

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 ПЛІШКОВ

“ ____ “ _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розробка системи електропостачання заводу високовольтного обладнання»

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ЕЕ–22мб,
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Олександр ВЕРЛАН

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

Василь ЗІНЗУРА

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

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

Верлана Олександра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання заводу високовольтного обладнання

Development of a power supply system for a high-voltage equipment plant

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 03.06.2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка системи електропостачання заводу високовольтного 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 _____

Василь ЗІНЗУРА

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____

Олександр ВЕРЛАН

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 74 с.; 16 рис.; 23 табл.; 5 джерел

Верлан О. С. Розробка системи електропостачання заводу високовольтного 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 системи енергозабезпечення промислового підприємства, що спеціалізується на виробництві високовольтного електротехнічного устаткування.

У ході проектування було виконано комплекс інженерних розрахунків, які включали: визначення електричних навантажень підприємства з урахуванням специфіки технологічного процесу; аналіз параметрів графіків споживання електроенергії протягом різних періодів роботи; дослідження режимів реактивної потужності для оптимізації енергоефективності; розрахунок струмів короткого замикання у всіх вузлах електричної мережі.

На основі отриманих результатів було здійснено обґрунтований підбір компонентів високовольтної електромережі виробництва. Це дозволило забезпечити оптимальну конфігурацію системи живлення.

Ключові слова: розрахункові навантаження, електрична мережа, графіки навантажень

ABSTRACT

Qualification work: 74 p.; 16 Fig.; 23 tables; 5 sources

Verlan O. Development of a power supply system for a high-voltage equipment plant. – 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 power supply system for an industrial enterprise specializing in the production of high-voltage electrical equipment.

During the design, a set of engineering calculations was performed, which included: determination of the electrical loads of the enterprise taking into account the specifics of the technological process; analysis of the parameters of electricity consumption graphs during different periods of operation; study of reactive power modes to optimize energy efficiency; calculation of short-circuit currents in all nodes of the electrical network.

Based on the results obtained, a substantiated selection of components of the high-voltage electrical network of the production was carried out. This allowed to ensure the optimal configuration of the power supply system.

Keywords: design loads, electrical network, load graphs

Таблиця 1.3. Силові ел. навант. заводу в мережі вище 1000 В

Назва	N спож шт	P одн.сл. кВт		P сум, кВт	m	K _в	cosφ	tgφ	Сер. зм. нав.		n сф	K _p	Розрах навант.				
		мін, кВт	мак, кВт						P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			P _{розр} , кВт	Q _{розр} , квар	S _{розр} , кВА		
ТП1, ТП2																	
Котельня																	
силове:	25	3	50	500	16,7	0,58	0,78	0,8	290	232,66	20	1,20	348,71	232,66	419,2		
освітлювальне:									27,46				15,13	12,13			
Всього:									317,46	232,66			363,84	244,79	438,52		
Корпус високих напруг																	
силове:	150	10	100	6000	10,0	0,60	0,85	0,62	3600	2231,08	120	1,07	3850,63	2231,08	4450,29		
освітлювальне:									56,7				32,32	20,04			
Всього:									3656,7	2231,08			3882,95	2251,12	4488,3		
Адміністративно-господарчий корпус																	
силове:	17	1	10	70	10,0	0,78	0,88	0,54	54,6	29,47	14	1,10	59,98	29,47	66,83		
освітлювальне:									55,04				34,34	37,02			
Всього:									109,64	29,47			94,32	66,49	115,4		
Всього по ТП1, ТП2:																	
силове:	192	1	100	6570	100,0	0,60	0,85	0,63	3944,6	2493,21	131	1,07	4205,88	2493,21	4889,33		
освітлювальне:									139,2				81,79	69,19			
БК 0,4 кВ										-1650				-1650			
Всього на шинах 0,4 кВ ТП1, ТП2:									4083,8	843,21			4287,67	912,4	4383,67		
Врати в трансформаторах													44,16	248,34			
Кількість трансформаторів: 4																	
Номинальна потужність, кВА: 1600																	
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,68																	
Всього на шинах 10 кВ ТП1, ТП2:													4331,83	1160,74	4484,65		
ТП3, ТП4																	
Лабораторія низьких температур																	
силове:	15	1	50	250	50	0,5	0,8	0,75	125	93,75	10	1,38	172,22	103,12	200,73		
освітлювальне:									44,72				17,89	13,42			
Всього:									169,72	93,75			190,11	116,54	222,99		
Електрофізичний корпус																	

Продовження табл. 1.3

Назва	N спож шт	P одн.сп.		P сум, кВт	m	K _v	cosφ	tgφ	Сер. зм. нав.		n _{эф}	K _p	Розрах. навант.		
		мін, кВт	мак, кВт						P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			P _{розр} , кВт	Q _{розр} , квар	S _{розр} , кВА
силowe:	25	10	100	800	10	0,4	0,7	1,02	320	326,47	16	1,36	436,65	326,47	545,2
освітлювальне:									39,78				18,9	14,18	
Всього:									359,78	326,47			455,55	340,65	568,83
Машинний корпус															
силowe:	100	3	100	4500	33,3	0,5	0,75		2250	1687,5	90	1,11	2491,03	1687,5	3008,8
освітлювальне:									96,34				40,94	30,7	
Всього:									2346,34	1687,5			2531,97	1718,2	3059,92
Територія заводу															
освітлювальне:									133,4				13,34	2,71	
Всього:									133,4	0			13,34	2,71	13,61
Всього по ТПЗ, ТП4:															
силowe:	140	1	100	5550	100	0,49	0,79	0,78	2695	2107,72	111	1,1	2961,4	2107,72	3634,88
освітлювальне:									314,24				91,07	61,01	
БК 0,4 кВ										-750				-750	
Всього на шинax 0,4 кВ ТПЗ, ТП4:									3009,24	1357,72			3052,47	1418,73	3366,06
Втрати в трансформаторах:													34,24	192,23	
Кількість трансформаторів: 3															
Номинальна потужність, кВА: 1600															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,7															
Всього на шинax 10 кВ ТПЗ, ТП4:													3086,71	1610,96	3481,81
ТП5															
Лабораторія спеціальних робіт															
силowe:	120	1	150	6000	150	0,35	0,7	1,02	2100	2142,43	80	1,17	2447,24	2142,43	3252,54
освітлювальне:									80,96				17	17,34	
Всього:									2180,96	2142,43			2464,24	2159,77	3276,75
Всього по ТП5:															
силowe:	120	1	150	6000	150	0,35	0,7	1,02	2100	2142,43	80	1,17	2447,24	2142,43	3252,54
освітлювальне:									80,96				17	17,34	
БК 0,4 кВ										-2320				-2320	
Всього на шинax 0,4 кВ ТП5:									2180,96	-177,57			2464,24	-160,23	2469,44

Продовження табл. 1.3

Назва	N спож шт	P одн.сп.		P сум, кВт	m	K _v	cosφ	tgφ	Сер. зм. нав.		n _{сф}	K _p	Розрах. навант.		
		min, кВт	max, кВт						P зм, кВт	Q зм, квар			P розр, кВт	Q розр, квар	S розр, кВА
Втрати в трансформаторах:													26,25	146,41	
Кількість трансформаторів: 2															
Номінальна потужність, кВА: 1600															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,77															
Всього на шинах 10 кВ ТП5:													2490,49	-13,82	2490,53
ТП6, ТП7															
Головний корпус випробувального заводу															
силowe:	150	1	250	8000	250	0,4	0,7	1,02	3200	3264,65	64	1,17	3729,8	3264,65	4956,75
освітлювальне:									96				36,48	37,21	
Всього:									3296	3264,65			3766,28	3301,86	5008,71
Центральний матеріальний склад															
силowe:	15	3	20	200	6,7	0,21	0,68	1,08	42	45,29	15	1,63	68,63	45,29	82,23
освітлювальне:									18,37				4,41	4,5	
Всього:									60,37	45,29			73,04	49,79	88,4
Пожежне депо															
силowe:	5	1	10	50	10	0,38	0,68	1,08	19	20,49	5	1,79	34,05	22,54	40,83
освітлювальне:									12,96				2,95	3,18	
Всього:									31,96	20,49			37	25,72	45,06
Дальня															
силowe:	25	5	25	250	5	0,58	0,9	0,48	145	70,23	20	1,2	174,35	70,23	187,96
освітлювальне:									19,2				8,91	4,31	
Всього:									164,2	70,23			183,26	74,54	197,84
Всього по ТП6, ТП7:															
силowe:	195	1	250	8500	250	0,4	0,71	1	3406	3400,66	68	1,16	3950,19	3400,66	5212,34
освітлювальне:									146,53	-1434			52,75	49,2	
БК 0,4 кВ									3552,53	1966,66			4002,94	2015,86	4481,88
Всього на шинах 0,4 кВ ТП6, ТП7:													45,57	255,82	
Втрати в трансформаторах:															
Кількість трансформаторів: 4															

