

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

канд. техн. наук, професор

_____ Петро ПЛЄШКОВ

« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування»

Виконала здобувачка вищої освіти
IV курсу, групи ЕНМ–19,
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ Юлія КОЗЛИК

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Василь ЗІНЗУРА

« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

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

_____ Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2023 р.

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

Козлик Юлії Валеріївни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Проектування системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування

Designing the energy supply system of the enterprise agricultural engineering

2. Керівник роботи Зінзура Василь Васильович, канд. техн. наук, доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є проектування системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести розрахунок електричних навантажень. 2. Провести розрахунок теплових навантажень. 3. Провести розрахунок картограми електричних та теплових навантажень. 4. Провести розрахунки з вибору джерела теплопостачання та гідравлічний розрахунок системи теплопостачання. 5. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 6. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 7. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 8. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 9. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>10.04-12.04</i>	
2	<i>Розрахунок теплових навантажень</i>	<i>13.04-23.04</i>	
3	<i>Картограма електричних та теплових навантажень</i>	<i>24.04-26.04</i>	
4	<i>Вибір джерела теплопостачання та гідравлічний розрахунок системи теплопостачання</i>	<i>27.04-1.05</i>	
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>	<i>2.05-5.05</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>6.05-9.05</i>	
7	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	<i>10.05-13.05</i>	
8	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>14.05-16.05</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>17.05-28.05</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>31.05-1.06</i>	

Дата видачі завдання
«____» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Василь ЗІНЗУРА

Завдання прийнято до виконання
«____» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

Юлія КОЗЛИК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 71 с.; 24 рис.; 39 табл.; 8 джерел

Козлик Ю. В. Проектування системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Бакалаврська робота присвячена розробці системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування. В роботі вирішувались питання розрахунку: електричних навантажень, визначення режимів реактивної потужності, розрахунку струмів коротких замикань, вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання та вибір високовольного обладнання системи електропостачання.

Спеціальний розділ роботи присвячено вирішенню задачі розробки заходів з енергозбереження на підприємстві. Особливу увагу було приділено енергозбереженню в освітлювальних установках. Проведені розрахунки засвідчили, що заміна існуючих газорозрядних ламп на більш сучасні світлодіодні освітлювальні прилади є досить дієвим заходом з енергозбереження.

Ключові слова: електричні навантаження, трансформаторна підстанція, реактивна потужність, струми короткого замикання, освітлювальні установки

ABSTRACT

Qualification work: 71 p.; 24 Fig.; 39 tables; 8 sources

Kozlyk Y. V. Designing the energy supply system of the enterprise agricultural engineering. – Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The bachelor's work is devoted to the development of the energy supply system of the agricultural engineering enterprise. The work dealt with the calculation of electrical loads, determination of reactive power modes, calculation of short-circuit currents, selection of external and internal power supply schemes, and selection of high-voltage equipment of the power supply system.

A special section of the work is dedicated to solving the problem of developing energy-saving measures at the enterprise. Special attention was paid to energy saving in lighting installations. The calculations proved that the replacement of existing gas-discharge lamps with more modern LED lighting devices is quite an effective energy-saving measure.

Keywords: electrical loads, transformer substation, reactive power, short-circuit currents, lighting installations

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	9
1.1 Розрахунок силових навантажень в мережі до 1 кВ	9
1.2 Розрахунок електричних освітлювальних навантажень	10
1.3 Розрахунок електричних навантажень напругою вище 1000 В	11
1.4 Графіки електричних навантажень	16
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ТЕПЛОВОГО СПОЖИВАННЯ	21
2.1 Розрахунок теплових навантажень на опалення	21
2.2 Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію	22
2.3 Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання	22
2.4 Розрахунок та побудова графіків теплового споживання	24
РОЗДІЛ 3. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	27
РОЗДІЛ 4. ВИБІР ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ	30
4.1 Вибір джерела та системи теплопостачання	30
4.2 Гідравлічний розрахунок мережі	31
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	33
5.1 Вибір схеми зовнішнього електропостачання	33
5.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання	37
РОЗДІЛ 6. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	38
6.1 Розрахунок балансу реактивної потужності	38
6.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв	39
РОЗДІЛ 7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА	42
РОЗДІЛ 8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ	43
8.1 Розрахунок струмів коротких замкнень	43
8.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ	50
8.3 Вибір електричних апаратів високої напруги	50

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Козлик Ю.В.			Проектування системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування Designing the energy supply system of the enterprise agricultural engineering	Літ.	Аркуш	Архивів	
Перев.		Зінзура В.В.					6	71	
						ЦНТУ зр. ЕНМ-19			
Н. контр.		Зінзура В.В.							
Затвер.		Плешков П.Г.							

8.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб	53
8.5 Вибір трансформаторів струму і напруги	54
РОЗДІЛ 9. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА	56
9.1 Загальні питання розробки енергозберігаючих заходів	56
9.2 Модернізація системи освітлення підприємства	57
9.2.1. Заходи з модернізації системи освітлення моторного цеху.....	57
9.2.2. Модернізація системи освітлення заводського управління.....	63
9.2.3. Модернізація зовнішнього освітлення	67
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Робота присвячена питанню проектування системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування.

Мета роботи – розроблення системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування.

Для досягнення мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. Розрахунок електричних навантажень.
2. Розрахунок теплових вантажень.
3. Розрахунок картограми електричних та теплових навантажень.
4. Вибір джерела теплопостачання і гідравлічний розрахунок системи забезпечення теплопостачання.
5. Техніко-економічне обґрунтування схем зовн. та внутр. електропостачання заводу.
6. Режим реактивної потужності підприємства.
7. Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства.
8. Розрахунок струмів к. з. і вибір високовольтного устаткування.
9. Розрахунок спеціального розділу.

В процесі розрахунку необхідно враховувати потужності електроприймачів, можливі варіанти схеми живлення.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Перший розділ роботи присвячено задачі розрахунків електричних навантажень. Головними етапами цих розрахунків є визначення силових електр. навантажень до 1000 В, освітлювальних електр. навантажень і силових електр. навантажень 1000 В.

1.1 Розрахунок силових навантажень в мережі до 1 кВ

Силові електричні навантаження до 1 кВ розраховуються згідно методу коефіцієнта розрахункової потужності [1].

Проведемо розрахунок силових навантажень до 1 кВ для головного корпусу.

Значення коефіцієнту m :

$$m = \frac{P_{н. \max}}{P_{н. \min}} = \frac{50}{2} = 25$$

Середнє значення навантаження:

$$P_{см} = P_{сум} K_u = 6000 \cdot 0,4 = 2400 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi = 2400 \cdot 0,88 = 2116,6 \text{ квар}$$

Ефективне число електроприйм. в групі:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{н. \max}} = \frac{2 \cdot 6000}{50} = 150$$

Коефіцієнт K_p знаходиться з джерела [1]: $K_p = 1,1$.

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					9

Розрахункові активне P і реактивне Q навантаження головного корпусу:

$$P_p = P_{см} \cdot K_m = 2400 \cdot 1,1 = 2647,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{см} = 2116,6 \text{ квар},$$

Результати розрахунку наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Результати розрахунку силових навантажень до 1000 В

№	Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум., кВт	m	K _в	cosφ	tgφ	Серед. навантаж.		n _{сф}	K _м	Розрах. навантаження		
			min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Головний корпус	150	2	50	6000	25	0,4	0,75	0,88	2400	2116,6	150	1,1	2647,5	2116,6	3389,57
2	Блок допоміжних цехів	200	1	30	3000	30	0,3	0,7	1,02	900	918,18	200	1,11	1001,8	918,18	1358,94
3	Моторний цех	50	0,5	50	1200	100	0,5	0,75	0,88	540	476,24	48	1,17	633,01	476,24	792,15
4	Ливарний цех	50	10	28	1400	2,8	0,6	0,8	0,75	840	630	50	1,11	935,27	630	1127,67
5	Експериментальний цех	30	1	20	750	20	0,2	0,7	1,02	150	153,03	30	1,44	215,91	153,03	264,64
6	Деревопереробний цех	25	1	15	200	15	0,2	0,7	1,02	40	40,81	25	1,49	59,5	40,81	72,15
7	Склад стиснених газів	6	5	20	100	4	0,6	0,9	0,48	60	29,06	6	1,4	83,88	31,97	89,77
8	Насосна другого підйому	6	5	15	60	3	0,6	0,7	1,02	36	36,73	6	1,4	50,33	40,4	64,54
9	Їдальня	15	5	15	150	3	0,6	0,9	0,48	90	43,59	15	1,23	110,33	43,59	118,63
10	Заводоуправління	20	1	20	80	20	0,8	0,9	0,48	60	29,06	8	1,18	70,59	31,97	77,49
11	Прохідна	2	2	3	5	1,5	0,8	1	0	4	0	2	1	4	0	4
12	Центральна лабораторія	25	5	30	200	6	0,7	0,8	0,75	140	105	13	1,17	164,06	105	194,78
13	Гараж	15	1	28	140	28	0,4	0,7	1,02	56	57,13	10	1,48	83,04	62,84	104,14
	Всього	594	0,5	50	13285	100	0,4	0,75	0,9	5316	4635	531	1	5316	4635	7053,2

1.2 Розрахунок електричних освітлювальних навантажень

Освітлювальні навантаження визначаються із використанням методу питомої потужності [1].

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

Приклад розрахунку освітлювальних навантажень для головного корпусу наведено нижче

Встановлена потужність освітлювальних установок:

$$P_y = F \cdot P_0 \cdot 10^{-3} = 8100 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 137.7 \text{ кВт}$$

Розрахункова потужність:

$$P_p = K_n K_1 P_y = 0.95 \cdot 1.20 \cdot 137.7 = 156.98 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi = 156.98 \cdot 0.484 = 75.98 \text{ квар}$$

Розрахунок освітлювальних навантажень інших цехів наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень заводу

№ з/п	Назва об'єкту	$F, \text{ м}^2$	$P_0, \text{ Вт/м}$	$P_{\text{вст}}, \text{ кВт}$	K_n	K_1	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_p, \text{ кВт}$	$Q_p, \text{ квар}$	$S_p, \text{ кВА}$
1	Головний корпус	8100	17	137,7	0,95	1,2	0,9	0,48	157	76	174,4
2	Блок допоміжних цехів	4374	15	65,61	0,95	1,1	0,5	1,73	69,81	121	139,6
3	Моторний цех	3366	16	53,86	0,95	1,2	0,9	0,48	61,4	29,7	68,21
4	Ливарний цех	6300	12	75,6	0,95	1,1	0,5	1,73	80,44	139	160,9
5	Експериментальний цех	4032	18	72,58	0,95	1,2	0,9	0,48	82,74	40,1	91,92
6	Деревопереробний цех	2376	13	30,89	0,95	1,2	0,9	0,48	35,21	17	39,12
7	Склад стиснених газів	1440	6	8,64	0,6	1	1	0	5,18	0	5,18
8	Насосна другого підйому	432	6	2,59	0,95	1,2	0,9	0,48	2,95	1,43	3,28
9	Їдальня	3042	16	48,67	0,95	1,2	0,9	0,48	55,48	26,9	61,64
10	Заводоуправління	2106	18	37,91	0,95	1,2	0,9	0,48	43,22	20,9	48,02
11	Прохідна	648	15	9,72	0,95	1,2	0,9	0,48	11,08	5,36	12,31
12	Центральна лабораторія	2340	18	42,12	0,95	1,2	0,9	0,48	48,02	23,2	53,35
13	Гараж	1080	13	14,04	0,95	1,2	0,9	0,48	16,01	7,75	17,79
14	Територія заводу	125928	0,1	12,59	1	1,1	0,5	1,73	14,1	24,4	28,2
	Всього			612,5					626,6	637	893,5

1.3 Розрахунок електричних навантажень напругою вище 1000 В

Для здійснення розрахунку електр. навантажень вище 1 кВ було застосовано метод коефіцієнта розрахункової потужності [1].

Результати розрахунку навантажень вище 1 кВ приведені в таблиці 1.3.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

Вим.			Таблиця 1.3. Розрахунок силових навантажень вище 1000 В														
Арк.																	
№ документа																	
Підпис																	
Дата																	
	Назва групи споживачів		К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозмінне навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
	min	max	P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар	P _р , кВт						Q _р , квар	S _р , кВА					
	ТП 1, 2																
	Головний корпус																
	силове:		150	2	50	6000	25	0,4	0,75	0,88	2400	2116,6	150	1,1	2647,49	2116,6	3389,57
	освітлювальне:										137,7				156,98	75,98	
	Всього:										2537,7	2116,6			2804,47	2192,58	3559,84
	Всього по ТП 1, 2:																
	силове:		150	2	50	6000	25	0,4	0,75	0,88	2400	2116,6	150	1,1	2647,49	2116,6	3389,57
	освітлювальне:										137,7				156,98	75,98	
	БК 0,4 кВ											-2344				-2344	
	Всього на шинах 0.4 кВ ТП 1, 2:										2537,7	-227,4			2804,47	-151,42	2808,55
Втрати в трансформаторах:														31,49	164,46		
Кількість трансформаторів: 4																	
Номінальна потужність, кВА: 1000																	
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,7																	
Всього на шинах 10 кВ ТП 1, 2:														2835,96	13,04	2835,99	
ТП 3																	
Блок допоміжних цехів																	
силове:		200	1	30	3000	30	0,3	0,7	1,02	900	918,18	200	1,11	1001,83	918,18	1358,94	
освітлювальне:										65,61				69,81	120,91		
Всього:										965,61	918,18			1071,64	1039,09	1492,69	
Їдальня																	
силове:		15	5	15	150	3	0,6	0,9	0,48	90	43,59	15	1,23	110,33	43,59	118,63	
освітлювальне:										48,67				55,48	26,85		
Всього:										138,67	43,59			165,81	70,44	180,15	
Гараж																	
силове:		15	1	28	140	28	0,4	0,7	1,02	56	57,13	10	1,48	83,04	62,84	104,14	
освітлювальне:										14,04				16,01	7,75		
Всього:										70,04	57,13			99,05	70,59	121,63	
Територія заводу																	
освітлювальне:										12,59				14,1	24,42		

12	Арк.
----	------

Продовження табл. 1.3

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозміне навантаження		n _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Всього:									12,59	0			14,1	24,42	28,2
Всього по ТП 3:															
силове:	230	1	30	3290	30	0,32	0,72	0,97	1046	1018,9	219	1	1046	1018,9	1460,23
освітлювальне:									140,91				155,4	179,93	
БК 0,4 кВ										-584				-584	
Всього на шинах 0.4 кВ ТП 3:									1186,91	434,9			1201,4	614,83	1349,58
Втрати в трансформаторах:													14,92	78,09	
Кількість трансформаторів: 2															
Номінальна потужність, кВА: 1000															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,67															
Всього на шинах 10 кВ ТП 3:													1216,32	692,92	1399,84
ТП 4															
Ливарний цех															
силове:	50	10	28	1400	2,8	0,6	0,8	0,75	840	630	50	1,11	935,27	630	1127,67
освітлювальне:									75,6				80,44	139,32	
Всього:									915,6	630			1015,71	769,32	1274,17
Склад стиснених газів															
силове:	6	5	20	100	4	0,6	0,9	0,48	60	29,06	6	1,4	83,88	31,97	89,77
освітлювальне:									8,64				5,18	0	
Всього:									68,64	29,06			89,06	31,97	94,62
Насосна другого підйому															
силове:	6	5	15	60	3	0,6	0,7	1,02	36	36,73	6	1,4	50,33	40,4	64,54
освітлювальне:									2,59				2,95	1,43	
Всього:									38,59	36,73			53,28	41,83	67,74
Всього по ТП 4:															
силове:	62	5	28	1560	5,6	0,6	0,8	0,74	936	695,79	62	1,1	1030,11	695,79	1243,08
освітлювальне:									86,83				88,57	140,75	
БК 0,4 кВ										-100				-100	
Всього на шинах 0.4 кВ ТП 4:									1022,83	595,79			1118,68	736,54	1339,38
Втрати в трансформаторах:													14,77	77,33	

Продовження табл. 1.3

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозміне навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Кількість трансформаторів: 2															
Номінальна потужність, кВА: 1000															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,67															
Всього на шинах 10 кВ ТП 4:													1133,45	813,87	1395,38
ТП 5															
Моторний цех															
силове:	50	0,5	50	1200	100	0,45	0,75	0,88	540	476,24	48	1,17	633,01	476,24	792,15
освітлювальне:									53,86				61,4	29,72	
Всього:									593,86	476,24			694,41	505,96	859,19
Всього по ТП 5:															
силове:	50	0,5	50	1200	100	0,45	0,75	0,88	540	476,24	48	1,17	633,01	476,24	792,15
освітлювальне:									53,86				61,4	29,72	
БК 0,4 кВ										-536				-536	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП 5:									593,86	-59,76			694,41	-30,04	695,06
Втрати в трансформаторах													7,76	40,57	
Кількість трансформаторів: 1															
Номінальна потужність, кВА: 1000															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,7															
Всього на шинах 10 кВ ТП 5:													702,17	10,53	702,25
ТП 6															
Експериментальний цех															
силове:	30	1	20	750	20	0,2	0,7	1,02	150	153,03	30	1,44	215,91	153,03	264,64
освітлювальне:									72,58				82,74	40,05	
Всього:									222,58	153,03			298,65	193,08	355,63
Заводу управління															
силове:	20	1	20	80	20	0,75	0,9	0,48	60	29,06	8	1,18	70,59	31,97	77,49
освітлювальне:									37,91				43,22	20,92	
Всього:									97,91	29,06			113,81	52,89	125,5
Прохідна															
силове:	2	2	3	5	1,5	0,8	1	0	4	0	2	1	4	0	4
освітлювальне:									9,72				11,08	5,36	
Всього:									13,72	0			15,08	5,36	16
Центральна лабораторія															

	App.
	15

1.4 Графіки електричних навантажень

У цьому підрозділі були здійснені розрахунки графіків електр. навантажень та їх параметрів згідно з методикою, описаною в [1]. Результати цих розрахунків показані в табл. 1.4, 1.5, 1.6 та на рис. 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5.

