

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ Плешков П.Г.
“ ____ ” _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

**Розробка системи електропостачання ПАТ
"Вознесенський сиркомбінат" з впровадженням
системи автоматизованого обліку
енергоспоживання**

**Development of a power supply system for
Voznesensk Cheese Plant with the introduction of
an automated energy consumption metering system**

Виконав студент 4 курсу групи ЕНМ-23-3СК
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ Максим КОЗИР
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доц, канд.техн.наук

_____ Іван САВЕЛЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Плешков П.Г.

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Козиря Максима Сергійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Розробка системи електропостачання ПАТ
"Вознесенський сиркомбінат" з впровадженням системи автоматизованого
обліку енергоспоживання

Development of a power supply system for Voznesensk Cheese Plant with the
introduction of an automated energy consumption metering system

2. Керівник роботи (проекту) Савеленко Іван Володимирович, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 10.06.2024 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) Розробити систему
енергопостачання сиркомбінату, згідно завдання:

Виконати розрахунок електричних навантажень підприємства. Побудувати
графіки електроспоживання та картограму електричних навантажень.
Виконати вибір напруги і схем електропостачання. Провести розрахунки;
балансу та режимів реактивної потужності, вибору трансформаторів та
струмів КЗ. Провести розрахунок та вибрати енергетичне обладнання.

вимірювання енергії та релейного захисту. Виконати спеціальний розділ

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н.Ю. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>10.05.24</i>	
2	<i>Побудова графіків ел. навантажень</i>	<i>15.05.24</i>	
3	<i>Розрахунок теплових навантажень</i>	<i>18.03.24</i>	
4	<i>Побудова картограм ел. навантажень</i>	<i>20.05.24</i>	
5	<i>Вибір напруги і електричних схем електропостачання</i>	<i>24.05.24</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності</i>	<i>28.04.24</i>	
7	<i>Розрахунок струмів КЗ</i>	<i>29.04.24</i>	
8	<i>Вибір високовольтного обладнання</i>	<i>1.06.24</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>3.06.24</i>	
10	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>5.06.24</i>	
11	<i>Виконання графічної частини</i>	<i>10.06.24</i>	

Дата видачі завдання

Підпис керівника _____

«____» _____ 2024 р.

Завдання прийнято до виконання

Підпис студента _____

«____» _____ 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 83 с.; 12 рис.; 27 табл.; 10 джерел

Козир М. Розробка системи електропостачання ПАТ "Вознесенський сиркомбінат" з впровадженням системи автоматизованого обліку енергоспоживання– Рукопис.

Development of a power supply system for Voznesensk Cheese Plant with the introduction of an automated energy consumption metering system.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». - Центральноукраїнський національний технічний університет. - м. Кропивницький, 2024 р.

В кваліфікаційній роботі виконано проектування системи електропостачання ПАТ "Вознесенський сиркомбінат" з впровадженням системи автоматизованого обліку енергоспоживання.

В роботі предоставлений огляд існуючих рішень, вибрано обладнання та принцип його роботи, розроблена система електропостачання та вибране необхідне обладнання.

В спеціальному розділі вибрані схеми обліку режимних параметрів електромережі, проведено вибір схем контролю підприємства з обґрунтуванням системи комерційного і технічного обліку і контролю системи електроспоживання, розробленням інформаційної моделі контролю і управління системою електроспоживання, створення АСКУЕ.

енергопостачання, АСКОЕ, електричні навантаження, прилади обліку.

ABSTRACT

Qualification work: 83 p.; 12 Fig.; 27 tables; 10 sources

KOZYR M. Development of a power supply system for Voznesensk Cheese Plant with the introduction of an automated energy consumption metering system. – Manuscript.

Розробка системи електропостачання ПАТ "Вознесеньський сиркомбінат" з впровадженням системи автоматизованого обліку енергоспоживання

Bachelor's Thesis in the specialty 141 - "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". - Central Ukrainian National Technical University. - Kropyvnytskyi, 2024.

In the qualifying work, the design of the power supply system of PJSC "Voznesensky cheese factory" with the implementation of the automated energy consumption accounting system was performed.

The paper provides an overview of existing solutions, selects equipment and the principle of its operation, develops a power supply system, and selects the necessary equipment.

In a special section, schemes for accounting for mode parameters of the power grid were selected, a selection of enterprise control schemes was carried out with justification of the system of commercial and technical accounting and control of the electricity consumption system, development of an information model for control and management of the electricity consumption system, creation of ASKUE.

energy supply, SCADA, electrical loads, metering devices.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Коротка характеристика підприємства	9
2. Розрахунок електричних навантажень.....	11
2.1 Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В	11
2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень	17
2.3 Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В ...	19
3. Розрахунок теплових навантажень.....	24
3.1. Розрахунок силових теплових навантажень підприємства	24
3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію	25
3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання	26
3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання.....	29
4. Вибір системи та джерела теплопостачання	32
5. Побудова графіків електричних навантажень підприємства	35
6. Побудова картограми навантажень та вибір розташування ЦЕН.....	43
7. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання	45
7.1. Вибір схем зовнішнього електропостачання.....	46
8. Режим реактивної потужності системи електропостачання.....	53
8.1. Розрахунок балансу реактивної потужності.....	53
9.2 Вибір кількості, потужності та місяця розташування компенсуючих пристроїв	56
9. Розрахунок струмів короткого замикання.....	60
9.1 Вибір кабелів напругою 10 кВ для високовольтної мережі заводу	64
9.2. Вибір електричних апаратів високої напруги	65

					ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи енергопостачання молокозаводу	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Шевченко Т.П.						
Перевірів		Савеленко І.В.					3	147
Н. Контр.		Сіріков О.І.				ЦНТУ. зрвна ЕНМ-15		
Затв.		Плещков П.Г.						

10.Розробка системи автоматизованого обліку енергоспоживання	70
10.1. Структура АСКУЕ.....	70
10.2. Основні технічні характеристики	72
10.3. Основні задачі АСКУЕ на підприємстві.....	74
10.4. Обґрунтування системи комерційного та технічного контролю і обліку енергоресурсів	75
10.5. Розробка системи комерційного та технічного обліку і контролю електроспоживання	77
10.6 .Розрахунок метрологічних характеристик системи обліку електроспоживання	78
10.7. Вибір лічильників для обліку та контролю енергоспоживання	80
Висновки	82
Перелік використаної літератури	83

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Система енергопостачання промислових підприємств служить для забезпечення енергією промислових приймачів, до яких відносяться комплекси будівельного та енергетичного обладнання для передачі, перетворення та споживання енергії.

Задача енергопостачання промислових підприємств та окремих груп приймачів виникла одночасно з широким впровадженням значної кількості енергоємних процесів та їх автоматизацією. Зараз більшість споживачів отримують електроенергію від енергосистеми. В той же час на ряді підприємств продовжують споруджувати і власні ТЕЦ.

Необхідність виробництва електроенергії на фабрично-заводських електростанціях обумовлюється наступними причинами:

- ✓ потребою в теплоті для технологічних цілей і опалення і ефективністю супутнього виробництва при цьому електроенергії;
- ✓ необхідністю резервного живлення для відповідальних споживачів (друге незалежне джерело живлення);
- ✓ необхідністю використання вторинних енергоресурсів;
- ✓ великою віддаленістю деяких підприємств від енергосистеми.

По мірі розвитку електроспоживання ускладнюються і системи електропостачання промислових підприємств. В них включаються мережі високої напруги, розподільчі мережі, а в деяких випадках і мережі промислових ТЕЦ. Виникає потреба впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств і виробничих процесів, здійснювати в широких масштабах диспетчеризацію процесів виробництва з застосуванням телесигналізації і телекерування і вести активну роботу з економії електроенергії.

В роботі виконано розробку системи енергопостачання сиркомбінату, яка забезпечує надійну роботу енергетичних установок та мереж підприємства.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

Взнесенський сиркомбінат зведений у 2007 році. відповідно до затверджених технічних вимог, електропостачання підприємства здійснюється від трансформаторної підстанції енергосистеми, розташованої на відстані 7,29 км, а резервне живлення забезпечується від підстанції сусіднього регіону, протяжність лінії становить 11,2 км. Енергозабезпечення молокозаводу реалізовано через дві кабельні магістралі, з'єднані з РП-10 кВ. Від розподільчого пункту здійснюється електроживлення цехових трансформаторних підстанцій. Завод відноситься до категорії переробних підприємств харчової промисловості. Головною продукцією молокозаводу є виробництво молока, різноманітних видів сирів та кисломолочних виробів. Загальна проектна потужність усіх об'єктів досягає 2531 кВт.

Стосовно гарантування надійності електропостачання, споживачі електроенергії основних виробничих цехів класифікуються як вибухонебезпечні приміщення категорії В-Іб, виробничі цехи віднесені до категорій вологих та сірих зон, а адміністративні й допоміжні приміщення характеризуються нормальним середовищем.

Живлення високовольтної частини, згідно з технічними умовами електропостачальної організації, прийнято на рівнях 10 кВ. Напруга низьковольтної мережі становить 380/220 В. Встановлені електромотори постачаються в комплекті з обладнанням. Силова розподільча мережа та система електроживлення переважно реалізуються відкритим способом кабелем АВВГ, який прокладається по стінах і конструкціях, а також проводом АПВ-500, що монтується в трубах на конструкціях та частково у підлозі.

Напруга для освітлювальних приладів робочого та аварійного освітлення становить 220 В. Для мережевого ремонтного освітлення використовується напруга 12 та 36 В. У системі освіти застосовуються світильники з

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

люмінесцентними лампами та лампами розжарювання. Розподільча та магістральна мережа виконується за допомогою кабелю АВВГ.

Додатково варто відзначити, що на підприємствах впроваджено сучасні енергозберігаючі технології, які дозволяють оптимізувати споживання електроенергії та зменшити вплив на навколишнє середовище. Система електропостачання регулярно модернізується для підвищення її ефективності та надійності.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В

При пошуку електричних навантажень в мережі до 1000 В рекомендується застосувати порядок розрахунку наведених [1,2].

Для прикладу приведемо розрахунок одного із споживачів: ванн молочного цеху.

Середнє активне:

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{сум}} \cdot K_{\text{в}} = 33 \cdot 0,2 = 6,6 \text{ кВт};$$

де $K_{\text{в}} = 0,2$; $P_{\text{сум}} = 33 \text{ кВт}$ – сумарне навантаження 14 ванн.

$$P_{\text{сум}} = \sum P_i \cdot n_i = 1,7 \cdot 4 + 2,1 \cdot 3 + 3 \cdot 6 = 33 \text{ кВт}.$$

Середнє реактивне навантаження:

$$Q_{\text{ср}} = P_{\text{ср}} \cdot \sin \varphi = 6,6 \cdot 1,74 = 11,4 \text{ квар};$$

де $\sin \varphi = 1,72$

Загальні середні навантаження цеху:

$$\begin{aligned} \sum Q_{\text{ср}} = & 9,45 + 6,12 + 323,05 + 64,95 + 24,97 + 5,94 + 315,23 + 11,40 + 36,32 + 5,53 + 3,36 + \\ & + 24,99 + 45,69 + 12,47 + 8,82 + 19,15 + 108,63 + 7,44 = 1033,52 \text{ квар}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum P_{\text{ср}} = & 12,6 + 8,16 + 276,32 + 55,55 + 24,48 + 7,92 + 182 + 6,6 + 75 + 10,8 + 6,93 + 24,5 + 26,38 + 7,2 + \\ & + 11,76 + 11,06 + 62,72 + 12 = 821,95 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Кратність навантаження:

								Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}} = \frac{63}{1,1} = 57,23 \approx 57.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum_1^n P_{cp}}{\sum_1^n P_{сум}} = \frac{12,6 + 8,16 + 276,32 + 55,55 + 24,48 + 7,92 + 182 + 6,6 + 75 + 10,8 + 6,93 + 24,5}{63 + 48 + 691 + 111 + 41 + 26 + 455 + 33 + 150 + 24 + 20 + 70 + 120 + 24 + 17 + 37 + 157 + 120} + \frac{26,38 + 7,2 + 11,76 + 11,06 + 62,72 + 12}{63 + 48 + 691 + 111 + 41 + 26 + 455 + 33 + 150 + 24 + 20 + 70 + 120 + 24 + 17 + 37 + 157 + 120} = 0,4.$$

Ефективне число:

$$n_E = \frac{2 \sum P_{ном}}{P_{n \max}} = \frac{2 \cdot 2206,2}{63} = 70 \text{ шт.}$$

Розрахункове активне навантаження:

$$P_p = P_{cp} \cdot K_M = 821,95 \cdot 1,2 = 958,1 \text{ кВт};$$

де $K_M = 1,2$

Розрахункове реактивне навантаження цеху при $n_E = 70 > 10$:

$$Q_p = Q_{cp} = 1033,52 \text{ квар.}$$

Розрахунковий максимум навантаження молочного цеху:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{958,1^2 + 1033,58^2} = 1409,27 \text{ кВА.}$$

Розрахунок навантажень для інших споживачів наведено в таблиці 2.1.

						Арк.
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. спо-живачів	Встановлена по-		m	Кв	cos	tg	Середнє наванта-ження за зміну, кВт		ne	Км	Розрахункова потужність, кВт		
			тужність, кВт						Pcp	Qcp			Pr	Qp	Sp
			Одного	Сум.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Сирокомбінат														
	Головний виробничий корпус														
	Молочний цех														
	Установка П8-ОЛК "Універсал"	10	6,3 - 6	63	1	0,2	0,8	0,75	12,60	9,45					
	Агрегат для подрібнення сиру	6	8,0 - 8	48	1	0,2	0,8	0,75	8,16	6,12					
	Агрегати плавки сиру	11	62,8 - 62,8	691	1	0,4	0,7	1,169	276,32	323,05					
	Подрібнювач-змішувач	11	10,1 - 10,1	111	1	0,5	0,7	1,169	55,55	64,95					
	Автомат фасовки плавл. Сиру	12	3,4 - 3,4	41	1	0,6	0,7	1,02	24,48	24,97					
	Шприц-дозатор	24	1,1 - 1,1	26	1	0,3	0,8	0,75	7,92	5,94					
	Камера-термодимова	13	35,0 - 35,0	455	1	0,4	0,5	1,732	182,00	315,23					
	Молочні вани Д7-ОСА	14	1,7 - 3,0	33	2	0,2	0,5	1,732	6,6	11,40					
	Формовочні автомати Я5-ОФИ	10	15,0 - 15,0	150	1	0,5	0,9	0,484	75,00	36,32					
	Преси сирні Е8-ОПГ	8	3,0 - 3,0	24	1	0,5	0,9	0,512	10,80	5,53					
	Баропрес для сиру Я7-ОБЩ	6	3,3 - 3,3	20	1	0,4	0,9	0,484	6,93	3,36					
	Установки пастеризаціон-ного охолодження ОТМ-10	14	5,0 - 5,0	70	1	0,4	0,7	1,02	24,50	24,99					
	Парафінери полуавтомати Г6- ОПЗ	11	10,9 - 10,9	120	1	0,2	0,5	1,732	26,38	45,69					
	Вакуум-пакувальна машина ВУМ-5М	8	3,0 - 3,0	24	1	0,3	0,5	1,732	7,20	12,47					
	Сиромийка карусельна МСК-198	8	2,1 - 2,1	17	1	0,7	0,8	0,75	11,76	8,82					
	Транспортери готової продукції	11	1,7 - 5,0	37	3	0,3	0,5	1,732	11,06	19,15					
	Сироварочні котли	16	3,6 - 16,0	157	4	0,4	0,5	1,732	62,72	108,63					
	Насоси	24	5,0 - 5,0	120	1	0,1	0,9	0,62	12,00	7,44					
	Всього по цеху	217	1,1 - 63	2206,2	57	0,4	0,6	1,257	821,95	1033,52	70	1,2	958,1	1033,52	1409,27

продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Компресори	12	2,2 - 2,2	26	1	0,7	0,8	0,75	18,48	13,86					
	Всього по цеху №2	47	1,1 - 90	539,1	82	0,7	0,8	0,76	367,20	279,21	12	1,2	437,1	279,21	518,63
	Адмінкорпус	130	0,1 - 2	247	20	0,7	0,8	0,75	172,90	129,68	130	1,0	180,7	129,68	222,43
	Допоміжний корпус														
	Механічна майстерня														
	Металорізючі станки	22	7,0 - 14	231	2	0,1	0,4	2,291	27,72	63,51					
	Шліфувальні станки	6	4,0 - 7	33	2	0,1	0,8	0,75	4,62	3,47					
	Преси	6	0,5 - 20	62	40	0,4	0,8	0,882	24,60	21,70					
	Зварювальні трансформатори	7	3,0 - 3	21	1	0,4	0,5	1,732	7,35	12,73					
	Витяжна вентиляція	6	0,5 - 1	3	1	0,6	0,8	0,75	1,80	1,35					
	Всього по цеху	47	0,5 - 20	349,5	40	0,2	0,5	1,555	66,09	102,76	35	1,4	93,0	102,76	138,56
	Компресорна														
	Технологічні насоси	12	4,0 - 4	48	1	0,7	0,8	0,75	31,20	23,40					
	Компресори	11	5,0 - 37	231	7	0,7	0,8	0,882	150,15	132,42					
	Вентилятори	10	0,8 - 3	19	4	0,7	0,8	0,75	12,35	9,26					
	Тиристорні перетворювачі	33	2,2 - 10	201	5	0,6	0,7	1,02	120,78	123,22					
	Всього по компресорній	66	0,8 - 37	499,3	46	0,6	0,7	0,917	314,48	288,30	27	1,1	359,6	288,30	460,88
	Склад готової продукції														
	Транспортери	5	1,0 - 3	10	3	0,6	0,8	0,75	6,00	4,50			-	-	-
	Вентилятори	4	1,0 - 3	8	3	0,7	0,8	0,75	5,20	3,90			-	-	-
	Всього по складу	9	1,0 - 3	18	3	0,7	0,8	0,724	11,20	8,40	9	1,2	14,0	9,2	16,7
	Матеріальний склад														
	Холодильники	10	1,1 - 3	21	3	0,9	0,8	0,75	18,45	13,84					
	Емності накопичувальні	8	1,1 - 1	9	1	0,2	0,5	1,985	1,76	3,49					
	Електрофільтри	4	1,2 - 2	5	1	0,6	0,8	0,75	3,24	2,43					
	Насоси	12	3,0 - 3	36	1	0,6	0,8	0,75	21,60	16,20					
	Шлюзові затвори	4	3,0 - 3	12	1	0,3	0,8	0,75	3,60	2,70					
	Аераційна установка	6	9,0 - 9	54	1	0,5	0,6	1,333	24,30	32,40					
	Всього по складу	44	1,1 - 9	136,7	8	0,5	0,7	0,974	72,95	71,06	30	1,2	86,0	71,06	111,57

З	Д	№ док.м.	Піп	Дат	продовження таблиці 2.1																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
А						Всього по допоміжному корпусу	166	0,5	-	37	1003,5	74	0,5	0,7	1,012	464,7	470,5	54	1,2	536,1	470,52	713,31
						Мазут на ст анція																
						Насоси відцентрові	3	10,0	-	10	30	1	0,7	0,8	0,75	19,50	14,63					
						Електр .підігрівачі	3	3,0	-	3	9	1	0,7	0,9	0,62	6,30	3,90					
						Електр. підйомник	1	2,0	-	4	3	2	0,6	0,8	0,75	1,80	1,35					
						Електр. тени	12	2,2	-	10	73	5	0,6	0,8	0,75	43,92	32,94					
						Всього по мазутній станції	19	2,0	-	10	115,2	5	0,6	0,8	0,739	71,52	52,82	19	1,2	84,4	52,82	99,61
						Градирня	4	3,0	-	15	36	5	0,7	0,9	0,62	25,20	15,62	4	1,4	34,2	17,18	38,28
						Прохідна	3	1,1	-	2	4	1	0,4	0,6	1,333	1,56	2,08	3	2,1	3,3	2,29	3,98
						Кот елья																
						насоси підкачки, живлення	8	3,0	-	8	44	3	0,7	0,8	0,882	28,60	25,22					
						димососи	4	3,0	-	18	42	6	0,7	0,8	0,882	27,30	24,08					
						Сантехнічна вентиляція	9	5,5	-	15	92	3	0,7	0,7	0,964	59,96	57,80					
						вентилятори	10	0,5	-	10	53	20	0,6	0,75	0,882	31,50	27,78					
						Всього по котельній	31	0,5	-	18	230,75	36	0,6	0,7	0,915	147,36	134,87	26	1,1	168,3	134,87	215,69
						КНС																
						Насоси перекачки	6	4,5	-	45	149	10	0,6	0,8	0,75	89,10	66,83					
						Фільтри	3	10,0	-	10	30	1	0,2	0,5	1,732	6,00	10,39					
						Насоси тиску	2	2,0	-	11	13	6	0,5	0,6	1,333	6,50	8,67					
						Всього по складу	11	2,0	-	45	191,5	23	0,5	0,8	0,845	101,60	85,88	9	1,4	138,8	94,47	167,93
					Всього на шинах 0,4 кВ.	772	0,1	-	113	5717	1413	0,5	0,7	0,981	2644	2593	101	1,1	2930,8	2593,4	3913,50	

2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

Для розрахунку освітлювальних навантажень (ОН) використовується метод визначення освітлювального навантаження за питомою потужністю, кВт:

$$P_y = p_0 \cdot F \cdot 10^{-3}$$

де p_0 – питома потужність ОН, кВт, F – площа приміщення, м².

Розрахункове ОН, кВт:

$$P_p = K_c \cdot P_y, \quad (2.13)$$

де K_c – коефіцієнт попиту ОН за таблицею 2.2.

Реактивна потужність ОН:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.14)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт потужності характерного типу ламп.

Таблиця 2.2: Значення коефіцієнту попиту для робочого освітлення

Характеристика об'єкта	Коефіцієнт попиту K_c
Виробничі будівля з великих прольотів висотою до 6 м	0,95
Адміністративно- інженерні та лабораторні корпуси	0,8
Виробничі будівлі, із декількох приміщень	0,85
Склади і електричні п/ст	0,6

Установлена потужність ОН сирцеху, кВт:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_y = p_0 \cdot F \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 8100 \cdot 10^{-3} = 810 \text{ кВт};$$

Розрахункове навантаження ОН, кВт:

$$P_p = K_c \cdot P_y = 0,8 \cdot 810 = 64,8 \text{ кВт};$$

де $K_c = 0,8$ – коефіцієнт попиту ОН сирцеху.

Реактивна потужність ОН:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 64,8 \cdot 0,48 = 31,1 \text{ квар.}$$

Розрахунок ОН приведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Розрахунок ОН в мережі 0,4 кВ

№	Найменування	$F, \text{м}^2$	$p_0, \text{Вт/м}^2$	$P_0, \text{кВт}$	K_c	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$
1	Молочний цех	8100	10	81,00	0,8	0,48	64,80	31,10	71,88
2	Цех ЗЦН і сушки сироватки	1980	12	23,76	0,8	0,48	19,01	9,12	21,08
3	Цех цельномолочної продукції	2600	10	26,00	0,8	0,48	20,80	9,98	23,07
4	Станція перекачки конденсату	380,25	6	2,28	0,9	0,48	2,05	0,99	2,28
5	Адмінкорпус	2100	14	29,40	0,8	0,48	23,52	11,29	26,09
6	Механічна майстерня	776,25	10	7,76	0,85	0,48	6,60	3,17	7,32
7	Компресорна	569,25	8	4,55	0,85	1,73	3,87	6,70	7,73
8	Склад готової продукції	1035	6	6,21	0,85	1,73	5,28	9,13	10,55
9	Матеріальний склад	1035	6	6,21	0,85	1,73	5,28	9,13	10,55
10	Мазутна станція	506,25	8	4,05	0,85	1,73	3,44	5,96	6,88
11	Котельня	972	8	7,78	0,8	1,73	6,22	10,76	12,43
12	КНС	225	6	1,35	0,6	0,48	0,81	0,39	0,90
13	Градирня	338	8	2,70	0,6	0,48	1,62	0,78	1,80
14	Прохідна	56,25	6	0,34	0,6	0,48	0,20	0,10	0,22
15	Територія заводу	109350	0,2	21,87	0,5	1,73	10,94	18,92	21,85
	Всього						174,4	127,5	216,1

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2.3 Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

Для обчислення електричних навантажень за типами 10 кВ підприємства застосовуємо методику впорядкованих діаграм. Застосовується наступна послідовність розрахунку енергоспоживання в електромережі напругою понад 1000 В: додаються паспортні потужності всіх встановлених силових електроприймачів напругою до 1000 В і вище, які забезпечуються від даної трансформаторної підстанції; розраховуються усереднені навантаження та груповий коефіцієнт споживання; встановити ефективну кількість електроприймачів, коефіцієнт максимуму, проектні навантаження; завершуються ОН; додаються втрати в силових трансформаторах та підбивається загальний підсумок по трансформаторній підстанції середніх і розрахункових силових навантажень, освітніх споживань та втрат у трансформаторах.

При розрахунку також необхідно брати до уваги можливість перспективи розширення виробництва та модернізації обладнання, яке може вплинути на загальне енергоспоживання підприємства в майбутньому. Це допоможе забезпечити достатній запас потужності та уникнути перевантаження електромережі при подальшому розвитку виробництва.

Крім того, сучасні методи розрахунку електричних навантажень часто включають використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процес та підвищити точність обчислень. Це особливо корисно при проектуванні складних промислових об'єктів з великою кількістю електроприймачів різних типів.

Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В наведені у таблиці 2.4.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Air

№ доквм.	Тип Дат
----------	---------

продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Котельня														
	силова	31,0	0,5 - 18,0	230,8	36,0	0,6	0,7	0,9	147,4	134,9	26,0	1,1	168,3	134,9	215,7
	освітлювальна												6,2	10,8	
	Механічна майстерня														
	силова	47,0	0,5 - 20,0	349,5	40,0	0,2	0,5	1,6	66,1	102,8	35,0	1,4	93,0	102,8	138,6
	освітлювальна												6,6	3,2	
	Склад готової продукції														
	силова	9,0	1,0 - 3,0	18,0	3,0	0,7	0,8	0,7	11,2	8,4	9,0	1,2	14,0	9,2	16,7
	освітлювальна												5,3	9,1	
	Матеріальний склад														
	силова	44,0	1,1 - 9,0	136,7	8,0	0,5	0,7	1,0	73,0	71,1	30,0	1,2	86,0	71,1	111,6
	освітлювальна												5,3	9,1	
	Всього														
	Всього по ТП№ 5														
	силова	197,0	0,5 - 37	1234,3	74	0,5	0,7	1,0	612,1	605,4	67,0	1,1	688,9	605,4	917,1
	освітлювальна												15,4	26,6	
	Всього												704,3	632,0	946,3
	БСК														
	З урахуванням БСК												704,3	632,0	
	Втрати в трансформаторі $S_{н.тр}=630$	2,0											7,4	63,9	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№ 5												711,6	695,9	995,4
	Всього по заводу														
	силова	772,0	0,1 - 113,0	5717	1413	0,5	0,7	1,0	2644	2593	101,0	1,1	2931	2593	3913
	освітлювальна												174,4	127,5	
	Всього												3105,3	2720,9	4128,7
	Компенсуючі пристрої														
	Всього з врахуванням КП-0,4												3105,3	2720,9	4128,7
	Втрати в трансформаторах	8,0											35,3	277,5	
	Всього по сиркомбінату												3140,6	2998,4	4342,1

продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Компенсуючі пристрої 10 кВ														
	Всього на шинах 10 кВ												3140,6	2998,4	4342,1
													$\text{tg}\varphi_{\text{сис}}=$	0,15	
													$\text{tg}\varphi=$	0,95	

3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

3.1. Розрахунок силових теплових навантажень підприємства

Енергоспоживання на опалення зумовленим розміром обігріваної території будівлі, спеціальною тепловою характеристикою споруди, а також показниками температури навколишнього середовища. Проектні параметри атмосферного повітря доступні залежно від географічного розташування об'єкта і вказані для міста Кропивницького як референтного пункту.

Додатково варто відзначити, що на теплове споживання також впливають такі фактори, як теплоізоляційні властивості будівельних матеріалів, наявність та ефективність вентиляційних систем, орієнтація на досить сторінку світу, кількість та розмір вікон, а також поведінкові звички мешканців або працівників.

У сучасних умовах все більше уваги приділяється енергоефективності будівель. Використання інноваційних технологій, таких як розумні системи опалення, рекуперація тепла, застосування альтернативних джерел енергії (наприклад, сонячних панелей або геотермальних систем), дозволяє значно знизити теплове споживання та підвищити енергетичну ефективність об'єктів.

Таблиця 3.1. Кліматологічні дані м. Кропивницький за опалювальний період [3]

Тривалість опалюв. періоду, n_o , днів	Температура зовнішнього повітря в холодний період, °C			
	розрахункова для опалення, $t_{p.o.}$	середня		Число днів 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 молочного цеху. Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 18^{\circ}\text{C}$; $q_0 = 0,43 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$; $S_o = 3238 \text{ м}^2$.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплове навантаження на опалення, кВт:

$$Q_o^p = 0,43 \cdot 8105 \cdot (18 + 21) = 1019 \text{ кВт}.$$

Розрахунок теплового навантаження на опалення інших споживачів здійснюється аналогічно. Результати розрахунку по ділянці приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Результати розрахунку теплових навантажень на опалення

№ п\п	Найменування підрозділу	S_o , м ²	V , м ³	q_o , Вт/м ³ · °C	$t_{в.р.}$, °C	Q_o^p , кВт
1	Молочний цех	8110	48615	0,43	18	1020
2	Цех ЗЦН і сушки сироватки	1995	11895	0,43	18	249,2
3	Цех цельномолочної продукції	2610	15605	0,43	18	327,3
4	Станція перекачки конденсату	385,25	1145,75	0,3	18	16,7
5	Адмінкорпус	2105	12605	0,9	20	581,8
6	Майстерня	781,25	3110	0,64	18	97
7	Компресорна	574,25	2282	0,33	18	36,7
8	Склад продукції	1040	6215	0,64	14	174,1
9	Матеріальний склад	1040	6215	0,3	14	81,6
10	Мазутна станція	511,25	2030	0,3	14	26,6
11	Котельня	977	11669	0,3	18	170,8
12	Каналізаційна станція	230	680	0,4	14	11,8
13	Градирня	343	3385	0,3	14	44,4
14	Прохідна	61,25	173,75	0,3	18	2,5
Всього по підприємству						2838

3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію

Розрахункове теплове навантаження на вентиляцію для промислових підприємств визначають за укрупненим показником:

Теплові навантаження на вентиляцію молочного цеху. Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 16 \text{ °C}$; $q_v = 0,465 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$; $V_3 = 48,6 \text{ тис. м}^3$.

$$Q_B^p = q_B V_3 (t_{B.p.} - t_{p.B.}) = 0,465 \cdot 48,6 \cdot (16 + 9) = 564,98$$

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

Таблиця 3.3. Результати розрахунку теплових навантажень на вентиляцію

№ п\п	Найменування підрозділу	F, м ²	V, м ³	q _в , Вт/м ³ · °C	t _{в.р.} , °C	Q _в ^p , кВт
1	Молочний цех	S _о , м ²	V, м ³	0,465	16	565,5
2	Цех ЗЦН і сушки сироватки	8110	48615	0,465	16	138,2
3	Цех цельномолочної продукції	1995	11895	0,465	16	181,5
4	Станція перекачки конденсату	2610	15605	0,23	14	6
5	Адмінкорпус	385,25	1145,75	0,7	18	238,4
6	Механічна майстерня	2105	12605	0,7	16	54,4
7	Компресорна	781,25	3110	0,44	16	25,1
8	Склад готової продукції	574,25	2282	0,233	14	33,3
9	Матеріальний склад	1040	6215	0,233	14	33,3
10	Мазутна станція	1040	6215	0,233	14	10,9
11	Котельня	511,25	2030	0,7	14	188
12	КНС	977	11669	0,7	14	10,9
13	Градірня	230	680	0,4	14	31,1
14	Прохідна	343	3385	0,4	18	1,8
Всього						1517

3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання

Середньотижневе навантаження гарячого водопостачання в опалювальний період. В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання для молочного цеху. Дані для розрахунку: $a = 40$ м³/(доба · житель); $m = 162$ жителів; $t_r = 55$ °C; $t_{х.з.} = 5$ °C; $t_{х.л.} = 15$ °C; $\beta = 0,8$; $\chi = 2$.

