

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

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ**

**ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

### **«Розробка системи електропостачання машинобудівного заводу підйомно- транспортного обладнання»**

Виконав здобувач вищої освіти  
IV курсу, групи ЕЕ–21,  
ОПП «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

Богдан ОДНОКОЛ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

Анатолій ОРЛОВИЧ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 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

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

Однокола Богдана Володимировича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання машинобудівного заводу підйомно-транспортного обладнання

Development of a power supply system for a machine-building plant for lifting and conveying equipment

2. Керівник роботи Орлович Анатолій Юхимович, канд. техн. наук, професор

(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. Метою роботи є розробка системи електропостачання машинобудівного заводу підйомно-транспортного обладнання. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних навантажень. 2. Провести розрахунок картограми електричних навантажень. 3. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 4. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 5. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 6. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 7. 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>03.02-19.02</i>	
2	<i>Картограма електричних навантажень</i>	<i>20.02-28.02</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>	<i>01.03-12.03</i>	
4	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>13.03-01.04</i>	
5	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	<i>2.04-12.04</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>13.05-01.05</i>	
7	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>02.05-20.05</i>	
8	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>21.05-26.05</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>27.05-02.06</i>	

Дата видачі завдання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис керівника \_\_\_\_\_

Анатолій ОРЛОВИЧ

Завдання прийнято до виконання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Богдан ОДНОКОЛ

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 71 с.; 21 рис.; 21 табл.; 5 джерел

### **Однокол Б. В. Розробка системи електропостачання машинобудівного заводу підйомно-транспортного обладнання. – Рукопис.**

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2025 рік.

Дана робота присвячена створенню комплексної системи електропостачання для промислового підприємства, що спеціалізується на виробництві підйомно-транспортних механізмів. Основна мета полягала у формуванні ефективної енергетичної інфраструктури, здатної забезпечити стабільне функціонування всіх виробничих процесів.

У процесі проектування були виконані детальні обчислення електричних навантажень підприємства, що включали аналіз споживання потужності різними типами обладнання.

Аналіз режимів реактивної потужності виявив необхідність встановлення компенсуючих пристроїв. Дослідження режимів короткого замикання мережі стало основою для вибору комутаційної апаратури та засобів релейного захисту. Розрахунки струмів к.з. виконувались для всіх можливих точок пошкодження, включаючи шини розподільних пристроїв, кабельні лінії та трансформаторні підстанції.

Розроблена система електропостачання забезпечує надійне енергозабезпечення всіх технологічних процесів машинобудівного заводу, сприяє підвищенню продуктивності виробництва та зниженню експлуатаційних витрат.

**Ключові слова:** розрахункові навантаження, електрична мережа, графіки навантажень

## ABSTRACT

Qualification work: 71 p.; 21 Fig.; 21 tables; 5 sources

### **Odnokol B. Development of a power supply system for a machine-building plant for lifting and conveying equipment. – 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, 2025.

This work is devoted to the creation of a comprehensive power supply system for an industrial enterprise specializing in the production of lifting and transport mechanisms. The main goal was to form an effective energy infrastructure capable of ensuring the stable functioning of all production processes.

During the design process, detailed calculations of the electrical loads of the enterprise were performed, which included an analysis of power consumption by various types of equipment.

Analysis of reactive power modes revealed the need to install compensating devices. The study of network short-circuit modes became the basis for the selection of switching equipment and relay protection devices. Calculations of short-circuit currents were performed for all possible points of damage, including busbars of switchgear, cable lines and transformer substations.

The developed power supply system provides reliable power supply for all technological processes of the machine-building plant, contributes to increasing production productivity and reducing operating costs.

**Keywords:** design loads, electrical network, load graphs

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ</b> .....	8
1.1 Силові електричні навантаження до 1 кВ .....	8
1.2 Освітлювальні електричні навантаження.....	9
1.3 Силові електричні навантаження вище 1 кВ .....	10
1.4 Графіки електричних навантажень заводу .....	14
<b>РОЗДІЛ 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ</b> .....	19
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ</b> .....	21
3.1 Схема зовнішнього електропостачання.....	21
3.2 Схема внутрішнього електропостачання .....	24
<b>РОЗДІЛ 4. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ</b> .....	26
4.1 Баланс реактивної потужності.....	26
4.2 Вибір кількості, потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв.....	27
<b>РОЗДІЛ 5. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА</b> .....	30
<b>РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ</b> .....	31
6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень .....	31
6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ .....	39
6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги.....	41
6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб .....	42
<b>РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ НАСОСНОЇ</b> .....	44
7.1 Обрання способу світлотехнічних обчислень для освітлення насосної станції.....	44
7.2 Визначення кількості освітлювальних приладів у системі загального освітлення насосної станції .....	49
7.3 Комп'ютерне моделювання і світлотехнічні розрахунки освітлювальних систем насосної станції .....	57
7.4 Проектування та розрахунок електричної освітлювальної мережі приміщення насосної станції.....	64
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	70
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	71

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ</b>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Однокол Б.В.</i>			Розробка системи електропостачання машинобудівного заводу підйомно-транспортного обладнання Development of a power supply system for a machine-building plant for lifting and conveying equipment			6	71	<b>ЦНТУ</b> <i>зр. ЕЕ-21</i>
<i>Перев.</i>		<i>Орлович А.Ю.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Орлович А.Ю.</i>								
<i>Затвер.</i>		<i>Плешков П.Г.</i>								









Таблиця 1.3. Силові навантаження вище 1 кВ

Назва	N спож шт		P одн.сп. кВт		P сум, кВт	m	K <sub>v</sub>	cosφ	tgφ	Сер. зм. нав.		n еф	K <sub>p</sub>	Розрах навантаж.		
	мін, кВт	мак, кВт	P <sub>зм</sub> , кВт	Q <sub>зм</sub> , квар						P <sub>розр</sub> , кВт	Q <sub>розр</sub> , квар			S <sub>розр</sub> , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ТП1,2																
Механічний цех																
силове:	150	1,5	250	6800	166,7	0,30	0,75	0,88	2040	1799,11	54	1,23	2517,86	1799,11	3094,58	
освітлювальне:									25,66				24,38	4,95		
Всього:									2065,66	1799,11			2542,24	1804,06	3117,31	
Ливарний цех																
силове:	100	2	20	2650	10,0	0,65	0,90	0,48	1722,5	834,24	100	1,07	1835,43	834,24	2016,12	
освітлювальне:									47,62				45,24	9,18		
Всього:									1770,12	834,24			1880,67	843,42	2061,13	
Склад металу																
силове:	20	1,5	20	80	13,3	0,30	0,70	1,02	24	24,48	8	1,71	41,12	26,93	49,15	
освітлювальне:									14,88				14,14	2,87		
Всього:									38,88	24,48			55,26	29,8	62,78	
Всього по ТП1,2:																
силове:	270	1,5	250	9530	166,7	0,40	0,82	0,7	3786,5	2657,83	76	1,15	4359,8	2657,83	5106,07	
освітлювальне:									88,16				83,76	17		
БК 0,4 кВ										-2944				-2944		
Всього 0,4 кВ ТП1, 2:									3874,66	-286,17			4443,56	-269,17	4451,71	
Врали в ТП:													45,13	253,51		
Нтр: 4																
Стр, кВА: 1600																
Kз = 0,7																
Всього 10 кВ ТП1,2:													4488,69	-15,66	4488,72	
ТП3																
Заводуправління																
силове:	20	2	30	300	15,0	0,70	0,85	0,62	210	130,15	20	1,13	238,03	130,15	271,29	
освітлювальне:									16,19				15,38	3,12		
Всього:									226,19	130,15			253,41	133,27	286,32	
Механоскладальний цех																

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
силове:	250	0,5	150	5600	300,0	0,30	0,70	1,02	1680	1713,94	75	1,19	2007,53	1713,94	2639,65
освітлювальне:									40,8				38,76	7,87	
Всього:									1720,8	1713,94			2046,29	1721,81	2674,31
Всього по ТПЗ:															
силове:	270	0,5	150	5900	300,0	0,32	0,72	0,98	1890	1844,09	79	1,18	2229,36	1844,09	2893,22
освітлювальне:									56,99	-1976			54,14	10,99	
БК 0,4 кВ														-1976	
Всього 0,4 кВ ТПЗ:									1946,99	-131,91			2283,5	-120,92	2286,7
Врати в ТП:													23,45	131,47	
Нпр: 2															
Стр, кВА: 1600															
Кз = 0,71															
Всього 10 кВ ТПЗ:													2306,95	10,55	2306,98
ТП4,5,6															
Термічний цех															
силове:	120	5	350	7200	70,0	0,75	0,90	0,48	5400	2615,34	41	1,07	5765,4	2615,34	6330,86
освітлювальне:									20,04				19,04	3,87	
Всього:									5420,04	2615,34			5784,44	2619,21	6349,8
Склад готової продукції															
силове:	15	2,2	40	160	18,2	0,60	0,90	0,48	96	46,49	8	1,33	127,75	51,14	137,61
освітлювальне:									16,2				15,39	3,12	
Всього:									112,2	46,49			143,14	54,26	153,08
Насосна															
силове:	10	40	100	700	2,5	0,60	0,70	1,02	420	428,49	10	1,29	540,98	471,34	717,51
освітлювальне:									9,07				5,44	1,1	
Всього:									429,07	428,49			546,42	472,44	722,34
Компресорна															
силове:	10	2	15	85	7,5	0,65	0,80	0,75	55,25	41,44	10	1,25	68,79	45,58	82,52
освітлювальне:									5,38				3,23	0,66	
Всього:									60,63	41,44			72,02	46,24	85,59
Автогараж															