Таблиця 1.4. Вихідні дані до розрахунку параметрів графіків електр. навантажень

№ з/п	Робочі дні		Вихідні дні	
	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %
1	100	100	50	70
2	90	95	50	70
3	98	98	50	70
4	75	86	50	70
5	48	68	50	70
6	48	68	50	70
7	68	82	50	70
8	72	85	40	70
9	75	87	40	63
10	70	83	40	63
11	72	84	40	63
12	65	80	40	63
13	58	76	40	63
14	55	75	40	63
15	68	82	40	63
16	75	88	40	63
17	78	89	40	63
18	73	87	40	63
19	72	86	50	70
20	68	85	50	70
21	60	78	50	70
22	35	79	50	70
23	63	80	50	70
24	100	100	50	70

Таблиця 1.5. Результати розрахунків графіків електричних навантажень

№ з/п	Зимові дні						Літні дні					
	Робочі дні			Вихідні дні			Робочі дні			Вихідні дні		
	P , кВт	Q , квар	S , кВА	P , кВт	Q , квар	S , кВА	P , кВт	Q , квар	S , кВА	P , кВт	Q , квар	S , кВА
1	7125	946	7188	3562	662	3623	6056	804	6109	3028	563	3080
2	6412	899	6475	3562	662	3623	5451	764	5504	3028	563	3080
3	6982	927	7043	3562	662	3623	5935	788	5987	3028	563	3080
4	5344	814	5406	3562	662	3623	4542	692	4594	3028	563	3080
5	3420	643	3480	3562	662	3623	2907	547	2958	3028	563	3080
6	3420	643	3480	3562	662	3623	2907	547	2958	3028	563	3080
7	4845	776	4907	3562	662	3623	4118	659	4170	3028	563	3080
8	5130	804	5193	2850	662	2926	4360	683	4413	2422	563	2487
9	5344	823	5407	2850	596	2912	4542	700	4596	2422	507	2474
10	4988	785	5049	2850	596	2912	4239	667	4291	2422	507	2474
11	5130	795	5191	2850	596	2912	4360	675	4412	2422	507	2474
12	4631	757	4692	2850	596	2912	3937	643	3989	2422	507	2474
13	4132	719	4194	2850	596	2912	3513	611	3566	2422	507	2474
14	3919	710	3983	2850	596	2912	3331	603	3385	2422	507	2474
15	4845	776	4907	2850	596	2912	4118	659	4170	2422	507	2474
16	5344	832	5408	2850	596	2912	4542	708	4597	2422	507	2474
17	5558	842	5621	2850	596	2912	4724	716	4778	2422	507	2474
18	5201	823	5266	2850	596	2912	4421	700	4476	2422	507	2474
19	5130	814	5194	3562	662	3623	4360	692	4415	3028	563	3080
20	4845	804	4911	3562	662	3623	4118	683	4174	3028	563	3080
21	4275	738	4338	3562	662	3623	3634	627	3688	3028	563	3080
22	2494	747	2603	3562	662	3623	2120	635	2213	3028	563	3080
23	4489	757	4552	3562	662	3623	3815	643	3869	3028	563	3080
24	7125	946	7188	3562	662	3623	6056	804	6109	3028	563	3080



Рис. 1.1. Добові графіки активної (P) і реактивної (Q) потужн. (зим. роб. дні)

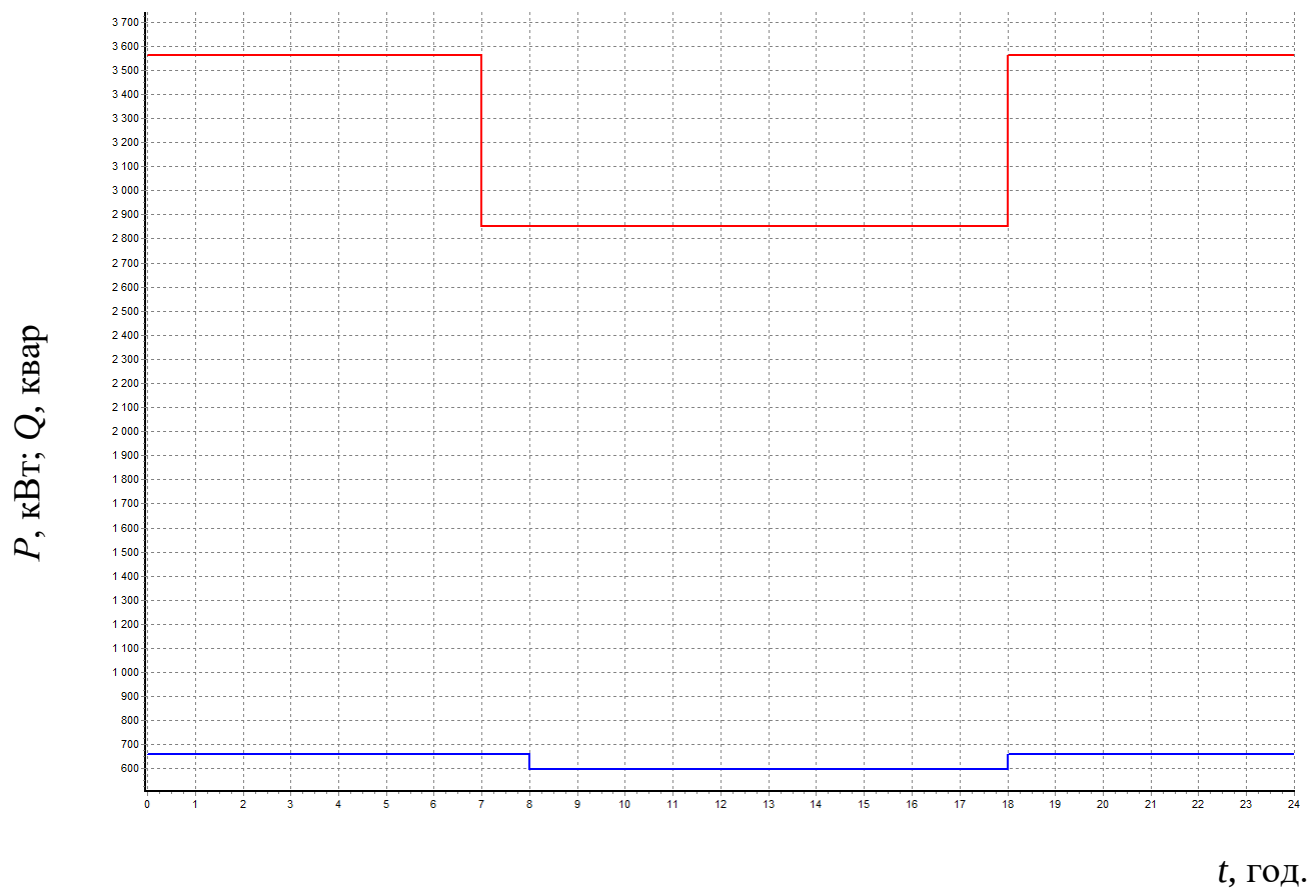


Рис. 1.2. Добові графіки активної (P) та реактивної (Q) потужн. (зим. вих. дні)

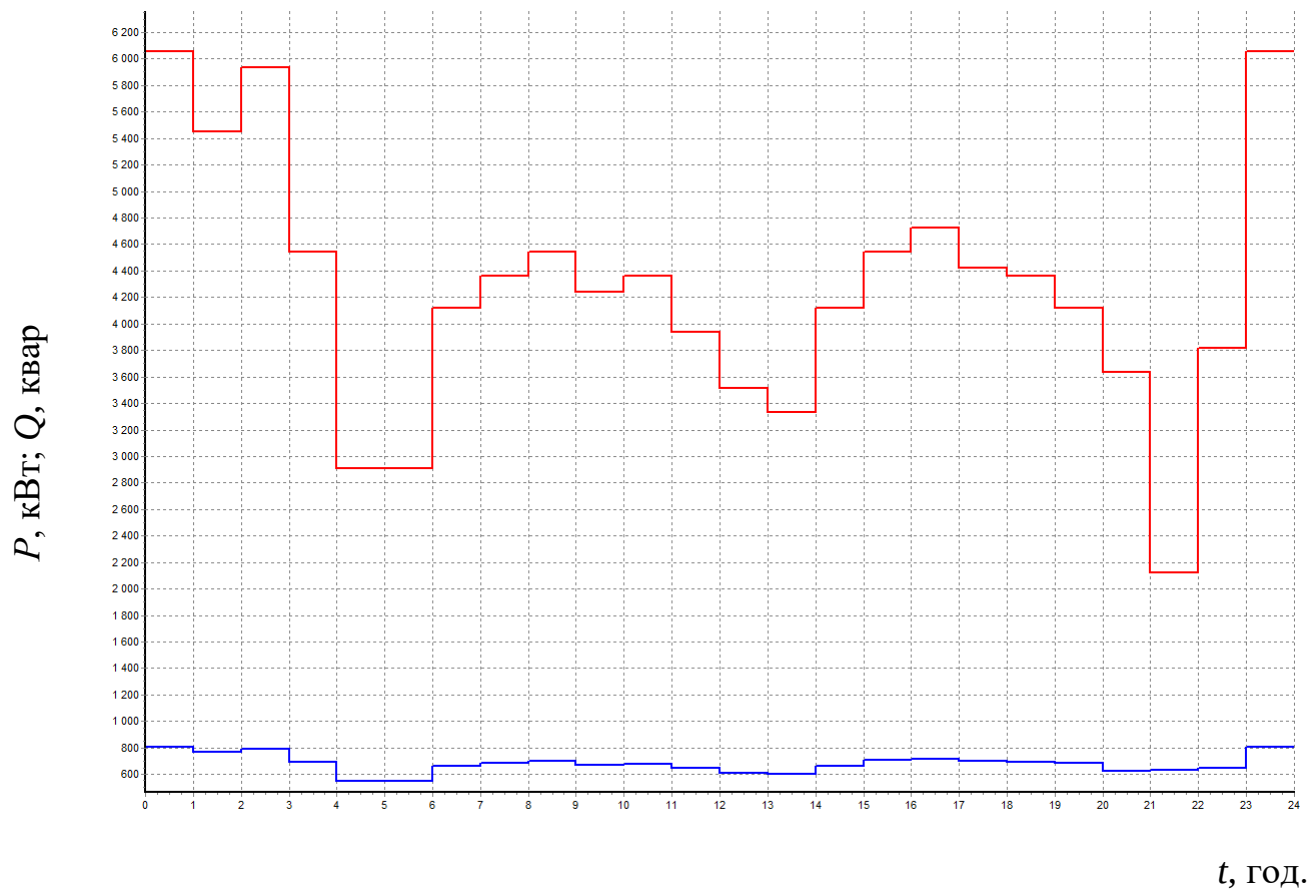


Рис. 1.3. Добові графіки активної (P) та реактивної (Q) потужн. (літн. роб. дні)

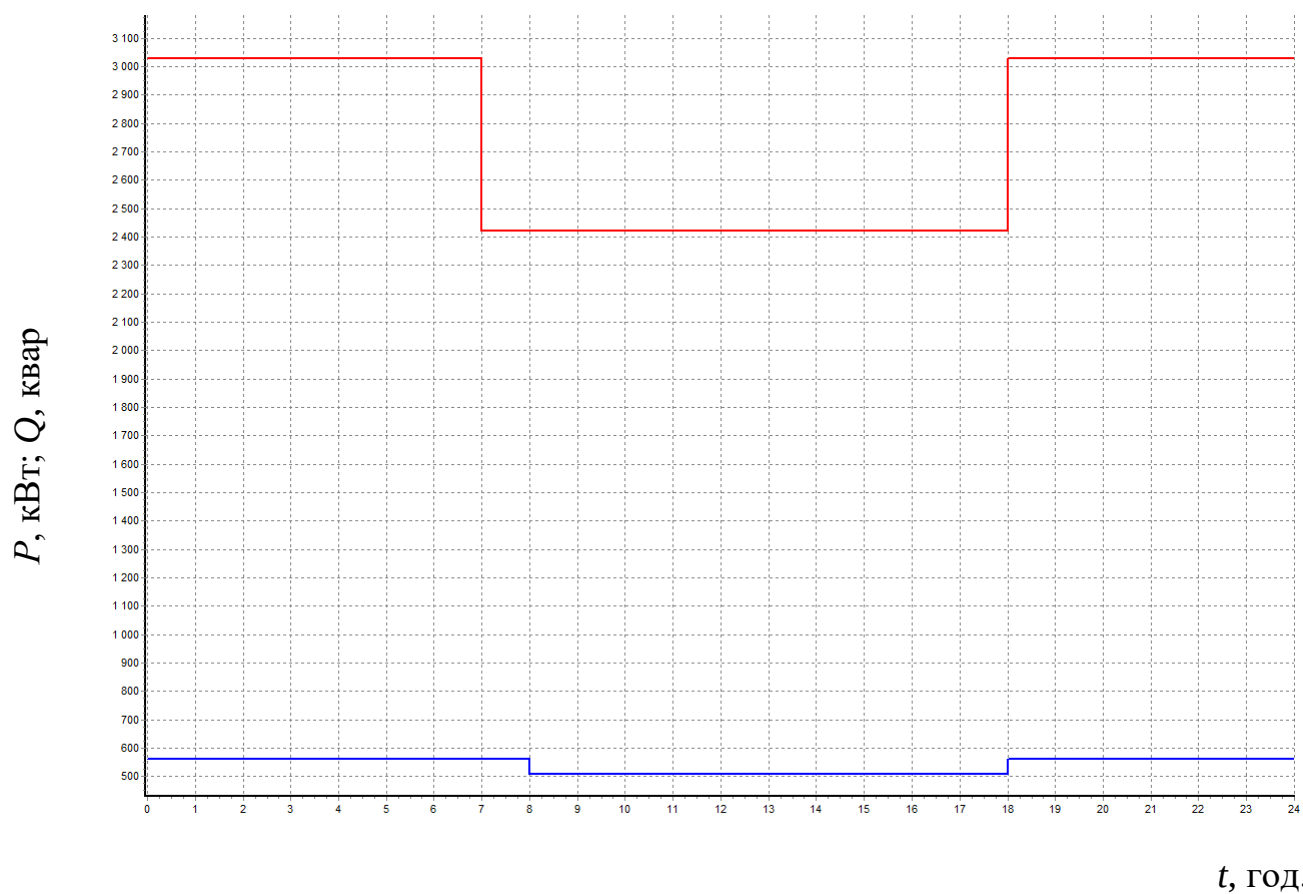


Рис. 1.4 Добові графіки P та Q (літн. вих. дні)

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

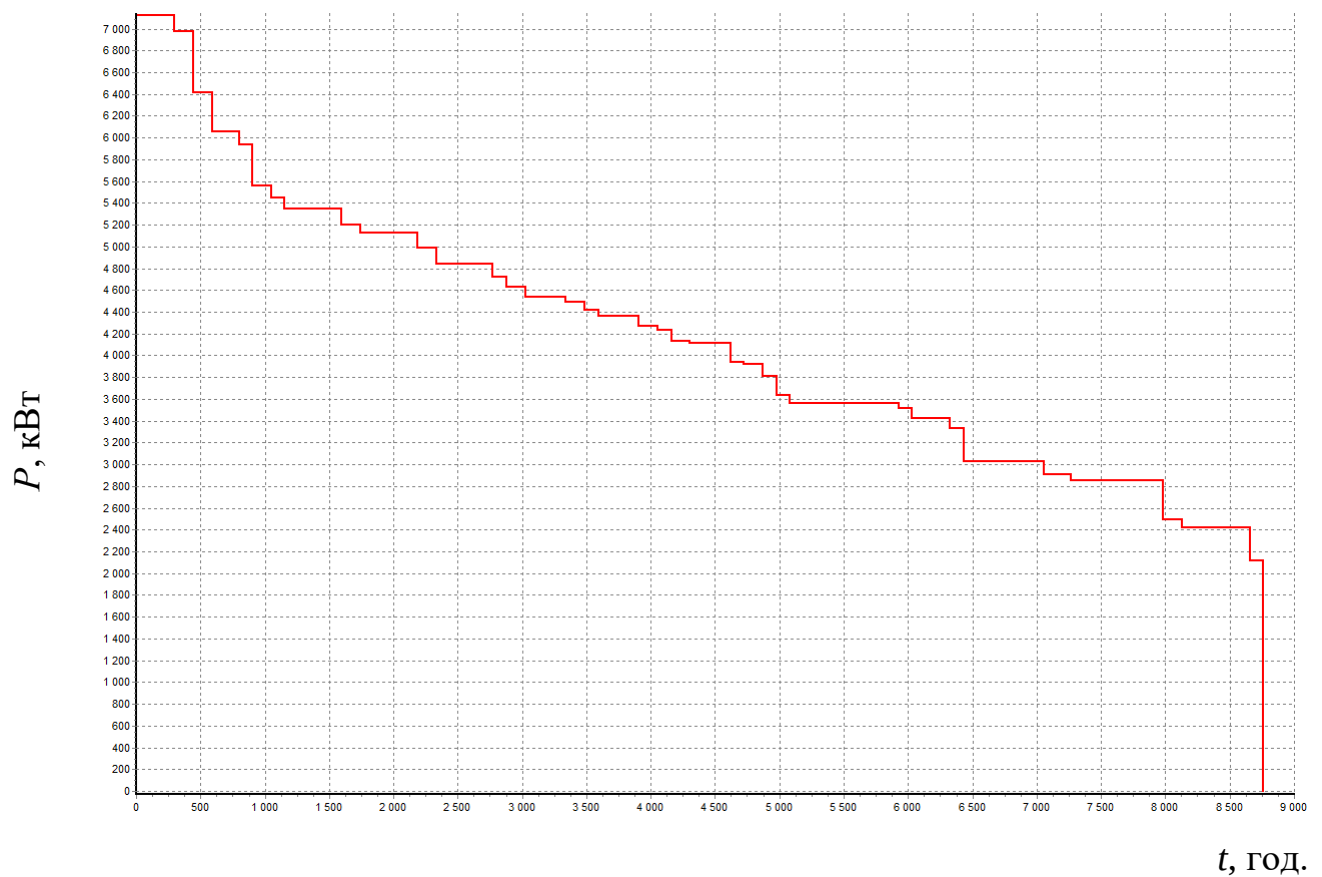


Рис. 1.5. Річний графік P за тривалістю

Таблиця 1.6. Результати розрахунку параметрів графіків навантаж.

