5,759	36,84	53,18	16	2,28	60
7-37	407,275	44	1,472	11,69	16,88	4	2,31	27
7-38	385,275	44	1,393	11,69	16,88	4	2,19	27
7-39	363,275	44	1,313	11,69	16,88	4	2,06	27
7-40	4,639	7,4	0,104	0,34	0,48	2,5	0,25	23
7-41	3,249	7,4	0,073	0,34	0,48	2,5	0,18	23
7-42	1,859	7,4	0,042	0,34	0,48	2,5	0,10	23
7-43	1,390	7,4	0,031	0,53	0,77	2,5	0,08	23
7-44	1,216	7,4	0,027	0,22	0,32	2,5	0,07	23
2-8	685,896	44	2,460	17,18	24,80	4	3,90	27
8-45	2,524	7,4	0,059	0,21	0,31	2,5	0,14	23
8-46	1,857	7,4	0,043	0,21	0,31	2,5	0,10	23
8-47	1,190	7,4	0,028	0,21	0,31	2,5	0,06	23
8-48	629,088	44	2,288	15,68	22,63	4	3,57	27

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

48

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-49	2,969	7,4	0,069	0,21	0,31	2,5	0,16	23
8-50	2,302	7,4	0,054	0,21	0,31	2,5	0,12	23
8-51	2,079	7,4	0,048	0,21	0,31	2,5	0,11	23
8-52	1,412	7,4	0,033	0,21	0,31	2,5	0,08	23

Прокладання кабелів освітлювальної мережі здійснюється дротом марки АПВ. Мінімальні перерізи чотирьохжильних кабелів вибрані 4 мм², двохжильних 2,5 мм². До рівня підвісу ліхтарів прокладання здійснюється в трубах діаметром 40 мм. Живлення освітлювальних мереж здійснюється від щитів типу ЩО 31-32 з відходящими автоматами АЗ114, ввідним автоматом АЕ-1031-11 та кількістю підходящих ліній до 12 шт., крім ЩО-3 в якому пропонується використати щит типу ЩО31-43 кількістю підходящих ліній до 18 шт.

5.4. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання цеху

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

В першому варіанті розглядаємо спосіб змішаного живлення електроприймачів цеху від комплектних шинопроводів і силових пунктів, в другому – тільки від силових пунктів. При порівнянні варіантів будемо порівнювати тільки ті частини схеми, що відрізняються.

Вибір комплектних шинопроводів.

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

Комплектні шинопроводи типу ШМА для головних магістралей вибирають по розрахунковому струму трансформатора, до якого підключена магістраль.

$$I_{н.ШМА-1} = 925,5 \text{ А.}$$

Вибираємо магістральні шинопроводи ШМА73У3 з номінальним струмом $I_{н} = 1600 \text{ А}$, $I_{дин} = 90 \text{ кА}$, $r_0 = 0,031 \text{ мОм/м}$, $x_0 = 0,017 \text{ мОм/м}$, $z_0 = 0,036 \text{ мОм/м}$.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					49

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

№п/п	Найменування обладнання	n	P _н , кВт		Ки	Cos	tg	Середньозмісне		п _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															
	Токарно-гвинторізний	11	10-15	116,1	0,17	0,65	1,17	19,7	23,1						
	Вертикально-свердильний	2	2,2-4	6,2	0,14	0,65	1,17	0,9	1,0						
	Точильно-шліфувальний	1	5,8	5,8	0,12	0,65	1,17	0,7	0,8						
	Вертикально-фрезерувальний	1	7,5	7,5	0,12	0,65	1,17	0,9	1,1						
	Електротельфер	2	2-3	5,0	0,1	0,5	1,73	0,5	0,9						
	Вертикально-свердильний	6	2,2-4	20,4	0,16	0,7	1,02	3,3	3,3						
	Спеціальний багатопшпindelний	1	22,3	22,3	0,2	0,65	1,17	4,5	5,2						
	Спеціальний верстат	1	2,2	2,2	0,35	0,65	1,17	0,8	0,9						
	Горизонтально-фрезерувальний	3	8,9	26,7	0,16	0,7	1,02	4,3	4,4						
	Настільно-свердильний	2	0,6	1,2	0,12	0,6	1,33	0,1	0,2						
	Вертикально-різбонарізний	1	1	1,0	0,14	0,6	1,33	0,1	0,2						
	Вертикально-фрезерувальний	4	7,5-8,5	31,0	0,14	0,65	1,17	4,3	5,1						
	Точильно-шліфувальний	1	0,75	0,75	0,14	0,65	1,17	0,1	0,1						
	Вертикально-свердильний	4	4,0	16	0,16	0,7	1,02	2,6	2,6						
	Точильно-шліфувальний	2	4,6	9,2	0,14	0,65	1,17	1,3	1,5						
	Плоскошліфувальний	2	4,0	8	0,14	0,65	1,17	1,1	1,3						
	Зубофрезерний	1	4	4,0	0,17	0,65	1,17	0,7	0,8						
	Токарно-револьверний	1	5,7	5,7	0,17	0,65	1,17	1,0	1,1						
	Різбонакатний	1	4,5	4,5	0,12	0,6	1,33	0,5	0,7						
	Точильно-шліфувальний	2	5,2	10,4	0,16	0,65	1,17	1,7	1,9						
	Універсально-фрезерний	1	15,4	15,4	0,14	0,65	1,17	2,2	2,5						
	Універсально-заточувальний	1	1,4	1,4	0,12	0,6	1,33	0,2	0,2						
	Випрямляч зварювальний	14	2,5	35	0,6	0,95	0,33	21,0	6,9						

Продовження табл. 5.4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Напівавтомат зварювальний	12	1,5	18	0,35	0,5	1,73	6,3	10,9						
	Прес кривошипний	3	4-4,7	12,7	0,17	0,65	1,17	2,2	2,5						
	Пристрій зварювальний	1	8,5	8,5	0,5	0,8	0,75	4,3	3,2						
	Машина точкового зварювання	1	150,0	150	0,35	0,6	1,33	52,5	70,0						
	Всього по ШРА-1	82	0,6-150	545,0	0,25	0,67	1,11	137,55	152,49	7	1,95	268,2	167,7	316,4	456,6
ШРА-2															
	Прес кривошипний	1	2,0	2	0,12	0,65	1,17	0,2	0,3						
	Машина точкового зварювання	5	70-200	480	0,35	0,6	1,33	168,0	224,0						
	Всього по ШРА-2	6	2-200	482	0,35	0,60	1,33	168,24	224,28	5	1,88	316,3	246,7	401,1	579,0
	Всього по ШМА	88	0,6-200	1026,95	0,30	0,63	1,23	305,79	376,77	10	1,6	489,3	414,4	641,2	925,5
СП-1															
	Прес гідравлічний	1	3	3,0	0,17	0,65	1,17	0,5	0,6						
	Вертикально-фрезерувальний	2	7,5	15,0	0,12	0,6	1,33	1,8	2,4						
	Шпоночно-фрезерний	1	2,2	2,2	0,14	0,6	1,33	0,3	0,4						
	Всього по СП-1	4	2,2-7,5	20,2	0,13	0,61	1,30	2,6	3,4	4	3,24	8,5	3,7	9,3	13,4
	Сушильна камера	1	400,0	400	0,7	0,95	0,33	280,0	92,0	-	-	400,0	131,5	421,1	607,7
СП-2															
	Камера пульверизаційна	2	7	14,0	0,6	0,7	1,02	8,4	8,6						
	Ванна для фарбування	5	2,7	13,5	0,4	0,6	1,33	5,4	7,2						
	Машина мийна	1	2,97	2,97	0,6	0,6	1,33	1,8	2,4						
	Прес гідравлічний	1	3	3,0	0,17	0,65	1,17	0,5	0,6						
	Електротельфер	1	3	3,0	0,1	0,5	1,73	0,3	0,5						
	Всього по СП-2	10	2,7-7	36,5	0,45	0,65	1,18	16,4	19,3	10	1,39	22,8	21,2	31,1	44,9
	Всього по цеху	103	0,6-400	1483,72	0,41	0,78	0,81	604,8	492,4	7	1,55	937,5	492,4	1058,9	1528,4

Вибір розподільчих шинопроводів ШРА.