Продовження табл. 1.3

Назва	N спож шт	P одн.сп.		P сум, кВт	m	K _v	cosφ	tgφ	Сер. зм. нав.		n _{эф}	K _p	Розрах. навант.			
		мін, кВт	мак, кВт						P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			P _{розр} , кВт	Q _{розр} , квар	S _{розр} , кВА	
Номінальна потужність, кВА: 1600																
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,7																
Всього на шинах 10 кВ ТП6, ТП7:																
ТП8																
Насосна станція																
силове:	4	1	300	1200	300	0,6	0,7	1,02	720	734,55	4	1,53	1099,49	808,01	1364,46	
освітлювальне:									8,06				2,9	2,96		
Всього:									728,06	734,55			1102,39	810,97	1368,55	
Всього по ТП8:																
силове:	4	1	300	1200	300	0,6	0,7	1,02	720	734,55	4	1,53	1099,49	808,01	1364,46	
освітлювальне:									8,06				2,9	2,96		
БК 0,4 кВ																
Всього на шинах 0,4 кВ ТП8:																
Втрати в трансформаторах:									728,06	-17,45			1102,39	58,97	1103,97	
Кількість трансформаторів: 1													11,16	62,69		
Номінальна потужність, кВА: 1600																
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,69																
Всього на шинах 10 кВ ТП8:																
Всього по об'єкту																
силове:	651	1	300	27820	300	0,46	0,96	0,31	12865,6	3972,58	185	1,08	13880,27	3972,58	14437,57	
освітлювальне:									688,99				245,51	199,7		
Всього:									13554,59	3972,58			14125,78	4172,28	14729,07	
Потужність КП 0,4 кВ:																
Втрати в трансформаторах:																
Всього по об'єкту:																
Високовольтне навантаження																
АД1-АД4	4	720	720	2880		0,75	0,9	0,48	2160	1046,14			2160	1046,14	2400	
Всього високовольтного навантаження:																

Продовження табл. 1.3

Назва	$N_{\text{слож}}$ шт	$P_{\text{одн.сп.}}$		$P_{\text{сум.}}$ кВт	m	$K_{\text{в}}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	Сер. зм. нав.		$n_{\text{эф}}$	$K_{\text{р}}$	Розрах навант.		
		мін, кВт	мак, кВт						$P_{\text{зм}}$, кВт	$Q_{\text{зм}}$, квар			$P_{\text{розр}}$, кВт	$Q_{\text{розр}}$, квар	$S_{\text{розр}}$, кВА
Всього по об'єкту 10 кВ:													16447,16	6123,92	17550,26
КП 10 кВ:														-3900	
Всього 10 кВ з КП:													16447,16	2223,92	16596,84

Таблиця 1.5. Результати розрахунків доб. графіків

№	Зим. дні						Літн. дні					
	Роб. дні			Вих. дні			Роб. дні			Вих. 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	7067	1011	7139	6081	1479	6258	6007	859	6068	5169	1257	5320
2	7231	986	7298	5917	1454	6093	6147	838	6204	5029	1236	5179
3	6903	1035	6980	6245	1430	6407	5867	880	5933	5309	1215	5446
4	7231	1011	7301	5917	1454	6093	6147	859	6207	5029	1236	5179
5	8053	1085	8126	6081	1454	6252	6845	922	6907	5169	1236	5315
6	8218	1134	8296	5917	1479	6099	6985	964	7051	5029	1257	5184
7	12819	1578	12916	5917	1454	6093	10896	1341	10978	5029	1236	5179
8	14956	1824	15067	6245	1430	6407	12712	1550	12806	5309	1215	5446
9	16435	2465	16619	4273	1183	4434	13970	2095	14126	3632	1006	3769
10	16435	2465	16619	4602	1208	4758	13970	2095	14126	3912	1027	4045
11	14627	1873	14746	4602	1208	4758	12433	1592	12535	3912	1027	4045
12	12984	1578	13080	4437	1183	4592	11036	1341	11117	3772	1006	3904
13	14627	1824	14740	4273	1232	4447	12433	1550	12529	3632	1048	3780
14	14463	1849	14581	4437	1208	4599	12293	1571	12393	3772	1027	3909
15	16435	1947	16550	4602	1208	4758	13970	1655	14068	3912	1027	4045
16	16435	1923	16547	4437	1183	4592	13970	1634	14065	3772	1006	3904
17	14627	1824	14740	4766	1232	4923	12433	1550	12529	4051	1048	4184
18	12984	1627	13086	6574	1430	6728	11036	1383	11122	5588	1215	5719
19	9532	1208	9608	6081	1430	6247	8102	1027	8167	5169	1215	5310
20	9697	1183	9769	6081	1454	6252	8242	1006	8303	5169	1236	5315
21	8053	1134	8132	6410	1479	6578	6845	964	6913	5448	1257	5591
22	7889	1109	7967	6245	1454	6412	6705	943	6771	5309	1236	5451
23	8053	1085	8126	5917	1430	6087	6845	922	6907	5029	1215	5174
24	7231	1011	7301	6081	1430	6247	6147	859	6207	5169	1215	5310

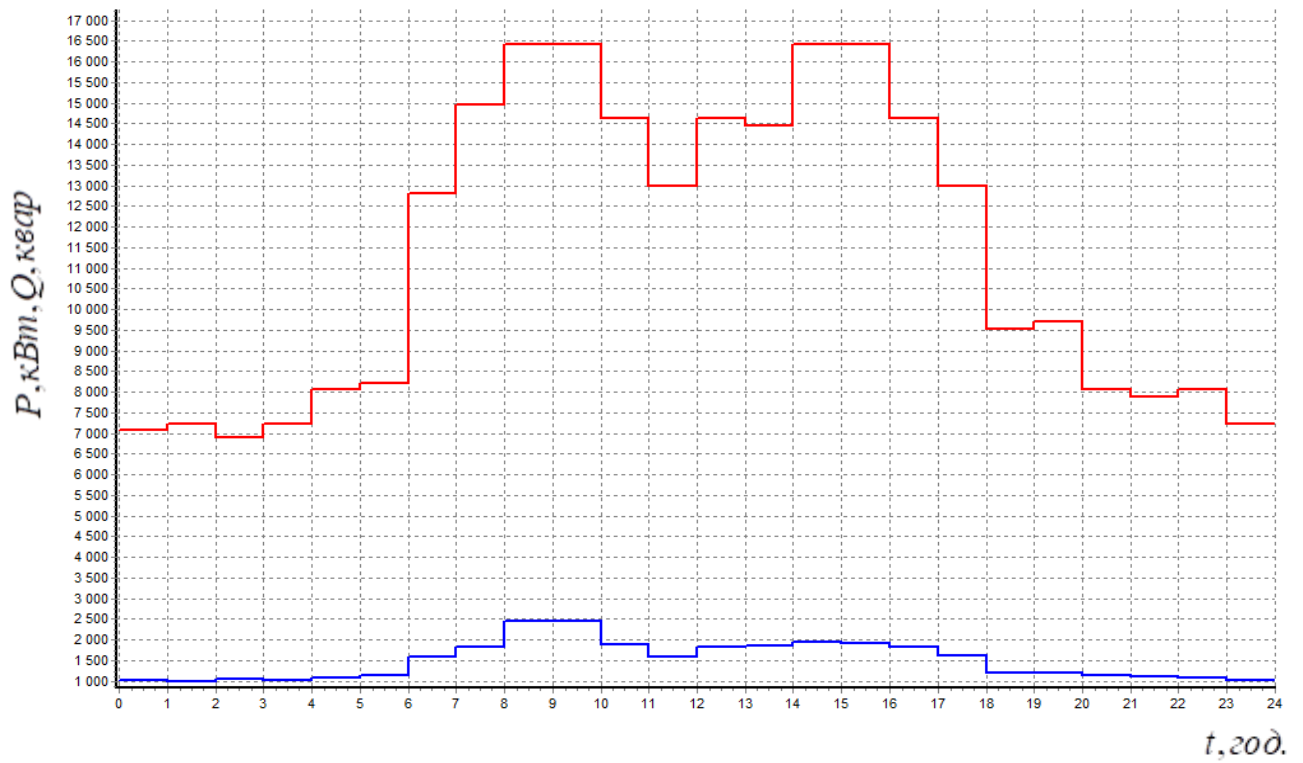


Рис. 1.1. Доб. графіки (зимові роб.)