№ з/п	Величина	Значення	Од. виміру
1	Розрах. повна потужність, S_p	7187,53	МВА
2	Річне спожив. активної електроенергії (з.р.), $W_{з.р.}$	17658816	кВт·год
3	Річне спожив. реактивної електроенергії (з.р.), $V_{з.р.}$	2810640	квар·год
4	Річне спожив. активної електроенергії (з.в.), $W_{з.в.}$	5047640	кВт·год
5	Річне спожив. реактивної електроенергії (з.в.), $V_{з.в.}$	989820	квар·год
6	Річне спожив. активної електроенергії (л.р.), $W_{л.р.}$	10721130	кВт·год
7	Річне спожив. реактивної електроенергії (л.р.), $V_{л.р.}$	1706250	квар·год
8	Річне спожив. активної електроенергії (л.в.), $W_{л.в.}$	3168288	кВт·год
9	Річне спожив. реактивної електроенергії (л.в.), $V_{л.в.}$	621696	квар·год
10	Сумарне річне спожив. акт. електроенергії, W_p	36595874	кВт·год
11	Сумарне річне спожив. реакт. електроенергії, V_p	6128406	квар·год
12	Час використ. максимуму навантаж., T_m	5162,48	год
13	Час макс. втрат, τ_m	3590,877	год

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ТЕПЛОВОГО СПОЖИВАННЯ

Задача розрахунку теплових навантажень заводу полягає в розрахунку навантажень на опалення, на вентиляцію та на гаряче водопостачання.

2.1 Розрахунок теплових навантажень на опалення

Проведемо розрахунок опалювальних теплових навантажень головного корпусу:

$$Q_o^p = (1 + \mu) q_o V_z (t_{в.р.} - t_{п.о.}) = (1 + 0,25) \cdot 0,44 \cdot 32,4 \cdot (18 + 21) = 694,98 \text{ кВт.}$$

Розрахунок навантаження на опалення інших підрозділів заводу проводиться аналогічно (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Розрахунок теплових навантажень на опалення

№ з/п	Назва будівлі	V_z , тис. м ³	q_o , Вт/м ³ °C	$t_{в.р.}$, °C	Q_o^p , кВт
1.	Головний корпус	32,40	0,44	18	694,98
2.	Блок допоміжних цехів	17,50	0,35	18	298,53
3.	Моторний цех	13,46	0,35	18	229,73
4.	Ливарний цех	25,20	0,35	18	429,98
5.	Експериментальний цех	16,13	0,35	18	275,18
6.	Деревопереробний цех	9,50	0,35	18	162,16
7.	Склад стиснених газів	5,76	0,39	18	109,51
8.	Насосна другого підйому	1,73	0,39	18	32,85
9.	Їдальня	12,17	0,35	18	207,62
10.	Заводоуправління	8,42	0,35	18	143,73
11.	Прохідна	2,59	0,35	18	44,23
12.	Центральна лабораторія	9,36	0,39	18	177,96
13.	Гараж	4,32	0,39	18	82,13
	Всього				2888,59

2.2 Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію

Проведемо розрахунок теплових навантажень на вентиляцію головного корпусу:

$$Q_B^p = q_B V_3 (t_{B.p.} - t_{p.B.}) = 0,147 \cdot 32,4 \cdot (16 + 9) = 118,8 \text{ кВт.}$$

Розрахунок навантаження на вентиляцію інших підрозділів заводу проводиться аналогічно (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію

№ з/п	Назва будівлі	V_3 , тис.м ³	q_B , Вт/м ³ °С	$t_{B.p.}$, °С	Q_B^p , кВт
1.	Головний корпус	32,40	0,147	16	118,80
2.	Блок допоміжних цехів	17,50	0,117	16	51,03
3.	Моторний цех	13,46	0,117	16	39,27
4.	Ливарний цех	25,20	0,117	16	73,50
5.	Експериментальний цех	16,13	0,117	16	47,04
6.	Деревопереробний цех	9,50	0,117	16	27,72
7.	Склад стиснених газів	5,76	0,130	16	18,72
8.	Насосна другого підйому	1,73	0,130	16	5,62
9.	Їдальня	12,17	0,117	16	35,49
10.	Заводоуправління	8,42	0,117	16	24,57
11.	Прохідна	2,59	0,117	16	7,56
12.	Центральна лабораторія	9,36	0,130	16	30,42
13.	Гараж	4,32	0,130	16	14,04
	Всього				493,78

2.3 Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання

Проведемо розрахунок теплових навантажень на ГВП головного корпусу.

Середньогодинне навантаж. в зимовий період:

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					22

$$Q_{г.з.}^{сер.т.} = q_{зеп} \frac{c_v(t_{г.} - t_{х.з.})}{n_c} = 6,3 \cdot \frac{4190(55 - 5)}{86400} = 15,28 \text{ кВт.}$$

Середня витрата теплоти в літній період:

$$Q_{г.л.}^{сер.т.} = Q_{г.з.}^{сер.т.} \frac{t_{г.} - t_{х.л.}}{t_{г.} - t_{х.з.}} \beta = 15,28 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 1 = 12,22 \text{ кВт.}$$

Розрахункове максимальне навантаження в зимовий період:

$$Q_{г.з.}^{max} = \chi Q_{г.з.}^{сер.т.} = 1 \cdot 15,28 = 15,28 \text{ кВт.}$$

Розрахункове максимальне навантаження в літній період:

$$Q_{г.л.}^{max} = \chi Q_{г.л.}^{сер.т.} = 1 \cdot 12,22 = 12,22 \text{ кВт.}$$

Розрахунок навантаження на ГВП інших підрозділів заводу проводиться аналогічним чином (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Розрахунок теплових навантажень на ГВП

№	Найменування	$q_{гвп},$ Вт/м ³ °С	$Q_{г.з.}^{сер.т.},$ кВт	$Q_{г.л.}^{сер.т.},$ кВт	$Q_{г.з.}^{max},$ кВт	$Q_{г.л.}^{max},$ кВт
1.	Головний корпус	6,30	15,28	12,22	15,28	12,22
2.	Блок допоміжних цехів	6,30	15,28	12,22	15,28	12,22
3.	Моторний цех	5,10	12,37	9,89	12,37	9,89
4.	Ливарний цех	5,35	12,97	10,38	12,97	10,38
5.	Експериментальний цех	5,35	12,97	10,38	12,97	10,38
6.	Деревопереробний цех	5,35	12,97	10,38	12,97	10,38
7.	Склад стиснених газів	4,20	10,18	8,15	10,18	8,15
8.	Насосна другого підйому	4,20	10,18	8,15	10,18	8,15
9.	Їдальня	5,35	12,97	10,38	12,97	10,38
10.	Заводоуправління	5,35	12,97	10,38	12,97	10,38
11.	Прохідна	5,35	12,97	10,38	12,97	10,38
12.	Центральна лабораторія	4,20	10,18	8,15	10,18	8,15
13.	Гараж	4,20	10,18	8,15	10,18	8,15
	Всього					129,19

Сумарне максимальне теплове навантаження наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Сумарне теплове навантаження цехів підприємства

№ з/П	Найменування	Q_o^p , кВт	Q_B^p , кВт	$Q_{г.з.}^{max}$, кВт	Q_{Σ} , кВт
1.	Головний корпус	694,98	118,80	15,28	829,06
2.	Блок допоміжних цехів	298,53	51,03	15,28	364,83
3.	Моторний цех	229,73	39,27	12,37	281,37
4.	Ливарний цех	429,98	73,50	12,97	516,45
5.	Експериментальний цех	275,18	47,04	12,97	335,20
6.	Деревопереробний цех	162,16	27,72	12,97	202,85
7.	Склад стиснених газів	109,51	18,72	10,18	138,42
8.	Насосна другого підйому	32,85	5,62	10,18	48,65
9.	Їдальня	207,62	35,49	12,97	256,08
10.	Заводоуправління	143,73	24,57	12,97	181,28
11.	Прохідна	44,23	7,56	12,97	64,76
12.	Центральна лабораторія	177,96	30,42	10,18	218,56
13.	Гараж	82,13	14,04	10,18	106,36
	Всього	2888,59	493,78	161,49	3543,86

2.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання

Розрахуємо годинні витрати на опалення та вентиляцію:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{в.р.} - t_3}{t_{в.р.} - t_{п.о.}} \right) = 2888,6 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 740,66 \text{ кВт.}$$

$$Q_B = Q_B^p \left(\frac{t_{в.р.} - t_3}{t_{в.р.} - t_{п.в.}} \right) = 493,78 \cdot \left(\frac{16 - 8}{16 + 9} \right) = 158,0 \text{ кВт.}$$

Графік споживання теплової енергії показані на рис. 2.1.

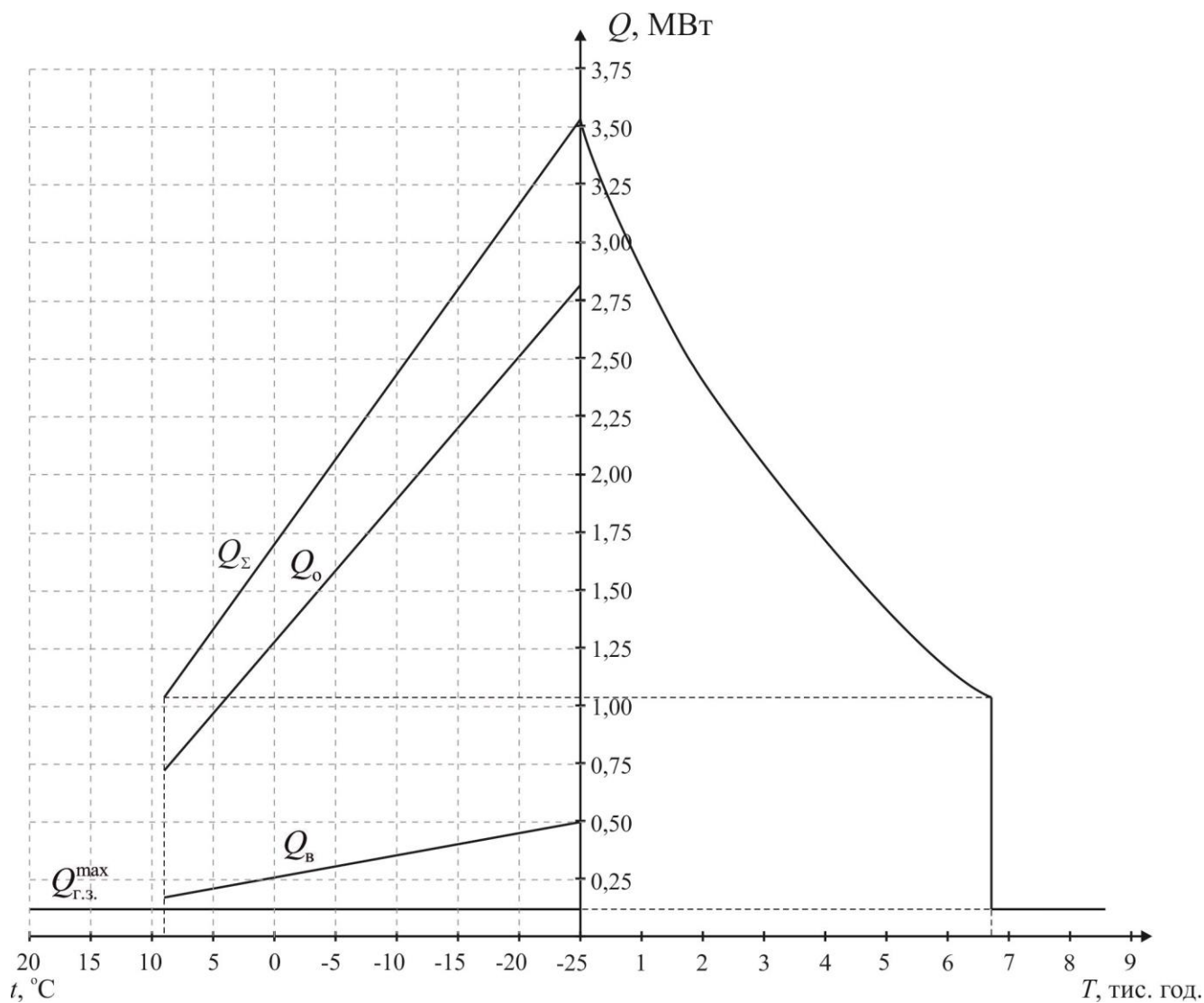


Рис. 2.1. Графіки теплової енергії за тривалістю

Середньогодинна витрата на опалення (січень):

$$Q_0^{\text{січ}} = Q_0^p \left(\frac{t_{\text{в.р.}} - t_{\text{сп}}^{\text{січ}}}{t_{\text{в.р.}} - t_{\text{р.о}}} \right) = 2888,6 \cdot \frac{18 + 5,9}{18 + 21} = 1770 \text{ кВт.}$$

Середньогодинна витрата теплоти на вентиляцію (січень):

$$Q_B^{\text{січ}} = Q_B^p \left(\frac{t_{\text{в.р.}} - t_{\text{сп}}^{\text{січ}}}{t_{\text{в.р.}} - t_{\text{р.в}}} \right) = 493,7 \cdot \frac{16 + 5,9}{16 + 9} = 401 \text{ кВт}$$

Сумарна витрата теплоти (січень):

$$Q_{\Sigma}^{\text{січ}} = Q_0^p + Q_B^p + Q_{\text{Г.З.}}^{\text{max}} = 1770 + 401 + 129 = 2300 \text{ кВт}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

Розрахунок витрат теплоти для інших періодів року проводиться аналогічним чином (табл. 2.5)

Таблиця 2.5. Середньогодинні значення витрати теплоти

Показник	Місяці											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
$t_{cp}, ^\circ C$	-5,90	-5,20	-0,40	7,50	14,70	17,80	23,20	21,60	13,90	7,50	1,20	-3,50
$Q_o, кВт$	1770	1718	1363	778	0	0	0	0	0	778	1244	1592
$Q_b, кВт$	401	388	300	155	0	0	0	0	0	155	271	357
$Q_r, кВт$	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129
$Q_{\Sigma}, кВт$	2300	2235	1792	1062	129	129	129	129	129	1062	1644	2078

Графік споживання теплоти по місяцям показано на рис. 2.2.

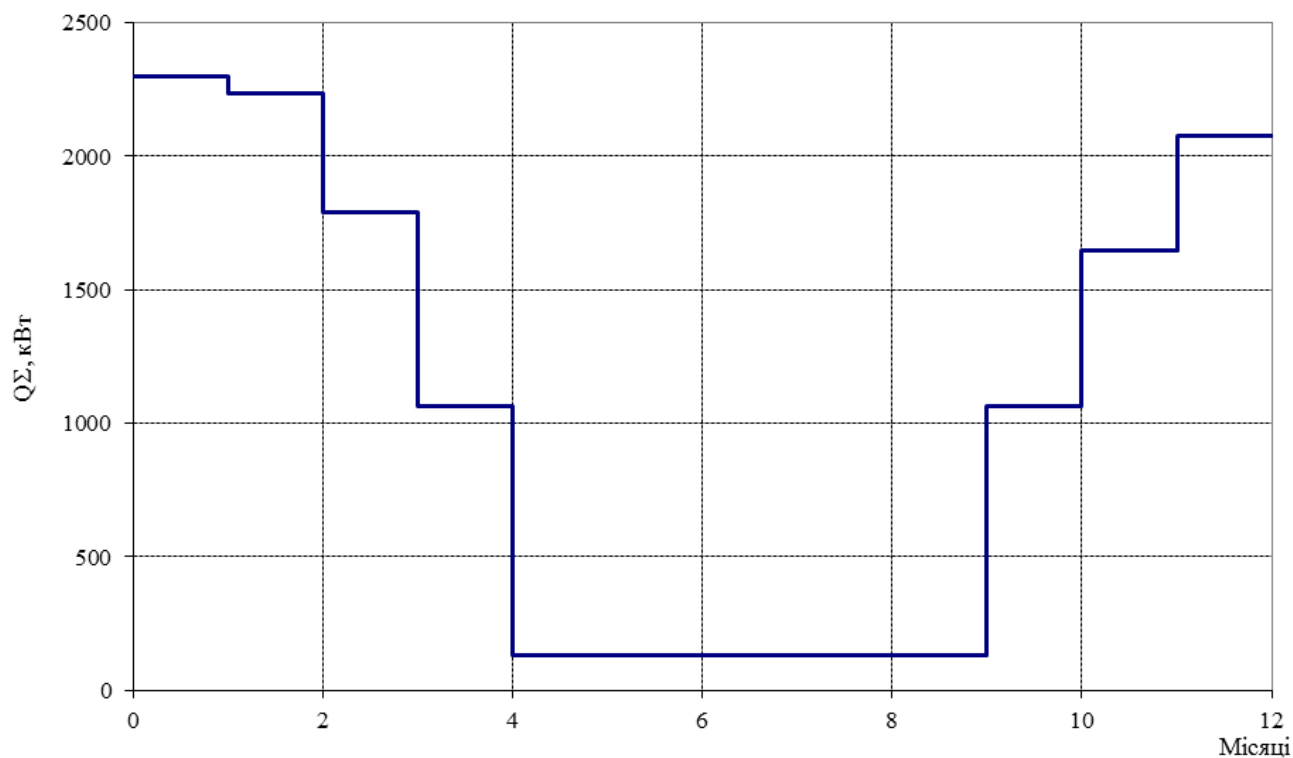


Рис. 2.2. Графік споживання теплової енергії

РОЗДІЛ 3

КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок картограми проводиться згідно методики, описаної в [1].

