

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук, професор
_____ Петро ПЛЕШКОВ
“__” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**«Реконструкція системи електропостачання та
електрозбереження ЗАТ «Протеїн-продакшн»**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ЕЕ–20-ЗСКЗ,
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Лариса Данильченко
«__» _____ 2023 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____ Іван Савеленко
«__» _____ 2023 р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет центр заочної та дистанційної освіти

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 ПЛЄШКОВ

« » 2023 р.

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

Данильченко Лариси Василівни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Реконструкція системи електропостачання та електрозбереження ЗАТ «Протеїн-продакшн»

Reconstruction of the power supply and power saving system of CJSC "Protein-production"

2. Керівник роботи Савеленко Іван Володимирович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є реконструкція системи електропостачання ЗАТ «Протеїн-продакшн». Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних навантажень. 2. Провести розрахунок теплових навантажень. 3. Провести розрахунок картограми електричних та теплових навантажень. 4. Провести розрахунки з вибору джерела теплопостачання та гідравлічний розрахунок системи теплопостачання. 5. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 6. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 7. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 8. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 9. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника

Іван САВЕЛЕНКО

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача

Лариса ДАНИЛЬЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 75 с.; 13 рис.; 32 табл.; 8 джерел

Данильченко Л. В. Реконструкція системи електропостачання та електрозбереження ЗАТ «Протеїн-продакшн»". – Рукопис.

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

У даній бакалаврській роботі проведено реконструкцію системи електропостачання та електрозбереження ЗАТ «Протеїн-продакшн». Робота включає розрахунки електричних силових та освітлювальних навантажень, режимів реактивної потужності, струмів коротких замикань, техніко-економічне порівняння схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання, а також вибір високовольтного обладнання системи електропостачання та розробку спеціального розділу.

Спеціальний розділ роботи присвячено питанню енергозбереження в системі електропостачання.

Ключові слова: електричні навантаження, електрична потужність, робочі та аварійні струми, енергоефективність, енергозбереження

ABSTRACT

Qualification work: 75 p.; 13 Fig.; 32 tables; 8 sources

DANYLCHENKO L. V. Reconstruction of the power supply and power saving system of CJSC "Protein-production". – Manuscript.

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

This bachelor's thesis reconstructs the power supply and energy saving system of Protein Production CJSC. The work includes calculations of electric power and lighting loads, reactive power modes, short-circuit currents, technical and economic comparison of external and internal power supply schemes, as well as the selection of high-voltage equipment of the power supply system and the development of a special section.

A special section of the work is devoted to the issue of energy saving in the power supply system.

Keywords: electrical loads, electrical power, operating and emergency currents, electric drive, energy saving

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА	9
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	10
2.1 Розрахунок типових електричних навантажень в електричних мережах до 1000В	10
2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень	17
2.3 Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В	18
2.4. Розрахунок електричних навантажень після реконструкції заводу	22
3. ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА	34
4. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАТ «ПРОТЕЇН-ПРОДАКШН»	43
5. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	46
5.1. РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	47
5.2. ВИБІР НАПРУГ ТА СХЕМ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	53
6. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	54
6.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах.....	54
6.2. ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ.....	58
7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА	62

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Данильченко Л				Реконструкція системи електропостачання та електрозбереження ЗАТ «Протеїн-продакшн»	Літера	Аркуш
Перевірів	Савеленко І.В.						
Н. Контр.						6	182
Затв.	Плещков П Г					ЦНТУ ЕЕ-20-3СКЗ	

7.1. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ГЗП	62
7.2 ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВИХ ПІДСТАНЦІЙ...	62
8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В СХЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	64
8.1. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ.....	64
9. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАТ «ПРОТЕЇН-ПРОДАКШН».....	73
9.1. ЗАГАЛЬНІ ФАКТОРИ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	73
9.2. ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.	74
9.3.ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОДВИГУНАХ.....	75
ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ В ТАКОМУ ВИПАДКУ ВИЗНАЧАЄТЬСЯ:	75
9.4. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВКАХ.....	76
9.5. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	80
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	84

ВСТУП

При проектуванні системи електропостачання ЗАТ "Протеїн-продакшн" використовувалися типові рішення, схеми та елементи з метою стандартизації обладнання і зниження вартості проекту. При проектуванні розподільчої підстанції враховувалися географічні особливості та інші вихідні умови.

З моменту запуску ЗАТ "Протеїн-продакшн" вимоги до обладнання змінювалися, що призводило до зміни електричного навантаження споживачів на підстанції. Реконструкція підприємства проводилась з метою забезпечення відповідності потужності трансформаторів потужності споживачів, які отримують живлення від цих підстанцій, а також встановлення обладнання, що відповідає сучасним технічним вимогам щодо енергоощадності, енергоефективності, енерго- та екобезпеки.

Розрахунок включає визначення розрахункового навантаження, вибір потужності та кількості трансформаторів, розрахунок розподільчих мереж, вибір електричних апаратів та струмоведучих частин розподільчих пристроїв (РП) підстанцій, вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв (КП), вибір схем енергетичного контролю підприємства та системи обліку енергоресурсів, вибір схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання, розробку схеми енергетичного контролю якості електричної енергії, вибір системи маркетингу підприємства. Також проводиться оптимізація кількості елементів схеми електропостачання та обладнання підстанції. Для цього здійснюються розрахунки потужності та струмів короткого замикання.

Головна мета даного проекту полягає в реконструкції системи електропостачання та електрозбереженні на ЗАТ "Протеїн-продакшн", що задовольняє потреби сучасного виробництва та має високий рівень надійності у своєму функціонуванні.

						Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА

Приватне акціонерне товариство закритого типу "Протеїн-продакшн" є одним з підприємств переробної галузі в нашому регіоні. Спеціалізація заводу полягає в виробництві нерафінованих, рафінованих і дезодорованих олій. Завод має потужність 120 тис. тонн насіння соняшника на рік. Обладнання для виробництва постачається з Великобританії та Італії.

У технологічному процесі проводяться такі операції, як сортування та фасування виробленої продукції, а також переробка відходів сировини. При отриманні сировини на підприємстві проводиться лабораторний аналіз, який включає визначення вологості насіння, кількості сорних домішок та підготовку сировини до відповідності стандартам.

На приймальній ділянці використовується обладнання потужністю від 0,25 до 37 кВт, і вона відноситься до категорії ПІ-а. Після цього соняшник направляється до пресового цеху, де його важать, очищують та лущать. Потім насіння проходить жаровню, плющильні вальці та пресується. Отримане масло проходить фільтрацію та дезодорацію, а також рафінацію.

Пресовий цех відноситься до категорії ПІ-а, і його обладнання має потужність від 0,25 до 200 кВт. Шрот з вмістом масла направляється до екстракційного цеху, де відбувається вилучення другосортного масла методом екстракції. Отриманий жмих з маслом піддається дезодорації та рафінації. Потужність обладнання для екстракції становить від 0,25 до 7,5 кВт.

На ділянці розливу виготовляються тара об'ємом 1, 1,5 і 5 літрів, упаковується масло в контейнери та складається в ящики перед відправкою на склад готової продукції. Потужність обладнання для розливу коливається від 0,75 до 44 кВт, а категорія ділянки відноситься до ПІ-а(В).

Більшість виробних цехів відноситься до категорії ПІ-ІІ, а потужність споживачів становить від 18 до 10,5 кВт.

						Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок електричних навантажень електроприймачів виконується у відповідності з розрахунковим методом "Упорядкованих діаграм".

2.1 Розрахунок типових електричних навантажень в електричних мережах до 1000В

При визначенні значення навантажень в електричних мережах з напругою до 1000 В, рекомендується застосовувати наступну послідовність розрахунків:

а) Згідно з розрахунковим вузлом, необхідно підсумувати кількість силових електроприймачів і їх номінальні потужності.

б) Потрібно обчислити суму середніх активних і реактивних навантажень робочих електроприймачів.

в) Визначити груповий коефіцієнт використання, а також середньозважений коефіцієнт потужності.

г) Знайти ефективну кількість електроприймачів в даному вузлі.

д) Використовуючи криві або таблиці, визначити коефіцієнт максимуму і максимальне електричне навантаження силових електроприймачів.

е) Якщо в даному вузлі є приймачі з постійним графіком роботи, то потрібно визначити їх сумарну номінальну потужність і середнє навантаження.

ж) Загальне силове навантаження по вузлу визначається шляхом сумування розрахункових навантажень електроприймачів зі змінним графіком і середніх навантажень електроприймачів з постійним графіком.

В якості, прикладу виконаємо розрахунок електричних навантажень рушально-віснній ділянці пресового цеху.

						Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середнє навантаження та усталена потужність групи ЕП з однаковим режимом роботи для шнеків:

$$P_{cp} = P_{\text{сум}} * K_{\text{и}} = 49,7 * 0,6 = 30 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp} = P_{cp} * \text{tg}\varphi = 29,8 * 1,02 = 30 \text{ кВар}.$$

Середньозмінне навантаження для всіх споживачів по рушально-вієчній ділянці

:

$$P_{cm} = \sum P_{cpi} = 30 + 5,7 + 0,8 + 23 + 3,6 + 3 + 0,7 = 66 \text{ кВт}.$$

Аналогічно:

$$Q_{cm} = 75 \text{ кВар}.$$

Ефективне число ЕП по цеху

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{n.\text{max}}} = \frac{2 * 115}{11} = 21.$$

Використовуючи початкові дані знаходимо коефіцієнт m:

$$m = \frac{P_{n.\text{max}}}{P_{n.\text{min}}} = \frac{11}{0,8} = 15.$$

За допомогою таблиць [1] можна знайти коефіцієнт Км, виходячи з групового коефіцієнта використання та ефективної кількості електроприймачів у

						Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

групі або вузлі навантаження. В даному випадку $K_M = 1,2$. Далі необхідно розрахувати:

- активне розрахункове навантаження групи електроприймачів:

$$P_p = P_{cm} \cdot K_M = 66 \cdot 1,21 = 79,5 \text{ кВт}$$

- реактивне розрахункове навантаження групи електроприймачів:

$$Q_p = Q_{cm} = 75 \text{ кВар (так як } n_{\epsilon} > 10).$$

Розрахунковий максимум навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{79^2 + 75^2} = 110 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунок навантажень до 1000 В зведено до таблиці 2.1.

						Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм

Арк.

% догум.

Підпим

Дата

Аркус

Таблиця 2.1. Розрахунок електричних навантажень в мережі до 1000 В

№	Назва вузлів та груп електроприймачів	Кіл.	Встановлена потужність, кВт		m	K _и	cos	tg	Середнє навантаження за зміну		п _{еф}	K _м	Розрахункова потужність,		
			Одного	Сума					Р _{ср}	Q _{ср}			P _p	Q _p	S _p
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<u>Пресовий цех</u>														
	<u>Рушально-вієчна ділянка №1</u>														
	Шнеки	22	1,1 - 4	49,8	4	0,60	0,70	1,02	29,88	30,48					
	Норії	4	2 - 3	10,5	1	0,55	0,65	1,17	5,78	6,75					
	Сепаратори	2	1,0 - 3	2,1	3	0,40	0,70	1,02	0,84	0,86					
	Рушки	3	11,0 - 12	33,1	1	0,70	0,65	1,17	23,17	27,09					
	Насіннєвійки	3	3,0 - 3	9,1	1	0,40	0,65	1,17	3,64	4,26					
	Розсіви	3	3,0 - 3	9,1	1	0,30	0,45	1,98	2,73	5,42					
	Шлюзові затвори	3	0,8 - 1	2,4	1	0,30	0,70	1,02	0,71	0,72					
	Всього по РВД №1	40	0,8 - 12	116,05	16	0,58	0,66	1,13	66,74	75,57					
	<u>Рушально-вієчна ділянка №2</u>														
	Шнеки	22	1,1 - 4	49,8	4	0,60	0,70	1,02	29,88	30,48					
	Норії	4	2 - 3	10,5	1	0,55	0,65	1,17	5,78	6,75					
	Сепаратори	1	1,0 - 1	1,1	1	0,40	0,70	1,02	0,44	0,45					
	Рушки	3	11,0 - 11	33,1	1	0,70	0,65	1,17	23,17	27,09					
	Насіннєвійки	3	3,0 - 4	9,1	1	0,40	0,65	1,17	3,64	4,26					
	Розсіви	3	3,0 - 4	9,1	1	0,30	0,45	1,98	2,73	5,42					
	Шлюзові затвори	3	0,8 - 1	2,4	1	0,30	0,70	1,02	0,71	0,72					
	Всього по РВД №2	39	0,8 - 11	115,05	15	0,58	0,66	1,13	66,34	75,17					
	<u>Пресова ділянка</u>														
	Шнеки	18	2,2 - 6	51,8	3	0,50	0,70	1,02	25,90	26,42					

				Продовження таблиці 2.1.																						
Зм				1	2			3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Арк.					Машина для видування пляшок			3	55,0	-	60	165,1	1	0,65	0,70	1,02	107,32	109,48								
% докум.					Вентилятори			1	1,5	-	2	1,6	1	0,65	0,70	1,02	1,04	1,06								
Підпим					Накопичувачі масла			3	2,2	-	3	6,7	1	0,40	0,50	1,73	2,68	4,64								
					Ковейєри			2	6,0	-	7	12,1	1	0,80	0,70	1,02	9,68	9,88								
					Холодильні установки			3	0,2	-	1	2,1	3	0,60	0,70	1,02	1,26	1,29								
					Гол. холодильна установка			1	22,0	-	23	22,1	1	0,70	0,70	1,02	15,47	15,78								
					Всього по фасовочному відділенню			24	0,2	-	60	287,8	300	0,64	0,70	1,03	184,31	189,94	10	1,2	230,0	208,9	310,72			
Дата					Ремонтний цех																					
					Токарні станки			11	18,0	-	19	198,1	1	0,12	0,40	2,29	23,77	54,47								
					Фрезерні станки			22	35,0	-	36	770,1	1	0,12	0,45	1,98	92,41	183,39								
					Шліфовальні станки			13	7,5	-	18	213,1	2	0,14	0,30	3,18	29,83	94,87								
					Зварювальні тра-ри			2	6	-	7	12,1	1	0,60	0,35	2,68	7,26	19,43								
					Дугова зварка			1	8,0	-	9	8,1	1	0,60	0,40	2,29	4,86	11,14								
					Всього по ремонтному цеху			49	5,5	-	36	1201,5	7	0,29	0,53	1,62	342,44	553,23	49	1,3	428,9	553,2	700,01			
					Маргариновий цех																					
					Жирозберігаюче відділення																					
					Насоси			22	1,5	-	11	90,4	7	0,60	0,70	1,02	54,24	55,34								
					вентилятори			7	1,5	-	3	16,6	2	0,65	0,70	1,02	10,79	11,01								
					Фільтри			2	11	-	12	22,1	1	0,50	0,70	1,02	11,05	11,27								
					всього по жирозберігаючому відділенню			31	2		12	129,1	8	0,59	0,70	1,02	76,08	77,62								
					Ділянка фасовки																					
					КРУМ			2	4,0	-	5	8,1	1	0,30	0,70	1,02	2,43	2,48								
				Кристалізатори			2	35,0	-	36	70,1	1	0,60	0,70	1,02	42,06	42,91									
	Арк.ш.																									