Середньогодинне навантаження в системі ГВП підприємства, кВт:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{г.з.}^{сер.т.} = \frac{амс_{в}(t_{г} - t_{х.з.})}{n_c} = \frac{40 \cdot 162 \cdot 4,190(55 - 5)}{28840} = 47,14$$

Середня витрата теплоти в системі ГВП підприємства, кВт:

$$Q_{г.з.}^{сер.т.} = \frac{амс_{в}(t_{г} - t_{х.з.})}{n_c} = \frac{40 \cdot 162 \cdot 4,190(55 - 5)}{28840} = 47,14$$

Розрахункове максимальне теплове навантаження в системі ГВП підприємства, кВт:

$$Q_{г.з.}^{max} = \chi Q_{г.з.}^{сер.т.} = 2,4 \cdot 47,14 = 113,13$$

Розрахункове максимальне теплове навантаження в системі ГВП підприємства, кВт:

$$Q_{г.л.}^{max} = \chi Q_{г.л.}^{сер.т.} = 2,4 \cdot 23,57 = 56,57$$

Результати розрахунку теплових навантажень в системі ГВП підприємства в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання

№ п\п	Найменування підрозділу	т, люд.	$Q_{г.з.}^{сер.т.}$, кВт	$Q_{г.л.}^{сер.т.}$, кВт	$Q_{г.з.}^{max}$, кВт	$Q_{г.л.}^{max}$, кВт
1	Молочний цех	162	47,2	23,6	113,2	56,6
2	Цех ЗЦН і сушки сироватки	40	11,7	5,8	28	14
3	Цех цельномолочної	52	15,1	7,6	36,3	18,2

	продукції					
4	Станція перекачки конденсату	13	2,4	1,9	5,7	4,5
5	Адмінкорпус	42	7,6	6,1	18,3	14,7
6	Механічна майстерня	15	2,7	2,2	6,6	5,2
7	Компресорна	12	2,2	1,8	5,2	4,2
8	Склад готової продукції	10	1,8	1,5	4,4	3,5
9	Матеріальний склад	10	1,8	1,5	4,4	3,5
10	Мазутна станція	5	0,9	0,7	2,2	1,8
11	Котельня	5	0,9	0,7	2,2	1,8
12	КНС	4	0,7	0,6	1,8	1,4
13	Градирня	5	0,9	0,7	2,2	1,8
14	Прохідна	2	0,4	0,3	0,9	0,7
Всього		377	96,3	55	231,4	131,9

Розрахункове значення максимального теплового навантаження підприємства узагальнено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Загальне теплове навантаження підприємства

№ п/п	Найменування підрозділу	Q _о , кВт	Q _в , кВт	Q _{гв} , кВт	Q _Σ , кВт	Q _Σ , Гкал/год
1	Молочний цех	1020	565,5	113,13	1698,63	1,5
2	Цех ЗЦН і сушки сироватки	249,2	138,2	27,93	415,33	0,4
3	Цех цельномолочної продукції	327,3	181,5	36,31	545,11	0,5
4	Конденсатна станція	16,7	6	5,67	28,37	0
5	Адмінкорпус	581,8	238,4	18,33	838,53	0,7
6	Майстерня	97	54,4	6,55	157,95	0,1
7	Компресорна	36,7	25,1	5,24	67,04	0,1
8	Склад	174,1	33,3	4,36	211,76	0,2
9	Матеріальний склад	81,6	33,3	4,36	119,26	0,1
10	Мазутна	26,6	10,9	2,18	39,68	0
11	Котельня	170,8	188	2,18	360,98	0,3
12	Каналізаційна станція	11,8	10,9	1,75	24,45	0
13	Градирня	44,4	31,1	2,18	77,68	0,1
14	Прохідна	2,5	1,8	0,87	5,17	0
Всього		2838	1517	231,06	4586,06	3,9

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання

Для побудови годинних графіків витрати теплоти на опалення достатньо використати два значення теплового навантаження Q_o^p при температурах $t_3 = t_{p.o.}$ і $t_3 = +10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначимо використовуючи формулу перерахунку (3.2.) годинні витрати на опалення при температурі зовні повітря $t_3 = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$, Гкал/год:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{e.p.} - t_3}{t_{e.p.} - t_{p.o.}} \right) = 3,94 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 1,01$$

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

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{e.p.} - t_3}{t_{e.p.} - t_{p.o.}} \right) = 3,94 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 1,01$$

Тривалість для м. Кропивницького опалювального періоду становить $n_0 = 6836$ год. Результати зведені в таблицю 3.4.

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

Графік споживання теплової енергії за тривалістю приведені на рис. 3.1.

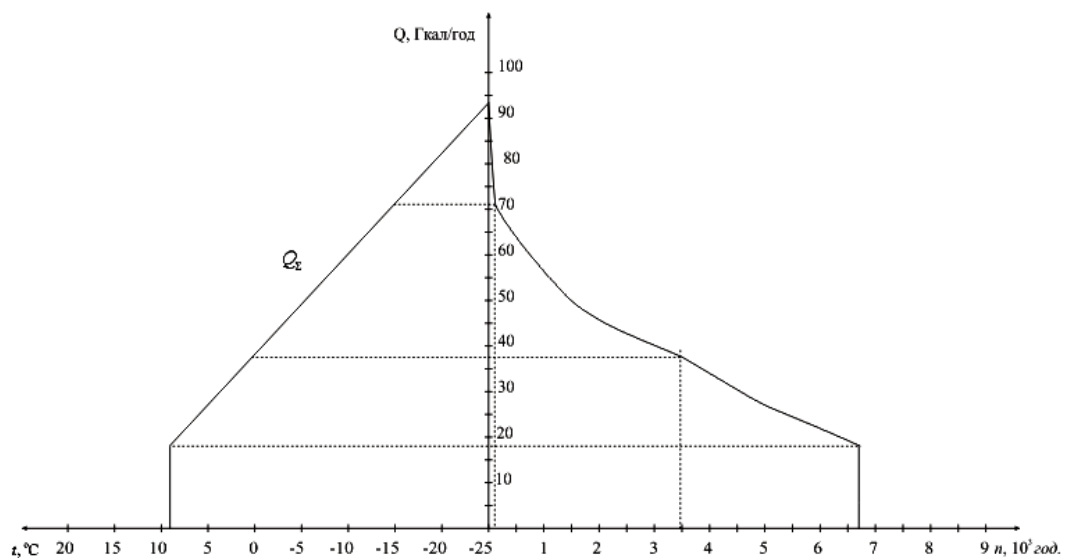


Рис. 3.1. Річний графік споживання теплової енергії

Для побудови річного графіку знаходимо середньомісячні температури зовнішнього повітря виконаємо розрахунки для січня.

Середньогодинна витрата теплоти в системі опалення за січень, Гкал/год:

$$Q_0^{\text{січ}} = Q_0^p \left(\frac{t_{\text{в.р.}} - t_{\text{сп}}^{\text{січ}}}{t_{\text{в.р.}} - t_{\text{р.о}}} \right) = 3,94 \cdot \frac{18 + 5,9}{18 + 21} = 2,41$$

Розрахунок для інших місяців проводиться аналогічно. Результати розрахунку представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.7. Місячні середньогодинні витрати теплоти

Показник	Січ	Лют	Бер	Кв	Тр	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гр
$t_{\text{сп}}, ^\circ\text{C}$	-5,9	-5,2	-0,4	7,5	14,7	17,8	23,2	21,6	13,9	7,5	1,2	-3,5
$Q_0, \text{кВт}$	3308,2	3217,6	2596,7	1574,7	131,6	131,6	131,6	131,6	131,6	1574,7	2389,7	2997,7

Річний графік споживання теплової енергії по місяцям приведено на рис. 3.2.

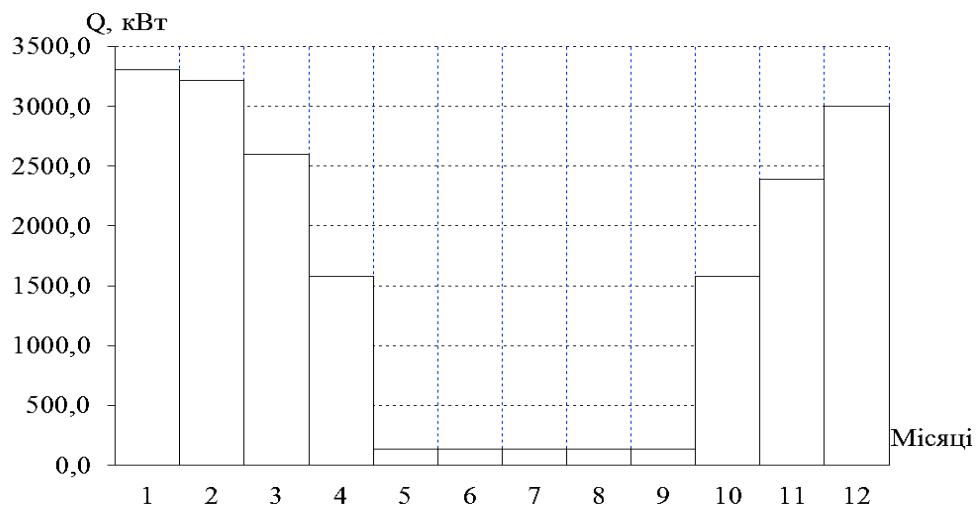


Рис. 3.2. Річний графік за опалювальний період

4. ВИБІР СИСТЕМИ ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Промислово-теплова котельня призначена для генерації теплогенеруючим агрегатом з потрібними показниками якості, що використовується виробничими споживачами, а також для виробництва нагрітої рідини для функціонування системи обігріву, повітрообміну, кліматизації та гарячого водозабезпечення.

Комплекс опалення в котельній воді забезпечує встановлений термічний режим у будівлях у зимовий сезон, компенсуючи утеплення через зовнішню землю споруди.

Вентиляційна структура в котельні забезпечує необхідну очистку повітря в операційній зоні промислових об'єктів, потрібний повітряний та термічний режим у громадських об'єктах шляхом регулювання вітрообміну в приміщеннях.

Система регулювання мікроклімату в котельні використовує для створення в середовищі атмосфери, яка відповідає підвищеним санітарно-гігієнічним або руховим вимогам, за допомогою забезпечення чітко визначених температурних показників, вологості, пружності та чистоти повітря в робочому приміщенні.

Комплекс гарячого водопостачання в котельні призначений для підігрівання та транспортування води до пунктів водорозбору для побутових чи виробничих цілей.

Теплотехнологічне устаткування в котельні виступає споживачем теплової енергії у вигляді підігрітої води або водяної пари та включає як спеціалізовані теплопроводи, так і різноманітні теплообмінні апарати.

Природний газ в опалювальному котлі через газопровід надходить на територію підприємства до газорегуляторного пункту (ГРП) 27 або газорегуляторної установки (ГРУ), де тиск міського газу знижується до робочого рівня та підтримується на заданому показнику (рис.5.1). З ГРП газ подається до запальників 24 котельного агрегату.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мазут для опалювального котла можна використовувати як основне паливо, резервне (наприклад, у зимовий період), аварійне, що дозволяє при необхідності швидко переключити котельню з одного виду палива на інший.

Додатково варто відзначити, що сучасні котельні все частіше оснащуються автоматизованими системами управління, які не дозволяють оптимізувати процес виробництва тепла та підвищити енергоефективність. Такі системи можуть включати в себе датчики температури, тиску та витрати, програмовані логічні контролери та людино-машинні інтерфейси.

Крім того, в контексті збільшення уваги до екологічних проблем, багато котелень модернізуються з метою зменшення викидів шкідливих речовин. Це може включати встановлення фільтрів та скрубберів для очищення димових газів, використання низькоемісійних пальників та впровадження технологій когенерації для підвищення загальної ефективності використання палива.

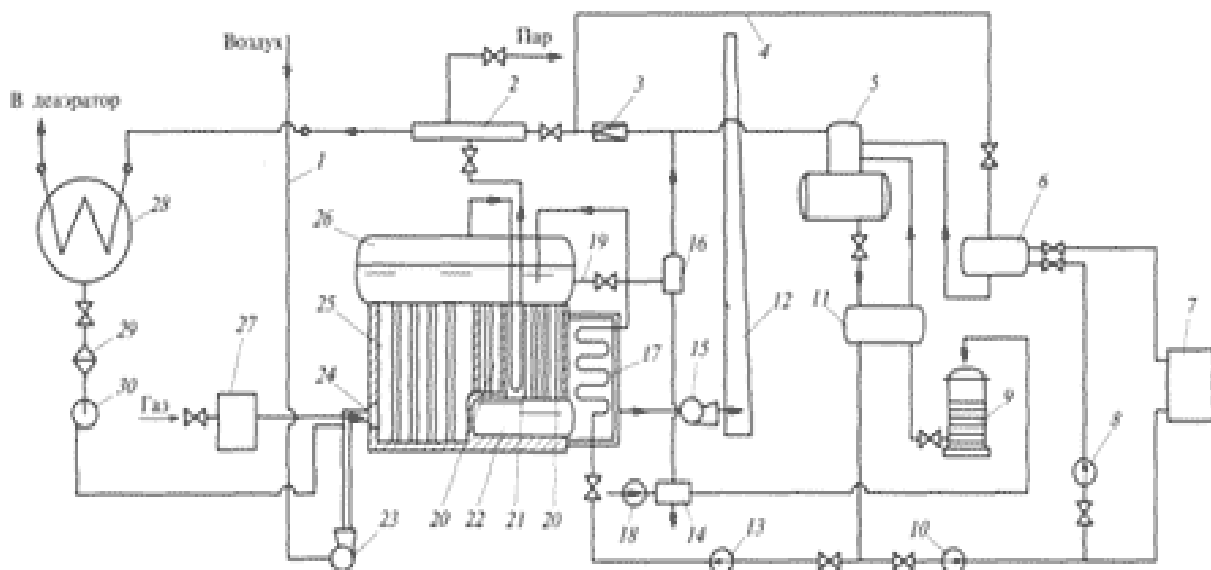


Рис. 5.1 Технологічна схема виробничо-опалювальної котельні:

Загальна підключена потужність котельні становить 3,94 Гкал/год.

