

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 ПЛЕСШКОВ

“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**« Розробка системи енергопостачання
деревообробного підприємства з автономною
котельнею на твердому біопаливі»**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕНМ–19,

ОПП «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ Кузьма МОРОЗ

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи

Проф., докт. техн. наук

_____ Василь КЛИМЕНКО

« ____ » _____ 2023 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

«_____» _____ 2023 р.

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

Мороза Кузьми Олександровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи енергопостачання деревообробного підприємства з автономною котельнею на твердому біопаливі

Development of an energy supply system for a woodworking enterprise with an autonomous solid biofuel boiler house

2. Керівник роботи Клименко Василь Васильович, докт. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є проектування системи енергопостачання студмістечка ЦНТУ. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних і теплових навантажень. 2. Провести розрахунок картограми 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>доц. к.т.н. Гарасьова Н.Ю.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних та теплових навантажень</i>	<i>10.04-12.04</i>	
2	<i>Картограма електричних та теплових навантажень</i>	<i>13.04-23.04</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>10.05-28.05</i>	
8	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>31.05-1.06</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника

Василь КЛИМЕНКО

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача

Кузьма МОРОЗ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 73 с.; 12 рис.; 38 табл.; 9 джерел

Мороз К.О. Розробка системи енергопостачання деревообробного підприємства з автономною котельнею на твердому біопаливі Центральноукраїнського національного технічного університету. – Рукопис.

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

Бакалаврська робота присвячена модернізації системи енергопостачання енергопостачання деревообробного підприємства з автономною котельнею на твердому біопаливі. В роботі вирішувались питання розрахунку: теплових та електричних навантажень підприємства, визначення режимів реактивної потужності, розрахунку струмів коротких замикань, вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання та вибір високовольтного обладнання системи електропостачання.

Спеціальний розділ роботи присвячено вирішенню задачі локального теплопостачання від котельні на твердому біопаливі. Для вибору оптимального варіанту енергопостачання проводилося техніко-економічне порівняння варіантів різних видів палива та котлів.

Ключові слова: теплові навантаження, трансформаторна підстанція, реактивна потужність, струми короткого замикання, теплогенерація, біопаливо

ABSTRACT

Qualification work: 73 p.; 10 Fig.; 38 tables; 9 sources

Moroz K. O. Development of an energy supply system for a woodworking enterprise with an autonomous solid biofuel boiler house. – 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.

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

The Bachelor's thesis is dedicated to the modernization of the energy supply system of a wood processing enterprise with an autonomous solid biomass boiler plant. The thesis addresses issues related to the calculation of thermal and electrical loads of the enterprise, determination of reactive power modes, calculation of short-circuit currents, selection of external and internal power supply schemes, and selection of high-voltage equipment for the power supply system.

A special section of the thesis is devoted to solving the task of local heat supply from the solid biomass boiler plant. To choose the optimal energy supply option, a technical and economic comparison of various fuel types and boilers was conducted.

Keywords: heat loads, transformer substation, reactive power, short-circuit currents, heat generation, biomass fuel

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	9
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	10
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень деревообробного підприємства в електричних мережах до 1000 В.....	10
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень	17
2.3. Розрахунок електричних навантажень підприємства в силових мережах вище 1000 В	18
2.4. Побудова графіків електричних навантажень	23
3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	30
3.1. Розрахунок силових теплових навантажень підприємства	30
3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію.....	31
3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання	32
3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання.....	34
4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ.....	38
5. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ НАВАНТАЖЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	41
6. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	44
6.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання	44
6.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання	44
7. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	49

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Мороз К.				Розробка системи енергопостачання деревообробного підприємства з автономною котельнею на твердому біопаливі	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Клименко В.					Д	6	73
Н.контр.						ЦНТУ зр. ЕНМ-19		
Затв.	Плешков П.І							

7.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах	49
8. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ ПІДПРИЄМСТВА	52
9. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	53
9.1. Розрахунок струмів короткого замикання.....	53
9.2. Вибір високовольтного обладнання.....	57
10. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОЇ КОТЕЛЬНОЇ НА ТВЕРДОМУ БІОПАЛИВІ	60
10.1. Порівняльний аналіз джерел тепла	60
10.2. Розрахунок витрат на виробництво теплової енергії при використанні різних видів палива	62
10.3. Розрахунок кількості та вибору котлоагрегатів.....	67
10.4. Техніко-економічний розрахунок вибору котлоагрегатів	68
ВИСНОВКИ.....	72
ЛІТЕРАТУРА	73

ВСТУП

Виконання енергопостачання промислового підприємства вимагає врахування різних факторів, таких як економічність, надійність, безпека, зручність експлуатації і якість енергії. Також важливо мати можливість швидко виконати будівельно-монтажні роботи і забезпечити гнучкість системи, щоб забезпечити можливість розширення у майбутньому без значного ускладнення і зростання вартості.

Розрахунок енергопостачання включає визначення розрахункових електричних і теплових навантажень, вибір потужності і кількості трансформаторів, розрахунок розподільчих мереж, вибір електричних апаратів та струмоведучих частин розподільних пристроїв. Також враховується вибір компенсуючих пристроїв, схем енергетичного контролю, системи обліку енергоресурсів, схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання та схеми контролю якості електричної енергії. Розглядається оптимальна кількість елементів схеми електропостачання та обладнання підстанції, здійснюються розрахунки потужності і струмів короткого замикання.

Тепловий розрахунок включає розрахунок теплових навантажень, гідравлічний розрахунок мереж і енергетичний баланс підприємства.

Оптимізація теплопостачання залежить від якості роботи котлів і правильної теплової схеми. Метою даної роботи є реконструкція системи енергопостачання деревообробного підприємства з використанням автономної котельні, що працює на твердому біопаливі.

1. СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

Деревообробне підприємство, яке в даний момент проектується, є багатопрофільним і спеціалізується на виробництві широкого спектру продуктів для будівельної індустрії. Одним із основних напрямків діяльності компанії є первинна деревопереробка з виробництвом клеєного напівфабрикату.

Виробничі потужності підприємства знаходяться на власній території, розташованій в центрі України, в місті Кропивницький, а також у смт. Олександрівка, що знаходиться в Кропивницькій області, неподалік від сировинної бази дуба, ясена і клена. Загальна площа виробничих та побутових приміщень підприємства становить 20 000 квадратних метрів.

Підприємство оснащене сучасним дерево- і металообробним обладнанням європейських та вітчизняних виробників, що дозволяє виробляти високоякісні продукти великими серіями. Роботу підприємства забезпечує кваліфікований персонал, кількість якого складає 425 осіб.

Для створення комфортних умов праці на підприємстві встановлена потужна система аспірації, яка працює з кожним деревообробним станком окремо. Автоматична система передбачає функціонування аспіраційної установки без постійної присутності обслуговуючого персоналу, з регулюванням параметрів залежно від температури зовнішнього повітря. Вона включає автоматичну систему безпеки, пристрої для автоматичного регулювання, контролю та реєстрації параметрів, сигналізацію та управління технологічними процесами.

Підприємство відноситься до споживачів II категорії за ступенем надійності електропостачання.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Метод "Упорядкованих діаграм Каялова" є одним із способів визначення розрахункових електричних навантажень електроприймачів. Цей метод базується на аналізі використання електроенергії протягом певного періоду часу.

Для виконання розрахунків за методом "Упорядкованих діаграм Каялова" спочатку визначаються всі електроприймачі, які працюють на підприємстві. Далі проводиться збір даних про режим роботи кожного приймача, такі як тривалість роботи, потужність, часи пуску та зупинки тощо.

Цей метод дозволяє отримати достовірні дані про електричне навантаження електроприймачів і використовується для планування, проектування та оптимізації систем енергопостачання промислових підприємств.

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень деревообробного підприємства в електричних мережах до 1000 В

В якості, прикладу виконаємо розрахунок електричних навантажень заводу віконних систем.

Середнє навантаження та усталена потужність розпиловочних станків:

$$P_{cp} = P_{sum} * K_{и} = 2 * 0,5 = 1 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp} = P_{cp} * \operatorname{tg} \varphi = 1 * 0,75 = 0.75 \text{ кВар}.$$

Середньозмінне навантаження для всіх груп споживачів:

$$P_{cm} = \sum P_{cp_i} = 8,40 + 1,00 + 20,35 + 16,00 + 3,15 + 19,25 + 3,96 + 2,50 + 0,50 = 75,1 \text{ кВт}.$$

Аналогічно:

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{см}} = 6,30 + 0,75 + 27,13 + 18,71 + 2,36 + 14,44 + 5,28 + 1,88 + 0,51 = 77,4 \text{ кВар.}$$

Ефективне число ЕП по цеху

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{n, \max}} = \frac{2 \cdot 135}{35} = 8.$$

Використовуючи початкові дані знаходимо коефіцієнт m:

$$m = \frac{P_{n, \max}}{P_{n, \min}} = \frac{35}{1} = 35.$$

В даному випадку $K_m = 1,25$. Далі необхідно розрахувати:

- активне розрахункове навантаження групи електроприймачів:

$$P_p = P_{\text{см}} \cdot K_m = 75 \cdot 1,25 = 93,5 \text{ кВт}$$

- реактивне розрахункове навантаження групи електроприймачів:

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} = 1,1 \cdot 77,4 = 85,1 \text{ кВар (так як } n_e \text{ менше 10).}$$

Розрахунковий максимум навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{93^2 + 85^2} = 126,7 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В виконуємо у вигляді таблиці 2.1 з застосуванням офісного додатку Microsoft Excel.

						Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	K _в	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну		п _{еф}	K _м	Розрахункова потужність,		
		Одного	Сумарна					P _{ср}	Q _{ср}			P _р , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТВД "Інтерресурси"														
Адміністративно-побутовий корпус														
Персональні компютери	36	0,3 - 1	22	3	0,5	0,7	1,02	11,00	11,22					
Кондиціонери	10	1,5 - 3	14	2	0,7	0,8	0,75	9,80	7,35					
Побутові електроприлади	6	1,0 - 2	9	2	0,6	0,7	1,02	5,40	5,51					
Холодильники	4	0,5 - 1	2	1	0,4	0,6	1,33	0,80	1,07					
Вентилятори	2	0,5 - 1	2	2	0,6	0,7	1,02	0,90	0,92					
Оргтехніка	6	1,0 - 3	6	3	0,6	0,7	1,02	3,60	3,67					
Всього	64	0,3 - 3	55	12	0,6	0,7	0,94	32	30	36	2,20	69,3	29,7	75,4
Адміністративно-конструкторський корпус														
Персональні компютери	24	0,5 - 1	18	2	0,5	0,6	1,33	9,00	12,00	24				
Кондиціонери	10	1,5 - 3	14	2	0,7	0,8	0,75	9,80	7,35	10				
Плоттери	6	1,0 - 2	9	2	0,6	0,7	1,02	5,40	5,51	6				
Станок для різки паперу	1	3,0 - 3	3	1	0,4	0,7	1,02	1,20	1,22	1				
Вентилятори	2	0,5 - 1	2	2	0,6	0,7	1,02	0,90	0,92	2				
Оргтехніка	10	1,0 - 3	20	3	0,3	0,7	1,02	6,00	6,12	10				
Всього	132	0,3 - 3	128	12	0,6	0,7	0,96	76,2	73,11	85	1,25	95,25	73,11	120,08
Їдальня														
Електроплити	6	5,0 - 30	98	6	0,4	0,7	1,02	39,20	39,99					
Морозильні камери	2	4,0 - 4	8	1	0,9	0,7	1,02	7,20	7,35					
Тістомішалки	2	2,5 - 2,5	5	1	0,6	0,8	0,88	3,00	2,65					
Жарочні шафи	2	2,0 - 4	6	2	0,4	0,9	0,48	2,40	1,16					
Вентилятори	6	3,0 - 3	18	1	0,7	0,8	0,75	12,60	9,45					
Всього	18	2,0 - 30	135	15	0,6	0,8	0,88	64,40	56,80	9	1,25	80,5	62,5	101,90
Завод віконних систем														
Фрезерний станок	4	1 - 5	12	5	0,7	0,8	0,75	8,40	6,30					

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
							Підготовчий станок	4	1,5 - 1,5	6	1	0,5	0,6	1,33	3,00	4,00					
							Компресор	3	1,0 - 11	13	11	0,6	0,7	1,02	7,80	7,96					
							Аспірація	3	1,0 - 7	9	7	0,6	0,7	1,02	5,40	5,51					
							Всього	10	1,0 - 40,0	28	40	0,6	0,8	0,88	16,2	17,467	1	1,25	20,3	19,2	27,91
						11	Котельня														
							Транспортер	1	22,0 - 22	22	1	0,1	0,6	1,33	3,08	4,11					
							Дробарка	1	5,0 - 5	5	1	0,6	0,8	0,75	3,00	2,25					
							Димососи	2	17,0 - 17	35	1	0,4	0,6	1,33	12,25	16,33					
							Насоси	8	1,0 - 15	50	15	0,6	0,8	0,75	30,00	22,50					
							Вентилятори	4	3,0 - 15	24	5	0,6	0,8	0,75	14,40	10,80					
							Всього	16	1,0 - 22	136	22	0,5	0,7	0,89	62,73	55,99	12	1,25	78,41	55,99	96,35
						12	Побутові приміщення	4	1,0 - 1,0	4	1	0,5	0,8	0,75	2,00	1,50	4	1,25	2,5	1,7	3,00
						13	Гараж														
							Металообробний станок	4	1,0 - 14	24	14	0,1	0,5	1,98	3,36	6,67					
							Пристрій шиномонтажу	3	3,5 - 18	21	5	0,4	0,5	1,73	8,40	14,55					
							Діагностуючий станок	4	0,5 - 1	2	2	0,5	0,7	1,02	1,00	1,02					
							Підйомник	2	5,0 - 5	10	1	0,4	0,5	1,73	3,50	6,06					
							Компресор	2	2,0 - 2	4	1	0,7	0,8	0,75	2,60	1,95					
							Всього	15	0,5 - 18	61	36	0,4	0,6	1,3	18,86	24,50	7	1,23	23,10	26,95	35,50
						14	Конвекторний цех														
							Вентилятор	6	5,0 - 15	50	3	0,7	0,6	1,33	32,50	43,33					
							Система автоматичного керування безпекою виробництва	6	1,5 - 2	4	1	0,9	0,6	1,33	3,60	4,80					
							Прес	6	2,0 - 4	18	2	0,4	0,6	1,33	7,20	9,60					
							Деревообробний станок	5	4,0 - 11	44	3	0,2	0,8	0,75	8,80	6,60					
							Металообробний станок	23	7,0 - 11	165	2	0,1	0,8	0,75	18,15	13,61					
							Насос	4	2,0 - 4,0	12	2	0,6	0,8	0,88	7,20	6,35					
							Електромагнітний фільтр	22	1,0 - 1,0	22	1	0,3	0,5	1,73	6,60	11,43					
							Установка діагностики	1	4,0 - 4,0	4	1	0,3	0,6	1,33	1,20	1,60					
							Всього	73	1,0 - 15	319	15	0,4	0,6	1,3	85,25	110,74	43	1,23	104,43	110,74	152,22
	Арк.	15																			

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювального навантаження виконується за питомою потужністю освітлювального навантаження на одиницю корисної площі промислового приміщення.