		Продовження таблиці 2.1.																		
Зм	Арк.	% док-ум.	Підпим	Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
						дозувальні насоси	4	0,75 - 1	3,1	1	0,65	0,85	0,62	2,02	1,25					
						Міксери	2	7,5 - 8	15,1	1	0,40	0,70	1,02	6,04	6,16					
						Поворотні ємності	2	2,2 - 3	4,5	1	0,20	0,80	0,75	0,90	0,68					
						Фасовочна машина	8	1,5 - 2,2	17,9	1	0,60	0,70	1,02	10,74	10,96					
						синусні насоси	2	1,5 - 2,0	3,1	1	0,60	0,70	1,02	1,86	1,90					
						Уміпак	2	4,5 - 5	9,1	1	0,55	0,40	2,29	5,01	11,47					
						Конвейєр	1	180 - 180	180,1	1	0,80	0,70	1,02	144,08	146,99					
						Дренажні насоси	2	2,2 - 2	4,5	1	0,60	0,70	1,02	2,70	2,75					
						Насоси жиропастки	1	4,5 - 5	4,6	1	0,70	0,70	1,02	3,22	3,29					
						Конденсатні насоси	1	4,0 - 4,0	4,1	1	0,60	0,70	1,02	2,46	2,51					
						Кондиціонери	2	1,5 - 2	3,1	1	0,70	0,80	0,75	2,17	1,63					
						Компресори	25	11,0 - 22	286	2	0,60	0,70	1,02	171,66	175					
						Холодильні установки	1	0,75 - 1,00	0,85	1	0,80	0,70	1,02	0,68	0,69					
						Холодильні машини	2	3,0 - 4	6,1	1	0,80	0,70	1,02	4,88	4,98					
						Охолоджуючі вентилятори	2	2,2 - 2,2	4,5	1	0,60	0,70	1,02	2,70	2,75					
						Фреонові насоси	2	2,0 - 2,0	4,1	1	0,65	0,70	1,02	2,67	2,72					
						всього по фасовочній ділянці	63	0,8 - 180	627,4	240	0,65	0,70	1,03	408,27	421,24					
						Всього по маргариновому цеху	94	0,8 - 180	756,5	240	0,64	0,70	1,03	484,35	499	8	1,3	622	549	830
						Склад гофротари	2	3,0 - 4	1,1	1	0,6	0,8	0,8	0,61	0,45	2	2,1	1,27	0,50	1,36
						Насосна	3	5,0 - 7,5	20,1	2	0,6	0,8	0,8	11,06	8,29	3	1,7	19,3	9,12	21,35
						Маслоцех														
						Силоси	8	4,0 - 5	32,1	1	0,30	0,70	1,02	9,63	9,82					
						Перетворювачі масла	3	4,0 - 5	12,1	1	0,30	0,70	1,02	3,63	3,70					
						Сепаратори	1	22,0 - 23	22,1	1	0,30	0,70	1,02	6,63	6,76					
						Дренажні насоси	1	5,0 - 6	5,1	1	0,30	0,70	1,02	1,53	1,56					
	Аркуш																			

2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювальних навантажень здійснюється на основі питомої потужності освітлювального навантаження на одиницю корисної площі виробничого приміщення.

Якщо для освітлення використовуються люмінесцентні, дугові ртутні або світлодіодні лампи, то враховують спожиту реактивну потужність.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

№	Найменування	F,м ²	p _о ,Вт/м ²	P _в ,кВт	K _с	tgφ	P _р ,кВт	Q _р ,квар	S _р ,кВА
1	Пресовий цех	2770	10	28	0,9	1,73	25	43	50
2	Підготовчий цех	1270	10	13	0,9	1,73	11	20	23
3	Котельня	1700	8	14	0,8	1,73	11	19	22
4	Фасовочне відділення	1970	10	20	0,9	1,73	18	31	35
5	Ремонтний цех	1730	12	21	0,9	1,73	19	32	37
6	Маргариновий цех	1280	10	13	0,8	1,73	10	18	20
7	Склад гофротари	1715	6	10	0,75	1,73	8	13	15
8	Насосна	1282	8	10	0,75	1,73	8	13	15
9	Маслоцех	1688	10	17	0,9	1,73	15	26	30
10	Склад	900	6	5	0,9	0	5	0	5
13	Територія заводу	156000	0,2	31	0,6	0,48	20	9	21
	Всього						130	215	251

2.3 Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

При розрахунку електричних навантажень у мережі з напругою вище 1000 В, слід керуватися такою послідовністю:

а) Необхідно знайти суму номінальних потужностей всіх силових електроприймачів, які встановлені і живляться від даної трансформаторної підстанції з напругою 1000 В і вище.

б) Розрахувати середні навантаження та груповий коефіцієнт використання.

в) Визначити ефективну кількість електроприймачів, коефіцієнт максимуму та розрахункові навантаження.

г) Додати до розрахункових значень навантажень освітлювальні навантаження.

д) Обчислити втрати в силових трансформаторах шляхом їх сумування. Визначаються втрати трансформаторах для кожної групи ТП. В роботі обрані трансформатори ТМ-630/10/0,4 з номінальними параметрами:

$$S_n=630 \text{ кВ}\cdot\text{А} \quad \Delta P_{xx}=1,42 \text{ кВт} \quad I_{xx}=2\%$$

$$U_n=10 \text{ кВ} \quad \Delta P_{k3}=7,6 \text{ кВт} \quad U_{k3}=5,5\%$$

Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В, оформлюється у вигляді таблиці 2.3.

						Аркуш
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.4. Розрахунок електричних навантажень після реконструкції заводу

Реконструкція системи електропостачання промислового підприємства переробної галузі проводиться з метою вдосконалення та покращення ефективності електропостачання, забезпечення стабільності роботи обладнання та забезпечення безпеки електроенергетичних процесів. Основні цілі реконструкції системи електропостачання можуть включати:

Підвищення потужності та надійності: Реконструкція може включати заміну застарілого обладнання, розширення потужності та встановлення додаткових джерел живлення для забезпечення потреб електроенергії промислового підприємства. Це допомагає уникнути перевантажень, знижує ризик відмов та забезпечує безперебійну роботу.

Підвищення енергоефективності: Реконструкція може спрямовуватися на впровадження енергоефективних технологій та обладнання для зменшення споживання електроенергії і зниження енергетичних втрат. Це допомагає знизити експлуатаційні витрати та сприяє сталому розвитку підприємства.

Покращення безпеки: Реконструкція системи електропостачання може включати встановлення сучасних систем заземлення, захисних пристроїв, автоматичних систем виявлення несправностей та аварійного відключення. Це сприяє забезпеченню безпеки персоналу та обладнання, а також запобігає можливим аваріям та пошкодженням.

Впровадження нових технологій: Реконструкція може бути пов'язана з впровадженням нових технологій в систему електропостачання, наприклад, використання відновлюваних джерел енергії, встановлення систем автоматизації та керування, впровадження схем енергозбереження та енергоменеджменту.

Реконструкція системи електропостачання дозволяє підприємствам переробної галузі покращити свою енергетичну ефективність, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити стабільну та безпечну роботу, що сприяє їх конкурентоспроможності та сталому розвитку. В зв'язку з введенням в дію нового

виробничого корпусу та ростом питомого навантаження в існуючих цехах заводу, діюча система електропостачання працює з перевантаженням і не може забезпечити надійне електропостачання згідно вимог ПУЕ. Різниця між проектуємим і існуючим і варіантами складає 1101 кВА.

В рамках проекту реконструкції системи електропостачання промислового підприємства, проводиться вибір трансформаторних підстанцій з огляду на зростання навантаження. Це може включати заміну або додавання нових трансформаторів для забезпечення потрібної потужності та ефективності електропостачання.

Метою реконструкції системи електропостачання на підприємстві ЗАТ "Протеїн-продакшн" в першу чергу є забезпечення стабільного та надійного електропостачання для оптимальної роботи виробничих процесів. Одним із важливих аспектів цієї реконструкції є оптимізація схеми електропостачання, що включає компенсацію реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності допомагає знизити втрати електроенергії в системі, поліпшити ефективність електропостачання та зменшити витрати на електроенергію. Це досягається за допомогою встановлення спеціального обладнання, такого як компенсуючі конденсатори, які забезпечують активну компенсацію реактивної потужності.

Результати реконструкції системи електропостачання ЗАТ "Протеїн-продакшн" після впровадження оптимізованої схеми та компенсації реактивної потужності можуть бути відображені в таблицях 2.4-2.6. Ці таблиці надають інформацію про електричні навантаження на заводі після проведеної реконструкції. Очікується, що ці заходи сприятимуть зниженню витрат електроенергії, покращенню ефективності виробничих процесів та забезпеченню стабільного та ефективного електропостачання на підприємстві.

						Аркуш
						23
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 Розрахунок освітлювальних електричних навантажень в мережі 0,4 кВ після реконструкції

№	Найменування	F,м ²	p _о ,Вт/м ²	P _в ,кВт	K _с	tgφ	P _р ,кВт	Q _р ,квар	S _р ,кВА
1	Пресовий цех	2770	10	28	0,9	1,7	25	43	50
2	Підготовчий цех	1270	10	13	0,9	1,7	11	20	23
3	Котельня	1700	8	14	0,8	0,5	11	5	12
4	Фасовочне відділення	1970	10	20	0,9	0,5	18	9	20
5	Ремонтний цех	1730	12	21	0,9	0,5	19	9	21
6	Маргариновий цех	280	10	3	0,8	0,5	2	1	2
7	Склад гофротари	1715	6	10	0,75	1,7	8	13	15
8	Насосна	1282	8	10	0,75	0,0	8	0	8
9	Маслоцех	1688	10	17	0,9	0,5	15	7	17
10	Склад	900	6	5	0,9	1,7	5	8	10
11	Цех №2	2700	10	27	0,9	1,7	24	42	49
13	Територія заводу	156000	0,2	31	0,6	1,7	19	32	37
	Всього						146	158	215

Зм		Продовження таблиці 2.5																		
Арк.		1	2		3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
№ докум.			<u>Пресо́ва ділянка</u>																	
Підпим			Шнеки		18	2,2	-	6	88,1	3	0,50	0,70	1,02	44,05	44,94					
			Норії		3	3,0	-	3	9	1	0,40	0,70	1,02	3,64	3,71					
			Вальці		3	11,0	-	11	33	1	0,30	0,70	1,02	9,93	10,13					
			Жаровні		2	30,0	-	30	60	1	0,60	0,70	1,02	36,06	36,79					
			Преси		5	30,0	-	30	150	1	0,40	0,65	1,17	60,04	70,19					
			Всього по пресовій ділянці		31	2,2	-	30	340,5	14	0,45	0,68	1,08	153,72	165,77					
			<u>Відділ фільтрації</u>																	
			Фільтри		2	11,0	-	12	22,1	1	0,30	0,70	1,02	6,63	6,76					
			Компресори		2	35,0	-	36	70,1	1	0,65	0,80	0,75	45,57	34,17					
			Всього відділу фільтрації		4	11,0	-	36	92,1	3	0,57	0,79	0,78	52,195	40,94					
			<u>Відділ рафінації</u>																	
			Пароперегрівач		2	64,0	-	65	128,1	1	0,66	0,70	1,02	84,55	86,25					
			Міксери		2	3,0	-	3,1	6,1	1	0,40	0,70	1,02	2,44	2,49					
			Насоси		30	2,2	-	6	158,1	3	0,65	0,70	1,02	102,77	104,84					
			вентилятори		5	0,2	-	2	5,1	10	0,65	0,80	0,75	3,32	2,49					
		Всього по відділу рафінації		39	0,2	-	65	297,1	325	0,65	0,70	1,02	193,07	196,07						
		Всього по пресовому цеху		153	0,2	-	65,0	1005,4	325	0,56	0,71	1,00	558,82	561,39	31	1,2	651,3	561,4	859,87	
		Підготовчий цех																		
		Рушковійки		6	11,0	-	11	66,1	1	0,30	0,70	1,02	19,83	20,23						
		Норії		4	3,0	-	3	12,1	1	0,60	0,70	1,02	7,26	7,41						
		Елеватори		8	5,5	-	12	80,1	2	0,40	0,55	1,52	32,04	48,65						
	Аркулш	Всього по підготовчому цеху		18	3,0	-	12	109,1	4	0,54	0,61	1,29	59,13	76,29	18	1,2	73,0	76,29	105,60	

Зм		Продовження таблиці 2.5																			
Арк.		1	2			3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№ докум.			Фільтри			2	11 - 11			22,1	1	0,50	0,70	1,02	11,05	11,27					
			всього по жирозберігаючому відділенню			31	2 11			129,1	7	0,59	0,70	1,02	76,08	77,62					
Підпим			Ділянка фасовки																		
			КРУМ			2	4,0 - 4,2			8,1	1	0,30	0,70	1,02	2,43	2,48					
Дата			Кристалізатори			3	35,0 - 36			105,1	1	0,60	0,70	1,02	63,06	64,33					
			дозувальні насоси			4	0,75 - 1			3,1	1	0,65	0,85	0,62	2,02	1,25					
			Міксери			2	7,5 - 8			15,1	1	0,40	0,70	1,02	6,04	6,16					
			Поворотні ємності			2	2,2 - 3			4,5	1	0,20	0,80	0,75	0,90	0,68					
			Фасовочна машина			8	1,5 - 2,2			17,9	1	0,60	0,70	1,02	10,74	10,96					
			синусні насоси			2	1,5 - 1,5			3,1	1	0,60	0,70	1,02	1,86	1,90					
			Уміпак			2	4,5 - 5			9,1	1	0,55	0,40	2,29	5,01	11,47					
			Конвейєр			2	180 - 180			360	1	0,80	0,70	1,02	288,08	293,90					
			Дренажні насоси			2	2,2 - 2			4,5	1	0,60	0,70	1,02	2,70	2,75					
			Насоси жиропастки			1	4,5 - 5			4,6	1	0,70	0,70	1,02	3,22	3,29					
			Конденсатні насоси			1	4,0 - 4,0			4,1	1	0,60	0,70	1,02	2,46	2,51					
			Кондиціонери			2	1,5 - 2			3,1	1	0,70	0,80	0,75	2,17	1,63					
			Компресори			25	11,0 - 22			286,1	2	0,60	0,70	1,02	171,66	175,13					
			Холодильні установки			1	0,75 - 0,75			0,85	1	0,80	0,70	1,02	0,68	0,69					
			Холодильні машини			2	3,0 - 3			6,1	1	0,80	0,70	1,02	4,88	4,98					
			Охолоджуючі вентилятори			2	2,2 - 2,2			4,5	1	0,60	0,70	1,02	2,70	2,75					
			Фреонові насоси			2	2,0 - 2,0			4,1	1	0,65	0,70	1,02	2,67	2,72					
			всього по фасовочній ділянці			65	0,8 - 180			842,35	240	0,68	0,70	1,03	573,27	589,57					
			Аркус		Всього по маргариновому цеху			96	0,8	-	180	971,45	240	0,67	0,70	1,03	649,35	667,19	11	1,2	786

Зм			Продовження таблиці 2.5													
Арк.																
№ докум.																
Підпим																
Дата																
Арх	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Всього по відділенню	39	0,8 - 11	115,05	15	0,58	0,66	1,13	66,34	75,17					
		<u>Пресове відділення</u>														
		Шнеки	18	2,2 - 6	51,7	3	0,50	0,70	1,02	25,85	26,37					
		Норії	3	3,0 - 3	9,1	1	0,40	0,70	1,02	3,64	3,71					
		Вальці	3	11,0 - 11	33,1	1	0,30	0,70	1,02	9,93	10,13					
		Жаровні	2	30,0 - 30	60,1	1	0,60	0,70	1,02	36,06	36,79					
		Преси	5	30,0 - 30	150,1	1	0,40	0,65	1,17	60,04	70,19					
		Всього по відділенню	31	2,2 - 30	304,1	14	0,45	0,68	1,09	135,52	147,20					
		<u>Відділення фільтрації</u>														
		Фільтри	2	11,0 - 12	22,1	1	0,30	0,70	1,02	6,63	6,76					
		Компресори	2	35,0 - 36	70,1	1	0,60	0,70	1,02	42,06	42,91					
		Всього відділу фільтрації	4	11,0 - 36	92,2	3	0,53	0,70	1,02	48,69	49,67					
		<u>Відділення рафінації</u>														
		Пароперегрівач	1	64,0 - 64	64,1	1	0,50	0,70	1,02	32,05	32,70					
		Міксери	2	3,0 - 3	6,1	1	0,30	0,70	1,02	1,83	1,87					
		Насоси	30	2,2 - 6	102,1	3	0,60	0,70	1,02	61,26	62,50					
		вентилятори	5	0,2 - 2	5,1	10	0,65	0,70	1,02	3,32	3,38					
		Всього по відділу рафінації	38	0,2 - 64	177,1	320	0,56	0,70	1,02	98,455	100,44					
		Всього по пресовому цеху	112	0,2 - 64,0	688,45	320	0,51	0,68	1,07	349,01	372,483	22	1,2	429,0	372,5	568,12
		Всього	520	1,0 - 180	4643	180	0,5	0,7	1,11	2304	2568	52	1,1	2636	2568	3680

Таблиця 2.5. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт				m	K _в	cos φ	tg φ	Середнє навантаження за зміну, кВт		η _{еф}	K _м	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного		Сумарна	P _{ср}					Q _{ср}	P _p			Q _p	S _p	
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	ТП№1																
	Підготовчий цех																

Таблиця 2.5. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ

[illegible]

[illegible]

3. ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

На основі вимірів, проведених на підприємстві, розробляються графіки навантаження на добовій основі для зимового і літнього періодів, позначені як $P(t)$, $Q(t)$, $S(t)$. У цих графіках враховується кількість робочих та вихідних днів.