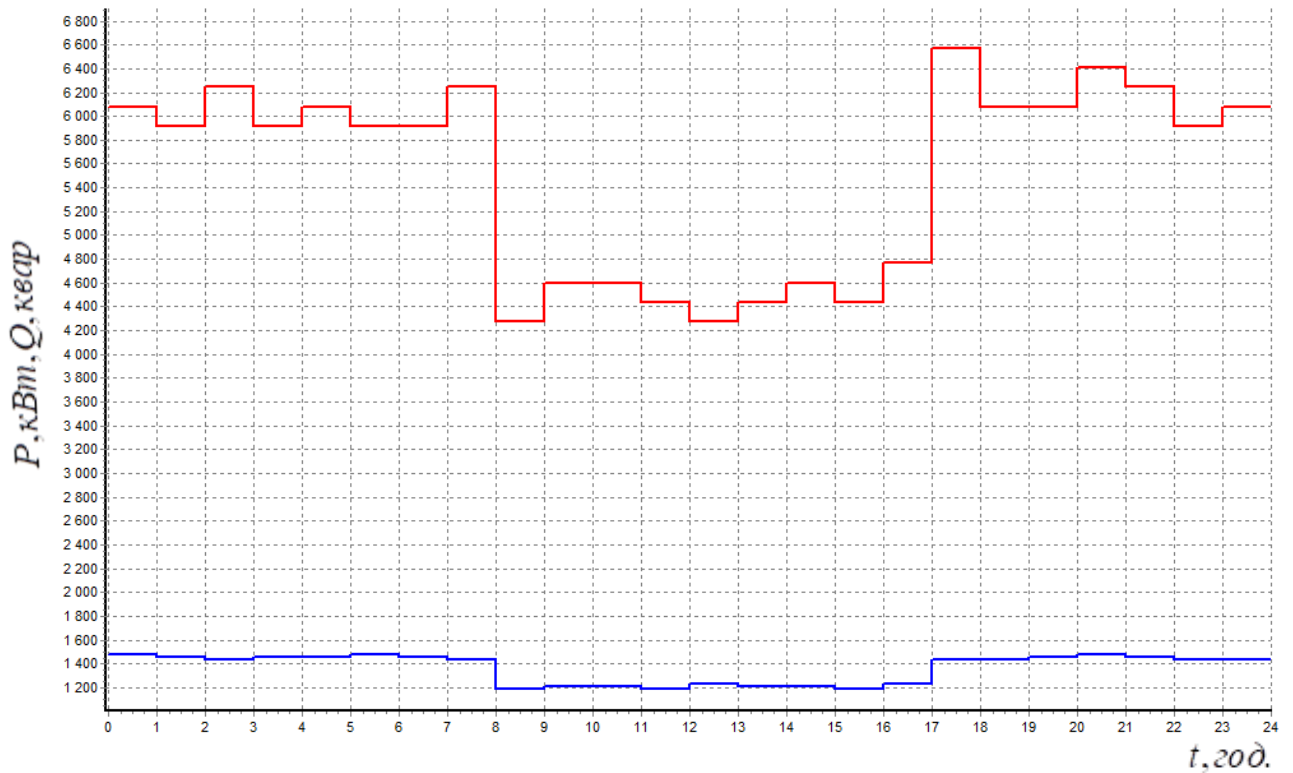


Рис. 1.2. Доб. графіки активн. (зимові вих.)

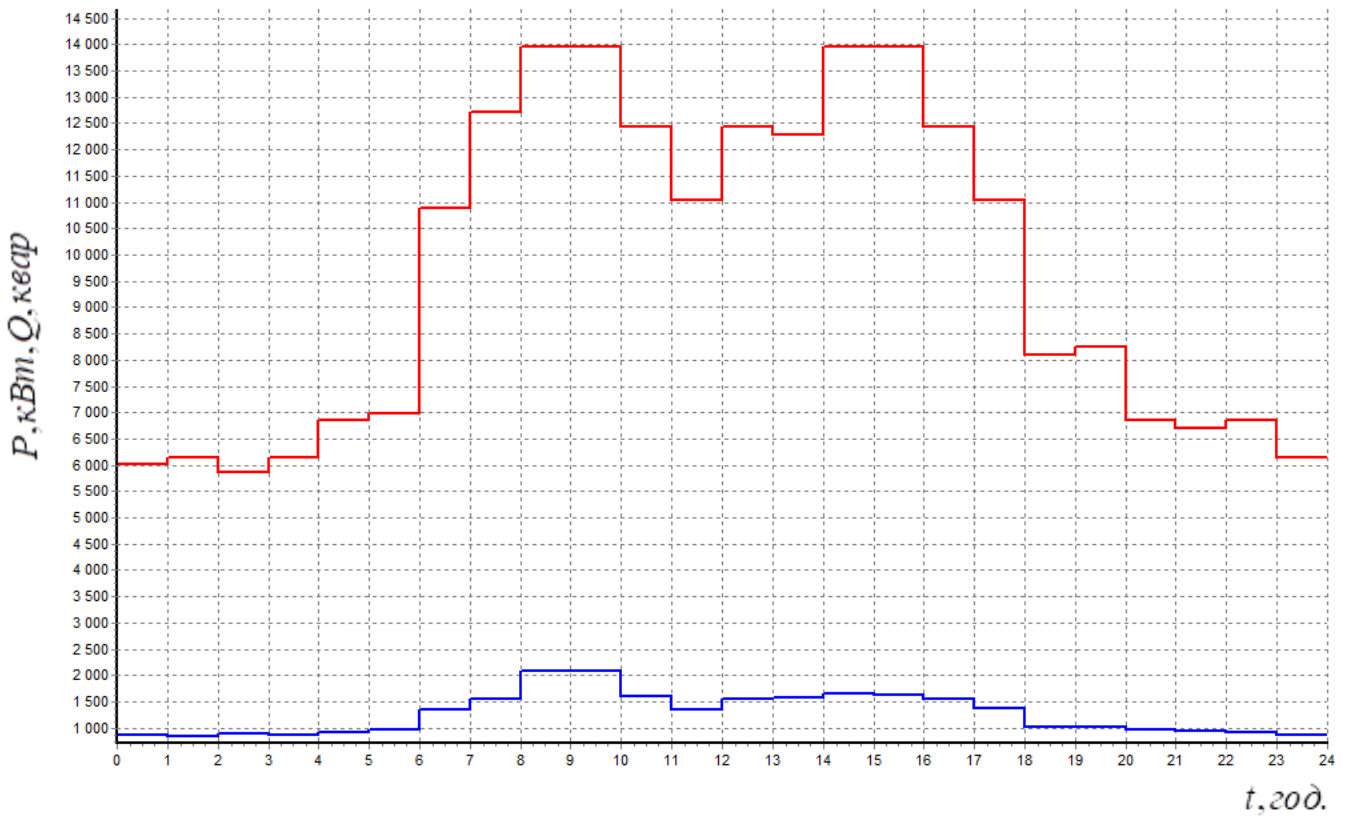


Рис. 1.3. Доб. графіки (літні роб.)