Встановлена потужність освітлювальних приймачів для корпус АП, кВт:

$$P_p = p_0 \cdot F \cdot 10^{-3} = 18 \cdot 945 \cdot 10^{-3} = 17,01$$

де $p_0=18$ - питома потужність освітлювального навантаження, кВт/м²; $F=945$ - площа промислового приміщення ($a \times b$), $a=105$ м, $b=9$ м, м².

Розрахункова потужність освітлювальних електроприймачів, кВт:

$$P_p = K_c \cdot K_1 \cdot P_y = 0,9 \cdot 1,2 \cdot 17 = 18,4;$$

де $K_c=0,9$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження.

K_1 – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі, для люмінесцентних ламп $K_1=1,2$.

Для освітлювальних установок з гЛЛ розрахункова реактивна потужність визначається за формулою, кВар:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 18,4 \cdot 0,48 = 8,9.$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ відповідає характерному для даних джерел світла коефіцієнту потужності $\cos \varphi$, для ламп люмінесцентних він складає відповідно 0,5.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{18,4^2 + 8,9^2} = 20,4 \text{ кВА}$$

Розрахунок освітлювальних навантажень виконуємо у вигляді таблиці 2.2.

						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень в мережі до 1000 В

№	Найменування	F, м ²	p ₀ , Вт/м ²	P _в , кВт	K _с	K ₁	cosφ	tgφ	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
1	Адміністративно-побутовий корпус	945	18	17,01	0,9	1,20	0,90	0,48	18,4	8,9	20,4
2	Адміністративно-конструкторський корпус	825	18	14,85	0,9	1,20	0,90	0,48	16,0	7,8	17,8
3	Їдальня	500	18	9,00	0,8	1,20	1,00	0,00	8,6	0,0	8,6
4	Завод віконних систем	2000	14	28,00	0,95	1,00	0,50	1,73	26,6	46,1	53,2
5	Цех натуральних меблів	1150	14	16,1	0,9	1,00	0,50	1,73	14,3	24,7	28,6
6	Завод клесних виробів	4250	16	68,00	0,95	1,00	0,50	1,73	64,6	111,9	129,2
7	Склад	500	6	3,0	0,6	1,00	0,90	0,48	1,8	0,9	2,0
8	Цех нестандартних меблів	360	14	5,0	1,0	1,00	0,90	0,48	4,8	2,3	5,3
9	Лісопильний цех	1100	14	15,4	1,0	1,00	0,50	1,73	14,6	25,3	29,3
10	Цех доски полу	300	14	4,2	1,0	1,00	0,50	1,73	4,0	6,9	8,0
11	Котельня	160	8	1,3	0,8	1,00	0,90	0,48	1,0	0,5	1,1
12	Побутові приміщення	160	10	1,6	0,6	1,20	0,90	0,48	1,2	0,6	1,3
13	Гараж	380	8	3,0	0,9	1,20	0,90	0,48	3,3	1,6	3,6
14	Конвекторний цех	340	12	4,1	0,7	1,20	0,90	0,48	3,2	1,5	3,5
15	Зварювальна дільниця	950	10	9,5	0,6	1,20	0,90	0,48	6,8	3,3	7,6
16	Цех примусової сушки	460	6	2,8	0,6	1,20	1,00	0,00	2,0	0,0	2,0
17	Склад	260	6	1,6	0,6	1,00	0,90	0,48	0,9	0,5	1,0
18	Склад атмосферної сушки	2400	0,2	0,5	0,5	1,12	0,50	1,73	0,3	0,5	0,5
19	Територія заводу	67500	0,2	13,5	0,5	1,12	0,50	1,73	7,6	13,1	15,1
	Всього								130,3	193,6	233,4

2.3. Розрахунок електричних навантажень підприємства в силових мережах вище 1000 В

Перед початком розрахунку розподілу навантаження в мережі напругою вище 1000 В, необхідно визначити кількість трансформаторних підстанцій (ТП),

										Арк.
										18
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

потужність трансформаторів і їх розміщення на території підприємства. Для цього використовується картограма навантаження.

На основі картограми навантаження визначається кількість трансформаторних підстанцій, їхні потужності та розташування на території підприємства. Відповідно до картограми, можна визначити, які цехи можуть бути живлені від ТП сусідніх цехів за допомогою напруги 0,4 кВ. При цьому, необхідно враховувати, що відхилення напруги на затискачах електроприймачів не повинні перевищувати значень, встановлених нормативами, такими як ГОСТ-13109-97.

Зазвичай до таких цехів, які можуть бути живлені від ТП сусідніх цехів, відносяться ті, що мають розрахункове навантаження не більше 250-300 кВА і знаходяться на відстані до 50-80 метрів від ТП сусідніх цехів.

Отже, визначення кількості ТП, потужності трансформаторів і їх розташування на підприємстві виконується на основі картограми навантаження, з урахуванням можливості живлення деяких цехів від ТП сусідніх цехів за допомогою напруги 0,4 кВ. Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В, оформлюється у вигляді табл. 2.3.

На ТП встановлені трансформатори типу ТМ

Сном, кВА	U _к , %	ΔР _к , кВт	ΔР _х , кВт	I _х , %
630	5,5	7,60	1,31	2,00

Для прикладу наведено розрахунок втрат в трансформаторах ТП № 1:

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2 \cdot (1,31 + 7,6 \cdot 0,71^2) = 4 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_X}{100} \cdot S_H + \frac{U_K}{100} \cdot S_H \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{1,31}{100} \cdot 630 + \frac{5,5}{100} \cdot 630 \cdot 0,71^2 \right) = 32 \text{ кВар}$$

Аналогічно розраховуються втрати в трансформаторах у інших ТП.

Результати розрахунку силових навантажень в мережі вище 1000 В приведені в таблиці 2.3 нижче.

						Арк.
						19
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

продовження таблиці 2.3.															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по заводу												1287	1218	1772
	Компенсуючі пристрої 10 кВ														
	Всього на шинах 10 кВ												1287	1218	1772
													tgφ=	0,947	

2.4. Побудова графіків електричних навантажень

Для виконання розрахунків в роботі використані дані, що визначаються за графіками електричних навантажень. Вам необхідно побудувати добовий графік навантаження по активній потужності та річний графік активної потужності за тривалістю.

Побудову графіків можна виконати на основі характерних графіків електричних навантажень для різних галузей промисловості. Ці типові графіки відображають залежність активної потужності від часу у добовому та річному аспектах.

На основі річного графіка визначаються річні витрати активної енергії, час використання максимального навантаження і максимальних втрат. Ці дані є важливими для оцінки електроенергетичного споживання та витрат на підприємстві.

Річні витрати активної енергії, кВт*год:

$$W_p = \sum_{i=1}^{365} P_i * t_i \quad (2.1)$$

де P_i - координата i -ї сходинки графіка, кВт; t_i - час i -ї ступені, годин.

Річні витрати реактивної енергії квар*год:

$$V_p = \sum_{i=1}^{365} Q_i * t_i \quad (2.2)$$

де Q_i - координата i -ї сходинки графіка, квар; t_i - час i -ї ступені, год.

Час використання максимального навантаження:

$$T_m = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} \quad (2.3)$$

Час максимальних втрат, год.:

						Арк.
						23
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10^4})^2 8760 \quad (2.4)$$

Розрахунок графіків електричних навантажень приведений в таблицях 2.4, 2.5, а графіки на рисунках 2.1-2.5.

Таблиця 2.4. Активне навантаження

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1093,1	218,6	1093,1	218,6
2	1093,1	236,6	1093,1	218,6
3	1093,1	236,6	1093,1	218,6
4	1093,1	236,6	1093,1	218,6
5	1054,5	221,2	1054,5	210,9
6	1221,7	244,3	1221,7	244,3
7	1286,0	257,2	1286,0	257,2
8	1286,0	257,2	1286,0	257,2
9	1157,4	244,3	1157,4	231,5
10	1157,4	244,3	1157,4	231,5
11	1157,4	244,3	1157,4	231,5
12	1157,4	244,3	1157,4	231,5
13	1157,4	244,3	1157,4	231,5
14	1157,4	244,3	1157,4	231,5
15	1157,4	244,3	1157,4	231,5
16	1157,4	244,3	1157,4	231,5
19	1286,0	257,2	1286,0	257,2
18	1286,0	257,2	1286,0	257,2
19	1157,4	244,3	1157,4	231,5
20	1157,4	236,6	1157,4	231,5
21	1157,4	236,6	1157,4	231,5
22	1157,4	236,6	1157,4	231,5
23	1093,1	231,5	1093,1	218,6
24	1093,1	231,5	1093,1	218,6
Wi	27867,6	5794,7	27867,6	5573,5

Таблиця 2.5. Реактивне наванатаження без врахування КП

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1120,6	224,1	1120,6	224,1
2	1120,6	224,1	1120,6	224,1
3	1120,6	224,1	1120,6	224,1
4	1120,6	224,1	1120,6	224,1
5	1047,5	209,5	1047,5	209,5
6	1157,1	231,4	1157,1	231,4
7	1218,0	243,6	1218,0	243,6
8	1218,0	243,6	1218,0	243,6
9	1157,1	231,4	1157,1	231,4
10	1157,1	231,4	1157,1	231,4
11	1157,1	231,4	1157,1	231,4
12	1157,1	231,4	1157,1	231,4
13	1157,1	231,4	1157,1	231,4
14	1157,1	231,4	1157,1	231,4
15	1157,1	231,4	1157,1	231,4
16	1157,1	231,4	1157,1	231,4
19	1218,0	243,6	1218,0	243,6
18	1218,0	243,6	1218,0	243,6
19	1157,1	231,4	1157,1	231,4
20	1120,6	224,1	1120,6	224,1
21	1120,6	224,1	1120,6	224,1
22	1120,6	224,1	1120,6	224,1
23	1096,2	219,2	1096,2	219,2
24	1096,2	219,2	1096,2	219,2
Wi	27526,8	5505,36	27526,8	5505,36

Результати розрахунку річного графіку підприємства

$$P = 1286,00 \text{ кВт}$$

$$Q = 1218,00 \text{ кВар}$$

$$S = 1771,25 \text{ кВА}$$

Кількість днів робочих:

зимою 147 днів

літом 105 днів

Кількість днів вихідних:

зимою 65 днів

літом 48 днів

Виконати розрахунок ?

Ok

Робочі дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{зр} = 4096540$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{зр} = 4046440$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лр} = 608445$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лр} = 578063$$

Вихідні дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{зв} = 1811395$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{зв} = 1789242$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лв} = 267529$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лв} = 264257$$

Загальна річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лр} = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 6783909,772$$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лв} = V_{зр} + V_{лр} + V_{зв} + V_{лв} = 6678001,68$$

Час викорористання максимального навантаження, год:

$$T_m = 5374,3$$

Час максимальних втрат, год:

$$t_m = 3832,5$$

Виводити на друк ?