Добові графіки служать основою для побудови річного графіка. За допомогою річного графіка визначаються показники, такі як навантажувальна здібність трансформаторів, максимальне та мінімальне значення навантаження, необхідні для розрахунку рівнів напруги в мережі.

За допомогою добових графіків визначається навантажувальна здатність трансформаторів, а також значення максимального та мінімального навантаження, необхідні для розрахунку рівнів напруги в мережі.

Річний графік використовується для визначення річних витрат активної та реактивної енергії, середньоквадратичного коефіцієнта потужності, кількості годин використання максимального навантаження ($T_{\max}$) та річного часу повних витрат (τ).

При розрахунках приймається у розгляд кількість робочих днів: 147 днів зимою та 105 днів літом, а також кількість вихідних днів: 65 днів зимою та 48 днів літом.

Побудова графіків виконана в прикладному пакеті MS Office Excel 2007 за допомогою програми Графік.xls. Вихідні дані та результати програми наведені нижче в таблицях 3.1-3.2. та рис. 3.1-3.5.

ПРОГРАМА ДЛЯ ПОБУДОВИ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Введіть максимальні значення електричних навантажень:

$P = 2813$ кВт.

$Q = 2986$ кВар;

$S = 4102$ кВА

Кількість днів робочих:

зимою 147 днів

влітку 105 днів

Кількість днів вихідних:

зимою 65 днів

влітку 48 днів

Використати типовий графік?

Ok

Виконати розрахунок?

Ok

Виводити на друк?

Ok

$W_{зр} = 8167508$

Річна витрата реактивної електричної енергії, квар*год:

$V_{зр} = 8305207$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$W_{лр} = 4780937$

Річна витрата реактивно, електрично, енергії. квар*год:

$V_{лр} = 5042447$

Вихідні дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$W_{зв} = 2516541$

Річна витрата реактивно, електрично, енергії. квар*год:

$V_{зв} = 2510228$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$W_{лв} = 1579614$

Річна витрата реактивної електричної енергії. кВт*год:

$V_{лв} = 1575651$

Загальна річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$W_{лр} = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 17044600,32$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії. квар*год:

$V_{лв} = V_{зр} + V_{лр} + V_{зв} + V_{лв} = 17433533,28$

Час використання максимального навантаження, год:

$T_m = 5955,2$

Час максимальних втрат, год:

$\tau_m = 4535,1$

						Аркуш
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 3.1. Активне навантаження

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1856,6	1578,1	1153,3	980,3
2	1800,3	1315,1	1097,1	932,5
3	1941,0	1602,0	1237,7	1052,1
4	1884,7	1625,9	1181,5	1004,2
5	2334,8	1339,0	1631,5	1386,8
6	2362,9	2128,0	1659,7	1410,7
7	2334,8	1984,6	1631,5	1386,8
8	2447,3	2247,6	1744,1	1482,5
9	2559,8	2199,8	1856,6	1578,1
10	2503,6	2151,9	1800,3	1530,3
11	2306,7	1984,6	1603,4	1362,9
12	2503,6	2128,0	1800,3	1530,3
13	2334,8	1936,8	1631,5	1386,8
14	2559,8	2391,1	1856,6	1578,1
15	2813,0	2128,0	2109,8	1793,3
16	2644,2	1984,6	1941,0	1649,8
19	2306,7	1865,0	1603,4	1362,9
18	2306,7	1936,8	1603,4	1362,9
19	2250,4	2032,4	1547,2	1315,1
20	2306,7	2223,7	1603,4	1362,9
21	2559,8	1936,8	1856,6	1578,1
22	2503,6	1721,6	1800,3	1530,3
23	2250,4	1649,8	1547,2	1315,1
24	1997,2	1530,3	1294,0	1099,9
Wi	55669,3	45621,2	38791,3	32972,6

Таблиця 3.2. Реактивне навантаження без врахування КП

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	92,4	75,6	55,9	46,0
2	87,3	61,0	50,8	46,4
3	95,6	75,5	59,1	51,0
4	90,5	80,9	59,0	46,4
5	112,2	66,3	80,7	66,8
6	117,5	103,9	81,0	69,4
7	113,4	96,6	76,9	67,1
8	121,8	110,8	85,3	71,3
9	127,1	105,1	90,6	75,5
10	122,4	104,3	85,9	74,8
11	113,4	96,6	76,9	67,1
12	122,5	103,9	86,0	74,4
13	113,7	95,9	77,2	66,3
14	168,0	118,1	89,5	78,6
15	137,5	103,9	101,0	89,4
16	128,4	96,6	96,9	82,1
19	114,1	89,7	77,6	65,2
18	113,7	95,9	77,2	66,3
19	108,1	97,4	76,6	62,9
20	112,0	110,4	75,5	65,9
21	123,7	95,9	92,2	76,3
22	124,9	82,4	88,4	72,9
23	110,3	81,3	73,8	61,8
24	96,0	74,4	64,5	54,9
<i>Wi</i>	2766,56	2222,38	1878,56	1598,78