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
силове:	6	2	11	26	5,5	0,45	0,75	0,88	11,7	10,32	5	1,67	19,51	11,35	22,57
освітлювальне:									26,62				25,29	5,13	
Всього:									38,32	10,32			44,8	16,48	47,74
Територія заводу															
освітлювальне:									8,23				8,23	1,67	
Всього:									8,23	0			8,23	1,67	8,4
Всього по ТП4,5,6:															
силове:	161	2	350	8171	175,0	0,73	0,89	0,53	5982,95	3142,08	47	1,07	6400,97	3142,08	7130,57
освітлювальне:									85,54				76,62	15,55	
БК 0,4 кВ										-2010				-2010	
Всього 0,4 кВ ТП4,5,6:									6068,49	1132,08			6477,59	1147,63	6578,47
Втрати в ТП:													66,29	372,74	
Нпр: 6															
Стр. кВА: 1600															
Kз = 0,69															
Всього 10 кВ ТП4,5,6:													6543,88	1520,37	6718,17
Всього по об'єкту															
силове:	701	0,5	350	23601	700,0	0,49	1,00	0,06	11659,45	714	135	1,09	12671,85	714	12691,95
освітлювальне:									230,69				214,52	43,54	
Всього:									11890,14	714			12886,37	757,54	12908,62
Потужність КП 0,4 кВ:										-6930				-6930	
Втрати в трансформаторах:													134,87	757,72	
Всього по об'єкту:													13021,24	1515,26	13109,11
Високовольтне навантаження															
АД1,2	2	750	750	1500		0,75	0,85	0,62	1125	697,21			1125	697,21	1323,53
Всього високовольтного навантаження:													1125	697,21	1323,53
Всього по об'єкту 10 кВ:													14146,24	2212,47	14318,21
КП 10 кВ:														-200	
Всього 10 кВ з КП:													14146,24	2012,47	14288,67
tgφ = 0,142															

## 1.4 Графіки електричних навантажень заводу

Результати розрахунків графіків ел. навантажень наведено нижче.

Таблиця 1.4. Дані для розрахунку параметрів графіків

№	Роб. дні		Вих.дні	
	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %
1	55	37	43	65
2	31	34	43	65
3	39	41	43	65
4	38	39	43	65
5	56	60	43	65
6	60	47	43	65
7	93	65	43	65
8	84	72	43	65
9	100	100	23	52
10	100	100	23	52
11	89	72	23	52
12	75	62	23	52
13	97	72	23	52
14	98	76	23	52
15	100	83	23	52
16	95	63	23	52
17	90	74	23	52
18	82	64	43	65
19	53	37	43	65
20	62	59	43	65
21	40	51	43	65
22	44	39	43	65
23	54	42	43	65
24	54	47	43	65

Таблиця 1.5. Результати розрахунків доб. графіків

№	Зим.дні						Літн. дні					
	Роб. дні			Вих.і дні			Роб. дні			Вих.і дні		
	$P_{дп}$ кВт	$Q_{дп}$ квар	$S_{дп}$ кВА	$P_{дп}$ кВт	$Q_{дп}$ квар	$S_{дп}$ кВА	$P_{дп}$ кВт	$Q_{дп}$ квар	$S_{дп}$ кВА	$P_{дп}$ кВт	$Q_{дп}$ квар	$S_{дп}$ кВА
1	7780	785	7820	6082	1379	6236	6613	667	6647	5170	1172	5301
2	4385	721	4444	6082	1379	6236	3727	613	3777	5170	1172	5301
3	5517	870	5585	6082	1379	6236	4689	740	4747	5170	1172	5301
4	5375	828	5438	6082	1379	6236	4569	703	4623	5170	1172	5301
5	7921	1273	8023	6082	1379	6236	6733	1082	6819	5170	1172	5301
6	8487	997	8545	6082	1379	6236	7214	848	7264	5170	1172	5301
7	13155	1379	13227	6082	1379	6236	11182	1172	11243	5170	1172	5301
8	11882	1528	11980	6082	1379	6236	10100	1299	10183	5170	1172	5301
9	14145	2122	14303	3253	1103	3435	12023	1804	12158	2765	938	2920
10	14145	2122	14303	3253	1103	3435	12023	1804	12158	2765	938	2920
11	12589	1528	12681	3253	1103	3435	10701	1299	10780	2765	938	2920
12	10609	1316	10690	3253	1103	3435	9017	1118	9086	2765	938	2920
13	13721	1528	13806	3253	1103	3435	11663	1299	11735	2765	938	2920
14	13862	1613	13956	3253	1103	3435	11783	1371	11862	2765	938	2920
15	14145	1761	14254	3253	1103	3435	12023	1497	12116	2765	938	2920
16	13438	1337	13504	3253	1103	3435	11422	1136	11478	2765	938	2920
17	12730	1570	12826	3253	1103	3435	10821	1335	10903	2765	938	2920
18	11599	1358	11678	6082	1379	6236	9859	1154	9926	5170	1172	5301
19	7497	785	7538	6082	1379	6236	6372	667	6407	5170	1172	5301
20	8770	1252	8859	6082	1379	6236	7454	1064	7530	5170	1172	5301
21	5658	1082	5761	6082	1379	6236	4809	920	4896	5170	1172	5301
22	6224	828	6279	6082	1379	6236	5290	703	5337	5170	1172	5301
23	7638	891	7690	6082	1379	6236	6493	758	6537	5170	1172	5301
24	7638	997	7703	6082	1379	6236	6493	848	6548	5170	1172	5301

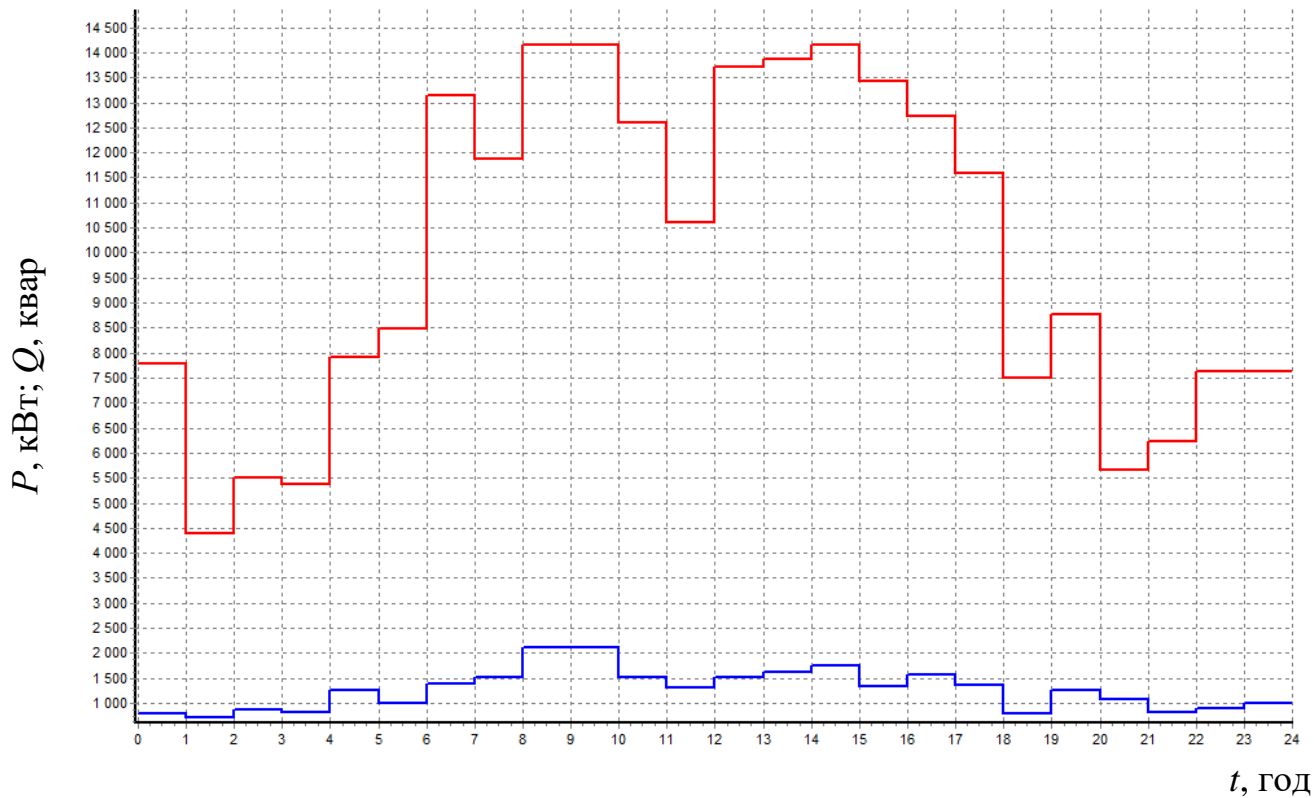


Рис. 1.1. Добові графіки (з. р.)