Ok

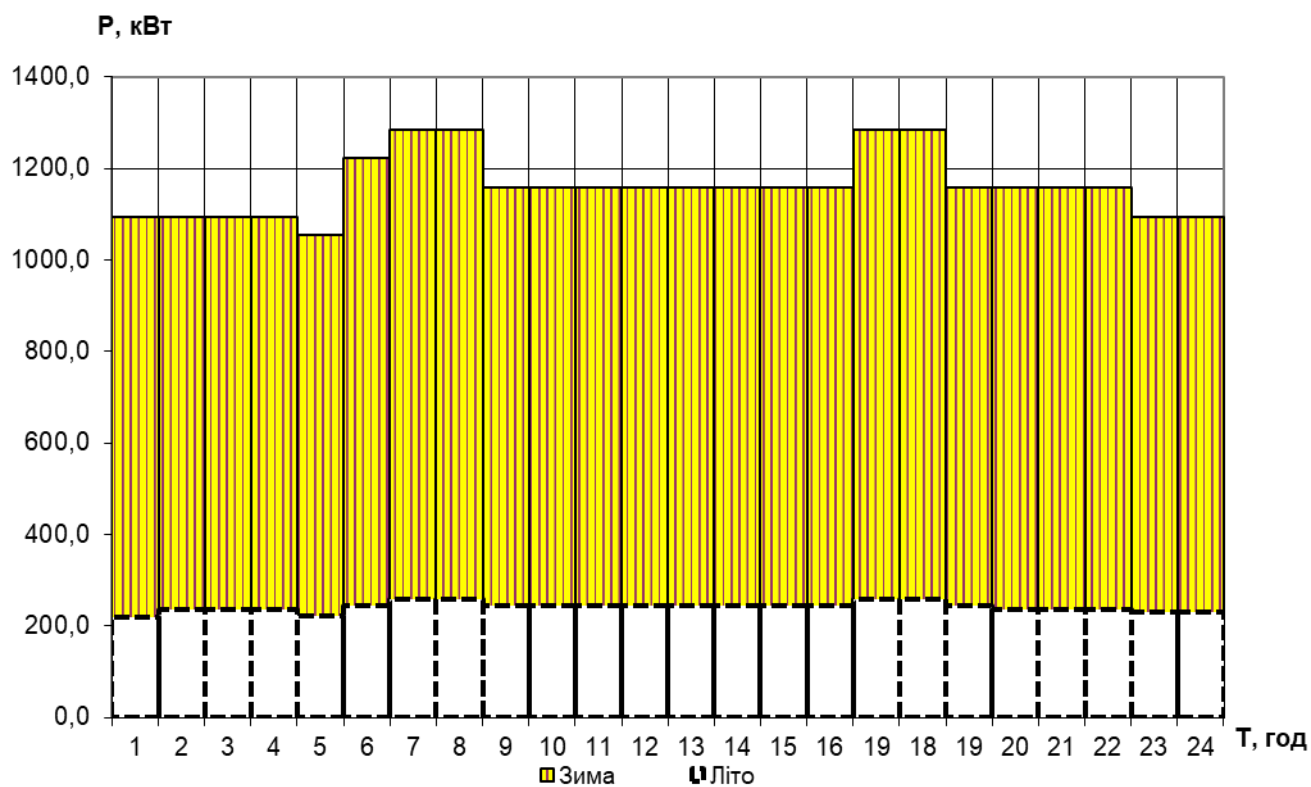


Рис. 2.1 Споживання активної потужності в робочий день

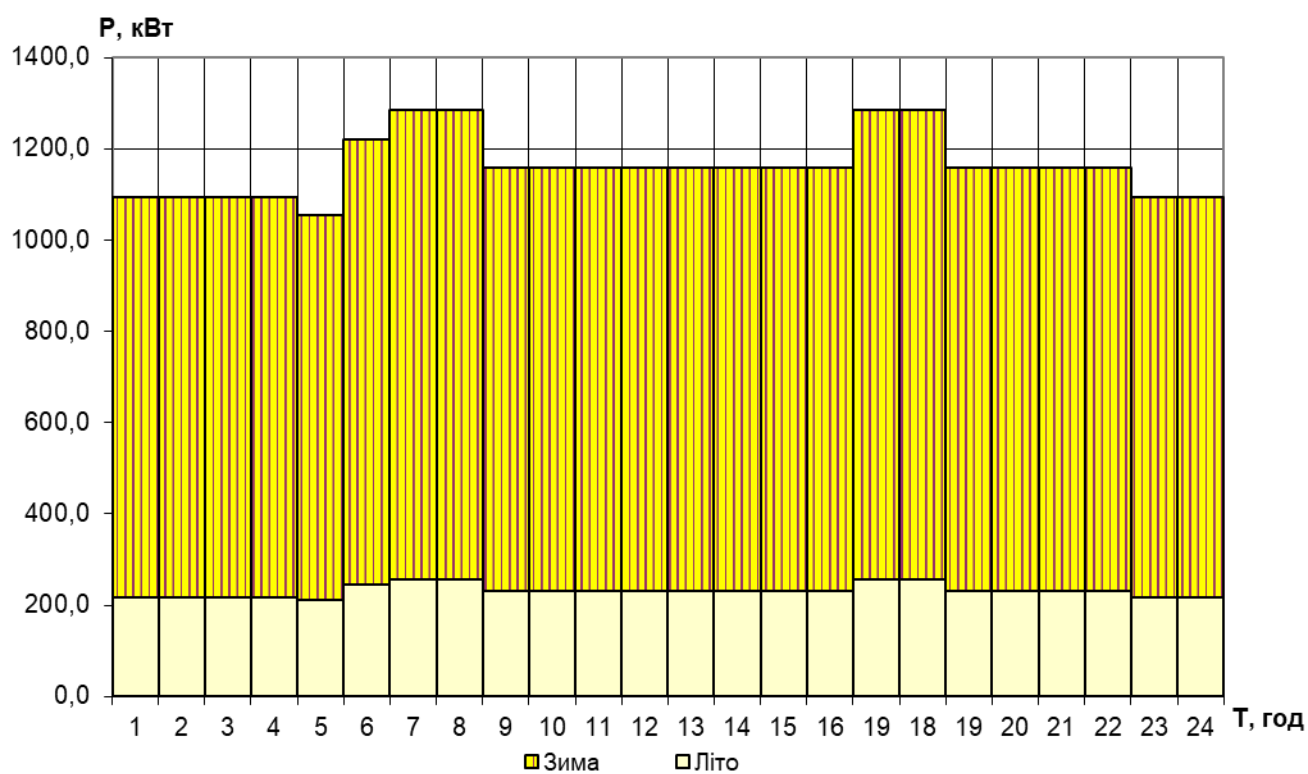


Рис. 2.2 Споживання активної потужності у вихідний день

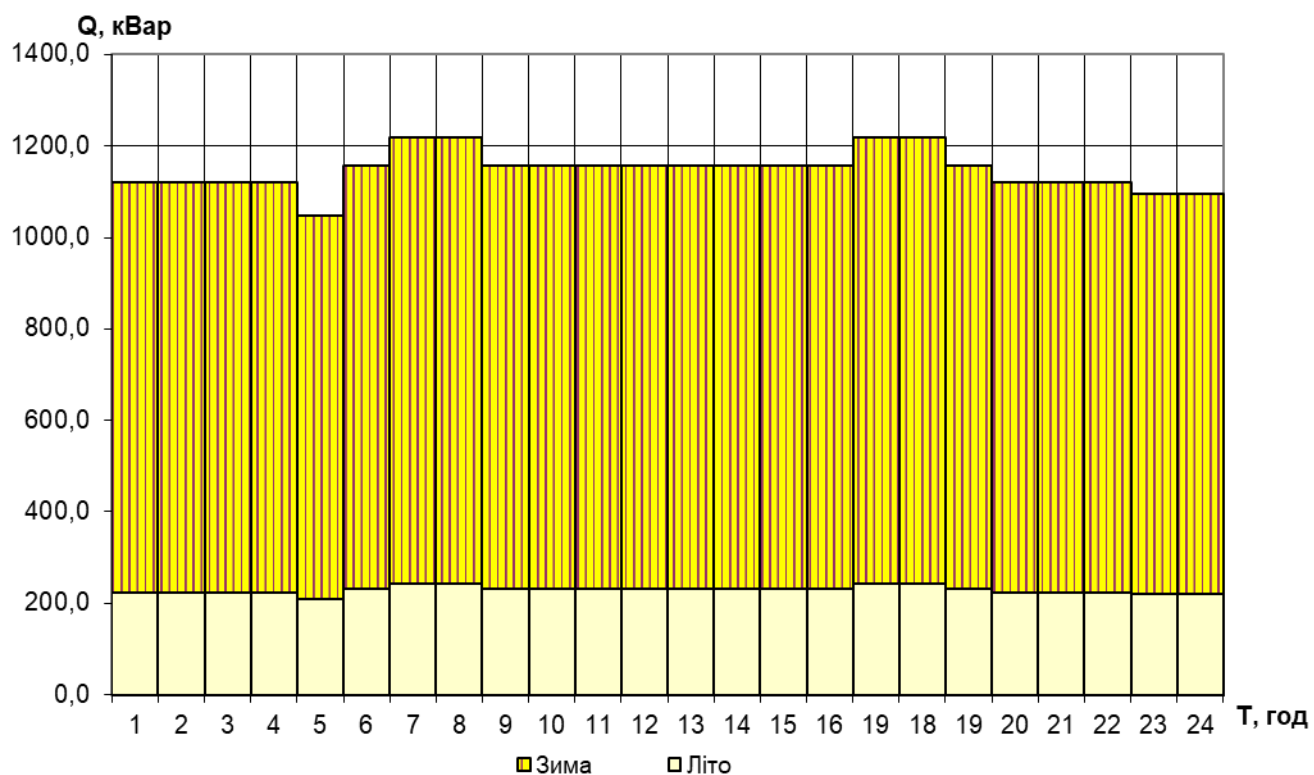


Рис. 2.3 Споживання реактивної потужності в робочий день

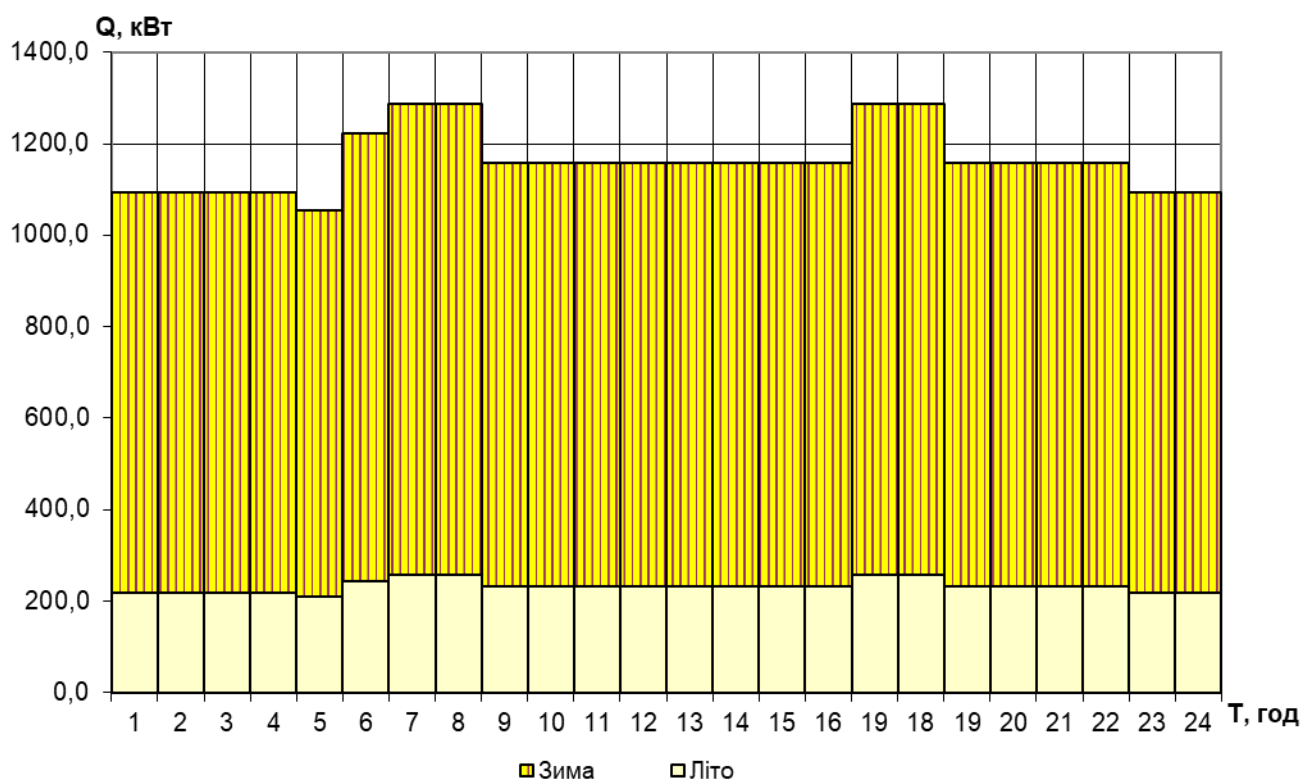


Рис. 2.4 Споживання реактивної потужності у вихідний день

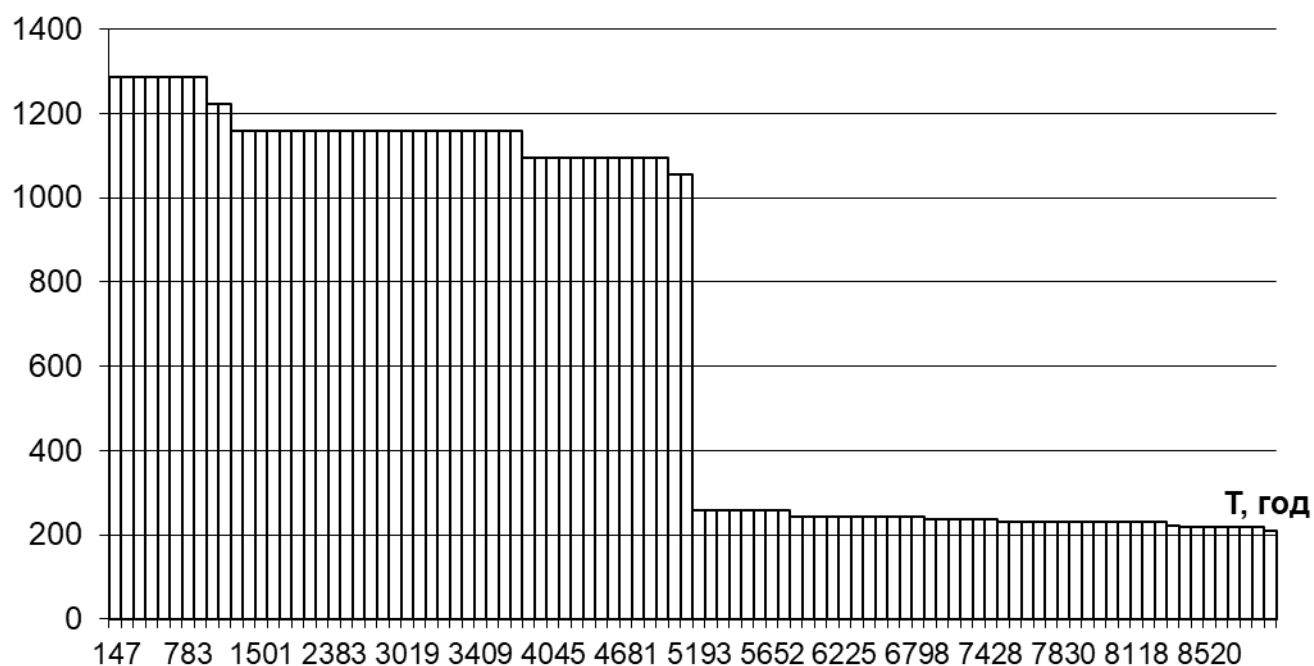


Рис. 2.5 Річний графік навантаження за тривалістю

3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

3.1. Розрахунок силових теплових навантажень підприємства

Так, теплове споживання на підприємстві залежить від декількох факторів, зокрема від опалювальної площі приміщення, питомої опалювальної характеристики будівлі та температури зовнішнього повітря.

Для розрахунків необхідно враховувати показники зовнішньої температури, оскільки вони впливають на теплові втрати та потребу в опаленні. Розрахункові параметри зовнішнього повітря можуть варіюватися в залежності від пункту розташування об'єкту.

Параметри зовнішньої температури можна знайти у ДСТУ Н Б В 1.1-27:2010 »Будівельна кліматологія, яке надає кліматичні дані для різних регіонів.

Таблиця 3.1. Кліматологічні дані м. Кропивницький за опалювальний період

Тривалість опалюв. періоду, n_o , діб	Температура зовнішнього повітря в холодний період, °C			
	розрахункова для опалення, $t_{p.o.}$	середня		Число діб з $t_{p.v.} < t_{p.o.}$, $n_{оп}$
		опалювального періоду, $t_{сер.о.}$	найбільш холодного місяця $t_{сер. х.м.}$	
185	-21	-1,0	-12,6	18

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на опалення для адміністративно-побутового корпусу. Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 18$ °C; $q_o = 0,8$ Вт/(м³·°C); $V_3 = 8505$ м³.

Теплове навантаження на опалення:

$$Q_o^p = (1 + \mu) q_o V_3 (t_{в.р.} - t_{p.o.}) = (1 + 0,25) \cdot 0,8 \cdot 8505 \cdot (18 - (-21)) = 331,7 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплового навантаження на опалення інших цехів здійснюється аналогічно. Результати розрахунку приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Результати розрахунку теплових навантажень на опалення

№ п\п	Найменування підрозділу	F, м ²	h, м	V, м ³	q _o , Вт/м ³ ·°C	t _{в.р.} , °C	Q _o ^p , кВт
1	Адміністративно-побутовий корпус	945	9	8505	0,8	18	331,70
2	Адміністративно-конструкторський корпус	825	9	7425	0,7	18	253,38
3	Їдальня	500	4	2000	0,7	18	68,25
4	Завод віконних систем	2000	6	12000	0,64	16	355,20
5	Цех натуральних меблів	1150	6	6900	0,64	16	204,24
6	Завод клесних виробів	4250	6	25500	0,64	16	754,80
7	Склад	500	6	3000	0,7	14	91,88
8	Цех нестандартних меблів	360	6	2160	0,64	16	63,94
9	Лісопильний цех	1100	6	6600	0,7	16	213,68
10	Цех доски полу	300	6	1800	0,67	14	52,76
11	Котельня	160	12	1920	0,7	16	62,16
12	Побутові приміщення	160	3	480	0,7	18	16,38
13	Гараж	380	6	2280	0,7	14	69,83
14	Конвекторний цех	340	6	2040	0,64	16	60,38
15	Зварювальна дільниця	950	4	3800	0,7	16	123,03
16	Цех примусової сушки	460	4	1840	0,64	16	54,46
17	Склад	260	6	1560	0,7	14	47,78
	Склад атмосферної сушки						
Всього по підприємству							2823,82

3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на вентиляцію для адміністративно-побутового корпусу. Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $q_v = 0,81 \text{ Вт/(м}^3\cdot^{\circ}\text{C)}$; $V_3 = 8505 \text{ м}^3$.