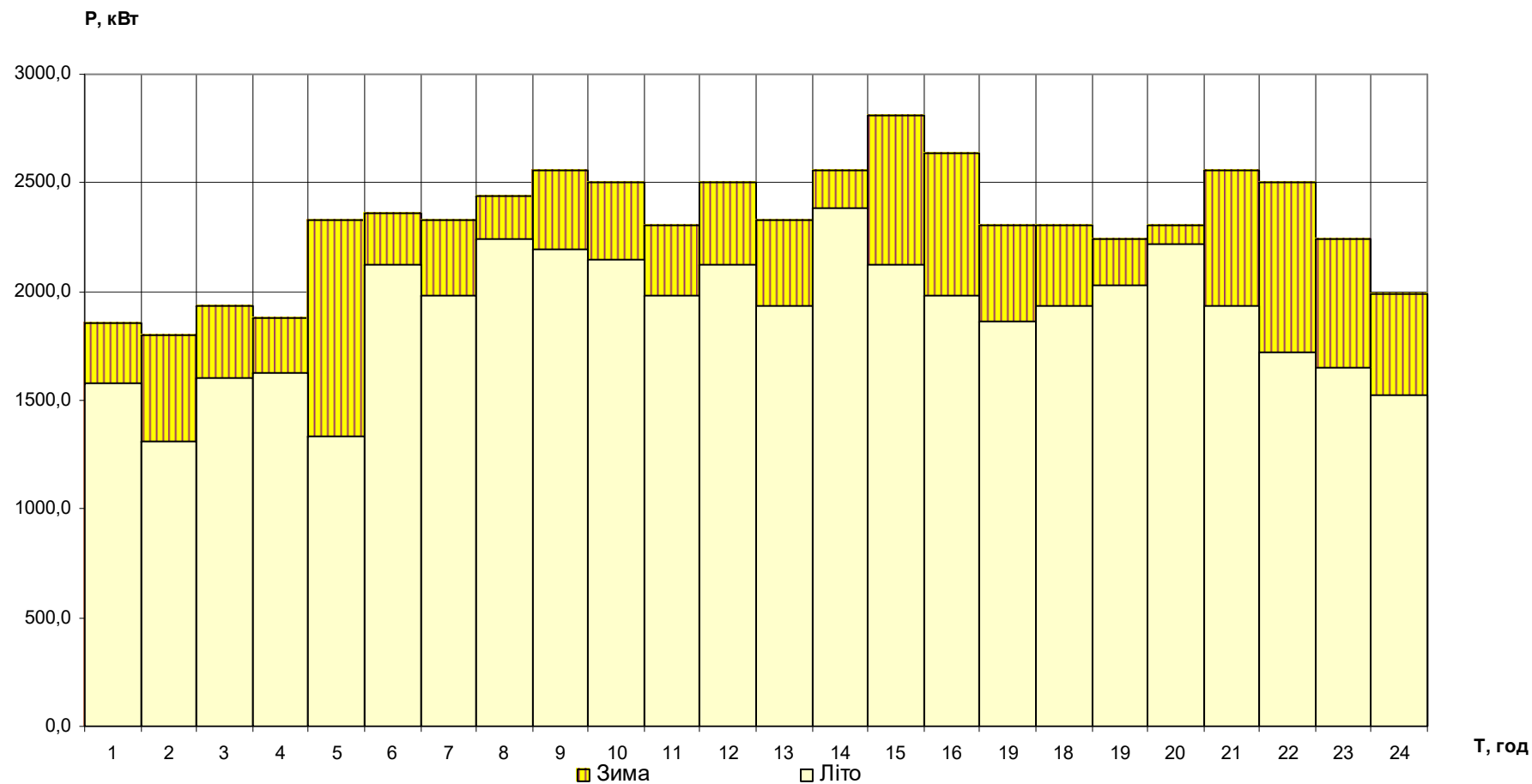


Рис. 3.1 Споживання активної потужності в робочий день

					Апркш
Зм	Апр.	% докум.	Підпис	Дата	

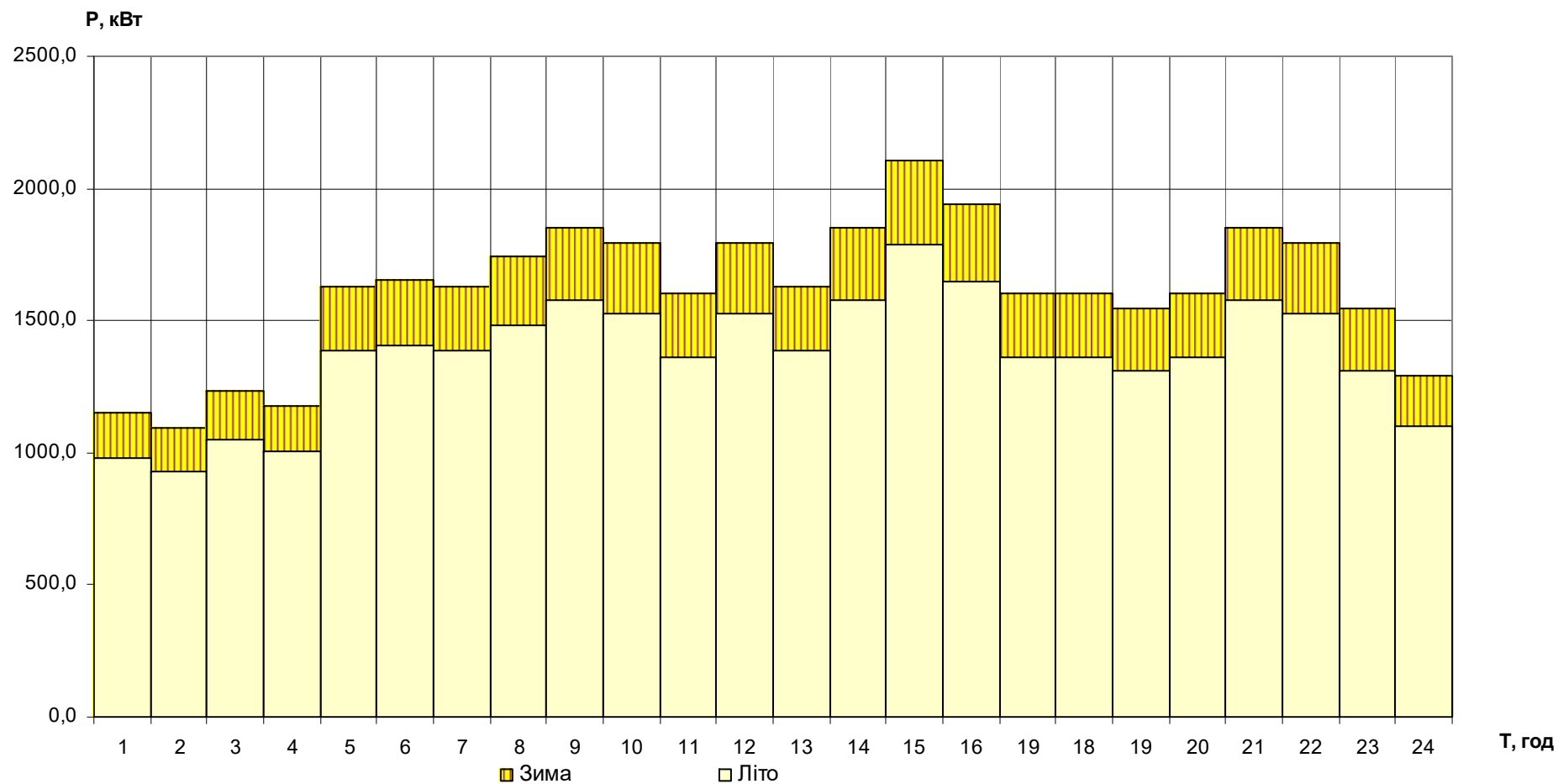


Рис. 3.2 Споживання активної потужності у вихідний день

Зм		
Арк.		
% догум.		
Підпис		
Дата		
Аркус		

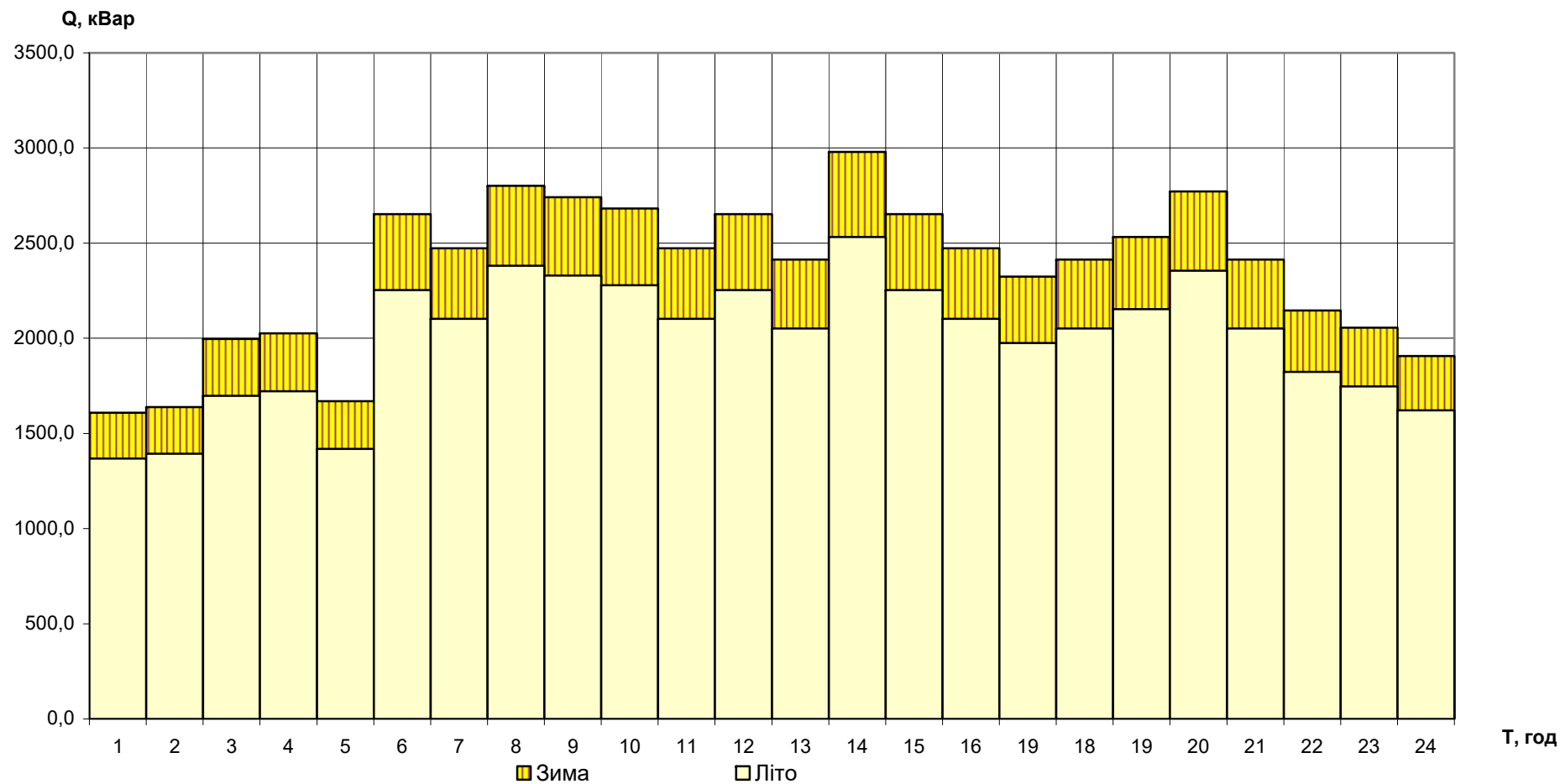


Рис. 3.3 Споживання реактивної потужності в робочий день

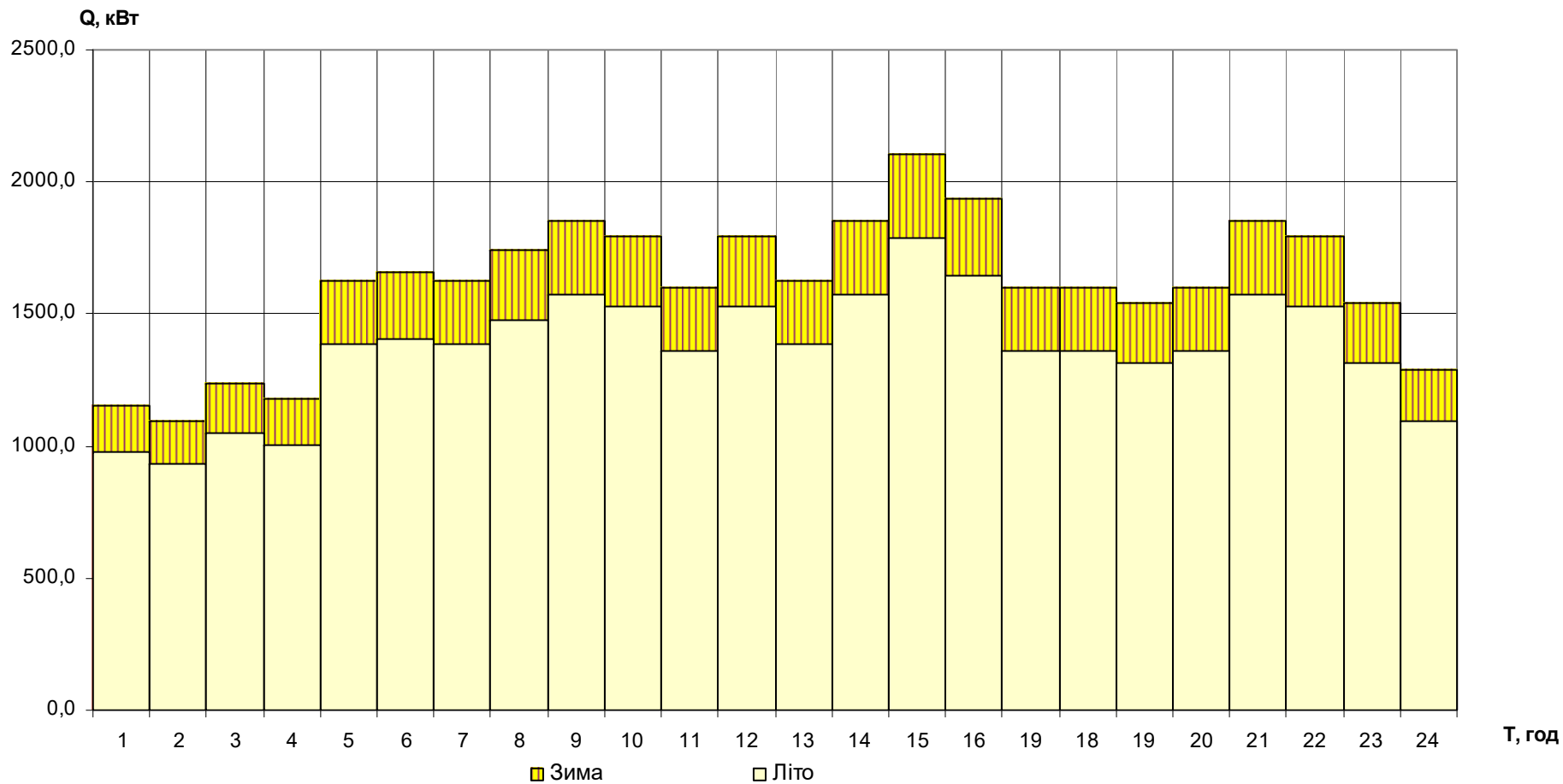


Рис. 3.4 Споживання реактивної потужності у вихідний день

					Апркш
Зм	Апрк.	% докум.	Підним	Дата	

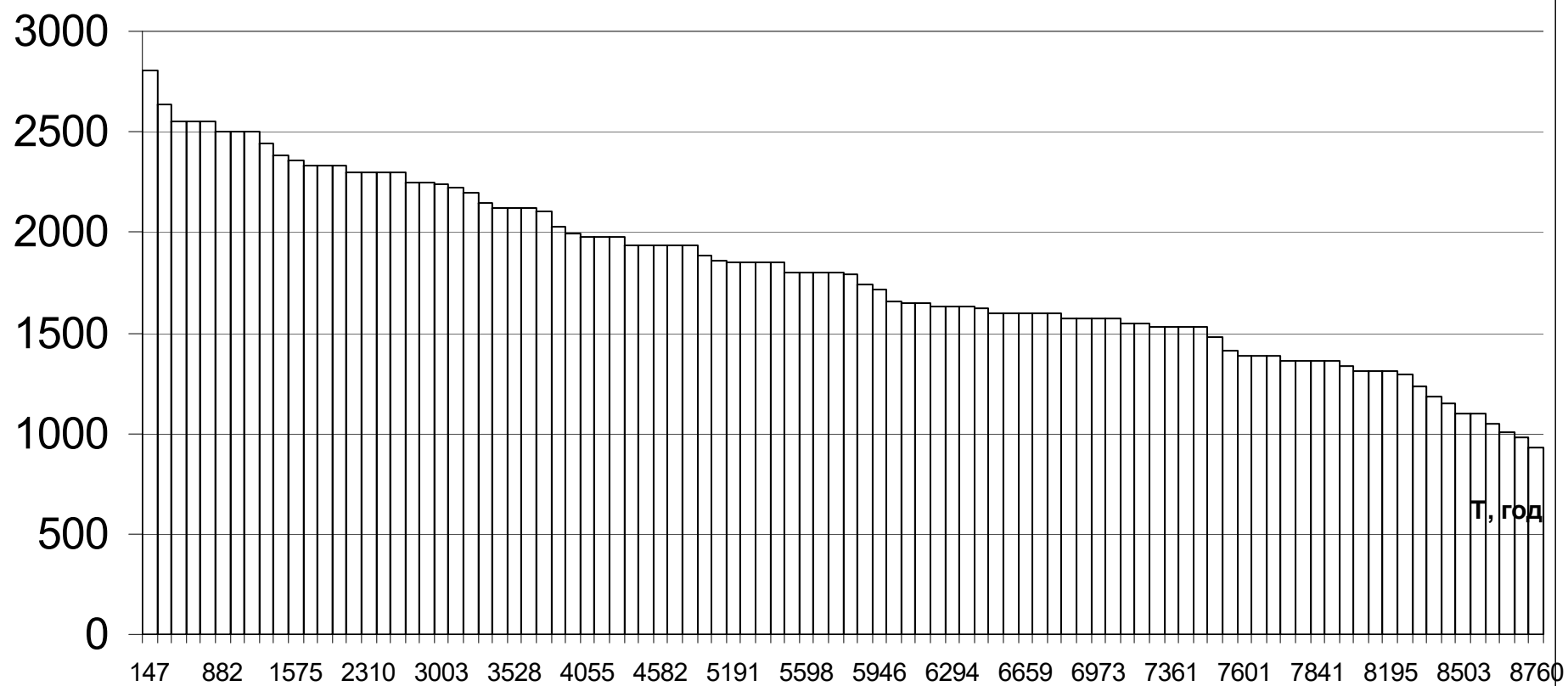


Рис. 3.5 Річний графік навантаження за тривалістю

4. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАТ «ПРОТЕЇН-ПРОДАКШН»

З метою визначення оптимального розташування центральних електропостачальних вузлів (ЦЕН) та трансформаторних підстанцій (ТП) на генеральному плані промислового підприємства, використовується картограма електричних навантажень. Картограма відображає розподіл навантажень на підприємстві та включає кола, площі яких, у відповідному масштабі, пропорційні розрахунковим навантаженням окремих цехів. Ця методика дозволяє зрозуміти розподіл електричних навантажень на підприємстві та визначити оптимальне розташування ЦЕН та ТП, забезпечуючи ефективне та надійне електропостачання всіх цехів промислового підприємства.

Для побудови картограми навантажень цехів та підприємства в цілому, для кожного цеху визначаються радіуси кола (R_i), площі яких (πR_i^2) відповідають повному навантаженню цеху (P_i) в кіловольт-амперах (кВА). Ці кола розташовуються на генеральному плані промислового підприємства відповідно до їхньої географічної прив'язки.

Для цеху №2

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}} = \sqrt{\frac{453}{3,14 * 0,2}} = 27 \text{ мм} \quad (4.1)$$

де m - масштаб кола, кВт/мм².

Існує ряд математичних методів, які дозволяють аналітично визначити центр електричних навантажень (ЦЕН) на промисловому підприємстві. Один з найбільш поширених методів ґрунтується на застосуванні деяких принципів теоретичної механіки. Згідно з цим методом, якщо припустити, що навантаження в цеху рівномірно розподілені по його площі, то центр навантаження можна вважати знаходиться в центрі тяжіння фігури, що відображає цех в плані.

Такий підхід базується на припущенні, що розподіл навантажень у цеху однорідний, і використовує просту геометричну модель для визначення ЦЕН. Центр тяжіння фігури, яка відображає цех в плані, приймається як приблизний центр електричних навантажень цього цеху.

Координати їх центра (X , Y) для підприємства можна визначити за наступними виразами:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{518180,75}{2782} = 186 \text{ м} \quad (4.2)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{441849,60}{2782} = 158 \text{ м}, \quad (4.3)$$

де X_i та Y_i , - координати центрів електричного навантаження i -го цеху.

На картограмі електричних навантажень, крім силового навантаження, також відображається освітлювальне навантаження у вигляді сектора з центральним кутом α .

Цей центральний кут α відповідає площі, яка в обраному масштабі відповідає площі освітлюваного навантаження. Таке представлення дозволяє візуально з'ясувати просторове розташування освітлення на підприємстві і ЦЕН відносно силового навантаження.

Центральний кут:

$$\alpha_i = \frac{P_{i.осв} * 360}{\pi R_i^2} = \frac{24 * 360}{3,14 * 27^2} = 19^\circ. \quad (4.4)$$

Для інших цехів розрахунок зводимо до таблиці 4.1.

Зм.		
Арк.		
% докум.		
Підпим		
Дата		
Архув		

Таблиця 4.1. Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру електричних навантажень

№	Найменування	$P^{0,4}_{\text{сил}}$	$P_{\text{осв}}$	P_p	m	$R, \text{мм}$	a	$x, \text{м}$	$y, \text{м}$	$P^*x, \text{кВт м}$	$P^*y, \text{кВт м}$
1	Пресовий цех	651,31	24,93	676,24	0,2	32,81	13	70	210	47337	142011
2	Підготовчий цех	47,44	11,43	58,87	0,2	9,68	70	220	190	12952	11186
3	Котельня	47,44	10,88	58,32	0,2	9,63	67	72	82	4199	4783
4	Фасовочне відділення	230,03	17,73	247,76	0,2	19,86	26	180	114	44597	28245
5	Ремонтний цех	428,89	18,68	447,58	0,2	26,69	15	250	114	111894	51024
6	Маргариновий цех	786,38	2,24	788,62	0,2	35,43	1	216	116	170341	91480
7	Склад гофротари	5,87	7,72	13,59	0,2	4,65	205	280	150	3804	2038
8	Насосна	24,01	7,69	31,71	0,2	7,10	87	70	84	2219	2663
9	Маслоцех	120,15	15,19	135,33	0,2	14,68	40	380	68	51427	9203
10	Склад	14,34	4,86	19,20	0,2	5,53	91	310	210	5953	4033
11	Цех №2	428,97	24,30	453,27	0,2	26,86	19	140	210	63458	95186
16		2636,49	145,65	#####	0,2	66,54	19	0	0	518181	441850

5. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Процес побудови раціональної системи зовнішнього електропостачання промислового підприємства залежить від правильного вибору напруги та схеми електропостачання. Цей вибір визначається численними факторами, серед яких важливі:

Розрахункове навантаження підприємства: Визначається потужністю, енергією та іншими факторами, пов'язаними з електропотребою підприємства.

Значення напруги можливих джерел живлення: У розгляді беруться доступні напругові рівні, які можуть бути постачені до підприємства.

Відстань між джерелом живлення і споживачем: Враховується фізична відстань, через яку потрібно постачати електроенергію, а також можливі технічні обмеження.

Рівень надійності електропостачання: Залежно від вимог підприємства до надійності електропостачання обираються відповідні схеми та рівні резервування.

