

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

“ ” 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розробка системи електропостачання бази відпочинку»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ–20,

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

Михайло МОСКАЛЕНКО

« » 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

Олександр СІРІКОВ

« » 2024 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

«_____» _____ 2024 р.

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

Москаленка Михайла Олександровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання бази відпочінку

Development of a power supply system for a recreation base

2. Керівник роботи Сіріков Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка системи електропостачання бази відпочінку. 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>08.04-19.04</i>	
2	<i>Картограма електричних навантажень</i>	<i>20.04-23.04</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>	<i>24.04-26.04</i>	
4	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>27.04-1.05</i>	
5	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	<i>2.05-5.05</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>6.05-9.05</i>	
7	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>10.05-20.05</i>	
8	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>21.05-26.05</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>27.05-30.05</i>	

Дата видачі завдання
«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

Олександр СІРІКОВ

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Михайло МОСКАЛЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 65 с.; 12 рис.; 24 табл.; 8 джерел

Москаленко М. О. Розробка системи електропостачання бази відпочинку. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Дана робота присвячена проектуванню системи електропостачання бази відпочинку. У роботі розглядаються питання розрахунку електричних навантажень об'єкта, визначення потужності джерел електропостачання та вибору відповідного високовольтного обладнання. Проведено аналіз режимів роботи системи електропостачання, включно з розрахунком реактивної потужності та струмів коротких замикань. На підставі отриманих результатів обґрунтовано вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання бази.

Спеціальний розділ присвячений питанню розробки системи електропостачання для забезпечення надійності. Результати розрахунків роботи показали, що спроектована система задовольняє вимогам, що висуваються до систем електропостачання об'єктів промислових підприємств.

Ключові слова: розрахункові навантаження, електрична мережа, освітлювальна мережа

ABSTRACT

Qualification work: 65 p.; 12 Fig.; 24 tables; 8 sources

Moskalenko M. Development of a power supply system for a heavy engineering 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, 2024.

This work is dedicated to designing the power supply system for a recreation base. The work examines the issues of calculating the electrical loads of the facility, determining the capacity of power supply sources, and selecting appropriate high-voltage equipment. An analysis of the operating modes of the power supply system was carried out, including calculating the reactive power and short-circuit currents. Based on the results obtained, the choice of external and internal power supply schemes for the base was substantiated.

A special section is devoted to developing a power supply system to ensure reliability. The results of performance calculations showed that the designed system meets the requirements for power supply systems of industrial facilities.

Keywords: calculated loads, electrical network, lighting network

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	9
1.1 Силові електричні навантаження до 1 кВ	9
1.2 Освітлювальні електричні навантаження.....	10
1.3 Силові електричні навантаження вище 1 кВ.....	11
1.4 Побудова графіків електричних навантажень	15
РОЗДІЛ 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	20
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	22
3.1 Схема зовнішнього електропостачання.....	22
3.2 Схема внутрішнього електропостачання	26
РОЗДІЛ 4. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	27
4.1 Баланс реактивної потужності.....	27
4.2 Вибір кількості, потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв	28
РОЗДІЛ 5. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ	31
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ	32
6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень	32
6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ.....	37
6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги.....	39
6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб.....	40
6.5 Вибір трансформаторів струму і напруги	41
РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ	43
7.1 Загальні положення.....	43
7.2 Характеристика об'єкта проектування.....	44
7.3 Методика розрахунку електричного навантаження.....	47
7.4 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення	49
7.5 Розбиття електроприймачів на групи та розрахунок навантажень розподільних щитів та поверхових щитків.....	53

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Москаленко М.О.			Розробка системи електропостачання заводу важкого машинобудування Development of a power supply system for a heavy engineering plant	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Сіріков О.І.					6	65
						ЦНТУ зр. ЕЕ-20		
Н. контр.		Сіріков О.І.						
Затвер.		Плешков П.Г.						

7.6 Розподіл несиметричного електричного навантаження по фазах.....	55
7.7 Вибір комутаційних апаратів.....	57
7.8 Вибір кабельно-провідникової продукції.....	58
7.9 Підключення вентиляційної установки.....	60
ВИСНОВКИ.....	64
ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ВСТУП

Робота присвячена розробці ефективної системи електропостачання бази відпочинку.

Забезпечення надійного електропостачання бази відпочинку є важливим аспектом створення комфортних умов для відпочиваючих. Електроенергія відіграє ключову роль у функціонуванні різноманітних інфраструктурних об'єктів, таких як житлові будинки, розважальні заклади, медичні пункти та інші сервіси. Відсутність стабільного електропостачання може негативно вплинути на якість послуг, що надаються, а також на безпеку та зручність перебування гостей.

Метою цієї дипломної роботи є аналіз існуючих систем електропостачання бази відпочинку та розробка оптимальних рішень для їх удосконалення. У процесі дослідження буде розглянуто такі аспекти, як оцінка поточних енергетичних потреб, вибір та обґрунтування джерел електроенергії, проектування системи електропостачання з урахуванням можливих навантажень та резервних джерел.

Актуальність теми зумовлена зростаючими вимогами до енергетичної ефективності та надійності електропостачання у сфері туризму та відпочинку. Розробка ефективних систем електропостачання дозволить зменшити витрати на енергоресурси, підвищити рівень сервісу та забезпечити безперебійне функціонування бази відпочинку.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

Розрахунок електричних навантажень

Цей розділ зосереджений на розв'язанні задачі оцінки електричних навантажень. Зокрема, це включає обчислення силових електричних навантажень до 1000 Вольт, освітлювальних електричних навантажень, а також силових електричних навантажень вище 1000В. Розрахунок електричних навантажень є критично важливим для забезпечення безпечної та надійної роботи електричних систем. Він дозволяє правильно підібрати обладнання, кабелі та захисні пристрої відповідно до очікуваних рівнів навантаження. Неточний розрахунок може призвести до перевантаження системи, що може спричинити пошкодження обладнання, перебої в енергопостачанні або навіть загрозу пожежної безпеки. Тому процедури обчислення навантажень ретельно регламентуються відповідними нормами та стандартами електротехнічної галузі.

1.1 Розрахунок силових навантажень в мережі до 1 кВ

Силові електричні навантаження до 1кВ визначають згідно метода коефіцієнта розрахункової потужності [1].

Для прикладу наведемо розрахунок сил. навант. до 1 кВ для їдальні.

Коефіцієнт m :

$$m = \frac{P_{н.мах}}{P_{н.мін}} = \frac{31}{0,08} = 87,$$

Середнє активне та реактивне навантаження:

$$P_{см} = P_{сум} K_u = 200 * 0.6 = 120 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} tg \varphi = 120 * 0.51 = 61.48 \text{ кВар}$$

Ефективна к-сть електроприймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H,max}} = \frac{2 \cdot 200}{31} = 13$$

Згідно [1] $K_p = 1,25$.

P_p і Q_p навантаження:

$$P_{CM} = P_{CM} K_p = 120 \cdot 125 = 149.51 \text{ kBT}$$

$$Q_p = Q_{CM} = 61,48 \text{кВар}$$

Результати розрахунку електр. навант. до 1 кВ в табл. 2.1.

Таблиця 1.1. Результати розрахунку силових електр. навант. до 1000 В

№	Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум, кВт	m	K _в	cos φ	tgφ	Серед.		n _{еф}	K _м	Розрах. навантаження		
			min	max						P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Селище 1	400	0,02	1,5	230	75	0,65	0,85	0,62	149,5	92,65	307	1	149,5	92,65	175,88
2	Ангар 1	32	1	6,4	90	6,4	0,7	0,8	0,75	63	47,25	28	1,11	69,93	47,25	84,4
3	Селище 2	630	0,04	2	420	50	0,6	0,86	0,59	252	149,53	420	1	252	149,53	293,02
4	Баний комплекс	150	0,85	12	150	14,1	0,8	0,9	0,48	120	58,12	25	1	120	58,12	133,33
5	Гуртожиток	411	0,08	3,5	180	43,7	0,75	0,75	0,88	135	119,06	103	1,04	140,46	119,06	184,13
6	Котельня	6	1,8	7,1	20	3,9	0,76	0,88	0,54	15,2	8,2	6	1,2	18,21	9,02	20,32
7	Ідальня	300	0,08	31	200	387,5	0,6	0,89	0,51	120	61,48	13	1,25	149,51	61,48	161,66
8	Ангар 2	28	0,5	9	70	18	0,71	0,78	0,8	49,7	39,87	16	1,15	56,91	39,87	69,49
	Всього	1957	0,02	31	1360	1550	0,67	0,84	0,6	904	576,2	88	1,07	963,6	576,2	1122,7

1.2 Розрахунок електричних освітлювальних навантажень

Освітлювальні електричні. навантаження. визначаються за методом
питомої електр. потуж. [1].

Наведемо приклад розрахунку освіт. навант. для їдальні.

Встановлена потужність:

$$P_y = F \cdot p_0 \cdot 10^{-3} = 5500 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 38,5 \text{кВт}$$

[illegible]

Розрахункова потужність:

$$P_p = K_n \cdot K_1 \cdot P_y = 0,82 \cdot 1 \cdot 38,5 = 31,57 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 31,57 \cdot 0,43 = 13,5 \text{ квар}$$

Розрахунок освітлювальних електр. навант. інших об'єктів наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювальних електр. навант. підприємства

№ з/п	Назва об'єкту	$F, \text{ м}^2$	$P_0, \text{ Вт/м}$	$P_{\text{вст}}, \text{ кВт}$	$K_{\text{п}}$	K_1	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_p, \text{ кВт}$	$Q_p, \text{ квар}$	$S_p, \text{ кВА}$
1	Селище 1	1082	5	5,41	0,65	1	0,92	0,43	3,52	1,5	3,83
2	Ангар 1	668	2	1,34	0,8	1	0,92	0,43	1,07	0,46	1,16
3	Селище 2	3618	6	21,71	0,7	1	0,92	0,43	15,2	6,48	16,52
4	Баний комплекс	562	4	2,25	0,65	1	0,92	0,43	1,46	0,62	1,59
5	Гуртожиток	1235	6	7,41	0,75	1	0,92	0,43	5,56	2,37	6,04
6	Котельня	432	1	0,43	0,8	1	0,92	0,43	0,34	0,14	0,37
7	Їдальня	5500	7	38,5	0,82	1	0,92	0,43	31,57	13,5	34,32
8	Ангар 2	435	2	0,87	0,8	1	0,92	0,43	0,7	0,3	0,76
9.	Загальна площа	350662	0,1	35,07	0,65	1	0,97	0,25	22,8	5,72	23,51
	Всього			112,99					135,79	119	180,4

1.3 Розрахунок електричних навантажень напругою вище 1000 В

Для розрахунку електр. навант. вище 1 кВ використовують метод коефіцієнта розрахункової потужності [1].