Характеристики котлів південно-західної котельні наведені в таблиці 5.1.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Теплоенергетична характеристика котла

Характеристика котлів					
Тип, марка	Кіль- кість, шт	Поверхня нагріву, м ²		Теплопотужність Гкал/год	
		1 котла	Сумарна	1 котла	Сумарна
ДКВР 4/13	1+1резерв	192	192	4 т/год	3,94

Технічні характеристики парового котла ДКВР 4/13

Вид палива	природний газ
ККД котла	91 %
Маса котла	21700 кг
Пара	насичена
Паропроодуктивність номінальна	4 т/год
Робочий тиск пари	13 кгс/см ²
Температура живлячої води	100 °С
Температура пари	194 °С

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

5. ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

В роботі побудовані графіки активної та реактивної потужності за зимовий та літній періоди, а також річний графік за тривалістю. Для сиркомбінату для харчової промисловості використовуємо типові добові графіки

Побудову графіків та розрахунок річних витрат енергії виконуємо за допомогою програмного пакету MS Office XP:

Загальні витрати енергії:

Загальна річна витрата активної електричної енергії:

$$W_p = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 9254679 + 5848713 + 887835 + 557287 \\ = 16548514,35 \text{ кВт*год}$$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії:

$$W_p = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 9254679 + 5848713 + 887835 + 557287$$

Час використання максимального навантаження:

$$T_m = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_m} = \frac{\sqrt{16548514,35^2 + 16663730^2}}{4341,6} = 5409 \text{ год}$$

Час максимальних витрат:

$$\tau_m = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5409 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3872 \text{ год}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1. Активне навантаження

Години	Робоча доба		Вихідна доба	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1726	1467	689,8	586,2
2	1728	1655,8	691,8	588,2
3	1726	1653,8	689,8	586,2
4	2042	1922,7	691,8	588,2
5	2668	2294,3	689,8	586,2
6	2984	2536,6	691,8	588,2
7	3139	2668	564,2	479,4
8	3141	2670	566,2	481,4
9	2825	2534,6	470	399,4
10	2827	2536,6	472	401,4
11	2825	2534,6	470	399,4
12	2827	2536,6	472	401,4
13	2825	2534,6	470	399,4
14	2827	2536,6	472	401,4
15	2825	2534,6	470	399,4
16	2827	2536,6	472	401,4
19	3139	2668	470	399,4
18	3141	2670	472	401,4
19	2825	2534,6	470	399,4
20	2827	2456,5	566,2	481,4
21	2825	2454,5	564,2	479,4
22	2670	2189,6	691,8	588,2
23	2040	1920,7	689,8	586,2
24	1728	1655,8	691,8	588,2
Wi	62957	55703	13660	11610

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 5.2. Реактивне наванатаження без врахування КП

Години	Робоча доба		Вихідна доба	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1858	1579,2	868,5	738,1
2	1860	1581,2	870,5	740,1
3	1858	1579,2	868,5	738,1
4	2159,8	1836	870,5	740,1
5	2577,6	2190,8	868,5	738,1
6	2849,5	2422,2	870,5	740,1
7	2997,4	2547,6	718,6	610,7
8	2999,4	2549,6	720,6	612,7
9	2847,5	2420,2	598,7	508,7
10	2849,5	2422,2	600,7	510,7
11	2847,5	2420,2	598,7	508,7
12	2849,5	2422,2	600,7	510,7
13	2847,5	2420,2	598,7	508,7
14	2849,5	2422,2	600,7	510,7
15	2847,5	2420,2	598,7	508,7
16	2849,5	2422,2	600,7	510,7
19	2997,4	2547,6	598,7	508,7
18	2999,4	2549,6	600,7	510,7
19	2847,5	2420,2	598,7	508,7
20	2759,5	2345,7	720,6	612,7
21	2757,5	2343,7	718,6	610,7
22	2459,7	2090,9	870,5	740,1
23	2157,8	1834	868,5	738,1
24	1860	1581,2	870,5	740,1
Wi	62786	53368	17301	14706

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



A



Рис. 5.2. Добовий графік активної енергії у вихідний день



A

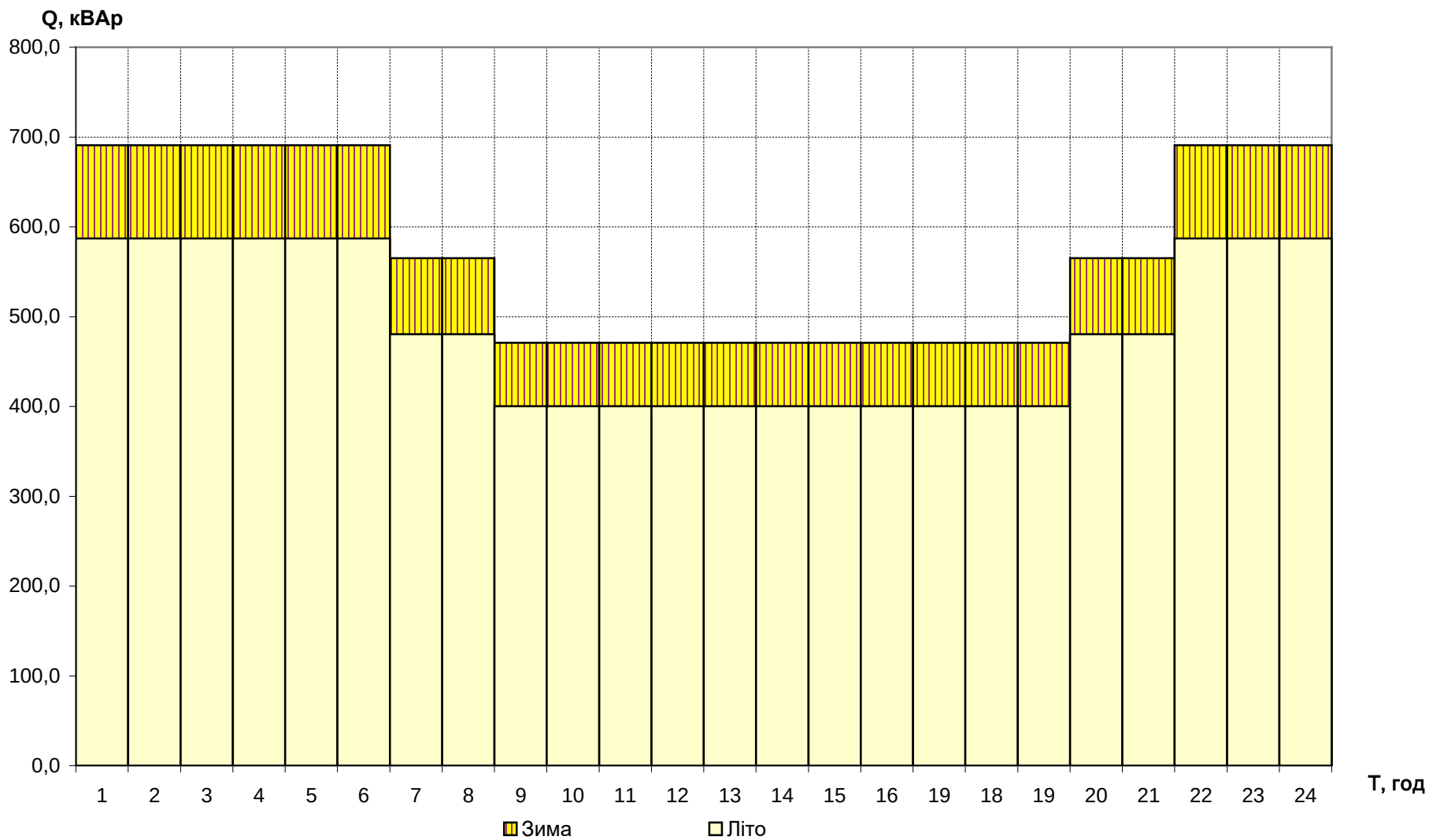


Рис. 5.4. Добовий графік реактивної енергії в робочий день

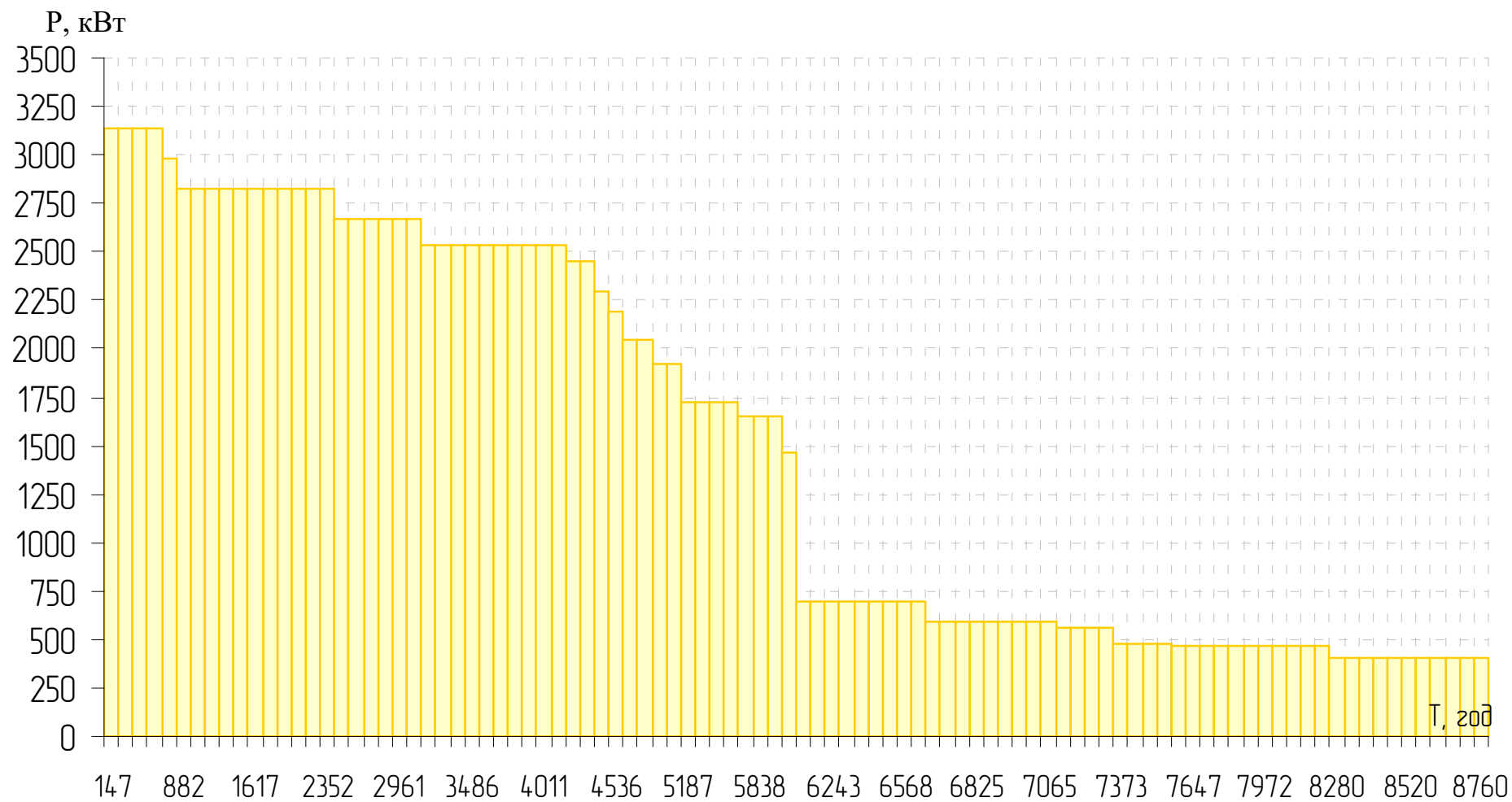


Рис. 6.5. Річний графік активної енергії

6. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР РОЗТАШУВАННЯ ЦЕН

Розроблення системи електропостачання вимагає раціонального розміщення головної і цехових підстанцій.

Картограма електричних навантажень зображена на генплані. Використовуючи її знаходимо місце розташування ЦЕН:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{311471}{3105} = 119,7 \text{ м};$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{278784,9}{3105} = 99,93 \text{ м}.$$

Беручи до уваги результати обчислення, а також особливості енергопостачання від мережі та локації високовольтного встановлення, визначені місце центру електричних навантажень (ЦЕН), неприйнятні за обрахованими координатами, які розташовуються в межах виробничої території. Тому необхідно скоригувати розміщення ЦЕН у напрямі джерела живлення.

Додатково варто відзначити, що оптимальне розташування ЦЕН є критичним місцем для ефективного функціонування електромережі підприємства. Воно впливає на довжину кабельних ліній, втрати електроенергії при її транспортуванні та загальну надійність системи електропостачання.

.Уточнені координати ЦЕН мають наступні значення:

$$X_0 = 200 \text{ м}; Y_0 = 160 \text{ м}$$

Дані координати приймаємо, для подальших розрахунків в роботі.

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_0 = 119,68 \text{ м};$$

$$Y_0 = 99,93 \text{ м}.$$

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір параметрів напруги живильних і розподільчих електромереж залежить від енергоспоживання підприємства, його віддаленості від енергоджерела, характеристик джерел електроенергії, додаткової та індивідуальної потужності електроприймачів.

Конфігурації зовнішнього електрозабезпечення запускаються з урахуванням надійності та економічної доцільності. Стабільність тієї чи іншої схеми встановлюється залежно від класифікації споживача.

Якщо серед споживачів компанії є одна, хоча те, що відноситься до першої категорії, то кількість енергоджерелів має становити не менше двох.

На практиці при розробці системи електропостачання число можливих варіантів обмежується зазвичай не більше, ніж двома-трійками, залежно від наявних напруг у найближчих доступних точках підключення до енергосистеми. Потенційні варіанти енергозабезпечення зображені на рис.7.1.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, вітрогенератори) в систему електропостачання підприємства.

Впровадження системи накопичення енергії для оптимізації споживання та підвищення надійності електропостачання.

Використовуйте інтелектуальну систему управління електропостачанням (Smart Grid), яка дозволяє оптимально розподілити енергію та втратити втрати.

Застосування вискоєфективного обладнання для трансформації та розподілу електроенергії.

Крім того, при проектуванні системи електропостачання не виникали екологічні аспекти, такі як зменшення викидів парникових газів та

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімізація впливу на навколишнє середовище. Це може включати вибір енергоефективного обладнання, оптимізацію режимів роботи систем та використання екологічно чистих технологій.

Також звернути увагу на можливість участі підприємства в програмах управління попитом на електроенергію (Demand Response), що можна включити вибір на схеми електропостачання та встановити додаткового обладнання для гнучкого управління навантаженням.

7.1. Вибір схем зовнішнього електропостачання

Оптимальний варіант схеми ел.постачання обирається на основі порівняння приведених витрат по варіантах:

$$Z_i = E_n \cdot K_i + C_i + C_{\text{втр.}i} + Y_i$$

Для порівняння варіантів електропостачання використовуємо два варіанти: 1 варіант – живлення заводу кабельною лінією 10 кВ з встановленням ЦРП. 2 варіант – живлення заводу повітряною лінією 35 кВ з встановленням ГЗП.