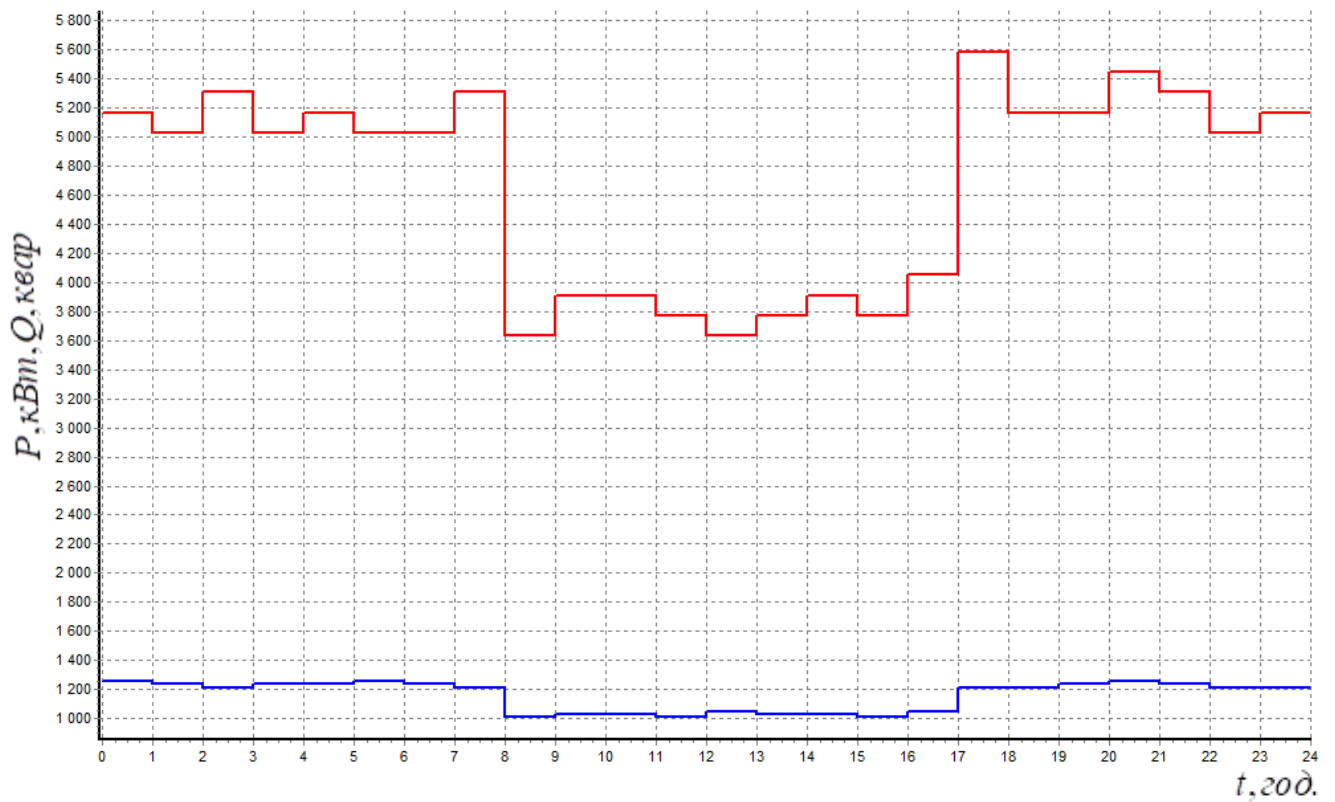


Рис. 1.4 Доб. графіки (літні вих.)

РОЗДІЛ 2

КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок картограми навантаж. головного корпусу випробувального заводу приведено нижче:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_{\text{осв}} + P_{\text{сил}}}{\pi m}} = \sqrt{\frac{36,48 + 3729,8}{3,14 \cdot 0,2}} = 77,42 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360}{P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}}} = \frac{36,48 \cdot 360}{3766,28} = 3,49^\circ$$

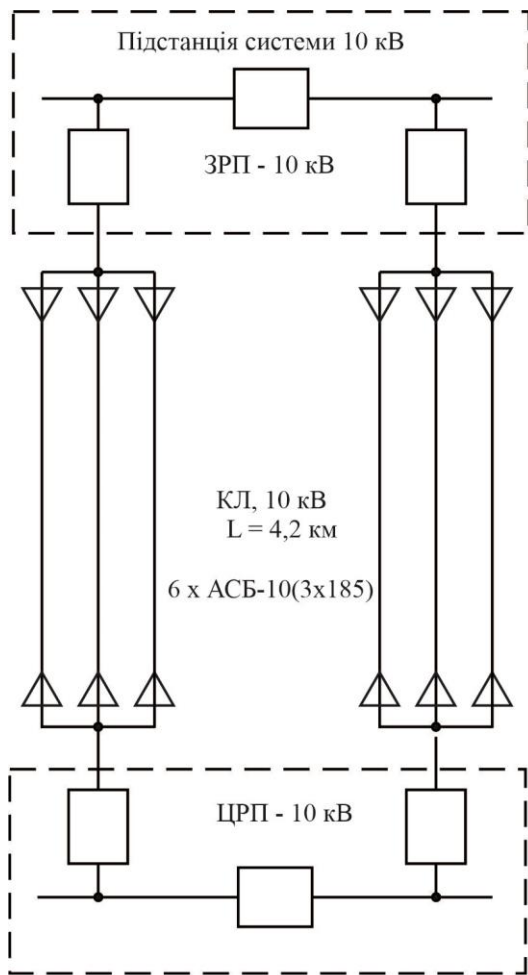
Центр електричних навантажень

$$X = \frac{\sum_{j=1}^m X_j P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} = \frac{3526490}{17318,56} = 203,62 \text{ м,}$$

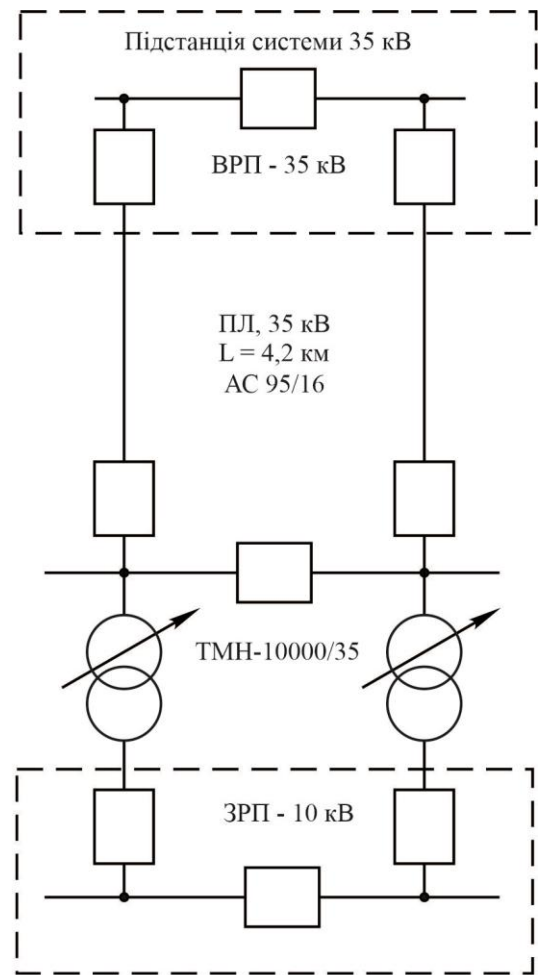
$$Y = \frac{\sum_{j=1}^m Y_j P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} = \frac{2095921,32}{17318,56} = 121,02 \text{ м.}$$

Таблиця 2.1. Картограма ел. навантажень

№	Назва цеху	$P_{\text{спр}}$, кВт	$P_{\text{овв}}$, кВт	P_1 , кВт	m	R , мм	α , град	x , м	y , м	$P_1 \cdot x$, кВт·м	$P_1 \cdot y$, кВт·м
1.	Головний корпус випробувального зав	3729,80	36,48	3766,28	0,2	77,42	3,49	248,00	42,00	934037,44	158183,76
2.	Центральний матеріальний склад	68,63	4,41	73,04	0,2	10,78	21,74	330,00	130,00	24103,20	9495,20
3.	Лабораторія спеціальних робіт	2447,24	17	2464,24	0,2	62,63	2,48	260,00	130,00	640702,40	320351,20
4.	Машинний корпус	2491,03	40,94	2531,97	0,2	63,48	5,82	96,00	46,00	243069,12	116470,62
5.	Електрофізичний корпус	436,65	18,9	455,55	0,2	26,93	14,94	168,00	146,00	76532,40	66510,30
6.	Лабораторія низьких температур				0,2			0,00	0,00		
	а) 0.38 кВ	172,22	17,89	190,11	0,2	17,39	33,88	56,00	148,00	10646,16	28136,28
	б) 10 кВ (АД)	2160	0	2160,00	0,2	58,63	0,00	56,00	148,00	120960,00	319680,00
7.	Пожежне депо	34,05	2,95	37,00	0,2	7,67	28,70	374,00	106,00	13838,00	3922,00
8.	Котельня	348,71	15,13	363,84	0,2	24,06	14,97	296,00	228,00	107696,64	82955,52
9.	Корпус високих напруг	3850,63	32,32	3882,95	0,2	78,61	3,00	202,00	218,00	784355,90	846483,10
10.	Адміністративно-господарчий корпус	59,98	34,34	94,32	0,2	12,25	131,07	90,00	208,00	8488,80	19618,56
11.	Насосна станція	1099,49	2,9	1102,39	0,2	41,89	0,95	446,00	104,00	491665,94	114648,56
12.	Їдальня	174,35	8,91	183,26	0,2	17,08	17,50	366,00	42,00	67073,16	7696,92
13.	Територія заводу	0	13,61	13,61	0,2	4,65	360,00	244,00	130,00	3320,84	1769,30
	Всього по заводу	17072,78	245,78	17318,56						3526490,00	2095921,32



а)



б)

Рис. 3.1. Схеми зовн. електропостач.

$$K_{\text{зав}} = \frac{I_p}{I_{\text{доп}}} = \frac{159,9}{310} = 0,52$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{лкм}} I_{\text{сум}} K_{\text{зав}}^2 = 22 \cdot 25,2 \cdot 0,2704 = 149,91 \text{ кВт}$$

$$\Delta W_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{кл}} \tau = 49,97 \cdot 3170,44 = 158426,89 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

$$C_{\text{втр.кл}} = \Delta W_{\text{сум}} C_0 = 158426,89 \cdot 8,87 \cdot 0,001 = 1405,25 \text{ тис.грн.}$$

Таблиця 3.1. Розрах. кап. Вкладень для 1 вар.