Результати в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Розрахунок силових електр. навант. вище 1000 В

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозмінне навантаження		n _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
ТП 1															
Селище 1															
силове:	400	0,02	1,5	230	75	0,65	0,85	0,62	149,5	92,65	307	1	149,5	92,65	175,88
освітлювальне:									5,41				3,52	1,5	
Всього:									154,91	92,65			153,02	94,15	179,66
Ангар 1															
силове:	32	1	6,4	90	6,4	0,7	0,8	0,75	63	47,25	28	1,11	69,93	47,25	84,4
освітлювальне:									1,34				1,07	0,46	
Всього:									64,34	47,25			71	47,71	85,54
Всього по ТП-1:															
силове:	432	0,02	6,4	320	320	0,66	0,84	0,66	212,5	139,9	100	1,06	225,74	139,9	265,58
освітлювальне:									6,75				4,59	1,96	
БК 0,4 кВ										0				0	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-1:									219,25	139,9			230,33	141,86	270,51
Втррати в трансформаторах:													3,11	18,09	
Кількість трансформаторів: 2															
Номинальна потужність, кВА: 250															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,54															
Всього на шинах 10 кВ ТП-1:													233,44	159,95	282,98
ТП-2															
Селище 2															
силове:	630	0,04	2	420	50	0,6	0,86	0,59	252	149,53	420	1	252	149,53	293,02
освітлювальне:									21,71				15,2	6,48	
Всього:									273,71	149,53			267,2	156,01	309,41
Всього по ТП-2:															
силове:	630	0,04	2	420	50	0,6	0,86	0,59	252	149,53	420	1	252	149,53	293,02
освітлювальне:									21,71				15,2	6,48	
БК 0,4 кВ										0				0	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-2:									273,71	149,53			267,2	156,01	309,41

Продовження табл. 1.3

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозмісне навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Втрати в трансформаторах:													3,67	20,12	
Кількість трансформаторів: 2															
Номинальна потужність, кВА: 250															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,62															
Всього на шинах 10 кВ ТП-2:													270,87	176,13	323,1
ТП-3,4															
Баний комплекс															
силове:	150	0,85	12	150	14,1	0,8	0,9	0,48	120	58,12	25	1	120	58,12	133,33
освітлювальне:									2,25				1,46	0,62	
Всього:									122,25	58,12			121,46	58,74	134,92
Гуртожиток															
силове:	411	0,08	3,5	180	43,7	0,75	0,75	0,88	135	119,06	103	1,04	140,46	119,06	184,13
освітлювальне:									7,41				5,56	2,37	
Всього:									142,41	119,06			146,02	121,43	189,91
Котельня															
силове:	6	1,8	7,1	20	3,9	0,76	0,88	0,54	15,2	8,2	6	1,2	18,21	9,02	20,32
освітлювальне:									0,43				0,34	0,14	
Всього:									15,63	8,2			18,55	9,16	20,69
Їдальня															
силове:	300	0,08	31	200	387,5	0,6	0,89	0,51	120	61,48	13	1,25	149,51	61,48	161,66
освітлювальне:									38,5				31,57	13,45	
Всього:									158,5	61,48			181,08	74,93	195,97
Ангар 2															
силове:	28	0,5	9	70	18	0,71	0,78	0,8	49,7	39,87	16	1,15	56,91	39,87	69,49
освітлювальне:									0,87				0,7	0,3	
Всього:									50,57	39,87			57,61	40,17	70,23
Всього по ТП-3,4:															
силове:	895	0,08	31	620	387,5	0,71	0,84	0,65	439,9	286,73	40	1,09	477,74	286,73	557,18
освітлювальне:									49,46				39,63	16,88	
БК 0,4 кВ										-300				-300	
Всього на шинах 0.4 кВ ТП-3,4:									489,36	-13,27			517,37	3,61	517,38
Втрати в трансформаторах:													6,38	33,31	
Кількість трансформаторів: 3															
Номинальна потужність, кВА: 250															
Коефіцієнт завантаження: Kз = 0,69															
Всього на шинах 10 кВ ТП-3,4:													523,75	36,92	525,05

Продовження табл. 1.3

[illegible]

1.4 Побудова графіків електричних навантажень

В даній частині роботи розраховано параметри графіків електр. навант. згідно методики, приведеної в [1]. Результати розрахунків зведено в табл. 3.1, 3.2, та 3.3, а також на рис. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 і 3.5

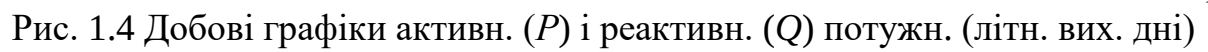
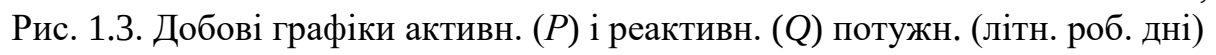
Таблиця 1.4. Вихідні дані для розрахунку графіків електр. навант.

№ з/п	Робочі дні		Вихідні дні	
	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %
1	75	88	65	75
2	75	88	65	75
3	75	88	65	75
4	75	88	65	75
5	75	88	65	75
6	75	88	65	75
7	75	88	65	75
8	75	88	65	75
9	100	90	50	70
10	100	100	28	51
11	100	90	50	70
12	75	88	50	70
13	75	88	50	70
14	100	90	50	70
15	100	90	50	70
16	100	90	50	70
17	75	90	50	70
18	75	90	50	70
19	85	90	65	75
20	75	90	65	75
21	75	90	65	75
22	75	90	65	75
23	75	88	65	75
24	75	88	65	75

Таблиця 1.5. Результати розрахунку графіків електр. навант.

№ з/п	Зимові дні						Літні дні					
	Робочі дні			Вихідні дні			Робочі дні			Вихідні дні		
	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>S</i> , кВА	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>S</i> , кВА	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>S</i> , кВА	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>S</i> , кВА
1	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
2	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
3	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
4	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
5	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
6	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
7	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
8	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
9	1039	611	1205	519	475	704	883	519	1024	441	404	598
10	1039	611	1205	519	475	704	883	519	1024	441	404	598
11	1039	611	1205	519	475	704	883	519	1024	441	404	598
12	831	597	1023	519	475	704	706	508	870	441	404	598
13	831	597	1023	519	475	704	706	508	870	441	404	598
14	1039	611	1205	519	475	704	883	519	1024	441	404	598
15	1039	611	1205	519	475	704	883	519	1024	441	404	598
16	1039	611	1205	519	475	704	883	519	1024	441	404	598
17	831	611	1031	519	475	704	706	519	876	441	404	598
18	987	611	1161	519	475	704	839	519	987	441	404	598
19	883	611	1074	675	509	845	751	519	913	574	433	719
20	831	611	1031	675	509	845	706	519	876	574	433	719
21	831	611	1031	675	509	845	706	519	876	574	433	719
22	831	611	1031	675	509	845	706	519	876	574	433	719
23	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719
24	831	597	1023	675	509	845	706	508	870	574	433	719





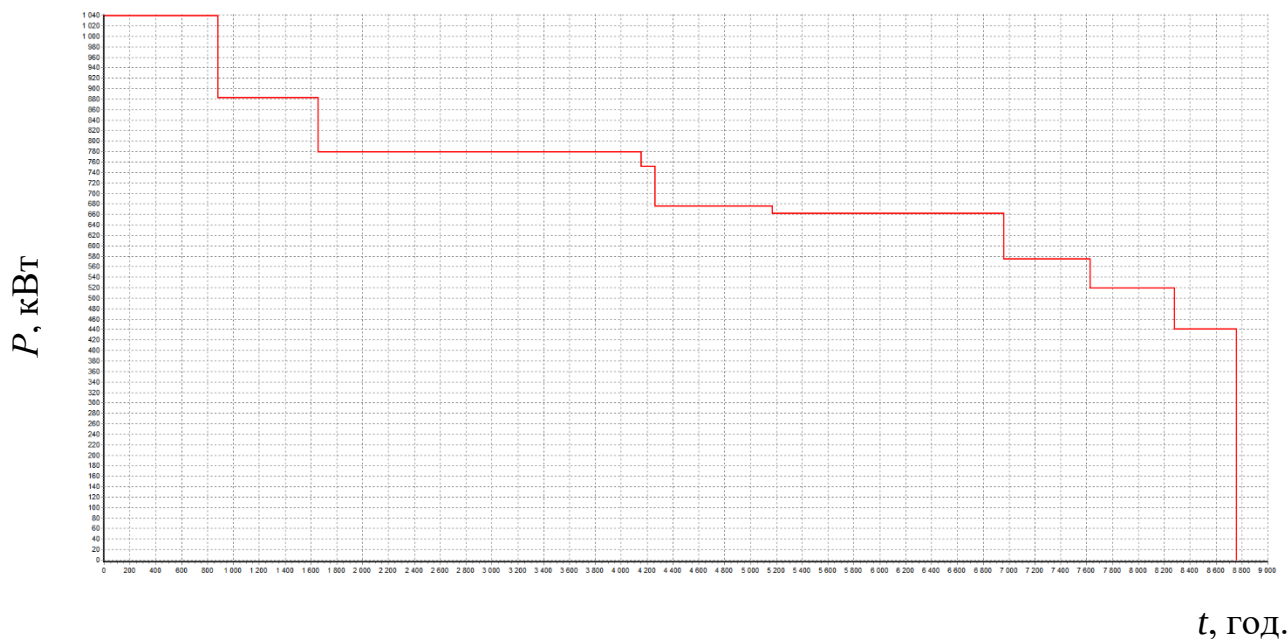


Рис. 1.5. Річний графік активн. потужн. (P) за тривалістю

Таблиця 1.6. Результати розрахунків графіків електр. навант.