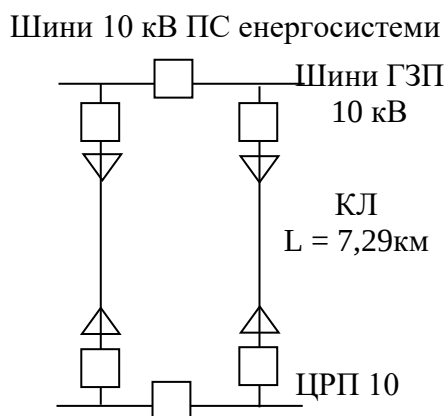


Рис 7.1.(а) Перший варіант електропостачання

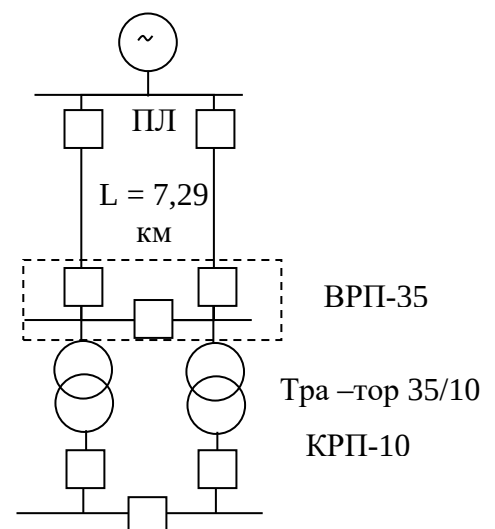


Рис 7.1(б) Другий варіант електропостачання

Варіант №1.

Живлення споживачів здійснюється за кабельними лініями 10 кВ безпосередньо від шин п/ст напругою $U_H = 10$ кВ; віддаленість від заводу $l = 7,3$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3}U_H} = \frac{3140,6}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = 90,8 \text{ А};$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = I_p / J_{ек} = 90,77 / 1,1 = 82,52 \text{ мм}^2$$

Приймаємо стандартний переріз 95 мм^2 кабеля. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3 х 95). Кількість $n = 1$. Для даного кабеля допустимий тривалий струм $I_{доп} = 205$ А, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 16$ кВт/км, вартістю $K_0 = 480$ тис.грн/км.

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

$$I_{доп}' = I_{доп} \cdot K_{\pi} = 205 \cdot 1 = 205 \text{ А};$$

Коефіцієнт попереднього завантаження кабеля

$$K_3 = I_p / (n \cdot I_{доп}') = 90,8 / (1 \cdot 205) = 0,44$$

При виході зі строю однієї лінії, буде забезпечено живлення навантаження

$$I_{авар}' = n \cdot I_{доп}' \cdot K_{а.п} = 1 \cdot 205 \cdot 1,4 = 276,8 > I_{р.ав} = 182 \text{ А}$$

Втрати потужності та енергії в КЛ:

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{\text{л}} \cdot \tau = 43,92 \cdot 3873 = 170070,94 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарна довжина кабельної лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{\text{л}} = 2 \cdot 7,29 = 14,58 \text{ км}$$

$$C_{\text{втр}} = \Delta \mathcal{E}_1 \cdot C_0 = 170071 \cdot 5,87 = 988308 \text{ грн} = 988,3 \text{ тис. грн.}$$

Варіант №2.

Живлення заводу напругою 35 кВ. Відстань 7,3 км.

Розрахунковий струм в ПЛ:

$$I_p = \frac{S_p}{N \sqrt{3} U_n} = \frac{3140,6}{2 \cdot 1,73 \cdot 35} = 25,93 \text{ мм}^2$$

Площа перерізу проводів ПЛ, вибрана по економічній щільності струму:

$$F_{\text{ек}} = I_p / j_{\text{ек}} = 25,93 / 1 = 25,93 \text{ мм}^2$$

Обираємо провід марки АС, з перерізом $F = 35 \text{ мм}^2$. Параметри на один ланцюг: $P_{\text{лкм}} = 140 \text{ кВт/км}$; $I_{\text{доп}} = 175 \text{ А}$; $K_0 = 626,4 \text{ тис. грн/км}$.

Обираємо трансформатор типу ТМН-2500/35 з параметрами $P_k = 23,5 \text{ кВт}$; $P_{\text{хх}} = 5,1 \text{ кВт}$; $U_{\text{кз}} = 6,5 \%$.

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_3 = 3140,6 / (2 \cdot 2500) = 0,63$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{\text{л}} \cdot \tau = 43,04 \cdot 3873 = 166699,28 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{лкм}} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 140 \cdot 14,58 \cdot 0,1^2 = 43,04 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина кабельної лінії

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{\text{л}} = 7,29 \cdot 2 = 14 \text{ км}$$

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = 2 \cdot (P_{\text{х}} \cdot t_{\text{вкл}} + P_{\text{к}} \cdot \tau \cdot K^2_{\text{з}}) = 2(5,1 \cdot 8760 + 24 \cdot 3873 \cdot 0,6^2) = 161164$$

Сумарні втрати енергії:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_{\text{л}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = 166699 + 161164,47 = 327863,75 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість втрат енергії:

$$C_{\text{пот}} = \Delta \mathcal{E} \cdot C_0 = 327863,75 \cdot 4,7 = 1261201,18 \text{ грн} = 1261,2 \text{ тис. грн}$$

Таблиця 7.1. Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис грн	Вартість всього, тис. грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	шт	2	50	100
	Кабельна лінія типу АППШв-10 (3×95)	км	7	480	3360,00
	Траншея	км	7,07	220	1555
	Всього				5015
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35	км	7	500	3500
	Відкритий розподільчий пристій 35	шт	1	950	950,00
	Трансформатори ГЗП ТМН- 2500 / 35	шт	2	650	1300
	Всього				5750

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.2. Розрахунок поточних витрат

№ п/п	Найменування об'єкту	Кі, 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	100	15	15	5	5	20
	Кабельна лінія типу АШШВ-10 (3×95)	3360	5	168	5	168	336
	Траншея	1555	15	233,25	5	77,15	310,4
	Всього			416,25		250,15	666,4
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ	3500	5	175	5	175	350
	Відкритий розподільчий пристій 35 кВ	950	15	142,5	5	47,5	190
	Трансформатори ГЗП типу ТМН-2500/35	1300	15	195	5	65	260
	Всього			512,5		287,5	800

Таблиця 7.3. Приведені витрати по варіантам СЕПП, тис. грн

№ п/п	Найменування статті	Варіант I	Варіант II
1	Капіталовкладення у варіанти	5015	5750
2	Поточні витрати	666,4	800
3	Вартість втрат електроенергії	998,3	1261,2
	Приведені витрати	2382,5	2612

Різниця між варіантами складає 10 відсотків, що означає, що варіанти практично рівноцінні, тому приймаємо для подальшого проектування варіант електропостачання напругою 35 кВ з меншим тарифом на електричну енергію.

7.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання

Для внутрішніх електророзподільчих систем застосовуємо напругу 10 кВ. У виробничих розподільних мережах для енергозабезпечення силових та освітлювальних електроспоживачів використовуємо напругу 380/220 В. Розподіл електричної енергії на виробництві побудованих за радіальною,

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магістральною чи комбінованою схемою залежно від просторового розміщення навантаження, споживаної потужності, стабільності електропостачання. Системи електрозабезпечення реалізуються одно- чи двоступеневими. На невеликих підприємствах повинні, як правило, впроваджуватися одноступеневі схеми розподілу електроенергії; другий ступінь можливий лише для віддалених від центрального пункту споживачів. При проектуванні систем електропостачання споживачів I та II категорій необхідно використовувати секціонування шин у всіх ланках системи електрозабезпечення. Радіальна схема розподілу енергії є оптимальною там, де розділені значні навантаження (насосні, компресорні, перетворювальні установки), розташовані в різних напрямках від центру живлення. Розподільчу мережу підприємства реалізуємо кабелями 10 кВ із застосуванням радіальної схеми електропостачання, що забезпечує вищу надійність додаткової з магістральною схемою електрозабезпечення.

Додатково варто відзначити, що сучасні тенденції в галузі електроенергетики впливають на вибір та проектування схеми розподілу електроенергії на підприємствах. яким, все більшого значення набувають:

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, вітрогенератори) завершується в системі електропостачання підприємства. Це вимагає впровадження гнучких схем розподілу, здатних ефективно керувати змінним характером генерації.

Використання системи накопичення енергії (акумуляторні батареї, суперконденсатори) для оптимізації споживання та підвищення надійності електропостачання. такі системи можуть інтегруватися в різні схеми розподілу.

Впровадження інтелектуальних систем управління електроспоживанням (Smart Grid), які можуть оптимізувати розподіл енергії, втратити втрати та підвищити ефективність використання електроенергії.

Застосування цифрових технологій для моніторингу та управління розподільними мережами, що дозволяє оперативно реагувати на зміни завантаження та запобігати аваріям.

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищення енергоефективності за рахунок використання сучасного обладнання з низькими втратами та впровадження системи рекуперації енергії.

Врахування можливостей електрифікації транспорту підприємства, що може вимагати додаткових потужностей та спеціальної схеми розподілу для зарядних станцій.

Забезпечення кібербезпеки систем електропостачання, особливо при впровадженні цифрових технологій управління.

Ці фактори необхідно виконати при проектуванні та модернізації систем електропостачання підприємств для забезпечення їх ефективності, надійності та відповідності сучасним вимогам енергетичного менеджменту.

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Для мінімізації енерговтрат у трансформаторних пристроях, електромережах та інших компонентах систем енергозабезпечення, а відповідно й оптимізації їх номінальних характеристик, застосувати методику компенсації реактивної енергії. Для реалізації цієї задачі можна використовувати синхронізовані електродвигуни та конденсаторні комплекси.

Додатково варто відзначити, що компенсація реактивної потужності є масовим аспектом енергоефективності підприємства та має ряд переваг. Зниження навантаження на лінії електропередач, що дозволяє збільшити їх пропускну здатність для активної потужності. Покращення якості електроенергії шляхом стабілізації напруги в мережі. Зменшення витрат електроенергії, що призводить до економії коштів на її оплату. Збільшення терміну служби електрообладнання за рахунок зниження теплових навантажень. Можливість підключення додаткових споживачів без необхідності підвищення потужності трансформаторів та перетину кабелів.

При виборі методу компенсації реактивної потужності необхідно забезпечити специфіку конкретного підприємства, характер навантаження, режими роботи обладнання та економічну доцільність впровадження тих чи інших технологій. Правильно спроектована система компенсації реактивної потужності може значно підвищити енергоефективність підприємства та знизити витрати на електроенергію.

8.1. Розрахунок балансу реактивної потужності

Економічно доцільна потужність, від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 2966,3 \cdot 0,15 = 444,945 \text{ квар}$$

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді сумарна потужність КП:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_e = 2870,5 - 444,95 = 2425,56 \text{ квар}$$

Визначаємо мінімальну кількість трансформаторів:

$$N_0 = P_n / (K_3 * S_{n \text{ тр}}) = 2931 / (0,7 * 630) = 7,2$$

Приймаємо $N_0 = 8$ шт.

Варіант I: $N = N_0 = 8$ шт.

Визначаємо реактивну потужність, яка може бути передана з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові трансформатори по (9.5):

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_n \cdot K_3)^2 - (P_n^2 * 630 * 0,7)^2} - 1802,3^2 = 538 \text{ кВар}$$

Потужність компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ для ТП1:

$$Q_{\text{кн}} = Q_n - Q_{\text{п}} = 1209,2 - 538 = 671,0 \text{ квар}$$

По кожному ТП 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.	K _з	Sp
ТП1,2	3	1208	1209	538	671	3	225	КРМ-0,4-225-37,5	0,70	1321
ТП3	2	861	551	190,4	360,6	2	133	КРМ -0,4-133-33	0,70	880
						2	50	КРМ -0,4-50-50		
ТП4	1	429	280	101	178	1	166	КРМ -0,4-166-33	0,70	444
ТП5	2	704	632	530	101	2	100	КРМ -0,4-100-33	0,66	826

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кн}} = 1407$ квар, з них :

БСК 225 квар - 3 шт.

БСК 166 квар - 1 шт.

БСК 133 квар - 2 шт.

										Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БСК 100 квар - 2 шт.

БСК 50 квар - 2 шт.

Потужність компенсуючих пристроїв, в мережі 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_{\text{кн}} - Q_c = 2870,5 - 1407 - 444,945 = 1018,56 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановки $Q_{\text{кв}} = 900 \text{ кВар}$

БСК 450 квар - 2 шт.

Активні втрати потужності в трансформатори цехових ТП:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{п}}^2 * R_{\text{ек}} / U_{\text{н}}^2 = 1186^2 * 205 / 10 = 2,9 \text{ кВт}$$

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

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{кв}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кв}} = 0,0045 * 900 = 4,05 \text{ кВт}$$

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кн}} = 0,003 * 1407 = 4,221 \text{ кВт}$$

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кн}} = N_{\text{бк}}^{0,4} * K_{\text{кк}}^{0,4} = 1 * 4,75 + 0 * 4,71 + 2 * 4,1 + 2 * 3,67 + 0 * 3,53 + 2 * 3,28 = 43,446 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кв}} = N_{\text{бк}}^{10} * K_{\text{кк}}^{10} = 2 * 10,1 + 0 * 26,8 = 20,13 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

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

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z_1 = E_n \cdot (K_{KH} + K_{KB} + K_{KTP}) + (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{TP}) \cdot C_o \cdot \tau = 0,12 \cdot (43,446 + 20,13 + 517,05 + (4,221 + 4,05 + 2,9) \cdot 4,7 \cdot 3872) = 228,39 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 8.2. Баланс реактивної потужності.

Показники	Варіант I	Варіант II	Варіант III
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	1407	0	0
Потужність КП в мережі 10 кВ	900	2700	2700
Всього за умовою балансу	2752	3145	3145
Затрати на компенсацію	228,39	458,48	272,97

Так як приведені затрати першого варіанту компенсації найменші, його і приймаємо для подальшого розрахунку.

9.2 Вибір кількості, потужності та місяця розташування компенсуючих пристроїв

Визначаємо реактивну потужність, яку необхідно скомпенсувати в мережі НН ТП 1,2:

Пропускна потужність трансформаторів

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_s)^2 - P_n^2} = \sqrt{(3 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 1208,6^2} = 538,2 \text{ квар}$$

$$Q_{KP} = Q_n - Q_{TP} = 1209,2 - 538,2 = 671,2 \text{ квар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{KP} = 675$ квар

З батареї типу КРМ – 0,4 – 225 – 37,5УЗ

Аналогічно проводимо інші розрахунки. Результати розрахунків приведені в таблиці 8.3. В таблиці 8.4 виконаний розрахунок електричних навантажень в мережі вище 1000 В з урахуванням вибраних компенсуючих пристроїв для кожної ТП.

						Арк.
3	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.3. Вибір кількості, потужності компенсуючих пристроїв

№ ТП	N _{тр}	P _p	Q _p	Q _п	Q _{кп}	N _{бк}	Тип батарей конденсаторів	Q' _{бк}	S _p	K _з	S' _p	K _з
ТП№1,2	3	1208	1209	538	671	3	КРМ-0,4-225-50	675	1709	0,91	1321	0,70
							КРМ-0,4-166-50	0				
							КРМ-0,4-100-50	0				
							КРМ-0,4-50-50	0				
ТП№ 3	2	861	551	190	361	2	КРМ-0,4-133-50	266	1022	0,8	880	0,70
						2	КРМ-0,4-50-50	100				
ТП№4	1	439	280	40	239	1	КРМ-0,4-166-50	166	520	0,82	520	0,83
ТП№ 5	2	704	632	530	101	2	КРМ-0,4-100-50	200	946	0,75	826	0,66
Всього								1407				

Арк.

Таблиця 8.4. Розрахунок електричних навантажень з урахуванням компенсуючих пристроїв

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл.	Встановлена по-		m	Кв	cos	tg	Середнє наванта ження за зміну, кВт		pe	Км	Розрахункова потужність, кВт		
			тужність, кВт						Рср	Qср			Рр	Qр	Sp
			Одного	Сум.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТП№1,2														
	Всього по ТП№1,2														
	силова	247	1,1 - 62,8	2512,85	57,1	0,4	0,6	1,2	995,07	1172,22	80	1,1	1139,6	1172,2	1634,8
	освітлювальна												69,1	37,4	
	Всього												1208,6	1209,7	1710,0
	БСК													-675,0	
	З урахуванням БСК												1208,6	534,7	
	Втрати в трансформаторі Sn.тр= 630	3											13,3	104,3	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№1,2												1221,9	638,9	1794,3
	ТП№ 3														
	Всього по ТП№ 3														
	силова	277	0,08 - 113	1395,04	1413	0,46	0,8	0,8	644,32	520,967	25	1,2	797,8	521,0	952,9
	освітлювальна												63,3	30,4	
	Всього												861,2	551,4	1022,5
	БСК													-366,0	
	З урахуванням БСК												861,2	185,4	
	Втрати в трансформаторі Sn.тр= 630	2											9,7	72,6	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№ 3												870,9	257,9	1071,3
	ТП№4														
	Втрати в трансформаторі Sn.тр= 630	1											5,0	36,8	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№4												444,1	150,9	545,6
	ТП№ 5														
	Всього по ТП№ 5														
	силова	197	0,5 - 37	1234,25	74	0,5	0,7	1	612,08	605,393	67	1,1	688,9	605,4	917,1
	освітлювальна												15,4	26,6	

продовження таблиці 9.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього												704,3	632,0	946,3
	БСК													-200,0	
	З урахуванням БСК												704,3	432,0	
	Втрати в трансформаторі Sn.тр= 630	2											7,4	63,9	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№ 5												711,6	495,9	995,4
	Всього по заводу														
	силова	772	0,08 - 113	5717,24	1413	0,46	0,7	1	2643,9	2593,41	101	1,1	2930,8	2593,4	3913,5
	освітлювальна												174,4	127,5	
	Всього												3105,3	2720,9	4128,7
	Компенсуючі пристрої													-	
	Всього з врахуванням КП-0,4												3105,3	1313,9	3371,8
	Втрати в трансформаторах	8											35,3	277,5	
	Всього по заводу												3140,6	1591,4	3520,8
	Компенсуючі пристрої 10 кВ													-900,0	
	Всього на шинах 10 кВ												3140,6	691,4	3215,8

Арк.

9. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Розрахунок струмів КЗ здійснюється для вибору і перевірки електричних апаратів, вибору установок релейного захисту і автоматики.

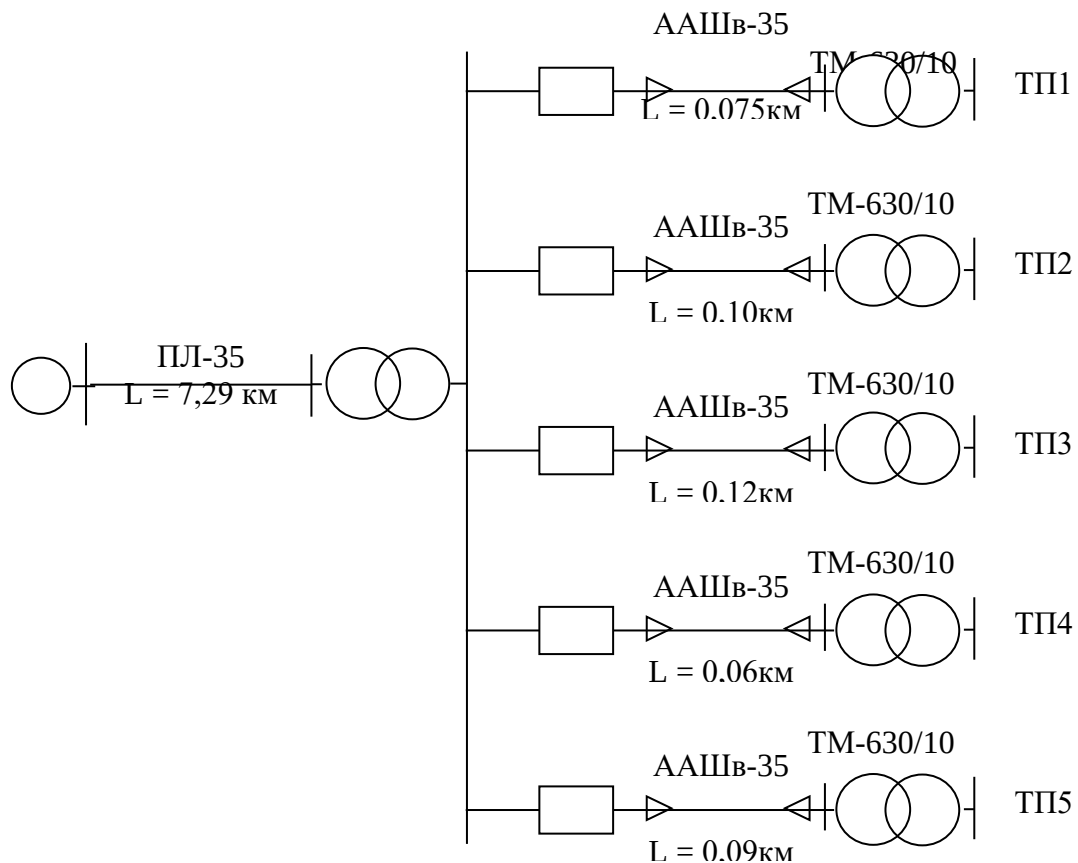


Рисунок 9.1: Розрахункова схема СЕПП

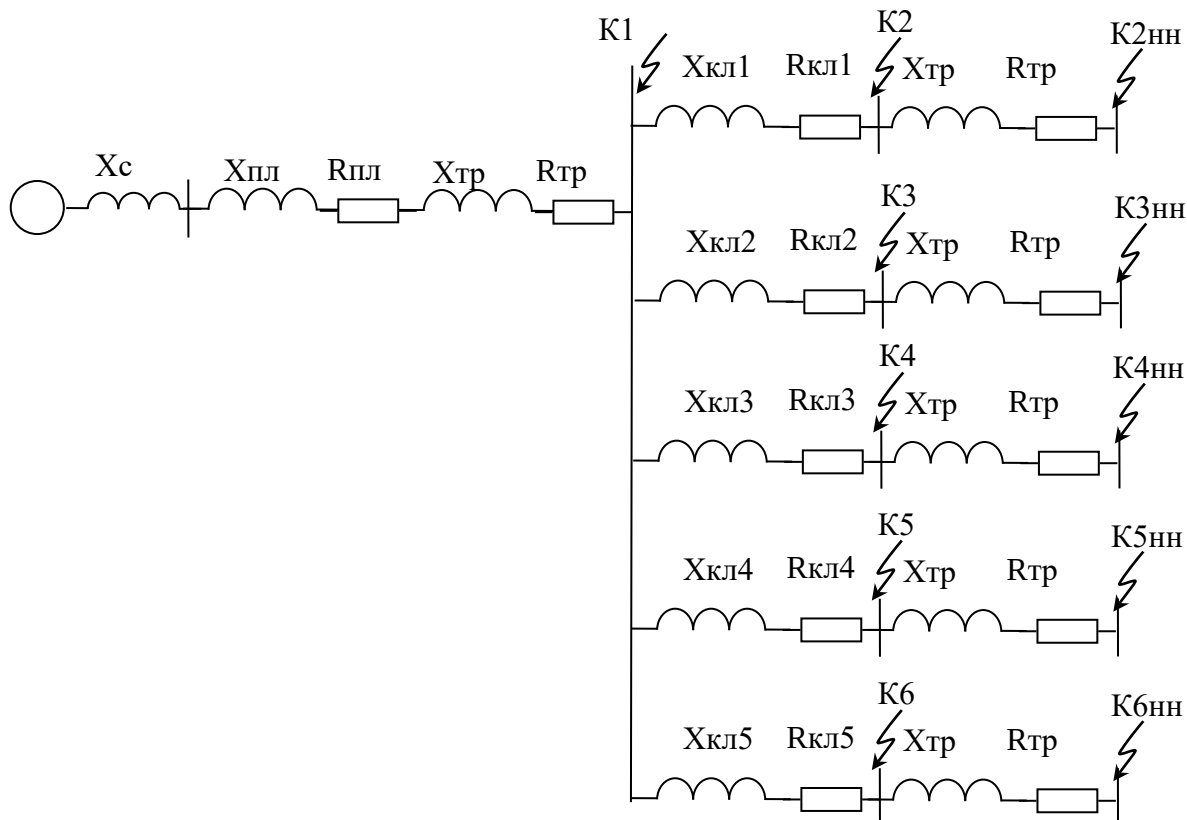


Рис. 9.2. Схема заміщення

Виконуємо розрахунок струмів K3 для ТП1, для інших ТП розрахункові дані для інших точок схеми при ведені в таблиці 9.1.

За схемою електропостачання складаємо схему заміщення, замінюючи всі елементи еквівалентними опорами. Розрахунок проводиться у відносних величинах. Приймаємо базисну потужність $S_6 = 100$ МВА базисна напруга в точці K1 $U_{61} = 35$ кВ; в точці K2 $U_{62} = 10,5$ кВ; в точці K4 $U_{64} = 0,4$ кВ.

Реактивний опір системи:

$$X_c = S_6 / S_{K3} = 100 / 1000 = 0,10$$

Реактивний опір лінії напругою 35 кВ:

$$X_{л1} = X_o \cdot L \cdot S_6 / U_{61}^2 = 0,59 \cdot 7,3 \cdot 100 / 35,0^2 = 0,352$$

Активний опір лінії напругою 35 кВ:

$$R_{л1} = R_o \cdot L \cdot S_6 / U_{61}^2 = 0,40 \cdot 7,3 \cdot 100 / 35,0^2 = 0,24$$

трансформатора ГЗП:

$$X_{тр} = U_{к\%} * S_6 / (100 * S_{н.тр}) = 6,5 * 100 / 100 * 2500 = 2,60$$

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ:

$$X_{лі} = X_0 * L * S_6 / U^2_{62} = 0,95 * 0,1 * 100 / 11^2 = 0,06$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ:

$$R_{лі} = R_0 * L * S_6 / U^2_{62} = 0,06 * 0,1 * 100 / 11^2 = 0,004$$

Опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ

$$R_{тп} = \Delta P_M * S_6 / S^2_{н.тр} = 10,00 * 100000 / 630^2 = 2,5$$

$$X_{тр} = \sqrt{(U_{к}/100)^2 - (\Delta P_M / S_{н.тр})^2} * S_6 / S_{н.тр} = \\ = \sqrt{(5,55 / 100)^2 - (10,00 / 630)^2} * 100000 / 630 = 8,4$$

Визначаємо результуючий еквівалентний опір до розрахункової точки КЗ.

Спрощуємо схему заміщення за такою послідовністю:

1) результуючий опір до точки К1

$$R_{к1} = R_{л1} = 0,24$$

$$X_{к1} = X_c + X_{л1} = 0,10 + 0,352 = 0,45$$

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{л1}^2 + X_{к1}^2} = \sqrt{0,24^2 + 0,452^2} = 0,51$$

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{к2} = R_{т1} + R_{к1} = 0 + 0,2 = 0,2$$

$$X_{к2} = X_{к1} + X_{т1} = 0,45 + 2,6 = 3,1$$

$$Z_{к2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2} = \sqrt{0,2^2 + 3,05^2} = 3,06$$

3) результуючий опір до точки К3

$$R_{к3} = R_{л2} + R_{к2} = 0,0 + 0,2 = 0,2$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{л2} = 3,1 + 0,06 = 3,13$$

$$Z_{к3} = \sqrt{R_{к3}^2 + X_{к3}^2} = \sqrt{0,2^2 + 3,1^2} = 3,1$$

4) результуючий опір до точки К4

$$R_{к4} = R_{т2} + R_{к3} = 2,5 + 0 = 2,8$$

$$X_{к4} = X_{т2} + X_{к3} = 8 + 3,13 = 11,6$$

$$Z_{к4} = \sqrt{R_{к4}^2 + X_{к4}^2} = \sqrt{2,8^2 + 12^2} = 11,9$$

Визначаємо базисні струми в заданих точках КЗ:

В точці К1

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

В точці К2

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

В точці К3

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

В точці К4

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

В точці К0 діюче значення періодичної складової струму складатиме:

$$I_{k1} = I_{61} / Z_{k1} = 1,7 / 0,51 = 3,2 \text{ кА.}$$

Діюче значення усталеного струму К3:

$$I_{k1} = I_{61} / Z_{k1} = 1,7 / 0,51 = 3,2 \text{ кА.}$$

Амплітудне значення струму на шинах напругою 35 кВ

$$i_{y1} = \sqrt{2} * k_y * I_{k1} = 1,4 * 1,5 * 3,2 = 6,8 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок схем изводимо до таблиці 9.1

Таблиця 9.1. Розрахункові струми К3

Точка схеми	R _{кп}	X _{кп}	Z _{кп}	I _{кп} =I _{6п} /Z _{кп}	i _{yn} =2*k _y *I _{кп}	I _{кп} ² =0,87*I _{кп}
Шини 10 кВ	0,025	0,0603	0,061	8,7	14,9	7,88
ТП1	0,026	0,811	0,811	8,21	13,79	7,14
ТП1 _{нн}	3,075	11,025	11,446	15,28	32,08	13,29
ТП2	0,026	0,811	0,812	8,21	13,79	7,14
ТП2 _{нн}	3,075	11,025	11,446	15,28	32,08	13,29
ТП3	0,026	0,853	0,853	7,81	13,11	6,79
ТП3 _{нн}	3,075	11,067	11,486	15,22	31,97	13,24
ТП4	0,026	0,774	0,775	8,60	14,44	7,48
ТП4 _{нн}	3,075	10,989	11,411	15,32	32,18	13,33
ТП5	0,026	0,828	0,828	8,05	13,52	7,00
ТП5 _{нн}	3,075	11,042	11,462	15,26	32,04	13,27

9.1 Вибір кабелів напругою 10 кВ для високовольтної мережі заводу

Згідно ПУЕ переріз кабелю повинен перевірятись за економічною щільністю струму.

Обираємо кабель для лінії (КЛ-1) від ГЗП до ТП №1.

Площа поперечного перерізу кабелю :

$$F_e = I_p / (n J_{ек}) = 26,6 / (1 \cdot 1) = 26,6 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Де } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} = 459,6 / (1,73 \cdot 10) = 26,6 \text{ А}$$

Прийнято кабель ААШв - 3×35 мм² з допустимим струмом $I_{доп} = 115 \text{ А}$

Превірка кабеля за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_p = K_n I_{доп} = 26,6 \leq 115$$

Перевіряємо кабель по умові роботи в аварійному режимі

$$I_{ав} = K_n K_{ав} I_{доп} = 37,2 \text{ А} \leq 1 \cdot 1,35 \cdot 115 = 155,25 \text{ А} > I_p,$$

При попередньому навантаженні

$$K_z = I_p / (K_n \cdot I_{доп}) = 26,6 / (1 \cdot 115) = 0,23$$

Мінімальна площа поперечного перерізу кабеля за умовою термічної стійкості:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{79,5} = 1,18 \text{ мм}^2,$$

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

B_k - тепловий імпульс:

$$B_k = I_{н.о.}^2 (t_{отк} + T_a) = 8,77^2 \cdot (1,00 + 0,05) = 79,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

В зв'язку з тим, що вибраний кабель з площею перерізу 35 мм² не задовільняє умові термічної стійкості кабелю, приймаємо до прокладки кабель з площею перерізу 95 мм².

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інші кабелі системи електропостачання заводу обираються аналогічно, розрахунки зводяться до таблиці 9.2.

Таблиця 9.2. Вибір високовольтних кабелів 10 кВ

№КЛ	S _р , кВА	n	I _p	I _{p.ав}	F _{ек} , мм	Марка кабеля	I _{доп} , А	I _p ≤ I _{ав}	B _к	F _{min}	I'', кА
КЛ-ТІІ1	459,6	1	26,6	37,2	26,6	ААШВ(3× 35)	115	26,6<132,3	79,47	94,8	8,7
КЛ-ТІІ2	459,6	1	26,6	37,2	26,6	ААШВ(3× 35)	115	26,6<132,3	79,47	94,8	8,7
КЛ-ТІІ3	435,4	1	25,2	35,2	25,2	ААШВ(3× 35)	115	25,2<132,3	79,47	94,8	8,7
КЛ-ТІІ4	444,1	1	25,7	35,9	25,7	ААШВ(3× 35)	115	25,7<142,4	79,47	94,8	8,7
КЛ-ТІІ5	355,8	1	20,6	28,8	20,6	ААШВ(3× 35)	115	20,6<97,1	79,47	94,8	8,7

9.2. Вибір електричних апаратів високої напруги

На стороні 35 кВ ГЗП вибираємо вакуумні вимикачі ВРС-35

Вибір параметрів вимикачів зводимо в таблицю 11.3.

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

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

$$B_k = I''^2 (t_{отк} + T_a) = 3,2^2(2,11+0,025) = 21,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблиця 9.3. Вибір вимикачів 35 кВ на вводах ГЗП

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
71,1	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
3,2 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 3,2 \cdot e^{-0,09/0,025} = 0,14 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1+\beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 20 = 2,82 \text{ кА}$
3,2 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
6,8 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	51 кА
21,1 кА ² · 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. Вакуумні вимикачі ВР1 відповідають вимогам ГОСТ 687, ГОСТ 18397 і ТУ У 22588376.008-98 і виробляються в умовах, що контролюються системою менеджменту якості, який функціонує у відповідності до вимог ISO 9001

Таблиця 9.4 Вибір вимикачів на вводі 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані ВР-1
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
2. $I_{роб\max} \leq I_{ном}$	$I_{роб\max} = 255,5$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
3. $I_{нт} \leq I_{отк.ном}$	$I_{нт} = I'' = 8,77 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$
4. $\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} = \sqrt{2} 8,77 + 0 = 4,5 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 40/100) = 39,48 \text{ кА}$
11. $I'' \leq I_{дип}$	$I'' = 8,77 \text{ кА}$	$I_{дип} = 20 \text{ кА}$
6. $i_{уд} \leq i_{дип}$	$i_{уд} = 14,9 \text{ кА}$	$i_{дип} = 52 \text{ кА}$
7. $B_k \leq I_t^2 \cdot t_T$	$B_k = 80,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_t^2 \cdot t_T = 20^3 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

$$S_p = 4342 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$I_{роб\max} = 255,5 \text{ А}$$

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 8,77 \cdot e^{-0,12/0,097} = 4,5 \text{ кА},$$

$$\text{де } t = t_{p3\min} + t_B = 0,05 + 0,07 = 0,12 \text{ с},$$

$$B_k = I''^2 (t_{отк} + T_a) + 8,77^2 (1,0 + 0,097) = 80,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$\text{де } t_{отк} = t_{p3} + t_B = 0,1 + 0,55 + 0,45 = 1 \text{ с}$$

Таблиця 9.5 Вибір вимикачів для відходящих ліній 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
2. $I_{роб\max} \leq I_{ном}$	$I_{роб\max} = 36,5$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
3. $I_{нт} \leq I_{отк.ном}$	$I_{нт} = I'' = 8,21 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$
4. $\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} I_{нт} + i_{ат} = \sqrt{2} 8,21 + 0 = 4,22 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 40/100) = 39,48 \text{ кА}$
11. $I'' \leq I_{дип}$	$I'' = 8,21 \text{ кА}$	$I_{дип} = 20 \text{ кА}$
6. $i_{уд} \leq i_{дип}$	$i_{уд} = 13,79 \text{ кА}$	$i_{дип} = 52 \text{ кА}$
7. $B_k \leq I_t^2 \cdot t_T$	$B_k = 69 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_t^2 \cdot t_T = 20^3 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір роз'єднувачів.

На стороні ВН ГЗП обираємо роз'єднувачі типу РНДЗ,1-35/1000 У1. Дані по вибору та перевірці наведені в таблиці 11.6

Таблиця 9.6 Вибір роз'єднувачів на стороні 35 кВ

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
67,6 А	$I_{\max} \leq I_{ном}$	1000 А
6,8	$i_{уд} \leq i_{дин}$	63 кА
21,1 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір розрядників

Захист обладнання підстанцій від атмосферних і внутрішніх перенапруг досягається встановленням вентильних розрядників та обмежувачами перенапруги. Установка розрядників необхідна на вводах силових трансформаторів, підключеним до повітряних ЛЕП.

Обрано вентильний розрядник типу РВС-35У1 з параметрами $U_H = 35$ кВ. Він призначений для захисту від атмосферних і короткочасних внутрішніх пошкоджень ізоляцій електрообладнання електростанцій і підстанцій змінного струму.

На стороні 10 кВ (ГЗП) обираємо пристрої типу РВО-10У1 та ОПНС-10. Технічні дані: $U_{ном} = 10$ кВ, $U_{найб} = 12,7$ кВ. При $f = 50$ Гц 26 кВ $< U_{проб} < 30,5$ кВ, $t = 8$ мкс, $I = 3000$ А, згідно [20].

Вибір потужності схем живлення трансформаторів власних потреб (ТВП)

Власні потреби підстанції є одним з найбільш відповідальних споживачів.

До електроспоживачів системи власних потреб (ВП) трансформаторної підстанції належать: електромотори вентиляції силових трансформаторів та синхронізованих компенсаторів; ланцюг керу струмом; механізми обігріву рубильників, роз'єднувачів, закорочувачів та шаф комплектних розподільних пристроїв зовнішньої установки (КРПЗ) з вмонтованими електроапаратами й вимірювальними приладами; основне, резервне освітлення та опалення.

Найбільш критичними споживачами ВП підстанції вважаються ланцюг керуючого струму, комплекси релейного захисту, комунікації та дистанційного керування, системи охолодження трансформаторних установок, протипожежні комплекси, електроприймачі компресорного обладнання.

Додатково варто відзначити, що система власних потреб підтримує комерційну ключову роль у забезпеченні надійності та безперебійності роботи всього енергетичного об'єкта.

Для вибору потужності споживачів власних потреб складаємо таблицю 9.7.

						Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.7 – Розрахунок навантаження 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	0,85	0,62	5,0	3,1
Підігрів вимикачів 35 кВ	2,8х3	8,4	1	0	8,4	-
Підігрів комірок КРП – 10 кВ	1х13	13	1	0	13	-
Освітлення, вентиляція приміщення КРП	7	7	1	0	7	-
Навантаження, що споживають оперативні ланцюги	2	2	1	0	2	-
Всього:					35,4	3,1

Розрахункове навантаження трансформаторів власних потреб визначається:

$$S_{\text{розр}} = k_c \sqrt{P_{\text{уст}}^2 + Q_{\text{уст}}^2} = 0,8 \sqrt{35,4^2 + 3,1^2} = 28,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Приймаємо два трансформатора ТМ-25/10.

За умови вимкнення одного трансформатора інший буде завантажений на $1,11 < 1,4$, тобто менше ніж 140%, що є допустимим.

10. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Висока вартість енергоресурсів зумовила останніми роками кардинальну зміну відношення до організації енергообліку в промисловості і інших енергоємних галузях (транспорт і житлово-комунальне господарство). Сучасна торгівля енергоресурсами заснована на використуванні автоматизованого приладового енергообліку, що зводить до мінімуму участь людини на етапі вимірювання, збору і обробки даних і забезпечуючого достовірний, точний, оперативний і гнучкий, адаптується до різних тарифних систем облік, як з боку постачальника енергоресурсів, так і з боку споживача. З цією метою, як постачальники, так і споживачі створюють на своїх об'єктах автоматизовані системи контролю і обліку енергоресурсів - АСКУЕ. За наявності сучасної АСКУЕ промислове підприємство повністю контролює весь свій процес енергоспоживання і має нагоду за узгодженням з постачальниками енергоресурсів гнучко переходити до різних тарифних систем, мінімізуючи свої енерговитрати.

Сьогоднішній день промислових підприємств в області енергообліку пов'язаний з упровадженням сучасних АСКУЕ. Хід розвитку світової енергетики і промисловості показує, що альтернативи принципу "все треба враховувати і за все треба платити" ні. І якщо сьогодні комусь ще вдається безконтрольно користуватися чужими енергоресурсами, то завтра це стане просто неможливо, і переваги будуть у того, у кого всі процеси енергоспоживання будуть вже під повним контролем.

10.1. Структура АСКУЕ

Вирішення питань енергообліку на виробництві потребує розробки автоматизованої системи моніторингу та обліку енергоресурсів (АСМОЕ), в архітектурі якої фактично можна виокремити чотири ключові рівні:

						Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

· перший рівень - первинні вимірювальні пристрої (ПВП) з телеметричними або цифровими інтерфейсами, що забезпечують безперервно або з мінімальною проміжком усереднення вимірювання показників енергообліку споживачів (споживання електроенергії, потужність, тиск, температура, обсяг енергоносія, кількість теплоти з енергоносієм) за точками контролю (фідер, трубопровід тощо);

· другий рівень - пристрої збору та обробки даних (ПЗПД), спеціалізовані вимірювальні комплекси або багатофункціональні програмовані конвертери з інтегрованим програмним забезпеченням енергообліку, що містяться у встановленому циклі інтервалу усереднення цілодобового збірника вимірювальної інформації з територіально розподілених ПВП, накопичення, обробки та передачі цих відомостей на вищі щаблі;

· третій рівень - персональний комп'ютер (ПК) або серверне обладнання центру збору та обробки інформації зі спеціалізованим програмним забезпеченням АСКОЕ, що забезпечує збір даних з ПЗПД (або групи ПЗПД), кінцеву обробку цієї інформації як за точками обліку, так і за ними. групами - по підрозділах і об'єктах підприємства, документування та візуалізація облікових даних у форматі, зручному для аналізу та прийняття управлінських рішень оперативним персоналом служби головного енергетика та керівництвом компанії;

· четвертий рівень - серверна система центру збору й обробки інформації зі спеціалізованим програмним забезпеченням АСКОЕ, що виконує збір даних з ПК та/або груп серверів центрів збору й обробки інформації третього рівня, додаткову агрегацію та структурізацію інформації за групами обліку об'єктів, документування та відображення даних обліку у вигляді, зручному для аналізу та прийняття рішень персоналом служби головного енергетика та керівництвом територіально розподілених середніх і великих підприємств або енергосистем, ведення договорів на постачання енергоресурсів та формування розрахункових документів для оплати за енергоресурси;

Усі рівні АСКОВ об'єднані між собою між каналами передачі даних. Для комунікації рівнів ПВП і ПЗПД або центрів збору використовують безпосереднє підключення через стандартні інтерфейси (такі як RS-485, ІРПС тощо). ПЗПД з центрами збору даних рівня енергосистеми можуть бути об'єднані через розподіл, комутовані канали зв'язку або через локальну мережу підприємства.

Система автоматизованого комерційного обліку електроенергії АСКОВ Сиркомбінату є багаторівневою розподіленою автоматизованою системою вимірювання та обліку активної та реактивної електричної енергії та потужності.

Система забезпечує автоматичний збір, накопичення, аналіз, зберігання та відображення отриманої інформації, витрати розрахунків вартості електроенергії за точками обліку Сиркомбінату та формує відповідну звітність.

10.2. Основні технічні характеристики

Межі відносної похибки вимірювальних каналів, що допускається, по активній і реактивній енергії і потужності визначаються умовами експлуатації і погрішністю що входять в них пристроїв. Див. табл. 10.1.

Таблиця 10.1 Відносні похибки вимірювальних каналів

№ п/п	Клас ліч-ка	Клас ТТ	Клас ТН	Межа відносної похибки ВК по енергії в нормальних умовах застосування	Межа відносної похибки ВК по енергії в робочих умовах застосування	Межа відносної похибки ВК по потужності в нормальних умовах застосування	Межа відносної похибки ВК по потужності в робочих умовах застосування
КО	0.5S	0.5	0.5	0,40	0,42	0,45	0,47
ТО ₁	0.5	0.5	0,5	0,89	0,92	0,97	1,00
ТО ₂	1	0.5	0,5	1.24	1.30	1.40	1,45

Основні технічні характеристики системи представлені в табл.10.2.

Таблиця 10.2. Технічні характеристики системи

Найменування параметрів	Значення параметрів
Допустимий діапазон робочих температур:	
ЕОМ	(- 10° + 55 °С)
Зберігання даних в контролерах при відключенні живлення	до 5 років
Кількість лічильників, що підключаються до одного контролера збору	до 64
Контролери ПЗПД	(- 40° + 70 °С)
Лічильники	(- 25° + 55 °С)
Максимальне видалення ItekBrd64 від контролера збору ІТЕК-210	до 1200 м
Максимальне видалення контролера збору від ЦПДС	до 8 км
Максимальне видалення лічильників від ItekBrd64	до 500 м
Модуль ItekBrd64	(- 40° + 70 °С)
Період опиту контролерів	1 хв.
Період опитування лічильників	0,01 с
Період опитування ItekBrd64 контролерами	0,1с.
Середнє напрацювання на відмову	100000 годин.
Термін служби	10 років.

При розробці АСКУЕ важливо активно використовувати міжнародні індустріальні нормативи та концепцію модульного конструювання багаторівневих розподілених комплексів. Застосування міжнародних стандартів забезпечує взаємодію компонентів від різних виробників.

Модульна структура дозволяє легко розширювати систему за потреби. Використані перевірені промислові стандарти забезпечують стабільність роботи системи. Спрощується об'єднання АСКУЕ з іншими системами автоматизації підприємства.

Таблиця 10.3. Комплектність приладів для організації обліку

Найменування і позначення (тип)	Клас точності %	К-ть
Електролічильник А1800	0,5	2
Електролічильник НІК 2303АРТР1	1,0	6
Трансформатор струму ТЛК	0,5	32
Трансформатор напруги ТФЗМ – 35А – У1	0,5	2
Трансформатор струму ТПЛ	0.5	12
Трансформатор напруги НАМИ	0,5	2

10.3. Основні задачі АСКУЕ на підприємстві

Можна виокремити два завдання, що реалізуються за допомогою моніторингу та обліку постачання/споживання енергоресурсів, незалежних від технічних інструментів, що застосовуються для цього:

Забезпечення розрахунків за енергоресурси відповідно до фактичного обсягу їх постачання/використання.

Оптимізація виробничих і невиробничих витрат на енергетичні ресурси.

Завдяки різноманітним методам досягнення ці оптимізація витрат на енергоресурси може бути здійснена як без скорочення обсягу споживання енергоресурсів, так і за рахунок зменшення кількості спожитих енергоресурсів.

Це може включати впровадження енергоефективних технологій, оптимізацію робочих процесів та підвищення енергетичної свідомості персоналу.

Важливість впровадження АСКУЕ дозволить у стабільній економіці енергоресурсів та коштів підприємства при мінімальних початкових фінансових вкладеннях. Розмір економічного ефекту від використання АСКУЕ сягає на підприємствах у середньому 15-30% від щорічного споживання енергоресурсів, а повернення інвестицій на створення АСКУЕ відбувається за 2-3 квартали. Це робить АСКУЕ надзвичайно привабливим інструментом для підвищення ефективності бізнесу.

АСКУЕ підприємства виступає ключовим механізмом для виконання завдань розрахунків за енергоресурси з їх постачальниками, постійної оптимізації використання енергоносіїв та зменшення частки енерговитратів у собівартості продукції компанії. Крім того, АСКУЕ дозволяє підприємству ефективніше планувати свою діяльність, прогнозувати витрати на енергоресурс та приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо енергетичної політики.

10.4. Обґрунтування системи комерційного та технічного контролю і обліку енергоресурсів

Комерційний облік електричної енергії, спрямований на фіксацію виробленої та відпущеної споживачам електроенергії для фінансових розрахунків за нею. Вимірювальні прилади, що застосовуються для ведення розрахункового обліку, іменуються комерційними лічильниками.

Технічним видом електроенергії перевіряється моніторинг споживання електроенергії в межах електростанцій, трансформаторних підстанцій, виробничих об'єктів, офісних приміщень, житлових помешкань тощо. Пристрої, встановлені для технічного моніторингу, називаються лічильниками технічного обліку.

						Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимірювальні прилади для розрахунків енергопостачальної компанії зі споживачами електроенергії рекомендовано розміщувати на кордоні розмежування мережі (за балансовою належністю) енергопостачальної організації та клієнта. На підстанціях енергосистеми комерційні лічильники активної енергії повинні бути встановлені на шкірній лінії електропередачі, що належить споживачам.

Допускається встановлення лічильників технічного обліку на вході підприємства, якщо комерційний облік з цим підприємством буде створено за вимірювальними приладами, розташованими на підстанціях та електростанціях енергосистеми.

Комерційний облік впроваджуємо на межі балансової відповідальності підприємства та енергосистеми на шинах 35 кВ. Втрати в повітряній магістралі, що живе завод, шукаємо шляхом розрахунків або як різницю показуємо між лічильниками на підстанції енергосистеми та приладами комерційного обліку. Для проведення обліку використовується електронний лічильник моделі A1800, призначений для моніторингу електроспоживання на промислових об'єктах. Розрахунок точок комерційного обліку не потрібен, наступне підприємство має єдину точку приєднання до лінії енергосистеми.

Для здійснення технічного обліку обираємо електронні лічильники з телеметричним та цифровим виходом типу НИК 2303 АРТ1. Ці прилади встановлюємо на відгалужувальних лініях до трансформаторних підстанцій в комірках КРП-10 кВ заводу. Лічильники підключаються через трансформатори струму та напруги. Обмін даними між лічильниками альфа та контролером ІТЕК здійснюється за допомогою комп'ютерного інтерфейсу та реалізується відповідно до стандартів DLMS і MEK1107.

Додатково варто відзначити, що впровадження сучасної системи обліку електроенергії дозволяє підприємству оптимізувати споживання енергоресурсів, знизити витрати та підвищити загальну енергоефективність

						Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва. Це, у свою чергу, сприяє зниженню собівартості продукції та підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку.

10.5. Розробка системи комерційного та технічного обліку і контролю електроспоживання

У якості пристрою збору передачі даних використовується контролери ЕКОМ 3000 призначені для передачі даних на автоматизоване робоче місце (АРМ) у відділі головного енергетика. Принципова схема обліку енергоресурсів представлена на рис. 10.1.

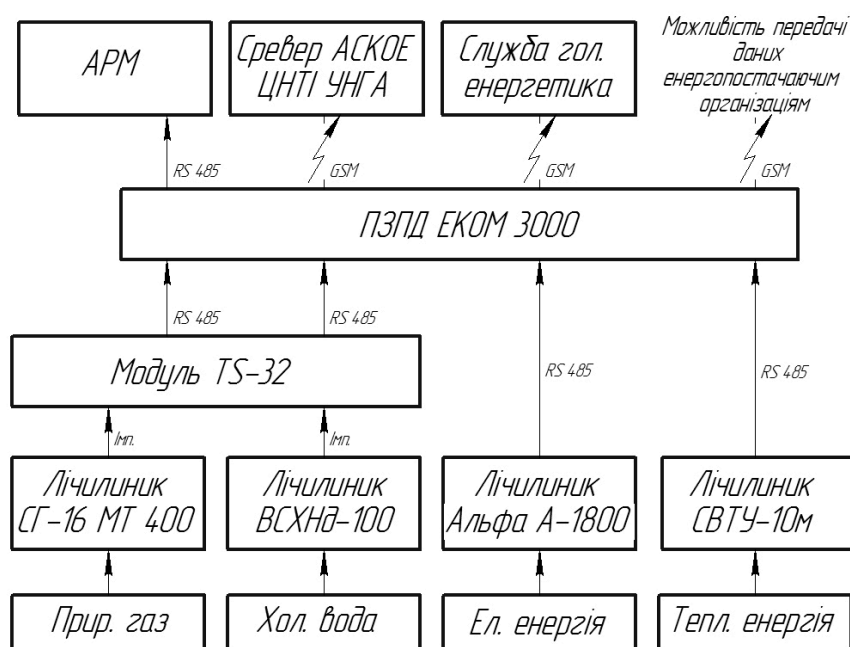


Рис. 10.1 — Принципова схема обліку енергоресурсів

Збір показань вимірювальних приладів та аналіз підготовки інформації за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Зв'язок між мультиплексором (контролером) та лічильниками реалізується через інтерфейс RS 485.

Дані про споживання енергоресурсів з вимірювальних пристроїв передаються через мікропроцесорний блок обробки імпульсних сигналів або

також до встановлення збору та передачі даних (УЗПД). Після обробки отриманої інформації вона транслюється на автоматизоване робоче місце (АРМ) у котельні або до відділу головної енергетики та серверної автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) ДП «Кіровоградтепло» ТОВ «ЦНТІ УНГА».

Крім того, існує можливість передачі даних відповідними каналами зв'язку на локальний сервер бази даних енергопостачальних організацій. На наступному етапі планується також інтеграція з АСКОЕ регіонального та центрального рівнів.

Така система лише забезпечує прозорість розрахунків з енергопостачальними організаціями, але й надає потужний інструмент для енергоменеджменту підприємства, що у довготривалій перспективі підвищує енергоефективність та конкурентоспроможність бізнесу.

10.6 .Розрахунок метрологічних характеристик системи обліку електроспоживання

Трансляція даних від лічильників (ЛЧ) до пристроїв збору та підготовки даних (ПЗПД) реалізується в цифровому форматі з використанням спеціалізованих комунікаційних протоколів, які забезпечують верифікацію отриманої інформації. Таким чином, найсуттєвіша похибка вимірювань, що перевищують нормативні показники, спостерігається на першому рівні. До цього належать первинні вимірювальні трансформатори струму і напруги, ЛЧ та з'єднувальні лінії - все це формує вимірювальний канал (ВК). Загалом, до ВК також відносяться комунікаційні лінії інформаційних виходів ЛЧ з ПЗПД.

Нагальним завданням, яке потребує рішення для підвищення точності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), є створення алгоритму корекції результатів вимірювань, які відповідно до вимог необхідно виконати в ПЗПД.

$$\delta_{pl} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{TH}^2 + \delta_{TT}^2 + \delta_{сч}^2}$$

Основний вплив на похибку ТС надають величина завантаження по струму і величина опору вторинного ланцюга. Завантаження трансформаторів струму часто відповідає 5-15%, що приводить до збільшення похибки.

Другим джерелом похибки ВК є ТН. На похибку ТН впливає вторинне завантаження ТН.

$$\delta_{TH}[\%] = -0,73 \cdot K_3 + 0,35$$

Таблиця 10.4. Розрахункові дані кола вимірювання активної енергії

№ ячейки	P _p	Q	I _p	K _{тТ}	I ₂	I _{2н}	K ₃	δ _а ,%	δ _{тТдоп} ,%	δ _{тН} ,%	K _{зтН}	δ _Σ ,%
1	187,5	165,4	18,06	6	3,011	5	0,602	0,65	0,2	0,751	0,534	1,124
3	187,5	165,4	18,06	6	3,011	5	0,602	0,65	0,2	0,751	0,534	1,124
5	994,98	314,7	95,86	30	3,195	5	0,639	0,53	0,2	0,751	0,534	1,042
7	529,39	318,8	51,00	12	4,250	5	0,850	0,59	0,2	0,751	0,534	1,080
ввід	1998,7	271,35	192,55	40	4,814	5	0,963	0,51	0,2	0,751	0,534	1,029

Таблиця 10.5. Розрахункові дані кола вимірювання активної енергії

№ ячейки	Q	I _p	K _{тТ}	I ₂	I _{2н}	K _{зтТ}	δ _p ,%	δ _{тТдоп} ,%	δ _{тН} ,%	K _{зтН}	δ _Σ ,%
1	165,35	9,56	6	1,59	5	0,319	4,63	0,2	0,6875	0,45	5,2003
3	165,35	9,56	6	1,59	5	0,319	4,63	0,2	0,6875	0,45	5,2003
5	314,68	18,19	30	0,61	5	0,121	2,11	0,2	0,6875	0,45	2,4741
7	318,8	18,43	12	1,54	5	0,307	3,61	0,2	0,6875	0,45	4,0864
ввід	271,35	15,68	40	0,39	5	0,078	0,94	0,2	0,6875	0,45	1,3131

10.7. Вибір лічильників для обліку та контролю енергоспоживання

Газовий лічильник обрано згідно технічного завдання на проектування та технічних характеристик котлів 10,5 МВт.

Мінімальне споживання газу $Q_{\min} = 270 \text{ м}^3/\text{год}$

Максимальне споживання газу $Q_{\max} = 1370 \text{ м}^3/\text{год}$

Середня температура - 10°C

Середній тиск (абсолютний) – $1,85 \text{ кгс/см}^2$

Діаметр газопроводу (Ду) - 100 мм

Діаметр газопроводу в місці установки лічильника (Ду) - 100 мм

Вибір первинного перетворювача витрати газу

Відповідно до методики МВУ 016/03-2003, межі вимірювання лічильником повинні бути в межах, м^3 :

$$Q_{\min} = Q_{\min 0} \cdot (t_{\text{ср}} + 273,15) / (A \cdot P_{\text{ср}}) = 270 \cdot (10 + 273,15) / (2893,2 \cdot 0,181) = 145,6$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot Q_{\max 0} \cdot (t_{\text{ср}} + 273,15) / (A \cdot P_{\text{ср}}) = \\ = 1,1 \cdot 1370 \cdot (10 + 273,15) / (2893,2 \cdot 0,181) = 814,8$$

Для перевірки вибору лічильника скористаємося умовою що $G_{\max. \text{ліч}} \geq G_{\max. \text{сп}}$

$$G_{\max. \text{сп}} = Q_{\text{січ}} \cdot 24 \cdot 30 = 825,91 \cdot 24 \cdot 30 = 594655 \text{ м}^3:$$

$$G_{\max. \text{ліч}} = 1440000 \text{ м}^3 \geq G_{\max. \text{сп}} = 594655 \text{ м}^3$$

Отже після перевірки всіх умов приймаємо лічильник газу СГ16МТ.

Лічильник холодної води.

За технічним завданням та технічних характеристик котлів 10,5 МВт:

Мінімальне споживання води $Q_{\min} = 127 \text{ м}^3/\text{год}$

Максимальне споживання води $Q_{\max} = 210 \text{ м}^3/\text{год}$

Середня температура - 10°C

Діаметр водопроводу (Ду) - 100 мм

Діаметр водопроводу в місці установки лічильника (Ду) - 100 мм

Отже з дотриманням вищевказаних умов приймаємо лічильник холодної води ВСХНд-100.

Тепловий лічильник.

Згідно розрахунку теплові навантаження об'єкту складають:

$Q = 3,94$ - загальне теплове навантаження, Гкал /год.;

$Q_{оп} = 2827$ - теплове навантаження на опалення, кВт *год.

Годинна вагова витрата мережної води, що поступає у систему теплопостачання, т/год.:

$$G = \frac{Q_{\Sigma}}{(t_1 - t_2)} \cdot 10^3 = \frac{3,94}{(95 - 70)} \cdot 10^3 = 157,6$$

Згідно розрахунків на тепловодолічильник СВТУ-10М підбираємо тепловодолічильник

Втрата тиску двоканального вузла обліку становлять:

$$P = (0,005 + 0,051 + 0,0152 + 0,014) \cdot 2 = 0,1704 \text{ м (0,0017 МПа)}.$$

Межа відносної похибки лічильників при вимірюванні об'єму (маси) теплоносія (води): від Q_{min} (включно) до Q_t - $\pm 3,0 \%$; від Q_t (включно) до Q_{max} (включно) - $\pm 2,0 \%$.

Межа допустимої похибки лічильників при вимірюванні температури теплоносія - $\pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Межа допустимої похибки лічильників при вимірюванні різниці температур складають $\pm (0,1 + 0,001 \cdot \Delta T) \text{ }^{\circ}\text{C}$, де ΔT - числове значення різниці температур

						Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні роботи були проведені розрахунок електричних та теплових навантажень. Побудовані добові графіки електричних та теплових навантажень, а також річні графіки за тривалістю.

Проведене техніко-економічне порівняння схем зовнішнього і внутрішнього електропостачання виявило виконання розподільчої мережі кабелем 10 кВ з виконанням на території підприємства центрального розподільчого пристрою із застосуванням радіальної схеми електропостачання. Для компенсації реактивної потужності необхідно встановити конденсаторні установки в мережі 0,4 та 10 кВ.

З розрахунків проведених в роботі можна зробити висновок, що використання високої напруги, навіть при досить низькому навантаженні може бути економічно доцільне, через зниження тарифу на електроенергію.

Економічно доцільною є максимальна компенсація реактивної потужності, оскільки зменшується завантаження ліній та трансформаторів та втрати в них.

Розрахунок струмів короткого замикання проводився для вибору і перевірки електричних апаратів, кабельних ліній. Для розрахунків була складена схема заміщення схеми електропостачання.

В спеціальному розділі вибрані схеми обліку режимних параметрів електромережі, проведено вибір схем контролю підприємства з обґрунтуванням системи комерційного і технічного обліку і контролю системи електроспоживання, розробленням інформаційної моделі контролю і управління системою електроспоживання, створення АСКУЕ.

Для сиркомбінату розроблено сучасну систему обліку енергоресурсів на базі ПЗПД "Еком 3000". Зв'язок з системою обліку енергоресурсів прилад здійснює за допомогою цифрового інтерфейсу RS-232.

						Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. . П.Г. Плешков, А.І. Котиш, А.Ю. Орлович - Методичні вказівки до виконання дипломного проекту (електропостачання заводу). – Кіровоград: КДТУ, 2004. – 133 с.
2. Будівельна кліматологія. ДСТУ-Н Б В.1.-27:2010.
3. Щекин Р.В., Корневский С.М., Беем Г.Е. Справочник по теплоснабжению и вен1. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: Навчальний посібник – Харків: ХІУ, 2002.
4. Плешков П.Г. Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007. – 386 с.
5. Стогній Б. С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення/Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, С. П.
6. Рожков П. П. Контроль та облік електричної енергії/П. П. Рожков, С. Е. Рожкова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. – 107 с.
7. Стасюк О. І. Принципи і методи комп'ютерної інтелектуалізації мереж
8. Електропостачання залізниць/О. І. Стасюк, Л. Л. Гончарова.//інформацно –керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. – №6. – С. 10–18.
9. Концепція функціонування і розвитку Оптового ринку електроенергії України/Матеріали науково-практичної конференції, Київ, 25 липня 2002р. – Х.: Енерго Клуб України, 2002. – 72 с.
10. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги. Стандарт ОРЕ//Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол №15 від 27.01.2006 р.