Для порівняння різних варіантів, в даному випадку, вибрані два варіанти з напругою 10 кВ та 35 кВ. Кінцеве проектне рішення обирається шляхом порівняння зведених витрат по кожному з варіантів. Зведені витрати включають:

Зведені витрати по кожному варіанту обчислюються за формулою (5.1), де кожна складова виражена у відповідних фінансових одиницях.

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{\text{втр.і}} + Y_i, \quad (5.1)$$

де E_n - Сумарні капітальні вкладення (K_i): Включають витрати на будівництво, монтаж та інші капітальні вкладення, виражені в тисячах гривень. C_i - Поточні витрати по передачі і розподіленню електроенергії. Враховуються витрати, пов'язані з передачею та розподілом електроенергії, виражені в тисячах гривень на рік. $C_{\text{втр.і}}$ - Вартість втрат електроенергії. Враховується вартість

електроенергії, яка втрачається в процесі передачі та розподілу, виражена в тисячах гривень на рік. U_i - Ймовірний збиток від перерв в електропостачанні.

5.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання

Користуючись вищенаведеною теорією виконуємо техніко-економічне порівняння варіантів схем зовнішнього електропостачання (рисунок 5.1).

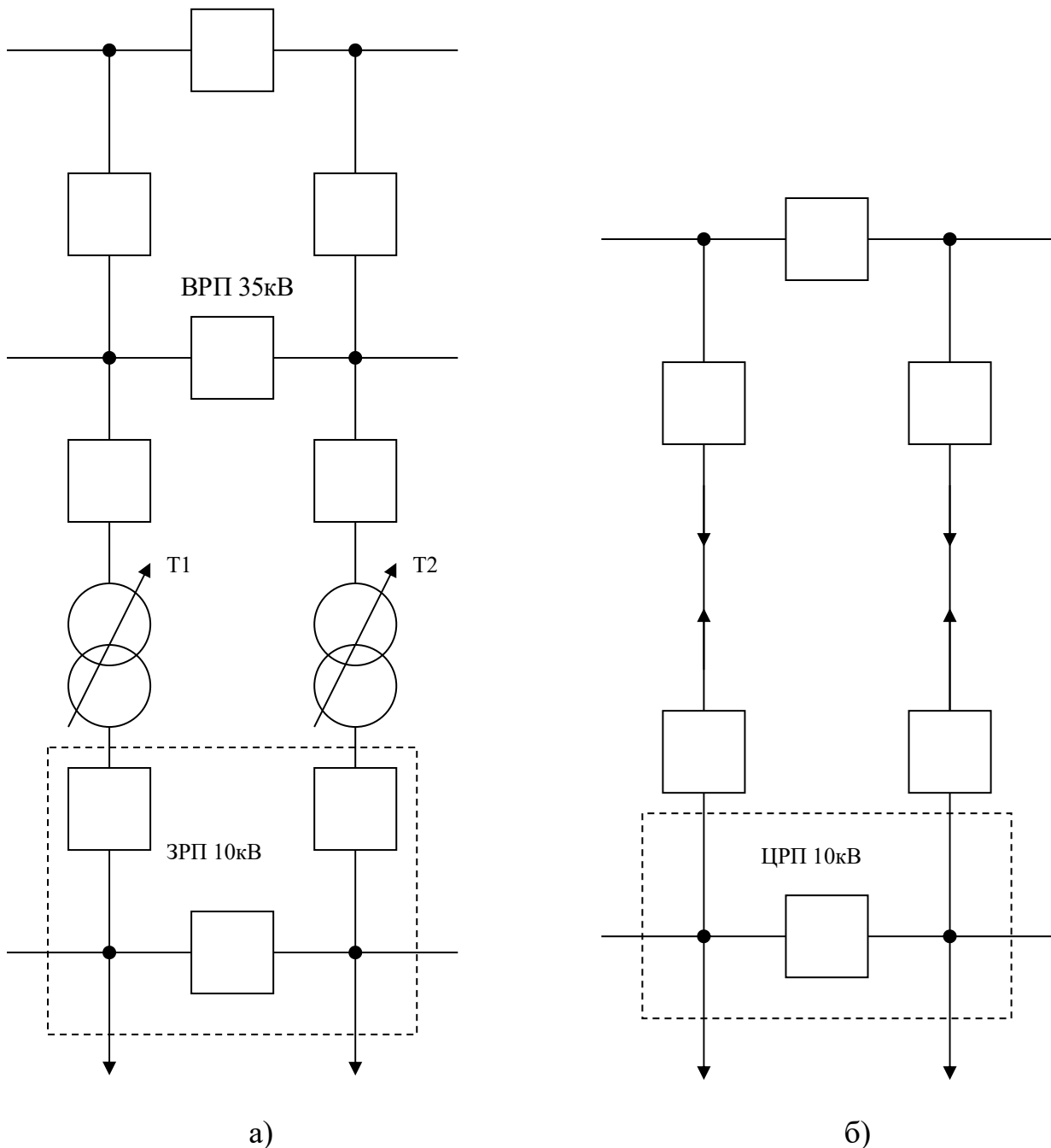


Рисунок 5.1 – Схема зовнішнього електропостачання

Віріант.1 Живлення здійснюється напругою 10 кВ (рисунок 5.1,б) На території заводу передбачається спорудження ЦРП. Електропостачання заводу здійснюється кабельною лінією 10 кВ, яка прокладена в траншеї.

$U_H = 10 \text{ кВ}$; віддаленість від заводу $l = 4,4 \text{ км}$.

$$I_p = \frac{S_p}{N \sqrt{3} U_H} = \frac{4302,0}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = 123 \text{ А};$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 123 / 1,1 = 112 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму приймається при $T_m = 5964 \text{ год}$

Приймаємо стандартний переріз 120 мм^2 кабеля. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3 х 120). Кількість $n = 1$

Для даного кабеля допустимий тривалий струм $I_{доп} = 240 \text{ А}$, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 18 \text{ кВт/км}$, вартістю $K_0 = 50 \text{ тис.грн/км}$.

Допустимий довготривалий струм навантаження з урахуванням кількості кабелів, що працюють в одній траншеї:

$$I_{доп}' = I_{доп} \cdot K_n = 240 \cdot 1 = 240 \text{ А};$$

де K_n – поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів в одній траншеї, для $n_{кл} = 1$ $K_n = 1$

Коефіцієнт попереднього завантаження кабелю:

$$K_z = I_p / (n \cdot I_{доп}') = 123 / (1 \cdot 240) = 0,51.$$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження:

$$I_{\text{авар}} = n \cdot I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{а.л}} = 1 \cdot 240 \cdot 1,4 = 324 > I_{\text{р.ав}} = 246 \text{ А.}$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{\text{л}} \cdot \tau = 42,73 \cdot 4546 = 194263,37 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{1\text{км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 18 \cdot 8,8 \cdot 0,5^2 = 42,7306 \text{ кВт.}$$

Сумарна довжина кабельної лінії:

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{\text{л}} = 4,4 \cdot 2 = 8,8 \text{ км,}$$

$n_{\text{л}}$ - кількість кабельних ліній в одному ланцюгу, шт

$$C_{\text{втрат}} = \Delta \mathcal{E}_1 \cdot C_0 = 194263 \cdot 4,46 = 908460 = 908,5 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 4,46 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год.}$

Варіант №2.

Живлення заводу напругою 35 кВ відпайкою від лінії 35 кВ або двох окремо працюючих трансформаторів. Відстань до заводу 4,4 км. Схема зображена на рисунку 5.1(а)

Розрахунковий струм в лінії:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}} = \frac{4302,0}{2 \cdot 1,73 \cdot 35} = 34 \text{ мм}^2$$

Площа перерізу проводів повітряної лінії, вибрана по економічній щільності струму:

$$F_{\text{ек}} = I_p / j_{\text{ек}} = 34 / 1 = 34 \text{ мм}^2$$

де $j_{\text{ек}} = 1 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму приймається при $T_m = 5964 \text{ год}$

Достатньо ЛЕП з проводами АС, лінія перерізом 50 мм^2 Обираємо провід марки АС, з перерізом $F = 50 \text{ мм}^2$

Параметри на один ланцюг: $P_{1\text{км}} = 122 \text{ кВт/км}$; $I_{\text{доп}} = 210 \text{ А}$; $K_0 = 64,94 \text{ тис.грн/км}$ [11].

На ГПП передбачаємо встановити двох трансформаторів потужністю $S_n = 2500 \text{ кВА}$ кожен, напругою $35 / 10 \text{ кВ}$.

Обираємо трансформатор типу ТМН-2500/35-73У1 з параметрами $R_k = 23,5 \text{ кВт}$; $R_{xx} = 5,1 \text{ кВт}$; $U_{k3} = 6,5 \%$.

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_3 = 4302,0 / (2 \cdot 2500) = 0,85.$$

При відключенні одного трансформатора інший, працюючи з допустимим перевантаженням, не зможе забезпечити живлення навантаження:

$$S = 1,4 \cdot S_{n.\text{тр.}} = 1,4 \cdot 2500 = 3500 \text{ кВА.}$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{\text{л}} \cdot \tau = 30,88 \cdot 4546 = 140386,73 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{1\text{км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 122 \cdot 8,8 \cdot 0,2^2 = 30,88 \text{ кВт}$$

						Аркуш
						50
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна довжина кабельної лінії:

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{\text{л}} = 4,4 \cdot 2 = 8,8 \text{ км};$$

$n_{\text{л}}$ - кількість ліній в одному ланцюгу, шт

Втрати енергії в трансформаторах, кВт•год:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = 2 \cdot (P_{\text{х}} \cdot t_{\text{вкл}} + P_{\text{к}} \cdot \tau \cdot K^2_3) = 2(5,1 \cdot 8760 + 24 \cdot 4546 \cdot 0,9^2) = 248341.$$

Сумарні втрати енергії:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_{\text{л}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = 140387 + 248341,44 = 388728,17 \text{ кВт•год}$$

Вартість втрат енергії:

$$C_{\text{пот}} = \Delta \mathcal{E} \cdot C_0 = 388728,17 \cdot 3,84 = 108958,08 \text{ грн} = 1090 \text{ тис. грн}$$

де C_0 – вартість 1 кВт•год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 3,84$ грн/кВт•год.

Таблиця 5.1. Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис грн	Вартість всього, тис. грн
I варіант	Шафи КРП з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	шт	2	75,4	150,8
	Кабельна лінія типу ААШв-10 (3×120)	км	4,4	125	550
	Траншея	км	4,44	39	173,2
	Всього				874

Таблиця 5.1. Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис грн	Вартість всього, тис. грн
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ	км	4,4	162,35	714
	Відкритий розподільчий пристій 35 кВ	шт	1	237,5	237
	Трансформатори ГЗП ТМН-2500/35У1	шт	2	275	550
	Всього				1501

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат

№ п/п	Найменування об'єкту	К _i , тис. грн	Р _а , %	С _а , %	Р _е , %	С _е , %	С _п , тис. грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	150,8	15	22,6	5	7,5	31
	Кабельна лінія типу АШШВ-10 (3×120)	550	5	27,5	5	27,5	55,0
	Траншея	173,316	5	8,7	5	8,7	17
	Всього			58,8		43,7	103
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ	714,34	5	35,7	5	35,7	71
	Відкритий розподільчий пристій 35 кВ	237,5	15	35,6	5	11,9	49
	Трансформатори ГЗП ТМН-2500/35У1	550	15	82,5	5	27,5	109,0
	Всього			153,8		75,1	229

Таблиця 5.3. Приведені витрати по варіантам СЕПП

№ п/п	Найменування статті	Варіант I	Варіант II
1	Капіталовкладення у варіанти	874	1501
2	Поточні витрати	103	229
3	Вартість втрат електроенергії	908	1090
4	Збиток	209	42
5	Приведені витрати	1524	1541

З розрахунків видно, що з економічної точки зору варіант з живленням напругою 35 кВ є більш доцільним, але різниця між варіантами становить лише 10%. Отже, на основі цих розрахунків і з урахуванням економічних показників, для подальшого проектування рекомендується обрати другий варіант - живлення напругою 35 кВ з встановленням ГЗП.

5.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання

На промисловому підприємстві для внутрішнього розподілу електроенергії використовується напруга 10 кВ. Ця напруга використовується для живлення внутрішніх розподільчих мереж. У цехових розподільчих мережах для живлення силових і освітлювальних електроприймачів використовується напруга 380/220 В. Ця напруга є стандартною для багатьох промислових підприємств і використовується для живлення електроприймачів у цехах.

Розподілення електроенергії на промисловому підприємстві може виконуватися за різними схемами: радіальною, магістральною чи змішаною.

Силу розподільчу мережу підприємства виконуємо кабелями 10 кВ з застосуванням радіальної схеми електропостачання..

6. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

В процесі роботи значна частина промислових електроприймачів споживає як активну, так і реактивну потужність з електричної мережі. Проте передача реактивної потужності по лініях та через трансформатори є не вигідною, оскільки це призводить до зниження ефективності системи електропередачі та якості електропостачання.

Компенсація реактивної потужності дозволяє зменшити протікання реактивних струмів, що призводить до зниження втрат активної потужності в електричних мережах, допомагає уникнути падінь напруги у мережі, забезпечуючи стабільне живлення для споживачів. Це особливо важливо для промислових підприємств, де низький рівень напруги.

Економія електроенергії за рахунок компенсації реактивної потужності дозволяє знизити загальну потужність, яку потрібно постачати з генеруючих джерел. Це дозволяє збільшити пропускну здатність ліній та трансформаторів, що дозволяє передавати більше активної потужності без перевантаження системи.

6.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах

Активне та реактивне навантаження в мережі до 1000 В (цехові ТП):

$$P_H = 2782 \text{ кВт}$$

$$Q_H = 2725 \text{ квар}$$

Сумарне споживання по заводу:

						Аркуш
						54
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_p = P_v + P_H + \Delta P_{тр} = 0 + 2782 + 31 = 2813 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_v + Q_H + \Delta Q_{тр} = 0 + 2725 + 260 = 2985 \text{ квар}$$

Економічно доцільна потужність, що може бути передана від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 2813 \cdot 0,15 = 422 \text{ квар}$$

Тоді сумарна потужність компенсуючих пристроїв визначається з умови балансу реактивної потужності:

$$Q_{ку} = Q_p - Q_e = 2985 - 422 = 2553 \text{ квар}$$

Визначаємо мінімальну кількість трансформаторів:

$$N_0 = P_H / (K_3 \cdot S_{H \text{ тр}}) = 2782 / (0,7 \cdot 630) = 7,05$$

Приймаємо $N_0 = 8$. Розглянемо варіанти компенсації при кількості трансформаторів $N = N_0$, $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$

Варіант I: $N = N_0 = 8$

Визначаємо реактивну потужність, яка може бути передана з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові трансформатори:

$$Q_{\text{д}} = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_s)^2 - P_H^2} = \sqrt{(8 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 2782^2} = 1738 \text{ кВар}$$

Потужність компенсуючих пристроїв які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ визначаємо з умови балансу реактивної потужності на шинах ТП по (6.6):

$$Q_{\text{кн}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{п}} = 2782 - 1738 = 984 \text{ квар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кн}} = 1001$ квар, з них

БК потужністю 200 квар приймаємо 4 шт, 67 квар приймаємо 3 шт.

Уточнюємо значення:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{кн}} = 2782 - 1001 = 1781 \text{ квар}$$

Потужність компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити в мережі 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{кн}} - Q_{\text{е}} = 2985 - 1001 - 421,2 = 1562 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановки $Q_{\text{кв}} = 1800$ кВар, БСК - 900 квар приймаємо 2 шт.