Для прикладу приведемо розрахунок для головного корпусу:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi m}} = \sqrt{\frac{P_{\text{р.сил}} + P_{\text{р.осв}}}{\pi m}} = \sqrt{\frac{2647,49 + 156,98}{3,14 \cdot 0,1}} = 94,48 \text{ мм},$$

$$\alpha_i = \frac{P_{\text{і.осв}} \cdot 360}{\pi R_i^2} = \frac{156,98 \cdot 360}{2804,47} = 20,15^\circ.$$

Розрахунок параметрів картограми інших цехів підприємства проводиться аналогічним чином (табл. 3.1).

Координати центру електр. навантажень визначаються за виразами:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1292546,31}{7791,86} = 165,8 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1365396,48}{7791,86} = 175,2 \text{ м}.$$

Розрахунок картограми теплових навантажень проводиться аналогічним чином (табл 3.2).

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		
28	Арк.	

Таблиця 3.1. Розрахунок картограми електричних навантажень

№ п/п	Найменування	$P_{P.сил}$ кВт	$P_{P.осв}$ кВт	$P_{P, кВт}$	m	$R, мм$	α	$x, м$	$y, м$	$P \cdot x,$ кВт · м	$P \cdot y,$ кВт · м
1.	Головний корпус	2647,49	156,98	2804,47	0,1	94,48	20,15	189,00	186,00	530044,83	521631,42
2.	Блок допоміжних цехів	1001,83	69,81	1071,64	0,1	58,40	23,45	54,00	189,00	57868,56	202539,96
3.	Моторний цех	633,01	61,4	694,41	0,1	47,01	31,83	309,00	192,00	214572,69	133326,72
4.	Ливарний цех	935,27	80,44	1015,71	0,1	56,86	28,51	165,00	78,00	167592,15	79225,38
5.	Експериментальний цех	215,91	82,74	298,65	0,1	30,83	99,74	249,00	276,00	74363,85	82427,40
6.	Деревопереробний цех	59,5	35,21	94,71	0,1	17,36	133,84	372,00	195,00	35232,12	18468,45
7.	Склад стиснених газів	83,88	5,18	89,06	0,1	16,84	20,94	291,00	78,00	25916,46	6946,68
8.	Насосна другого підйому										
	а) 0,4 кВ	50,33	2,95	53,28	0,1	13,02	19,93	57,00	120,00	3036,96	6393,60
	б) 10,5 кВ (АД)	1050	0	1050,00	0,1	57,81	0,00	57,00	120,00	59850,00	126000,00
9.	Їдальня	110,33	55,48	165,81	0,1	22,97	120,46	99,00	309,00	16415,19	51235,29
10.	Заводоуправління	70,59	43,22	113,81	0,1	19,03	136,71	189,00	315,00	21510,09	35850,15
11.	Прохідна	4	11,08	15,08	0,1	6,93	264,51	258,00	321,00	3890,64	4840,68
12.	Центральна лабораторія	164,06	48,02	212,08	0,1	25,98	81,51	324,00	315,00	68713,92	66805,20
13.	Гараж	83,04	16,01	99,05	0,1	17,76	58,19	129,00	273,00	12777,45	27040,65
14.	Територія заводу	0	14,1	14,10	0,1	6,70	360,00	54,00	189,00	761,40	2664,90
	Всього по заводу	7109,24	682,62	7791,86						1292546,31	1365396,48

Таблиця 3.2. Розрахунок картограми теплових навантажень

№ з/п	Назва об'єкту	Q_o^p кВт	Q_B^p кВт	$Q_{Г.З.}^{max}$ кВт	Q_{Σ} кВт	R , мм	α_B , °	$\alpha_{Г.З.}$, °	X_i , м	Y_i , м	$Q_{\Sigma} \cdot X_i$	$Q_{\Sigma} \cdot Y_i$
1.	Головний корпус	695	119	15	829,1	51,4	51,6	6,6	189	186	156691,6	154204,4
2.	Блок допоміжних цехів	299	51	15	364,8	34,1	50,4	15,1	54	189	19700,9	68953,2
3.	Моторний цех	230	39	12	281,4	29,9	50,2	15,8	309	192	86942,0	54022,2
4.	Ливарний цех	430	74	13	516,4	40,5	51,2	9,0	165	78	85213,8	40282,9
5.	Експериментальний цех	275	47	13	335,2	32,7	50,5	13,9	249	276	83463,9	92514,2
6.	Деревопереробний цех	162	28	13	202,9	25,4	49,2	23,0	372	195	75461,9	39556,6
7.	Склад стиснених газів	110	19	10	138,4	21,0	48,7	26,5	291	78	40279,1	10796,5
8.	Насосна другого підйому	33	6	10	48,7	12,4	41,6	75,4	57	120	2773,3	5838,4
9.	Їдальня	208	35	13	256,1	28,6	49,9	18,2	99	309	25351,8	79128,4
10.	Заводоуправління	144	25	13	181,3	24,0	48,8	25,8	189	315	34261,4	57102,3
11.	Прохідна	44	8	13	64,8	14,4	42,0	72,1	258	321	16707,7	20787,5
12.	Центральна лабораторія	178	30	10	218,6	26,4	50,1	16,8	324	315	70813,8	68846,7
13.	Гараж	82	14	10	106,4	18,4	47,5	34,5	129	273	13720,2	29035,7
Всього					3154,2						610139,7	602399,2

Масштаб: 0,1 кВт/мм².

Координати умовного центру теплових навантажень:

$$X = 610139,68 / 3154,18 = 193,44 \text{ м}$$

$$Y = 602399,15 / 3154,18 = 190,98 \text{ м}$$

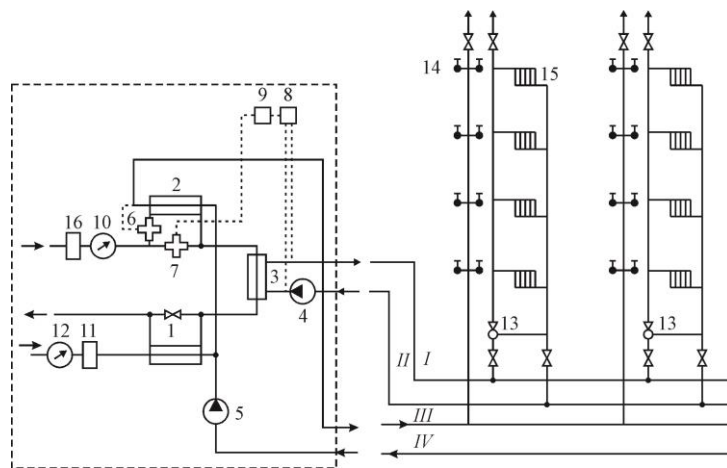


Рис.4.2. Принципова схема групового теплового пункту

4.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Метою гідравлічного розрахунку теплової мережі є визначення діаметрів труб, по яким циркулює теплоносій. Результати розрахунку витрати наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Результати розрахунку витрати води цехами підприємства

№	Назва підрозділу	$G_o^{\max}$, кг/с	$G_{г.в}^{\max}$, кг/с	$G_b^{\max}$, кг/с	G_{Σ} , кг/с
1	Головний корпус	6,63	0,07	1,13	7,84
2	Блок допоміжних цехів	2,85	0,07	0,49	3,41
3	Моторний цех	2,19	0,06	0,37	2,63
4	Ливарний цех	4,10	0,06	0,70	4,87
5	Експериментальний цех	2,63	0,06	0,45	3,14
6	Деревопереробний цех	1,55	0,06	0,26	1,87
7	Склад стиснених газів	1,05	0,05	0,18	1,27
8	Насосна другого підйому	0,31	0,05	0,05	0,42
9	Їдальня	1,98	0,06	0,34	2,38
10	Заводоуправління	1,37	0,06	0,23	1,67
11	Прохідна	0,42	0,06	0,07	0,56
12	Центральна лабораторія	1,70	0,05	0,29	2,04
13	Гараж	0,78	0,05	0,13	0,97
	Всього	27,58	0,77	4,71	33,06

Результати гідравлічного розрахунку теплової мережі підприємства наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

№ діл.		Характеристика ділянки		Розрахункові дані ділянки										Втрати напору від джерела теплопостачання	Тиск в кінці ділянки
№ розрахункової	№ попередньої	Діаметр	Довжина	Витрати води	Швидкість води	Питомі втрати напору при K=0,5	Еквівалентна шорховатість	Поправковий коефіцієнт	Дійсне значення питомих втрат	Втрати напору на ділянці					
										Лінійні	Місцеві	Всього	Всього за двома трубопр.		
		D, мм	l, м	G, т/год	V, м/с	R, Па/м	E _ш , мм	K _{уд.в}	ΔR _{дій} , Па/м	Δp _{тр} , м	Δp _{міс} , м	Δp _Σ , м	Δp _Σ , м	Δp, м	P _{факт} , м.в.ст
6	4	120	32	1,50	0,04	0,02	2	1,6	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	12,37
5	4	250	6	17,53	0,10	0,04	2	1,5	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	12,37
4	2	120	51	19,02	0,47	2,55	2	1,6	4,09	0,21	0,04	0,25	0,50	0,63	12,37
3	2	120	17	4,58	0,11	0,15	2	1,6	0,24	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	12,86
2	1	250	97	23,61	0,13	0,08	2	1,5	0,12	0,01	0,00	0,01	0,03	0,13	12,87
18	17	250	6	12,28	0,07	0,02	2	1,5	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	12,66
19	17	250	17	8,58	0,05	0,01	2	1,5	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	12,66
17	15	250	14	20,85	0,12	0,06	2	1,5	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	12,66
16	15	250	9	3,48	0,02	0,00	2	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	12,66
15	13	250	27	24,33	0,14	0,09	2	1,5	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,34	12,66
14	13	150	9	28,23	0,44	1,73	2	1,55	2,68	0,02	0,00	0,03	0,06	0,39	12,61
13	11	250	18	52,56	0,30	0,40	2	1,5	0,61	0,01	0,00	0,01	0,03	0,33	12,67
12	11	120	6	11,30	0,28	0,90	3	1,88	1,69	0,01	0,00	0,01	0,03	0,33	12,67
11	9	250	12	63,86	0,36	0,60	4	1,91	1,14	0,01	0,00	0,02	0,04	0,30	12,70
10	9	120	6	9,46	0,23	0,63	5	2,13	1,34	0,01	0,00	0,01	0,02	0,29	12,71
9	7	250	21	73,32	0,42	0,79	6	1,91	1,50	0,03	0,01	0,04	0,08	0,27	12,73
8	7	120	6	6,75	0,17	0,32	7	2,13	0,68	0,00	0,00	0,01	0,01	0,20	12,80
7	1	250	18	80,07	0,45	0,94	8	1,91	1,79	0,03	0,01	0,04	0,08	0,19	12,81
24	22	120	10	6,01	0,15	0,25	9	2,13	0,54	0,01	0,00	0,01	0,01	0,13	12,87
23	22	120	6	2,00	0,05	0,03	10	2,13	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	12,89
22	20	250	15	8,01	0,05	0,01	11	1,91	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	12,89
21	20	120	6	7,34	0,18	0,38	12	2,13	0,81	0,00	0,00	0,01	0,01	0,13	12,87
20	1	250	56	15,35	0,09	0,03	13	1,91	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	12,89
1	0	250	10	119,02	0,67	2,08	14	1,91	3,96	0,04	0,01	0,05	0,10	0,10	12,90

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ
СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Задача даного розділу роботи полягає в техніко-економічному обґрунтуванні схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.

5.1 Вибір схеми зовнішнього електропостачання

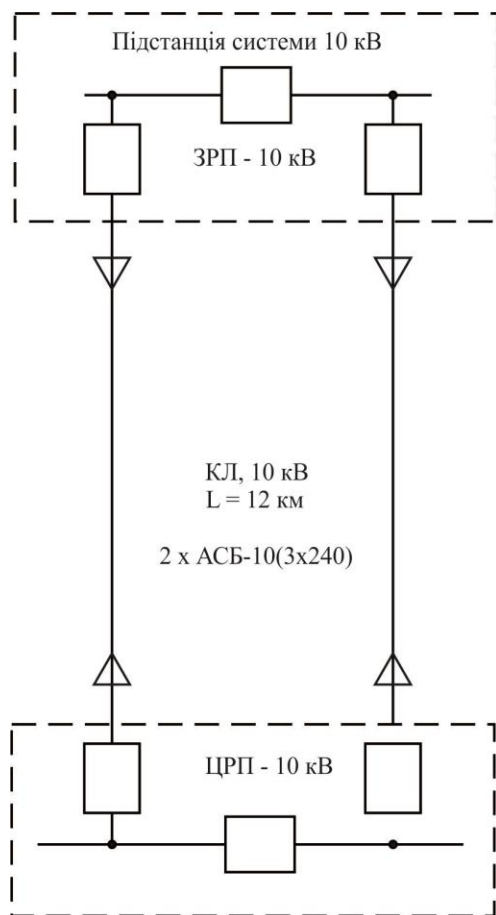
Методика вибору схеми зовнішнього електропостачання ґрунтується на розрахунку мінімальних приведених затрат [1].

Згідно завдання, підприємство може бути заживлене від підстанції системи 35/10 кВ, розташованої за 12 км. Для вибору оптимального варіанту схеми зовнішнього електропостачання підприємства доцільно розглянути 2 варіанти схем:

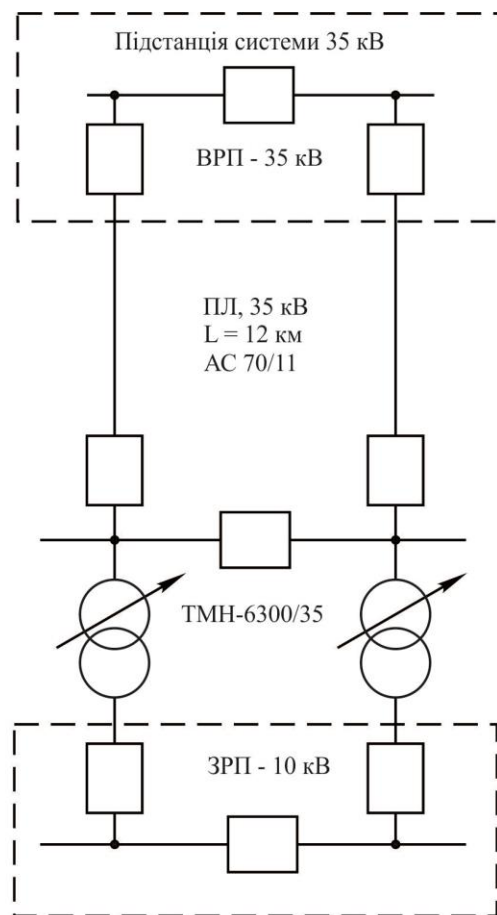
1. Живлення з допомогою КЛ напругою 10 кВ.
2. Живлення ПЛ напругою 350 кВ з встановленням ГЗП 35/10 кВ.

На рис. 5.1 приведено спрощені схеми цих двох варіантів.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33



а)



б)

Рис. 5.1. Варіанти схем електропостачання

Варіант 1. Електропостачання КЛ 10 кВ (рис. 5.1 а).

Значення розрахункового струму, А:

$$I_{\max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{7200}{\sqrt{3} \cdot 10} = 415,69$$

Обираємо 2 КЛ марки АСБ-10(3х240). Технічні дані: $I_{\text{доп}} = 355$ А, $\Delta P_{1\text{км}} = 24$ кВт/км, $K_{\text{КЛ}} = 58$ тис. грн./км.