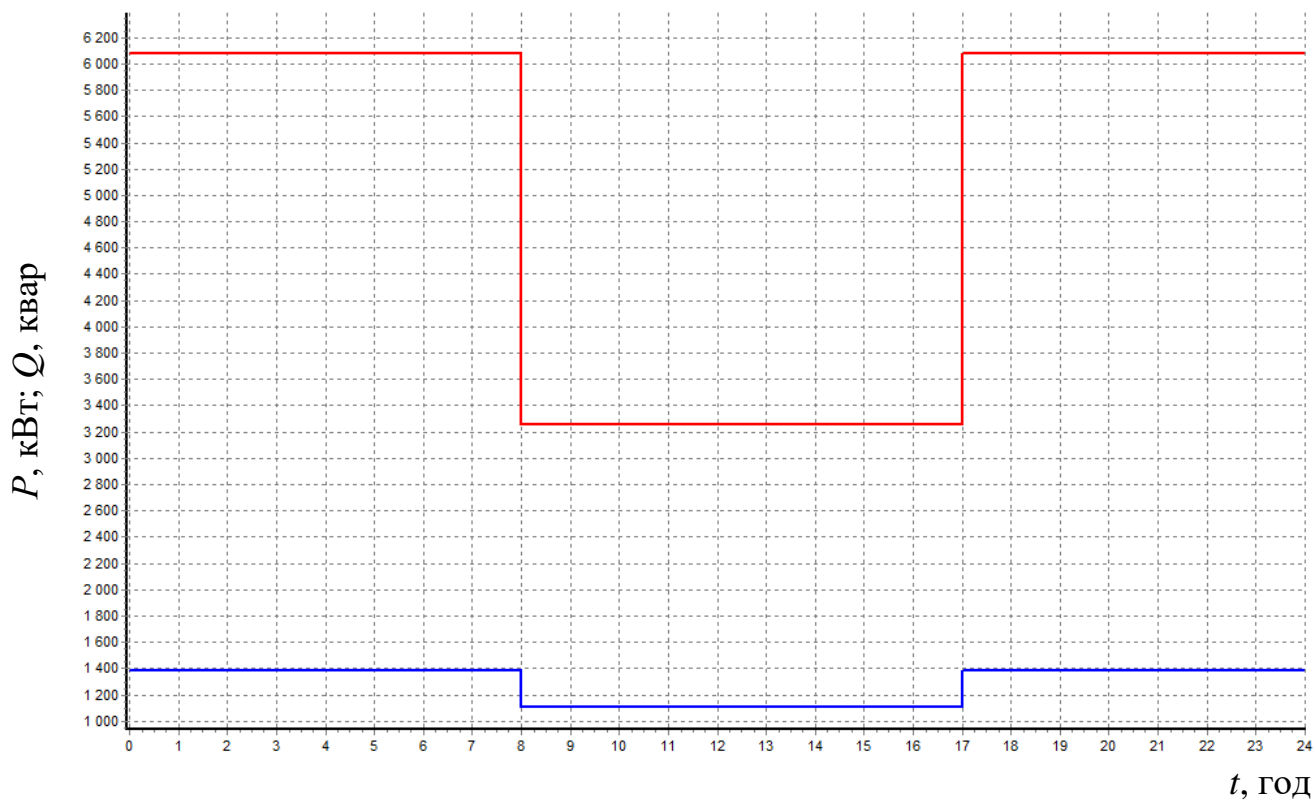


Рис. 1.2. Добові графіки активн. (з.в.)

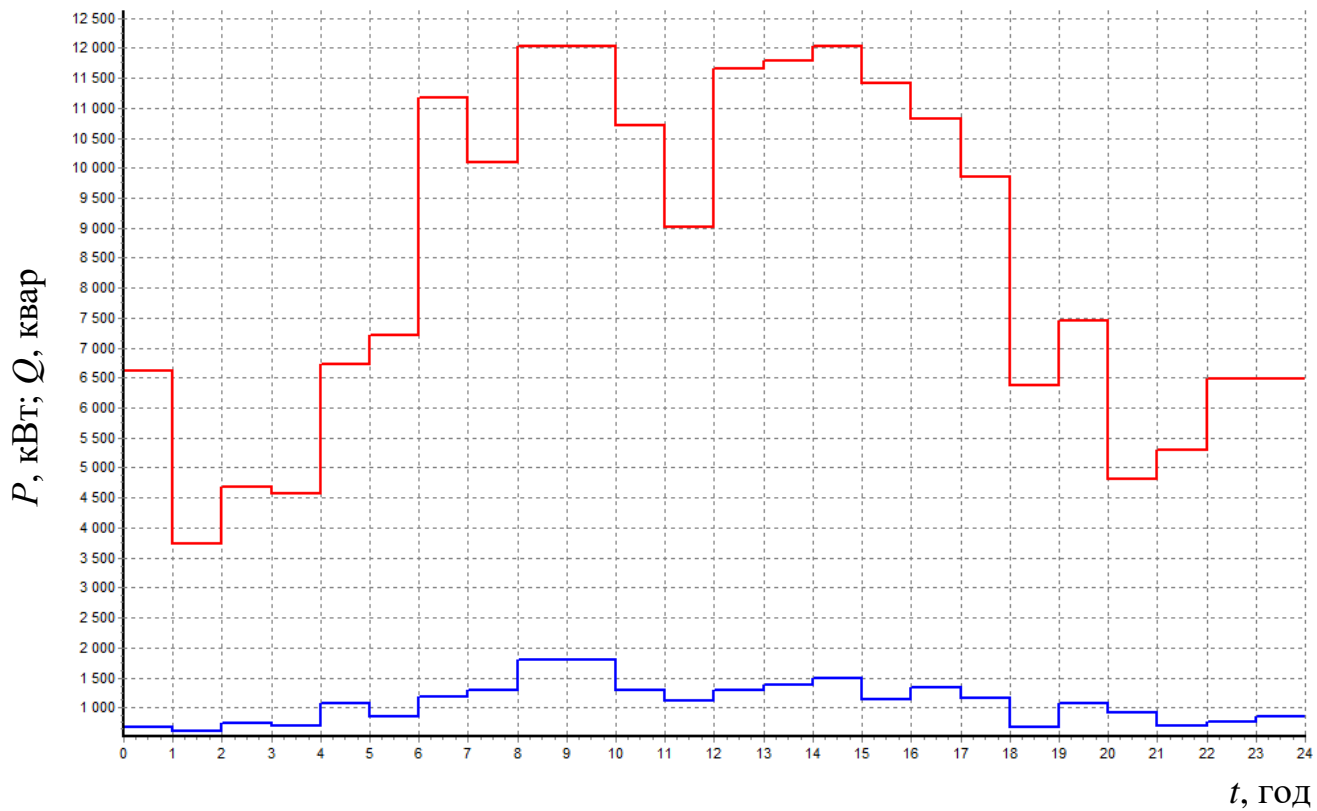



Рис. 1.3. Добові графіки (л.р.)

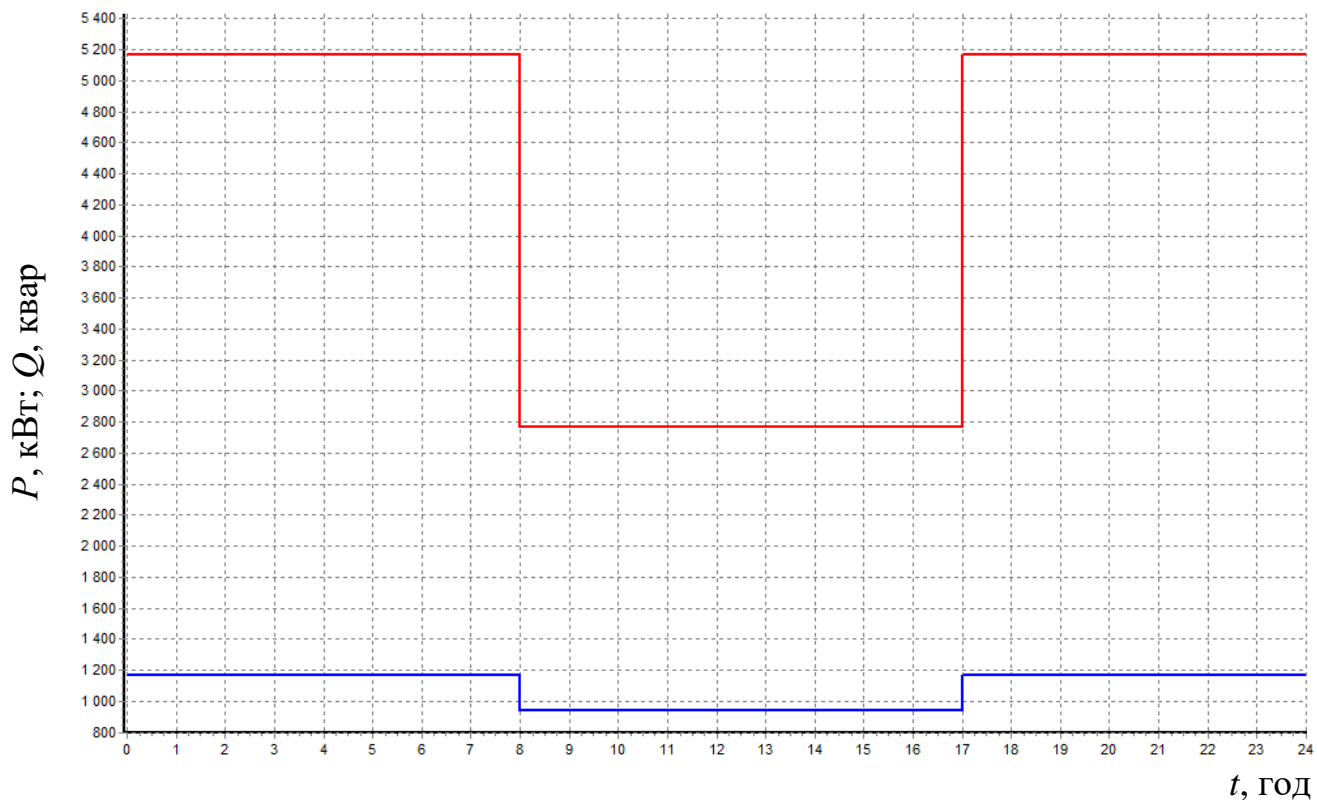


Рис. 1.4 Добові графіки (л.в.)