ШРА-1: $I_p = 456,6$ А, вибираємо ШРА73 з $I_n = 630$ А;

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

ШРА-2: $I_p = 579$ А, вибираємо ШРА73 з $I_n = 630$ А;

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

Перевірка шин на електродинамічну стійкість.

ШМА виконують умови стійкості до струмів КЗ

$$I_{дин} = 90 \text{ кА} > i_{уд} = 29,648 \text{ кА.}$$

($i_{уд}$ – ударний струм к.з. на шинах 0,4 кВ ТП т. К₁)

Опір ШМА:

$$R = r_0 l = 0,032 \cdot 42 = 1,302 \text{ мОм};$$

$$X = x_0 l = 0,017 \cdot 42 = 0,714 \text{ мОм.}$$

Струм короткого замикання в кінці ШМА.

Сумарний опір:

$$R_{\Sigma} = R_{K1} + R = 3,606 + 1,302 = 4,908 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = X_{K1} + X = 14,876 + 0,714 = 15,59 \text{ мОм};$$

$$Z = \sqrt{(R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2)} = \sqrt{(4,908^2 + 15,59^2)} = 16,344 \text{ мОм.}$$

де R_{K1} і X_{K1} відповідно активний і індуктивний опір мережі до ШМА.

Трифазний струм КЗ в точці К₁:

$$I_k = U_n / (\sqrt{3} \cdot Z) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 16,34) = 13,427 \text{ кА.}$$

Ударний струм:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1,368 \cdot 13,427 = 25,976 \text{ кА,}$$

де $K_{уд} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,01}} = 1,368,$

$$T_a = \frac{X}{\omega R} = \frac{15,59}{314 \cdot 4,908} = 0,01 \text{ 1/с.}$$

Всі ШРА з $I_n = 630$ А проходять по динамічній стійкості до струмів КЗ.

$$I_{дин} = 35 \text{ кА} > i_{уд} = 25,976 \text{ кА.}$$

Визначаємо допустимі втрати напруги:

ШМА

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					52

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}\Sigma I_p l \cdot 100}{U_H} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot (456,6 \cdot 42 + 579 \cdot 40) \cdot 100}{380} (0,031 \cdot 0,63 + 0,017 \cdot 0,78) \cdot 10^{-3} = 0,633\%,$$

ШРА-1

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}0,5I_p l \cdot 100}{U_H} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot 456,6 \cdot 110 \cdot 100}{380} (0,1 \cdot 0,67 + 0,13 \cdot 0,74) \cdot 10^{-3} = 1,87\%,$$

ШРА-2

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}0,5I_p l \cdot 100}{U_H} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot 579 \cdot 15 \cdot 100}{380} (0,1 \cdot 0,6 + 0,13 \cdot 0,8) \cdot 10^{-3} = 0,032\%.$$

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

Розрахунок довжини кабельних ліній до електроприймачів по варіантам наведено в табл. 5.4.2.

Таблиця 5.4.2. Розрахунок довжини кабельних ліній до електроприймачів

Номер за планом	Довжина, м		Перетин, мм ²	Номер за планом	Довжина, м		Перетин, мм ²
	СП	ШРА			СП	ШРА	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4,5	5	4	45	8	7	4
2	3	3,5	4	46	9	5,5	4
3	1	1,5	4	47	7	2,5	4
4	2	1	16	48	7	2,5	4
5	1	5	4	49	11	1,5	4
6	5	5	4	50	9	1,5	4
7	6	1,5	4	51	7	1,5	4
8	4	1	4	52	9	7	4
9	1	1	4	53	8	6	4
10	4	5	4	54	8,5	7	4
11	7	2	4	55	7	5,5	4
12	6	2	4	56	6	7	4
13	6	1	4	57	5	6	4
14	4	5	4	58	6	7	4

1	2	3	4	5	6	7	8
15	6	5	4	59	4	5,5	4
16	4,5	2	4	60	4	4,5	4
17	1	1	4	61	9	7	4
18	1	1,5	4	62	8,5	6,5	4
19	1	6	4	63	7	7	4
20	6	2,5	4	64	6,5	6,5	4
21	2	1	4	65	7	7	4
22	1	5	4	66	4,5	5,5	4
23	21	2	4	67	7	7,5	4
24	5,5	1	4	68	6	7	4
25	4	5	4	69	6	6	4
26	15	5	4	70	6	5,5	4
27	15	5	4	71	12	7	4
28	11	5	4	72	11	6,5	4
29	9	5	4	73	7	5,5	4
30	7	5	4	74	5,5	3,5	4
31	4	5	4	75	5	2	4
32	3	5	4	76	5,5	6	2×120
33	3	5	4	77	4,5	5,5	120
34	5	5	4	78	5	5,5	120
35	7	5	10	79	5	1,5	120
36	4,5	4,5	4	80	5	1,5	120
37	7	1	4	81	6	1,5	2×150
38	3	4	4	82	6	6	4
39	4,5	5,5	4	83	7	7	4
40	6	7	4	84	2	2	4
41	7	7	4	85	2	1	4
42	7	7	4	86	5	5	4
43	4	5	4	Всього	466	345	4
44	5	3	4		7	5	10
					2	1	16
					30,5	26	120
					12	3	150

Розрахунок капіталовкладення по варіантам наведено в табл. 5.4.3.

Розрахунки поточних витрат зводимо в табл. 5.4.4.

Розрахунок вартості витрат електроенергії

Втрати потужності в кабельній лінії ТП-СП6:

$$\Delta P_{\text{клСП6}} = I_{\text{р.клСП6}}^2 \cdot r_{0\text{клСП6}} \cdot l = 184,9^2 \cdot 0,28 \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 0,574 \text{ кВт},$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					54

Таблиця 5.4.3. Розрахунок капітальних вкладень

№	Елемент схеми	Одиниця вимірювання	Кількість	Вартість, грн.	Всього, грн.
Варіант 1	ШМА 73 УЗ	м	42	1590	66780
	ШРА 73	м	125	1420	177500
	Кабель АПВ, мм ²				
	4	м	345	40,5	13972,5
	10	м	5	45	225
	16	м	1	50,5	50,5
	120	м	26	129,5	3367
	150	м	3	152,5	457,5
	Вимикач АВМ	шт.	3	2140	6420
				Всього	268772,5
Варіант 2	Силовий пункт ПР-11	шт.	9	15000	135000
	Кабель АПВ				
	4	м	466	40,5	18873
	10	м	105	45	4725
	16	м	15	50,5	757,5
	25	м	81	57	4617
	50	м	13	75	975
	70	м	20	94	1880
	95	м	13	110	1430
	120	м	170,5	129,5	22079,75
	150	м	78	152,5	11895
	Вимикач АВМ	шт.	3	2140	6420
		Всього			208652,25