№	Назва	Од.	К-сть	Вартість	Всього
1	КЛ 10 кВ	км	25,2	54	1360,8
2	Траншея	км.	4,2	14,3	60,06
3	Шафи КРП	шт.	2	10,7	21,40
Всього					1442,26

Таблиця 3.2. Поточні витрати для 1 вар.

№	Назва	K_j	P_{aj}	C_{aj}	C_{ej}	C_j
1	КЛ 10 кВ	1360,8	5,0	68,04	68,04	136,08
2	Траншея	60,06	5,0	3,003	3,003	6,006
3	Шафи КРП	21,4	15,0	3,21	1,07	4,280
Всього						146,366

Розрахунок збитку від недовідпуску електроенергії наведено нижче.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 1,008 = 1,012 \quad \text{1/рік}$$

$$T_{\text{відн}} = \frac{\sum \lambda_i T_{\text{відн},i}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 1,008 \cdot 0,000882)}{1,012} = 0,00088029 \quad \text{рік}$$

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

$$K_{\text{а.п}} = \lambda T_{\text{відн}} = 1,012 \cdot 0,000880292490118577 = 0,000890856$$

$$K_{\text{а.пр}} = 0,5 \lambda K_{\text{пр}}^2 = 0,5 \cdot 1,012 \cdot 0,00000576 = 0,00000291456$$

$$K_{\text{а.пр}}^{(2)} = K_{\text{а.п}}^2 + 2K_{\text{а.пр}} = 0,00000079362441 + 2 \cdot 0,00000291456 = 0,0000066227$$

$$T_{\text{ав}} = K_{\text{а.пр}}^{(2)} \cdot 8760 = 0,0000066227 \cdot 8760 = 0,05801$$

						Ар.
						25

Таблиця 4.3. Результати розрахунків з вибору КП ($N_T = 15$ шт.)

№ ТП	К-сть тр.	$P_{\text{розр}}$, кВт	$Q_{\text{розр}}$, квар	$Q_{\text{проп}}$, квар	$Q_{\text{комп}}$, квар	К-сть та потужн. батарей конд., шт. · кВАр	$Q_{\text{БКсум}}$, квар	$Q_{\text{кп}} - Q_{\text{бк}}$, квар	$K_{\text{зав}}$	$S_{\text{розр}}$, кВА
1,2	4	4330,5	2803,6	1147,68	1655,92	4·100; 4·112,5; 4·200;	1650	5,92	0,7	4481,52
3,4	3	3052,5	2168,7	1404,22	764,48	3·50; 3·200;	750	14,48	0,7	3366,08
5	3	2490,4	2305,7	2255,55	50,15	1·50;	50	0,15	0,7	3360,1
6,7	4	4002,9	3449,9	2011,76	1438,14	2·50; 2·67; 4·300;	1434	4,14	0,7	4481,86
8	1	1113,5	873,5	120,49	753,01	1·150; 1·200; 1·402;	752	1,01	0,7	1120,11

БК 0,4 кВ: 4636 квар.; БК. 10 кВ: 5400 квар.

Таблиця 4.4. Результати розрахунків з вибору КП ($N_T = 16$ шт.)

№ ТП	К-сть тр.	$P_{\text{розр}}$, кВт	$Q_{\text{розр}}$, квар	$Q_{\text{проп}}$, квар	$Q_{\text{комп}}$, квар	К-сть та потужн. батарей конд., шт. · кВАр	$Q_{\text{БКсум}}$, квар	$Q_{\text{кп}} - Q_{\text{бк}}$, квар	$K_{\text{зав}}$	$S_{\text{розр}}$, кВА
1,2	5	4330,5	2803,6	3550,6	0		0	0	0,64	5158,82
3,4	3	3052,5	2168,7	1404,22	764,48	3·50; 3·200;	750	14,48	0,7	3366,08
5	3	2490,4	2305,7	2255,55	50,15	1·50;	50	0,15	0,7	3360,1
6,7	4	4002,9	3449,9	2011,76	1438,14	2·50; 2·67; 4·300;	1434	4,14	0,7	4481,86
8	1	1113,5	873,5	120,49	753,01	1·150; 1·200; 1·402;	752	1,01	0,7	1120,11

БК 0,4 кВ: 2986 квар.; БК. 10 кВ: 7200 квар.

Втрати потужності:

$$\Delta P_{\text{БКН}} = P_{\text{ТП}}^{\text{БКН}} \cdot Q_{\text{БКН}} = 0,0045 \cdot 6906 = 31,08 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{БКВ}} = P_{\text{ТП}}^{\text{БКВ}} \cdot Q_{\text{БКВ}} = 0,003 \cdot 3900 = 11,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{T}} = \frac{P_{\text{H}}^2 + Q_1^2}{U_{\text{НОМ}}^2} R_{\text{ТР}} \cdot 10^{-3} = \frac{14765,89 + 5275,3}{10^2} \cdot 0,03 \cdot 0,001 = 73,76 \text{ кВт}$$

РОЗДІЛ 5

ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА

Вибір силового трансформатора ТП-1:

$$K_{зав} = \frac{S_{розр}}{n_{тр} S_{номтр}} = \frac{1403,88}{2 \cdot 1000} = 0,7$$

$$S_{номтр} = 2 \cdot 1000 = 2000 \geq \frac{S_{розр}}{K_1} = \frac{1403,88}{1,08} = 1300$$

$$S_{номтр} = 1000 \geq \frac{S_{розр}}{K_2} = \frac{1403,88}{1,4} \approx 1003$$

Вибір інших трансформаторів наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Результати вибору цехових трансформаторів

№	К-сть тр.	S _{розр} , кВА	K _{зав}	S _{ном} > S _{розр} /K ₁	S _{ном} > S _{розр} /K ₂
ТП-1	2	1403,88	0,70	1300	1003
ТП-2	2	1403,88	0,70	1300	1003
ТП-3	2	1398,92	0,70	1295	999
ТП-4	1	1398,92	0,70	1295	999
ТП-5	2	1398,92	0,70	1295	999
ТП-6	2	1398,92	0,70	1295	999
ТП-7	2	1407,08	0,70	1303	1005
ТП-8	1	1120,11	0,70	1037	800

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень

Опори елементів мережі:

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

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

$$R_{кл} = \frac{i_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,167 \cdot 4,2}{3} = 0,2338 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,077 \cdot 4,2}{3} = 0,11 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 1,103 + 0,11 = 1,213 \text{ Ом}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{кл} = 0,044 + 0,2338 = 0,278 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,278^2 + 1,213^2} = 1,244 \text{ Ом}$$