Активні втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори цехових ТП:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{п}}^2 * R_{\text{ек}} / U_{\text{н}}^2 = 1719^2 * 205 / 10 = 6,0 \text{ кВт}$$

де $R_{\text{ек}} = (D P_{\text{кз}} * U_{\text{н}}^2) / (N_{\text{тр}} * S_{\text{нтр}}^2) = (6,5 * 10^2 / (8 * 630)) = 204,712 * 10^{-6}$ кОм

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{кв}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кв}} = 0,0045 * 1800 = 8,10 \text{ кВт}$$

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кн}} = 0,003 * 1001 = 3,003 \text{ кВт}$$

						Аркуш
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кн}} = N_{\text{бк}}^{0,4i} K_{\text{кку}}^{0,4i} = 4 * 5,32 + 3 * 3,53 = 31,88 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кв}} = N_{\text{бк}}^{10i} K_{\text{кку}}^{10i} = 2 * 15,3 = 30,7 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

$$K_{\text{ктп}} = N_{\text{тп}(1)} * K_{\text{тп}(1)} + N_{\text{тп}(2)} * K_{\text{тп}(2)} = 2 * 67,5 + 3,0 * 127,35 = 517,05 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності по (6.3):

$$Z_1 = E_n * (K_{\text{кн}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{ктп}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{тп}}) * C_o * \tau = 0,12 * (31,88 + 30,68 + 517,05) + (3,003 + 8,10 + 6,0) * 3,8 * 4535 = 294,8 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 6.1. Баланс реактивної потужності

Показники	Варіант I	Варіант II	Варіант III
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	1001	0	0
Потужність КП в мережі 10 кВ	1800	2700	2700
Споживання реактивної потужності	422	422	422
Всього за умовою балансу	3222,2	3121,2	3121,2
Затрати на компенсацію	294,8	441	418,4

Приймаємо перший варіант, що має техніко-економічні кращі показники.

6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Виконані розрахунки для трьох варіантів, щоб визначити реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори ТП до цехових мереж, і також уточнюємо потужність компенсуючих пристроїв, які будуть встановлені в цехових мережах.

Оптимальне розміщення низьковольтних компенсуючих пристроїв залежить від різних факторів. Встановлення компенсуючих пристроїв безпосередньо на шини цехової ТП не є економічно доцільним. Знаходимо реактивну потужність, яку потрібно скомпенсувати в мережі НН ТП 1 (I варіант):

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_z)^2 - P_n^2} = \sqrt{(2 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 642^2} = 529 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{кп}} = Q_n - Q_{\text{п}} = 830 - 529 = 301 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кп}} = 300$ квар:

$$2 \text{ шт КРМ} - 0,4 - 150 - 30 \text{ УЗ}$$

Аналогічно проводимо інші розрахунки. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.2. Таблиця електричних навантажень вище 1000 В з урахуванням компенсуючих пристроїв преведена в таблиці 6.3.

						Аркуш
						58
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм		
Арк.		
% докум.		
Підпим		
Дата		
Архуш		

Таблиця 6.2.Вибір потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ

№ ТП	Nтр	Pp	Qp	Qп	Qкп	Nбк	Тип батарей конденсаторів			Q'бк	Sp	Kз	S'p
ТП№1	2	641	830	530,0	301	2	КРМ-0,4-	150	-50	300	1048	0,7	831
ТП№ 2	2	675	603	486	117	2	КРМ-0,4-	67	-50	134	905	0,7	822
ТП№ 3	1	328	296	296	-		КРМ-0,4-	300	-50	0	442	0,70	442
ТП№4	2	796	684	510	174	2	КРМ-0,4-	67	-50	134	1049	0,75	940
						2	КРМ-0,4-	25	-50	50			
ТП№5	1	454	414	0,0	414	2	КРМ-0,4-	200	-50	400	615	0,72	455
всього по I варіанту					1005					1018			

Таблиця 6.3. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ з установленими БСК

[illegible]

[illegible]

7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА

7.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів ГЗП

Заводські головні підстанції зазвичай виконуються у вигляді двохтрансформаторних систем. Це забезпечує надійне електропостачання для всіх категорій споживачів. У окремих випадках, коли є можливість забезпечити живлення навантажень першої категорії за допомогою додаткових джерел живлення на вторинних колах, дозволяється використовувати однострансформаторні ГЗП.

Визначаємо потужність трансформаторів на ГЗП:

$$S_{\text{ном.тр}} = S_p / (2 \cdot 0,7) = 2812 / 1,4 = 2008,57 \text{ кВА}$$

Обираємо трансформатор типу ТМН – 2500/35 з такими параметрами:

$$\Delta P_k = 26 \text{ кВт}, \Delta P_{xx} = 5,1 \text{ кВт}, U_{kz} \% = 6,5 \%, I_{xx} = 1,1\%$$

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_z = 2812 / (2 \cdot 2500) = 0,56 < 0,7 = K_{z.\text{норм}}$$

Отже обрані трансформатори задовільняють нормативним умовам та дають можливість підвищувати навантаження заводу в перспективі.

7.2 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових підстанцій

Потужність трансформаторів підстанції однозначно визначається із системи нерівностей:

- 1) із умови обмеження штовхового навантаження

					Аркуш
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	62

$$S_{\text{НОМ}} > 0,25 S_{\text{нл}} \quad (7.2)$$

2) із умови систематичного перевантаження

$$S_{\text{НОМ}} \geq \frac{S_p}{K_1} \quad (7.3)$$

3) із умови аварійного перевантаження:

$$S_{\text{НОМ}} \geq \frac{S_p}{K_2} \quad (7.4)$$

Для спрощення і наочності, вибір буде проводитись у вигляді таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Вибір кількості потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій (ТП).

№ ТП	N, шт	S _{роз} , кВт·А	Місце розташування	Марка	K _з	S _{НОМ} > S _p /K ₁	S _{НОМ} > S _p /K ₂	Тип КТП
1	2	846,6	Ремонтний цех	ТМ-630	0,7	392	302	Вбудована
2	2	952,8	Пресовий цех	ТМ-630	0,7	442	340	Вбудована
3	1	464,9	Фасувальний цех	ТМ-630	0,7	431	332	Вбудована
4	2	985	Маргариновий цех	ТМ-630	0,8	456	352	Вбудована
5	1	462,5	Цех №2	ТМ-630	0,7	428	331	Вбудована

8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В СХЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

8.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Перед розрахунком струмів короткого замикання збиратиметься розрахункова схема в однолінійному зображенні. З елементами, які приймають участь в живленні місця КЗ, за розрахунковою схемою складається схема заміщення, де всі елементи представлені опорами, приведеними до базисних умов.

Вихідні дані до розрахунку: ТМ- 630 з параметрами: $\Delta P_{xx} = 1,31$ кВт ; $\Delta P_{кз} = 10,0$ кВт; $U_{к\%} = 5,6 \%$

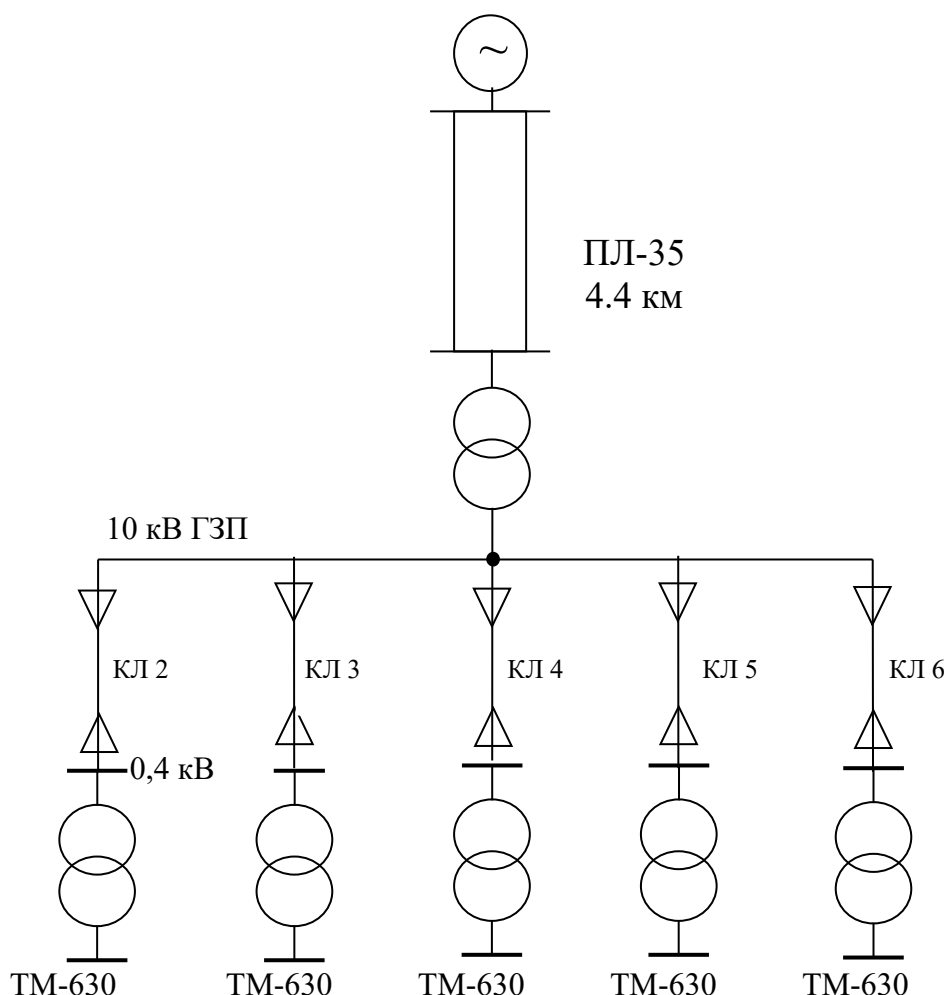


Рис. 8.1. Схема для розрахунку струмів короткого замикання

Перед розрахунком на схемі визначають точки, в яких треба розрахувати струми короткого замикання.

За розрахунковою схемою (рис. 8.1) складається схема заміщення (рис. 8.2).

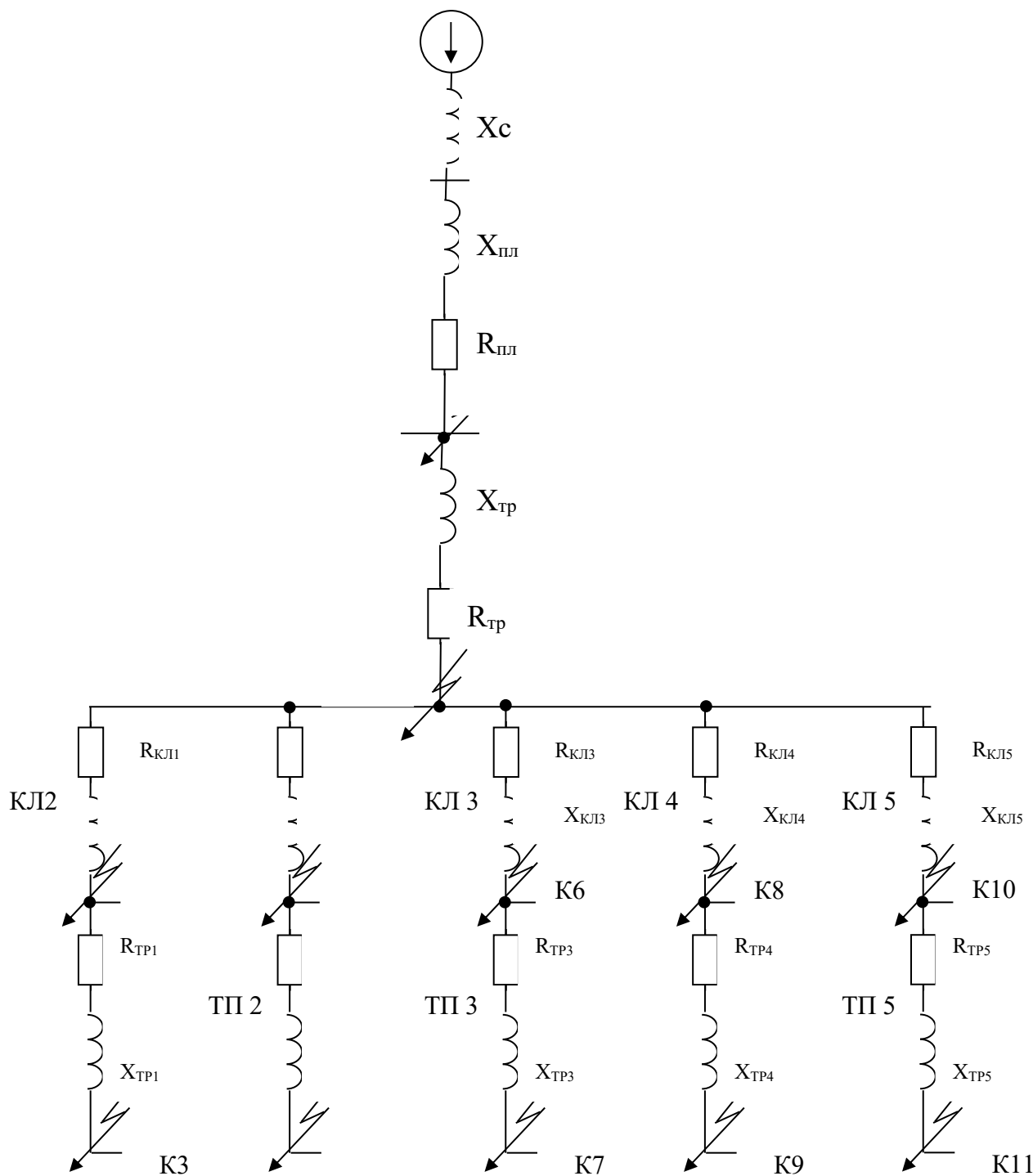
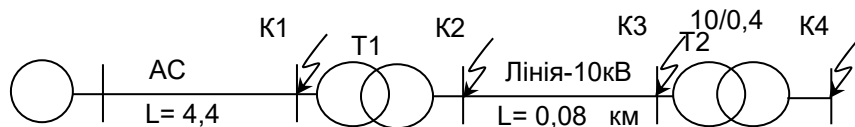


Рис. 8.2. Схема заміщення



Реактивний опір системи:

$$X_c = S_6 / S_{K3} = 100 / 272 = 0,4$$

Реактивний опір лінії напругою 35 кВ:

$$X_{л1} = X_o * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,59 * 4,4 * 100 / 35^2 = 0,21$$

Активний опір лінії напругою 35 кВ:

$$R_{л1} = R_o * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,40 * 4,4 * 100 / 35^2 = 0,15$$

Визначаємо показники трансформатора ГЗП, активним опором трансформатора нехтуємо:

$$X_{тр} = U_{K\%} * S_6 / (100 * S_{н.тр}) = 6,5 * 100 / 100 * 630 = 4,06$$

Для кабельної лінії напругою 10 кВ визначаємо:

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ:

$$X_{лі} = X_o * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,95 * 0,1 * 100 / 11^2 = 0,07$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ:

$$R_{лі} = R_o * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,06 * 0,1 * 100 / 11^2 = 0,004$$

Опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ

$$R_{TP} = \Delta P_M \cdot S_6 / S_{H.TP}^2 = 10,00 \cdot 100000 / 630^2 = 2,5$$

$$X_{TP} = \sqrt{(U_K/100)^2 - (\Delta P_M / S_{H.TP})^2} \cdot S_6 / S_{H.TP} =$$
$$= \sqrt{(5,55 / 100)^2 - (10,00 / 630)^2} \cdot 100000 / 630 = 8,4$$

Визначаємо результуючий еквівалентний опір до розрахункової точки КЗ.