Теплове навантаження на опалення, кВт:

$$Q_b^p = q_b V_z (t_{b.p.} - t_{p.b.}) = 0,81 \cdot 8505 \cdot (16 - (-9)) = 172,23 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплового навантаження на вентиляцію інших цехів здійснюється аналогічно. Результати розрахунку приведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Результати розрахунку теплового навантаження на вентиляцію

№ п\п	Найменування підрозділу	F, м ²	h, м	V, м ³	q _b , Вт/м ³ · °C	t _{в.р.} , °C	Q _{в.р.} , кВт
1	Адміністративно-побутовий корпус	945	9	8505	0,81	16	172,23
2	Адміністративно-конструкторський корпус	825	9	7425	0,81	16	150,36
3	Їдальня	500	4	2000	0,465	18	25,11
4	Завод віконних систем	2000	6	12000	0,465	18	150,66
5	Цех натуральних меблів	1150	6	6900	0	14	0,00
6	Завод клеєних виробів	4250	6	25500	0,465	18	320,15
7	Склад	500	6	3000	0,465	14	32,09
8	Цех нестандартних меблів	360	6	2160	0	16	0,00
9	Лісопильний цех	1100	6	6600	0,465	14	70,59
10	Цех доски полу	300	6	1800	0,465	18	22,60
11	Котельня	160	12	1920	0	14	0,00
12	Побутові приміщення	160	3	480	0,465	16	5,58
13	Гараж	380	6	2280	0,7	16	39,90
14	Конвекторний цех	340	6	2040	0,7	16	35,70
15	Зварювальна дільниця	950	4	3800	0	16	0,00
16	Цех примусової сушки	460	4	1840	0,465	16	21,39
17	Склад	260	6	1560	0,465	16	18,14
Всього по підприємству							1064,48

3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання для АПК. Кількість працюючих людей в залі складає 32. Підприємство працює в одну зміну.

Середньогодинне навантаження на гаряче водопостачання в зимовий період:

$$Q_{г.з.}^{сер.г.} = \frac{amc_b(t_g - t_x)}{n_c} = \frac{25 \cdot 32 \cdot 4,19 \cdot 50(55 - 5)}{8 \cdot 3600} = 5,82 \text{ кВт}$$

						Арк.
						32
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання в літній період:

$$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}} = Q_{\text{Г.З.}}^{\text{сер.т.}} \frac{t_{\text{Г}} - t_{\text{Х.Л.}}}{t_{\text{Г}} - t_{\text{Х.З.}}} \beta = 5,82 \frac{55-15}{55-5} \cdot 1 = 4,66 \text{ кВт}$$

Розрахункове максимальне теплове навантаження гарячого водопостачання в зимовий період:

$$Q_{\text{Г.В.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{Г.}}^{\text{сер.т.}} = 1 \cdot 5,82 = 5,82 \text{ кВт.}$$

Розрахункове максимальне теплове навантаження гарячого водопостачання в літній період, кВт:

$$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}} = 1 \cdot 4,66 = 4,66 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання для інших підрозділів підприємства приведені в таблиці 3.4.

Загальне максимальне теплове навантаження підприємства приведене в таблиці 3.5.

Таблиця 3.4. Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання.

№ п/п	Найменування підрозділу	м, люд.	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{сер.т.}}$	$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}}$	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{max}}$	$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{max}}$
1	Адміністративно-побутовий корпус	32	5,82	4,66	5,82	4,66
2	Адміністративно-конструктор. корпус	18	3,27	2,62	3,27	2,62
3	Їдальня	6	1,09	0,87	1,09	0,87
4	Завод віконних систем	10	1,82	1,45	1,82	1,45
5	Цех натуральних меблів	13	2,36	1,89	2,36	1,89
6	Завод клеєних виробів	10	1,82	1,45	1,82	1,45
7	Склад	1	0,18	0,15	0,18	0,15
8	Цех нестандартних меблів	8	1,45	1,16	1,45	1,16
9	Лісопильний цех	12	2,18	1,75	2,18	1,75
10	Цех доски полу	10	1,82	1,45	1,82	1,45
11	Котельня	2	0,36	0,29	0,36	0,29
12	Побутові приміщення	2	0,36	0,29	0,36	0,29
13	Гараж	8	1,45	1,16	1,45	1,16
14	Конвекторний цех	6	1,09	0,87	1,09	0,87
15	Зварювальна ділянка	4	0,73	0,58	0,73	0,58
16	Цех примусової сушки	2	0,36	0,29	0,36	0,29
17	Склад	1	0,18	0,15	0,18	0,15
Всього по підприємству		145	26,37	21,10	26,37	21,10

Таблиця 3.5. Теплове навантаження підприємства

№ п/п	Найменування підрозділу	Q_o^p	Q_v^p	$Q_{г.з.}^{max}$	Q_{Σ}
1	Адміністративно-побутовий корпус	331,70	172,23	5,82	509,74
2	Адміністративно-конструкторський корпус	253,38	150,36	3,27	407,01
3	Їдальня	68,25	25,11	1,09	94,45
4	Завод віконних систем	355,20	150,66	1,82	507,68
5	Цех натуральних меблів	204,24	0,00	2,36	206,60
6	Завод клеєних виробів	754,80	320,15	1,82	1076,77
7	Склад	91,88	32,09	0,18	124,14
8	Цех нестандартних меблів	63,94	0,00	1,45	65,39
9	Лісопильний цех	213,68	70,59	2,18	286,44
10	Цех доски полу	52,76	22,60	1,82	77,18
11	Котельня	62,16	0,00	0,36	62,52
12	Побутові приміщення	16,38	5,58	0,36	22,32
13	Гараж	69,83	39,90	1,45	111,18
14	Конвекторний цех	60,38	35,70	1,09	97,18
15	Зварювальна дільниця	123,03	0,00	0,73	123,75
16	Цех примусової сушки	54,46	21,39	0,36	76,22
17	Склад	47,78	18,14	0,18	66,09
Всього по підприємству		2823,82	1064,48	26,37	3914,67

3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання

Для побудови годинних графіків витрати теплоти на опалення потрібно мати два значення теплового навантаження при різних температурах зовнішнього повітря. Ці значення можуть бути визначені на основі розрахунків або з використанням вимірювань вже функціонуючих систем опалення.

Годинний графік витрат теплоти допомагає визначити залежність між температурою зовнішнього повітря та витратами тепла протягом доби. Цей графік може бути побудований на основі годинних середніх значень температури повітря та витрати тепла. Зазвичай використовуються температурні показники для кожної години доби протягом опалювального сезону.

Для побудови річного графіка за тривалістю теплового навантаження потрібно мати дані про тривалості стояння температур зовнішнього повітря. Ці дані визначаються для конкретного міста і можуть бути прогумовані зі

зростаючим результатом, що відображає різну тривалість стояння різних температур протягом року.

Годинні витрати на опалення при температурі зовні повітря $t_3 = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$,
Гкал/год:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{\text{в.п.}} - t_3}{t_{\text{в.п.}} - t_{\text{п.о.}}} \right) = 2823 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 1092$$

Годинні витрати при температурі зовні повітря $t_3 = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$, Гкал/год:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{\text{в.п.}} - t_3}{t_{\text{в.п.}} - t_{\text{п.о.}}} \right) = 2823 \cdot \left(\frac{18 + 25}{18 + 21} \right) = 5099$$

Для побудови річного графіку теплового навантаження за тривалістю теплового навантаження знаходимо тривалості стояння температур зовнішнього повітря в годинах з інтервалом $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тривалість опалювального сезону для м. Кропивницький $n_0 = 6836$ год. Результати зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6. Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

Величина	Температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$							
	-35 -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0	0 +8
Тривал., n , год.	1	5	36	166	502	1128	2352	4484
Темпер., $^{\circ}\text{C}$	-30 і нижче	-25 і нижче	-20 і нижче	-15 і нижче	-10 і нижче	-5 і нижче	0 і нижче	+8 і нижче
$\sum n$, год.	1	6	41	202	668	1630	3480	6836

Дані про споживання теплової енергії за тривалістю приведені на табл.
3.7.

Таблиця 3.7. Середньогодинні витрати теплоти по місяцям року.

№	Найменування підрозділу	t _{р.} , °C	Q _о ^р , кВт	Q _в ^р , кВт	Q _{г.з.} , кВт	Q _{г.л.} , кВт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Адміністративно-побутовий корп	18	331,7	172,2	5,8	4,7	361,5	351,1	279,7	162,1	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	162,1	255,9	325,8
2	Адміністративно-конструкторськ	18	253,4	150,4	3,3	2,6	291,6	283,2	225,3	130,0	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	130,0	206,0	262,7
3	Ідальня	18	68,3	25,1	1,1	0,9	65,1	63,3	50,4	29,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	29,2	46,1	58,7
4	Завод віконних систем	16	355,2	150,7	1,8	1,5	344,0	333,1	258,1	134,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	134,6	233,1	306,5
5	Цех натуральних меблів	16	204,2	0,0	2,4	1,9	123,3	119,4	92,9	49,3	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	49,3	84,1	110,0
6	Завод клеєних виробів	16	754,8	320,2	1,8	1,5	729,0	705,8	546,4	284,1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	284,1	493,3	649,3
7	Склад	14	91,9	32,1	0,2	0,1	80,2	77,4	58,1	26,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	26,3	51,6	70,5
8	Цех нестандартних меблів	16	63,9	0,0	1,5	1,2	39,3	38,1	29,8	16,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	16,1	27,0	35,2
9	Лісопильний цех	16	213,7	70,6	2,2	1,7	190,5	184,5	143,2	75,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	75,3	129,4	169,9
10	Цех доски полу	14	52,8	22,6	1,8	1,5	51,4	49,6	37,7	18,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	18,0	33,7	45,4
11	Котельня	16	62,2	0,0	0,4	0,3	37,2	36,0	27,9	14,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	14,6	25,2	33,1
12	Побутові приміщення	18	16,4	5,6	0,4	0,3	15,3	14,9	11,9	6,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	6,9	10,9	13,8
13	Гараж	14	69,8	39,9	1,5	1,2	75,7	73,1	55,2	25,7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	25,7	49,2	66,7
14	Конвекторний цех	16	60,4	35,7	1,1	0,9	68,1	66,0	51,3	27,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	27,1	46,4	60,8
15	Зварювальна дільниця	16	123,0	0,0	0,7	0,6	73,5	71,2	55,3	29,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	29,0	49,9	65,6
16	Цех примусової сушки	16	54,5	21,4	0,4	0,3	51,3	49,7	38,5	20,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	20,1	34,8	45,8
17	Склад	14	47,8	18,1	0,2	0,1	43,0	41,5	31,2	14,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	14,2	27,7	37,9
	Всього по підприємству		2823,8	1064,5	26,4	21,1	2640,2	2557,8	1992,7	1062,7	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	1062,7	1804,4	2357,7

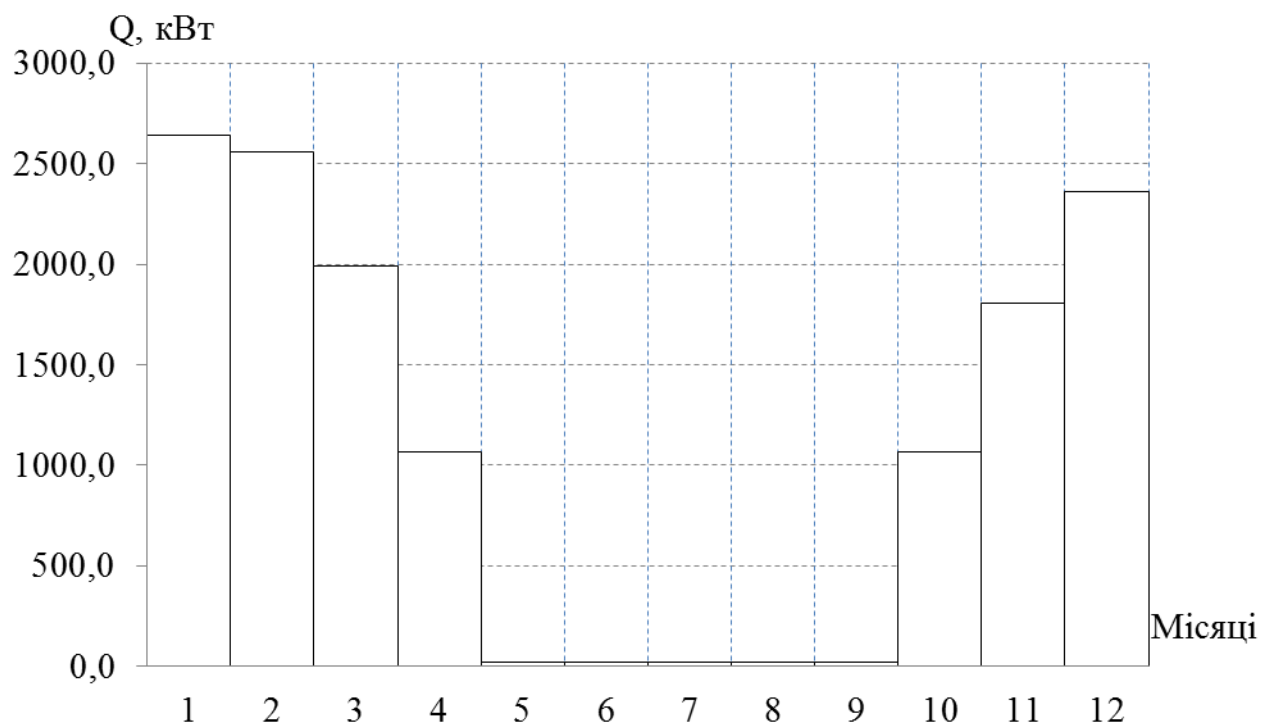


Рис. 3.1. Річний графік споживання теплової енергії

4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

Для визначення діаметру труб у водяних теплових мережах необхідно враховувати окремо витрати води на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання. Кожна з цих систем має свої особливості і вимоги до витрат води, тому їх потрібно розраховувати окремо.

Для розрахунку витрат води на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання використовуються різні методи і формули, що залежать від специфіки кожної системи. Зазвичай витрати води на опалення визначаються на основі теплових навантажень та параметрів системи опалення. Для вентиляції розрахунки витрат води можуть виконуватися на основі витрат повітря та ефективності вентиляційних систем. А витрати води на гаряче водопостачання залежать від потреб користувачів, їх кількості, температурного режиму і інших факторів.