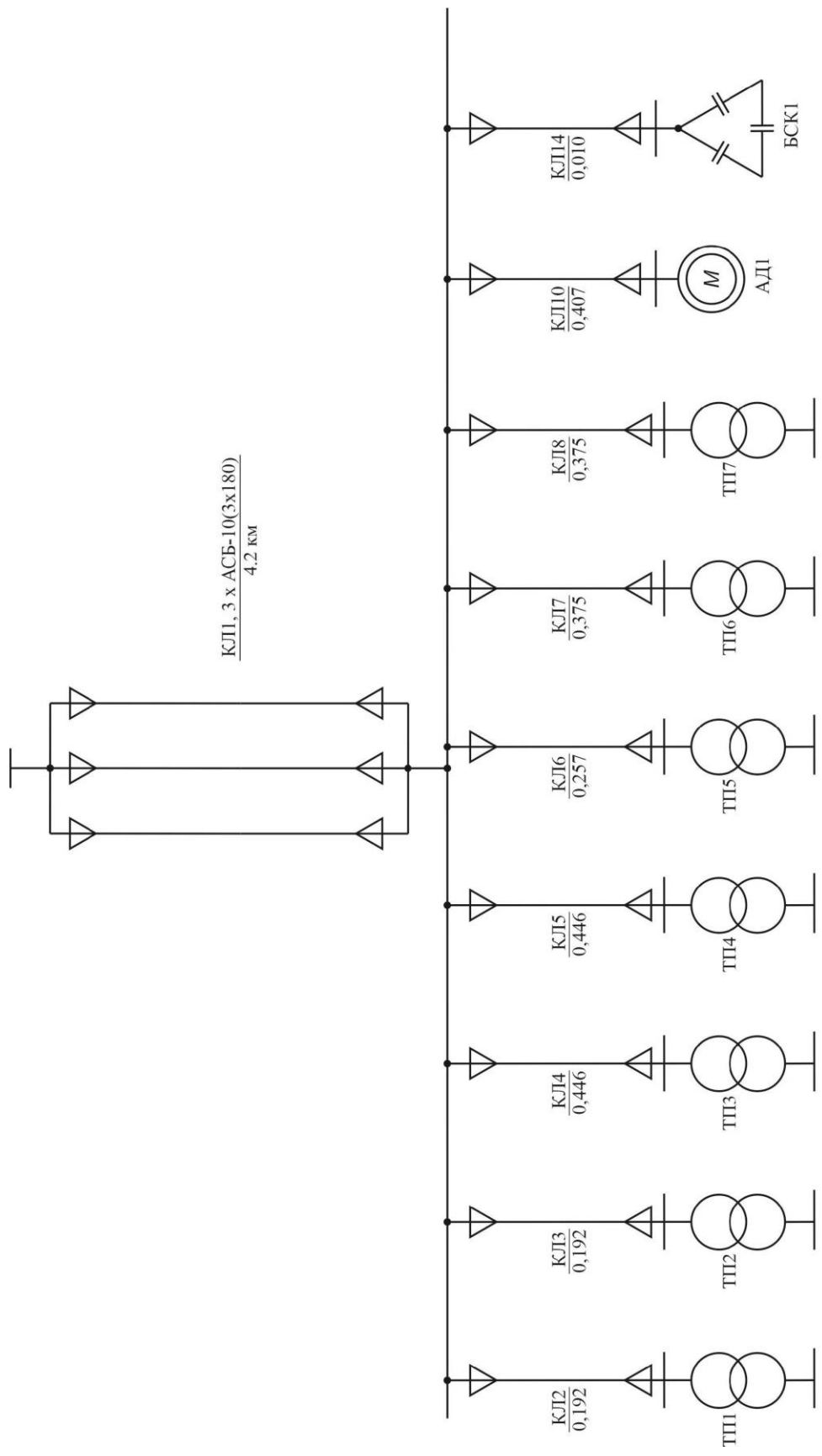


Рис. 6.1. Розрахункова схема

--	--	--	--	--	--

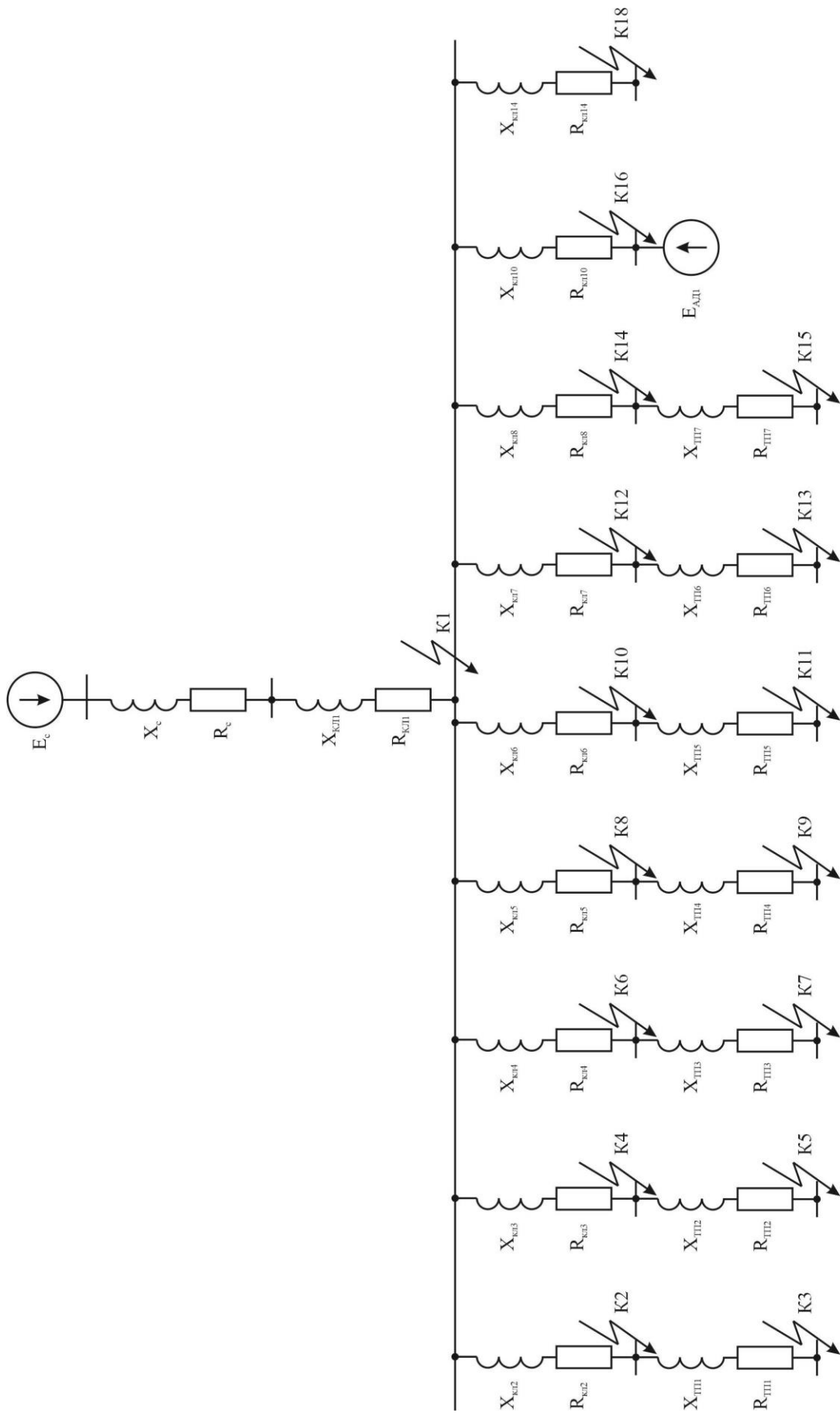


Рис. 6.2. Схема заміщення

--	--	--	--	--	--

Параметри струму к.з. в т. К1:

$$I''_{K1(c)} = \frac{U_{cp,ном}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,244} = 4,87 \text{ кА}$$

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{1,213}{314 \cdot 0,278} = 0,0139 \text{ с}$$

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0139}} = 1,487$$

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial} I''_{K1(c)} = \sqrt{2} \cdot 1,487 \cdot 4,87 = 10,24 \text{ кА}$$

Струм підживлення від АД 10 кВ:

$$S_{ном} = \frac{P_{ном}}{\cos\varphi_{ном} \cdot \eta} = \frac{0,72}{0,75 \cdot 0,92} = 1,043 \text{ МВА}$$

$$X_{АД} = \frac{1}{I_{пуск}} \frac{U_{cp,ном}^2}{S_{ном}} = \frac{10,5^2}{5,2 \cdot 1,043} = 20,33 \text{ Ом}$$

$$I''_{K1(АД)} = n_{АД} \frac{E_* \cdot U_{cp,ном}}{\sqrt{3}X_{АД}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 20,33} = 0,54 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial 1(АД)} = \sqrt{2}k_{y\partial(АД)} I''_{K1(АД)} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 0,54 = 1,3 \text{ кА}$$

$$I''_{K1} = I''_{K1(c)} + I''_{K1(АД)} = 4,87 + 0,54 = 5,41 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial 1} = i_{y\partial 1(c)} + i_{y\partial 1(AI)} = 10,24 + 1,3 = 11,54 \text{ кА}$$

Параметри вибору КЛ1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{\text{ср.ном}}} = \frac{2240,8}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 61,61 \text{ А}$$

$$B_k = I_{K1}^2 (t_{p.z.min} + T_a) = 5,41^2 (1,365 + 0,0139) = 40,36 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{40,36 \cdot 10^3} = 67,58 \text{ мм}^2$$

Обираємо кабель ААШВ-10(3 х 70).

Опір КЛ1:

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл} = 0,443 \cdot 0,192 = 0,085 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл} = 0,086 \cdot 0,192 = 0,017 \text{ Ом}$$

Опори інших ліній наведено в табл. 6.1.

Параметри струму к.з. в т. К2:

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{кл} = 1,213 + 0,017 = 1,23 \text{ Ом}$$

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{кл} = 0,278 + 0,085 = 0,363 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,363^2 + 1,23^2} = 1,282 \text{ Ом}$$

Таблиця 6.1. Розрахунок опорів КЛ

№	Довжина l , км	Пит. опір r_0 , Ом/км	Пит. опір x_0 , Ом/км	Опір R , Ом	Опір X , Ом
1	4,200	0,167	0,077	0,234	0,108
2	0,192	0,443	0,086	0,085	0,017
3	0,192	0,443	0,086	0,085	0,017
4	0,446	0,443	0,086	0,198	0,038
5	0,446	0,443	0,086	0,198	0,038
6	0,257	0,443	0,086	0,114	0,022
7	0,375	0,443	0,086	0,166	0,032
8	0,375	0,443	0,086	0,166	0,032
10-13	0,407	0,167	0,077	0,068	0,031
14-15	0,010	0,443	0,086	0,004	0,001

$$I_{K2}'' = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,282} = 4,73 \text{ кА}$$

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{1,23}{314 \cdot 0,363} = 0,0108 \text{ с}$$

$$k_{y\partial 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0108}} = 1,396$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2}k_{y\partial} I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1,396 \cdot 4,73 = 9,34 \text{ кА}$$

Параметри струму к.з. в т. К3:

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left(\frac{U_{HH}}{U_{EH}} \right)^2 = (1,23 + 3,79) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0073 \text{ Ом}$$

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left(\frac{U_{HH}}{U_{EH}} \right)^2 = (0,363 + 0,5) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0013 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0013^2 + 0,0073^2} = 0,0074 \text{ Ом}$$

$$I_{K3}'' = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0074} = 31,21 \text{ кА}$$

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0073}{314 \cdot 0,0013} = 0,0179 \text{ с}$$

$$k_{y\delta 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0179}} = 1,572$$

$$i_{y\delta 3} = \sqrt{2} k_{y\delta 3} I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,572 \cdot 31,21 = 69,38 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів к.з. в інших точках мережі наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. Розрахунок струмів к.з.

№	Опір R , Ом	Опір X , Ом	Струм I_k'' , кА	Постійна часу T_a , с	Ударний коеф. $k_{уд}$	Ударний струм $i_{уд}$, кА
1	0,2780	1,2130	5,41	0,0139	1,487	11,54
2	0,3630	1,2300	4,73	0,0108	1,396	9,34
3	0,0013	0,0073	31,21	0,0179	1,572	69,38
4	0,3630	1,2300	4,73	0,0108	1,396	9,34
5	0,0013	0,0073	31,21	0,0179	1,572	69,38
6	0,4760	1,2510	4,53	0,0084	1,304	8,35
7	0,0014	0,0073	31,21	0,0166	1,547	68,28
8	0,4760	1,2510	4,53	0,0084	1,304	8,35
9	0,0014	0,0073	31,21	0,0166	1,547	68,28
10	0,3920	1,2350	4,68	0,0100	1,368	9,05
11	0,0013	0,0073	31,21	0,0179	1,572	69,38
12	0,4440	1,2450	4,59	0,0089	1,325	8,60
13	0,0014	0,0073	31,21	0,0166	1,547	68,28
14	0,4440	1,2450	4,59	0,0089	1,325	8,60
15	0,0014	0,0073	31,21	0,0166	1,547	68,28
16	0,3460	1,2440	4,69	0,0115	1,419	9,41
17	0,2820	1,2140	4,86	0,0137	1,482	10,19

6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ

Параметри вибору КЛ до ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} U_{ср.ном}} = \frac{2240,8}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 61,61 \text{ А}$$

Обираємо ААШВ-10(3х70).

Таблиця .6.3. Вибір КЛ

№	$n_{\text{КЛ}},$ шт	$S_{\text{розр}},$ МВА	Струм $I_{\text{р}},$ А	Струм $I_{\text{р.ав.}},$ А	Тепл. імпл. $B_{\text{к}},$ $\text{кА}^2\text{с}$	Переріз $F_{\text{мін}},$ мм^2	Марка КЛ	Струм $I_{\text{доп}},$ А	Коеф. $K_{\text{п}}$	$K_{\text{п}} I_{\text{доп}},$ А	Коеф. $K_{\text{ап}}$	Коеф. $K'_{\text{п}}$	$K_{\text{ап}} K'_{\text{п}} I_{\text{доп}}$ А
1	6	16597	152,1	304,2	40,36	67,58	6 х АСБ-10(3 х 185)	310	0,75	232,5	1,35	0,85	355,73
2	2	2240,8	61,61	123,22	40,36	67,58	2 х ААПШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
3	2	2240,8	61,61	123,22	40,36	67,58	2 х ААПШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
4	2	2244,1	61,7	123,4	40,36	67,58	2 х ААПШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
5	1	1122	61,69	-	40,36	67,58	1 х ААПШВ-10(3х70)	165	1	165	-	-	-
6	2	2490,4	68,47	136,94	40,36	67,58	2 х ААПШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
7	2	2240,9	61,61	123,22	40,36	67,58	2 х ААПШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
8	2	2240,9	61,61	123,22	40,36	67,58	2 х ААПШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
10-13	1	720	39,59	-	40,36	67,58	1 х ААПШВ-10(3х185)	310	1	310	-	-	-
14-15	1	1500	82,48	-	40,36	67,58	1 х ААПШВ-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
Номінальна напруга, кВ	$U_{вст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 11$
Довготр. струм, А	$I_{р.ф.} \leq I_{ном}$	$958,17 \leq 1000$
Відключаюча здатність: - симетр. струм: - аперіод. склад.: - повний струм:	$I_{нт} \leq I_{в.н.}$ $i_{ат} \leq \sqrt{2}\beta_{ном} I_{в.н.}$ $\sqrt{2}I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{н.в.} (1 + \beta_{ном})$	$5,41 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 5,41 + 0 < < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $7,65 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетр. струм: - уд. струм:	$I'' \leq I_{д.ст.}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{д.ст.}$	$5,41 \leq 52$ $11,54 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{Т.ном}^2 t_{Т.ном}$	$36,76 \leq 1200$

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

$$i_{ат} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 5,41 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0139}} = 0 \text{ кА}$$

$$B_k = I''^2 (t_{с.с.} + t_{пз. max} + T_a) = 5,41^2 (0,042 + 1,2 + 0,0139) = 36,76 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Обираємо ВР2-10-20/1000.

Інші вимикачі в схемі обираються аналогічно.

Для обмеження перенапруг обираємо ОПН-10/420/12-УХЛ1.

6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Схема приєднання ТВП до мережі наведена на рис. 6.3.

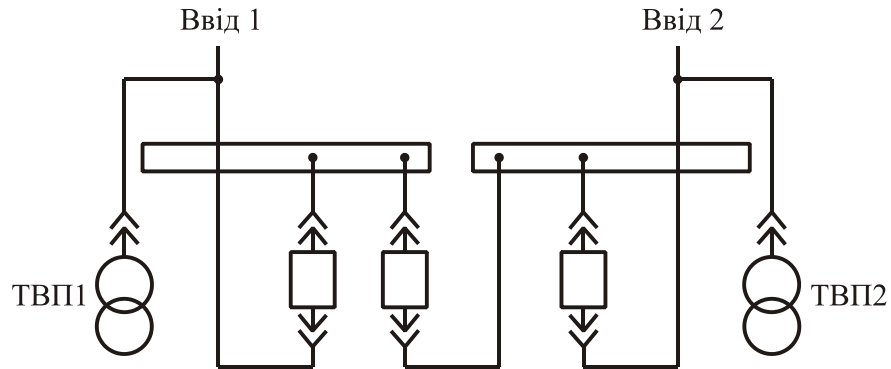


Рис. 6.3. Схема приєднання ТВП до мережі

Таблиця 6.5. Розрахунок електр. навант. ТВП

№	Споживача	P_n , кВт	n , шт.	P_{Σ} , кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{\text{вст}}$, кВт	$Q_{\text{вст}}$, квар
1.	Пристрої підігріву комірок КРП	0,6	28	16,8	0,97	0,25	16,8	4
2.	Опал. і освітл. приміщення операт. персоналу	6	3	18	0,97	0,25	18	5
3.	Зовнішнє освітл.	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
4.	Спожив. оперативними колами	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
Сумарно							70,8	19

Сумарне електр. навант. ТВП:

$$S_{\text{вст}} = \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = \sqrt{70,8^2 + 19^2} = 73,31 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{посп}} = K_{\text{п}} S_{\text{вст}} = 0,8 \cdot 73,31 = 58,65 \text{ кВА}$$

Обираємо ТМ-40/10.

$$K_{\text{зав}} = \frac{S_{\text{посп}}}{n_{\text{т}} S_{\text{н.т.}}} = \frac{58,65}{2 \cdot 40} = 0,73$$

РОЗДІЛ 7

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

7.1 Загальний опис та характеристика складських будівель

Складськими будівлями вважаються спеціалізовані конструкції та інженерні об'єкти, що функціонально призначені для виконання комплексу логістичних операцій: приймання різноманітних вантажів, їх тривалого або тимчасового зберігання, проведення сортувальних робіт, перекомплектації товарних партій та організації подальшого відправлення за призначенням. Складські комплекси, окрім основних приміщень для зберігання товарів, часто включають також зони адміністративного характеру та побутової інфраструктури. У будівлях складського призначення використовуються різноманітні системи розташування та зберігання продукції (як показано на рисунку 1.1), які можна класифікувати за такими основними типами:

- підлоговий метод (товари розміщуються безпосередньо на підлозі штабелями або в спеціальних контейнерах, що дозволяє максимально використовувати площу приміщення, але обмежує висоту складування);
- стелажна технологія (використання вертикальних конструкцій різної висоти та конфігурації, що дозволяє ефективніше використовувати об'єм приміщення та забезпечує кращий доступ до товарів).



а)



б)



в)

Рис.7.1 – Типи склад. зберігання продукції:

а – підлоговий; б – змішаний в – стелажний;

напівпровідниковими джерелами світла, а саме те, що їх коефіцієнт корисної дії становить $\eta_c = 1$, то за таких умов маємо:

$$U = \eta_n.$$

Це означає, що для світлодіодних освітлювальних приладів коефіцієнт використання повністю визначається лише характеристиками приміщення, включаючи його геометрію, відбивальні властивості поверхонь (стін, стелі, підлоги) та розташування робочих зон. Така особливість суттєво спрощує розрахунки при проектуванні освітлювальних систем із використанням напівпровідникових джерел світла та дозволяє більш точно прогнозувати ефективність освітлення складських приміщень різної конфігурації.

Коефіцієнт корисної дії приміщення η_p визначається на основі кількох ключових факторів. Серед них:

1. Характеристики кривої сили світла використовуваних світильників.
2. Показники відбивання внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій, які формують межі приміщення (включаючи стелю, стіни та підлогу).
3. Специфічний параметр - індекс приміщення, що є комплексним показником, який враховує геометричні характеристики простору.

Цей індекс приміщення інтегрує в собі як габаритні розміри складського приміщення, так і його просторову конфігурацію. Він дозволяє математично описати вплив геометрії простору на розподіл світлового потоку та ефективність освітлювальної системи в цілому.

Визначення коефіцієнта η_p має критичне значення для точного розрахунку необхідної кількості світильників, особливо для складських приміщень, де ефективне використання світлового потоку безпосередньо впливає на енергоефективність та експлуатаційні витрати системи освітлення.

Індекс приміщення розраховується за формулою:

$$i = \frac{S}{h_p(a+b)},$$

Розрахунок освітлення для приміщення складу:

$$i = \frac{1395}{6,80 \cdot (46,5 + 30)} = 2,68.$$

Таким чином, коефіцієнт корисної дії (ККД) приміщення

- для кривої сили світла (КСС) типу Л:

$$U = \frac{-0,2980}{2,68^3} + \frac{0,9440}{2,68^2} + \frac{-1,2290}{2,68} + 1,1290 = 0,78;$$

- для кривої сили світла (КСС) типу К:

$$U = \frac{-0,0508}{2,68^3} + \frac{0,2027}{2,68^2} + \frac{-0,4873}{2,68} + 1,2339 = 1,08;$$

- для кривої сили світла (КСС) типу Г:

$$U = \frac{0,040}{2,68^3} + \frac{-0,0360}{2,68^2} + \frac{-0,3840}{2,68} + 1,1370 = 0,99.$$

Розрахунок світлового потоку для різних типів кривих світла (КСС):

- тип КСС Г:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{0,99} = 153104 \text{ лм};$$

- тип КСС К:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{1,08} = 140764 \text{ лм};$$

- тип КСС Л:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{0,78} = 192883 \text{ лм.}$$

В табл. 7.1 представлено підсумки світлотехнічних розрахунків для різних значень потужності освітлювальних приладів.

Таблиця 7.1. Містить дані світлотехнічного аналізу при змінних показниках потужності освітлювального обладнання.

КСС	Потужність, Вт		
	30	40	50
К-сть освітлювальних приладів			
К	34	25	20
Г	36	27	22
Л	46	34	28
Розрах. освітленість, лк			
К	76,10	74,60	74,60
Г	74,10	74,10	75,40
Л	75,10	74,00	76,20
Сумарна потужність, кВт			
К	1,020	1,000	1,000
Г	1,080	1,080	1,100
Л	1,380	1,360	1,400

Аналізуючи отримані результати обчислень та представлені діаграми на рисунку 3.3, можна зробити висновок, що оптимальними за енергоспоживанням виявляються освітлювальні системи з використанням приладів, які мають криву сили світла категорії Д. Враховуючи цей факт, для нашого складського приміщення доцільно обрати освітлювальну конфігурацію із 20 світлових приладів моделі ДСП77В з номінальною потужністю 50 Вт кожен.

Варто зазначити, що світильники з кривою сили світла типу Д (косинусна) забезпечують широкий розподіл світлового потоку, що особливо ефективно для рівномірного освітлення складських зон з високими стелажми. LED-світильники

Таблиця 7.2. Результати моделювання системи робочого освітлення складу

Тип КСС	Графіки ізолюкс	E_{\max} , ЛК	E_{\min} , ЛК	$E_{\text{ср}}$, ЛК	$E_{\min}/E_{\text{ср}}$
Л		86,00	38,00	71,00	0,530
Г		94,00	34,00	77,00	0,440
К		151,00	19,00	80,00	0,230

З таблиці 7.2 видно, що для деяких приміщень неможливо визначити коефіцієнт використання світлового потоку стандартним методом, оскільки розраховані індекси приміщень знаходяться поза діапазоном 0,5-6. Для вирішення цієї проблеми та для перевірки точності наших обчислень доцільно застосувати спеціалізоване програмне забезпечення DIALux.

																									Ар.
																								64	

$$\Delta U_{I_щО_16} \% = 0,38 + 0,36 + 0,25 + 0,06 + 0,03 + 0,01 = 1,08 \%.$$

Подібним чином виконуємо розрахунки для всіх інших групових ліній, що отримують живлення від щита ЩО1. Аналіз результатів показує, що максимальне падіння напруги величиною 1,5% спостерігатиметься на найвіддаленішому освітлювальному приладі першої групової лінії.

Для щита освітлення ЩО2 схематичне зображення розрахункової моделі представлено на рисунку 7.7. Щодо решти мереж живлення та групових ліній, приймаємо значення площі поперечного перерізу провідників такими ж, як і в розглянутих вище випадках, що забезпечить уніфікацію кабельної продукції та спростить монтаж і обслуговування системи освітлення складського приміщення.

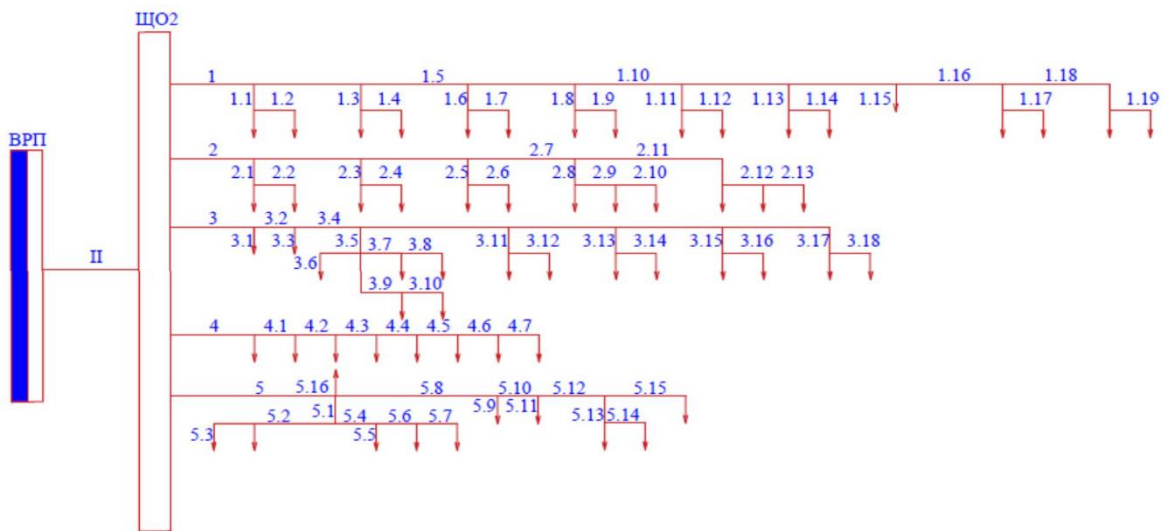


Рис. 7.7. Розрахункова схема мережі освітлення від ЩО2