Таблиця 5.4.4. Розрахунок поточних витрат

№	Елемент схеми	K , грн	H_a , %	H_e , %	$H_{a.e.}$, %	C , грн
Варіант 1	Кабельні лінії	18072,5	5	5	10	1807,25
	Шинопровід	244280	15	5	20	48856
	Вимикачі автоматичні	6420	15	5	20	1284
	Всього					51947,25
Варіант 2	Кабельні лінії	67232,25	5	5	10	6723,225
	Силовий пункт ПР-11	135000	15	5	20	27000
	Вимикачі автоматичні	6420	10	5	20	1284
	Всього					35007,23

Втрати енергії:

$$\Delta E_{СП6} = \Delta P_{клСП6} \tau_{max} = 0,574 \cdot 1381 = 793 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість втрат електроенергії:

$$B_{СП6} = \Delta E_{СП6} \cdot C_0 = 793 \cdot 6,9 = 3220,35 \text{ грн.},$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

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

Таблиця 5.4.5. Розрахунок втрат у КЛ та шинопроводах

Втрати при силових пунктах						Втрати при шинопроводах					
КЛ	r_0 , мОм/м	L , м	R , мОм	I , А	B , грн	КЛ	r_0 , мОм/м	L , м	R , мОм	I , А	B , грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТП-СП6	0,28	60	16,8	184,9	3220,35	ШМА	0,031	42	1,302	925,5	6252,93
ТП-СП7	0,14	40	5,6	374,4	4401,28	ШРА1	0,1	110	11	456,6	12858,32
ТП-СП8	0,11	33	3,63	426,8	3707,45	ШРА2	0,1	15	1,5	579	2819,47
СП6-СП5	0,35	13	4,55	162,3	672,00	ШРА1-1	8,35	5	41,75	8,2	15,74
СП5-СП4	0,48	20	9,6	138,2	1028,03	ШРА1-2	8,35	3,5	29,225	8,2	11,02
СП4-СП3	0,67	13	8,71	106,4	552,87	ШРА1-3	8,35	1,5	12,525	8,2	4,72
СП3-СП2	1,33	26	34,58	64,5	806,61	ШРА1-4	2,08	1	2,08	49,5	28,58
СП2-СП1	2,08	13	27,04	49,6	372,98	ШРА1-5	8,35	5	41,75	3,3	2,55
СП10-СП9	3,33	45	149,85	19,2	309,73	ШРА1-6	8,35	5	41,75	18,4	79,25
СП1-1	8,35	4,5	37,575	8,2	14,17	ШРА1-7	8,35	1,5	12,525	18,4	23,78
СП1-2	8,35	3	25,05	8,2	9,44	ШРА1-8	8,35	1	8,35	8,2	3,15
СП1-3	8,35	1	8,35	8,2	3,15	ШРА1-9	8,35	1	8,35	4,9	1,12
СП1-4	2,08	2	4,16	49,5	57,15	ШРА1-10	8,35	5	41,75	4,9	5,62
СП1-5	8,35	1	8,35	3,3	0,51	ШРА1-11	8,35	2	16,7	16,7	26,11
СП1-6	8,35	5	41,75	18,4	79,25	ШРА1-12	8,35	2	16,7	1,4	0,18
СП1-7	8,35	6	50,1	18,4	95,10	ШРА1-13	8,35	1	8,35	1,4	0,09
СП1-8	8,35	4	33,4	8,2	12,59	ШРА1-14	8,35	5	41,75	2,4	1,35
СП1-9	8,35	1	8,35	4,9	1,12	ШРА1-15	8,35	5	41,75	16,7	65,28
СП1-10	8,35	4	33,4	4,9	4,50	ШРА1-16	8,35	2	16,7	16,7	26,11
СП1-11	8,35	7	58,45	16,7	91,40	ШРА1-17	8,35	1	8,35	1,7	0,14
СП1-12	8,35	6	50,1	1,4	0,55	ШРА1-18	8,35	1,5	12,525	8,2	4,72
СП2-13	8,35	6	50,1	1,4	0,55	ШРА1-19	8,35	6	50,1	10,2	29,23
СП2-14	8,35	4	33,4	2,4	1,08	ШРА1-20	8,35	2,5	20,875	8,9	9,27
СП2-15	8,35	6	50,1	16,7	78,34	ШРА1-21	8,35	1	8,35	8,9	3,71
СП2-16	8,35	4,5	37,575	16,7	58,76	ШРА1-22	8,35	5	41,75	8,2	15,74
СП2-17	8,35	1	8,35	1,7	0,14	ШРА1-23	8,35	2	16,7	18,4	31,70
СП2-18	8,35	1	8,35	8,2	3,15	ШРА1-24	8,35	1	8,35	8,2	3,15
СП2-19	8,35	1	8,35	10,2	4,87	ШРА1-25	8,35	5	41,75	8,2	15,74
СП2-20	8,35	6	50,1	8,9	22,25	ШРА1-26	8,35	5	41,75	8,9	18,54
СП2-21	8,35	2	16,7	8,9	7,42	ШРА1-27	8,35	5	41,75	20,4	97,42
СП2-22	8,35	1	8,35	8,2	3,15	ШРА1-28	8,35	5	41,75	22,2	115,37
СП2-23	8,35	21	175,35	18,4	332,86	ШРА1-29	8,35	5	41,75	22,4	117,46
СП2-24	8,35	5,5	45,925	8,2	17,31	ШРА1-30	8,35	5	41,75	22,2	115,37
СП3-25	8,35	4	33,4	8,2	12,59	ШРА1-31	8,35	5	41,75	12,7	37,76
СП3-26	8,35	15	125,25	8,9	55,63	ШРА1-32	8,35	5	41,75	26,5	164,39
СП3-27	8,35	15	125,25	20,4	292,25	ШРА1-33	8,35	5	41,75	22,2	115,37
СП3-28	8,35	11	91,85	22,2	253,81	ШРА1-34	8,35	5	41,75	22,2	115,37
СП3-29	8,35	9	75,15	22,4	211,42	ШРА1-35	3,33	5	16,65	36,1	121,66
СП3-30	8,35	7	58,45	22,2	161,51	ШРА1-36	8,35	4,5	37,575	22,2	103,83
СП3-31	8,35	4	33,4	12,7	30,20	ШРА1-37	3,33	1	3,33	10,2	1,94
СП3-32	8,35	3	25,05	26,5	98,63	ШРА1-38	8,35	4	33,4	22,2	92,29
СП3-33	8,35	3	25,05	22,2	69,22	ШРА1-39	8,35	5,5	45,925	10,8	30,03
СП3-34	8,35	5	41,75	22,2	115,37	ШРА1-40	8,35	7	58,45	11,5	43,34