Після визначення витрат води для кожної системи їх потрібно сумувати, щоб отримати загальну витрату води мережі. Загальна витрата води мережі впливає на визначення діаметру труб, оскільки величина витрати води впливає на швидкість руху води у трубопроводах.

Розрахункова витрата води, кг/год.:

а) для опалення

$$G_o^{\max} = \frac{3,6Q_o^{\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \quad (4.1)$$

б) для вентиляції

$$G_b^{\max} = \frac{3,6Q_b^{\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \quad (4.2)$$

де τ_1 і τ_2 – температури прямої і зворотної води, рівні відповідно 95 і 70 °С.

в) на гаряче водопостачання в закритих системах теплопостачання

$$G_{\text{з.б}} = \frac{3.6Q_{\text{з.б}}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \quad (4.3)$$

максимальний

$$G_{\text{з.б}}^{\text{max}} = \frac{3.6Q_{\text{з.б}}^{\text{max}}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \quad (4.4)$$

де τ_1 – температура гарячої води (55 °С);

τ_2 – температура холодної води, приймається літом 15°С; зимою 5°С.

Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж допомагає визначити оптимальний діаметр трубопроводів, втрати тиску в системі та нев'язки точок. Головна мета розрахунку - досягнення найбільш економічних питомих втрат.

У процесі гідравлічного розрахунку необхідно враховувати наступні критерії:

Падіння тиску: Для головної магістралі, яка веде від джерела тепла до найбільш віддаленого споживача, падіння тиску повинно бути не більше 80 Па/м. Для інших відрізків по встановленому напору падіння тиску може бути до 300 Па/м.

Швидкість руху води: Швидкість руху води в трубопроводах не повинна перевищувати 3,5 м/с. Це забезпечує ефективну роботу системи та уникнення зайвих шумів і втрат.

Мінімальні діаметри трубопроводів для водяних теплових мереж приймаються наступні:

Для розподільчих теплових мереж - не менше 40 мм.

Для розгалужень до окремих приміщень - не менше 25 мм.

Результати гідравлічного розрахунку наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Результати гідравлічного розрахунку

№ ділянок	Розрахункова витрата води на ділянці G_d , кг/с	Розрахункова витрата води на ділянці G_d , т/год	Довжина ділянки l , м	Попередній розрахунок при					Кінцевий розрахунок							
				R_0			R'		Стандартний діаметр ділянки D^*s , мм	Швидкість води на ділянці w , м/с	Питомі втрати тиску на ділянці R , Па/м	Еквівалентна довжина l_c , м	Приведена довжина $l_{пр}$, м	Втрати тиску на ділянці, Па	Втрати напору на ділянці, м	Сумарні втрати напору, м
				Питомі втрати тиску R_0 , Па/м	Діаметр ділянки D_0 , мм	Матеріальна характеристика M_0 , м ²	Питомі втрати тиску на ділянці R , Па/м	Діаметр ділянки D , мм								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Головна магістраль																
0	12,4	44,7	5	-	-	-	80	80	89*2	0,57	62,1	3,82	8,8	547,7	0,057	0,057
1	8,0	28,8	100	-	-	-	80	80	89*3	0,57	62,1	3,82	104	6447,2	0,675	0,675
2	7,10	25,56	50	-	-	-	80	45	45*2	0,61	190,0	2,6	52,6	9994,0	1,046	1,721
3	6,81	24,52	70	-	-	-	80	43	45*2	0,38	74,0	1,3	71,3	5276,2	0,552	2,273
4	6,47	23,29	80	-	-	-	80	39	38*2	0,55	202,0	1,3	81,3	16423	1,719	3,992
5	1,79	6,44	70	-	-	-	80	32	38*2	0,33	72,6	1,3	71,3	5176,4	0,542	4,533
Відгалудження																
0-0	4,40	15,8	20	-	-	-	26	70	38*2	0,33	72,6	10,4	30,4	2204,1	0,231	1,951
1-6	0,91	3,26	30	-	-	-	22	38	38*2	0,11	8,1	10,4	40,4	326,9	0,034	2,307
2-7	0,29	1,04	10	-	-	-	5	60	38*2	0,22	32,3	10,4	20,4	657,6	0,069	4,060
3-8	0,34	1,23	10	-	-	-	5,4	45	38*2	0,22	32,3	10,4	20,4	657,6	0,069	4,602
4-9	4,68	16,8	20	-	-	-	2,2	52	38*2	0,11	8,1	10,4	30,4	245,9	0,026	4,564
5-10	1,12	4,03	70	-	-	-	80	70	76*3	0,57	82,6	8,4	78,4	6475,8	0,678	1,352
4	2,23	8,04	5	-	-	-	60	38	38*2	0,55	202	10,4	15,4	3102,7	0,325	1,677
5	5,81	20,9	5	-	-	-	80	60	57*3	0,88	299	0	5,0	1495,0	0,156	1,509
6	2,15	7,75	10	-	-	-	80	45	45*2	0,34	45,2	10,4	20,4	920,3	0,096	1,605
13	3,66	13,2	15	-	-	-	80	52	57*3	0,49	92,3	9,7	24,7	2279,8	0,239	1,748
7	0,29	1,03	3	-	-	-	5	-	38*2	0,33	72,6	10,4	13,4	969,9	0,102	1,707
8	1,86	6,71	24	-	-	-	80	35	38*2	0,55	202	1,96	26,0	5243,9	0,549	2,154
9	0,27	0,98	16	-	-	-	3	-	38*2	0,11	8,1	10,4	26,4	213,5	0,022	2,176
10	0,34	1,23	27	-	-	-	80	32	38*2	0,11	8,1	10,4	37,4	302,6	0,032	2,186
11	1,25	4,5	2	-	-	-	3	-	38*2	0,22	32,3	9,7	11,7	377,9	0,040	2,194
12	1,78	6,4	5	-	-	-	2	40	38*2	0,66	291	10,4	15,4	4469,8	0,468	2,215
14	1,88	6,78	8	-	-	-	80	35	38*2	0,44	129	1,3	9,3	1199,7	0,126	1,873
15	0,97	3,47	3	-	-	-	9	-	38*2	0,11	8,1	10,4	13,4	108,2	0,011	1,884
16	0,92	3,3	7	-	-	-	80	32	38*2	0,33	72,6	1,3	8,3	602,6	0,063	1,936
17	0,49	1,76	7	-	-	-	3	-	38*2	0,11	8,1	10,4	17,4	140,6	0,015	1,951
19	0,43	1,55	5	-	-	-	80	32	38*2	0,22	32,3	1,96	6,96	224,8	0,024	1,960
18	0,10	0,35	7	-	-	-	2,7	-	38*2	0,11	8,1	10,4	17,4	140,6	0,015	1,974
20	0,33	1,2	8	-	-	-	80	32	38*2	0,11	8,1	10,4	18,4	148,7	0,016	1,975

Арк.

40

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

5. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ НАВАНТАЖЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Картограма навантажень підприємства являє собою на генеральному плані кола, площі котрих, у обраному масштабі, рівні розрахунковим навантаженням цехів.

Для побудови картограми навантажень цехів і підприємства в цілому визначаються для кожного цеху радіуси кіл R_i , площа $\pi \cdot R^2$, котрих у обраному масштабі рівна повному навантаженню цеху P_i кВА:

Для прикладу наведено побудову для котельні:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{P_P}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{78}{3,14 \cdot 0,1}} = 15,9 \text{ см}$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{Росв}} \cdot 360^0}{\pi \cdot R_1^2 \cdot m} = \frac{78 \cdot 360}{3,14 \cdot 15,9^2 \cdot 0,1} = 4,67^0$$

З генплану визначається (умовно) положення центру об'єкту на координатній площині

$$X_1 = 92 \text{ м} \quad Y_1 = 87 \text{ м}$$

$$P_1 \cdot X_1 = 78 \cdot 92 = 7347 \text{ кВт м}$$

$$P_1 \cdot Y_1 = 78 \cdot 87,5 = 6950 \text{ кВт м}$$

Аналогічні розрахунки проводяться і у всіх інших випадках. Результати розрахунків зведено в табл. 5.1 та 5.2.

						Арк.
						41
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1. Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру електричних навантажень.

№	Назва підрозділу	$P^{0,4}$ сил, кВт	$P_{росв}$, кВт	P_p , кВт	m	R , мм	a	x , м	y , м	P^*x , кВт м	P^*y , кВт м
на плані											
1	Адміністративно-побутовий корпус	69,30	18,37	87,67	0,1	16,71	75,44	110	25,00	9643,79	2191,77
2	Адміністративно-конструкторський корпус	95,25	16,04	111,29	0,1	18,82	51,88	200	120	22257,60	13354,56
3	Їдальня	80,50	8,64	89,14	0,1	16,84	34,89	185	175	16490,90	15599,50
4	Завод віконних систем	136,65	26,60	163,25	0,1	22,80	58,66	250	130	40812,50	21222,50
5	Цех натуральних меблів	97,93	14,29	112,21	0,1	18,90	45,84	85,00	155	9538,17	17393,13
6	Завод клеєних виробів	281,26	64,60	345,86	0,1	33,18	67,24	55,0	12,5	19022,44	4323,28
7	Склад	5,00	1,80	6,80	0,1	4,65	95,29	55,0	12,5	374,00	85,00
8	Цех нестандартних меблів	74,96	4,79	79,75	0,1	15,93	21,61	55,0	12,5	4386,28	996,88
9	Лісопильний цех	92,40	14,63	107,03	0,1	18,46	49,21	55,0	12,5	5886,61	1337,87
10	Цех доски полу	20,25	3,99	24,24	0,1	8,78	59,26	100,0	60,0	2424,00	1454,40
11	Котельня	78,41	1,02	79,44	0,1	15,90	4,64	92,5	87,5	7347,88	6950,69
12	Побутові приміщення	2,50	1,15	3,65	0,1	3,41	114	125,0	65,0	456,50	237,38
13	Гараж	23,10	3,28	26,39	0,1	9,16	44,79	42,5	77,5	1121,43	2044,97
14	Конвекторний цех	104,43	3,18	107,61	0,1	18,51	10,65	125,0	42,5	13451,71	4573,58
15	Зварювальна дільниця	18,50	6,84	25,34	0,1	8,98	97,18	62,5	77,5	1583,59	1963,66
16	Цех примусової сушки	63,80	1,99	65,79	0,1	14,47	10,87	47,5	50,0	3124,89	3289,36
17	Склад	35,14	0,94	36,07	0,1	10,72	9,34	49,5	48,2	1785,71	1737,61
18	Склад атмосферної сушки	42,50	0,27	42,76	0,1	11,67	2,26	40,1	42,9	1713,65	1833,80
	Всього			1514				30,6	37,6	161421,64	100589,9

№ п/п	Найменування підрозділу	Q_o^p , кВт	Q_B^p , кВт	$Q_{Г.З.}^{max}$, кВт	Q_{Σ} , кВт	R, мм	α_B , град	$\mu_{Г.В.}$, град	X, м	Y, м	QX, кВт•м	QY, кВт•м
1	Адміністративно-побутовий корпус	331,70	172,23	5,82	510	90	122	4	55	13	28035,7	6371,8
2	Адміністративно-конструкторський корпус	253,38	150,36	3,27	407	80	133	3	55	13	22385,4	5087,6
3	Їдальня	68,25	25,11	1,09	94	39	96	4	55	13	5194,8	1180,6
4	Завод віконних систем	355,20	150,66	1,82	508	90	107	1	55	13	27922,3	6346,0
5	Цех натуральних меблів	204,24	0,00	2,36	207	57	0	4	100	60	20660,4	12396,2
6	Завод клеєних виробів	754,80	320,15	1,82	1077	131	107	1	93	88	99601,3	94217,5
7	Склад	91,88	32,09	0,18	124	44	93	1	125	65	15517,7	8069,2
8	Цех нестандартних меблів	63,94	0,00	1,45	65	32	0	8	43	78	2779,1	5067,8
9	Лісопилний цех	213,68	70,59	2,18	286	68	89	3	125	43	35805,5	12173,9
10	Цех доски полу	52,76	22,60	1,82	77	35	105	8	63	78	4823,8	5981,5
11	Котельня	62,16	0,00	0,36	63	32	0	2	48	50	2969,9	3126,2
12	Побутові приміщення	16,38	5,58	0,36	22	19	90	6	50	48	1105,0	1075,3
13	Гараж	69,83	39,90	1,45	111	42	129	5	40	43	4455,1	4767,5
14	Конвекторний цех	60,38	35,70	1,09	97	39	132	4	31	38	2977,7	3653,3
15	Зварювальна дільниця	123,03	0,00	0,73	124	44	0	2	21	32	2625,3	3998,4
16	Цех примусової сушки	54,46	21,39	0,36	76	35	101	2	12	27	898,3	2059,7
17	Склад	47,78	18,14	0,18	66	32	99	1	2	22	155,8	1436,7
Всього по підприємству		2823,82	1064,48	26,37	3915						277913	177009

6. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

6.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання

Побудова раціональної системи зовнішнього електропостачання промислового підприємства включає в себе вибір напруги та схеми електропостачання, що залежить від різних факторів. Основні фактори, що впливають на цей вибір, включають:

- Розрахункове навантаження підприємства;
- Значення напруги можливих джерел живлення;
- Відстань між джерелом живлення і споживачем.

При виборі напруги системи зовнішнього електропостачання зазвичай враховуються технічні вимоги та економічні фактори. Для орієнтовних розрахунків можуть використовуватися номограми, які дозволяють попередньо оцінювати можливі варіанти вибору напруги.

Застосування номограм допомагає виключити деякі варіанти без необхідності проведення докладних розрахунків. При цьому потрібно враховувати, що окремі розрахунки можуть бути необхідні для вибору найоптимальнішого рішення.

В даній роботі можливим джерелом електропостачання заводу з розрахунковим навантаженням $S_p = 1771$ кВА є міська підстанція з напругою 10 кВ. Отже можливий лише варіант живлення напругою 10 кВ.

6.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання

Виконаємо порівняння радіальної та магістральної схем електропостачання заводу.

Варіант №1.

						Арк.
						44
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живлення споживача здійснюється кабельною лінією (КЛ1) 10 кВ безпосередньо від шин 10 кВ центрального розподільчого пристрою $U_H = 10$ кВ; довжина кабельної лінії $l_{КЛ} = 0,05$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{N \sqrt{3} U_H} = \frac{500}{1 \cdot 1,73 \cdot 10} = 28,9 \text{ А}$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = I_p / J_{ек} = 28,9 / 1,1 = 26,27 \text{ мм}^2$$

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

$$I_{доп}' = I_{доп} \cdot K_{\Pi} = 115 \cdot 1,0 = 115 \text{ А};$$

де $K_{\Pi} = 1$, для $n_{кл} = 1$

Коефіцієнт попереднього завантаження кабеля

$$K_3 = I_p / (n \cdot I_{доп}') = 28,9 / (1 \cdot 115) = 0,25$$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження

$$I_{авар}' = n \cdot I_{доп}' \cdot K_{а.п} = 1 \cdot 115 \cdot 1,35 = 156 > I_{р.ав} = 29 \text{ А}$$

Отже живлення забезпечуватиметься нормально.