№ з/п	Величина	Значення	Од. виміру
1	Розрах. повна потужн., S_p	1,2407	МВА
2	Річне спожив. активн. ел. енерг. (з.р.), $W_{з.р.}$	3145800	кВт·год
3	Річне спожив. реактивн. ел. енерг. (з.р.), $V_{з.р.}$	2130912	квар·год
4	Річне спожив. активн. ел. енерг. (з.в.), $W_{з.в.}$	951600	кВт·год
5	Річне спожив. реактивн. ел. енерг. (з.в.), $V_{з.в.}$	771940	квар·год
6	Річне спожив. активн. ел. енерг. (л.р.), $W_{л.р.}$	1909320	кВт·год
7	Річне спожив. реактивн. ел. енерг. (л.р.), $V_{л.р.}$	1294020	квар·год
8	Річне спожив. активн. ел. енерг. (л.в.), $W_{л.в.}$	597408	кВт·год
9	Річне спожив. реактивн. ел. енерг. (л.в.), $V_{л.в.}$	484896	квар·год
10	Сумарне річне спожив. акт. ел. енерг., W_p	6604128	кВт·год
11	Сумарне річне спожив. реакт. ел. енерг., V_p	4681768	квар·год
12	Час використ. макс. навантаж., T_m	6524,384	год
13	Час макс. втрат, τ_m	5281,023	год

РОЗДІЛ 2

Побудова картограм електричних навантажень та вибір місця розташування головної знижувальної підстанції (ГЗП), центрального розподільчого пристрою (ЦРП) і компенсуючих пристроїв.

Розрахунок картограми проводять за методикою, що описана в джерелі [1].

$$R_7 = \sqrt{\frac{P_7}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{P_{\text{р.осв}} + P_{\text{р.сил}}}{3,14 \cdot m}} = \sqrt{\frac{200 + 38,5}{3,14 \cdot 0,2}} = 19,48$$

де m – масштаб кола, кВт/мм²

$$\alpha_7 = \frac{P_{\text{р.осв}} \cdot 360}{P_7} = \frac{38,5 \cdot 360}{238,5} = 58,11$$

Розрахунок параметрів для інших об'єктів проводиться подібним чином (табл. 2.1).

Координати центру електр. навант.:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{11257,47}{1632,69} = 352,5 \text{ м}$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{17535,00}{1632,69} = 107,3 \text{ м}$$

Таблиця 2.1. Картограма електр. навант.

№ п/п	Найменування	$P_{\text{р.сил}}$ кВт	$P_{\text{р.осв}}$ кВт	$P_{\text{р}}$, кВт	m	R , мм	α	x , м	y , м	$P \cdot x$, кВт · м	$P \cdot y$, кВт · м
1.	Селище 1	230	5,41	235,41	0,2	19,36	8,27	195,00	166,00	45904,95	39078,06
2.	Ангар 1	90	1,34	91,34	0,2	12,06	5,28	66,00	105,00	6028,44	9590,70
3.	Селище 2	420	21,71	441,71	0,2	26,51	17,69	538,00	110,00	237639,98	48588,10
4.	Баний комплекс	150	2,25	152,25	0,2	15,57	5,32	488,00	355,00	74298,00	54048,75
5.	Гуртожиток	180	7,41	187,41	0,2	17,27	14,23	540,00	370,00	101201,40	69341,70
6.	Котельня	20	0,43	20,43	0,2	5,70	7,58	495,00	360,00	10112,85	7354,80
7.	Їдальня	200	38,5	238,50	0,2	19,48	58,11	643,00	410,00	153355,50	97785,00
8.	Ангар 2	70	0,87	70,87	0,2	10,62	4,42	700,00	421,00	49609,00	29836,27
9.	Загальна площа	0	35,07	35,07	0,2	7,47	360,00	321,00	210,00	11257,47	7364,70
	Всього по заводу	1489,79	142,90	1632,69						693240,39	391734,08

РОЗДІЛ 3

Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

3.1 Вибір схеми зовнішнього електропостачання

Вибір схеми зовнішнього електропостачання проводиться згідно методу, який передбачає визначення мінімальних приведених затрат [1].

Згідно з завданням на роботу, підприємство може отримувати живлення від підстанції 35/10 кВ, розміщеної за 7,5 км від підприємства. Тому доцільним є порівняння 2 варіантів схем живлення:

1. Схема з КЛ напругою 10 кВ.
2. Схема з ПЛ 35 кВ та ГЗП 35/10 кВ.

На рис. 5.1 наведено схеми для цих варіантів.

Варіант 1. Схема з КЛ 10 кВ (рис. 5.1 а).

Розрах. Струм КЛ, А:

$$I_{max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1241}{\sqrt{3} \cdot 10} = 71,64$$

Обираємо 2 КЛ АСБ-10(3х25) з такими технічними даними: $I_{доп} = 90$ А, $\Delta P_{1км} = 5$ кВт/км, $K_{КЛ} = 25$ тис. грн./км.

Перевірка за умовою нагріву в норм. режимі:

$$I_p = 35,82 \text{ А} \leq K_n I_{доп} = 0,92 \cdot 90 = 82,8 \text{ А}$$

Перевірка за умовою нагріву в авар. режимі:

$$I_{p.ав} = 2I_p = 2 \cdot 35,82 = 71,64 \text{ А} \leq K_{ан} K'_n I_{доп} = 1,25 \cdot 1 \cdot 90 = 112,5 \text{ А}$$



$$C_{\text{emp}} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 63372,6 \cdot 5,09 \cdot 0,001 = 322,57 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок капітальних вкладень 1-го варіанту наведені в табл. 3.1.

№ вар.	Назва елемента	Оди- ниця	Кількість	Вартість	Всього
1	КЛ 10 кВ	км	15	25	375
	Траншея	км.	7,5	14,3	107,25
	Шафи КРП серії КУ-10	шт.	2	10,7	21,4
Всього					503,65

В табл. 3.2 наведено розрахунок поточних витрат 1-го варіанту

№ вар	Назва елемента	К _ж , тис.грн.	Р _{а_ж} , %	С _{а_ж} , тис.грн.	Р _{з_ж} , %	С _{а_ж} , тис.грн.	С _ж , тис.грн.
1	КЛ 10 кВ	375	5	18,75	5	18,75	37,5
	Траншея	107,25	5	5,3625	5	5,3625	10,725
	Шафи КРП серії КУ-10	21,4	15	3,21	5	1,07	4,28
Всього							52,505

Один ланцюг схеми складається з вимикача і КЛ. Значення параметрів надійності цих елементів схеми:

- вимикач:

$$T_{\text{в}} = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ рік}, \lambda_{\text{в}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ 1/рік}, K_{\text{п}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ в.о.}$$

- кабельна лінія:

$$T_{\text{к}} = 0,525 \cdot 10^{-3} \text{ рік}, \lambda_{\text{к}} = 0,6 \text{ 1/рік}, K_{\text{п}} = 0,0675 \cdot 10^{-3} \text{ в.о.}$$

Параметр потоку відмов ланцюга:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 0,6 = 0,604 \text{ 1/рік}$$

Середній час відновлен. 1-го ланцюга схеми:

$$T_{\text{с}} = \frac{\sum \lambda_i T_{\text{с}i}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 0,6 \cdot 0,000525)}{0,604} = 0,0005245 \text{ рік}$$

Коефіцієнт. планового простою ланцюга:

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

Коефіцієнт аварійного простою ланцюга:

$$K_a = \lambda T_g = 0,604 \cdot 0,000524503311258278 = 0,0003168$$

K_{an} на випадок пошкодження одного і планового ремонту іншого ланцюга:

$$K_{an} = 0,5 \lambda K_n^2 = 0,5 \cdot 0,604 \cdot 0,00000576 = 0,00000173952$$

Коефіцієнт авар. простою 2-х ланцюгів:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2K_{an} = 0,00000010036224 + 2 \cdot 0,00000173952 = 0,0000035794$$

Час аварійного простою в рік, год:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 = 0,0000035794 \cdot 8760 = 0,03136$$

Передбачуваний збиток від авар. недовідпуску ел. енергії за рік, тис. грн./рік:

$$U = V_0 P_{cp} T_a = 40 \cdot 8,74 \cdot 0,03136 = 10,96$$

Зведені витрати 1-го в., тис. грн./рік:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{exp.i} + U_i = 0,12 \cdot 503,65 + 52,505 + 322,57 + 10,96 = 446,47$$

Подібним чином здійснюється розрахунок і для 2-го варіанту (табл 3.3)

Показники	Варіанти	
	1	2
Капітальні вкладення	1355,2	2564,8
Поточні витрати	137,66	465,98
Вартість втрат електроенергії	1521,7	1222,75
Збиток	12,35	1,35
Зведені витрати	1834,33	1997,86

3.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання

Для внутрішнього електропостачання було обрано радіальну схему КЛ 10 кВ. Це рішення обумовлене наступними факторами:

Радіальна схема забезпечує вищу надійність у порівнянні з іншим варіантом. Втрати активної потужності в кабельних лініях мінімальні завдяки їх відносно короткій загальній довжині. Детальна схема внутрішнього електропостачання наведена в презентаційній частині випускної роботи.

Крім того, радіальна схема дозволяє легше виявляти та усувати пошкодження, що робить її зручною для обслуговування. Вона також знижує витрати на експлуатацію та технічне обслуговування за рахунок меншої кількості необхідного обладнання..

РОЗДІЛ 4

Режим реактивної потужності системи електропостачання.

Метою розділу є розрахунок режимів реакт. потужн. Розрахунки проводились згідно методики [1].

4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності

Сумарне споживання акт. потужн. Р:

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_e = 1014,9 + 14,68 + 0 = 1029,58 \text{ кВт}$$

Сумарне споживання реакт. потужн. Q:

$$Q_p = Q_n + \Delta Q_m + Q_e = 601,48 + 77,05 + 0 = 678,53 \text{ кВАр}$$

Реакт. потужн. Q з системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 1029,58 \cdot 0,15 = 154,44 \text{ кВАр}$$

Потужність компенс. пристроїв:

$$Q_{\text{КП}} = Q_p - Q_e = 678,53 - 154,44 = 524,09 \text{ кВАр}$$

Мін. к-сть трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_n}{\beta \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{1014,9}{0,7 \cdot 250} = 5,8 \approx 6 \text{ шт.}$$

Варіант 1. $N = N_0 = 6 \text{ шт.}$

Реакт. потужн. Q, що може бути передана з боку 10 кВ в сторону 0,38 кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{\text{ном}})^2 - P_n^2} = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 250)^2 - 1014,9^2} = 269,22 \text{ кВАр}$$

Потужність компенс. пристроїв до 1 кВ:

$$[Q_{\text{КН}} = Q_n - Q_1 = 601,48 - 269,22 = 332,26 \text{ кВАр}]$$

Потужність компенс. пристроїв 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_p - Q_{KH} - Q_e = 678,53 - 332,26 - 154,44 = 191,83 \text{ кВАр}$$

Розрахунок компенсуюч. пристроїв для $N_0 + 1$, $N_0 + 2$ проводиться подібним чином (табл. 6.1).