Продовження табл. 5.4.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СП3-35	3,33	7	23,31	36,1	170,32	ШРА1-41	5,55	7	38,85	34,2	254,78
СП3-36	8,35	4,5	37,575	22,2	103,83	ШРА1-42	8,35	7	58,45	4,9	7,87
СП4-37	3,33	7	23,31	10,2	13,60	ШРА1-43	8,35	5	41,75	3,4	2,71
СП4-38	8,35	3	25,05	22,2	69,22	ШРА1-44	8,35	3	25,05	22,4	70,47
СП4-39	8,35	4,5	37,575	10,8	24,57	ШРА1-45	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП4-40	8,35	6	50,1	11,5	37,15	ШРА1-46	8,35	5,5	45,925	4,3	4,76
СП4-41	5,55	7	38,85	34,2	254,78	ШРА1-47	8,35	2,5	20,875	3,8	1,69
СП4-42	8,35	7	58,45	4,9	7,87	ШРА1-48	8,35	2,5	20,875	4,3	2,16
СП4-43	8,35	4	33,4	3,4	2,16	ШРА1-49	8,35	1,5	12,525	3,8	1,01
СП4-44	8,35	5	41,75	22,4	117,46	ШРА1-50	8,35	1,5	12,525	15,3	16,44
СП4-45	8,35	8	66,8	3,8	5,41	ШРА1-51	8,35	1,5	12,525	3,8	1,01
СП4-46	8,35	9	75,15	4,3	7,79	ШРА1-52	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП4-47	8,35	7	58,45	3,8	4,73	ШРА1-53	8,35	6	50,1	4,3	5,19
СП4-48	8,35	7	58,45	4,3	6,06	ШРА1-54	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП5-49	8,35	11	91,85	3,8	7,44	ШРА1-55	8,35	5,5	45,925	4,3	4,76
СП5-50	8,35	9	75,15	15,3	98,64	ШРА1-56	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП5-51	8,35	7	58,45	3,8	4,73	ШРА1-57	8,35	6	50,1	4,3	5,19
СП5-52	8,35	9	75,15	3,8	6,08	ШРА1-58	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП5-53	8,35	8	66,8	4,3	6,93	ШРА1-59	8,35	5,5	45,925	4,3	4,76
СП5-54	8,35	8,5	70,975	3,8	5,75	ШРА1-60	8,35	4,5	37,575	11,5	27,86
СП5-55	8,35	7	58,45	4,3	6,06	ШРА1-61	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП5-56	8,35	6	50,1	3,8	4,06	ШРА1-62	8,35	6,5	54,275	4,3	5,63
СП5-57	8,35	5	41,75	4,3	4,33	ШРА1-63	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП5-58	8,35	6	50,1	3,8	4,06	ШРА1-64	8,35	6,5	54,275	4,3	5,63
СП5-59	8,35	4	33,4	4,3	3,46	ШРА1-65	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП5-60	8,35	4	33,4	11,5	24,77	ШРА1-66	8,35	5,5	45,925	4,3	4,76
СП6-61	8,35	9	75,15	3,8	6,08	ШРА1-67	8,35	7,5	62,625	3,8	5,07
СП6-62	8,35	8,5	70,975	4,3	7,36	ШРА1-68	8,35	7	58,45	4,3	6,06
СП6-63	8,35	7	58,45	3,8	4,73	ШРА1-69	8,35	6	50,1	3,8	4,06
СП6-64	8,35	6,5	54,275	4,3	5,63	ШРА1-70	8,35	5,5	45,925	4,3	4,76
СП6-65	8,35	7	58,45	3,8	4,73	ШРА1-71	8,35	7	58,45	3,8	4,73
СП6-66	8,35	4,5	37,575	4,3	3,90	ШРА1-72	8,35	6,5	54,275	4,3	5,63
СП6-67	8,35	7	58,45	3,8	4,73	ШРА1-73	8,35	5,5	45,925	10,4	27,85
СП6-68	8,35	6	50,1	4,3	5,19	ШРА1-74	8,35	3,5	29,225	8,9	12,98
СП6-69	8,35	6	50,1	3,8	4,06	ШРА1-75	8,35	2	16,7	8,9	7,42
СП6-70	8,35	6	50,1	4,3	5,19	ШРА2-76	0,14	6	0,84	360,8	613,10
СП6-71	8,35	12	100,2	3,8	8,11	ШРА2-77	0,28	5,5	1,54	168,4	244,86
СП6-72	8,35	11	91,85	4,3	9,52	ШРА2-78	0,28	5,5	1,54	168,4	244,86
СП7-73	8,35	7	58,45	10,4	35,45	ШРА2-79	0,28	1,5	0,42	168,4	66,78
СП7-74	8,35	5,5	45,925	8,9	20,40	ШРА2-80	0,28	1,5	0,42	168,4	66,78
СП7-75	8,35	5	41,75	8,9	18,54	ШРА2-81	0,11	1,5	0,165	437,4	177,00
СП7-76	0,14	5,5	0,77	360,8	562,01	ШРА2-82	8,35	6	50,1	4,4	5,44
СП7-77	0,28	4,5	1,26	168,4	200,34	ШРА1-83	8,35	7	58,45	22,2	161,51
СП7-78	0,28	5	1,4	168,4	222,60	ШРА1-84	8,35	2	16,7	4,9	2,25
СП8-79	0,28	5	1,4	168,4	222,60	ШРА1-85	8,35	1	8,35	12,9	7,79
СП8-80	0,28	5	1,4	168,4	222,60	ШРА1-86	8,35	5	41,75	16,7	65,28
СП8-81	0,11	6	0,66	437,4	707,98						
СП8-82	8,35	6	50,1	4,4	5,44						
СП9-83	8,35	6	50,1	22,2	138,44						
СП9-84	8,35	2	16,7	4,9	2,25						
СП9-85	8,35	1,5	12,525	12,9	11,69						
СП9-86	8,35	5	41,75	16,7	65,28						
					Всього вартість втрат						25827,67
					Всього вартість втрат						20776,85

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Арк.
					57

Остаточний розрахунок обох варіантів наведено в таблиці 5.4.6.

Таблиця 5.4.6. Техніко-економічні показники варіантів електропостачання

№	Показники	Одиниці	Варіант схеми	
			I	II
1	Капітальні вкладення	грн.	268772,5	208652,25
2	Поточні витрати	грн.	51947,25	35007,23
3	Вартість втрат електроенергії	грн.	20776,85	25827,67
4	Приведені витрати	грн.	104976,8	85873,17

Розрахунки приведених витрат по варіантам показали, що різниця між варіантами складає більше 10%. Тому для подальших розрахунків приймаємо варіант II схеми електропостачання цеху з застосуванням 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 КУ-10Ц з вимикачами ВВЕ-10-20-630УЗ.

Шафи укомплектовано вимикачем ВВЕ-10-20/630УЗ.

$$I_{\text{роб}} = 1,4 \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}} = 1,4 \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,92 \text{ А}, \quad i_{\text{уд}} = \sqrt{2} I'' k_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 8,3 \cdot 1,8 = 21,13 \text{ кА},$$

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

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	$U_{\text{вст}} \leq U_{\text{н}}$	10 кВ
50,92 А	$I_{\text{роб}} \leq I_{\text{н}}$	630 А
8,3 кА	$I' \leq I_{\text{дин.}}$	20 кА
21,13 кА	$i_{\text{у}} \leq 1,8 \sqrt{2} i_{\text{дин.}}$	50,9 кА
8,3 кА	$I_{\text{нт}} \leq I_{\text{н.від}}$	20 кА
11,73 кА	$\sqrt{2} I_{\text{нт}} + i_{\text{ат}} \leq \sqrt{2} I_{\text{н.від}}(1 + \beta_{\text{к}})$	40 кА
68,89 кА ² ·с	$B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}$	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:

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

Струм вставки в зоні спрацьовування від струмів КЗ:

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

Перевірка автомата:

1. $I_{кз}^{(1)} \geq 1,25 I_{у.роз}; \quad 12828 \text{ А} > 9375 \text{ А}$

2. $I_{дин} \geq I_{у}^{(3)}; \quad 30 \text{ кА} > 29,648 \text{ кА}$

Вибір ввідних автоматів СП.