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 0,035 \cdot 3832 = 133,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 11 \cdot 0,1 \cdot 0,3^2 = 0,035 \text{ кВт}$$

						Арк.
						45
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна довжина кабельної лінії

$$l_{\Sigma} = l_{\text{КЛ}} \cdot n = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ км}$$

$$C_{\text{втр}} = \Delta \mathcal{E}_1 \cdot C_0 = 133,2 \cdot 4,8 = 633,6 = 0,63 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 1,25$ грн/кВт·год.

Результати по інших лініях приводимо в таблицях 6.1-6.6.

Таблиця 6.1. Розрахунок параметрів кабельних ліній радіальна схема

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ-1	500,0	1,0	28,9	28,9	26,3	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,25
КЛ-2	903,0	2,0	26,1	52,2	23,7	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,11
КЛ-3	420,0	1,0	24,3	24,3	22,1	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,21
КЛ-4	1771,0	2,0	51,2	102,4	46,5	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,18

Таблиця 6.2 . Розрахунок втрат електричної енергії в кабельній мережі схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔP _л , кВт	ΔE _л , кВт*год	C _о , грн/кВт	C _{втр} , тис. грн
КЛ-1	500	1	28,9	0,25	0,05	0,035	133,1	4,8	0,6
КЛ-2	903	2	26,1	0,11	0,2	0,057	217,1	4,8	1,0
КЛ-3	420	1	24,3	0,21	0,4	0,196	751,4	4,8	3,6
КЛ-4	1771	2	51,2	0,18	0,06	0,052	199,8	4,8	1,0
Всього							1301,4		6,2

Таблиця 6.3. Розрахунок параметрів кабельних ліній

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
М1	1771,00	2,00	51,2	102,37	46,53	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,18
М1-1	1403,00	2,00	40,6	81,10	36,86	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,14
М1-2	500,00	1,00	28,9	28,9	26,27	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,25

Таблиця 6.4. Розрахунок втрат електричної енергії в кабельній мережі схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔP _л , кВт	ΔE _л , кВт*год	C _о , грн/кВт	C _{втр} , т. грн
M1	1771	2	51,2	0,18	0,11	0,096	366,2	4,8	1,8
M1-1	1403	2	40,6	0,14	0,2	0,109	417,9	4,8	2,0
M1-2	500	1	28,9	0,25	0,02	0,014	53,2	4,8	0,3
						0,219	837,4		4,0

Таблиця 6.5. Розрахунок капітальних вкладень

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн	Вартість всього, тис. грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами	шт	2	78	136
	Кабельна лінія типу				
	ААШв(3 × 35)	км	0,65	44	28,6
	ААШв(3 × 50)	км	0,06	45	2,7
	Траншея	км	0,71	19,9	14,13
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї				45,43
	Всього				161,43
II варіант	Шафи КРУ з вимикачами	шт	2	78	136
	ААШв(3 × 35)	км	0,02	44	0,88
	ААШв(3 × 50)	км	0,31	45	13,95
	Траншея	км	0,33	19,9	6,57
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї				21,40
	Вимикачі навантаження на ТП	шт	4	11	44,00
	Всього				201,40

Таблиця 6.6. Розрахунок поточних витрат

Найменування об'єкту	K _i , тис грн	P _а , %	C _а , %	P _е , %	C _е , %	C _п , тис грн
Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються	136	15	22,40	5	5,80	23,2

Арк.

47

Арк. № докум. Підпис Дата

Кабельні лінії з урахуванням траншеї	45,43	5	2,27	5	2,27	4,54
Всього	121,43		13,67		6,07	27,7
Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на РП	136	15	22,40	5	5,80	23,2
Кабельні лінії з урахуванням траншеї	21,40	5	1,07	5	1,07	2,14
Всього	97,40		12,47		4,87	25,3

Таблиця 6.6. Розрахунок приведених витрат по варіантах

Показники	Варіант	
	1	2
Капіталовкладення	161,43	201,40
Поточні затрати	27,7	25,3
Вартість втрат електроенергії	6,2	4
Приведені витрати	53,2	53,4

З таблиці 6.7 видно, що витрати на два варіанти практично рівноцінні, тому приймаємо радіальну схему електропостачання, що має більшу надійність електропостачання.

7. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Розрахункові затрати на компенсацію визначають:

$$Z = E_H \cdot K + C \quad (7.1)$$

де $E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт відрахування від капітальних вкладень; K – капітальні вкладення, грн.; C – вартість втрат електроенергії.

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

$P_H = 1276$ кВт; $Q_H = 1123$ квар

Сумарне споживання:

$$P_p = P_v + P_H + \Delta P_{тр} = 0 + 1276 + 11 = 1287 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_v + Q_H + \Delta Q_{тр} = 0 + 1123 + 94 = 1217 \text{ квар}$$

Економічно доцільна потужність, що може бути передана від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 1287 \cdot 0,15 = 193,05 \text{ квар}$$

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

$$Q_{ку} = Q_p - Q_e = 1217 - 193 = 1023 \text{ квар}$$

Визначаємо мінімальну кількість трансформаторів по (8.4):

$$N_0 = P_H / (K_3 \cdot S_{H \text{ тр}}) = 1276 / (0,7 \cdot 630) = 3,1$$

Приймаємо $N_0 = 4$

Варіант I: $N = N_0 = 4$

Реактивну потужність, що передана з мережі 10 кВ через цехові трансформатори:

$$Q_{\#} = \sqrt{(r S_m \cdot K_3)^2 - P_H^2} = \sqrt{(4 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 1150^2} = 1165 \text{ кВар}$$

						Арк.
						49
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Потужність компенсуючих пристроїв які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ визначаємо з умови балансу реактивної потужності на шинах кожної ТП по (6.6), продимо приклад розрахунку для ТП1:

$$Q_{\text{кн}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{п}} = 290 - 229 = 61,2 \text{ квар}$$

Уточнюємо значення $Q_{\text{кн}}$ враховуючі навантаження по кожному ТП окремо, результати розрахунку приводимо в таблиці 8.1, приведеної нижче:

Таблиця 8.1. Вибір потужності компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ

№ ТП	N _{тр}	P _{нн}	Q _{нн}	Q _п	Q _{БК}	N _{БК}	Q _{кн}	Тип батареї конденсат.	Kз	Sp
ТП1	1	377	290	228,8	61,2	1	225	УКМ58-0,4-225-37,5	0,61	382,6
ТП2	2	647	562,0	599,4	0,0	2	225	УКМ58-0,4-225-37,5	0,52	656,6
ТП3	1	301	261	322,3	0,0	1	225	УКМ58-0,4-225-37,5	0,48	303,1

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{кн}} - Q_{\text{е}} = 1217 - 900 - 193,05 = 123,95 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{кв}} = 150 \text{ кВар}$$

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

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{п}}^2 * R_{\text{ек}} / U_{\text{н}}^2 = 223^2 * 409 / 10 = 0,2 \text{ кВт}$$

$$\text{де } R_{\text{ек}} = (\Delta P_{\text{кз}} * U_{\text{н}}^2) / (N_{\text{тр}} * S_{\text{нтр}}^2) = (6,5 * 10^2 / (4 * 630)) = 409,423 * 10^{-6} \text{ кОм}$$

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{кв}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кв}} = 0,0045 * 150 = 0,68 \text{ кВт}$$

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кн}} = 0,003 * 900 = 2,7 \text{ кВт}$$

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кн}} = N_{\text{БК}}^{0,4i} K_{\text{кку}}^{0,4i} = 4 * 26,4 = 105,556 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кв}} = N_{\text{БК}}^{10i} K_{\text{кку}}^{10i} = 1 * 6,36 + 0 * 26,8 = 6,355 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

$$K_{\text{кТП}} = N_{\text{ТП}(1)} * K_{\text{ТП}(1)} + N_{\text{ТП}(2)} * K_{\text{ТП}(2)} = 2 * 67,5 + 1 * 127,35 = 382,05 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

						Арк.
						50
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Z_1 = E_n * (K_{кн} + K_{кв} + K_{ктп}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{тп}) * C_o * \tau = 0,12 * (105,56 + 6,36 + 382,05) + (2,7 + 0,68 + 0,2) * 4,8 * 3832 = 293 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 8.2. Баланс реактивної потужності по варіантам

Показники	Варіант I	Варіант II
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	900	0
Потужність КП в мережі 10 кВ	150	1050
Споживання реактивної потужності	193	193
Всього за умовою балансу	1243	1243
Затрати на компенсацію	293	309

Отже, приведені затрати на компенсацію по першому варіанту найменші, тому і приймаємо його для подальшого розрахунку.

8. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ ПІДПРИЄМСТВА

В даній роботі вибір трансформатора ГПП не потрібен, тому що для живлення використовується напруга 10 кВ.

Результати розрахунків вибору ТП зводимо до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1. Вибір потужності та місця розташування цехових трансформаторів

№ ТП	N, шт	$S_{роз},$ кВ·А	Місце розташування	Марка	K_3	$S_{ном} >$ $> S_p / K_1$	$S_{ном} >$ $> S_p / K_2$	Тип КТП
1	1	394	АПК	ТМ- 630- 10/0,4	0,61	$630 > 358,2$	$630 > 281,4$	Вбудована
2	2	667	Лісопилльний цех	ТМ- 630- 10/0,4	0,54	$630 > 303,2$	$630 > 238,2$	Вбудована
1	1	311	Завод клеєних виробів	ТМ- 630- 10/0,4	0,5	$630 > 282,7$	$630 > 222,1$	Прибудована

9. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

9.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Для розрахунку струмів короткого замикання використовується розрахункова схема в однолінійному зображенні, яка включає всі джерела живлення, елементи системи електропостачання (трансформатори, лінії, реактори) та всі елементи, розташовані між ними та місцем короткого замикання. В цій схемі синхронні компенсатори, синхронні та асинхронні двигуни також враховуються як джерела живлення.

На основі розрахункової схеми будується схема заміщення, в якій всі елементи замінюються опорами та електрорухливими силами (ЕРС). Це дозволяє перетворити складну розрахункову схему на більш просту і зручну для подальшого аналізу.

Отримана еквівалентна схема може бути спрощена шляхом заміни резисторів і електрорухливих сил на їх еквівалентні значення. Цей процес спрощення допомагає зменшити складність розрахунків і зосередитися на основних параметрах струмів короткого замикання

Перед розрахунком струмів к.з. складається розрахункова схема, за якою визначають точки, в яких необхідно розрахувати струми к.з. (рис. 9.1.).

За розрахунковою схемою складається схема заміщення, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів (рис. 9.2).

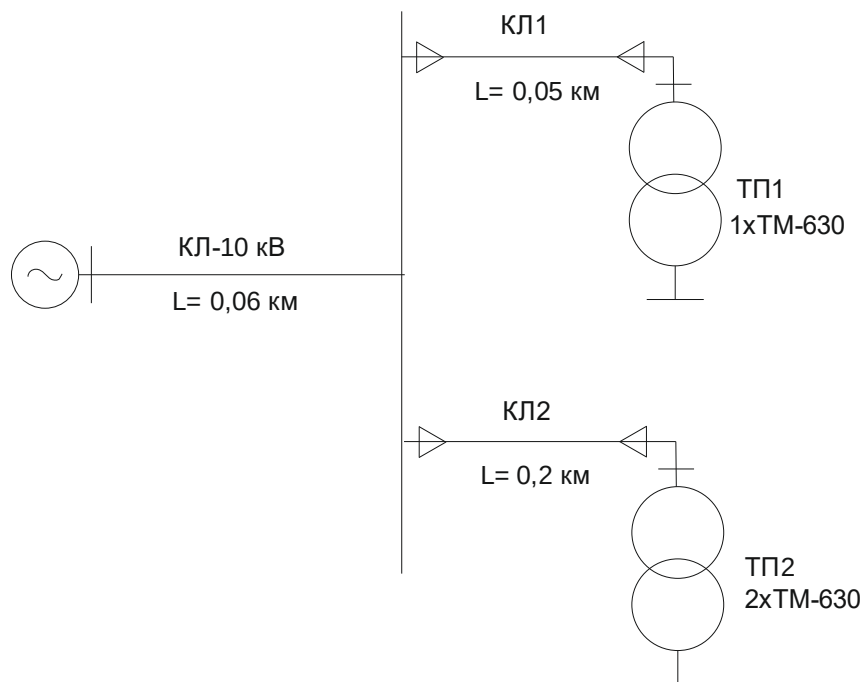


Рис. 9.1. Схема для розрахунку струмів КЗ

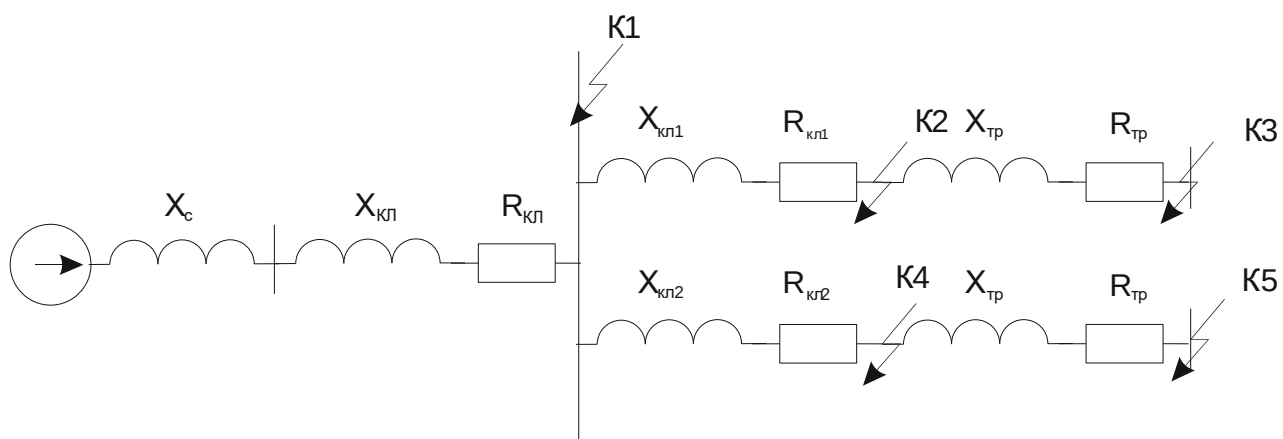


Рис.9.2 Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ

Приймаємо базисну потужність $S_6 = 105$

базисна напруга в точці К1 $U_{61} = 10,5$ кВ; в точці К2 $U_{62} = 10,5$ кВ; в точці К3 $U_{63} = 0,4$ кВ.