Таблиця 4.1 Розрахунок балансу реакт. потужн.

<i>№ варіанту</i>	<i>Кількість тр-торів</i>	$Q_1, \text{кВАр}$	$Q_{KH}, \text{кВАр}$	$Q_{KB}, \text{кВАр}$
1	6	269,22	332,26	191,83
2	7	686,01	0	524,09
3	8	964,35	0	524,09

4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючи пристроїв

Розрахунок потужн. ком пенс. пристроїв 0,4 кВ, 10 кВ для 3-х варіантів зведено в табл. 4.2 - 4.4.

Таблиця 4.2. Результати вибору батарей конденсаторів ($N_T = 6$ шт.)

<i>N</i> _д <i>КТП</i>	<i>К-сть</i> <i>т-рів</i>	<i>P</i> _р , кВт	<i>Q</i> _р , кВАр	<i>Q</i> _{нр} , кВАр	<i>Q</i> _{кп} , кВАр	<i>Кількість та потужність</i> <i>БК, шт. кВАр</i>	<i>Сума</i> <i>Q</i> _{БК} , кВАр	<i>Q</i> _{кп} - <i>Q</i> _{бк} , кВАр	<i>K</i> _з	<i>S</i> _р , кВА
1	2	225,74	139,9	267,47	0		0	0	0,53	265,576
2	2	252	149,53	242,89	0		0	0	0,59	293,024
3	2	477,74	286,73	0	286,73	2-50; 2-100;	300	-13,27	0,96	477,924

Батареї конд. 0,4 кВ: 300 кВар.; батареї конд. 10 кВ: $2 \times 150 = 300$ кВар

Таблиця 4.3. Результати вибору батарей конденсаторів ($N_T = 7$ шт.)

<i>N</i> _д <i>КТП</i>	<i>K-сть</i> <i>m-рів</i>	<i>P</i> _р , кВт	<i>Q</i> _р , кВАр	<i>Q</i> _{нр} , кВАр	<i>Q</i> _{кп} , кВАр	<i>Кількість та потужність</i> <i>БК, шт. кВАр</i>	<i>Сума</i> <i>Q</i> _{БК} , кВАр	<i>Q</i> _{кп} - <i>Q</i> _{БК} , кВАр	<i>K</i> _з	<i>S</i> _р , кВА
1	2	225,74	139,9	267,47	0		0	0	0,53	265,576
2	2	252	149,53	242,89	0		0	0	0,59	293,024
3	3	477,74	286,73	217,69	69,04	2·50;	100	-30,96	0,68	512,936

Батареї конд. 0,4 кВ: 300 кВар.; батареї конд. 10 кВ: $2 \times 150 = 300$ кВар

Приведені витрати:

$$\begin{aligned} 3 &= E_H(K_{KH} + K_{KB} + K_{KIII}) + C_0 \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{III}) = \\ &= 0,12 \cdot (13,9 + 6,6) + 5,09 \cdot 5281,023 \cdot (1,35 + 0,9 + 9,15) \cdot 10^{-3} \\ &= 310,2 \text{ тис. грн} \end{aligned}$$

В табл. 4.5 наведено результати розрахунку витрат для 3-х варіантів компенс. реакт. потужн.

№ вар.	$Q_{KH},$ <i>кВАр</i>	$\Delta P_{KH},$ <i>кВт</i>	$Q_{KB},$ <i>кВАр</i>	$\Delta P_{KB},$ <i>кВт</i>	$N_{TP},$ <i>шт.</i>	$R_{eKB},$ <i>Ом</i>	$S_{пр},$ <i>кВА</i>	$\Delta P_{TP},$ <i>кВт</i>	$K_{KH},$ <i>тис. грн.</i>	$K_{KB},$ <i>тис. грн.</i>	$K_{KTP},$ <i>тис. грн.</i>	$З,$ <i>тис. грн.</i>
1	300	1,35	300	0,9	6	0,83	1050	9,15	13,9	6,6	1914	310,2
2	100	0,45	450	1,35	7	0,71	1225	10,65	6,56	9,9	2251,5	306,5
3	67	0,3	450	1,35	8	0,62	1400	12,15	3,53	9,9	2589	350,3

Згідно розрахунків, **2-й варіант** є мінімальними. Тому цей варіант приймаємо для подальших розрахунків.

РОЗДІЛ 5 **ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ** **ТРАНСФОРМАТОРІВ**

Вибір трансформатора ТП-1:

$$K_3 = \frac{S_p}{n_T S_{\text{НОМТ}}} = \frac{282,98}{2 \cdot 250} = 0,57$$

$$S_{\text{НОМТ}} = 2 \cdot 250 = 500 \geq \frac{S_p}{K_1} = \frac{282,98}{1,08} = 262$$

$$S_{\text{НОМТ}} = 2 \cdot 250 = 500 \geq \frac{S_p}{K_2} = \frac{282,98}{1,4} = 202$$

ТМ-250/10/0,4 задовольняє умовам вибору.

В табл. 5.1 наведено вибір інших цехових підстанцій.

Таблиця 5.1. Вибір ТП

№ ТП	К-сть	$S_{\text{роз}}$, кВА	K_3	$S_{\text{НОМ}} > S_p/K_1$	$S_{\text{НОМ}} > S_p/K_2$
ТП-1	2	282,98	0,57	262	202
ТП-2	2	323,10	0,65	299	231
ТП-3,4	3	525,05	0,7	486	375

РОЗДІЛ 6

Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання і високовольтних мереж системи електропостачання

6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень в системі електропостачання

Вирішення задачі визначення струмів к.з. починається зі складання схеми для розрахунку (рис. 6.1), та схеми заміщення (рис. 6.2).

Визначимо опори елементів.

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{к.з.}} = \frac{10,5^2}{105} = 1,05 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{1,05}{25} = 0,042 \text{ Ом}$$

КЛ 10 кВ (2хАСБ-10(3х25), 7,3, км):

$$R_{кл} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{1,24 \cdot 7,5}{1} = 9,3 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,099 \cdot 7,5}{1} = 0,74 \text{ Ом}$$

Опори в точ. К1:

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 1,05 + 0,74 = 1,79 \text{ Ом}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{кл} = 0,042 + 9,3 = 9,342 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{9,342^2 + 1,79^2} = 9,512 \text{ Ом}$$

Рис. 6.1 Розрах. схема

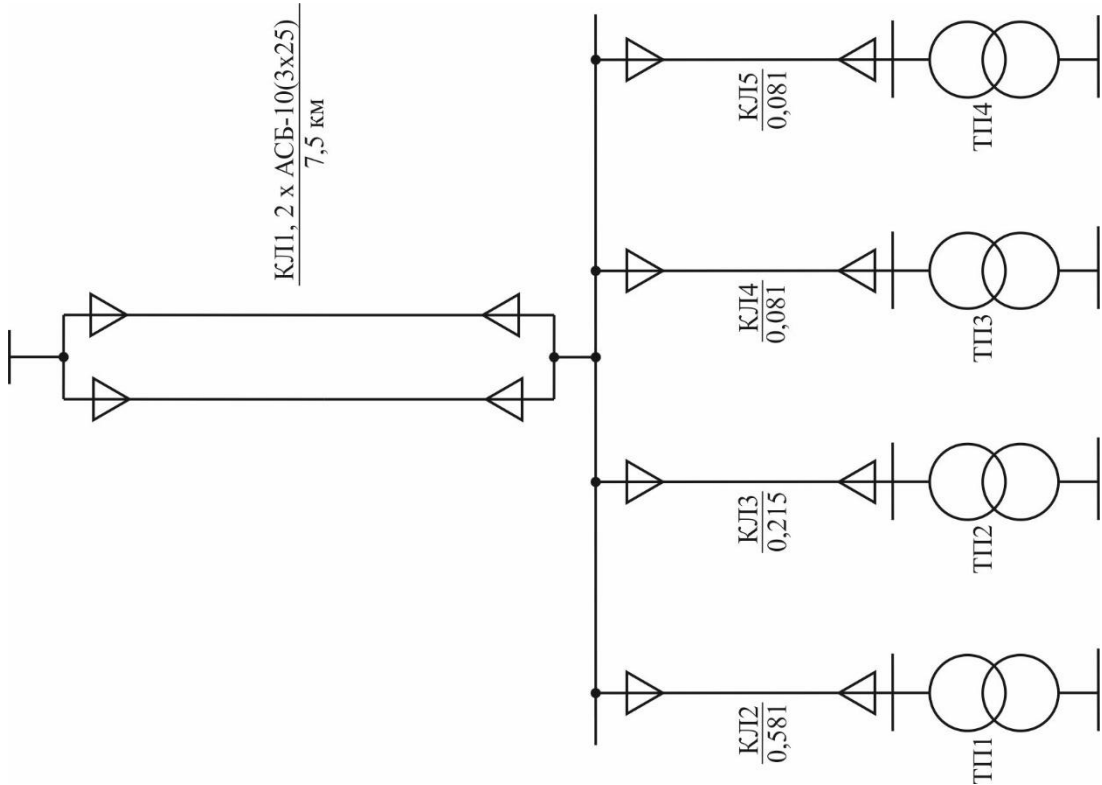
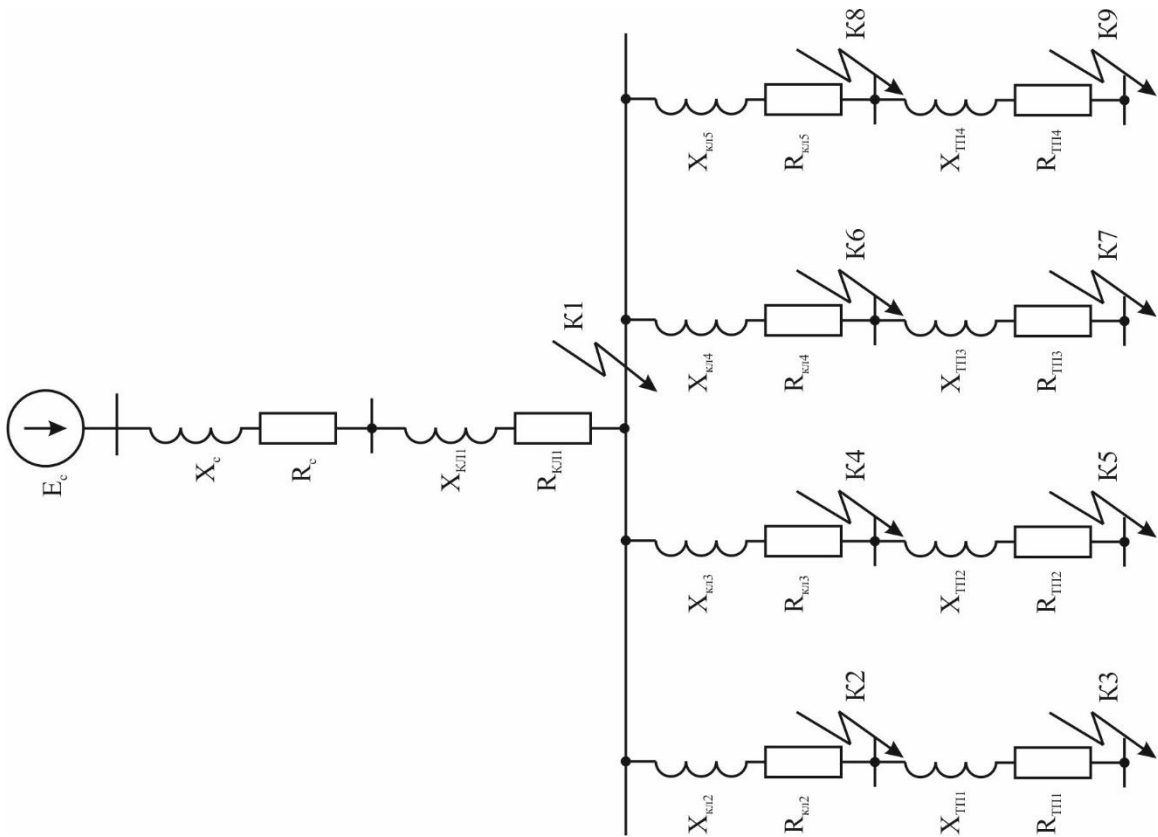


Рис. 6.2 Схема заміщ.



Надперех. струм в точ. К1 від живлячої сист.

$$I''_{K1(c)} = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 9,512} = 0,64 \text{ кА}$$

Стала часу T_a в точ. К1:

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{1,79}{314 \cdot 9,342} = 0,0006 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт $k_{уд}$ в точ. К1 від живлячої сист.:

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0006}} = 1$$

Ударний струм в т. К1 від живлячої сист.:

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial}I''_{K1(c)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,64 = 0,91 \text{ кА}$$

Розрах. струм КЛЗ:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{cp.ном.}} = \frac{282,98}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 7,78 \text{ А}$$

Тепловий імпульс від к.з.:

$$B_k = I_{K1}''^2(t_{p.з.min} + T_a) = 0,64^2(1,365 + 0,0006) = 0,56 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мін. переріз КЛ:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{0,56} \cdot 10^3 = 7,96 \text{ мм}^2$$

Обираємо ААШВ-10(3 х 25) ($I_{доп\text{ кл}} = 90,0 \text{ А}$, $x_{0\text{ кл}1} = 0,099 \text{ Ом/км}$,
 $r_{0\text{ кл}1} = 1,24 \text{ Ом/км}$)

Опір лінії КЛ1:

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл} = 1,24 \cdot 0,519 = 0,644 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл} = 0,099 \cdot 0,519 = 0,051 \text{ Ом}$$

Для інших ліній параметри зведено в табл. 6.1

Таблиця 6.1. Параметри кабельних ліній

№ КЛ	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	R , Ом	X , Ом
1	7,500	1,240	0,099	9,300	0,743
2	0,581	1,240	0,099	0,720	0,058
3	0,215	1,240	0,099	0,267	0,021
4	0,081	1,240	0,099	0,100	0,008

Результуючі опори в точ. К2:

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{кл} = 1,79 + 0,058 = 1,848 \text{ Ом}$$

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{кл} = 9,342 + 0,72 = 10,062 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{10,062^2 + 1,848^2} = 10,23 \text{ Ом}$$

Надперех.струм в точ. К2:

$$I_{K2}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 10,23} = 0,59 \text{ кА}$$

Стала часу в точ. К2

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{1,848}{314 \cdot 10,062} = 0,0006 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в точ. К2:

$$k_{y\partial 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0006}} = 1$$

Ударний струм в точ. К2:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2}k_{y\partial}I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,59 = 0,83 \text{ кА}$$

Опори ТП1:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{cp.ном}^2}{S_{ном}^2} = \frac{3,1 \cdot 10,5^2}{250^2} \cdot 10^3 = 5,468 \text{ Ом}$$

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa, \%} U_{cp.ном}^2}{S_{ном}} = \frac{4,5 \cdot 10,5^2}{250} \cdot 10 = 19,845 \text{ Ом}$$

Результуючі опори в точ. К3:

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left(\frac{U_{HH}}{U_{BH}} \right)^2 = 1,848 + 19,845 \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0315 \text{ Ом}$$

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left(\frac{U_{HH}}{U_{BH}} \right)^2 = 10,062 + 5,468 \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0225 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0225^2 + 0,0315^2} = 0,0387 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в точ. К3:

$$I_{K3}'' = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0387} = 5,97 \text{ кА}$$

Стала часу в точ. К3:

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0315}{314 \cdot 0,0225} = 0,0045 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в точ. К3:

$$k_{y\partial 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0045}} = 1,108$$

Ударний струм в точ. К3:

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} k_{y\partial} I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,108 \cdot 5,97 = 9,35 \text{ кА}$$

Розрахунок струм. коротких зам. для інших точок показані в табл. 6.2.

№ точки к.з.	$R, \text{ Ом}$	$X, \text{ Ом}$	$I_k'', \text{ кА}$	$T_a, \text{ с}$	k_{yd}	$i_{yd}, \text{ кА}$
1	9,3420	1,7900	0,64	0,0006	1,000	0,91
2	10,0620	1,8480	0,59	0,0006	1,000	0,83
3	0,0225	0,0315	5,97	0,0045	1,108	9,35
4	9,6090	1,8110	0,62	0,0006	1,000	0,88

6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ для високовольтної мережі

Розрах. струм КЛ2 до ТП № 1:

$$I_p = \frac{S_p}{n \sqrt{3} U_{cp.ном}} = \frac{282,98}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 7,78 \text{ А}$$

Обираємо ААШВ-10(3х25), $I_{доп} = 90 \text{ А}$.

Перевірка за допуст. навант.:

$$I_p = 7,78 \text{ А} \leq K_n \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 90 = 81 \text{ А}$$

Перевірка в авар. режимі роботи:

$$I_{ав} = 15,56 \text{ А} \leq K_{ан} \cdot K_n' \cdot I_{доп} = 1,35 \cdot 1 \cdot 90 = 121,5 \text{ А}$$

Тепловий імпульс від струму короткого замикання:

$$B_k = I_{K1}''^2 (t_{p.з.мин} + T_a) = 0,64^2 (1,365 + 0,0006) = 7,96 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз лінії:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{0,56 \cdot 10^3} = 7,96 \text{ мм}^2$$

В табл. 7.3 приведені результати розрах. з вибору інших ліній.

Таблиця.6.3. Вибір кабельних ліній

№ КЛ	$n, \text{шт}$	$S_p, \text{МВА}$	I_p, A	$I_{p.ав.}, A$	$F_{ек}, \text{мм}^2$	$B_{к}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$F_{min}, \text{мм}^2$	Марка кабеля	$I_{дон}, A$	K_n	$K_n I_{дон}, A$	$K_{ан}$	K'_n	$K_{ан} K'_n I_{дон}, A$
1	2	1102,31	30,31	60,62	25,26	0,56	7,96	2 x АСБ-10(3 x 25)	90	0,9	81	1,35	1	121,5
2	2	282,98	7,78	15,56	6,48	0,56	7,96	2 x ААШв-10(3x25)	90	0,9	81	1,35	1	121,5
3	2	323,1	8,88	17,76	7,4	0,56	7,96	2 x ААШв-10(3x25)	90	0,9	81	1,35	1	121,5
4	3	525,05	9,62	19,24	8,02	0,56	7,96	3 x ААШв-10(3x25)	90	0,85	76,5	1,35	0,9	109,35

6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги

У даній частині роботи було виконано необхідні обчислення для обґрунтованого вибору належного комутаційного високовольтного обладнання та пристроїв захисту згідно з методикою [1].

В табл. 6.4 приведені результати вибору ввідного вимикача

Параметр	Умова вибору вимикача	Розрах.
Ном. напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготр. струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$63,64 \leq 630$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - апер. складова: - повний струм:	$I_{n\tau} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{n\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл}(1 + \beta_n)$	$0,64 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 0,64 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $0,91 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$0,64 \leq 52$ $0,91 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$0,51 \leq 1200$

Мінім. час від моменту початку к. з. до розходжен. контактів:

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

Апер. складова:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 0,64 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0006}} = 0 \text{ кА}$$

Тепл. імпульс від струму к.з.:

$$B_k = I''^2 (t_{с.с.} + t_{пз. \max} + T_a) = 0,64^2 (0,042 + 1,2 + 0,0006) = 0,51 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Секційний вимикач та вимикачі на відхідних КЛ обираються аналогічно.

Ввід 1

Ввід 2

ТВП1

ТВП2

В табл. 6.7. приведено розрахунок електр. навант. ТВП

№	Споживачі ТВП	$P_{ном}$ кВт	n , шт.	$P_{сум}$ кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{вст}$ кВт	$Q_{вст}$ кВА n
1.	Пристрої підігріву КРП	0,6	14	8,4	0,97	0,25	8,4	2
2.	Опалення і освітлення прим. операт. пер-лу	6	3	18	0,97	0,25	18	5
3.	Зовн. освітлення	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
4.	Спож. Операт. Колами	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
Всього							62	17

Сум. електр. навант. ТВП:

$$S_{\text{ест}} = \sqrt{P_{\text{ест}}^2 + Q_{\text{ест}}^2} = \sqrt{62,4^2 + 17^2} = 64,67 \text{ кВА}$$

Розрах. потужн. ТВП:

$$S_p = K_c S_{\text{ест}} = 0,8 \cdot 64,67 = 51,74 \text{ кВА}$$

Обираємо ТВП ТМ-40/10.