Розрахунковий струм СП-1-6 $I_p = 184,9 \text{ А.}$

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

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

Струм вставки в зоні спрацьовування від перевантаження:

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

Струм вставки в зоні спрацьовування від струмів КЗ:

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

Перевірка автомата:

1. $I_{кз}^{(1)} \geq 1,25 I_{у.роз}; \quad 762 \text{ А} > 500 \text{ А}$

2. $I_{дин} \geq I_{у}^{(3)}; \quad 42 \text{ кА} > 6,152 \text{ кА}$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					59

Вибір інших автоматів подібний результати розрахунків заносимо в табл. 5.5.2.

Таблиця 5.5.2. Вибір ввідних автоматів СП

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
СП-1-6	184,9	6,152	0,762	АВМ-4	400	200	250	400	500
СП-1	49,6	1,952	0,459	АЕ2046	63	50	62,5	150	187,5
СП-2	22	2,446	0,286	АЕ2046	63	25	31,25	75	93,75
СП-3	57,6	4,135	0,409	АЕ2046	63	63	78,75	189	236,25
СП-4	42,9	4,512	0,617	АЕ2046	63	50	62,5	150	187,5
СП-5	39	5,511	0,62	АЕ2046	63	40	50	120	150
СП-6	26	6,152	0,53	АЕ2046	63	32	40	96	120
СП-7	374,4	11,577	5,603	АВМ-10	1000	500	625	1000	1250
СП-8	426,8	12,393	7,009	АВМ-10	1000	500	625	1000	1250
СП-9-11	60	2,417	0,258	АЕ2046	63	63	78,75	189	236,25
СП-9	19,2	0,528	0,161	АЕ2046	63	20	25	60	75
СП-10	13,4	0,826	0,284	АЕ2046	63	16	20	48	60
СП-11	44,9	2,417	0,242	АЕ2046	63	50	62,5	150	187,5
Сушильна камера	607,7	11,448	4,829	АВМ-10	1000	800	1000	1600	2000

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					60

Таблиця 5.5.3. Вибір автоматичних вимикачів до ЕП

п/п	Найменування обладнання	I_p, A	$I_k^{(3)},$ 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	Вертикально-свердильний	8,2	1,402	0,525	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
2	Вертикально-свердильний	8,2	1,522	0,575	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
3	Вертикально-свердильний	8,2	1,717	0,657	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
4	Спеціальний багатопшпindelний	49,5	1,773	0,682	АЕ2046	63	50	62,5	150	187,5
5	Спеціальний верстак	3,3	1,717	0,657	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
6	Горизонтально-фрезерувальний	18,4	1,366	0,51	АЕ2046	63	20	25	60	75
7	Горизонтально-фрезерувальний	18,4	1,299	0,483	АЕ2046	63	20	25	60	75
8	Вертикально-свердильний	8,2	1,44	0,541	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
9	Вертикально-свердильний	4,9	1,717	0,657	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
10	Вертикально-свердильний	4,9	1,44	0,541	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
11	Вертикально-фрезерувальний	16,7	1,239	0,459	АЕ2046	63	20	25	60	75
12	Настільно-свердильний	1,4	1,299	0,483	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
13	Настільно-свердильний	1,4	1,506	0,538	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
14	Вертикально-різьбонарізний	2,4	1,696	0,61	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
15	Вертикально-фрезерувальний	16,7	1,506	0,538	АЕ2046	63	20	25	60	75
16	Вертикально-фрезерувальний	16,7	1,644	0,591	АЕ2046	63	20	25	60	75
17	Точильно-шліфувальний	1,7	2,089	0,763	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
18	Вертикально-свердильний	8,2	2,089	0,763	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
19	Точильно-шліфувальний	10,2	2,089	0,763	АЕ2046	63	12,5	15,625	37,5	46,875
20	Плоскошліфувальний	8,9	1,506	0,538	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
21	Плоскошліфувальний	8,9	1,94	0,705	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
22	Вертикально-свердильний	8,2	2,089	0,763	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
23	Горизонтально-фрезерувальний	18,4	0,813	0,286	АЕ2046	63	20	25	60	75
24	Вертикально-свердильний	8,2	1,539	0,555	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
25	Вертикально-свердильний	8,2	2,39	0,807	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
26	Зубофрезерний	8,9	1,206	0,409	АЕ2046	63	10	12,5	30	37,5
27	Вертикально-фрезерувальний	20,4	1,206	0,409	АЕ2046	63	25	31,25	75	93,75
28	Токарно-гвинторізний	22,2	1,473	0,499	АЕ2046	63	25	31,25	75	93,75

Продовження табл. 5.5.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
29	Токарно-гвинторізний	22,4	1,656	0,56	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
30	Токарно-гвинторізний	22,2	1,89	0,638	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
31	Токарно-револьверний	12,7	2,39	0,807	AE2046	63	16	20	48	60
32	Токарно-гвинторізний	26,5	2,618	0,886	AE2046	63	32	40	96	120
33	Токарно-гвинторізний	22,2	2,618	0,886	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
34	Токарно-гвинторізний	22,2	2,197	0,742	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
35	Токарно-гвинторізний	36,1	2,669	0,897	AE2046	63	40	50	120	150
36	Токарно-гвинторізний	22,2	2,29	0,773	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
37	Точильно-шліфувальний	10,2	2,834	0,945	AE2046	63	12,5	15,625	37,5	46,875
38	Токарно-гвинторізний	22,2	2,778	0,932	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
39	Різбонакатний	10,8	2,413	0,809	AE2046	63	12,5	15,625	37,5	46,875
40	Точильно-шліфувальний	11,5	2,13	0,714	AE2046	63	12,5	15,625	37,5	46,875
41	Універсально-фрезерний	34,2	2,38	0,81	AE2046	63	40	50	120	150
42	Вертикально-свердильний	4,9	1,975	0,662	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
43	Універсально-заточувальний	3,4	2,524	0,846	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
44	Токарно-гвинторізний	22,4	2,311	0,774	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
45	Випрямляч зварювальний	3,8	1,84	0,617	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
46	Напівавтомат зварювальний	4,3	1,722	0,578	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
47	Випрямляч зварювальний	3,8	1,975	0,662	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
48	Напівавтомат зварювальний	4,3	1,975	0,662	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
49	Випрямляч зварювальний	3,8	1,636	0,546	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
50	Пристрій зварювальний	15,3	1,863	0,62	AE2046	63	16	20	48	60
51	Випрямляч зварювальний	3,8	2,162	0,717	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
52	Випрямляч зварювальний	3,8	1,863	0,62	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
53	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,002	0,665	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
54	Випрямляч зварювальний	3,8	1,93	0,641	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
55	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,162	0,717	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
56	Випрямляч зварювальний	3,8	2,349	0,778	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
57	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,569	0,85	AE2046	63	10	12,5	30	37,5