Визначаємо відносні опори елементів схеми КЗ:

Реактивний опір системи:

$$X_c = S_6 / S_{K3} = 105 / 42 = 2,5$$

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ до ЦРП :

$$X_{Л1} = X_0 * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,95 * 0,1 * 105 / 11^2 = 0,05$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ до ЦРП :

$$R_{Л1} = R_0 * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,06 * 0,1 * 105 / 11^2 = 0,00$$

Для кабельної лінії напругою 10 кВ визначаємо:

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ від ЦРП до ТП:

$$X_{КЛ1} = X_0 * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,95 * 0,05 * 105 / 11^2 = 0,045$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ:

$$R_{КЛ1} = R_0 * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,06 * 0,05 * 105 / 11^2 = 0,003$$

Опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ

$$R_{ТП} = \Delta P_M * S_6 / S_{Н.тр} = 10,00 * 105000 / 630^2 = 2,6$$

$$X_{тр} = \sqrt{(U_K/100)^2 - (\Delta P_M / S_{Н.тр})^2} * S_6 / S_{Н.тр} =$$

$$\sqrt{(5,55 / 100)^2 - (10,00 / 630)^2} * 105000 / 630 = 8,9$$

Визначаємо результуючий еквівалентний опір до розрахункової точки К3. Спростуємо схему заміщення за такою послідовністю:

1) результуючий опір до точки К1

$$R_{К1} = R_{Л1} = 0,00$$

$$X_{К1} = X_c + X_{Л1} = 2,50 + 0,054 = 2,55$$

$$Z_{К1} = \sqrt{R_{Л1}^2 + X_{К1}^2} = \sqrt{0,003^2 + 2,554^2} = 2,55$$

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{К2} = R_{К1} + R_{КЛ1} = 0,00 + 0,0 = 0,01$$

$$X_{К2} = X_{К1} + X_{КЛ1} = 2,554 + 0,05 = 2,60$$

$$Z_{К2} = \sqrt{R_{К2}^2 + X_{К2}^2} = \sqrt{0,01^2 + 2,60^2} = 2,60$$

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) результуючий опір до точки К3

$$R_{K3} = R_{Tp} + R_{K2} = 2,6 + 0,0 = 3$$

$$X_{K3} = X_{Tp} + X_{K2} = 8,9 + 2,6 = 11,46$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{2,7^2 + 11,5^2} = 11,8$$

Визначаємо базисні струми в заданих точках КЗ:

В точці К1

$$I_{61} = S_6 / \sqrt{3} * U_{61} = 105 / (1,73 * 10,5) = 5,8 \text{ кА}$$

В точці К2

$$I_{62} = S_6 / \sqrt{3} * U_{62} = 105 / (1,73 * 10,50) = 5,8 \text{ кА}$$

В точці К3

$$I_{63} = S_6 / \sqrt{3} * U_{63} = 105 / (1,73 * 0,40) = 151,7 \text{ кА}$$

Визначаємо трифазні струми КЗ. В точці К1 діюче значення періодичної складової струму складатиме $I_{K1} = I_{61} / Z_{K1} = 5,8 / 2,55 = 2,2 \text{ кА}$.

Діюче значення усталеного струму КЗ:

$$I'' = I_{K1} = 2,2 \text{ кА};$$

Амплітудне значення струму на шинах напругою 10 кВ

$$i_{y1} = \sqrt{2} * k_y * I_{K1} = 1,4 * 1,2 * 2,263 = 3,8 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок схеми зводимо до таблиці 10.1

Таблиця 10.1. Результати розрахунку струмів КЗ

Точка схеми	R_{Σ}	X_{Σ}	Z_{Σ}	$I_{K3}, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$I_{K3(2)}, \text{кА}$
К2	0,006	2,600	2,600	2,22	3,7	2,24
К3	2,652	11,463	11,766	12,9	27,1	2,04
К4	0,015	2,735	2,735	2,1	3,6	1,84
К5 _{нн}	2,660	11,599	11,900	12,8	26,8	11,09
ТПЗ	0,026	2,916	2,916	2,0	3,3	1,72
ТПЗ _{нн}	2,672	11,780	12,079	12,6	26,4	10,93

9.2. Вибір високовольтного обладнання

Кабель до ТП №1.

Площа поперечного перерізу кабелю :

$$F_e = I_p / (n J_{ек}) = 28,9 / (1 \cdot 1,1) = 26,3 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Де } I_p = \frac{S_{\phi.p.}}{\sqrt{3}U_n} = 500/1,73 \cdot 10 = 28,9 \text{ А}$$

Превірка кабеля за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_{ав} = K_{п} K_{ав} I_{доп} = 1 \cdot 1,15 \cdot 115 = 132,25 \text{ А} > I_p,$$

$$K_{ав} = 1,15.$$

Мінімальна площа поперечного перерізу кабеля за умовою термічної стійкості:

$$F_{min} = \sqrt{B_k/K} = \sqrt{7,6 / 94} = 25 \text{ мм}^2,$$

де К - термічний коефіцієнт; для алюмінієвих кабелів $K = 94 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$;

B_k - тепловий імпульс:

$$B_k = I''^2 (t_b + t_{рз \max}) = 2,21^2 (0,05 + 1,05) = 7,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

де I'' - надперехідний струм;

t_b - повний час роботи вимикача при відключенні;

$t_{рз \max}$ - максимальний час спрацювання релейного захисту.

За умовами термічної стійкості приймаємо кабель ААШВ - 35 мм² з допустимим струмом $I_{доп} = 115 \text{ А}$.

Таблиця 10.4 Вибір високовольтних кабельних мереж

№ КЛ	n, шт	S _p , МВА	I _p , А	I _{p.ав.} , А	F _{ек} , мм ²	B _к , кА ² с	F _{min} , мм ²	Марка кабеля	K _{ан}	K _{ан} K _n I _{доп} , А
ТП1	1	500	28,9	28,9	26,3	15,05	41,27	1хААШВ-10(3х35)	-	132,25
ТП2	2	903	26,1	52,2	23,7	15,05	41,27	2хААШВ-10(3х35)	1,35	132,25
ТП3	1	420	24,3	24,3	22,1	15,05	41,27	1 х ААШВ-10(3х35)	-	132,25
										Арк.
										57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Вибір вимикачів.

Таблиця 10.3: Вибір ввідних вимикачів 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані ВР1-20/630
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
2. $I_{робмах} \leq I_{ном}$	$I_{робмах} = 101 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
3. $I_{нт} \leq I_{отк.ном}$	$I_{нт} = I'' = 2,29 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$
4. $\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} = \sqrt{2} 2,29 + 0 = 3,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 40/100) = 39,48 \text{ кА}$
5. $I'' \leq I_{дип}$	$I'' = 2,29,84 \text{ кА}$	$I_{дип} = 20 \text{ кА}$
6. $i_{уд} \leq i_{дип}$	$i_{уд} = 3,85 \text{ кА}$	$i_{дип} = 52 \text{ кА}$
7. $B_k \leq I_t^2 \cdot t_t$	$B_k = 5,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_t^2 \cdot t_t = 20^3 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Приймаємо вимикач ВР1-20/630.

Всі вимикачі 10 кВ встановлені в типові шафи КРП внутрішньої установки серії КУ-10.

Вибір обмежувачів перенапруги

Установка обмежувачів перенапруги необхідна на усіх вводах силових трансформаторів, при цьому не допустимо встановлення комутаційних апаратів між розрядниками і вводом. Обмежувачі перенапруги підключають до контуру заземлення підстанції по найближчому шляху.

Таблиця 9.4. Вибір ОП.

Найменування захисного обладнання	Група (по ДЕСТ 16357-94)
Захист шин 10кВ КРП Встановлюються в КРП-10кВ	ОПНС-10

Вибір трансформаторів власних потреб

Потужність трансформаторів власних потреб обирається по навантаженням власних потреб з урахуванням коефіцієнтів завантаження та одночасності.

Таблиця 9.5 Навантаження власних потреб.

Вид споживача	Встановлена потужність		cos φ	tg φ	Навантаження	
	кВт х кількість	Всього, кВт			P _{вст} , кВт	Q _{вст} , кВт
Підігрів комірок	1х8	8	1	0	8	-
Освітлення, вентиляція	3	3	1	0	3	-
Навантаження оперативних кіл	2	2	1	0	2	-
Всього:					13	0

Розрахункова потужність споживачів власних потреб:

$$S_{\text{розр}} = K_c \cdot \sqrt{(P_{\text{вст}} + Q_{\text{вст}})} = 0,8 \sqrt{(13^2 + 0^2)} = 10,4 \text{ кВА}$$

Обираємо 2 трансформатори ТМ – 16/10 з такими параметрами:

$S_{\text{ном}} = 16 \text{ кВА}$, $U_{\text{вн}} = 10 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}} = 0,4 \text{ кВ}$, $\Delta P_{\text{хх}} = 0,11 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{к}} = 0,65 \text{ кВт}$, $U_{\text{к}} = 4,5\%$, $I_{\text{хх}} = 4\%$.

При відключенні одного трансформатора, другий буде завантажений

на:

$$K_3 = (10,4/16) \cdot 100 = 65 \text{ \%}$$

10. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОЇ КОТЕЛЬНОЇ НА ТВЕРДОМУ БІОПАЛИВІ

10.1. Порівняльний аналіз джерел тепла

У загальному контексті, газові котли зазвичай вважаються економічно вигідними через їх високу ефективність і доступну ціну, але при виборі котла варто враховувати специфічні потреби і вимоги вашого приміщення, а також витрати на монтаж і підключення до системи газопостачання. Газові котли зазвичай є дешевшими у порівнянні з твердопаливними котлами. Газові котли мають привабливу ціну завдяки більш простій конструкції і меншому обсягу компонентів порівняно з твердопаливними котлами. Вони також мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що означає ефективне використання горючого палива.

Однак, коли мова йде про газові котли великої потужності, які мають складнішу конструкцію і додаткові функції (наприклад, конденсаційні котли), їх ціна може бути вищою. Такі котли вимагають більш складних технологій виробництва і високої якості матеріалів, що призводить до збільшення вартості.

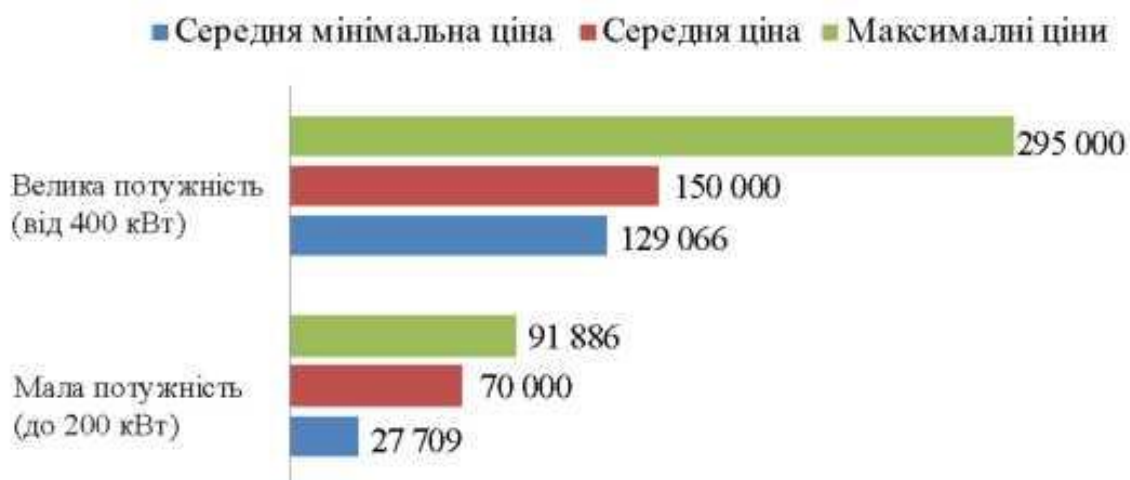


Рис. 10.1 - Ціни на газові котли, грн.



Рис. 10.2 - Ціни на твердопаливні котли, грн.

Таблиця 10.1 Порівняльна характеристика котлів на твердому та газоподібному паливі (200-400 кВт)

Параметри	Газові котли	Біопаливні котли ²
ККД, %	92%	87%
Теплотворність, Гкал/т ; МДж/т	8; 33 494	4,5; 18 840
Теплотворність з урахуванням ККД Гкал/т; МДж/т	7,3; 30 814,5	3,915; 16 390,8
Вартість 1 м ³ /тонни палива	4 660	1 000
Вартість 1 Гкал; МДж	638,4; 0,15	222; 0,06
Викиди	CO ₂ , NO _x , бензопирен	Зола, може бути невеликий вміст SO ₂
Деякі інші недоліки	Можливість витoku газу та вибуху	Необхідність місця для зберігання палива
Деякі інші переваги	Не треба замислюватися де і коли купувати паливо і як завантажувати його в сховище	Автономність, екологічність, незалежність у виборі постачальника палива
Середня ціна, тис. грн.	90	100
Інвестиційні затрати на придбання котлів грн/1 Гкал (потужні/менш потужні)	177/350	180/430 (ручна подача палива) 280/840 (автоматична подача палива)

10.2. Розрахунок витрат на виробництво теплової енергії при використанні різних видів палива

Дослідження вказують на те, що сьогодні витрати підприємств ЖКГ значною мірою складаються з витрат на енергоносії, які становлять 70% від загальних витрат, і загалом ці витрати становлять 98%, залишаючи лише 2% на прибуток.

Зростаючі ціни на газ стають ще більшою проблемою і накладають додаткове навантаження на бюджет у зв'язку з необхідністю виділяти дотації. У той же час, ціни на біопаливо протягом останніх декількох років зростали повільніше (на 25-30%) в порівнянні з традиційними енергоносіями. У такій ситуації варто розглянути перехід до більш стабільного виду палива для сектору ЖКГ в Україні.

Хоча теплотворна здатність біопалива зазвичай нижча ніж у газу, дизельного палива чи мазуту, для отримання однакової кількості тепла потрібен більший об'єм сертифікованого біопалива, яке відповідає європейським стандартам. Однак, ціни на одиницю біопалива значно нижчі, а середній коефіцієнт корисної дії (ККД) котлів на біопаливі вищий, ніж у вугільних та нафтових котлів.



Рис. 10.3. Динаміка цін на газ та деревні пелети 2021-2023, грн.

Оцінка витрат різних видів палива для виробництва 1 Гкал тепла дозволяє розрахувати економію витрат при переході з традиційних видів палива на тверде біопаливо.