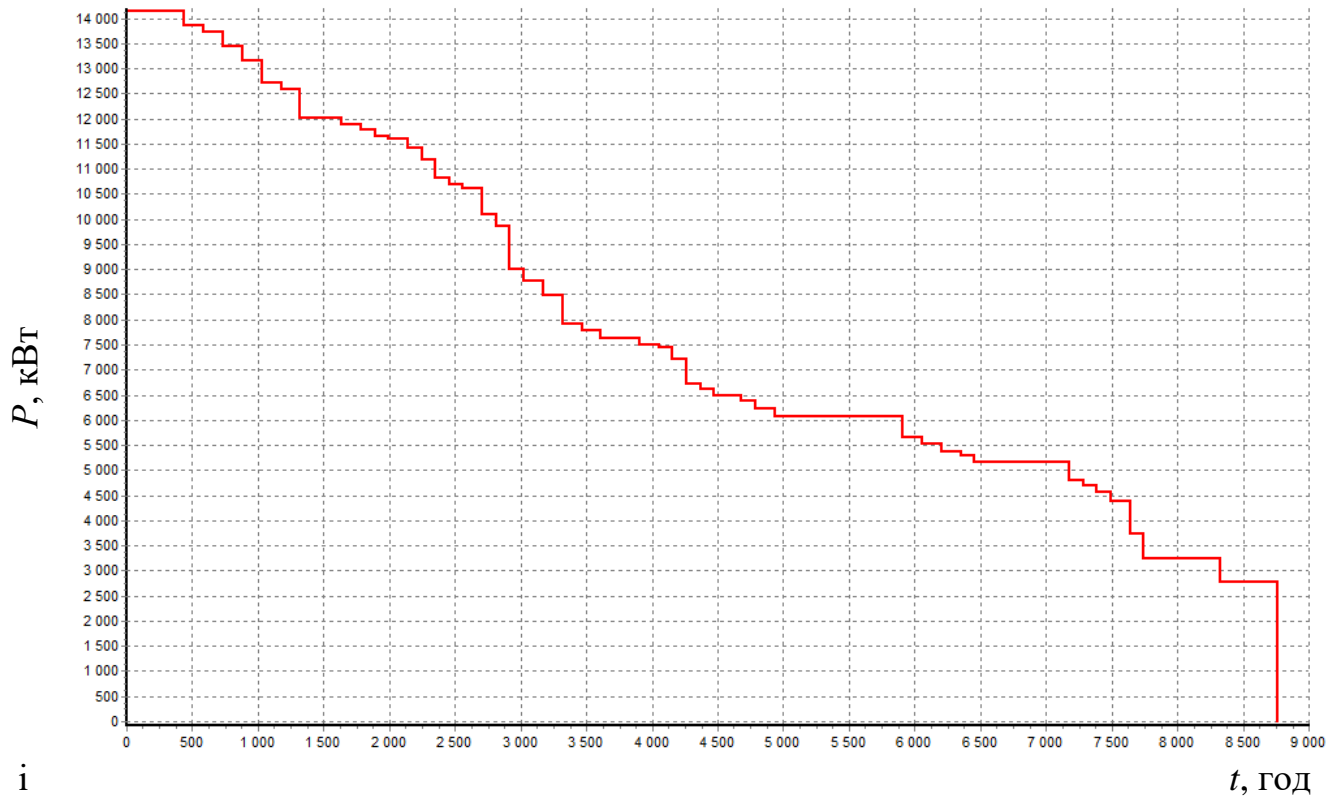



Рис. 1.5. Річний графік за тривалістю (P)

Таблиця 1.6. Результати розрахунку графіків

№	Назва параметру	Знач.	Од. вим.
1	$S_{розр}$	14303,28	МВА
2	$W_{з.р.}$	35119770	кВт·год
3	$V_{з.р.}$	4479237	квар·год
4	$W_{з.в.}$	7832955	кВт·год
5	$V_{з.в.}$	1989780	квар·год
6	$W_{л.р.}$	21322665	кВт·год
7	$V_{л.р.}$	2719605	квар·год
8	$W_{л.в.}$	4916880	кВт·год
9	$V_{л.в.}$	1249056	квар·год
10	$W_{річн.}$	69192270	кВт·год
11	$V_{річн.}$	10437678	квар·год
12	$T_M$	4892	год
13	$\tau_M$	3294	год

## РОЗДІЛ 2

### КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок картограми заводууправління:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_{\text{осв}} + P_{\text{сил}}}{\pi m}} = \sqrt{\frac{238 + 15}{3,14 \cdot 0,3}} = 16,4 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360}{P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}}} = \frac{15 \cdot 360}{238 + 15} = 21,8^\circ$$

Розрахунок для інших цехів приведено в таблиці 2.1.

Центр електричних навантажень, м:

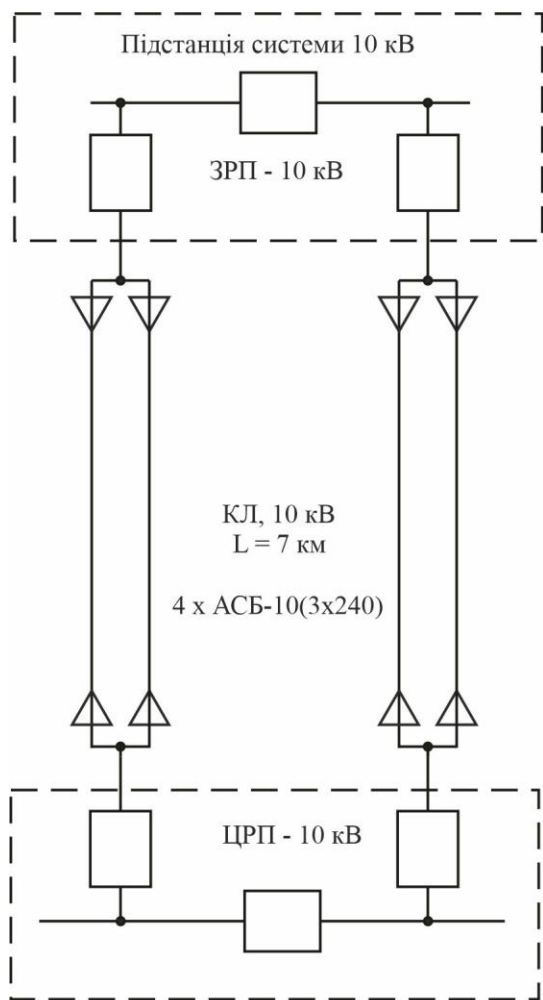
$$X = \frac{\sum_{j=1}^m X_j P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} = \frac{2893337,68}{14502,62} = 199,5$$

$$Y = \frac{\sum_{j=1}^m Y_j P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} = \frac{1718999,96}{14502,62} = 118,5$$

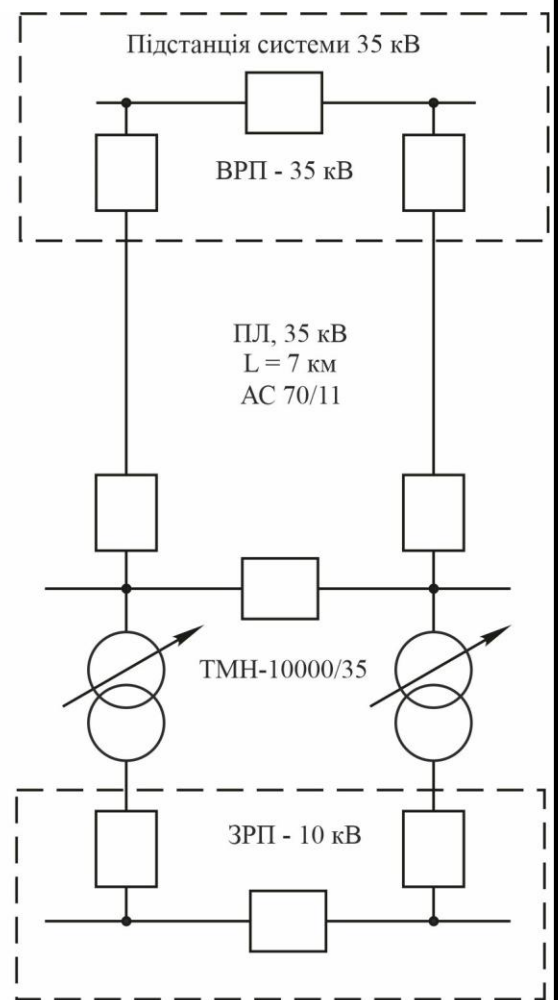
Таблиця 2.1. Картограма ел. навантажень

№	Назва цеху	$P_{\text{спр}}$ кВт	$P_{\text{осв}}$ кВт	$P_1$ кВт	$m$	$R$ , мм	$\alpha$ , град	$x$ , м	$y$ , м	$P_{1 \cdot x}$ , кВт·м	$P_{1 \cdot y}$ , кВт·м
1	Заводуправління	238	15	253,41	0,3	16,40	21,85	18,00	122,00	4561,38	30916,02
2	Механічний цех	2518	24	2542,24	0,3	51,94	3,45	31,00	193,00	78809,44	490652,32
3	Механоскладальний цех	2008	39	2046,29	0,3	46,60	6,82	48,00	44,00	98221,92	90036,76
4	Ливарний цех	1835	45	1880,67	0,3	44,67	8,66	187,00	206,00	351685,29	387418,02
5	Термічний цех	5765	19	5784,44	0,3	78,34	1,18	287,00	80,00	1660134,28	462755,20
6	Склад металу	41	14	55,26	0,3	7,66	92,12	306,00	189,00	16909,56	10444,14
7	Склад готової продукції	128	15	143,14	0,3	12,32	38,71	135,00	40,00	19323,90	5725,60
8	Насосна	541	5	546,42	0,3	24,08	3,58	367,00	199,00	200536,14	108737,58
9	Компресорна:										
	0,4 кВ	69	3	72,23	0,3	8,75	16,10	371,00	108,00	26797,33	7800,84
	АД 10,5 кВ	1125	0	1125,00	0,3	34,55	0,00	371,00	108,00	417375,00	121500,00
10	Автогараж	20	25	45,29	0,3	6,93	201,02	367,00	52,00	16621,43	2355,08
11	Територія заводу	0	8	8,23	0,3	2,96	360,00	287,00	80,00	2362,01	658,40
	<b>Всього по заводу</b>	<b>14288</b>	<b>215</b>	<b>14502,62</b>						<b>2893337,68</b>	<b>1718999,96</b>





а)



б)

Рис. 3.1. Схеми зовн. електропостач.

$$K_{\text{зав}} = \frac{I_p}{I_{\text{доп}}} = \frac{206,5}{355} = 0,58$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{1км}} l_{\text{сум}} K_{\text{зав}}^2 = 24 \cdot 28 \cdot 0,3364 = 226,06 \text{ кВт}$$

$$\Delta W_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{кл}} \tau = 113,03 \cdot 3293,88 = 372307,26 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

$$C_{\text{втр.кл}} = \Delta W_{\text{сум}} C_0 = 372307,26 \cdot 8,87 \cdot 0,001 = 3302,37 \text{ тис.грн.}$$


Таблиця 3.1. Розрахунок капвкладень

№	Назва	Од.	К-сть	Вартість	Всього
1	КЛ 10 кВ	км	28	58	1624
2	Траншея	км.	7	14,3	100,1
3	Шафи КРП	шт.	2	10,7	21,4
Всього					1745,5