Продовження табл. 5.5.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
58	Випрямляч зварювальний	3,8	2,349	0,778	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
59	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,834	0,937	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
60	Точильно-шліфувальний	11,5	2,834	0,937	AE2046	63	12,5	15,625	37,5	46,875
61	Випрямляч зварювальний	3,8	1,939	0,641	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
62	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,011	0,665	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
63	Випрямляч зварювальний	3,8	2,264	0,746	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
64	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,363	0,778	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
65	Випрямляч зварювальний	3,8	2,264	0,746	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
66	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,855	0,937	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
67	Випрямляч зварювальний	3,8	2,264	0,746	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
68	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,47	0,812	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
69	Випрямляч зварювальний	3,8	2,47	0,812	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
70	Напівавтомат зварювальний	4,3	2,47	0,812	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
71	Випрямляч зварювальний	3,8	1,593	0,53	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
72	Напівавтомат зварювальний	4,3	1,694	0,562	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
73	Прес кривошипний	10,4	2,828	0,96	AE2046	63	12,5	15,625	37,5	46,875
74	Прес кривошипний	8,9	3,35	1,14	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
75	Прес кривошипний	8,9	3,567	1,215	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
76	Машина точкового зварювання	360,8	11,033	5,062	A3140	600	400	500	2800	3500
77	Машина точкового зварювання	168,4	10,633	4,723	A3140	600	250	312,5	1750	2187,5
78	Машина точкового зварювання	168,4	10,579	4,671	A3140	600	250	312,5	1750	2187,5
79	Машина точкового зварювання	168,4	11,405	5,703	A3140	600	250	312,5	1750	2187,5
80	Машина точкового зварювання	168,4	11,347	5,627	A3140	600	250	312,5	1750	2187,5
81	Машина точкового зварювання	437,4	11,918	6,344	A3140	600	500	625	3500	4375
82	Стенд для перемішування дроту	4,4	3,258	1,117	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
83	Токарно-гвинторізний	22,2	0,465	0,199	AE2046	63	25	31,25	75	93,75
84	Вертикально-свердильний	4,9	0,5	0,218	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
85	Точильно-шліфувальний	12,9	0,505	0,22	AE2046	63	16	20	48	60
86	Вертикально-фрезерувальний	16,7	0,473	0,203	AE2046	63	20	25	60	75

Продовження табл. 5.5.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
87	Прес гідравлічний	6,7	0,455	0,193	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
88	Вертикально-фрезерувальний	16,7	0,394	0,161	AE2046	63	20	25	60	75
89	Вертикально-фрезерувальний	16,7	0,781	0,337	AE2046	63	20	25	60	75
90	Шпоночно-фрезерний	5,3	0,748	0,319	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
92	Камера пульверизаційна	14,4	0,698	0,294	AE2046	63	16	20	48	60
93	Ванна для фарбування	6,5	0,68	0,284	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
94	Ванна для фарбування	6,5	0,834	0,306	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
95	Ванна для фарбування	6,5	1,277	0,486	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
96	Ванна для фарбування	6,5	1,309	0,499	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
97	Ванна для фарбування	6,5	1,376	0,528	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
98	Машина мийна	7,1	1,413	0,543	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
99	Камера пульверизаційна	14,4	1,451	0,56	AE2046	63	16	20	48	60
100	Прес гідравлічний	6,7	1,792	0,713	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
101	Електротельфер	8,7	1,68	0,661	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
102	Електротельфер	5,8	0,666	0,242	AE2046	63	10	12,5	30	37,5
103	Електротельфер	8,7	0,795	0,283	AE2046	63	10	12,5	30	37,5

Вибір силових пунктів

Приймаємо до установки силові пункти типу ПР-11, вибір модифікації проводимо у вигляді табл. 5.5.4.

Таблиця 5.5.4. Вибір силових пунктів

СП	Модифікація	$I_{роз}, A$	$I_{ном}, A$	Наявність ввідного автомату	Кількість вимикачів на фідерах
СП-1	3086А	49,6	250	+	12
СП-2	3086А	22	250	+	12
СП-3	3086А	57,6	250	+	12
СП-4	3086А	42,9	250	+	12
СП-5	3086А	39	250	+	12
СП-6	3086А	26	250	+	12
СП-7	3089	374,4	400	-	6
СП-8	3121	426,8	630	-	4
СП-9	3060	19,2	250	+	6
СП-10	3054	13,4	250	+	4
СП-11	3078	44,9	250	+	10

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					66

- 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						67

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:

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

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

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

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

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

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

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

$T_{\text{м}} = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_{\text{м}}}$ – 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					68

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					69

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

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

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

Економний 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					70

різними характеристиками (ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$, I_{xx} , $U_{кз}$, $S_{н.т.}$) 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:

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

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]:

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

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

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

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					71

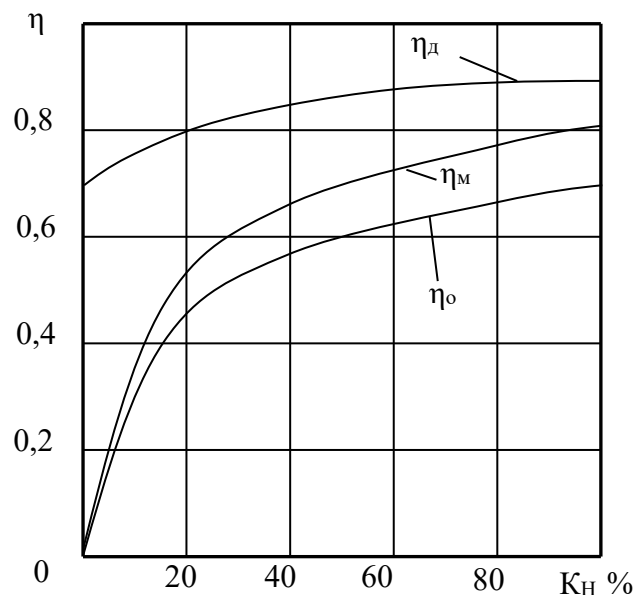


Рис. 6.1. Залежність ККД робочої машини η_m , двигуна η_d та всього приводу η_o від коефіцієнта навантаження K_n . [9]

P_d – фактична потужність двигуна, кВт;

$P_{d,ном}$ – 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

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

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

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

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

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

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

На рис. 6.2 наведені графіки $\beta = (K_H)$, 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.

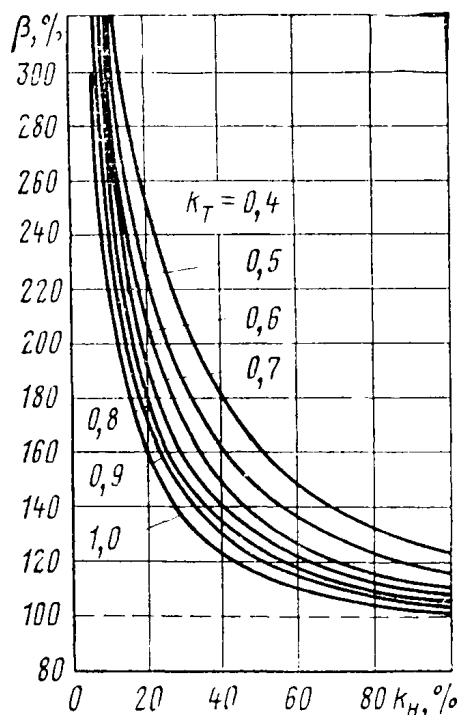


Рис. 6.2. Залежність питомих витрат електричної енергії від коефіцієнту навантаження робочої машини. [9]