Коефіцієнт завантаж.:

$$K_z = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{51,74}{2 \cdot 40} = 0,65$$

6.5 Вибір трансформаторів струму і напруги

В табл. 6.6 наведено результати вибору ТС, що встановлені на вводах 10 кВ.

Таблиця 6.6. Вибір ТС, встановлених на вводах

Параметр ТС	Умова вимору	Розрахунок
Номінальна напруга	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$10 \leq 10$
Довготривалий номінальний струм	$I_{\text{роб.форс}} \leq I_{\text{ном}}$	$60,62 \leq 200$
Динамічна стійкість	$i_y \leq i_{\text{дин.}}$	$0,91 \leq 52$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}$	$0,56 \leq 300$
Вторинне навантаження	$Z_2 \leq Z_{\text{ном}}$	$0,34 \leq 0,4$

Обираємо ТЛК-10/200 У1.

В табл. 6.7. приведено розрах. вторинного навант. ТС.

Таблиця 6.7. Розрахунок вторинного електр. навант. 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

Ел. опір приладів, Ом:

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{1,6}{5^2} = 0,06$$

Необхідн. опір проводів:

$$R_{\text{пров}} = Z_{\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{к}} = 0,4 - 0,06 - 0,1 = 0,24$$

Переріз проводів, мм²:

$$F = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{R_{\text{пров}}} = \frac{0,0283 \cdot 12}{0,24} = 1,42$$

Обираємо АКРВГ-2,5 опір якого становить, Ом:

$$R_{\text{пров.ст.}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{F_{\text{пр.ст}}} = \frac{0,0283 \cdot 12}{2,5} = 0,14$$

Вторинне електр. навант. ТС, Ом:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{пров.ст.}} + R_{\text{конт}} = 0,06 + 0,14 + 0,1 = 0,3$$

Аналогічним чином обираються ТС на відхідних лініях

В табл. 6.8 показані результати розрахунку електр. навант. ТН

<i>Прилад</i>	<i>Тип</i>	<i>S, ВА</i>	<i>К-сть обм.</i>	<i>К-сть прил.</i>	<i>S_Σ, ВА</i>
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	4	60,00
<i>Всього</i>					<i>87,00</i>

Обираємо ТН НАМИ-10-66-УЗ: $S_{\text{ном}} = 200,0$ ВА, $U_{\text{ном}} = 10,0$ кВ,
клас т-сті – 0,5.

РОЗДІЛ 7

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ

7.1 Загальні положення

База відпочинку являє собою комплекс громадських будівель, у складі яких є різноманітні електроприймачі, відповідальні за освітлення, вентиляцію, охолодження продукції, що надається у комплексі. Особливе місце серед електроприймачів займають спеціалізовані пристрої, такі як системи вентиляції та управління вентиляцією.

Це визначає широкий спектр вимог до проектування системи електропостачання такого об'єкта.

Метою цієї роботи є створення системи електропостачання для громадської будівлі корпусу бази відпочинку на озері Беле (квартал 1, ділянка 3) відповідно до норм і вимог.

Завдання роботи:

- Вивчити та описати проблеми енергопостачання громадських будівель, таких як комунальні служби.
- Дослідити та запропонувати рішення щодо організації системи вентиляції громадських будівель.
- Охарактеризувати обраний об'єкт та спроектовану систему електропостачання.

Сучасні системи електропостачання для баз відпочинку повинні враховувати не лише стандартні вимоги до освітлення та вентиляції, але й

енергоефективність, надійність та інтеграцію з альтернативними джерелами енергії, такими як сонячні панелі або вітрові турбіни. Також варто передбачити використання систем автоматизації та дистанційного керування для оптимізації роботи електропристроїв та зменшення енергоспоживання.

7.2 Характеристика об'єкта проектування

Сучасні громадські будівлі вимагають широкого спектру обладнання, для забезпечення необхідних параметрів функціонування об'єкта. У даному проєкті розглядається загальна територія бази. Звісно це потребує великої кількості різноманітних споживачів електроенергії:

- обслуговуюча, друкувальна та комп'ютерна техніка;
- системи охолодження продуктів;
- інше обладнання та системи.

Такий тип навантаження висуває ряд вимог до споживаної потужності та до системи, яка її забезпечує. Зокрема, освітлення і кабельна розводка демонстраційних стендів повинні бути добре організовані, щоб відповідати вимогам установки. Електромонтажні роботи у громадських комплексах мають свої особливості, оскільки виконуються з урахуванням великих площ, встановленням багатьох електроприладів і розміщенням складного обладнання. Від якості мереж залежить життя і здоров'я людей та безпека всього комплексу.

Будівлі проєктного об'єкта відносяться до громадських і висувають ряд специфічних вимог через великі площі та обмеження щодо можливості встановлення електрообладнання. Від якості монтажно-налагоджувальних робіт залежить безпека як компанії, так і її відвідувачів.

Запропоновані в рамках цього проєкту монтажні рішення повинні не лише відповідати вимогам, але й бути доступними для реалізації відповідною підрядною організацією на будь-якому об'єкті громадського користування тощо. Основна складність полягає у різноманітті площ, нормах освітлення для них, обмеженнях можливого монтажу та прокладки, а також виборі кабельної продукції для виконання відповідних робіт. Рішення цієї задачі має високу ступінь важливості, оскільки значною мірою визначає ефективність усього підприємства.

До системи електропостачання входять:

- підтримка телекомунікаційної системи;
- освітлювальні установки;
- резервне джерело живлення відповідно до вимог нормативних документів;
- стабільна і надійна система безпеки та протипожежного захисту в експлуатації.

Варто зазначити, що вирішення проблеми освітлення вимагає не лише дизайнерського, але й конструктивного підходу до визначення розташування світильників, а також адекватного підбору світильників відповідно до поставленого завдання.

У сучасних умовах варто враховувати використання енергоефективних технологій, таких як LED-світильники, та впровадження систем автоматизації освітлення, що дозволяють знижувати енергоспоживання і підвищувати загальну ефективність електропостачання. Використання сонячних панелей або інших відновлюваних джерел енергії може додатково підвищити енергоефективність і зменшити витрати на електроенергію.

Категорія споживача щодо надійності електропостачання – III II, I.

Електропостачання електроприймачів здійснюється від мережі 380/220В за системою TN-C-S (з розділенням PEN-провідника в розподільних щитах будівель) по три- та п'ятипровідним лініям. Для заземлення передбачено пристрій повторного заземлення із опором розтікання не більше 10 Ом. Електропроводка прокладається приховано в каналах плит та під шаром мокрої штукатурки на стінах.

Усі групові мережі виконуються кабелями з мідними жилами з ізоляцією з негорючого ПВХ-пластикату з низьким рівнем димоутворення.

Інформація про електросилове обладнання:

- Енергоприймачами будівлі є переносне та стаціонарне обладнання.
- Диференційні автоматичні вимикачі, чутливі до струмів витоку не більше 30 мА, встановлюються в групових мережах, що живлять переносне електрообладнання.
- У разі пожежі проектом передбачають зупинку вентиляції.
- Розташування та підключення обладнання:
- Розташування обладнання та місце його підключення до групових електричних мереж визначається відповідно до вихідних даних, наданих замовником. Висота розеток вказується у планах розташування силового електрообладнання.

Аварійне освітлення:

Живлення ланцюгів аварійного освітлення здійснюється від щита аварійного освітлення (ЩАО). Освітлення приміщень регулюється стаціонарними вимикачами, встановленими в самих приміщеннях. Вимикачі освітлення розташовані поза вологих приміщень (санвузлів, пралень тощо) і встановлені на висоті 0,9 м. Світильники аварійного освітлення оснащені акумуляторними батареями.

Електропостачання бази відпочинку повинно враховувати специфіку об'єкта забезпечити безперебійну роботу усіх систем. Особлива увага приділяється надійності та безпеці електромереж, що особливо важливо для громадських будівель. Вибір матеріалів та обладнання проводиться відповідно до сучасних стандартів та вимог, що дозволяє забезпечити довговічність та ефективність електросистем.

7.3 Методика розрахунку електричного навантаження

На даний момент електропостачання житлових та громадських будівель проектується на основі методики, викладеної в ДБН В.2.5-23:2010. Цей нормативний документ включає вимоги до обладнання та особливостей побудови системи електропостачання, таких як групові мережі, мережі освітлення та електропостачання.

ДБН В.2.5-23:2010 регламентує проектування внутрішніх електричних мереж, у тому числі об'єктів загального користування, особливості обліку електроенергії (включаючи автоматизований облік) та використовуваних для цього засобів вимірювання.

Документ містить основні вимоги до кабельно-провідникової продукції, призначеної для використання у громадських будівлях, а також до комутаційних пристроїв, що захищають ці лінії (як для окремих електроприймачів, так і для декількох електроприймачів, що живляться від однієї лінії). Ураховуються також особливості роботи кожного виду електрообладнання, що використовується в даному громадському будинку, переважно визначені розрахунковими навантаженнями через коефіцієнти попиту. Зазвичай, чим більше приймачів у групі, тим нижчий коефіцієнт попиту для цієї групи. Через це просте сумування навантажень буде недоцільним і призведе до завищення перерізів живильних кабелів та неправильної настройки пристроїв захисту, що може спричинити некоректну роботу автоматичних вимикачів та подібних пристроїв.

Приклади вимог і норм

Методика проектування електропостачання передбачає врахування таких аспектів:

-Види освітлення (робоче, аварійне, службове) згідно з ДСТУ Б В.2.5-28:2006.

-Нові формули для розрахунку електричного навантаження розеткової мережі, які викладені у відповідних розділах ДБН В.2.5-23:2010.

Згідно з нормами, електропостачання має враховувати специфічні вимоги до громадських будівель, де особливо важлива надійність та безпека електромереж. Вибір матеріалів та обладнання проводиться відповідно до сучасних стандартів, що дозволяє забезпечити ефективну та безпечну експлуатацію електросистем.

Ці норми допомагають уникнути помилок при проектуванні та забезпечують коректну роботу всієї системи електропостачання, що є критично важливим для забезпечення стабільної та безпечної роботи житлових та громадських будівель.

Перед початком проектування системи електропостачання необхідно на першому етапі виділити всі приміщення та розміщені в них електроприймачі (з урахуванням проєктного розташування згідно з санітарними та іншими нормами). Для освітлення приміщень, у яких постійно знаходяться відвідувачі, потрібен максимальний рівень освітленості 500 лк. В інших приміщеннях нормована освітленість варіюється в середньому від 100 до 300 лк.

Для зменшення розгалуженості мережі електропостачання доцільно комбінувати різні пристрої, схожі за типом та режимом роботи. Потужні електричні пристрої, розраховані на напругу 380 В, живляться окремими лініями. Для спрощення розрахунків можливо опціонально об'єднувати однотипне обладнання з однаковими коефіцієнтами потужності за територіальним принципом.

7.4 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення

У цьому розділі представлено світлотехнічний розрахунок освітлення будівель. Спочатку виконаємо обчислення за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Світлотехнічні розрахунки регулюються нормами ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення". Метод коефіцієнта використання світлового потоку є одним з основних підходів для визначення необхідної кількості світильників і їх розташування в приміщенні.

Розрахуємо кількість світильників у приміщенні:

$$N = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi \cdot n \cdot \eta}$$

E – мінімальна нормована освітленість, лк;

k – коефіцієнт запасу;

S – освітлювана площа, м²;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості (коефіцієнт нерівномірності освітлення);

n – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Індекс приміщення визначається:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

де A , B , h - довжина, ширина та розрахункова висота (висота підвісу світильника над робочою поверхнею) приміщення;

Світлодіодні (LED) лампи мають такі переваги:

- тривалий термін служби (до 50 000 годин);
- широкий діапазон світлових потоків і колірних температур.
- У підсобних приміщеннях рекомендується встановлювати світлодіодні світильники з матовим розсіювачем і ступенем захисту IP-54. У ванних кімнатах, залежно від класу їх захисту, також можна використовувати світильники цього типу. Для робочих зон часто застосовуються LED-панелі VIDEX 40W 6200K.



Рис.7.1 - LED-панель VIDEX

Потуж.освітлення:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}$$

Актив.потужність:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot P_{\text{ном}} \cdot K_c \cdot K_{\text{пр}}$$

де N – кількість ламп;

P_{ном} – номінальна потужність світильника, кВт;

K_c – коефіцієнт попиту, приймається рівним 1,0;

K_{пр}) – коефіцієнт пускорегулюючої апаратури для світлодіодних ламп, дорівнює 1,0.

7.5 Розбиття електроприймачів на групи та розрахунок навантажень розподільних щитів та поверхових щитків

Ретельний аналіз та ґрунтовний розрахунок навантажень на електричні мережі є вкрай важливим під час проектування систем електропостачання будівель та споруд. Цей процес дає змогу забезпечити надійне та ефективне енергозабезпечення споживачів, дотримуватися вимог електробезпеки й передбачити можливості для майбутнього розширення системи.

Електроприймачі поділяються на окремі групи згідно з принципами однорідності режиму роботи, територіальної близькості розташування та однакових вимог щодо надійності енергопостачання. Типові групи включають освітлювальні прилади (робочі, аварійні, евакуаційні), силові розетки (побутові, виробничі), технологічне обладнання, вентиляційні системи, системи опалення та кондиціонування, ліфти, протипожежні системи тощо.

Розрахунок навантажень на розподільні щити та поверхові щитки здійснюється на основі планів приміщень, специфікації електроприймачів та коефіцієнтів використання. Спочатку визначається розрахункове навантаження кожної групи з урахуванням коефіцієнтів використання та одночасності за формулою:

$$P_p = P_n \cdot K_B \cdot K_C$$

Де P_p - розрахункове навантаження групи, Вт;

P_n - номінальна потужність групи, Вт;

K_B - коефіцієнт використання;

K_C - коефіцієнт одночасності.

Потім розрахункові навантаження груп сумуються для визначення повного навантаження на щити:

$$P_{\text{пов}} = \sum P_p$$

Відповідно до стандартів, обираються автоматичні вимикачі та кабелі з належними номінальними струмами та перерізом жил.

Розрахунковий струм для кожної групи визначається за формулою:

$$I_p = P_p / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi))$$

Де U - номінальна фаз. напруга, В;

$\cos(\varphi)$ - коефіцієнт потужності.

Додатково уточнюються падіння напруги та втрати потужності в лініях живлення груп за формулами:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \sin(\varphi)) / (1000 \cdot U)$$

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot L \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \sin(\varphi))$$

Де L - довжина лінії, м;

R - активний опір кабелю, Ом/км;

X - індуктивний опір кабелю, Ом/км.

Розрахунки проводяться окремо для освітлювального та силового навантажень, які згодом підсумовуються. Крім того, окремо враховуються постійні та змінні навантаження. Важливим аспектом є передбачення резервів на збільшення навантаження при модернізації або розширенні об'єкта (20-30%).

Після визначення розрахункових струмів для кожної групи необхідно правильно підібрати переріз кабелів і проводів, керуючись вимогами щодо допустимих струмових навантажень, припустимих втрат напруги та економічної щільності струму. Переріз обирається з найближчого більшого стандартного значення.

Для електроприймачів з коефіцієнтом потужності нижче 0,92 (асинхронні двигуни, електронагрівальні прилади тощо), які генерують реактивну потужність, рекомендується встановлювати батареї конденсаторів поблизу великих реактивних навантажень для компенсації.

З метою підвищення надійності електропостачання відповідальних електроприймачів передбачається резервне живлення від двох незалежних джерел шляхом підключення до двох різних вводів або встановлення автоматичних резервних джерел (дизель-генераторів).

Під час проектування систем електропостачання слід враховувати перспективи розширення або модернізації об'єкта. Розподільні пристрої та кабельні лінії розраховуються з 20-30% резервом за потужністю.

Залежно від категорії надійності електропостачання обираються радіальні, магістральні, змішані або петльові схеми розподільних мереж. Найбільш надійними є петльові схеми з двостороннім живленням.

Для чутливого обладнання необхідно забезпечити заходи з електромагнітної сумісності, такі як прокладання екранованих кабелів, застосування фільтрів, витримування відстаней розділення кабелів різних напруг тощо.

7.6 Розподіл несиметричного електричного навантаження по фазах

Забезпечення симетричного розподілу електричного навантаження між фазами є вкрай важливим завданням для належного функціонування трифазної системи електропостачання. Наявність несиметрії може спричинити низку негативних наслідків, серед яких:

1. Зростання втрат потужності в лініях та трансформаторах.
2. Перевантаження однієї або двох фаз.
3. Зміщення нейтралі та поява напруг зсуву нейтралі.
4. Порушення роботи електроприймачів через неякісну напругу.
5. Додаткові втрати в асинхронних двигунах внаслідок несиметрії струмів.

Тому забезпечення рівномірного розподілу навантаження між фазами є обов'язковою вимогою при проектуванні та експлуатації трифазних електричних мереж.

Основними методами досягнення симетрії навантаження є:

-Рівномірний розподіл однофазних електроприймачів між фазами. Наприклад, при підключенні освітлювального навантаження, кожен наступний світильник підключається до наступної фази.

-Для трифазних електроприймачів, таких як асинхронні двигуни, необхідно дотримуватися чергування підключення до фаз А, В, С.

-Групування електроприймачів за фазами таким чином, щоб сумарні навантаження на кожен фазу були максимально рівними.

-Для великих нерівномірних навантажень застосовуються трифазні симетруючі пристрої - реактори, конденсаторні батареї.

-При недотриманні симетрії рекомендується використовувати чотирижильні кабелі замість трижильних та окремий нульовий провідник.

Контроль та вирівнювання симетрії навантаження проводиться під час введення в експлуатацію нових ліній, а також періодично в процесі експлуатації шляхом вимірювання струмів фаз амперметрами та корекції підключень. Досягнення симетрії в межах 10-15% різниці струмів/навантажень фаз вважається задовільним для більшості випадків. Більша несиметрія призводить до підвищених втрат та потребує застосування компенсуючих пристроїв або переключення навантажень.

Крім того, важливо пам'ятати, що для забезпечення належної роботи трифазної системи електропостачання необхідно також дотримуватися вимог щодо якості електричної енергії, зокрема, допустимих меж відхилень напруги, несинусоїдальності струмів та напруг, а також рівнів електромагнітних завад.

Отже, рівномірний розподіл навантаження між фазами при дотриманні простих правил підключень є обов'язковою умовою надійної та ефективної роботи трифазних електричних мереж. Це дозволяє мінімізувати втрати потужності, уникнути перевантажень та забезпечити належну якість електричної енергії для споживачів.

7.7 Вибір комутаційних апаратів

Вибір автоматичних вимикачів для захисту окремих електроприймачів здійснюється за такими умовами:

а) за номінальною напругою - номінальна напруга вимикача повинна відповідати напрузі мережі, в якій він буде експлуатуватися.

$$U_a \geq U_{ном}$$

б) за номінальним струмом (установка теплового розчеплювача):

$$I_{розч.} \geq 1,25 \cdot I_p$$

в) за характеристикою спрацьовування - залежно від типу електроприймача (з періодичним пуском, тривалим режимом роботи тощо) обирається характеристика розчеплювача вимикача: електромагнітна (для захисту від струмів короткого замикання), тепла (для захисту від перевантажень) або комбінована.

г) за кількістю полюсів - для однофазних навантажень використовуються одно- або двополюсні вимикачі, для трифазних - три- або чотириполюсні.

д) за розміром корпусу та конструкцією - враховується місце встановлення, габарити, наявність додаткових пристроїв керування, типу приводу та ін.

е) за ступенем захисту корпусу - залежно від умов експлуатації (запиленість, вологість тощо) обирається ступінь захисту IP.

є) за конструктивним виконанням - автоматичні вимикачі бувають стаціонарні для встановлення в розподільчих пристроях та пересувні для роботи в пересувних або тимчасових електроустановках.

ж) за здатністю відключати струми короткого замикання - обирається вимикач з відповідним номінальним граничним струмом вимикання, який би перевищував найбільший можливий струм КЗ в місці встановлення.

з) за категорією застосування - залежно від категорії надійності електропостачання (особливо важливі, відповідальні, решта) застосовуються відповідні категорії вимикачів А, В, С.

і) за швидкодією - для захисту особливо чутливого обладнання можуть застосовуватись вимикачі з підвищеною швидкодією спрацьовування при КЗ.

к) за наявністю додаткових функцій - деякі сучасні вимикачі оснащуються функціями контролю параметрів мережі, захисту від імпульсних перенапруг, від витoku струму на землю та ін.

л) за вартістю - для різних застосувань підходять вимикачі різних цінових категорій.

Крім того, під час вибору автоматичних вимикачів важливо враховувати сумісність з іншими пристроями захисту, можливість резервування, вимоги селективності, можливість резервування, вимоги до місця встановлення, тощо. Комплексний підхід з урахуванням усіх експлуатаційних факторів дозволяє підібрати оптимальні вимикачі та забезпечити належний захист електроустановки.

7.8 Вибір кабельно-провідникової продукції

Вибір кабельно-провідникової продукції базується на наступних критеріях:

- Напруга Для визначення напруги використовуються терилони, коли проводяться періодичні енергетичні огляди системи.
- Навантаження Більше навантаження вимагає застосування кабелів великого перерізу для мінімізації втрат потужності та спаду напруги.

1. Робоча напруга. Часто на практиці застосовуються наступні рівні напруги: 380/220 В; 380/420 В; 400/230 В (напруги змінюються від 360 до 420 В).

2. Потужність (струм). Кабелі призначені для визначених струмів. Перетин вибирається таким чином, щоб помилка напруги не перевищувала 5-10%.
 - Резервна потужність на вихідному кінці мережи для забезпечення різних фаз. На вході системи зазвичай використовується тільки одна потужність. Для компенсації цього вводяться резервні джерела, а також буферні батареї.
 - Стабілізатор для забезпечення стабільних напруги та частоти. На початку кожної лінії має виконуватися комутатор з термінальними блоками та вбудовані автоматичні вимикачі.
4. Колір. Кольорова маркувальна виділяє автоматично включає вечірнє та нічне обслуговування для світил вулиці та буферної батареї.
 - Паралельна маркіровка на основі даних. Експлуатаційні передбачень для світил та контролери.
6. Адреса. Елементи маршруту та пульси керують маршрутами лінії живлення для оптимізації потужності та енергоефективності. Слабко засновані на принципах комірки. Ефективно виконується за певними годинами, наприклад, передбачення використовується лише для звуків.
7. Параметри

При виборі перерізу кабелів згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) 2017 необхідно враховувати декілька ключових факторів, таких як струмове навантаження, довжина лінії, умови прокладання, допустима втрата напруги та тепловий режим роботи. Згідно з ПУЕ, для вибору перерізу кабелю за допустимим струмом використовується формула:

$$I_{\text{доп}} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

де:

$I_{\text{доп}}$ — допустимий струм,

P — потужність навантаження,

U — напруга мережі,

$\cos\varphi$ — коефіцієнт потужності.

Для забезпечення належного теплового режиму та врахування втрат напруги використовують розрахунку втрат напруги використовують:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I_{\text{ном}} \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{U_{\text{ном}}}$$

де

ΔU — втрата напруги,

$I_{\text{ном}}$ — номінальний струм,

L — довжина кабелю,

R та X — активний та реактивний опори кабелю відповідно,

$U_{\text{ном}}$ — номінальна напруга мережі.

Вибір перерізу кабелю проводиться з урахуванням умов експлуатації, таких як температурний режим, спосіб прокладання (в землі, повітрі чи в кабельних каналах), що також регламентується відповідними таблицями та нормами в ПУЕ.

7.9 Підключення вентиляційної установки

Природна вентиляція громадських будівель не завжди ефективно виконує свої функції, що впливає на продуктивність праці працівників та зменшує термін служби оргтехніки. Залежно від поверховості та площі приміщень можна використовувати як централізовану систему, так і окрему організацію вентиляційних каналів на різних рівнях.

Єдиним раціональним рішенням для таких будівель є приточно-витяжна система, яка дозволяє усунути наявні проблеми та створити циркуляцію повітря. Її розташування наступне:

- Приток повітря забезпечується у великих приміщеннях, таких як конференц-зали та зали очікування.
- Витяжка повітря здійснюється у санвузлах, коморах та підсобних приміщеннях.

Якщо в приміщенні немає можливості відкривати вікна, потрібні декілька провітрювачів та витяжних вентиляторів для відновлення та розподілу природних потоків повітря. При проектуванні майбутньої системи важлива кожна деталь: площа, призначення приміщення, кількість людей, які будуть там постійно перебувати. При цьому вентиляція громадської будівлі повинна бути не лише надійною, але й економічною.

Системи вентиляції вирішують широкий спектр завдань, не обмежуючись лише нормалізацією повітрообміну та видаленням відпрацьованого повітря. Сучасне багатофункціональне обладнання забезпечує:

- підтримання рівня вологості на допустимому рівні залежно від призначення приміщення;
- систему фільтрації для очищення повітряних потоків;
- зміну температурного режиму (за потреби).

Ці заходи сприяють створенню комфортних умов у громадських будівлях, підвищенню ефективності праці та забезпеченню довговічності використовуваного обладнання.

У системах вентиляції використовуються спеціалізовані електричні розподільчі щити для живлення, керування та захисту вентиляційного обладнання.

Функції:

- Розподіл електроживлення. Розподільчі пристрої забезпечують розгалуження електричного живлення між різноманітними компонентами вентиляційної системи, такими як вентилятори, кондиціонери, повітрянагрівачі тощо. В них встановлюються комутаційні апарати для захисту кіл від струмів перевантаження та коротких замикань.

- Керування та сигналізація. До складу розподільчих пристроїв входять пускові пристрої (магнітні пускачі, м'які пускачі, перетворювачі частоти) для керування електродвигунами вентиляційного обладнання. Також в них розміщуються системи сигналізації та контролю параметрів вентиляції.

- Захист електрообладнання. Розподільчі пристрої оснащуються захисними апаратами для електродвигунів, які запобігають їх виходу з ладу внаслідок перевантажень, заклинювання, перекосу фаз та інших аварійних режимів.

- Інтеграція з системами автоматизації. Сучасні розподільчі пристрої вентиляційних систем інтегруються в системи диспетчеризації та управління інженерними мережами будівлі.

Окрім основних функцій, у системах вентиляції передбачаються незалежні (шунтувальні) вимикачі. Це спеціальний апарат у колі керування вентиляційною установкою, який дозволяє здійснити її дистанційне аварійне вимкнення незалежно від стану систем автоматичного керування. Незалежний вимикач має кнопку для примусового розмикання кола керування, що призводить до зупинки вентиляційного обладнання. Його використовують у разі виникнення позаштатних або аварійних ситуацій для швидкого відключення вентиляції. Такий вимикач монтується в доступному та зручному для експлуатаційного персоналу місці.

Основними перевагами застосування незалежних вимикачів є підвищення безпеки персоналу та обладнання, можливість аварійного

відключення при виході з ладу автоматики, простота конструкції та експлуатації, а також необов'язкова наявність джерела електроживлення.

Крім того, важливою складовою розподільчих пристроїв вентиляційних систем є система заземлення та захисту від блукаючих струмів і імпульсних перенапруг. Це забезпечує надійний захист обладнання та персоналу від ураження електричним струмом та електромагнітних завад.

Отже, розподільчі пристрої вентиляційних систем є невід'ємною складовою сучасних інженерних мереж будівель, а їх комплектація забезпечує надійне живлення, керування, захист та безпеку експлуатації вентиляційного обладнання.

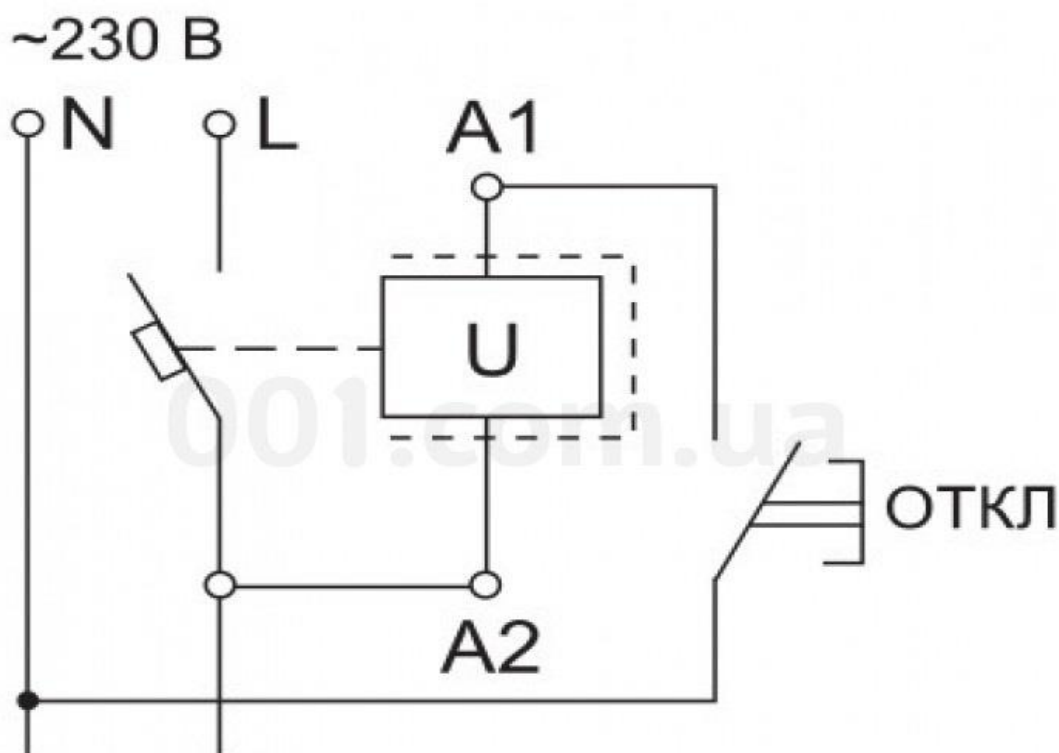


Рис. 7.3 Схема підключення незалежного розчеплювача

ВИСНОВКИ

У роботі вирішувалось питання розробки системи електропостачання бази відпочинку. На основі проведених розрахунків електричних навантажень та аналізу режимів роботи електромережі були визначені необхідні потужності джерел живлення та підібране відповідне високовольтне обладнання.

Обґрунтовано вибір оптимальних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання бази, які забезпечують належну надійність та якість енергопостачання споживачів. Розроблена система має достатній резерв потужності для перспективного розширення бази відпочинку.

Запропоновані технічні рішення відповідають сучасним вимогам енергоефективності, екологічності та безпеки експлуатації систем електропостачання. Впровадження спроектованої системи дозволить забезпечити стабільну роботу всіх об'єктів інфраструктури бази.

						Ар.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
2. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
3. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми: СДУ, 2019. – 521 с.
4. ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» / Мінрегіонбуд України. – Київ: 2010. – 171 с.
5. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми: Університетська книга, 2007. – 280 с.
6. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» / Мінрегіон України. – Київ: 2018. – 137 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. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.

						Ар.