Таблиця 3.2. Поточні витрати

№	Назва	$K_j$	$P_{aj}$	$C_{aj}$	$P_{ej}$	$C_{ej}$	$C_j$
1	КЛ 10 кВ	1624	5	81,2	5	81,2	162,4
2	Траншея	100,1	5	5,005	5	5,005	10,01
3	Шафи КРП	21,4	15	3,21	5	1,07	4,28
Всього							176,69

Розрахунок збитку від недовідпуску електроенергії наведено нижче.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 1,12 = 1,124 \text{ 1/рік}$$

$$T_{\text{відн}} = \frac{\sum \lambda_i T_{\text{відн},i}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 1,12 \cdot 0,00098)}{1,124} = 0,00097811 \text{ рік}$$

$$K_{\text{пр}} = 1,2 K_{\text{прmax}} = 1,2 \cdot 0,002 = 0,0024$$

$$K_{\text{а.п}} = \lambda T_{\text{відн}} = 1,124 \cdot 0,000978113879003559 = 0,0010994$$

$$K_{\text{а.пр}} = 0,5 \lambda K_{\text{пр}}^2 = 0,5 \cdot 1,124 \cdot 0,00000576 = 0,00000323712$$

$$K_{\text{а.пр}}^{(2)} = K_{\text{а.п}}^2 + 2K_{\text{а.пр}} = 0,00000120868036 + 2 \cdot 0,00000323712 = 0,0000076829$$















## РОЗДІЛ 6

### РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### 6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень

Опори елементів мережі:

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{к.з.}} = \frac{10,5^2}{100} = 1,103 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{1,103}{25} = 0,044 \text{ Ом}$$

$$R_{к1} = \frac{i_0 \cdot l}{n_{к1}} = \frac{0,129 \cdot 7}{2} = 0,4515 \text{ Ом}$$

$$X_{к1} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{к1}} = \frac{0,075 \cdot 7}{2} = 0,26 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{к1} = 1,103 + 0,26 = 1,363 \text{ Ом}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{к1} = 0,044 + 0,4515 = 0,496 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,496^2 + 1,363^2} = 1,45 \text{ Ом}$$

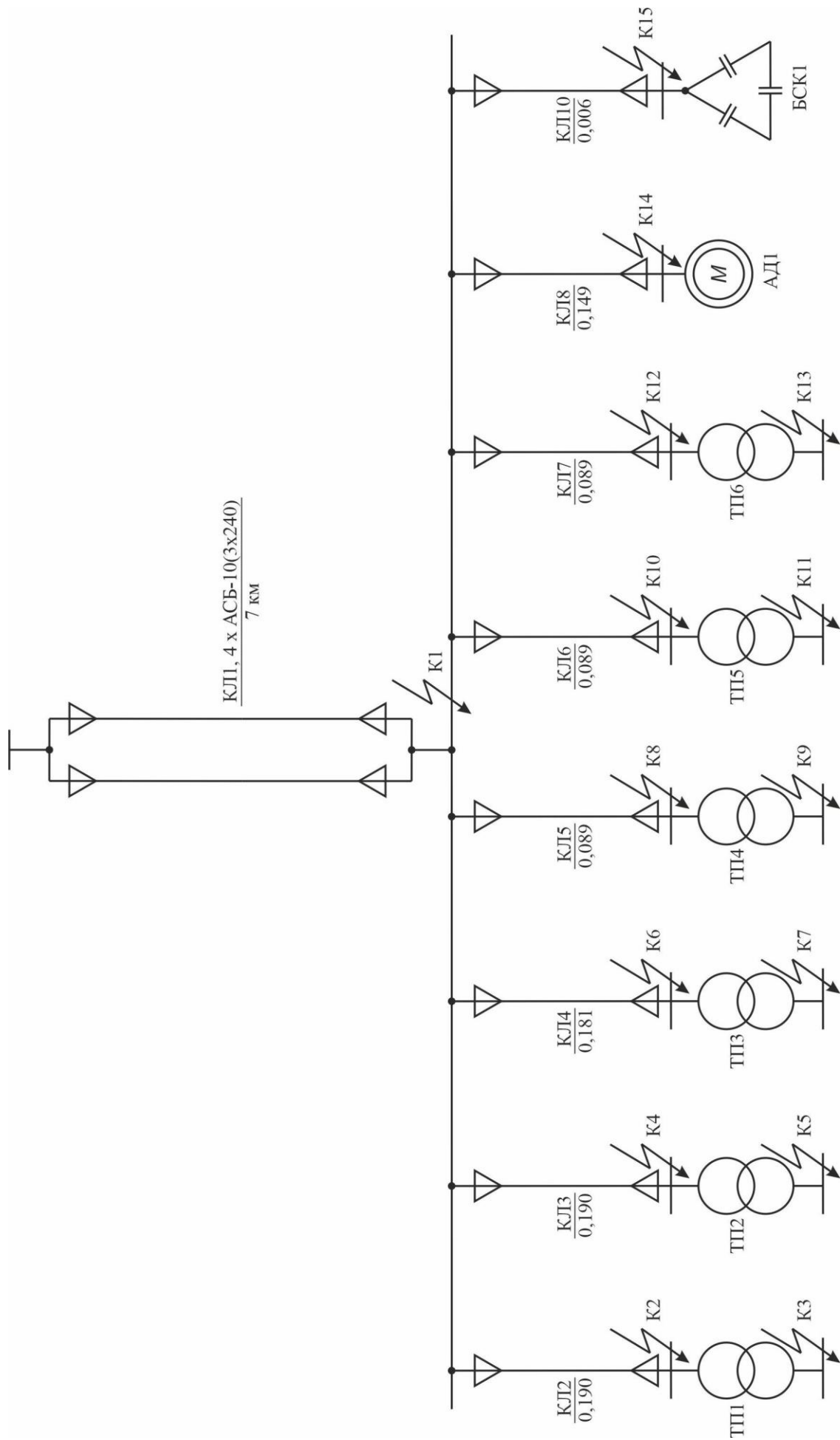


Рис. 6.1. Розрахункова схема

--	--	--	--	--

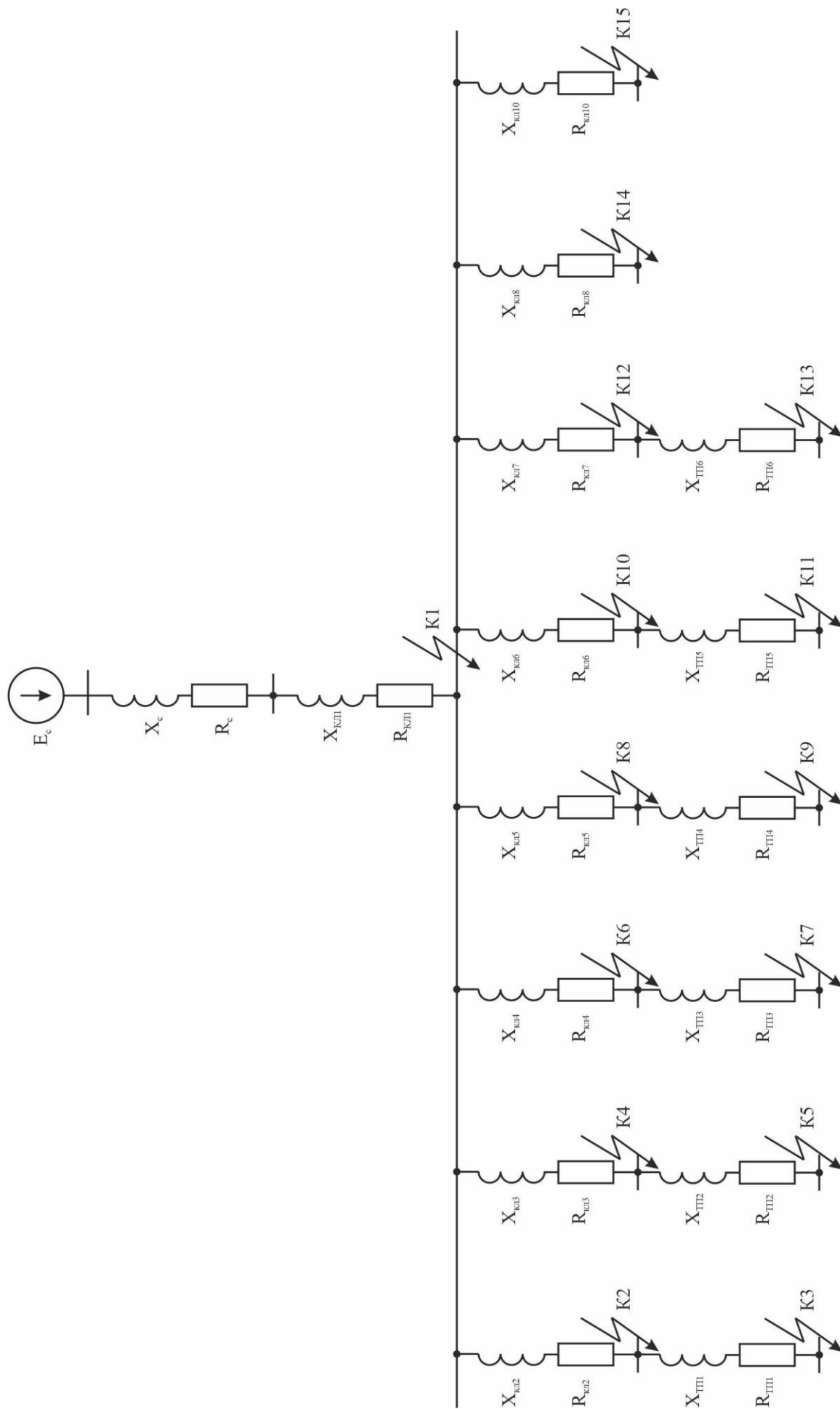


Рис. 6.2. Схема заміщення


Параметри струму к.з. в т. К1:

$$I''_{K1(c)} = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,45} = 4,18 \text{ кА}$$