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

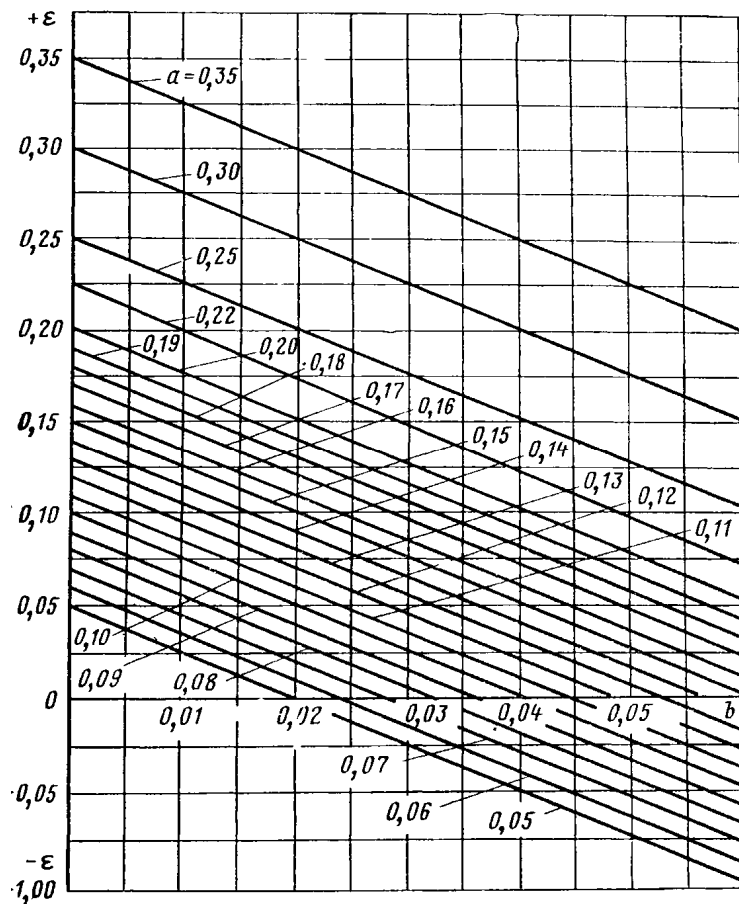


Рис. 6.3. Діаграма визначення ефективності установки автоматичних обмежувачів холостого ходу. [9]

Вихідними даними для використання діаграми доцільності застосування автоматичних обмежувачів холостого ходу рис. 6.3 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.

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						74

За отриманими вихідними даними визначають наступні допоміжні параметри діаграми:

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

За параметрами a та b на діаграмі рис. 6.3 знаходять показник ефективності ϵ . Цей показник дозволяє визначити економію електроенергії в системі електроприводу віднесена 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

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

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

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

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

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

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

η_d – ККД електродвигуна з номінальним навантаженням;

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

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					75

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

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

ході;

$$\Delta P_{а,н} = P_{ном} \left(\frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \right) \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) - \text{приріст активних втрат потужності при завантаженні}$$

електродвигуна до 100%;

$$\gamma = \frac{\Delta P_x}{\Delta P_{а,н}} - \text{розрахунковий коефіцієнт, що залежить від конструкції}$$

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 невірний 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					76

- 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.

Орієнтовні значення k_n [9]:

Вентилятори вентиляційні	0,6-0,8
Вентилятори високого тиску	0,75
Газодувки	0,5-0,6

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.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					77

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

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

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

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					78

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 %.

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,

									Арк.
									79
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

$$E_{\phi} = \frac{NnF_{л}\eta}{S},$$

де N – загальна кількість світильників у приміщенні;

n – кількість ламп встановлених в кожному світильнику;

$F_{л}$ – світловий потік однієї лампи, лм;

η – коефіцієнт використання світлового 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. В табл. 6.1 наведені данні по потужності та світловому потоку різних джерел світла.

Характеристики побутових ламп широкого вжитку наведені і табл. 6.2.

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						80

Таблиця 6.1. Потужність та світловий потік різних джерел світла

Лампи розжарення		Люмінесцентні лампи		Дугові ртутні лампи		Світлодіодні лампи	
Потужність, Вт	Світловий потік, лк	Потужність, Вт	Світловий потік, лк	Потужність, Вт	Світловий потік, лк	Потужність, Вт	Світловий потік, лк
15	105	15	630	–	–	5	250
25	205	30	1740	–	–	6,5	420
40	430	40	2480	–	–	10	760
75	950	80	4320	80	2950	12	850
100	1380	125	6200	125	5200	21	1500
150	1900	150	8000	–	–		
200	2700	200	10000	250	11000		
300	4350	–	–	400	18000		
500	8100	–	–	–	–		
750	13100	–	–	700	35000		
1000	18200	–	–	1000	50000		

Таблиця 6.2. 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

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;

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					81

T_{oc} – кількість годин використання максимуму для освітлювального навантаження. Орієнтовні значення кількості годин використання максимуму навантаження наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3. Кількість годин використання максимуму освітлювального навантаження [9]

Тип освітлювального навантаження	T_{oc}
Внутрішнє освітлення	
Робоче освітлення (для місцевості з широтою 56°):	
при одній зміні	250
при двох змінах	1850
при трьох змінах	4000
Аварійне освітлення	4800
Зовнішнє освітлення	
Робоче освітлення заводських територій, яке включається щодня:	3600
на всю ніч	2450
до 1 год.	1750
до 24 год.	
Теж саме яке включається в робочі дні:	3000
на всю ніч	2000
до 1 год.	1750
до 24 год.	3500
Охоронне освітлення, яке включається щодня на всю ніч	
Робоче освітлення території селища, яке включається щодня	3500
на всю ніч	2350
до 1 год.	1950
до 24 год.	

4. Завищення встановленої потужності освітлювальних установок

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

$$\Delta E_{осв} = (P_{\phi} - P)k_c T_{oc},$$

де P_{ϕ} – фактична потужність встановлених ламп;

P – проектна потужність ламп, або за нормами освітленості;

k_c – коефіцієнт попиту для освітлювального навантаження;

T_{oc} – 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 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 (табл. 6.4).

Таблиця 6.4. Збільшення споживання електроенергії різними типами ламп в залежності від величини перенапруги [9]

Збільшення потужності, що споживається $\Delta P/P_{\text{ном}}$, % від номінальної потужності ламп	Перенапруга $\Delta U/U_{\text{ном}}$, %						
	0	1	2	3	5	7	10
Розжарення	0	1,6	3,2	4,7	8,1	11,5	16,4
Люмінесцентні	0	2,0	4,0	6,0	10,0	14,0	20,0
Ртутні	0	2,2	5,0	7,0	12,0	18,0	24,0

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

$$\Delta W = P_{\text{ном}} T_B (2,43 K_u - 1,43) \left(K_B + \frac{\Delta U}{100} \right) \cos \varphi$$

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

$K_u = \frac{U_\phi - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}}$ – відносне відхилення напруги електричної мережі;

U_ϕ – фактичний рівень напруги в освітлювальній мережі;

K_B – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати потужності в ПРА;

ΔU – втрата напруги в освітлювальній електричній мережі;

T_B – кількість годин використання (включення) освітлювальної установки на рік.

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						84

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

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

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.

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.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					85

Вибираємо найближчі стандартні світлодіодні лампи для технологічної групи зі світовим потоком близьким до $\Phi_p = 11500$ лм. Обираємо світлодіодну лампу типу TFORCE LED з цоколем E40, потужністю 88 Вт та світловим потоком $\Phi_n = 11000$ лм.

Обране значення Φ_n відрізняється від знайденого на -5 %, що лежить у дозволених межах $-10 \text{ } +20\%$

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

$$P_{p.o} = P_{л} K_c N = 0,088 \cdot 0,8 \cdot 2 = 0,141 \text{ кВт},$$

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

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

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \operatorname{tg} \varphi = 0,141 \cdot 0,33 = 0,046 \text{ квар},$$

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{0,141^2 + 0,046^2} = 0,148 \text{ кВА}.$$

Розрахунки для інших приміщень подібні результати розрахунку наведені в табл. 6.5.