1) результуючий опір до точки К1:

$$R_{K1} = R_{Л1} = 0,15$$

$$X_{K1} = X_c + X_{Л1} = 0,37 + 0,21 = 0,58$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{Л1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,6^2} = 0,61$$

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{K2} = R_{T1} + R_{K1} = 0 + 0,1 = 0,1$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{T1} = 0,58 + 4,1 = 4,6$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,1^2 + 4,6^2} = 4,6$$

3) результуючий опір до точки К3

$$R_{K3} = R_{Л2} + R_{K2} = 0,0 + 0,15 = 0,15$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{Л2} = 4,6 + 0,07 = 4,71$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,15^2 + 4,71^2} = 4,71$$

4) результируючий опір до точки K4

$$R_{K4} = R_{T2} + R_{K3} = 2,5 + 0 = 2,7$$

$$X_{K4} = X_{T2} + X_{K3} = 8 + 4,71 = 13,2$$

$$Z_{K4} = \sqrt{R_{K4}^2 + X_{K4}^2} = \sqrt{2,7^2 + 13,2^2} = 13,4$$

Визначаємо базисні струми в заданих точках КЗ:

В точці K1

$$I_{61} = S_6 / \sqrt{3} * U_{61} = 100 / (1,73 * 35,0) = 1,7 \text{ кА}$$

В точці K2

$$I_{62} = S_6 / \sqrt{3} * U_{62} = 100 / (1,73 * 10,50) = 5,5 \text{ кА}$$

В точці K3

$$I_{63} = S_6 / \sqrt{3} * U_{63} = 100 / (1,73 * 10,50) = 5,5 \text{ кА}$$

В точці K4

$$I_{64} = S_6 / \sqrt{3} * U_{64} = 100 / (1,73 * 0,40) = 145 \text{ кА}$$

Визначаємо трифазні струми КЗ. В точці K1 діюче значення періодичної складової струму складатиме:

$$I_{K1} = I_{61} / Z_{K1} = 1,7 / 0,60 = 2,8 \text{ кА.}$$

Діюче значення усталеного струму КЗ:

						Аркуш
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$I'' = I_{k1} = 2,8 \text{ кА};$$

Амплітудне значення струму на шинах напругою 35 кВ

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{k1} = 1,41 \cdot 1,5 \cdot 2,8 = 5,9 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок схеми зводимо до таблиці 8.1

Точка схеми	R_{Σ}	X_{Σ}	Z_{Σ}	$I_{\text{кз}}^{(3)} = I_{\text{бп}} / Z_{\Sigma}$	$i_{\text{уд}} = 2 \cdot k_y \cdot I_{\text{кз}}^{(3)}$	$I_{\text{кз}}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\text{кз}}^{(3)}$
К2	0,15	4,64	4,64	1,19	1,99	1,03
К3	0,15	4,71	4,72	1,17	1,96	1,02
К3 _{нн}	2,67	13,15	13,42	10,77	22,61	9,37
К4	0,15	4,72	4,72	1,17	1,96	1,01
К4 _{нн}	2,67	13,16	13,43	10,76	22,59	9,36
К5	0,15	4,66	4,66	1,18	1,98	1,03
К5 _{нн}	2,67	13,10	13,37	10,81	22,69	9,40
К6	0,15	4,73	4,73	1,16	1,95	1,01
К6 _{нн}	2,67	13,17	13,44	10,75	22,58	9,35
К7	0,16	4,82	4,82	1,14	1,92	0,99
К7 _{нн}	2,68	13,26	13,53	10,68	22,44	9,30

8.2. Вибір електричних апаратів високої напруги

На стороні 35 кВ ГЗП вибираємо вакуумні вимикачі ВРС-35А

Вибір параметрів вимикачів зводимо в таблицю 8.2.

$$\tau = t_{\text{рз min}} + t_{\text{в}} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ с.}$$

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{відкл}} = 2,0 + 0,11 = 2,11 \text{ с}$$

$$B_{\text{к}} = I''^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_{\text{а}}) = 2,8^2 \cdot (2,11 + 0,025) = 11,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблиця 8.2. Вибір вимикачів 35 кВ на вводах ГЗП

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
68 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
2,8 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 2,8 \cdot e^{-0,09/0,025} = 0,14 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 20 = 2,82 \text{ кА}$
2,8 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
5,7 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	51 кА
$11,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

На стороні НН від ГЗП до ТП оберемо вакуумний вимикач заводу РЗВА типу ВР1-10-20/630У2. Вакуумні вимикачі серії ВР1 призначені для роботи в КРУ серії КУ-10Ц.

Таблиця 8.3 - Вибір ввідних вимикачів

Параметр вимикача	Умови вибору
Номінальна напруга	$U_{уст} \leq U_{ном}$ 10 кВ = 10 кВ
Довготривалий номінальний струм	$I_{роб. форс} \leq I_{ном}$ 237 А < 630 А
Номінальний струм динамічної стійкості Симетричний Асиметричний (максимальне значення)	$I'' \leq I_{дин. ст.}$ 1,19 кА < 51 кА $i_y \leq 1,8 * \sqrt{2} * I_{дин. ст.}$ 2 кА < 51 кА
Номінальний струм відключення: Симетричний Асиметричний	$I_{пт} \leq I_{ном. відкл.}$ 1,19 кА < 20 кА $\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{ном. відкл} (1 + \beta_n)$ 2,04 кА < 28,28 кА
Номінальний тепловий імпульс (термічна стійкість)	$B_k \leq I_{тн}^2 * t_{тн}$ 2 кА ² * с < 1200 кА ² * с

Вибір роз'єднувачів.

На стороні ВН ГЗП обираємо роз'єднувачі типу РНДЗ,1-35/1000 У1. Дані по вибору та перевірці наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4. Вибір роз'єднувачів.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
68 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
5,8 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	63 кА
11,2 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір розрядників

Для захисту обладнання підстанцій від атмосферних і внутрішніх перенапруг використовуються обмежувачі перенапруги (ОПН). Установка ОПН є необхідною на вводах силових трансформаторів, що підключені до повітряних ЛЕП.

Для вибору обмежувачів перенапруги застосовується таблиця 8.5. В даному випадку обираємо обмежувачі перенапруг типу ОПНп-35/550/37-10-III-УХЛ1, які мають порцелянові (ОПН) або полімерні (ОПНп) покриття та базуються на оксидно-цинкових варисторах без іскрових проміжків. Вони призначені для захисту електрообладнання мереж з ізольованою нейтраллю, що працюють під напругою 35 кВ змінного струму частотою 50 Гц від атмосферних і комутаційних перенапруг.

Для ліній напругою 10 кВ з неізолюваними проводами використовуються обмежувачі перенапруг ОПНп 10/12/10 УХЛ1. Ці обмежувачі вважаються сучасним типом захисних пристроїв, які замінили вентильні розрядники РВО-10 У1.

Таблиці 8.5 Технічні характеристики обмежувачів перенапруги

Параметри обмежувача	ОПНп-10/12/10 УХЛ1	ОПНп- 35/550/37-10-III- УХЛ1
Номинальна напруга, кВ	10	35
Найбільша робоча напруга, кВ	12	45
Остаточна напруга при імпульсному струмі 1,2 / 2,5 мс з амплітудою 500 А, не більше, кВ		105,0
Остаточна напруга при імпульсному струмі 8/20 мкс з амплітудою 500/5000 А, не більше, кВ	20,0	120,0
Пропускна здатність: 20 впливів імпульсів струму - 8/20 мкс з амплітудою, А - 1,2/2,5 мс з амплітудою, А	26 38	10000 400; ...550; ...850

Для вибору потужності споживачів власних потреб складаємо таблицю 8.6.

Таблиця 8.6 – Розрахунок навантаження трансформатора власних потреб

Вид споживача	Встановлена потужність		cos φ	tg φ	Навантаження	
	кВт х кількість	Всього, кВт			P _{вст} , кВт	Q _{вст} , кВт
Охолодження трансформаторів	2,5х2	5	0,8	0,6	5,0	3,1
Підігрів вимикачів 35 кВ	2,8х3	8,4	1	0	8,5	-
Підігрів комірок КРП – 10 кВ	1х11	11	1	0	11	-
Освітлення, вентиляція приміщення КРП	7	7	1	0	7	-
Навантаження, що споживають оперативні ланцюги	2	2	1	0	2	-
Всього:					33,64	3,5

Розрахункове навантаження трансформаторів власних потреб визначається:

$$S_{\text{розр}} = k_c \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = 0,8 \sqrt{33,64^2 + 3,5^2} = 27,1 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

9. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАТ «ПРОТЕЇН-ПРОДАКШН»

9.1. Загальні фактори економії електроенергії

Енергозбереження на промислових підприємствах є важливим аспектом для досягнення економічних та екологічних цілей. Зниження споживання електроенергії може призвести до значних економічних вигод і скорочення викидів вуглецю.

В електроприводах, енергозбереження можна досягти застосуванням ефективних технологій і систем управління. Використання сучасних приводних систем з регулюванням швидкості і використанням частотних перетворювачів може знизити енергоспоживання. Також важливо правильно розміщувати і розгортати приводні механізми, щоб уникнути непотрібних втрат енергії.

Системи освітлення можуть бути оптимізовані для забезпечення ефективного використання електроенергії. Використання енергоефективних джерел світла, таких як LED-лампи, сприяє зниженню споживання електроенергії. Крім того, встановлення систем автоматичного вимкнення освітлення у не використовуваних зонах або використання датчиків руху може також допомогти у енергозбереженні.

Оптимізація електричних мереж і трансформаторів також грає важливу роль у енергозбереженні. Регулярне обслуговування та моніторинг стану мереж дозволяє виявити потенційні проблеми і уникнути втрат енергії. Використання енергоефективних трансформаторів, які мають менші втрати, також може сприяти зниженню споживання електроенергії.

Загалом, енергозбереження на промислових підприємствах вимагає комплексного підходу і впровадження ефективних технологій, систем управління та контролю. Це дозволяє не тільки знизити енергоспоживання, але й покращити ефективність виробничих процесів і знизити витрати на енергію.

9.2. Економія електроенергії в електричних мережах.

Економія електроенергії в електричних мережах може бути досягнута за допомогою різних заходів і технологій. Ось деякі способи зменшення споживання електроенергії в електричних мережах:

Встановлення високоефективних трансформаторів з низькими втратами може допомогти знизити енерговитрати в електричних мережах. Також варто розглянути можливість використання автоматичного керування напругою для оптимізації роботи трансформаторів і зниження втрат енергії.

Управління навантаженням: Використання систем управління навантаженням дозволяє ефективно розподіляти електроенергію і уникнути перевантажень мереж. Це включає в себе використання автоматичного керування навантаженням, розкладання роботи електроприймачів та використання енергоефективних пристроїв.

Моніторинг та діагностика: Регулярний моніторинг та діагностика електричних мереж дозволяє виявити проблеми, такі як перевитрати енергії, втрати напруги, несправності у обладнанні тощо. Це допомагає вчасно вживати заходів для усунення проблем і зниження втрат енергії.

Оптимізація проводки та розподільних панелей: Правильне планування та встановлення проводки, розподільних панелей і захисних пристроїв може знизити втрати енергії через опір проводів і недоліки в електричних з'єднаннях.

Застосування цих методів економії електроенергії в електричних мережах може призвести до значних знижень споживання електроенергії, збереження ресурсів та зниження енергетичних витрат.

Річні втрати електроенергії в лініях можливо визначити через наступні співвідношення:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n 3I_i^2 R_{li} = 3I_{Lr}^2 R_{Tf} = 3I_{Lr}^2 R_{Tf} K_{\alpha}^2 = 3I_{Lr}^2 R_{Tf} K_{\alpha}^2 K_{\beta}^2 = 3I_{Lr}^2 R_{Tf} K_{\alpha}^2$$

Економія електричної енергії в мережі при переводі її на підвищену напругу:

$$\Delta E = 0.003 p L t \left(\frac{I_1^2}{F_1} - \frac{I_2^2}{F_2} \right)$$

Економія електроенергії при проведенні реконструкцій мереж без зміни напруги :

$$\Delta E = 0,003 I_m^2 \left(\frac{\rho_1 L_1}{F_1} - \frac{\rho_2 L_2}{F_2} \right) t$$

9.3. Економія електроенергії в електродвигунах

Для визначення економії енергії при збільшенні навантаження робочих машин вводиться поняття питомої витрати енергії на даній робочій машині.

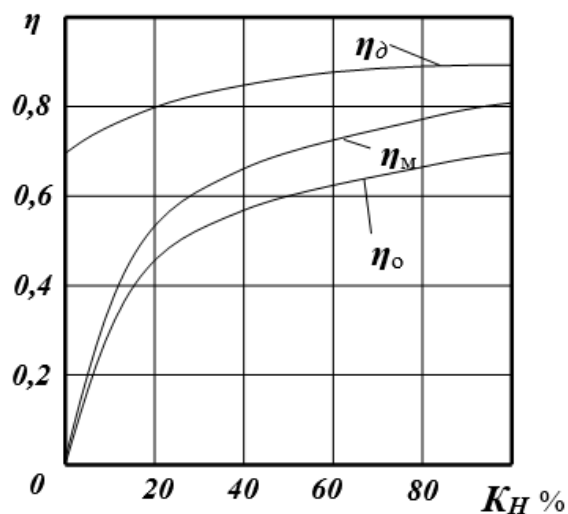


Рис 9.1 Залежність ККД робочої машини, її двигуна та всього приводу від коефіцієнта завантаження K_H .

Економія енергії в такому випадку визначається:

$$\Delta E = \frac{1}{\eta_{\text{пр}} K_H} \left(K_H - \frac{\alpha(1 - \eta_{\text{пр}})}{K_H} \right)$$

де $\eta_{м.н}$ – ККД машини в номінальному навантаженні;

9.4. Енергозбереження в вентиляційних установках

Існує кілька способів скорочення витрат електроенергії в вентиляційних установках, включаючи:

Заміна старих вентиляторів на нові, більш економічні моделі.

Використання економічних методів регулювання продуктивності вентиляторів, що дозволяють зменшити споживання електроенергії відповідно до потреби.

Вимкнення вентиляційних установок під час перерв, змін та інших періодів неактивності.

Виявлення та усунення експлуатаційних дефектів і відхилень від проекту, які можуть призводити до зайвого споживання електроенергії.

Використання автоматичного керування вентиляційними установками для оптимізації роботи і ефективного використання електроенергії.

Розрахунок статичних характеристик асинхронного частотно-регульованого електроприводу вентилятора агрегату

Вентиляторна установка оснащена перетворювачем частоти з АІН для електродвигуном 50 кВт. Для установки з статичним навантаженням використовується закон частотного регулювання.

Номінальний момент вентилятора

$$M_{в.ном} = \frac{Q_{ном} \cdot p_{ном}}{\omega_{ном} \cdot \eta_{в.ном}} = \frac{10 \cdot 3200}{307 \cdot 0,64} = 165,6 \text{ Нм}$$

Момент тертя вентилятора

$$M_t = 0,05 \cdot M_{в.ном} = 165,6 \cdot 0,05 = 8,28 \text{ Нм}$$

Розрахунок механічної характеристики вентилятора

$$M_c = (M_{в.ном} - M_m) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}} \right)^2 + M_m$$

На рису. 9.2 і 9.3 представлені характеристики ЧРП вентилятора ВМЕ-7.

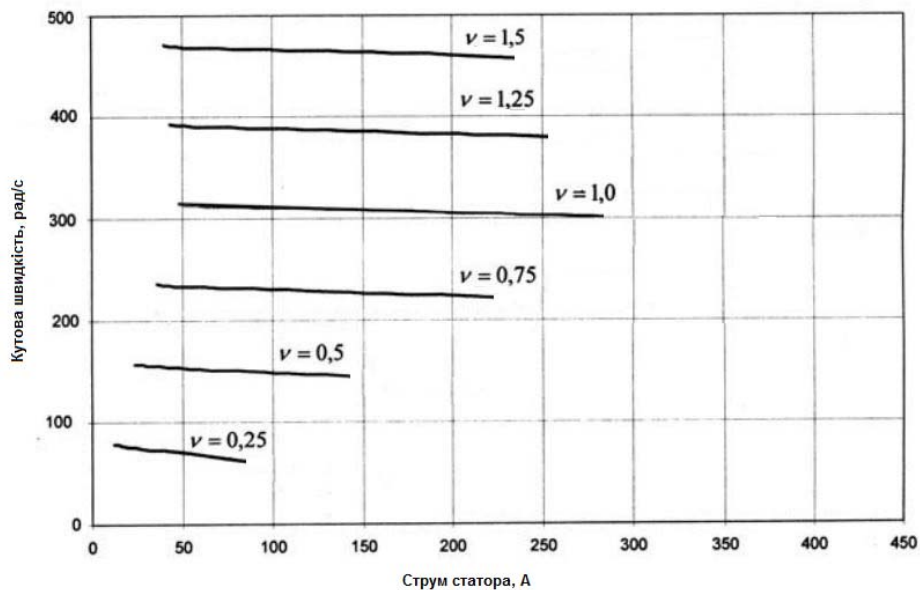


Рисунок 3.5 – Характеристики ЧРП вентилятора ВМЕ-7

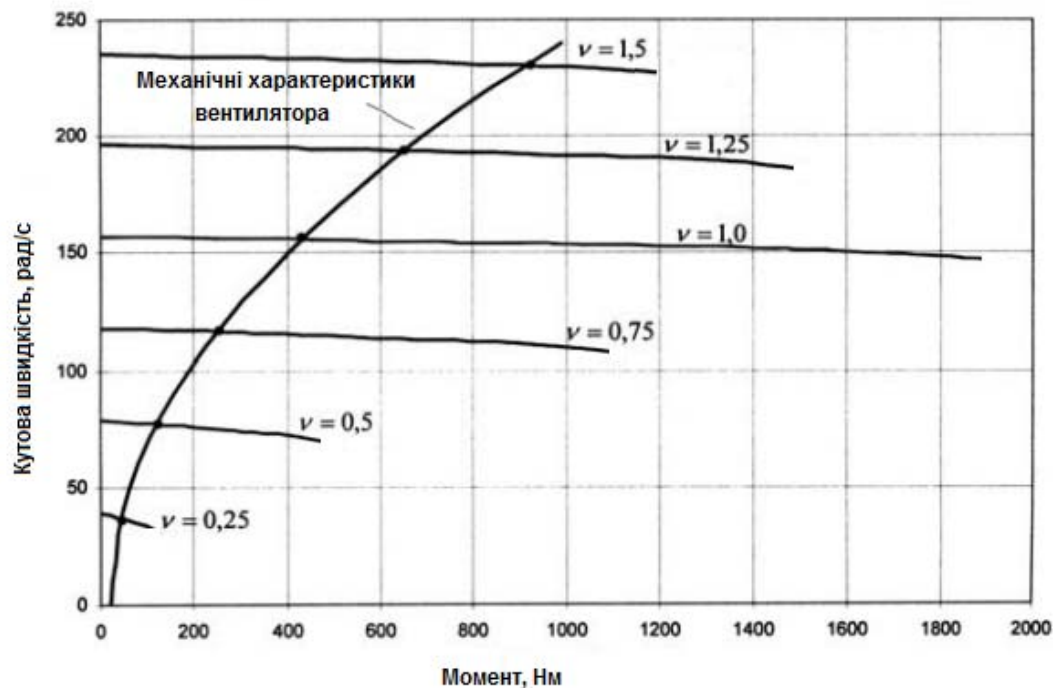


Рисунок 3.6 – Характеристики (механічні) ЧРП вентилятора ВМЕ-7

Задаємося кутовий швидкістю вентилятора і обчислюємо момент статичного опору. Розрахункові дані наводяться в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Механічна характеристика ВМЕ-7

$\omega, \text{с}^{-1}$	0	48,1	126,5	204,95	283,4	361,94	494,4
$M, \text{Нм}$	9,2	12,9	35,07	77,5	140,1	223	326,1

Розрахунок споживання електроенергії вентиляторною установкою

Кутова швидкість вентилятора, с :

$$\omega_i = \omega_{\text{ном}} \cdot \sqrt{\frac{p_i}{p_{\text{ном}}}} \text{ с.}$$

Подача вентилятора:

$$Q_i = Q_{\text{ном}} \cdot \frac{\omega_i}{\omega_{\text{ном}}} \text{ м}^3 / \text{с} .$$

Визначається ККД вентилятора на швидкості:

$$\eta_{\text{в.і}} = 1 - \frac{1 - \eta_{\text{в.ном}}}{\left(\frac{\omega_i}{\omega_{\text{ном}}} \right)^{0.36}} .$$

Потужність, споживата вентиляторною установкою при регулюванні режимів роботи:

$$P_i = \frac{Q_i \cdot p_i}{1000 \cdot \eta_{\text{в.і}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пр}}} .$$

Спожита електроенергія за добу:

$$W_i = P_i \cdot T_i ,$$

де $T_i = 4$ годину – інтервал часу

Розрахунок споживання електроенергії вентиляторною установкою зведений до табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Розрахунок добового електроспоживання ВМЕ-7

Період доби, години	0...4	4...8	8...12	12...16	16...20	20...24
Повний тиск, Па	900	1000	1500	1200	1500	1600
Кутова швидкість, c^{-1}	231,5	181	278,2	283,5	256	237,8
Подача m^3 / c	1,57	4,12	6,68	9,23	11,79	16,10
ККД вентилятора	0,32	0,52	0,60	0,64	0,67	0,71
Ел. потужність, кВт	51,29	34,95	45,66	33,98	40,55	41,10
Спожита електроенергія, кВт*час	205,2	139,8	182,6	135,9	162,2	164,4

Загальна спожита електроенергію за добу 990 кВт год, звідки річне споживання:

$$W_2 = \frac{W_{\text{сут}} \cdot T_p}{24} = \frac{990 \cdot 7500}{24} = 309408 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{год}.$$

Потужність вентиляторної установки без регулювання швидкості:

$$P_{\text{ном}} = \frac{Q_{\text{ном}} \cdot p_{\text{ном}}}{1000 \cdot \eta_{\text{в.ном}} \cdot \eta_{\text{дв}}} = \frac{10 \cdot 3200}{1000 \cdot 0,64 \cdot 0,92} = 54,3 \text{ кВт}.$$

Річне споживання електроенергії без регулювання швидкості вентилятора:

$$W_{\text{нер}} = P_{\text{ном}} \cdot T_p = 50 \cdot 7500 = 375000 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{год}.$$

Річна економія електроенергії.

$$\Delta W_{\text{ел}} = W_1 - W_2 = 375000 - 309408 = 65592 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{год}.$$

Річне виробництво повітря вентиляційної установкою:

– при нерегульованому варіанті

$$Q_1 = Q_{\text{ном}} \cdot T_p \cdot 3600 = 10 \cdot 7500 \cdot 3600 = 270000 \text{ тис. } m^3 / \text{год}.$$

– при регульованому варіанті

$$Q_2 = Q_{\text{сп}} \cdot T_p \cdot 3600 = 8,25 \cdot 7500 \cdot 3600 = 222750 \text{ тис. } m^3 / \text{год}.$$

Питоме споживання електроенергії вентиляційної установкою:

– без регулювання:

$$q_1 = \frac{W_1}{Q_1} = \frac{375000}{270000} = 1,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / 1000 \text{ м}^3.$$

– при регулюванні:

$$q_2 = \frac{W_2}{Q_2} = \frac{309408}{222750} = 1,28 \text{ кВт} \cdot \text{час} / 1000 \text{ м}^3$$

9.5. Раціональне використання освітлювальних установок

Застосування нових прогресивних джерел світла, використання світильників з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД), впровадження нових конструкцій відбивної арматури та раціональних схем освітлення може значно підвищити ефективність електроосвітлювальних систем. Ці заходи сприяють покращенню освітленості робочих місць та допомагають досягти реальної економії електроенергії.

Шляхом впровадження нових прогресивних джерел світла, таких як енергоефективні LED-лампи, компактні люмінесцентні лампи чи світлодіодні панелі, можна зменшити споживання електроенергії, забезпечивши при цьому якісне освітлення.

Виконаємо розрахунок ефективності заміни люмінесцентних ламп на світлодіодні для піготовочого відділення.

У відділенні працює 230 світильників з люмінесцентними лампами, тривалість роботи цеху 8 годин. Результати розрахунку наведені в таблицях 9.3-9.4.

Таблиця 9.3 Вихідні дані до розрахунку

Тип лампи	ЛЛ	СДЛ
Кількість, шт	230	230
Потужність, Вт	36	18
Загальна потужність	8,3	4,14
Ресурс лампи, годин	10000	50000
Термін служби, років	3,42	17,12
Вартість лампи з утилізацією	316	466
Кількість замін відносно СДЛ	5	0
Витрати на заміну СДЛ	17250	0
Економія, кВт	0	4,16

Таблиця 9.4. Витрати при використанні ЛЛЛ

Період експлуатації, год/рік	Тариф на ЕЕ, кВт*год	Споживання ЕЕ, кВт*год	Вартість ЕЕ, грн	Всього
6205	3,8	51502	195,706	195,706
12410	3,8	51502	268,6	464,3
18615	3,8	51502	196,2	660,5
24820	3,8	51502	269,0	929,5
31025	3,8	51502	269,3	1198,8
37230	3,8	51502	196,9	1395,7
43435	3,8	51502	269,8	1665,5
49640	4,8	51502	321,6	1987,1

Таблиця 9.4. Витрати при використанні ЛЛЛ

Період експлуатації, год/рік	Тариф на ЕЕ, кВт*год	Споживання ЕЕ, кВт*год	Вартість ЕЕ, грн	Всього
6205	3,8	51502	195,706	195,706
12410	3,8	51502	268,6	464,3
18615	3,8	51502	196,2	660,5
24820	3,8	51502	269,0	929,5
31025	3,8	51502	269,3	1198,8
37230	3,8	51502	196,9	1395,7
43435	3,8	51502	269,8	1665,5
49640	4,8	51502	321,6	1987,1

Порівняльний аналіз витрат при використанні СДЛ в порівнянні з експлуатацією ЛЛ наведено на рис. 9.4

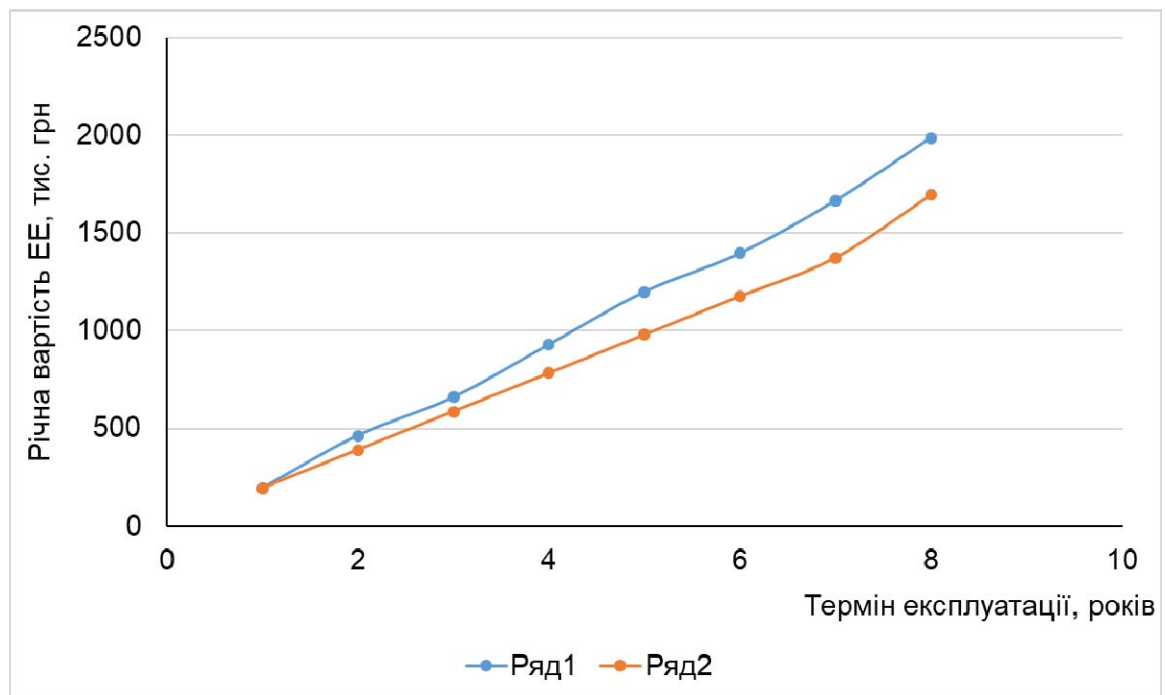


Рис. 9.4. Порівняльний аналіз використання СДЛ та ЛЛ

ВИСНОВКИ

В роботі виконано реконструкцію системи електропостачання та енергозбереження на промисловому підприємстві ЗАТ "Протеїн-продакшн". Під час проектування було виконано кілька етапів роботи. Проведено розрахунок електричних навантажень для напруги до 1000 В та понад 1000 В. Також були побудовані графіки електричних навантажень для активної та реактивної потужності, які охоплюють зимовий та літній періоди, а також річний графік для активної потужності.

Було проведено техніко-економічне порівняння зовнішньої та внутрішньої схем електропостачання, в результаті якого найбільш доцільним виявилось виконання розподільчої мережі кабелем 10 кВ з центральним розподільчим пристроєм на території підприємства та застосуванням радіальної схеми електропостачання. Для компенсації реактивної потужності було рекомендовано встановити конденсаторні установки в мережі напругою 0,4 кВ та 10 кВ.

Згідно з категорією електропостачання II, при перерві в електропостачанні, що призводить до масового невідпуску продукції та простою робочих місць та механізмів, рекомендується забезпечити живлення від двох незалежних джерел. Дозволяється виконати перерву на час, необхідний для включення резервного живлення. У зв'язку з тим, що завод працює в дві зміни, можна компенсувати втрати продукції, що виникають під час перерви, шляхом роботи у третю зміну або за допомогою інших заходів.

Були також проведені розрахунки струмів короткого замикання для вибору та перевірки електричних апаратів, кабельних ліній та автоматики. Для цих розрахунків була складена схема заміщення.

У роботі були розглянуті питання енергозбереження на промисловому підприємстві, зокрема звернуто увагу на впровадження частотно-регульованого приводу для вентиляційних установок та використання енергоефективних ламп у системі освітлення. Були визначені техніко-економічні показники, які підтвердили доцільність запропонованих технічних рішень.

						Аркуш
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.

2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград:КДТУ, 2004. – 133.с.

3. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.

4. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.

5. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.

6. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.

7. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.

8. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2006. –153 с.

9. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: Навчальний посібник/Бакалін Ю.І. – 3-є вид., перероб і доп. – Харків: «Бурун і К», 2006. – 320 с.

						Аркуш
ЗМ	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84