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{1,363}{314 \cdot 0,496} = 0,0088 \text{ с}$$

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0088}} = 1,321$$

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial} I''_{K1(c)} = \sqrt{2} \cdot 1,321 \cdot 4,18 = 7,81 \text{ кА}$$

Струм підживлення від АД 10 кВ:

$$S_{\text{ном.}} = \frac{P_{\text{ном.}}}{\cos\varphi_{\text{ном.}} \cdot \eta} = \frac{0,75}{0,85 \cdot 0,92} = 0,959 \text{ МВА}$$

$$X_{\text{АД}} = \frac{1}{I_{\text{пуск}}} \frac{U_{\text{ср.ном.}}^2}{S_{\text{ном.}}} = \frac{10,5^2}{5,2 \cdot 0,959} = 22,11 \text{ Ом}$$

$$I''_{K1(\text{АД})} = n_{\text{АД}} \frac{E_* \cdot U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}X_{\text{АД}}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 22,11} = 0,49 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial 1(\text{АД})} = \sqrt{2}k_{y\partial(\text{АД})} I''_{K1(\text{АД})} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 0,49 = 1,18 \text{ кА}$$

$$I''_{K1} = I''_{K1(c)} + I''_{K1(\text{АД})} = 4,18 + 0,49 = 4,67 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial 1} = i_{y\partial 1(c)} + i_{y\partial 1(AD)} = 7,81 + 1,18 = 8,99 \text{ кА}$$

Параметри вибору КЛ1:

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} U_{\text{ср.ном}}} = \frac{2244,3}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 61,7 \text{ А}$$

$$B_k = I_{K1}^2 (t_{p.з.min} + T_a) = 4,67^2 (1,365 + 0,0088) = 29,96 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{29,96} \cdot 10^3 = 58,23 \text{ мм}^2$$

Обираємо кабель ААШВ-10(3 х 70).

Опір КЛ1:

$$R_{к1} = r_0 \cdot l_{к1} = 0,443 \cdot 0,19 = 0,084 \text{ Ом}$$

$$X_{к1} = x_0 \cdot l_{к1} = 0,086 \cdot 0,19 = 0,016 \text{ Ом}$$

Параметри струму к.з. в т. К2:

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{к1} = 1,363 + 0,016 = 1,379 \text{ Ом}$$

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{к1} = 0,496 + 0,084 = 0,58 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,58^2 + 1,379^2} = 1,496 \text{ Ом}$$

Таблиця 6.1. Розрахунок опорів КЛ

№	$l$ , км	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	$R$ , Ом	$X$ , Ом
1	7,000	0,129	0,075	0,452	0,263
2	0,190	0,443	0,086	0,084	0,016
3	0,190	0,443	0,086	0,084	0,016
4	0,181	0,443	0,086	0,080	0,016
5	0,089	0,443	0,086	0,039	0,008
6	0,089	0,443	0,086	0,039	0,008
7	0,089	0,443	0,086	0,039	0,008
8,9	0,149	0,443	0,086	0,066	0,013
10,11	0,006	0,443	0,086	0,003	0,001

$$I_{K2}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,496} = 4,05 \text{ кА}$$

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{1,379}{314 \cdot 0,58} = 0,0076 \text{ с}$$

$$k_{y\phi 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0076}} = 1,268$$

$$i_{y\phi 2} = \sqrt{2}k_{y\phi} I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1,268 \cdot 4,05 = 7,26 \text{ кА}$$

Опір ТМ-1600/10:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{cp,ном}^2}{S_{ном}^2} = \frac{11,6 \cdot 10,5^2}{1600^2} \cdot 10^3 = 0,5 \text{ Ом}$$

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa, \%} U_{cp,ном}^2}{S_{ном}} = \frac{5,5 \cdot 10,5^2}{1600} \cdot 10 = 3,79 \text{ Ом}$$

Параметри струму к.з. в т. К3:

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left( \frac{U_{нн}}{U_{бн}} \right)^2 = (1,379 + 3,79) \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0075 \text{ Ом}$$

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left( \frac{U_{нн}}{U_{бн}} \right)^2 = (0,58 + 0,5) \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0016 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0016^2 + 0,0075^2} = 0,0077 \text{ Ом}$$

$$I_{K3}'' = \frac{U_{cp,ном}}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0077} = 29,99 \text{ кА}$$

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0075}{314 \cdot 0,0016} = 0,0149 \text{ с}$$

$$k_{y\delta 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0149}} = 1,511$$

$$i_{y\delta 3} = \sqrt{2} k_{y\delta} I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,511 \cdot 29,99 = 64,08 \text{ кА}$$

Таблиця 6.2. Розрахунок струмів к.з.

№	$R$ , Ом	$X$ , Ом	$I_{к}''$ , кА	$T_a$ , с	$k_{уд}$	$i_{уд}$ , кА
1	0,4960	1,3630	4,67	0,0088	1,321	8,99
2	0,5800	1,3790	4,05	0,0076	1,268	7,26
3	0,0016	0,0075	29,99	0,0149	1,511	64,08
4	0,5800	1,3790	4,05	0,0076	1,268	7,26
5	0,0016	0,0075	29,99	0,0149	1,511	64,08
6	0,5760	1,3790	4,06	0,0076	1,268	7,28
7	0,0016	0,0075	29,99	0,0149	1,511	64,08
8	0,5350	1,3710	4,12	0,0082	1,295	7,55
9	0,0015	0,0075	30,39	0,0159	1,533	65,89
10	0,5350	1,3710	4,12	0,0082	1,295	7,55
11	0,0015	0,0075	30,39	0,0159	1,533	65,89
12	0,5350	1,3710	4,12	0,0082	1,295	7,55
13	0,0015	0,0075	30,39	0,0159	1,533	65,89
14	0,5620	1,3760	4,08	0,0078	1,277	7,37
15	0,4990	1,3640	4,17	0,0087	1,317	7,77

## 6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ

Параметри вибору КЛ до ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{cp.ном}} = \frac{2244,3}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 61,7 \text{ А}$$

Обираємо 2 х ААШВ-10(3х70).

$$I_p = 61,7 \text{ А} \leq K_n \cdot I_{дон} = 0,9 \cdot 165 = 148,5 \text{ А}$$

$$I_{ог} = 123,4 \text{ А} \leq K_{ан} \cdot K_n' \cdot I_{дон} = 1,35 \cdot 1 \cdot 165 = 222,75 \text{ А}$$

$$B_k = I_{КЛ}^2 (t_{p.з.мин} + T_a) = 4,67^2 (1,365 + 0,0088) = 58,23 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{29,96} \cdot 10^3 = 58,23 \text{ мм}^2$$

Таблиця 6.3. Вибір КЛ

№	$n_{\text{КЛ}}$ , шт	$S_{\text{розр}}$ , МВА	$I_{\text{р}}$ , А	$I_{\text{р.ав}}$ , А	$B_{\text{к}}$ , $\frac{\text{кА}^2 \cdot \text{с}}{\text{мм}^2}$	$F_{\text{min}}$ , $\text{мм}^2$	Марка КЛ	$I_{\text{доп}}$ , А	$K_{\text{п}}$	$K_{\text{п}} I_{\text{доп}}$ , А	$K_{\text{ап}}$	$K_{\text{п}}$	$K_{\text{ап}} K_{\text{п}} I_{\text{доп}}$ , А
1	4	14289	196,42	392,84	29,96	58,23	4 х АСБ-10(3 х 240)	355	0,8	284	1,35	0,9	431,33
2	2	2244,3	61,7	123,4	29,96	58,23	2 х ААПВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
3	2	2244,3	61,7	123,4	29,96	58,23	2 х ААПВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
4	2	2306,9	63,42	126,84	29,96	58,23	2 х ААПВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
5	2	2238,4	61,54	123,08	29,96	58,23	2 х ААПВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
6	2	2238,4	61,54	123,08	29,96	58,23	2 х ААПВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
7	2	2238,4	61,54	123,08	29,96	58,23	2 х ААПВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
8,9	1	750	41,24	-	29,96	58,23	1 х ААПВ-10(3х70)	165	1	165	-	-	-
10,11	1	100	5,5	-	29,96	58,23	1 х ААПВ-10(3х70)	165	1	165	-	-	-

### 6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги

Розрахункові параметри вибору ввідного вимикача наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4. Вибір ввідного вимикача

Назва параметру	Умова	Розрах. значення
Номинальна напруга, кВ	$U_{вст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 11$
Довготр. струм, кА	$I_{р.ф.} \leq I_{ном}$	$824,98 \leq 1000$
Відключаюча здатність: - симетр. струм: - аперіод. склад.: - повний струм:	$I_{пт} \leq I_{в.н.}$ $i_{ат} \leq \sqrt{2}\beta_{ном} I_{в.н.}$ $\sqrt{2}I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{н.в.} (1 + \beta_{ном})$	$4,67 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 4,67 + 0 < < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $6,6 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетр. струм: - уд. струм:	$I'' \leq I_{д.ст.}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{д.ст.}$	$4,67 \leq 52$ $8,99 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{Т.ном}^2 t_{Т.ном}$	$27,28 \leq 1200$

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

$$i_{ат} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 4,67 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0088}} = 0 \text{ кА}$$

$$B_k = I''^2 (t_{с.с.} + t_{пз.max} + T_a) = 4,67^2 (0,042 + 1,2 + 0,0088) = 27,28 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Обираємо ВР2-10-20/1000.