Таблиця 10.2. Оцінка витрат різних видів палива для виробництва 1 Гкал тепла

Показники	Газ	Диз. паливо	Вугілля	Торф	Брикети (дер.)	Тріска	Пелети (дер.)	Агропелети (сол.)
Теплотворна здатність, Г кал/тонн	8,0	6,3	5	2,9	3,5	2,8	4,5	3,6
Теплотворна здатність, МДж/тонн	33 494,4	26 376,8	20 934,0	12 141,7	14 653,8	11 723,0	18 840,6	15 072,5
ККД котлів, %	92	65	60	75	87	70	87	88
Вартість 1 тонни палива/1000 куб.м.	4 750	8 350	1 400	950	700	800	1 000	800
Витрати палива на виробництво 1 Г кал тепла, тонн	0,13	0,16	0,32	0,34	0,29	0,36	0,22	0,28
Витрати палива на виробництво 1 МДж тепла, тонн	0,00003	0,00004	0,00005	0,00008	0,00007	0,00009	0,00005	0,00007
Витрати палива на виробництво 1 Г кал тепла з урахуванням ККД котла, тонн	0,12	0,10	0,19	0,26	0,25	0,25	0,19	0,24
Витрати палива на виробництво 1 МДж тепла з урахуванням ККД котла, тонн	0,00003	0,00002	0,00003	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00006
Вартість 1 Гкал, грн.	535,9	861,5	288,5	245,7	174,0	200,0	193,3	195,6
Вартість 1 МДж, грн.	0,13	0,21	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05

Отже, використовуючи сертифіковані деревні брикети, витрати на вироблення 1 Гкал енергії складають лише 174 гривні, а при використанні

сертифікованих пелет - 193-196 гривень. Загалом, в середньому, витрати на виробництво теплоенергії з біопалива є на 300-350 гривень меншими, ніж витрати на традиційні види палива.

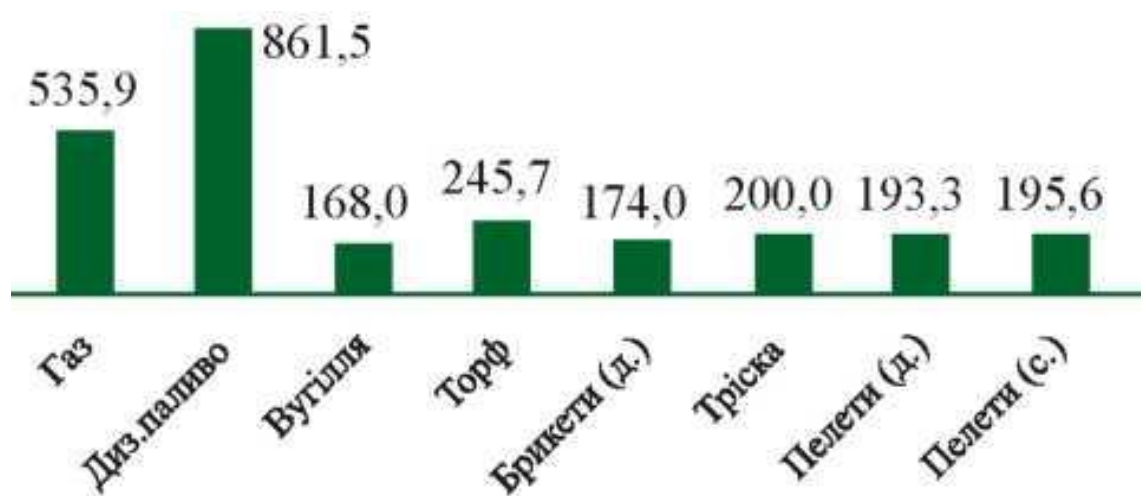


Рис. 10.4 - витрати на сировину для виробництва 1 Гкал, грн.

Отже, при стандартному тривалості опалювального сезону (186 днів, 14 годин на день) 1 МВт встановленої потужності виробляє 2 239 Гкал теплоенергії (враховуючи коефіцієнт переводу МВт в Гкал).

При переході на тверде біопаливо, зокрема на деревні пелети, витрати на опалювальний сезон на 1 МВт складатимуть 430-440 тис. грн., у порівнянні з 1,2 млн грн., необхідних для газу.

Таким чином, перехід на біопаливо може забезпечити економію від 0,6 до 1,5 млн грн на 1 МВт встановленої потужності. Наприклад, перехід з газу на деревні пелети забезпечить економію в розмірі 767 тис. грн., а відмова від дизельного палива на користь тріски - 1,5 млн грн. Варто відзначити, що вугілля є виключенням з цієї економії.

Економія при переході з газу на деревні пелети:

$$(535,9 \text{ грн./Гкал} \times 2\,239 \text{ Гкал}) - (193,3 \text{ грн./Гкал} \times 2\,239 \text{ Гкал}) = 767\,023,7 \text{ грн.}$$

Економія при переході з дизельного палива на тріску:

$(861,5 \text{ грн./Гкал} \times 2\,239 \text{ Гкал}) - (200 \text{ грн./Гкал} \times 2\,239 \text{ Гкал}) = 1\,481\,148,9 \text{ грн.}$

Таблиця 10.3 Економія при переході з традиційних джерел енергії на тверде біопаливо, грн

Показники	Торф	Брикети	Тріска	Пелети (д.)	Пелети (с.)
Газ	649795	810312	752097	767 024	762 048
Дизельне паливо	1378847	1539364	1481148	1496076	1491100
Вугілля	-173 951	-13 434	-71 649	-56 722	-61 698

Загальна сума інвестиційних витрат на переобладнання котельної становить 2 779 500 грн. За даними, вартість обладнання складає близько 1833000 грн. Допоміжне обладнання та роботи оцінюються приблизно в 15% від вартості обладнання, тобто 274 950 грн. Вартість будівельно-монтажних робіт становить 25-30% від вартості основного обладнання, що приблизно складає 458250 - 545 000 грн. Вартість пусконаладжувальних робіт становить 3-5% від вартості обладнання, тобто 55000 - 119650 грн. Витрати на дозвільну та проектну документацію оцінюються в 30 000 грн.

Структура інвестиційних витрат на 1 МВт, грн:

Обладнання: 1 833 000 грн.

Допоміжне обладнання та роботи: 274 950 грн.

Будівельно-монтажні роботи: 458 250 - 550 000 грн.

Пусконаладжувальні роботи: 55 000 - 119650 грн.

Дозвільна та проектна документація: 30 000 грн.

Враховуючи попередній розрахунок витрат на виробництво теплоенергії з біопалива, можна провести розрахунок окупності проекту, виходячи з питомих інвестицій на кВт, тарифу та витрат на виробництво.

Таблиця 10.4. Структура капіталовкладень

Обсяг капіталовкладень	
Статті витрат	Вартість, грн.
Загальні інвестиційні витрати на 1 МВт	2 730 000,0
Обладнання	1 800 000,0
Допоміжне обладнання	270 000,0
Монтажні роботи	540 000,0
Пусконаладжувальні роботи	90 000,0
Проектна та погоджувальна документація	30 000,0

Так, враховуючи попередній розрахунок вартості виробництва теплоенергії з біопалива та загальну суму інвестиційних витрат, можна зробити припущення про окупність проекту. При переході з газу на пелети, інвестиційні витрати вартістю 1,200,000 грн будуть окуплені за 3.6 років. А при переході з дизельного палива на пелети, інвестиційні витрати окупляться за 1.9 роки.

Таблиця 10.5 Період окупності капіталовкладень за рахунок засобів зекономлених від переходу на тверде біопаливо, років

Показники	Торф	Брикети (д.)	Тріска	Пелети (д.)	Пелети (с.)
Газ	4,3	3,4	3,7	3,6	3,6
Дизельне паливо	2,0	1,8	1,9	1,9	1,9
Вугілля ³	-	-	-	-	-

10.3. Розрахунок кількості та вибору котлоагрегатів

Для розрахунку кількості котлів для групи споживачів необхідно врахувати розрахункову теплову продуктивність котельні і вид теплоносія, що використовується. Розрахуємо кількість котлів для групи споживачів:

Оберемо потужність котла котлу рівною 1000кВт.

$$n_k = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_{\text{ном}}} = \frac{3914}{2000} = 1,91 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо до встановлення 2 пеллетні котли типу УЕАС 2000 з теплопродуктивністю 4000 кВт.

Згідно наданих характеристик УЕАС (установки енергетичного агрегату з системою автоматичного спалювання), розроблена для систем гарячого водопостачання, водяного опалення та забезпечення теплом технологічних процесів. Детальні характеристики котлів включають:

Теплова продуктивність котла відповідає вимогам установки.

Система автоматичного спалювання (САС) забезпечує автоматизоване регулювання спалювання.

Котли мають необхідні дозвільні документи для реєстрації в органах котлонагляду.

Котли можуть використовуватись окремо або як частина енергетичної установки.

Температура води на виході з котла становить 95 °С.

Робочий тиск води до 2,5 атмосфер (за замовленням може бути до 4,5 атмосфер).

Котли пройшли випробування під тиском 3 атмосфер (за замовленням може бути до 6 атмосфер).

Коефіцієнт корисної дії установки складає 76%.

Термін окупності проекту становить 1 рік.

						Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.4. Техніко-економічний розрахунок вибору котлоагрегатів

Для повного відображення перспективності використання пеллетного котла проведемо його техніко-економічне порівняння з газовим котлоагрегатом.

Вибір котлів наведено в табл. 10.8.

Табл. 10.7. Вибір кількості та типу котлоагрегатів

Показник	Q_{Σ} , кВт	Кількість котлів N	Пеллетний котел	Газовий котел
Група споживачів	3914	2	UEAC 2000	RS-D 2000

Котли серії RS - D є водогрійними водотрубними котлами гідронного типу з газощільною топкою, працюючими на природному і скрапленому газі та легкому дизельному паливі.

Сфери застосування : системи опалювання і вентиляції, гаряче водопостачання промислових, адміністративних, комунально-побутових і сільськогосподарських об'єктів, забезпечення тепловою енергією технологічного устаткування.

Визначимо необхідну кількість теплоти для опалювання мікрорайону при використанні пеллетного марки «UEAC» та газового - «RS-D» котлів відповідно:

$$Q_1 = \frac{\sum Q_i \cdot t_i}{\eta_{кот1}} = \frac{16000 \cdot 202 + 14000 \cdot 608 + 13000 \cdot 1128 + 11250 \cdot 2352}{0,76} + \frac{+8000 \cdot 4484 + 3474 \cdot 2842}{0,76} = 129776944,33 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

$$Q_2 = \frac{\sum Q_i \cdot t_i}{\eta_{котл}} = \frac{16000 \cdot 202 + 14000 \cdot 608 + 13000 \cdot 1128 + 11250 \cdot 2352}{0,95} + \frac{+8000 \cdot 4484 + 3474 \cdot 2842}{0,95} = 103821555,78 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де Q_i - сумарна теплова потужність на сходинках графіка (рис. 3.1), кВт;

t_i - тривалість періоду, год.;

$\eta_{кот}$ - коефіцієнт корисної дії котла.

Для визначення об'єму кількості палива, проведемо розрахунок теплоти згоряння палива. Теплота згорання пеллетів та природного газу наведена в таблиці 10.8.

Табл. 10.8 Теплота згорання розрахункових видів палива

Вид палива	Пеллети	Природний газ
Теплота згорання кВт·год/кг для щепи, для газу кВт·год/м ³	3,245 -4,757	8,0

Визначимо необхідну кількість палива, кг:

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_{згор1}} = \frac{129776944,33}{4,2} = 30899272,45$$

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_{згор2}} = \frac{103821555,78}{8,0} = 12977694,47 \text{ м}^3$$

де $Q_{згор}$ - теплота згорання палива кВт·год/кг, кВт·год/м³.

Результати порівняльного аналізу наведені в табл.10.9.

Табл.10.9 Порівняння вартості опалення мікрорайону.

Марка котла	«УЕАС»	«RS-D»
Вартість палива	1100 грн./т	2954 грн. за 1000 м ³
Кількість тепла, яку повинні виробити котли за рік кВт·год/рік.	129776944	103821555
Необхідна кількість палива	30899272 кг	12977694 м ³
Вартість палива, грн.	30899272	38336109

Середньомісячні витрати на опалення будуть рівними витратам на купівлю палива, та витратам на оплату праці операторам,грн:

$$C_{\epsilon 1} = \frac{B_{np1}}{\Pi_{он}} + B_{зн} = \frac{30899272,45}{12} + 3000 = 2577939,37$$

$$C_{\epsilon 2} = \frac{B_{np2}}{\Pi_{он}} + B_{зн} = \frac{38336109,46}{12} + 3000 = 3197675,79$$

Визначимо річні витрати на опалення,грн:

$$P_{\epsilon 1} = C_{\epsilon 1} \cdot \Pi_{он} = 2577939,37 \cdot 12 = 30935272,44$$

$$P_{\epsilon 2} = C_{\epsilon 2} \cdot \Pi_{он} = 3197675,79 \cdot 12 = 38372109,48, \text{ грн.}$$

Визначимо період окупності проекту за формулою:

$$\Pi_{ок} = \frac{B_{\kappa} + B_{\mu p}}{B_{oc} - B_{он}} = \frac{230000000 + 766666}{30935272,44 + 38372109,48} = 3,32 \text{ роки}$$

Так, зазначений термін окупності проекту (3,32 роки) свідчить про значну економічну ефективність переходу до переробки відходів деревини в

біоенергетику. Це означає, що витрати, пов'язані з інвестиціями у переобладнання котельні та використання біопалива, будуть окуплені протягом короткого періоду часу, а далі проект приносить прибуток.

Переробка відходів деревини в біоенергетику відіграє важливу роль у розвитку вітчизняної енергетичної галузі. Вона сприяє зменшенню залежності від традиційних видів палива, таких як газ і нафта, а також сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у атмосферу.

ВИСНОВКИ

Розробка системи енергопостачання деревообробного підприємства з автономною котельнею на твердому біопаливі є важливим кроком у напрямку використання альтернативних джерел енергії та забезпечення сталого розвитку. Проаналізовано теплові та електричні навантаження підрозділів заводу для визначення необхідної потужності котельні.

Гідравлічний розрахунок теплової мережі допомагає визначити оптимальний розподіл тепла та параметри системи, щоб забезпечити ефективну та надійну роботу системи опалення.

Компенсація реактивної потужності споживачів є важливим елементом електроенергетичної системи. Обрані компенсуючі пристрої, закон регулювання та система автоматичного керування сприяють зниженню втрат електроенергії та підвищенню енергетичної ефективності. Визначено кількість та потужність трансформаторів, що використовуються для забезпечення потреби у стабільному електропостачанні.

Техніко-економічний розрахунок ефективності заміни котла на різних видах палива дозволяє оцінити переваги використання альтернативних джерел енергії. Доведена ефективність переходу на альтернативні джерела енергії, що свідчить про раціональність і перспективність використання біопалива для опалення та енергопостачання підприємства.

В цілому, розробка такої системи енергопостачання з урахуванням альтернативних джерел енергії має позитивний вплив на економічну ефективність, сталість та екологічну стійкість деревообробного підприємства.

						Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по електропостачанню цехів для студентів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" та 7.090603 "Енергетичний контроль та маркетинг в електроенергетиці". / Укл.: П.Г. Плюшков, Ю.І. Казанцев, Н.Ю. Гарасьова, Т.В. Величко – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 104.с
2. 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.
3. 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.
4. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
5. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
6. 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.
7. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
8. 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.

						Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		