Таблиця 6.5. Розрахунок LED освітлювального навантаження.

Найменування приміщення	N	Φ_p , лм	Тип лампи	$P_{л}$, кВт	Φ_n , лм	$\Delta\Phi, \%$	K_c	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Технологічна група	2	11500	TFORCE LED	0,088	11000	-5	0,8	0,14	0,046	0,148
Матеріальна комора	2	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,6	0,05	0,016	0,051
Служба механіка	15	5293	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	5	0,95	0,71	0,235	0,750
Інструментальна комора	2	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,6	0,05	0,016	0,051
Чоловіча роздягальня	6	3063	T120 40W E40	0,04	3600	15	0,8	0,19	0,063	0,202
Ділянка зборки	18	4962	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	11	0,95	0,86	0,282	0,900
Матеріальна комора	1	2875	T100 ELECTROHOUSE	0,03	2700	-6	0,6	0,02	0,006	0,019
Кімната майстрів	1	11500	TFORCE LED	0,088	11000	-5	0,95	0,08	0,028	0,088
Кімната прийому їжі	2	6038	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	-8	0,8	0,08	0,026	0,084
Механічна ділянка	6	4506	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	20	0,95	0,29	0,094	0,300
Механічна і зварювальна ділянка	132	5428	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	3	0,95	6,27	2,069	6,603
Туалет Ч	1	2070	A95 23W ELECTRUM	0,023	2000	-3	0,8	0,02	0,006	0,019
Туалет Ж	1	2070	A95 23W ELECTRUM	0,023	2000	-3	0,8	0,02	0,006	0,019
Площа підйомника	3	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,8	0,10	0,032	0,101
Умивальник	6	1211	Eurolamp LED E27 15W	0,015	1300	7	0,8	0,07	0,024	0,076

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Площа підйомника	3	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,8	0,10	0,032	0,101
Збірно-молярна ділянка	81	5308	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	5	0,95	3,85	1,270	4,052
Коридор цеху	59	5271	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	6	0,95	2,80	0,925	2,951
Кімната прийому їжі	1	5750	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	-3	0,8	0,04	0,013	0,042
Служба механіка	1	11500	TFORCE LED	0,088	11000	-5	0,95	0,08	0,028	0,088
Матеріальна комора	6	4360	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	20	0,6	0,18	0,059	0,190
Матеріальна комора	2	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,6	0,05	0,016	0,051
Матеріальна комора	2	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,6	0,05	0,016	0,051
Матеріальна комора	2	3019	T120 40W E40	0,04	3600	16	0,6	0,05	0,016	0,051
Приміщення ТП	4	2664	T100 ELECTROHOUSE	0,03	2700	1	0,6	0,07	0,024	0,076
Жіноча роздягальня	1	5750	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	-3	0,8	0,04	0,013	0,042
Начальник БТК	1	8625	LP 100W ELECTRUM	0,1	9000	4	0,95	0,10	0,031	0,100
Заступник начальника цеху	3	6038	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	-8	0,95	0,14	0,047	0,150
Виробничо-диспетчерське бюро	3	6038	PAR 50W LP- 50LPA	0,05	5600	-8	0,95	0,14	0,047	0,150
Склад	4	2664	T100 ELECTROHOUSE	0,03	2700	1	0,6	0,07	0,024	0,076
Всього по цеху								16,70	5,51	18

Річну кількість зекономленої електричної енергії визначимо за формулою:

$$\Delta E_{\text{осв}} = (P_{\text{р.осв}} - P_{\text{р.осв}}^{\text{LED}}) T_{\text{ос}} = (46,63 - 16,7) 1850 = 55370,5 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

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

$P_{\text{р.осв}}^{\text{LED}}$ – розрахункова потужність світлодіодних ламп (табл. 6.5);

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

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

Річна вартість зекономленої електроенергії від впровадження світлодіодного освітлення

$$E = \Delta E_{\text{осв}} C_0 = 55370,5 \cdot 6,9 = 382056,45 \text{ грн.} \approx 382 \text{ тис. грн.}$$

6.6. Розрахунок економії електроенергії від впровадження автоматичного обмеження холостого ходу

Визначимо можливу річну економію електроенергії на вертикально-фрезерувальному верстаті за рахунок обмеження холостого ходу. Вихідними даними є:

– потужність електродвигуна верстата $P_{\text{ном}}$;

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						87

- річне число годин роботи T_{Γ} ;
- час роботи на холостого ходу $T_{\text{хх}}$.

Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6. Характеристику режиму холостого ходу вертикально-фрезерувального верстату

$P_{\text{ном}}$, кВт	T_{Γ} , год	$T_{\text{хх}}$, в % от T_{Γ}
7,5	2300	5

Застосування обмежників холостого ходу на верстатах, що мають межопераційний час 10 секунд і більш, завжди приводить до економії електроенергії. Річна економія електроенергії визначається, кВт год.

$$\Delta W = P_{\text{х}} \cdot T_{\text{хх}},$$

де $P_{\text{х}}$ – потужність холостого ходу, що визначається, як сума механічної потужності холостого ходу системи електропривода і втрати потужності в сталі електродвигуна. Прийmemo, що

$$P_{\text{х}} = 0,2 \cdot P_{\text{ном}};$$

Розрахунок:

$$P_{\text{х}} = 0,2 \cdot 7,5 = 1,5 \text{ кВт},$$

$$T_{\text{хх}} = 2300 \cdot 0,05 = 115 \text{ год}.$$

Тоді річна економія електроенергії:

$$\Delta W = 1,5 \cdot 115 = 172,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Річна вартість зекономленої електроенергії від впровадження обмежувача холостого ходу

$$E = \Delta W C_0 = 172,5 \cdot 6,9 = 1190,25 \text{ грн}.$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					88

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблена системи електропостачання та електрозбереження дільниці точних технологій машинобудівного підприємства.

Проведений розрахунок електричних навантажень силових електроприймачів на шинах 0,4 кВ. Активна потужність по цеху складає 998 кВт, а реактивна – 103 квар з урахуванням компенсації.

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 2689 год, а час максимальних втрат 1381 год.

В результаті порівняння схем електропостачання найбільш оптимальною виявилась радіальна схема з силовими пунктами 0,4 кВ і встановленням двох трансформаторів ТМ 630/10 та компенсуючих пристроїв з боку низької напруги. Реактивна потужність, яка передається через трансформатор становить 142 квар при бажаному коефіцієнті завантаження 0,8. На ТП встановлюємо дві конденсаторні установки типу УКМ-0,38-268-67.

Використовуємо цехову комплектну двохтрансформаторну підстанцію. Коефіцієнт завантаження трансформаторів $K_3 = 0,78$. Враховуючи специфіку розміщення електрообладнання цеху приймаємо змішану систему цехової мережі – магістрально-радіальну.

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 крізь автоматичні вимикачі СП. Розподільчу мережу виконано кабелем типу АПВ.

Проведений розрахунок кабелів для силових пунктів і освітлювальних установок.

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. Для розрахунків була складена схема заміщення.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					89

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шкрабець Ф.П., Плешков П.Г. Основи електропостачання. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2010.

2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. /Под редакцией А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

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. – 246 с.

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. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 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. Електропостачання промислових підприємств: Методичні вказівки до виконання дипломного проекту (електропостачання заводу) для студентів V-VI курсів спеціальності 8.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання” усіх форм навчання /Укл.: П.Г.Плешков, А.І.Котиш, А.Ю.Орлович. – Кіровоград: КДТУ, 2004 – 133 с.

9. 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					91