Перевіримо КЛ за умовою нагріву в нормальн. режимі:

$$I_p = 207,85 \text{ А} \leq K_n I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 355 = 326,6 \text{ А}$$

Перевіримо КЛ за умовою нагріву в аварійн. режимі:

$$I_{p.\text{ав}} = 2I_p = 2 \cdot 207,85 = 415,7 \text{ А} \leq K_{\text{ан}} K'_n I_{\text{доп}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 355 = 443,75 \text{ А}$$

Обрані КЛ АСБ-10(3х240) задовольняють умовам перевірки.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

Завантаження КЛ в нормальн. режимі:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{дон}} = \frac{207,9}{355} = 0,59$$

Втрати активн. потужності в КЛ:

$$\Delta P_{кл} = \Delta P_{1км} l_{\Sigma} K_3^2 = 24 \cdot 24 \cdot 0,3481 = 200,51 \text{ кВт}$$

Втрати активн. електроенергії в КЛ:

$$\Delta W_{л} = \Delta P_{л} \tau = 200,51 \cdot 3590,34 = 719899,07 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Вартість втрат активн. електроенергії в КЛ:

$$C_{втр} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 719899,07 \cdot 5,09 \cdot 0,001 = 3664,29 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок капітальних вкладень для 1-го варіанту схеми зведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Розрахунок капітальних вкладень для 1-го варіанту схеми

№ вар.	Назва елемента	Оди- ниця	К-сть	Вартість	Всього
1	КЛ 10 кВ	км	24	58	1392
	Траншея	км.	12	14,3	171,6
	Шафи КРП серії КУ-10	шт.	2	10,7	21,4
Всього					1585

Розрахунок поточних витрат для 1-го варіанту зведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат для 1-го варіанту

№ вар	Назва елемента	К _ж , тис.грн.	Р _{аж} , %	С _{аж} , тис.грн.	Р _{эж} , %	С _{эж} , тис.грн.	С _ж , тис.грн.
1	КЛ 10 кВ	1392	5	69,6	5	69,6	139,2
	Траншея	171,6	5	8,58	5	8,58	17,16
	Шафи КРП серії КУ-10	21,4	15	3,21	5	1,07	4,28
Всього							160,64

Схема 1-го ланцюга складається з вимикача 10 кВ, КЛ довжиною 8 км.

Параметри надійності зазначених елементів:

- КЛ: $T_b = 0,84 \cdot 10^{-3}$ рік, $K_n = 0,108 \cdot 10^{-3}$, $\lambda_a = 0,96$ 1/рік.

- вимикач: , $T_b = 0,45 \cdot 10^{-3}$ рік, $K_n = 2 \cdot 10^{-3}$, $\lambda_a = 4 \cdot 10^{-3}$ 1/рік;

					Арк. 35
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Потік відмов:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 0,96 = 0,964 \quad 1/\text{рік}$$

Середній час відновл. 1-го ланцюга:

$$T_{\epsilon} = \frac{\sum \lambda_i T_{\epsilon i}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 0,96 \cdot 0,00084)}{0,964} = 0,00083838 \quad \text{рік}$$

Коеф. планового простою:

$$K_n = 1,2 K_{n \max} = 1,2 \cdot 0,002 = 0,0024$$

Коеф. аварійного простою:

$$K_a = \lambda T_{\epsilon} = 0,964 \cdot 0,000838381742738589 = 0,0008082$$

K_n для випадку, планового ремонту одного ланцюга і пошкодження другого:

$$K_{an} = 0,5 \lambda K_n^2 = 0,5 \cdot 0,964 \cdot 0,00000576 = 0,00000277632$$

Коефіцієнт аварійного простою обох ланцюгів:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2K_{an} = 0,00000065318724 + 2 \cdot 0,00000277632 = 0,0000062058$$

Середньорічн. час аварійного простою, год:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 = 0,0000062058 \cdot 8760 = 0,05436$$

Очікуваний збиток від аварійного недовідпуску електричної енергії
тис. грн./рік:

$$Y = Y_0 P_{cp} T_a = 27,3 \cdot 4,2 \cdot 0,05436 = 6,23$$

Зведені витрати, тис. грн./рік:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{\text{втр}} + Y_i = 0,12 \cdot 1585 + 160,64 + 3664,29 + 6,23 = 4021,36$$

Аналогічним чином здійснюється розрахунок зведених витрат для 2-го варіанту (ПЛ напругою 35 кВ). Результати розрахунку зведено до таблиці 5.3.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

Таблиця 5.3. Результати порівняльного техніко-економічного розрахунку двох варіантів схем зовнішнього електропостачання

<i>Показники</i>	<i>Варіанти</i>	
	<i>1</i>	<i>2</i>
Капітальні вкладення	1585	5111
Поточні витрати	160,64	820,6
Вартість втрат електроенергії	3664,29	3199,6
Збиток	6,23	7,6
<i>Зведені витрати</i>	<i>4021,36</i>	<i>4641,12</i>

З розрахунків видно, що величина приведених витрат на 1-й варіант є значно меншою. Тому його і будемо використовувати в подальших розрахунках СЕП.

5.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання

Для внутрішньозаводського електропостачання було обрано радіальну схему з допомогою КЛ 10 кВ. Це рішення було прийнято без техніко-економічних розрахунків з наступних причин:

- більш висока надійність радіальної схеми в порівнянні з іншими.
- відносно невелике значення втрат потужності в КЛ зважаючи на їх невелику протяжність.

Схема внутрішнього електропостачання показана в презентаційній частині роботи.

РОЗДІЛ 6

РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Задача цього розділу роботи – розрахунок параметрів режимів реактивної потужності. Для проведення розрахунків балансу реактивної потужності, здійснення вибору кількості і потужності а також місця розташування компенсуючих пристроїв було використано методику, описану в [1].

6.1 Розрахунок балансу реактивної потужності

Сумарне споживання P :

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_e = 6502,76 + 71,39 + 1050 = 7624,15 \text{ кВт}$$

Сумарне споживання Q :

$$Q_p = Q_n + \Delta Q_m + Q_e = 5168,41 + 374,48 + 508,54 = 6051,43 \text{ квар}$$

Q , споживана від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 7624,15 \cdot 0,15 = 1143,62 \text{ квар}$$

Потужність КП:

$$Q_{КП} = Q_p - Q_e = 6051,43 - 1143,62 = 4907,81 \text{ квар}$$

Мінімальна к-сть силових трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_n}{\beta \cdot S_{ном}} = \frac{6502,76}{0,7 \cdot 1000} = 9,29 \approx 10 \text{ шт.}$$

Розглянемо варіанти $N_t = N_0, N_0 + 1, N_0 + 2$.

Варіант 1. $N = N_0 = 10$ шт.

Q , яка може бути передана з мережі 10 кВ в на сторону 0,4 кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном})^2 - P_n^2} = \sqrt{(10 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 6502,76^2} = 2591,16 \text{ квар}$$

Потужність КП до 1 кВ:

$$Q_{KH} = Q_n - Q_1 = 5168,41 - 2591,16 = 2577,25 \text{ квар}$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					38

Потужність КП 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_p - Q_{KH} - Q_e = 6051,43 - 2577,25 - 1143,62 = 2330,56 \text{ квар}$$

Розрахунок КП для інших варіантів $N_0 + 1$, $N_0 + 2$ проводиться аналогічно (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності

№ вар.	К-сть тр-рів	Q_1 , кВАр	Q_{KH} , кВАр	Q_{KB} , кВАр
1	10	2591,16	2577,25	2330,56
2	11	4123,6	1044,81	3863
3	12	5317,34	0	4907,81

6.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Розрахунок потужності КП 0,4 кВ та 10 кВ для варіантів N_0 , $N_0 + 1$, $N_0 + 2$ зведено в табл. 6.2, 6.3, 6.4.

Таблиця 6.2. Результати вибору БК ($N_T = 10$ шт.)

№ КТП	К-сть т-рів	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	К-сть та потужн. БК, шт. · кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{БК}$, кВАр	K_z	S_p , кВА
1, 2	4	2835,9	2356,72	0	2356,72	4·50; 4·536;	2344	12,72	0,71	2835,93
3	2	1214,24	1266,52	696,87	569,65	2·67; 2·225;	584	-14,35	0,7	1392,92
4	2	1130,46	898,95	825,87	73,08	2·50;	100	-26,92	0,69	1384,29
5	1	702,16	546,48	0	546,48	1·536;	536	10,48	0,7	702,238
6	1	691,39	474,23	109,45	364,78	1·67; 1·300;	367	-2,22	0,7	699,656

БК 0,4 кВ: 3931 квар. БК 10 кВ: 2х600 = 1200 квар.

Таблиця 6.3. Результати вибору БК ($N_T = 11$ шт.)

№ КТП	К-сть т-рів	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	К-сть та потужн. БК, шт. кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_z	S_p , кВА
1, 2	5	2835,9	2356,72	2051,26	305,46	5·67;	335	-29,54	0,7	3482,77
3	2	1214,24	1266,52	696,87	569,65	2·67; 2·225;	584	-14,35	0,7	1392,92
4	2	1130,46	898,95	825,87	73,08	2·50;	100	-26,92	0,69	1384,29
5	1	702,16	546,48	0	546,48	1·536;	536	10,48	0,7	702,238
6	1	691,39	474,23	109,45	364,78	1·67; 1·300;	367	-2,22	0,7	699,656

БК 0,4 кВ: 1922 квар. БК 10 кВ: 2 х 1500 = 3000 квар.

Таблиця 6.4. Результати вибору БК ($N_T = 12$ шт.)

№ КТП	К-сть т-рів	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	К-сть та потужн. БК, шт. кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_z	S_p , кВА
1, 2	6	2835,9	2356,72	3098,01	0		0	0	0,61	3687,34
3	2	1214,24	1266,52	696,87	569,65	2·67; 2·225;	584	-14,35	0,7	1392,92
4	2	1130,46	898,95	825,87	73,08	2·50;	100	-26,92	0,69	1384,29
5	1	702,16	546,48	0	546,48	1·536;	536	10,48	0,7	702,238
6	1	691,39	474,23	109,45	364,78	1·67; 1·300;	367	-2,22	0,7	699,656

БК 0,4 кВ: 1587 квар. БК 10 кВ: 2 х 1800 = 3600 квар.

Втрати Р в КП 0,4 кВ:

$$\Delta P_{KH} = P_{ПІТ}^{KH} \cdot Q_{KH} = 0,0045 \cdot 3931 = 17,69 \text{ кВт}$$

Втрати Р в КП 10 кВ:

$$\Delta P_{KB} = P_{ПІТ}^{KB} \cdot Q_{KB} = 0,003 \cdot 1200 = 3,6 \text{ кВт}$$

Втрати Р в ТП:

$$\Delta P_{ТП} = \frac{P_{HH}^2 + Q_1^2}{U_H^2} R_T \cdot 10^{-3} = \frac{6502,76^2 + 2591,16^2}{10^2} \cdot 0,09 \cdot 0,001 = 44,1 \text{ кВт}$$

де $R_{екв}$ — еквівалентн. активний опір тр-рів ТП:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

$$R_{екв} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{ном}^2}{N \cdot S_{ном}^2} \cdot 10^3 = \frac{8,6 \cdot 10^2}{10 \cdot 1000^2} \cdot 1000 = 0,09 \text{ Ом}$$

Вартість КП напругою 0,4 кВ:

$$K_{KH} = \sum_{i=1}^n N_{KH i} \cdot K_{KH i} =$$

$$= 6 \cdot 3,28 + 3 \cdot 3,53 + 2 \cdot 5,53 + 1 \cdot 6,71 + 5 \cdot 10,23 = 99,19 \text{ тис.грн.}$$

Вартість КП напругою 10 кВ:

$$K_{KB} = \sum_{i=1}^n N_{KB i} \cdot K_{KB i} = 2 \cdot 10,23 = 20,46 \text{ тис.грн.}$$

Вартість трансформаторних підстанцій:

$$K_{КТП} = N_{КТП(2)} \cdot K_{КТП(2)} + N_{КТП(1)} \cdot K_{КТП(1)} =$$

$$= 4 \cdot 638 + 2 \cdot 337,5 = 3227 \text{ тис.грн.}$$

Значення приведених витрат:

$$З = E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + C_0 \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{ТП}) =$$

$$= 0,12 \cdot (99,19 + 20,46 + 3227) + 5,07 \cdot 3598 \cdot (17,69 + 3,6 + 44,1) \cdot 10^{-3} =$$

$$= 1594,43 \text{ тис.грн.}$$

Приведені витрати для інших варіантів розраховуються аналогічно (табл. 6.5).

Таблиця 6.5. Розрахунок приведених витрат на компенсацію РП

№ вар.	$Q_{KH},$ кВАр	$\Delta P_{KH},$ кВт	$Q_{KB},$ кВАр	$\Delta P_{KB},$ кВт	$N_{тр},$ шт.	$R_{екв},$ Ом	$S_{пр},$ кВА	$\Delta P_{ТП},$ кВт	$K_{KH},$ тис. грн.	$K_{KB},$ тис. грн.	$K_{КТП},$ тис. грн.	$З,$ тис. грн.
1	3931	17,7	1200	3,6	10	0,09	7000	44,1	99,19	20,46	3227	1594
2	1922	8,65	3000	9	11	0,08	7700	47,43	62,8	47,26	3564,5	1628
3	1587	7,14	3600	10,8	12	0,07	8400	49,39	45,15	53,52	3865	1704

Як видно з проведених розрахунків, приведені витрати 1-й варіант виявились найменшими. Цей варіант і будемо враховувати в подальших розрахунках.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

РОЗДІЛ 7

ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА

Умови вибору трансформатора для ТП-1:

$$K_3 = \frac{S_p}{n_T S_{\text{НОМТ}}} = \frac{1417,96}{2 \cdot 1000} = 0,71,$$

$$S_{\text{НОМТ}} = 2 \cdot 1000 = 2000 \geq \frac{S_p}{K_1} = \frac{1417,96}{1,08} = 1313,$$

$$S_{\text{НОМТ}} = 1000 \geq \frac{S_p}{K_2} = \frac{1417,96}{1,4} \approx 1000.$$

Таким чином, силовий трансформатор ТМ-1000/10/0,4 задовольняє критеріям вибору.

Розрахунки для інших цехових підстанцій зведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1. Результати вибору ТП

№ ТП	К-сть	$S_{\text{роз, кВА}}$	K_3	$S_{\text{НОМ}} > S_p/K_1$	$S_{\text{НОМ}} > S_p/K_2$	Марка
ТП-1	2	1417,96	0,71	1313	1013	ТМ-1000/10
ТП-2	2	1417,96	0,71	1313	1013	ТМ-1000/10
ТП-3	2	1392,92	0,70	1290	995	ТМ-1000/10
ТП-4	2	1384,29	0,69	1282	989	ТМ-1000/10
ТП-5	1	702,24	0,70	650	502	ТМ-1000/10
ТП-6	1	699,66	0,70	648	500	ТМ-1000/10

РОЗДІЛ 8

РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ

У восьмому розділі роботи розглядаються задачі розрахунку струмів к.з., вибору КЛ напругою 10 кВ, вибору електричних апаратів напругою вище 1 кВ та ін. Для вирішення зазначених задач застосовувалась методика, наведена в джерелі літератури [1].

8.1 Розрахунок струмів коротких замкнень

Розрахунок струмів к.з. розпочинається зі складання розрахункової схеми (рис. 8.1), згідно якої складається схема заміщення (рис. 8.2).

Система:

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{к.з.}} = \frac{10,5^2}{115} = 0,959 \text{ Ом} \quad R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{0,959}{25} = 0,038 \text{ Ом}$$

КЛ 10 кВ (1хАСБ-10(3х240), 12 км):

$$R_{кл} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,129 \cdot 12}{1} = 1,548 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,075 \cdot 12}{1} = 0,9 \text{ Ом}$$

Результуючі опори в К1:

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 0,959 + 0,9 = 1,859 \text{ Ом}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{кл} = 0,038 + 1,548 = 1,586 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{1,586^2 + 1,859^2} = 2,444 \text{ Ом}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

Вим.				
Арк.				
№ документа				
Підпис				
Дата				

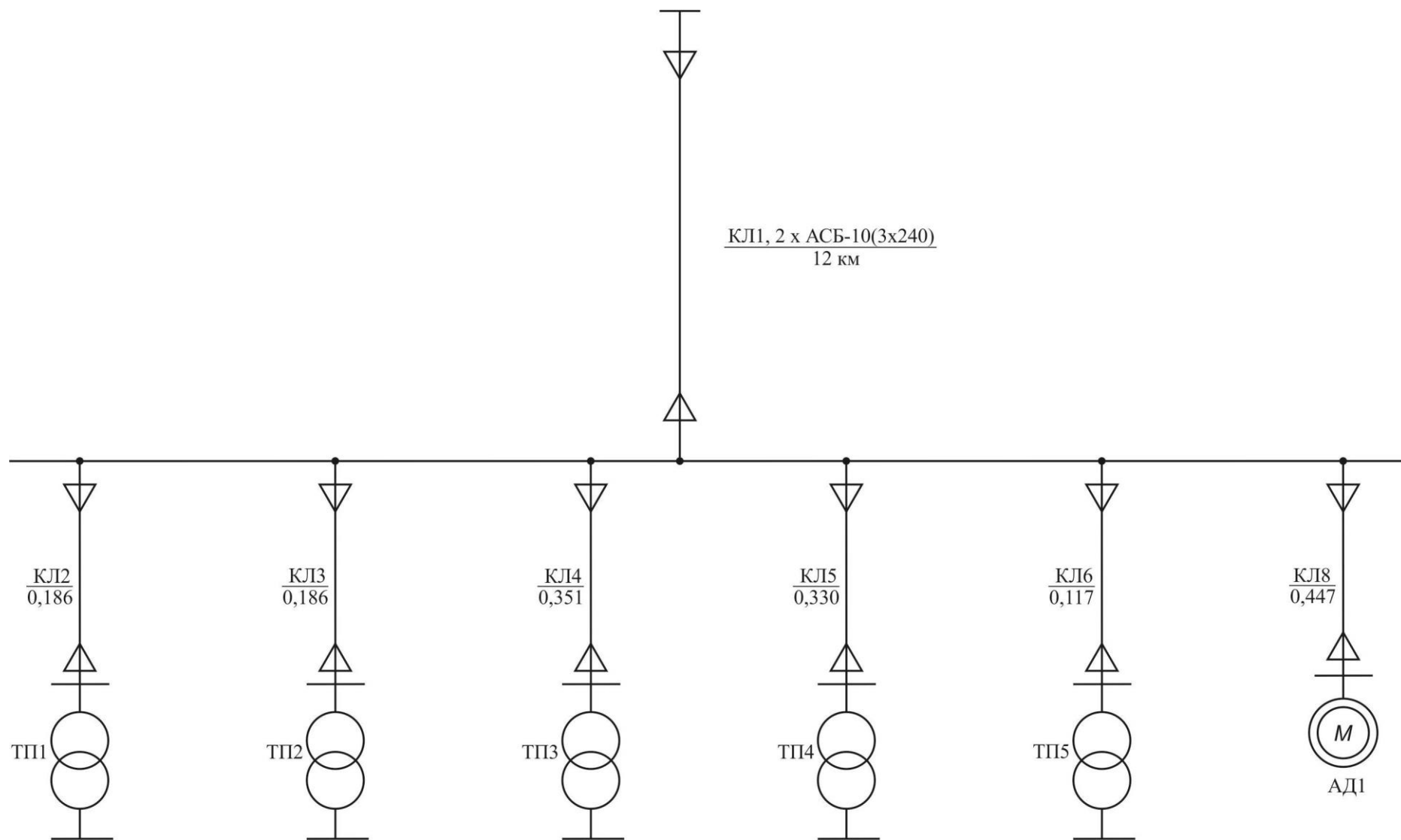


Рис. 8.1. Розрахункова схема

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		

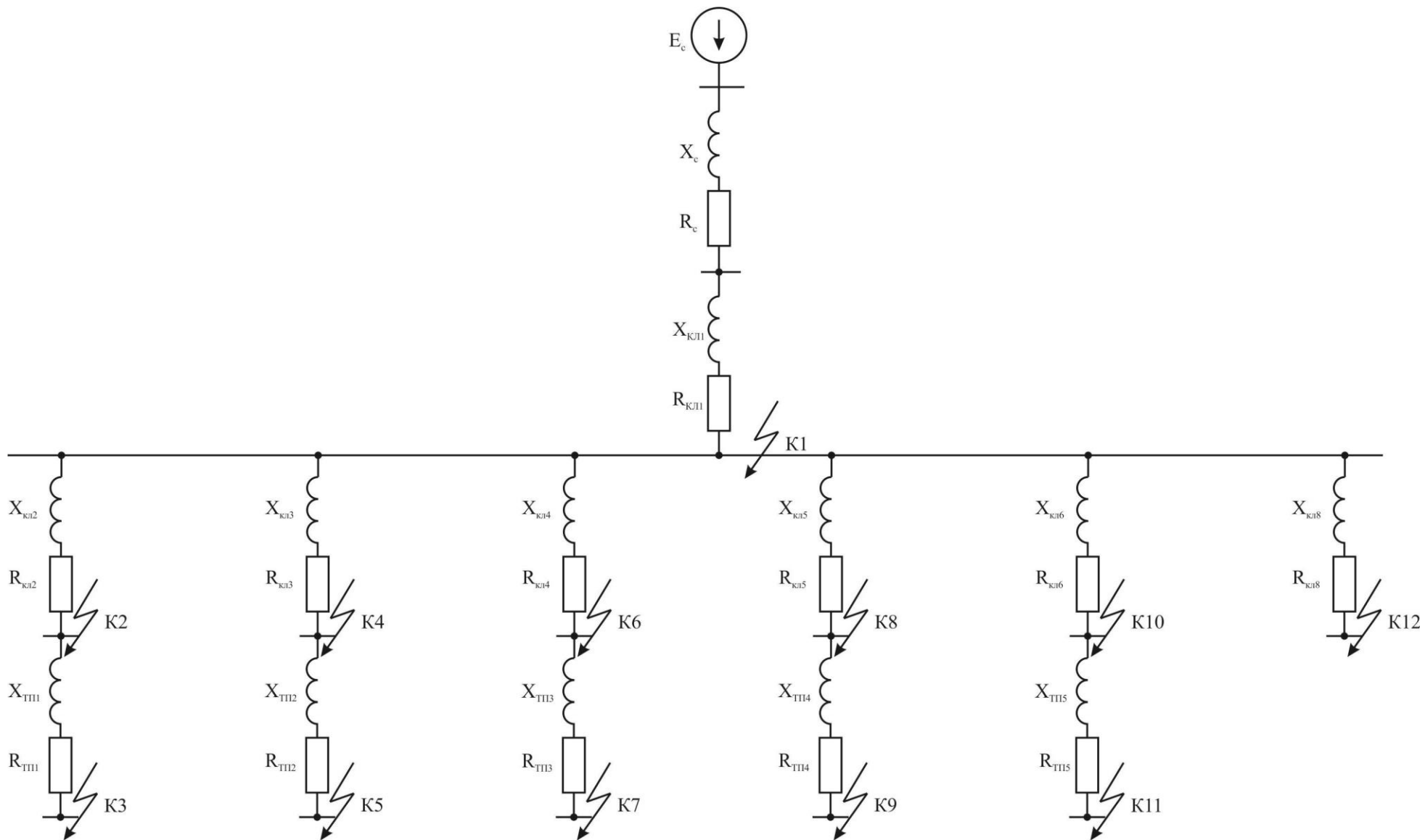


Рис. 8.2. Схема заміщення

Надперехідний струм в т-ці K1:

$$I''_{K1(c)} = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,444} = 2,48 \text{ кА}$$

Стала часу в т-ці K1:

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{1,859}{314 \cdot 1,586} = 0,0037 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в т-ці K1:

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0037}} = 1,067$$

Ударний струм в т-ці K1:

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial}I''_{K1(c)} = \sqrt{2} \cdot 1,067 \cdot 2,48 = 3,74 \text{ кА}$$

Номинальна потужність АД:

$$S_{ном} = \frac{P_{ном}}{\cos\varphi_{ном} \cdot \eta} = \frac{0,75}{0,9 \cdot 0,92} = 0,906 \text{ МВА}$$

Індуктивний опір АД:

$$X_{АД} = \frac{1}{I_{пуск}} \frac{U_{cp.ном}^2}{S_{ном}} = \frac{10,5^2}{5,2 \cdot 0,906} = 23,4 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм АД:

$$I''_{K1(АД)} = n_{АД} \frac{E_* \cdot U_{cp.ном}}{\sqrt{3}X_{АД}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 23,4} = 0,47 \text{ кА}$$

Ударний струм в т-ці K1 від АД:

$$i_{y\partial 1(АД)} = \sqrt{2}k_{y\partial(АД)}I''_{K1(АД)} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 0,47 = 1,13 \text{ кА}$$

Сумарний надперехідний к.з. в т-ці K1:

$$I''_{K1} = I''_{K1(c)} + I''_{K1(АД)} = 2,48 + 0,47 = 2,95 \text{ кА}$$

Сумарний ударний струм в т-ці K1:

$$i_{y\partial 1} = i_{y\partial 1(c)} + i_{y\partial 1(АД)} = 3,74 + 1,13 = 4,87 \text{ кА}$$

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					46

Розрахунковий струм КЛ1 10 кВ:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{cp.ном}} = \frac{1417,965}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 38,98 \text{ А}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{K1}^2(t_{p.з.min} + T_a) = 2,95^2(1,365 + 0,0037) = 11,91 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз КЛ за термічною стійкістю:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{11,91 \cdot 10^3} = 36,71 \text{ мм}^2$$

Обираємо кабель типу ААШв-10(3 х 50) ($I_{доп \text{ КЛ}} = 140 \text{ А}$, $x_{0\text{КЛ1}} = 0,09 \text{ Ом/км}$, $r_{0\text{КЛ1}} = 0,62 \text{ Ом/км}$)

Опори КЛ1:

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл} = 0,62 \cdot 0,186 = 0,115 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл} = 0,09 \cdot 0,186 = 0,017 \text{ Ом}$$

Для інших КЛ параметри наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1. Параметри КЛ 10 кВ

№ КЛ	l, км	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	R, Ом	X, Ом
1	12,000	0,129	0,075	1,548	0,900
2	0,186	0,620	0,090	0,115	0,017
3	0,186	0,620	0,090	0,115	0,017
4	0,351	0,620	0,090	0,218	0,032
5	0,330	0,620	0,090	0,205	0,030
6	0,117	0,443	0,086	0,052	0,010
8, 9	0,447	0,620	0,090	0,277	0,040

Результуючі опори до т-ки К2:

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{кл} = 1,859 + 0,017 = 1,876 \text{ Ом}$$

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{кл} = 1,586 + 0,115 = 1,701 \text{ Ом}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{1,701^2 + 1,876^2} = 2,532 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в т-ці. К2:

$$I_{K2}'' = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,532} = 2,39 \text{ кА}$$

Стала часу в т-ці. К2:

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{1,876}{314 \cdot 1,701} = 0,0035 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в т-ці К2:

$$k_{y\partial 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0035}} = 1,057$$

Ударний струм в т-ці К2:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2}k_{y\partial}I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1,057 \cdot 2,39 = 3,57 \text{ кА}$$

Опори ТП-1:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{\text{ср.ном.}}^2}{S_{\text{ном.}}^2} = \frac{8,6 \cdot 10,5^2}{1000^2} \cdot 10^3 = 0,948 \text{ Ом}$$

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa, \%} U_{\text{ср.ном.}}^2}{S_{\text{ном.}}} = \frac{5,5 \cdot 10,5^2}{1000} \cdot 10 = 6,064 \text{ Ом}$$

Результуючі опори до т-ки К3:

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left(\frac{U_{\text{нн}}}{U_{\text{вн}}} \right)^2 = (1,876 + 6,064) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0115 \text{ Ом}$$

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left(\frac{U_{\text{нн}}}{U_{\text{вн}}} \right)^2 = (1,701 + 0,948) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0038 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0038^2 + 0,0115^2} = 0,0121 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в т-ці К3:

$$I_{K3}'' = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0121} = 19,09 \text{ кА}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

Стала часу в т-ці КЗ:

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0115}{314 \cdot 0,0038} = 0,0096 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в т-ці КЗ:

$$k_{y\partial 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0096}} = 1,353$$

Ударний струм в т-ці КЗ:

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} k_{y\partial} I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,353 \cdot 19,09 = 36,53 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів к.з. для інших точок зведено в табл. 8.2.

Таблиця 8.2. Розрахунок струмів к. з.

<i>№ т-ки</i>	<i>R, Ом</i>	<i>X, Ом</i>	<i>I_κ'' , кА</i>	<i>T_a , с</i>	<i>k_{y∂}</i>	<i>i_{y∂} , кА</i>
1	1,5860	1,8590	2,95	0,0037	1,067	4,87
2	1,7010	1,8760	2,39	0,0035	1,057	3,57
3	0,0038	0,0115	19,09	0,0096	1,353	36,53
4	1,7010	1,8760	2,39	0,0035	1,057	3,57
5	0,0038	0,0115	19,09	0,0096	1,353	36,53
6	1,8040	1,8910	2,32	0,0033	1,048	3,44
7	0,0040	0,0115	18,93	0,0092	1,337	35,79
8	1,7910	1,8890	2,33	0,0034	1,053	3,47
9	0,0040	0,0115	18,93	0,0092	1,337	35,79
10	1,6380	1,8690	2,44	0,0036	1,062	3,66
11	0,0038	0,0115	19,09	0,0096	1,353	36,53
12	1,8630	1,8990	2,28	0,0032	1,044	3,37

8.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ

Розрахунковий струм КЛ до ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{1417,965}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 38,98 \text{ А}$$

Обираємо кабель ААШВ-10(3х50), $I_{доп} = 140 \text{ А}$.

Перевірка за допустимим навантаженням:

$$I_p = 38,98 \text{ А} \leq K_n \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 140 = 126 \text{ А}$$

Перевірка в аварійному режимі:

$$I_{ав} = 77,96 \text{ А} \leq K_{ан} \cdot K_n' \cdot I_{доп} = 1,35 \cdot 1 \cdot 140 = 189 \text{ А}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{K1}^2 (t_{p.з.мин} + T_a) = 2,95^2 (1,365 + 0,0037) = 36,71 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз КЛ:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{11,91 \cdot 10^3} = 36,71 \text{ мм}^2$$

Результати проведення вибору інших КЛ зведено в табл. 8.3.

8.3 Вибір електричних апаратів високої напруги

В даному підрозділі роботи було здійснено вибір наступних електричних апаратів:

- вимикачів 10 кВ;
- обмежувачів перенапруги.

Розрахунки проводились згідно методики, викладеної в [1].

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		
51	Арк.	

Таблиця .8.3. Результати вибору КЛ

№ КЛ	n, шт	S_p, MVA	I_p, A	$I_{p.ав.}, A$	$F_{ек}, мм^2$	$B_k, кА^2с$	$F_{min}, мм^2$	Марка кабеля	$I_{дон}, A$	K_n	$K_n I_{дон}, A$	K_{an}	K'_n	$K_{an} K'_n I_{дон}, A$
1	2	7189	197,65	395,3	164,71	11,91	36,71	2 х АСБ-10(3 х 240)	355	0,9	319,5	1,35	1	479,25
2	2	1417,965	38,98	77,96	32,48	11,91	36,71	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
3	2	1417,965	38,98	77,96	32,48	11,91	36,71	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
4	2	1392,92	38,3	76,6	31,92	11,91	36,71	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
5	2	1384,29	38,06	76,12	31,72	11,91	36,71	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
6	1	702,24	38,61	-	32,18	11,91	36,71	1 х ААШВ-10(3х70)	165	1	165	-	-	-
8, 9	1	934,49	51,38	-	42,82	11,91	36,71	1 х ААШВ-10(3х50)	140	1	140	-	-	-

Результати вибору ввідного вимикача наведені в табл. 8.4.

Таблиця 8.4. Вибір ввідного вимикача

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготр-ий струм,кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$414,94 \leq 630$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - аперіодична склад.: - повний струм:	$I_{n\tau} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{n\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл}(1 + \beta_n)$	$2,95 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 2,95 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $4,17 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$2,95 \leq 52$ $4,87 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$10,84 \leq 1200$

Мін. час від початку к. з. до моменту розходж. контактів:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{c.в} = 0,5 + 0,042 = 0,542 \text{ с}$$

Аперіод. складова:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 5,46 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0081}} = 0 \text{ кА}$$

Тепловий імп.:

$$B_k = I''^2 (t_{c.в.} + t_{pz.max} + T_a) = 5,46^2 (0,042 + 1,2 + 0,0081) = 37,2 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Обираємо вимикач ВР2-10-20/630. Аналогічним чином вибирається секційний вимикач та вимикач на КЛ.

Обираємо обмежувачі перенапруги ОПН-10/420/12-УХЛ1.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

8.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Схема підключення ТВП проказана на рис. 8.3.

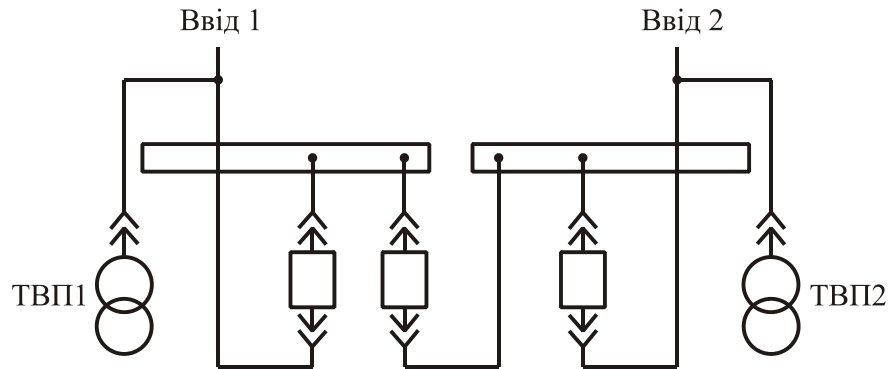


Рис. 8.3. Схема приєднання ТВП

Розрахунок навантаження ТВП зведено в табл. 8.5.

Таблиця 8.5. Розрахунок електричного навантаження ТВП

№ n/n	Споживачі	$P_{ном}$, кВт	n, шт.	$P_{сум}$, кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{уст}$, кВт	$Q_{уст}$, кВА
1.	Пристрої підігріву комірок КРП	0,6	20	12	0,97	0,25	12	3
2.	Опалення і освітлення приміщення оперативного персоналу	6	3	18	0,97	0,25	18	5
3.	Зовнішнє освітлення	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
4.	Споживання оперативними колами	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
Всього							66	18

Сумарне навант. ТВП:

$$S_{уст} = \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = \sqrt{66^2 + 18^2} = 68,41 \text{ кВА}$$

Розрах. потужність ТВП:

$$S_p = K_c S_{уст} = 0,8 \cdot 68,41 = 54,73 \text{ кВА}$$

Обираємо 2 ТВП ТМ-40/10.

Коеф. завантаження:

$$K_z = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{54,73}{2 \cdot 40} = 0,68$$

8.5 Вибір трансформаторів струму і напруги

В табл. 8.6 приведено результати вибору ТС на вводах 10 кВ.

Таблиця 8.6. Вибір ТС на вводах 10 кВ

Параметр ТС	Умова вимору	Розрахунок
Номінальна напруга	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготривалий номінальний струм	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$414,94 \leq 600$
Динамічна стійкість	$i_y \leq i_{дин.}$	$4,17 \leq 81$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$10,84 \leq 2976,75$
Вторинне навантаження	$Z_2 \leq Z_{ном}$	$0,2 \leq 0,4$

Розрах. вторинного навантаження ТС приведений в табл. 8.7.

Таблиця 8.7. Розрахунок вторинного навантаження ТС

Назва обладнання	Тип	Навантаження по фазах		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е 377	0,1	-	0,1
Лічильник	230ART2	0,1	0,1	0,1
Всього на вводі		0,2	0,1	0,2

Опір приладів, Ом:

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{0,2}{5^2} = 0,01$$

Необх. опір проводів, Ом:

$$R_{\text{пров}} = Z_{2\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{к}} = 0,4 - 0,01 - 0,1 = 0,29 \text{ Ом}$$

Переріз проводів вторинних кіл, мм²:

$$F = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{R_{\text{пров}}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{0,29} = 1,95$$

Обираємо АКРВГ-6 з опором, Ом:

$$R_{\text{пров.ст.}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{F_{\text{пр.ст}}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{6} = 0,09$$

Вторинне навантаження, Ом:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{провст}} + R_{\text{конт}} = 0,01 + 0,09 + 0,1 = 0,2$$

Результати розрахунку навант. ТН зведено в табл. 8.8.

Таблиця 8.8. Розрахунок навантаження ТН

Прилад	Тип	S, ВА	К-сть обм.	К-сть прил.	S _Σ , ВА
Вольтметр	Е 377	1,00	1	1	1,00
Ватметр	Д-335	1,50	1	1	1,50
Варметр	Д-304	2,00	1	1	2,00
Лічильник комерц.	230ART2	7,50	3	1	22,50
Лічильник техн. обл.	230AR	7,50	2	7	105,00
Всього					132,00

Обираємо НАМИ-10-66-У3: S_{ном} = 200 ВА, U_{ном} = 10 кВ, клас точност. – 0,5

.

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					55

РОЗДІЛ 9

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З

ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Задача спеціального розділу полягала у вивченні можливостей збереження електричної енергії на підприємстві. Особливий акцент приділявся економії електроенергії у системах освітлення.

9.1 Загальні питання розробки енергозберігаючих заходів

Вирішення проблеми скорочення споживання електричної енергії на пром. підприємстві включає розв'язання комплексу завдань у технічній, технологічній, організаційній та економічній сферах.

До завдань у технічній сфері електрозбереження входить розгляд питань щодо зменшення енергетичних втрат на етапах передачі та використання електроенергії. Зокрема, такі аспекти включають:

- використання технічних засобів компенсації реакт. потужності;
- зменшення рівня втрат потужності холостого ходу силових тр-рів за рахунок застосування більш сучасного обладнання;
- покращення конфігурації низьковольтних цехових мереж з метою оптимізації енергоефективності;
- покращення якості електроенергії;
- оновлення системи зовнішнього і внутрішнього освітлення шляхом впровадження сучасних світлодіодних освітлювальних пристроїв з метою покращення енергоефективності та забезпечення більш якісного освітлення. та ін.

Одними з ключових напрямків розв'язання технологічних задач щодо зменшення рівня електроспоживання є:

- поліпшення структури виробничого устаткування шляхом використання більш досконалого обладнання.

- заміна і модернізація фізично і морально застарілого технологічного обладнання;
- зниження механічних втрат в обладнанні;
- модернізація систем підготовки стиснутого повітря та ін.

Серед економічно орієнтованих заходів щодо зниження рівня електроспоживання основним завданням є впровадження та покращення підходів до економічного стимулювання зниження споживання електроенергії.

Найефективнішим організаційним заходом для зниження витрат електроенергії є установка та модернізація автоматизованих систем комерційного і технічного обліку електроенергії, та систем диспетчеризації. Крім того, ефективним організаційним заходом щодо електрозбереження є підвищення кваліфікації персоналу, що займається технічним обслуговуванням обладнання.

На рис. 9.1. показана структурна схема системи керування техпроцесом, що здійснюється на підприємстві.

9.2 Модернізація системи освітлення підприємства

Для зменшення споживання електроенергії ефективним підходом є модернізація системи освітлення на підприємстві (як внутрішнього, так і зовнішнього). У даному розділі досліджуються питання використання сучасних світлодіодних освітлювальних систем для різних приміщень підприємства, зокрема, адміністративно-побутового приміщення (заводське управління), виробничого приміщення (моторний цех), та для системи зовнішнього освітлення.

9.2.1. Заходи з модернізації системи освітлення моторного цеху. У моторному цеху використовується система освітлення, в якій застосовуються світильники РСП, оснащені лампами ДРЛ-250. Розміри приміщення цеху: довжина – 160,0 м; ширина 60,0 м; висота – 10,0 м; висота робочої поверхні – 0,80 м.

						Арк.
						57
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

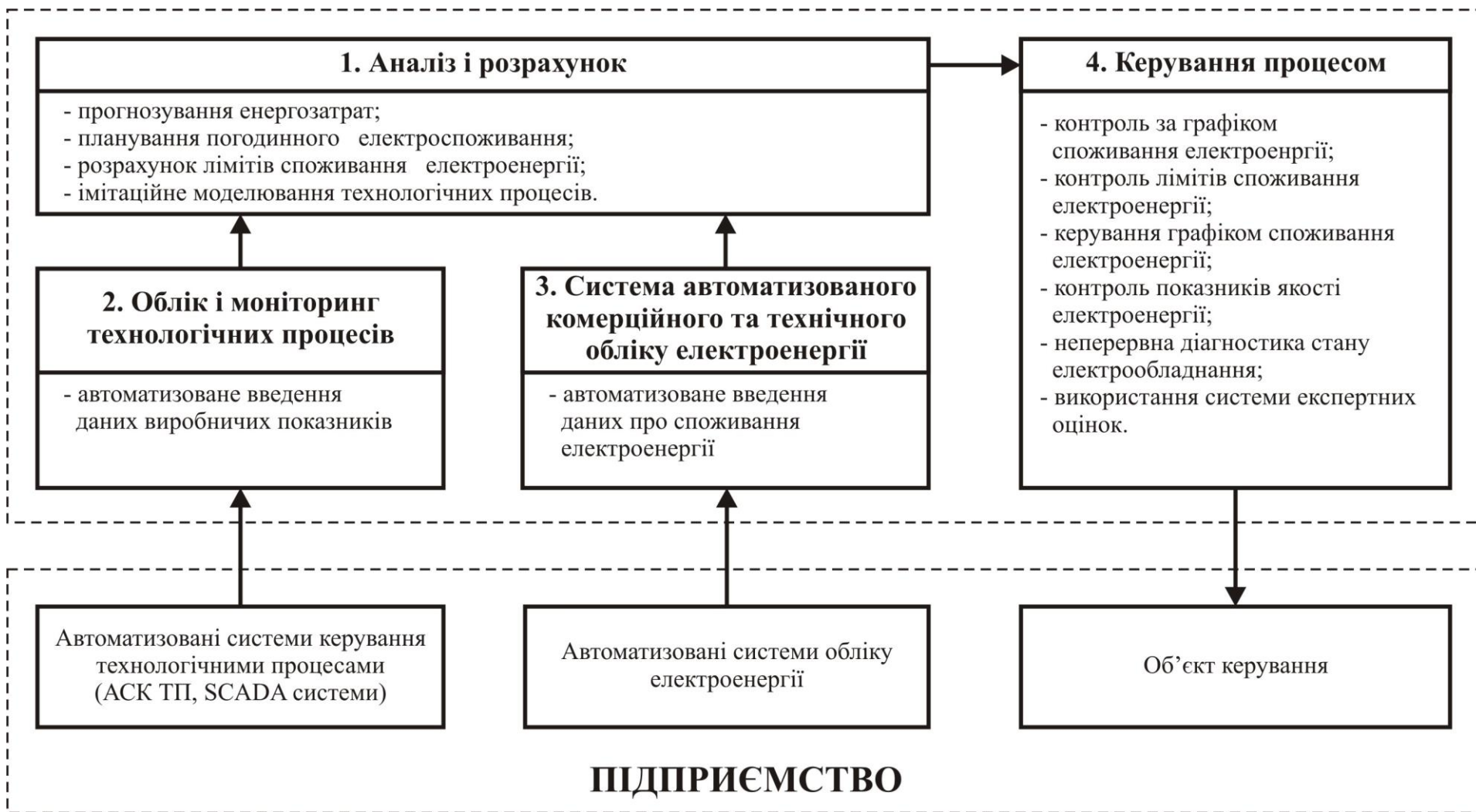


Рис. 9.1. Схема електрозберігаючої системи керування техпроцесом підприємства

Для розрахунку рівня освітленості в моторному цеху використовувалась програма DIALux. Для даного приміщення була створена тривимірна модель системи освітлення з урахуванням схеми розташування світильників. (рис. 9.2).

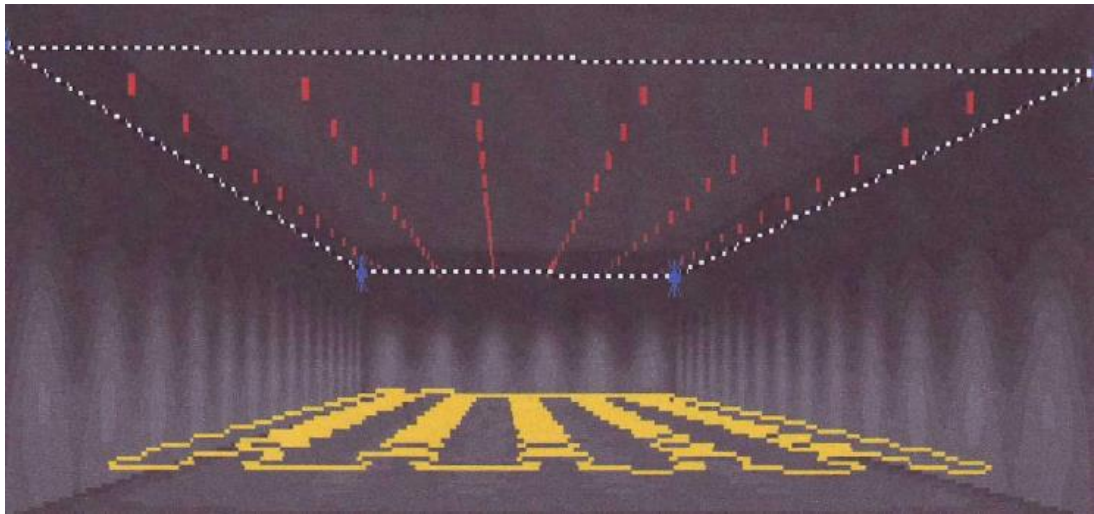


Рис. 7.2. Тривимірна модель приміщення моторного цеху з урахуванням розміщення світильників (до проведення модернізації)

Після проведення розрахунку рівня освітленості були отримані наступні результати.:

- середнє значення освітленості $E = 152,0$ лк;
- відношення мін. рівня освітленості до середнього значення $E_{\min} / E_{\text{сеп}} = 0,360$;
- відношення мін. рівня освітленості до макс. рівня $E_{\min} / E_{\max} = 0,310$.

На рисунку 9.3 показано розподіл освітленості в моторному цеху перед проведенням модернізації існуючої системи освітлення.

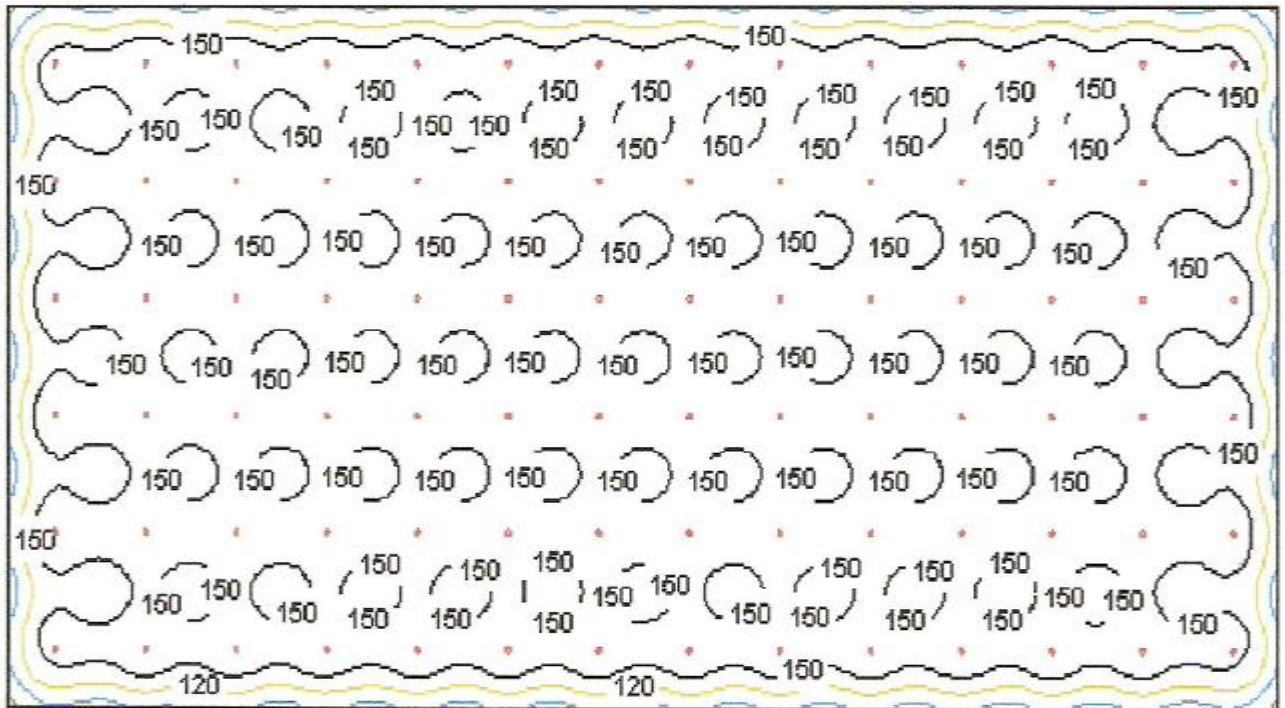


Рис. 9.3. Розподіл рівня освітленості в моторному цеху (до проведення модернізації)

Модернізація системи освітлення полягала у встановленні замість світильників РСП-250 більш сучасних світильників СЕС 8-180 (світлодіодних), що виробляються на ПАТ «НВП «Радій». Характеристики вказаних світильників зведено в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Технические характеристики СЕС 8-180

№	Параметр	Знач. парам.
1.	Номинальная мощность, Вт	194,0
2.	Номинальный световой поток, лм	25140,0...27930,0
3.	Температура эксплуатации, °С	-40,0...+50,0
4.	Номинальная напряжение питания, В	110,0...264,0
5.	Номинальный коэффициент мощности	0,90
6.	Номинальные значения пульсации светового потока	менше 1 %

Після заміни системи освітлення, рівень освітленості досяг встановлених нормативних значень, і водночас потужність системи освітлення значно знизилась.

Схема розташування світлодіодних світильників після проведення модернізації показана на рис. 9.4.

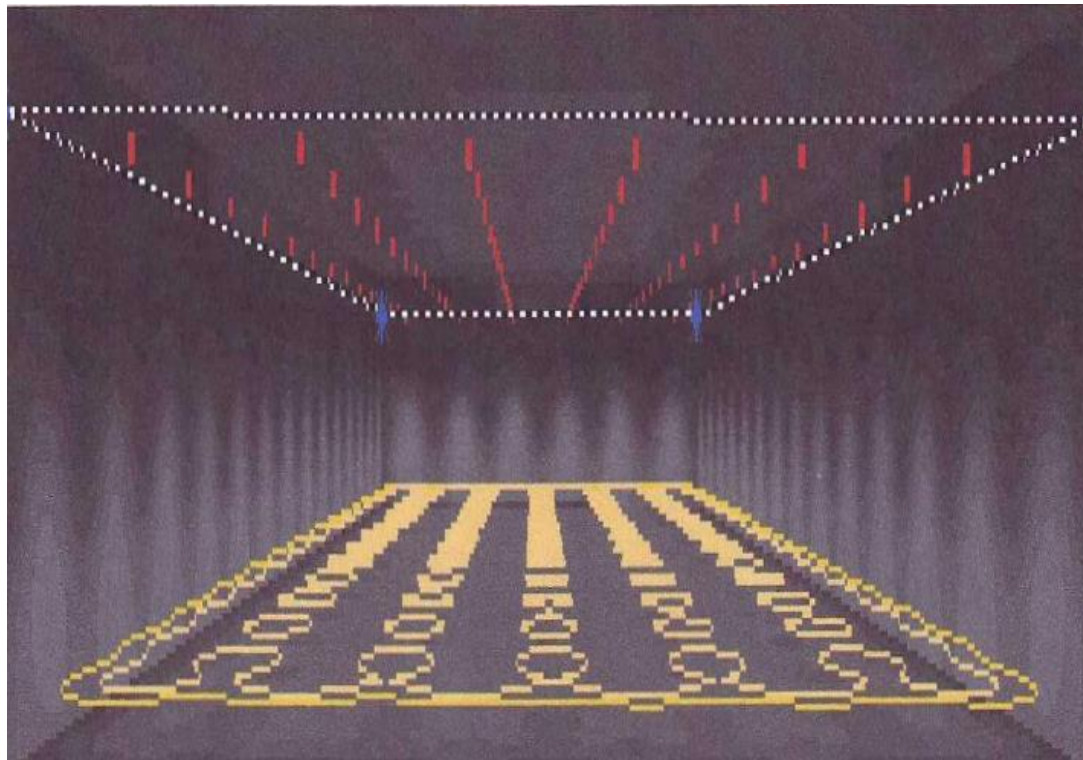


Рис. 9.4. Тривимірна модель приміщення моторного цеху зі схемою розміщення світлодіодних світильників (після проведення модернізації)

В результаті розрахунку були отримані наступні результати:

- середній рівень освітленості – $E = 206,0$ лк;
- $E_{\min} / E_{\text{сеп}} = 0,360$;
- $E_{\min} / E_{\max} = 0,310$.

На рис. 9.5 наведено схему розподілу рівня освітленості моторного цеху після здійснення модернізації існуючої системи освітлення цеху.

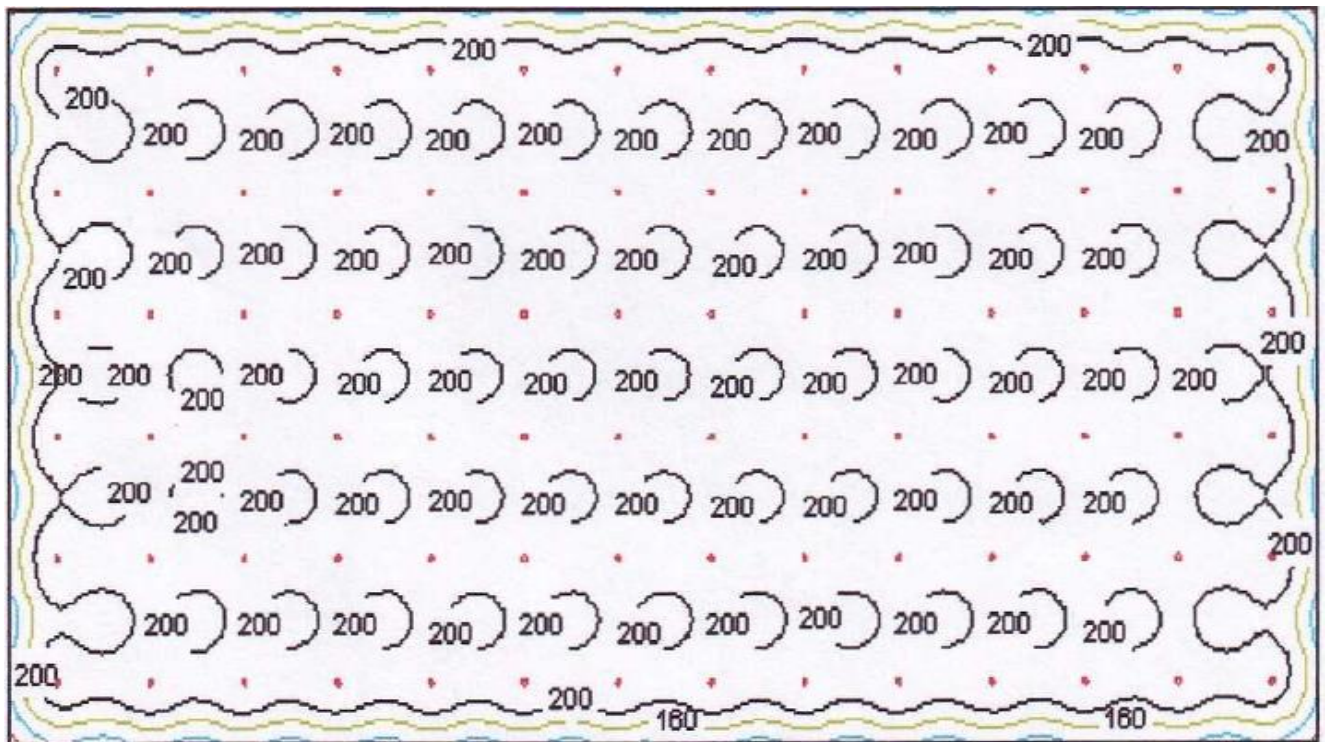


Рис. 9.5. Схема розподілу освітленості моторного цеху (після проведення модернізації)

Значення техніко-економічних показників для двох варіантів систем освітлення моторного цеху до проведення модернізації та після проведення модернізації зведені в табл. 9.2.

Таблица 9.2. Значення техніко-економічних показників варіантів системи освітлення моторного цеху

№	Назва параметру	ДРЛ-250	СЭС 8-180
1	Капітальні вкладення, тис. грн.	-	223,0
2	Акт. потужність, P , кВт	20,4	6,1
3	Спожита електрична енергія, W , кВт·год.	40636,8	12111,4
4	Економія електричної енергії, ΔW , кВт·год/рік	28525,4	
5	Плата за електричну енергію, Π , тис. грн./рік	129,4	38,6
4	Економія коштів, E , тис. грн./рік	90,9	
5	Термін окупн., $T_{ок}$, років	2,5	

Як видно з результатів розрахунків (табл. 9.2) річна економія електроенергії після проведення модернізації існуючої системи освітлення склала 28525,4 кВт·год, а значення річної економії коштів за рахунок зниження споживання електричної енергії системою освітлення цеху складає 90,9 тис. грн. Величина терміну окупності модернізованої системи освітлення склала 2,5 роки, що є прийнятним значенням та свідчить про доцільність реалізації цього заходу електрозбереження.

9.2.2. Модернізація системи освітлення заводського управління.

Система освітлення заводоуправління виконана світильниками з люмінесцентними лампами номінальною 300 Вт. Геометричні розміри приміщення заводського управління: довжина – 26,0 м; ширина – 6,0 м; висота – 3,0 м; висота робочої поверхні – 0,80 м.

Для розрахунку рівня освітленості в приміщенні заводоуправління використовувалась програма DIALux. Для даного приміщення була створена тривимірна модель системи освітлення з урахуванням схеми розташування світильників. (рис. 9.6).



Рис. 9.6. Тривимірна модель приміщення заводоуправління з урахуванням розміщення світильників (до проведення модернізації)

Після проведення розрахунку рівня освітленості були отримані наступні результати:

- $E_{\text{сер}} = 214,0$ лк;
- $E_{\text{min}} / E_{\text{сер}} = 0,460$;
- $E_{\text{min}} / E_{\text{max}} = 0,360$.

На рисунку 9.7 показано розподіл освітленості в моторному цеху перед проведенням модернізації існуючої системи освітлення.

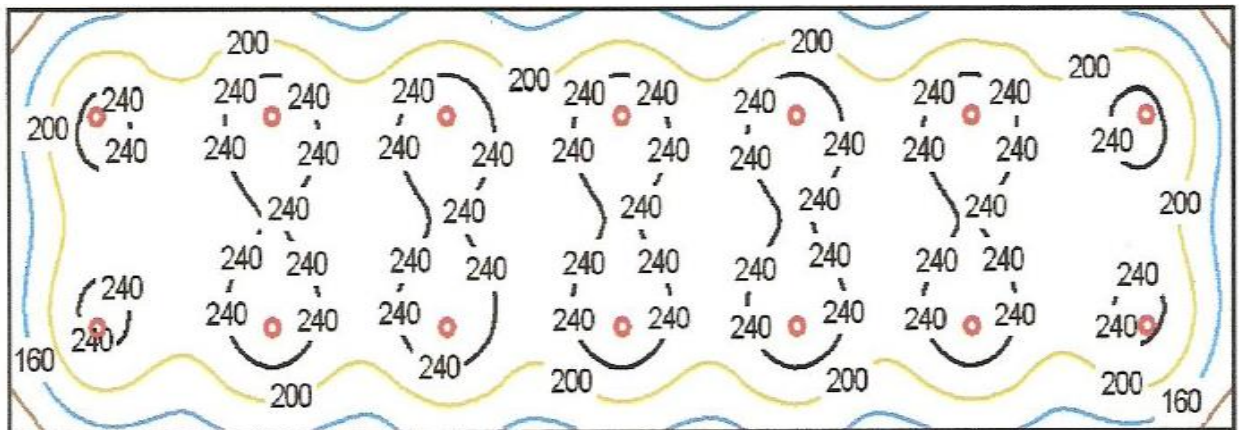


Рис. 9.7. Розподіл рівня освітленості в приміщенні заводського управління
(до проведення модернізації)

Модернізація системи освітлення полягала у встановленні замість люмінесцентних світильників більш сучасних світильників УСП-45 (світлодіодних), що виробляються на ПАТ «НВП «Радій». Характеристики вказаних світильників зведено в табл. 9.3.

Таблиця 9.3. Характеристики УСП-45

№	Параметр	Знач. парам.
1.	Номінальна потужність, Вт	45,0
2.	Номінальний світловий потік, лм	7200,0
4.	Номінальна напруга живлення, В	110,0...300,0
5.	Номінальний коефіцієнт потужності	0,970
6.	Номінальна пульсація світлового потоку	менше 1%

Після заміни системи освітлення, рівень освітленості досяг встановлених нормативних значень, і водночас потужність системи освітлення значно знизилась.

Схема розташування світлодіодних світильників після проведення модернізації показана на рис. 9.8.



Рис. 9.8. Тривимірна модель приміщення заводоуправління зі схемою розміщення світлодіодних світильників (після проведення модернізації)

В результаті розрахунку були отримані наступні результати:

- $E_{\text{сер}} = 441,0$ лк;
- $E_{\text{min}} / E_{\text{avr}} = 0,520$;
- $E_{\text{min}} / E_{\text{max}} = 0,410$.

На рис. 9.9 наведено схему розподілу рівня освітленості заводоуправління після здійснення модернізації існуючої системи освітлення цеху.

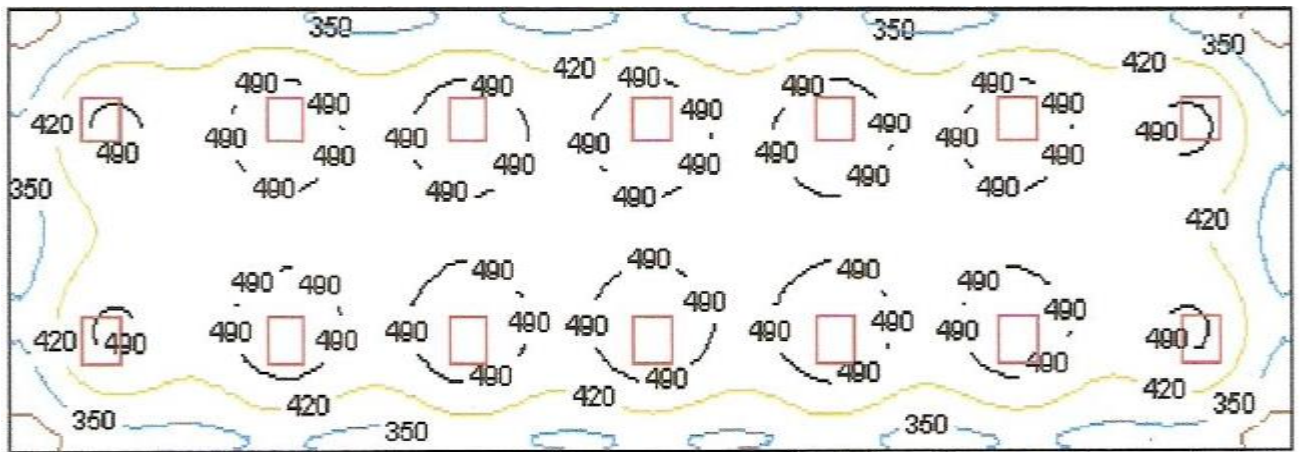


Рис. 9.9. Схема розподілу освітленості заводу управління (після проведення модернізації)

Значення техніко-економічних показників для двох варіантів систем освітлення моторного цеху до проведення модернізації та після проведення модернізації зведені в табл. 9.4.

Таблиця 9.4. Значення техніко-економічних показників варіантів системи освітлення заводу управління

№	Параметр	НСП-300	УСП-45
1	Капітальні вкладення, тис. грн.	-	1023,0
2	Акт. потужність, P , кВт	110,2	36,7
3	Спожита електрична енергія, W , кВт·год.	219518,40	73172,8
4	Економія електричної енергії, ΔW , кВт·год/рік	146345,6	
5	Плата за електричну енергію, Π , тис. грн./рік	699,2	233,1
4	Економія коштів, E , тис. грн./рік	466,1	
5	Термін окупн., $T_{ок}$, років	2,2	

Як видно з результатів розрахунків (табл. 9.4) річна економія електроенергії після проведення модернізації існуючої системи освітлення склала 146345,60 кВт·год, а значення річної економії коштів за рахунок зниження споживання електричної енергії системою освітлення заводу управління складає

466,11 тис. грн тис. грн. Величина терміну окупності модернізованої системи освітлення склала 2,2 роки, що є прийнятним значенням та свідчить про доцільність реалізації цього заходу електрозбереження.

9.2.3. Модернізація зовнішнього освітлення. Система зовнішнього освітлення виконана із використання світильників РКУ, оснащених лампами ДРЛ-250. Сумарна потужність світильників складає 12,60 кВт. Характеристики вказаних світильників зведено в табл. 9.5.

Таблиця 9.5. Технічні характеристики зовнішнього освітлення до здійснення заходів з модернізації

№	Параметр	Знач. парам.
1.	Марка світильника	РКУ
2.	Марка лампи	ДРЛ-250
3.	Номінальна потужність світильника, кВт	0,250
4.	К-сть світильників	50 шт.
5.	Значення висоти підвісу, м	10,0
6.	Величина кут встановлення світильника, град	30,0

Загальний вигляд світильника РКУ показано на рис. 9.10.



Рис. 9.10. Зовнішній вигляд світильника типу РКУ

Для заміни світильників марки РКУ в процесі модернізації зовнішнього освітлення було обрано сучасний світлодіодний світильник типу СЕС 2-35Л1, що виробляється ПАТ «НВП «Радій». Загальний вигляд цього світильника показано на рис. 9.11.



Рис. 9.11. Загальний вигляд СЕС 2-35Л1

Характеристики вказаних світильників зведено в табл. 9.6.

Таблиця 9.6. Технічні характеристики СЕС 2-35Л1

№	Параметр	Значення
1	Капітальні вкладення, тис. грн.	35,0
2	Акт. потужність, P , кВт	5075,0
5	Спожита електрична енергія, W , кВт·год.	від -40,0 до +50,0
7	Економія електричної енергії, ΔW , кВт·год/рік	66
8	Плата за електричну енергію, Π , тис. грн./рік	90,0...305,0
10	Економія коштів, E , тис. грн./рік	більше 0,97
11	Термін окупн., $T_{ок}$, років	менше 1 %

Значення техніко-економічних показників для двох варіантів систем зовнішнього освітлення до проведення модернізації та після проведення модернізації зведені в табл. 9.7.

Таблиця 9.7. Значення техніко-економічних показників варіантів системи зовнішнього освітлення підприємства

№	Параметр	НСП-300	УСП-45
1	Капітальні вкладення, тис. грн.	-	120,0
2	Активна потужність, P , кВт	12,6	1,8
3	Спожита електрична енергія, W , кВт·год.	25099,2	3486,0
4	Економія електричної енергії, ΔW , кВт·год/рік	21613,2	
5	Плата за електричну енергію, Π , тис. грн./рік	79,9	11,1
4	Економія коштів, E , тис. грн./рік	68,8	
5	Термін окупності, $T_{ок}$, років	1,7	

Як видно з результатів розрахунків (табл. 9.7) економія електроенергії після проведення модернізації існуючої системи освітлення склала 21613,2 кВт·год, а значення річної економії коштів за рахунок зниження споживання електричної енергії системою освітлення складає 68,8 тис. грн. Величина терміну окупності модернізованої системи освітлення склала 1,7 роки, що є прийнятним значенням та свідчить про доцільність реалізації цього заходу електрозбереження.

Отже, провівши аналіз результатів розрахунків можливо дійти висновку, що модернізація системи освітлення за рахунок заміни застарілих джерел світла на більш сучасні світлодіодні є ефективним енергозберігаючим заходом, а його реалізація дає змогу досягти суттєвого зменшення витрат підприємства.

ВИСНОВКИ

В випускній роботі вирішувалось завдання розробки системи енергопостачання підприємства сільськогосподарського машинобудування.

Для розрахунку силових ел. навантажень було застосовано метод коефіцієнта розрахункової потужності. З метою визначення освітлювальних ел. навантажень було використано метод питомої потужності.

В роботі було здійснено визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію і ГВП цехів. В результаті розрахунку було проведено вибір джерела теплопостачання і здійснено гідравлічний розрахунок.

Після аналізу розрахунку балансу реакт. потужності було встановлено необхідну кількість та потужність компенсуючих пристроїв з використанням напруг 10 кВ та 0,4 кВ.

Після розрахунку струмів к.з. було встановлено необхідне високовольтне обладнання для внутрішньозаводської мережі, включаючи вимикачі та кабельні лінії з напругою 10 кВ. Було розглянуто питання вибору ТС та ТН 10 кВ.

В цілому, розроблена система енергопостачання відповідає вимогам, які застосовуються до аналогічних систем.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград:КДТУ, 2004. – 133.с.
3. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
4. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
5. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
6. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
7. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.
8. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2006. –153 с.

									Арк.
									71
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					