## 6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Схема приєднання ТВП наведена на рис. 6.3.

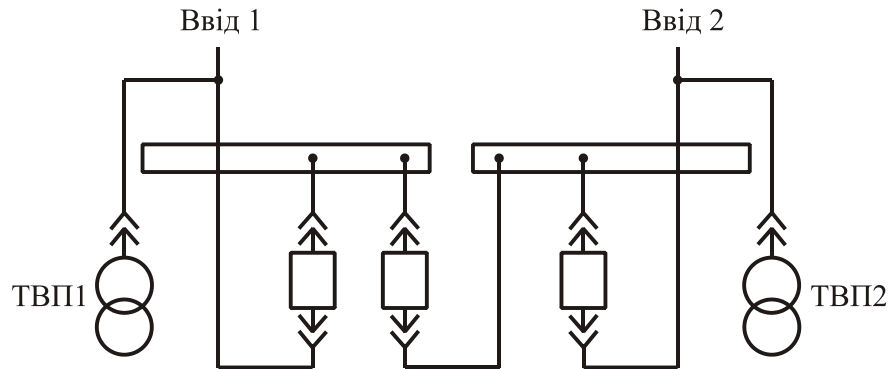


Рис. 6.3. Схема приєднання ТВП

Таблиця 6.5. Розрахунок електр. навант. ТВП

№	Назва споживача	$P_n$ , кВт	$n$ , шт.	$P_\Sigma$ , кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{\text{вст}}$ , кВт	$Q_{\text{вст}}$ , квар
1.	Пристрої підігріву комірок КРП	0,6	24	14,4	0,97	0,25	14,4	4
2.	Приміщення персоналу	6	3	18	0,97	0,25	18	5
3.	Зовнішнє освітлення	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
4.	Оперативні кола	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
Всього							68,4	19

Сумарне навант. ТВП:

$$S_{\text{вст}} = \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = \sqrt{68,4^2 + 19^2} = 70,99 \text{ кВА}$$



## РОЗДІЛ 7

# СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ НАСОСНОЇ

### 7.1 Обрання способу світлотехнічних обчислень для освітлення насосної станції

У процесі розробки проектів освітлювальних систем світлотехнічні розрахунки виконуються з використанням двох основних підходів. Сучасна практика проектування передбачає застосування методу коефіцієнта використання світлового потоку та точкового методу розрахунку.

Основні розрахункові формули для визначення освітленості  $E$  мають такий вигляд:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (7.1)$$

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos \alpha}{l^2}, \quad (7.2)$$

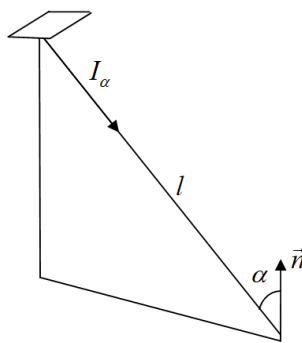


Рис. 7.1. Геометрична інтерпретація розрахунку точкового методу

**Метод коефіцієнта використання** застосовується переважно для розрахунку загального рівномірного освітлення приміщень з регулярним розташуванням світильників. Цей спосіб ефективний при проектуванні освітлення





застосуванні методу радіозності (Radiosity) [10]. Випромінюваність є алгоритмом глобального освітлення, що враховує не лише пряме надходження світла від джерел, але й відбиття від інших поверхонь. Основою даної методики є визначення світимостей у точках, розташованих на поверхнях з ідеальним дифузним відбиванням:

$$M(r) = M_0(\vec{r}) + \rho(\vec{r}) \cdot \int_{\Sigma} M(\vec{r}') \cdot V(\vec{r}, \vec{r}') \cdot dF(\vec{r}, \vec{r}'), \quad (7.3)$$

$$M_i = M_{0i} + \rho_i \sum_{j=1}^{j=N} M_j \cdot F_{ij}, \quad (7.4)$$

де

$$F_{ij} = \frac{1}{\Delta A_j} \int_{\Delta A_j} \int_{\Delta A_i} \frac{\cos \delta_i \cdot \cos \delta_j}{\pi \cdot r_{ij}^2} \cdot V_{ij} \cdot dA_i \cdot dA_j,$$

$$r_{ij} = |\dot{r}_i - \dot{r}_j|,$$

$$\cos \delta_i = \frac{-((\vec{r}_i - \vec{r}_j) \cdot \dot{n}_j)}{r_{ij}}, \quad \cos \delta_j = \frac{-((\dot{r}_i - r_j) \cdot \dot{n}_j)}{r_{ij}}. \quad (7.5)$$

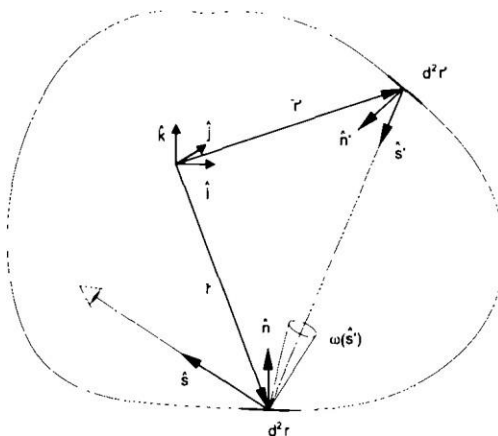


Рис. 7.2. Геометрична схема для визначення світимості

Принципи роботи методу випромінюваності полягає в наступному.



- враховувати спектральні характеристики джерел світла;
- генерувати звіти відповідно до національних стандартів освітлення.

Переваги застосування для насосних станцій:

Результати моделювання в DIALux EVO забезпечують високу точність прогнозування реальних світлотехнічних характеристик освітлювальної установки, що мінімізує ризики невідповідності проектних рішень нормативним вимогам.

## 7.2. Визначення кількості освітлювальних приладів у системі загального освітлення насосної станції

Одним з ключових завдань світлотехнічного розрахунку на базі способу коефіцієнта використання є встановлення потужності освітлювальних приладів залежно від їх чисельності, величини нормованої освітленості, коефіцієнта запасу та коефіцієнта мінімальної освітленості.

Чисельність освітлювальних приладів, що монтуються у приміщенні, визначатимемо на підставі інформації, за якою побудовано діаграми залежності параметра  $\lambda$  від типів кривих розподілу сили світла освітлювальних приладів (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Графіки залежності  $\lambda$  для різних кривих сили світла




Коефіцієнт форми кривої сили світла визначається як відношення максимальної сили світла під кутом  $60^\circ$  до максимальної сили світла у напрямку під кутом  $0^\circ$  (вертикально вниз). Цей параметр дозволяє кількісно охарактеризувати ширину розподілу світлового потоку.

Для приміщень насосних станцій з великою висотою стелі рекомендується застосування світильників з кривими типу Д або Л, що забезпечує ефективну доставку світлового потоку на робочі поверхні. Світильники з широкими кривими (тип Г) доцільно використовувати при невеликій висоті підвісу для досягнення рівномірного освітлення великих площ.

Відомо, що тип кривої розподілу сили світла характеризується коефіцієнтом форми, а також кутом випромінювання світлового потоку. На рис. 2.4 наведено залежності інтенсивності світла від кута випромінювання для освітлювальних приладів з кривими розподілу сили світла типів М, Д, Л, Г, К, які побудовані за табличними даними кривих сил світла.

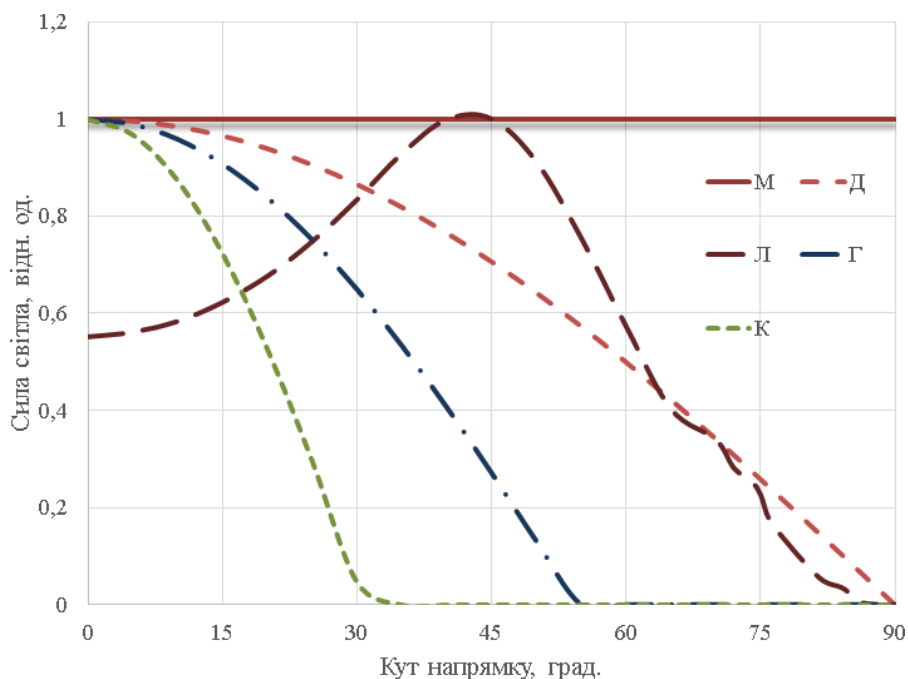


Рис. 7.4. Залежності сили світла від кута її напрямку

Графічні залежності на рис. 7.4 дозволяють проектувальникам обирати оптимальний тип світильника залежно від геометричних параметрів приміщення та вимог до розподілу освітленості.



необхідно зменшувати відстані між освітлювальними приладами. Дотримання рекомендованих меж параметра  $l$  гарантує коефіцієнт рівномірності не менше 0,7

У приміщеннях насосних станцій з наявним великогабаритним обладнанням графічна залежність допомагає:

- оптимізувати розташування світильних рядів між технологічними агрегатами
- забезпечити достатню освітленість проходів та робочих зон обслуговування
- мінімізувати утворення глибоких тіней від насосного обладнання

Використання діаграми на рис. 7.5 дозволяє проектувальникам науково обґрунтовано визначати схему розташування освітлювальних приладів, що забезпечує відповідність нормативним вимогам рівномірності освітлення при оптимальних економічних показниках освітлювальної установки.

Дану залежність було представлено в аналітичному вигляді шляхом апроксимації з використанням методу найменших квадратів степеневою функцією, рівняння якої має наступний вигляд:

$$\lambda = 2,297 \cdot K_{\Phi}^{-0,93}, \quad (7.7)$$

Для цього рівняння знайдемо коефіцієнт детермінації:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{j=n} (\lambda_{Ti} - \lambda_i)^2}{\sum_{j=1}^{j=n} \left( \lambda_{Ti} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{j=n} \lambda_{Ti} \right)^2}, \quad (7.8)$$

$$\sum_{j=1}^{j=n} (\lambda_{Ti} - \lambda_i)^2, \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{j=n} \lambda_{Ti}, \quad \text{та} \quad \sum_{j=1}^{j=n} \left( \lambda_{Ti} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{j=n} \lambda_{Ti} \right)^2$$



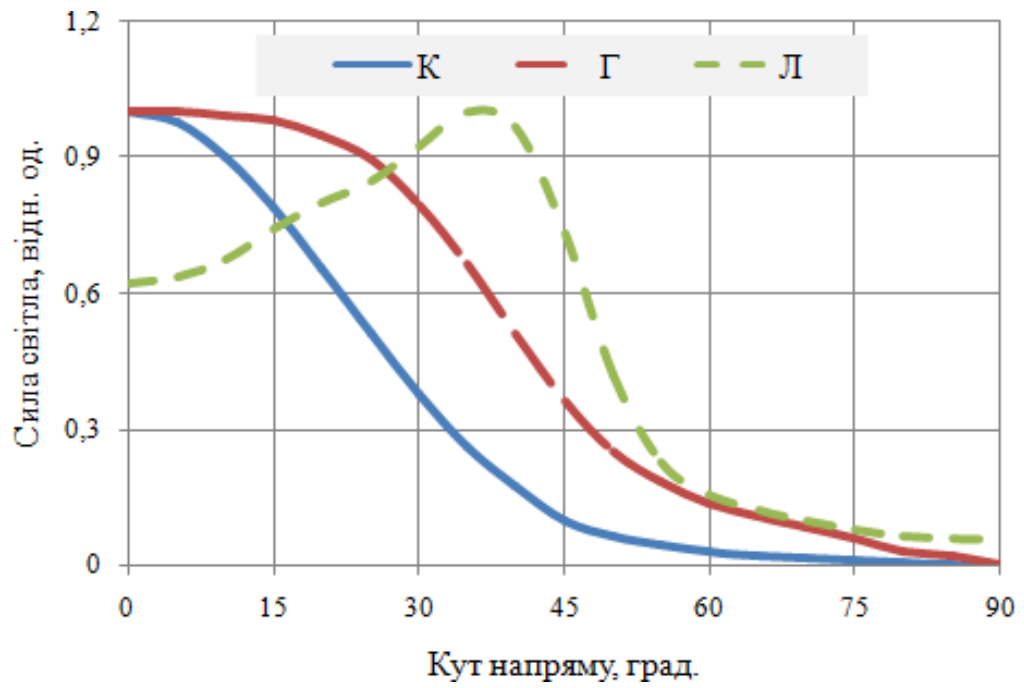


Рис. 7.6. КСС світильника ДСП65В

Розрахуємо значення  $\lambda$  згідно виразу (7.7):

- для КСС типу К:

$$\lambda = 2,297 \cdot 3,31^{-0,93} = 0,76;$$

- для КСС типу Г:

$$\lambda = 2,297 \cdot 2,11^{-0,93} = 1,14;$$

- для КСС типу Л:

$$\lambda = 2,297 \cdot 2,03^{-0,93} = 1,19.$$




$$N_{A1} = \frac{18,0}{14,8} = 1,2 \rightarrow 2; N_{B1} = \frac{12,0}{14,8} = 0,8 \rightarrow 1; N_1 = 2;$$

$$N_{A2} = \frac{18,0}{14,8} = 1,2 \rightarrow 2; N_{B1} = \frac{6,0}{14,8} = 0,4 \rightarrow 1; N_2 = 2;$$

- для КСС типу Л:

$$N_{A1} = \frac{18,0}{15,5} = 1,2 \rightarrow 2; N_{B1} = \frac{12,0}{15,5} = 0,8 \rightarrow 1; N_1 = 2;$$

$$N_{A2} = \frac{18,0}{15,5} = 1,2 \rightarrow 2; N_{B1} = \frac{6,0}{15,5} = 0,4 \rightarrow 1; N_2 = 2.$$

### **7.3 Комп'ютерне моделювання і світлотехнічні розрахунки освітлювальних систем насосної станції**

З метою отримання детальної інформації про характер розподілу освітленості по робочій поверхні підлоги було проведено комплексний світлотехнічний розрахунок із застосуванням спеціалізованого програмного пакету DIALux. Цей професійний інструмент дозволяє виконувати точне тривимірне моделювання освітлювальних установок та проводити детальний аналіз світлових характеристик приміщень.

Основні вихідні параметри для розрахунку:

- коефіцієнт експлуатації освітлювальної установки становить 0,59, що враховує старіння світлових приладів, забруднення поверхонь та інші експлуатаційні фактори;
- загальна кількість світлових приладів у приміщенні: світильники типу ДСП65В-80-211 у кількості 4 одиниці та світильники ДСП65В-100-211 у кількості 2 одиниці;
- висота монтажу освітлювальних приладів над рівнем підлоги – 13,0 метрів.



менше 75 лк. Розподіл освітленості від мінімального до максимального значення (42-111 лк) демонструє відносно рівномірне покриття світлом усієї робочої поверхні без утворення значних тіньових зон або надмірно яскравих ділянок.

Графік ізолюкси для підлоги та його числові значення наведені на рис. 7.7 та 7.8.

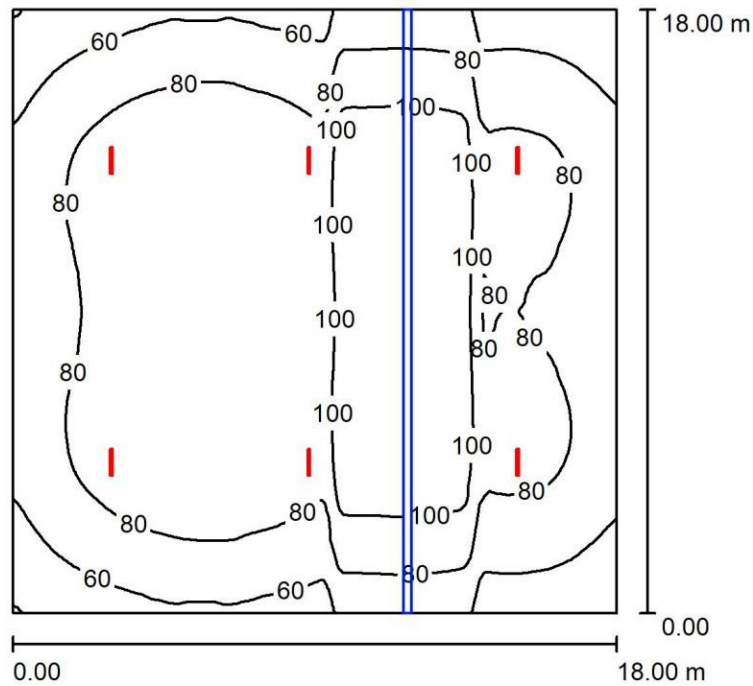


Рис. 7.7. Ізолюкси підлоги котельні

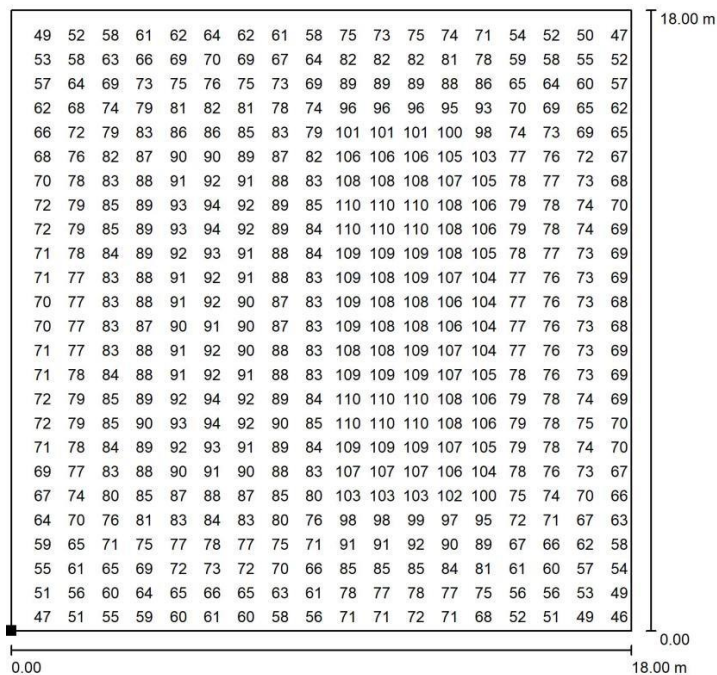


Рис. 7.8. Розподіл значень освітленості по підлозі насосної















- величина струмового навантаження групи;
- коефіцієнт потужності освітлювального обладнання;
- температурні умови експлуатації кабельних ліній.

Розрахунок освітлювальних мереж проводиться згідно виразу:

$$S = \frac{\sum_{k=1}^{k-n} M_k}{c \cdot \Delta U \%}, \quad (7.9)$$

Для ділянки 1 сумарний момент навантажень складає:

$$\sum_{k=1}^{k-n} M_k = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 + P_4 \cdot l_4 + P_5 \cdot l_5 + P_6 \cdot l_6 + P_7 \cdot l_7 + P_8 \cdot l_8, \quad (7.10)$$

Підставляючи значення отримаємо:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{k-n} M_k &= 0,36 \cdot 30,0 + 0,12 \cdot 4,5 + 0,24 \cdot 6,0 + 0,12 \cdot 13,5 + \\ &+ 0,12 \cdot 4,5 + 0,06 \cdot 9,0 + 0,06 \cdot 9,0 + 0,06 \cdot 9,0 = 16,56 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Підставивши результати розрахунку в формулу (7.9), маємо:

$$S = \frac{16,56}{12 \cdot 2,5} = 0,55 \text{ м}^2.$$

Вибираємо найближчий більший переріз  $S = 2,5 \text{ мм}^2$ .

Дійсна втрата напруги на ділянці:







