

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

“Допущено до захисту”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ П. Плешков

“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**«Розробка системи енергетичного контролю механоскладального
корпусу АТ «Ельворті»**

**Development of the energy control system of the mechanical assembly
workshop of JSC "Elworthy"»**

Виконав здобувач IV курсу групи ЕНМ-20-Зск
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ В.Піцик
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проекту
професор, канд. техн. наук
_____ П.Плешков

« ____ » _____ 2023 р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

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»

Освітньо-професійна програма Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Плешков П.Г.

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ *Піщика Віталія Сергійовича*

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка системи енергетичного контролю
механоскладального корпусу АТ «Ельворті»**

2. Керівник роботи (проекту) *Плешков Петро Григорович, к.т.н., професор*

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 5.06.2023 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) _____
Коротка характеристика технологічного процесу; Визначення електричних
навантажень; Розрахунок теплових навантажень та побудова графіків
теплового споживання; Вибір системи та джерела теплопостачання;
Розробка автоматизованої системи енергетичного контролю
електроспоживання МСК; Розробка системи енергетичного контролю за
якістю електроенергії; Висновки

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	1.05.23	
2	<i>Коротка характеристика технологічного процесу</i>	5.05.23	
3	<i>Визначення електричних навантажень</i>	9.05.23	
4	<i>Розрахунок теплових навантажень та побудова графіків теплового споживання</i>	15. 05.23	
5	<i>Вибір системи та джерела теплопостачання</i>	19. 05.23	
6	<i>Розробка автоматизованої системи енергетичного контролю електроспоживання МСК;</i>	22. 05.23	
7	<i>Розробка системи енергетичного контролю за якістю електроенергії;</i>	25. 05.23	
8	<i>Висновки</i>	29. 05.23	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки ВКР</i>	31. 05.23	
10	<i>Оформлення презентаційної частини ВКР</i>	2.06.23	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2023р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 79 с.; 14 рис.; 22 табл.; 9 джерел

Піцик В. С. Розробка системи енергетичного контролю механоскладального корпусу АТ «Ельворті» – Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи енергетичного контролю механоскладального корпусу АТ «Ельворті». Проведено проектування, яке задовольняє вимогам економічності та надійності роботи. В роботі здійснено розрахунки силових, освітлювальних та теплових навантажень. Розрахунки теплового навантаження включали в себе визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання.

Розробка автоматизованої системи енергетичного контролю електроспоживання включає в себе дослідження та вибір структури АСКОЕ, обґрунтування вибору системи комерційного та технічного контролю і обліку енергоресурсів, вибір комплексних схем обліку та допоміжних технічних засобів контролю за електроспоживанням.

В спеціальному розділі досліджено систему енергетичного контролю за якістю електроенергії з метою впровадження методів та технічних заходів по забезпеченню якості електроенергії.

Ключові слова: електричні навантаження, теплові навантаження, автоматична система контролю та обліку електроенергії, технічний та комерційний облік, лічильники електричної енергії, якість електричної енергії.

ABSTRACT

Qualification work: 79 p.; Fig. 14; 22 tables; 9 sources

Pitsik V. S. Development of the energy control system of the mechano-assembly building of JSC "Elworthy" - Manuscript.

Qualification work on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Energy Management". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The qualification work is devoted to the development of the energy control system of the mechano-assembly building of Elworthy JSC. The design was carried out, which meets the requirements of economy and reliability of work. Power, lighting and thermal loads were calculated in the work. Heat load calculations included determination of heat loads for heating, ventilation and hot water supply.

The development of an automated system of energy control of electricity consumption includes the study and selection of the structure of ASKOE, the justification of the choice of a system of commercial and technical control and accounting of energy resources, the selection of complex accounting schemes and auxiliary technical means of control of electricity consumption.

In a special section, the system of energy control over the quality of electric power is studied in order to implement methods and technical measures to ensure the quality of electric power.

Keywords: electric loads, thermal loads, automatic system of control and accounting of electricity, technical and commercial accounting, electricity meters, quality of electric energy.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	8
2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	9
2.1. Розрахунок освітлювального навантаження	9
2.2. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі напругою 0,4 кВ .	10
2.3. Розрахунок електричних навантажень в мережі з напругою вище 1000 В..	15
2.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства.....	21
2.5. Побудова картограми споживання електроенергії	24
3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ТЕПЛОВОГО СПОЖИВАННЯ.....	26
3.1. Розрахунок теплових навантажень на опалення.....	26
3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію.....	27
3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання	28
3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання.....	30
4. ВИБІР СИСТЕМИ ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	34
5. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ МСК	39
5.1. Структура АСКОВЕ	39
5.2 Функції системи АСКОВЕ.....	41
5.3. Основні технічні характеристики.....	47
5.4. Функції системи АСКОВЕ.....	52
5.5. Обґрунтування вибору системи комерційного та технічного контролю і обліку енергоресурсів	53
5.6. Вибір комплексних схем обліку та допоміжних технічних засобів контролю за електроспоживанням	57

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Піцик В.				Розробка системи енергетичного контролю механоскладального корпусу АТ «Ельворті»	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Плешков П.Г.						3	
Н. Контр.						ЦНТУ ЕНМ-20-3ск		
Затв.	Плешков П. Г.							

5.7. Вибір електричних схем підключення лічильників та вибір трансформаторів струму та напруги.....	59
5.8. Розрахунок метрологічних характеристик системи обліку електроспоживання.....	62
6. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ЯКІСТЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	66
6.1. Розрахунок відхилення напруги.....	68
6.2. Вибір методів та технічних заходів по забезпеченню якості електроенергії.....	72
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Одночасність процесів споживання та виробництва електроенергії є характерною для електроенергетики і передбачає прямий зв'язок між режимом електроспоживання та режимом роботи електростанцій електроенергетичних систем (ЕЕС). Враховуючи це, одна з основних проблем електроенергетики полягає в забезпеченні раціональних режимів роботи ЕЕС при змінному характері електричного навантаження, з урахуванням техніко-економічних можливостей різних типів електростанцій.

Крім вирішення завдань з вирівнювання графіків навантаження ЕЕС, управління електровикористанням є необхідним для підвищення ефективності роботи систем електропостачання промислових підприємств. Це стосується як споживання активної, так і реактивної потужності.

Для забезпечення надійності об'єкта необхідно дотримуватися припустимих показників якості та запобігати загрозам для безпеки людей та навколишнього середовища. Одночасно об'єкт повинен бути працездатним. Надійність систем електропостачання в цілому залежить від функціонування електроустановок, таких як електростанції, електромережі, трансформаторні підстанції та споживачі електроенергії, які є їх складовими частинами.

Електроенергія, яка генерується енергетичною компанією, повинна передаватися споживачам у потрібних обсягах та в потрібний час. Для досягнення цієї мети використовуються система розподілу, високовольтні та низьковольтні струми, які є ключовими компонентами.

На сьогоднішній день робота енергосистеми та електропостачання промислових підприємств практично повністю автоматизовані. Це дозволяє вирішувати основні завдання, такі як захист, регулювання напруги, потужності, облік електроенергії та інші, з високою ефективністю.

Основними споживачами електроенергії на промислових підприємствах є силові промислові установки: різноманітні машини та механізми з приводними

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродвигунами, такі як верстатобробне та підйомно-кранове обладнання, вентилятори, компресори, насоси, транспортні засоби та інші; електричні освітлювальні пристрої - освітлювальні системи, які використовуються для освітлення робочих приміщень, офісів та інших просторів на підприємстві; електролізні та електротермічні установки - пристрої, які використовуються для електролізу речовин або здійснення електротермічних процесів у виробництві; перетворювальні агрегати для живлення двигунів - пристрої, що забезпечують живлення електродвигунів різних машин та механізмів на підприємстві; внутрішньозаводський електричний транспорт - системи електричного транспорту, включаючи електричні тягові машини та інфраструктуру для перевезення товарів та працівників на території підприємства; різні види електричних апаратів для керування технологічними процесами, електроприводами та іншими системами на підприємстві.

При виборі електротехнічних установок для промислових підприємств необхідно враховувати споживану потужність. Ця потужність повинна бути достатньо точно визначена під час проектування підприємства, щоб уникнути аварійних ситуацій, які можуть виникнути внаслідок перевантаження системи електропостачання, а також уникнути надмірних капіталовкладень.

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено систему енергетичного контролю механоскладального корпусу АТ «Ельворті», як обособленого підрозділу з проведенням техніко-економічних розрахунків і вибором електрообладнання та проектуванням розподільчих мереж.

МСК являється структурним підрозділом АТ „Ельворті”. Підприємство "Ельворті" спеціалізується на виробництві ґрунтообробної техніки для сільського господарства. У сучасній машинобудівній галузі впровадження нових методів обробки, нового обладнання та його переналаштування, а також постійне покращення моделі виробу є характерними для підприємства.

Середня потужність приводів машинобудівних станків знаходиться в діапазоні від 5 до 45 кВт. Більшість станків мають тиристорний електропривід, що означає, що вони працюють від змінного струму. Зазвичай, напруга змінного струму становить 380 В з номінальною частотою 50 Гц. З точки зору безперебійності електропостачання, більшість станків відносяться до споживачів II категорії. Це означає, що станки потребують надійного електропостачання для забезпечення ефективної роботи.

Живлення корпусу може виконуватися від пістанції ГПП2 підприємства АТ „Ельворті”. Відстань до споживачів МСК від підстанції складає 0,22 км.

У механоскладальних цехах підприємства "ельворті" здійснюється складання вузлів для культиваторів та сівалок. Потужність однофазних зварювальних трансформаторів для ручного зварювання коливається від 9 до 32 кВт. Для автоматичного зварювання під флюсом використовуються трьохфазні установки потужністю від 14 до 150 кВА. У інструментальному цеху здійснюються операції з обробки, збирання та випробування редукторів сільськогосподарських машин. Експериментальний цех оснащений унікальними випробувальними стендами, де проводяться механічні та гідравлічні випробування дослідних зразків продукції.

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.

На першому етапі проектування системи електропостачання проводиться визначення електричних навантажень. Залежно від значення цих навантажень обирається та перевіряється необхідне електрообладнання для системи електропостачання. Також розраховуються втрати потужності та електроенергії, що відбуваються в системі. Цей етап дозволяє встановити необхідну потужність та ефективність системи електропостачання для задоволення потреб споживачів.

2.1. Розрахунок освітлювального навантаження

Розрахунок освітлювального навантаження виконано на основі методики, викладеної в [3].

Результати розрахунку освітлювального навантаження зведені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Розрахунок освітлювальних навантажень

№	Найменування	F, м ²	P _о , Вт/м ²	P _в ,кВт	K _с	tgφ	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Механозбиральний цех №8	7168	10	71,68	0,85	1,73	60,9	105,4	121,75
2	Інструментальний цех №112	7168	12	86,02	0,9	0,48	77,4	37,2	85,87
3	Цех пластмас	7168	12	86,02	0,9	0,48	77,4	37,2	85,87
4	Механозбиральний цех №18	7168	12	86,02	0,9	1,73	77,4	133,9	154,69
5	Склад	512	6	3,07	0,85	1,73	2,6	4,5	5,22
6	Метизний цех	2304	12	27,65	0,9	1,73	24,9	43,0	49,72
7	Експериментальне відділення	1792	14	25,09	0,9	1,73	22,6	39,1	45,12
8	Адміністративно-побутовий корпус	1167,4	18	21,01	0,9	1,73	18,9	32,7	37,79
9	Котельня	1152	8	9,22	0,95	1,73	8,8	15,1	17,49
10	Склад сировини	1920	6	11,52	0,85	0,48	9,8	4,7	10,86
11	Склад готової продукції	768	6	4,61	0,85	0,48	3,9	1,9	4,34
12	Їдальня	1600	18	28,80	0,85	1,73	24,5	42,4	48,92
13	Територія заводу	57408	0,2	11,48	0,3	0,48	3,4	1,7	3,82
	Всього						351,6	393,32	527,6

2.2. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі напругою 0,4 кВ.

Для визначення розрахункових навантажень у системі електропостачання використовується метод впорядкованих діаграм. Цей метод є основним при розробці технічних та робочих проектів електропостачання. Впорядкована діаграма відображає послідовність та розміри електричних навантажень, що виникають в системі в різні періоди часу. Цей підхід дозволяє враховувати пікові навантаження та забезпечити ефективне функціонування системи електропостачання в умовах змінного електричного навантаження. За результатами аналізу впорядкованої діаграми розрахункові навантаження встановлюються з необхідною точністю для подальшого вибору та налагодження електрообладнання системи.

Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ виконано на основі методики, викладеної в [3].

Результати розрахунку представлені в таблиці 2.2.

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

Таблиця 2.2. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена по-		m	Кв	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну		ne	Км	Розрахункова потужність		
			тужність, кВт						Pcp	Qcp			Pp	Qp	Sp
			Одного	Сума											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	91 корпус ВАТ "Червона Зірка"														
	1 поверх														
1	Механозбиральний цех №8														
	Горизонтально протяжний	3	38 - 38	113,4	1	0,20	0,65	1,169	22,68	26,52					
	Зварювальний випрямляч	3	40 - 40	120,0	1	0,35	0,50	1,732	42,00	72,75					
	Металообробні верстати	137	1 - 38	761,0	63	0,16	0,50	1,732	121,76	210,89					
	Преси гідравлічні	21	3 - 7	91,5	2	0,17	0,65	1,169	15,56	18,19					
	Точкова зварка	11	40 - 70	710,0	1	0,35	0,50	1,732	248,50	430,41					
	Фрезерні н/а	44	8 - 16	455,6	2	0,17	0,65	1,169	77,45	90,55					
	Вентилятори	10	15 - 22	192,0	1	0,65	0,80	0,75	124,80	93,60					
	Всього по цеху	229	0,6 - 70	2443,5	116	0,27	0,57	1,445	652,75	942,91	70	1,22	794,4	942,91	1232,97
	2 поверх														
2	Інструментальний цех №112														
	Металообробні верстати	222	0,37 - 30	1523,9	81	0,16	0,50	1,732	243,82	422,31					
	Генератор високочастотний	1	87 - 87	87,0	1	0,50	0,70	1,02	43,50	44,38					
	Горизонтально протяжний	3	6,5 - 41,0	54,0	6	0,20	0,65	1,169	10,80	12,63					
	Кран	10	7,5 - 7,5	75,0	1	0,10	0,50	1,732	7,50	12,99					
	Прес	5	1,2 - 15,0	25,2	12	0,17	0,65	1,169	4,28	5,01					
	Фрезерний з ЧПУ	3	7,5 - 22,0	37,0	2	0,17	0,65	1,169	6,29	7,35					
	Всього по цеху	244	0,4 - 87	1802,1	235	0,18	0,53	1,596	316,2	504,7	41	1,39	439,5	504,67	669,22
	3 поверх														
3	Цех пластмас		-												
	Агрегат видувний	8	22 - 22	176,0	1	0,70	0,80	0,75	123,20	92,40					
	Металообробні верстати	21	0,6 - 18,5	114,6	30	0,12	0,50	1,732	13,75	23,82					
	Гідроавтоклав	6	15 - 15	80,0	1	0,40	0,90	0,484	32,00	15,50					
	Кран ТВ=40%	6	5 - 7,5	40,0	1	0,10	0,50	1,732	4,00	6,93					
	Термопластавтомат	66	11 - 82,5	3176,5	7	0,50	0,65	1,169	1588,25	1856,87					
	Прес гідравлічний	10	10,5 - 16	83,0	1	0,17	0,65	1,169	14,11	16,50					
	Шафа сушильна	24	18 - 22	512,0	1	0,80	1,00	0	409,60	0,00					

продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Вентилятори, насоси	24	5,5 - 7,5	172,0	1	0,70	0,80	0,75	120,40	90,30					
	Всього по цеху	165	0,6 - 82,5	4354,1	137	0,53	0,74	0,912	2305,3	2102,3	106	1,09	2510,9	2102,31	3274,82
4	Механозбиральний цех №18														
	Автоматична лінія	3	50 - 50	150,0	1	0,60	0,70	1,02	90,00	91,82					
	Металообробні верстати	180	0,6 - 38	1472,0	62	0,16	0,50	1,732	235,52	407,93					
	Перетворювачі частоти	3	250 - 250	750,0	1	0,70	0,80	0,75	525,00	393,75					
	Зубофрезерні верстати	13	3,0 - 22	187,0	7	0,17	0,65	1,169	31,79	37,17					
	Кран-балка ТВ=40%	13	5,0 - 8	87,5	1	0,10	0,50	1,732	8,75	15,16					
	Машина мисчна	3	3,0 - 6	12,0	2	0,40	0,60	1,333	4,80	6,40					
	Машина точкової зварки	4	40,0 - 70	250,0	1	0,35	0,60	1,333	87,50	116,67					
	Напівавтомат зварювальний	50	1,5 - 1,5	75,0	1	0,30	0,35	2,676	22,50	60,22					
	Випрямляч зварювальний	50	25,0 - 25	1250,0	1	0,35	0,80	0,762	437,50	333,37					
	Преси	27	3,0 - 22	267,0	7	0,17	0,65	1,169	45,39	53,07					
	Спец. Безцентрошліфувальний	3	13,9 - 37	80,1	2	0,25	0,65	1,169	20,03	23,41					
	Токарний автомат	114	7,5 - 62,7	3295,0	8	0,17	0,65	1,169	560,15	654,89					
	Вентилятори	25	5,5 - 22,0	380,0	4	0,65	0,80	0,75	247,00	185,25					
	Насоси	15	7,5 - 30	315,0	4	0,70	0,80	0,75	220,50	165,38					
	Всього по цеху №18	503	0,6 - 250	8570,6	416	0,3	0,71	1,003	2536,43	2544,47	69	1,20	3050,0	2544,47	3972,00
5	Склад														
	Тельфери ТВ=40%	4	3,0 - 3,0	12,0	1	0,10	0,50	1,732	1,20	2,08					
	Вентилятори	5	5,0 - 7,5	30,0	1	0,65	0,70	1,02	19,50	19,89					
	Змішувачі	8	2,2 - 2,2	17,6	1	0,50	0,50	1,732	8,80	15,24					
	Підігрівачі	8	10,0 - 10,0	10,0	1	0,60	1,00	0	6,00	0,00					
	Всього по складу	25	2,2 - 10,0	69,6	4	0,51	0,69	1,048	35,50	37,21	14	1,30	46,0	37,21	59,17
6	Метизний цех														
	Металорізальні верстати	17	3 - 32	282	10	0,12	0,7	1,02	33,84	34,52					
	Верстати в поточних лініях	89	5 - 17	1063	3	0,2	0,7	1,02	212,60	216,90					
	Насоси	8	10 - 10	80	1	0,6	0,8	0,75	48,00	36,00					
	Кран балки	6	7,5 - 7,5	45	1	0,2	0,6	1,333	9,00	12,00					
	Випрямувальні агрегати	42	8 - 32	516	4	0,6	0,9	0,484	309,60	149,95					
	Нагрівачі водяні	14	9 - 16	154	1	0,7	0,9	0,484	107,80	52,21					

продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Вентилятори	11	5 - 55	315	11	0,6	0,8	0,75	189,00	141,75					
	Насоси	14	5 - 10	103	2	0,6	0,8	0,75	61,80	46,35					
	Кран балки	4	7,5 - 7,5	30	1	0,2	0,6	1,333	6,00	8,00					
	Ел. печі опору	6	40 - 195	660	4	0,6	0,95	0,329	396,00	130,16					
	Установки ВЧ нагріву	2	70 - 70	140	1	0,7	0,8	0,75	98,00	73,50					
	Вентилятори	10	5 - 37	248	7	0,6	0,8	0,75	148,80	111,60					
	Кран балки	3	14 - 14	42	1	0,2	0,6	1,333	8,40	11,20					
	Всього по метизному цеху	106	5,0 - 195	2208	39	0,6	0,88	0,543	1334,40	724,71	23	1,17	1562,0	724,71	1721,90
7	Експериментальне відділення														
	Лабораторне обладнання	10	0,5 - 45	445	90	0,15	0,5	1,732	66,75	115,61					
	Дослідні камери	6	2,0 - 28	156	14	0,2	0,5	1,732	31,20	54,04					
	насоси	2	5,5 - 25	39	5	0,6	0,5	1,732	23,40	40,53					
	Тренувальні стенди	4	2,0 - 10	32	5	0,6	0,5	1,732	19,20	33,26					
	вентилятори	6	0,5 - 5	27	10	0,6	0,5	1,732	16,20	28,06					
	Всього по відділенню	28	0,5 - 45	699	90	0,22	0,5	1,732	156,75	271,5	28	1,41	221,3	271,50	350,27
8	Адміністративно-побутовий корпус														
	Комп'ютери	52	0,3 - 0,3	15,6	1	0,8	0,9	0,484	12,48	6,04					
	Кондиціонери	44	1,6 - 1,6	70,4	1	0,7	0,8	0,75	49,28	36,96					
	Холодильники	18	0,6 - 0,6	9,9	1	0,8	0,8	0,75	7,92	5,94					
	Сушильні шафи	6	3,0 - 10,0	36	3	0,7	0,8	0,75	25,20	18,90					
	Нагрівачі водяні	3	30,0 - 30,0	90	1	0,7	0,9	0,484	63,00	30,51					
	Вентилятори	19	3,0 - 11,0	93	3	0,6	0,8	0,75	55,80	41,85					
	Всього по АПК	142	0,3 - 30	314,9	100	0,68	0,84	0,656	213,68	140,21	21	1,14	243,3	140,21	280,77
9	Котельня														
	Димососи	5	50,0 - 50	250	1	0,7	0,8	0,75	175,00	131,25					
	вентилятори	5	32 - 32	160	1	0,7	0,8	0,75	112,00	84,00					
	Живильні насоси	5	22,0 - 22	110	1	0,7	0,8	0,75	71,50	53,63					
	Конденсатні насоси	6	19 - 19	111	1	0,6	0,8	0,75	66,60	49,95					
	Сольові насоси	7	3,2 - 3	22,4	1	0,6	0,8	0,75	13,44	10,08					
	Всього по котельні	28	3,2 - 50	653,4	15	0,67	0,8	0,75	438,54	328,91	26	1,13	493,9	328,91	593,35

Зм

Арк

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	Склад сировини	-													
	Кран-балка	2	1,0 - 4	8	4	0,3	0,5	1,732	2,00	3,46					
	Вентилятори	4	3,0 - 5	22	1	0,7	0,8	0,75	14,30	10,73					
	Всього по складу	6	1,0 - 5	30	5	0,6	0,8	0,87	16,3	14,2	6	1,34	21,9	15,61	26,89
11	Склад готової продукції														
	Кран мостовий	1	21,0 - 21,0	21	1	0,2	0,6	1,333	4,20	5,60					
	Ел.тельфери	2	5,0 - 5,0	10	1	0,16	0,5	1,732	1,60	2,77					
	Всього по складу	3	5,0 - 21	31	4	0,19	0,57	1,443	5,8	8,4	3	2,94	17,1	9,21	19,40
	Всього на стороні 0,4 кВ	1514	0,1 - 250	21383	2500	0,38	0,73	0,947	8146	7714	171	1,10	8951,0	7714,1	11816,41

2.3. Розрахунок електричних навантажень в мережі з напругою вище 1000 В.

Електричні навантаження окремих вузлів системи електропостачання вище 1000 В (ТП, РП, ГПП, ЦРП) визначається за тією ж методикою [3], що і електричні навантаження в мережі до 1000 В.

При розрахунку навантажень в мережі з напругою вище 1000 В основними розрахунковими вузлами навантажень є шини 10 кВ. Тому перед початком розрахунку необхідно спочатку визначити кількість трансформаторних підстанцій (ТП), потужність трансформаторів та їх розміщення на території підприємства.

Для цього проводиться аналіз електричних навантажень, визначається загальна потужність споживачів та їх розподіл по різних вузлах та зонажування на території підприємства. На основі цих даних визначається необхідна потужність трансформаторів, які забезпечуватимуть достатню електропостачання кожного вузла або зони. Крім того, важливо врахувати оптимальне розміщення ТП з урахуванням електротехнічних вимог, безпеки та експлуатаційної зручності.

Після визначення кількості ТП, їх потужності та розміщення можна перейти до розрахунку навантажень в системі електропостачання з урахуванням цих параметрів. Це дозволить правильно розподілити навантаження між трансформаторними підстанціями і забезпечити ефективну та надійну роботу системи електропостачання промислового підприємства.

При розрахунку навантажень в мережі 10 кВ, вибір числа трансформаторів ТП та розрахунок втрат потужності в них зазвичай проводяться за умови повної компенсації реактивних навантажень в мережі напругою до 1000 В. Це обумовлено тим, що на етапі розрахунку навантажень детальне значення потужності компенсуючих пристроїв, які встановлюються в мережі напругою до 1000 В, часто не відоме або не враховується.

Компенсація реактивних навантажень в мережі до 1000 В зазвичай

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досягається шляхом встановлення конденсаторів або компенсуючих батарей. Врахування точного значення потужності цих пристроїв у розрахунках 10-кіловольтної мережі може бути складним. Тому, за замовчуванням, при розрахунку навантажень в мережі 10 кВ припускається, що реактивні навантаження в мережі до 1000 В повністю компенсовані.

Цей підхід дозволяє спростити розрахунки та надає достатню точність на етапі проектування системи електропостачання. Однак, при подальшому проектуванні і реалізації системи електропостачання необхідно враховувати потужність компенсуючих пристроїв та їх встановлення в мережі для забезпечення оптимального компенсаційного ефекту і покращення енергоефективності системи.

Результати розрахунку навантаження зведені до таблиці 2.3.

						Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну		pe	Км	Розрахункова потужність		
			Одного	Сумарна					Pcp	Qcp			Pr	Qp	Sp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТП№1,2														
1	Цех пластмас														
	силова	165,0	0,6 - 82,5	4354,1	137,0	0,5	0,7	0,9	2305,3	2102,3	106,0	1,1	2510,9	2102,3	3274,8
	освітлювальна												77,4	37,2	
	Всього по ТП№1,2														
	силова	165,0	0,6 - 83	4354,1	138	0,5	0,7	0,9	2305,3	2102,3	106,0	1,1	2510,9	2102,3	3274,8
	освітлювальна												77,4	37,2	
	Всього												2588,3	2139,5	3358,1
	БСК														
	З урахуванням БСК												2588,3	2139,5	
	Втрати в трансформаторі S _{н.тр} = 1000	4,0											30,2	198,4	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№1,2												2618,6	2337,8	3510,3
	ТП№ 3														
	Механозбиральний цех №8														
	силова	229,0	0,6 - 70,0	2443,5	116,0	0,3	0,6	1,4	652,7	942,9	70,0	1,2	794,4	942,9	1233,0
	освітлювальна												60,9	105,4	
	Інструментальний цех №112														
	силова	244,0	0,4 - 87,0	1802,1	235,0	0,2	0,5	1,6	316,2	504,7	41,0	1,4	439,5	504,7	669,2
	освітлювальна												77,4	37,2	
	Всього по ТП№ 3														
	силова	473,0	0,4 - 87	4245,6	235	0,2	0,6	1,5	968,9	1447,6	98,0	1,2	1164,1	1447,6	1857,6
	освітлювальна												138,3	142,6	
	Всього												1302,4	1590,1	2055,4
	БСК														
	З урахуванням БСК												1302,4	1590,1	

[illegible]

продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Втрати в трансформаторі S _{н.тр} = 1000	1,0											6,5	45,5	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№ 9												579,0	453,8	735,7
	Всього по заводу														
	силова	1514,0	0,1 - 250,0	21383,4	2500	0,4	0,7	0,9	8146,1	7714,1	171,0	1,1	8951,0	7714,1	11816,4
	освітлювальна												351,6	393,3	
	Всього												9302,6	8107,5	12339,7
	Компенсуючі пристрої														
	Всього з врахуванням КП-0,4												9302,6	8107,5	12339,7
	Втрати в трансформаторах	15,0											75,5	495,4	
	Всього по заводу												9378,1	8602,8	12726,2
	Компенсуючі пристрої 10 кВ														
	Всього на шинах 10 кВ												9378,1	8602,8	12726,23
													tgφ _{сис} =	0,15	
													tgφ _{расч} =	0,92	

Αρκ.

2.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства.

На основі замірів на підприємстві будується добовий графік навантажень $P(t)$, $Q(t)$, $S(t)$ для зимового і літнього періодів з урахуванням кількості робочих і вихідних днів. Добовий графік використовується для визначення навантажувальної здібності трансформаторів, а також максимального та мінімального навантаження, необхідного для розрахунку рівнів напруг у мережі.

Добовий графік служить основою для побудови річного графіка. За річним графіком визначаються річні витрати активної та реактивної енергії, середньоквадратичний коефіцієнт потужності, кількість годин використання максимального навантаження ($- T_{\text{тах}}$) і річний час повних втрат (t).

Кількість днів робочих і вихідних у зимовому та літньому періодах використовується для розрахунків залежно від сезону та режиму роботи підприємства. При цьому приймається кількість днів робочих: зимою - 147, літом - 105; кількість днів вихідних: зимою - 65, літом - 48.

Розрахунок для побудови графіків навантаження виконувався згідно [3].

Графіки активної та реактивної потужності робочого та вихідного днів а також річний графік за тривалістю наведені на рис. 2.1-2.5.

						Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

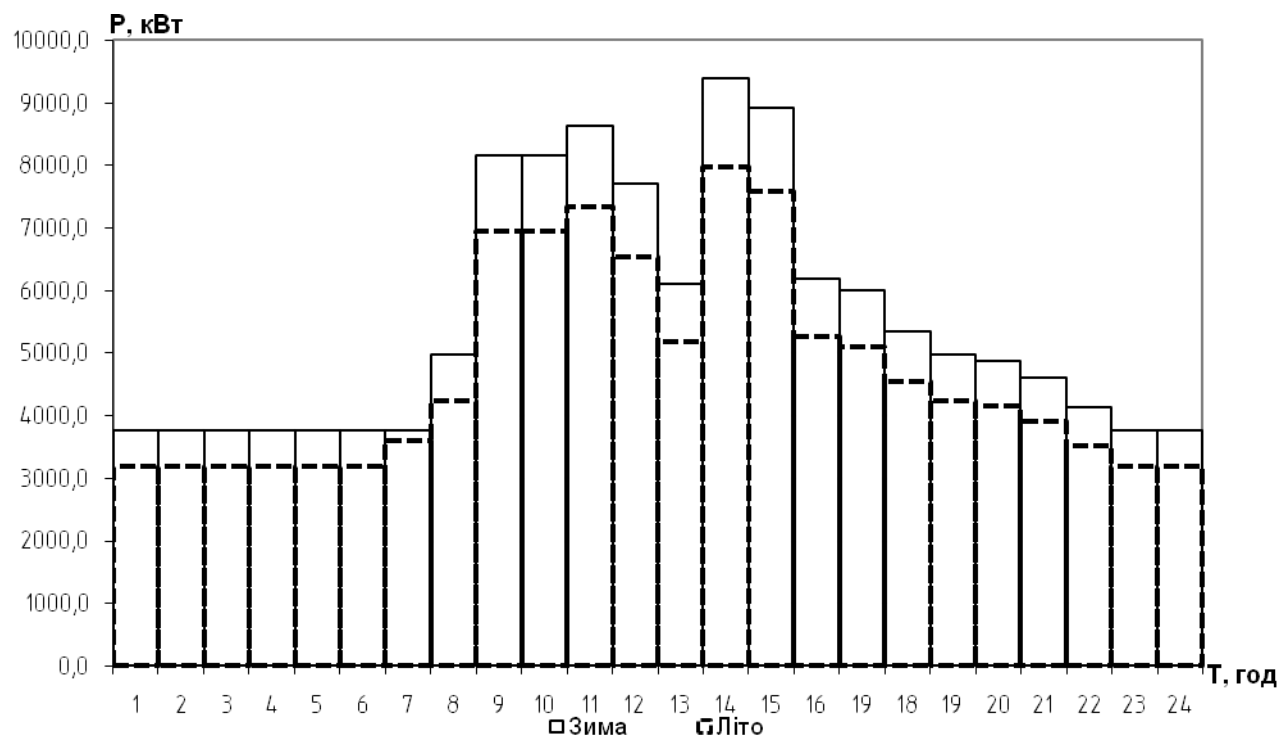


Рис. 2.1. Споживання активної потужності в робочий день.

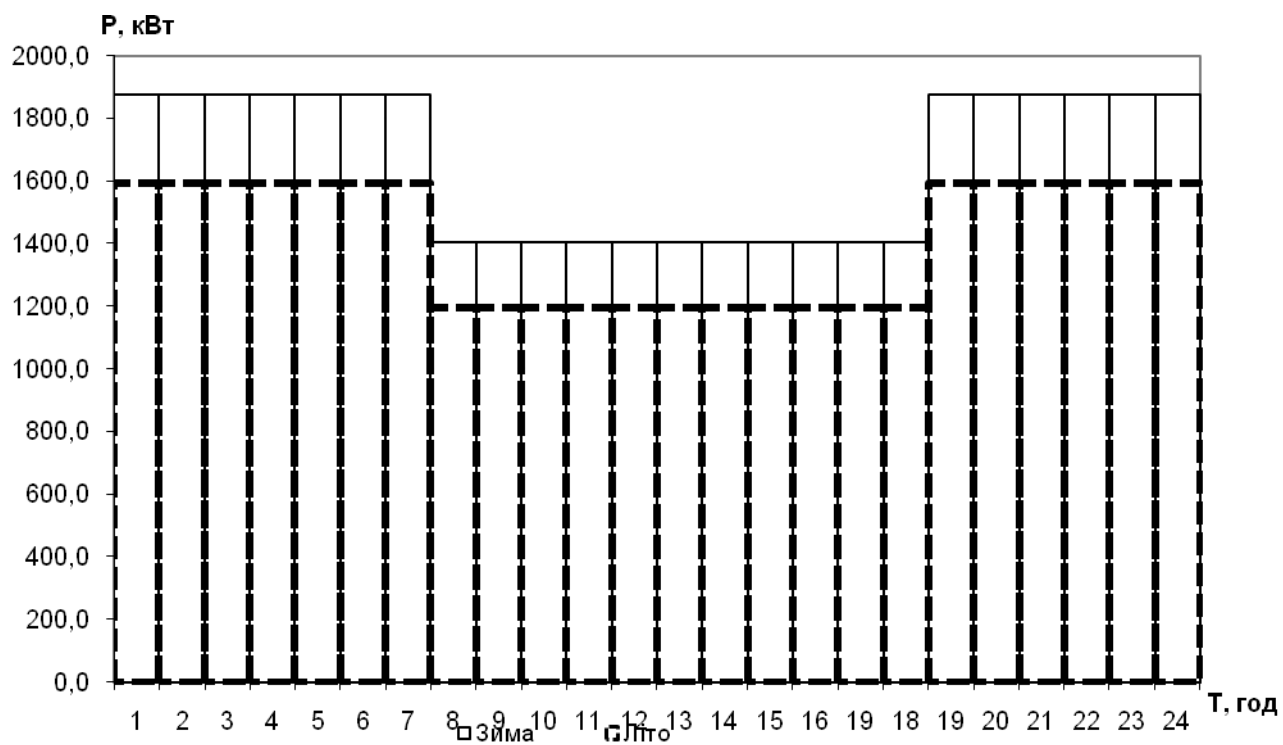


Рис. 2.2. Споживання активної потужності в вихідний день.

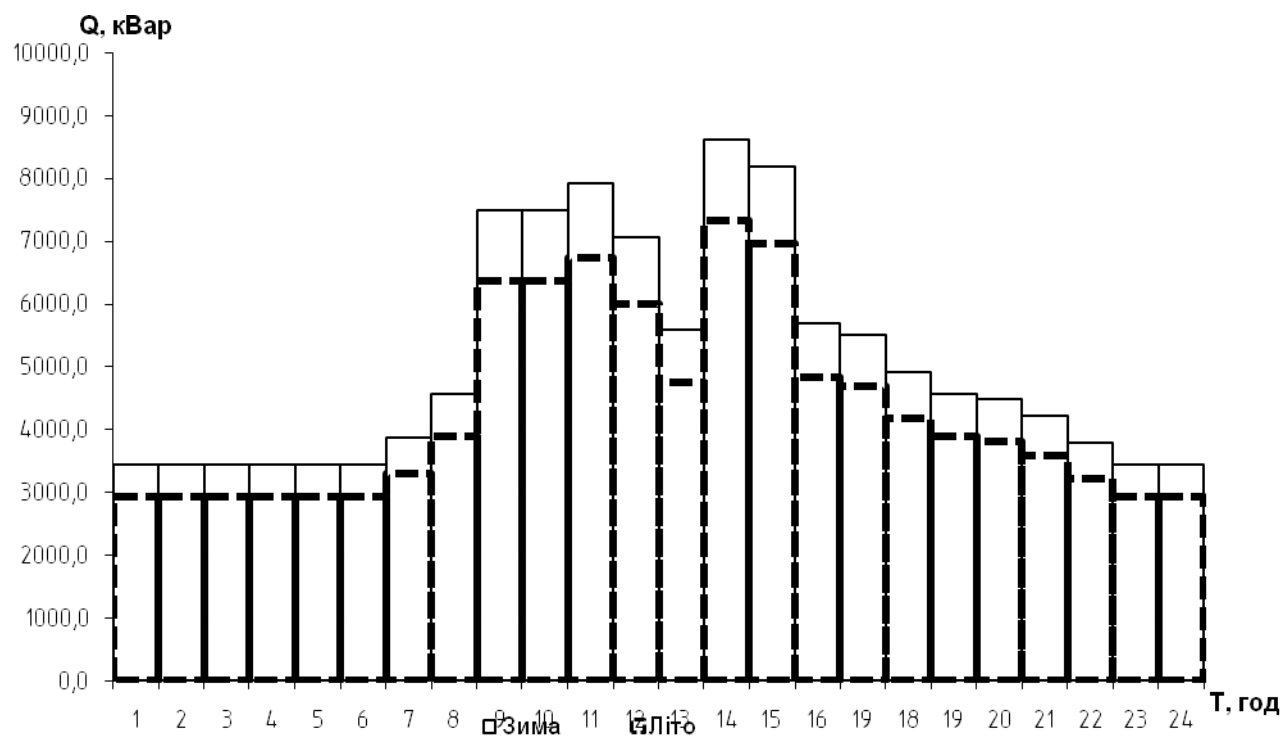


Рис. 2.3. Споживання реактивної потужності в робочий день.

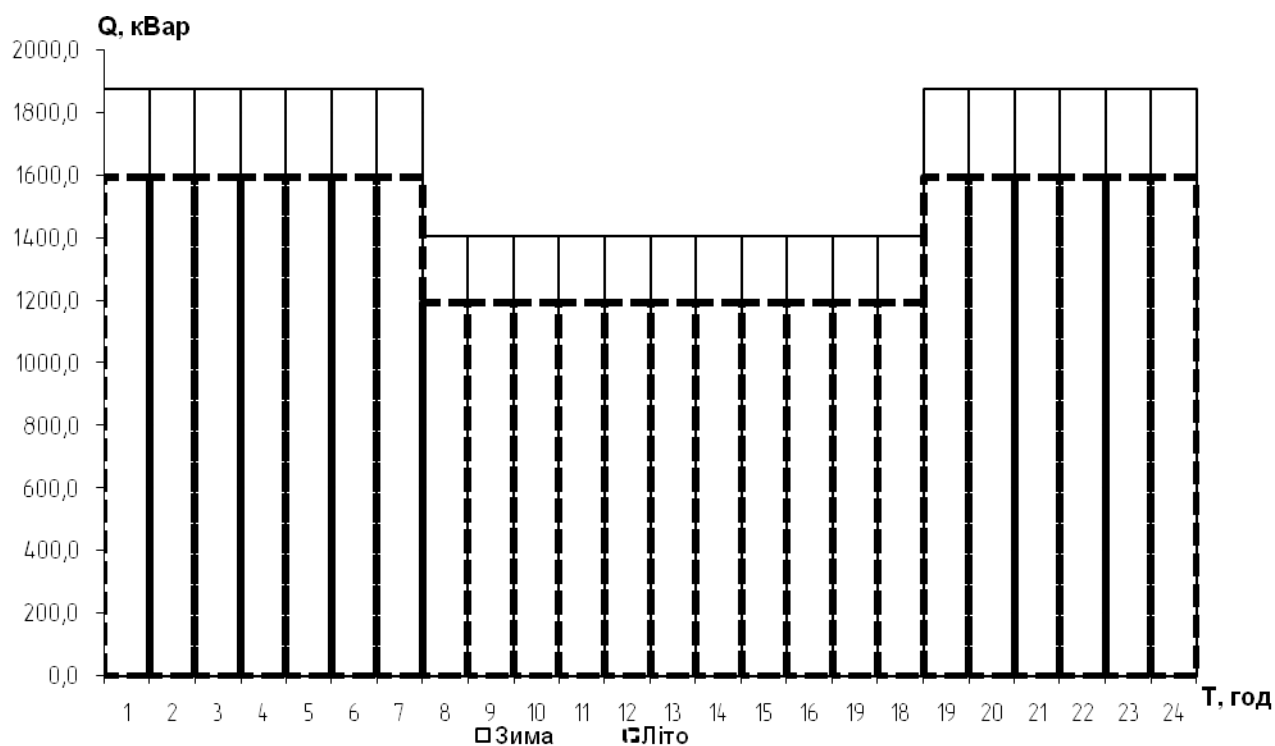


Рис. 2.4. Споживання реактивної потужності в вихідний день.

2.5. Побудова картограми споживання електроенергії.

Для визначення місць розташування ГПП (ЦРП) та цехових Трансформаторних Підстанцій (ТП) на генеральному плані промислового підприємства використовується картограма електричних навантажень. Картограма відображає розподіл навантажень по території підприємства, що допомагає визначити оптимальні місця розташування електрообладнання.

При побудові картограми для кожного цеху визначається радіус кола, площа якого у вибраному масштабі дорівнює розрахунковому навантаженню цього цеху P_p . Таким чином, чим більше розрахункове навантаження цеху, тим більший радіус кола, що позначає його на картограмі.

Картограма електричних навантажень допомагає прийняти рішення щодо оптимального розташування ГПП (ЦРП) і цехових ТП, забезпечуючи ефективну та надійну систему електропостачання на підприємстві.

Розрахунок виконувався по [3].

З точки зору економії кольорових металів та річних витрат найвигіднішим є зміщення підстанції на деяку вістань від геометричного центру навантажень. Тому при спорудженні на підприємстві ГПП його розміщують із зсувом від центра електричних навантажень в напрямку джерела живлення [5].

$$x_0 = \sum_{i=1}^n x_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 2250331,8/9963,6 = 225 \text{ м}$$

$$y_0 = \sum_{i=1}^n y_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 930601,2/9963,6 = 93 \text{ м}$$

Розрахункові координати приходяться на забудовану територію, тому зміщуємо координати центру електричних навантажень в напрямку джерела живлення. Отже центр електричних навантажень підприємства знаходиться у точці з координатами $x_0 = 144 \text{ м}$, $y_0 = 56 \text{ м}$.

Результати розрахунку ЦЕН приведені в таблиці 2.4.

						Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм		
Арк		
№ докум.		
Підпис		
Дата		
Арк.		

Таблиця 2.4. Результати розрахунку вибору ЦЕН та картограми електричних навантажень

№ п/п	Найменування	Ррсил, кВт	Рпросв, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	α	х, м	у, м	Р*х, кВт м	Р*у, кВт м
1	Механозбиральний цех №8	794,4	60,93	855,37	0,25	33,00	25,64	188,8	96,0	161494,1	82115,7
2	Інструментальний цех №112	439,5	77,41	516,93	0,25	25,65	53,91	188,8	96,0	97596,0	49625,1
3	Цех пластмас	2510,9	77,41	2588,34	0,25	57,41	10,77	188,8	96,0	488678,5	248480,6
4	Механозбиральний цех №18	3050,0	77,41	3127,41	0,25	63,10	8,91	240,0	96,0	750578,6	300231,4
5	Склад	46,0	2,61	48,62	0,25	7,87	19,34	112,0	136,0	5445,0	6611,8
6	Метизний цех	1562,0	24,88	1586,85	0,25	44,95	5,65	307,2	88,0	487479,5	139642,6
7	Експериментальне відділення	221,3	22,58	243,89	0,25	17,62	33,33	276,8	96,0	67509,3	23413,6
8	Адміністративно-побутовий корпус	243,3	18,91	262,16	0,25	18,27	25,97	352,0	64,0	92281,4	16778,4
9	Котельня	493,9	8,76	502,61	0,25	25,30	6,27	54,4	104,0	27341,7	52271,0
10	Склад сировини	21,9	9,79	31,68	0,25	6,35	111,26	88,0	88,0	2788,1	2788,1
11	Склад готової продукції	17,1	3,92	20,99	0,25	5,17	67,16	24,0	112,0	503,9	2351,4
	Всього по заводу			9963,59						2250331,8	930601,2

3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ТЕПЛОВОГО СПОЖИВАННЯ

Теплові навантаження підприємства включають розрахунок теплових навантажень на системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Розрахунки зовнішніх параметрів повітря проводяться відповідно до [4], враховуючи місцезнаходження об'єкта і наведені значення для міста Кропивницького.

Таблиця 3.1. Кліматологічні параметри м. Кропивницький за опалювальний період

Тривалість опалюв. періоду, n_o , діб	Температура зовнішнього повітря в холодний період, °C				
	розрахункова		середня		Число діб з $t_{p.v.} < t_{p.o.}$, $n_{оп}$
	опалення, $t_{p.o.}$	вентиляція, $t_{p.v.}$	опалювального періоду, $t_{сер.о.}$	найбільш холодного місяця $t_{сер. х.м.}$	
185	-21	-9	-1,0	-12,6	18

3.1. Розрахунок теплових навантажень на опалення.

Розрахункове теплове навантаження на опалення розраховується згідно методики, викладеній в [4].

В якості прикладу проведем розрахунок теплових навантажень на опалення для будівлі механоскладального цеху № 8. Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 16$ °C; $q_0 = 0,14$ Вт/(м³·°C); $V_3 = 210$ тис. м³.

Теплове навантаження на опалення, кВт:

$$Q_o^p = (1 + \mu)q_0V_3(t_{в.р.} - t_{p.o.}) = (1 + 0,25) \cdot 0,44 \cdot 210 \cdot (16 + 21) = 4273,5$$

Розрахунок теплового навантаження на опалення інших цехів здійснюється аналогічно. Результати розрахунку представлено в таблиці 3.1.

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3. 1. Результати розрахунку теплових навантажень на опалення

№	Назва цеху	$V, \text{тис. м}^3$	$q_{o_2}, \text{Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$	$t_{\text{в.р.}}, ^\circ\text{C}$	$Q_o^p, \text{кВт}$
1.	Механозбиральний цех №8	210	0,44	16	4273,5
2.	Інструментальний цех №112	134	0,35	16	2107,06
3.	Цех пластмас	3,7	0,39	16	66,74
4.	Склад готової продукції	1,8	0,47	16	39,13
5.	Механозбиральний цех №18	10,6	0,35	18	220,11
6.	Склад фарби	2,68	0,67	16	83,05
7.	Склад сировини	10,18	0,6	16	324,07
8.	Метизний цех	21	0,39	16	402
9.	Експериментальне відділення	11	0,35	16	223,85
10.	Адміністративно-побутовий корпус	20	0,4	16	302
11.	Котельня	4,1	0,35	16	72,2
	Всього				8113,71

3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію.

Розрахункове теплове навантаження на вентиляцію розраховується згідно методики, викладеній в [4].

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на вентиляцію для будівлі механоскладального цеху № 8. Дані для розрахунку: $t_{\text{в.р.}} = 16 ^\circ\text{C}$; $q_{\text{в}} = 0,14 \text{ Вт/}(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; $V_3 = 210 \text{ тис. м}^3$.

Теплове навантаження на опалення, кВт:

$$Q_{\text{в}}^p = q_{\text{в}} V_3 (t_{\text{в.р.}} + t_{\text{р.о.}}) = 0,14 \cdot 210 \cdot (16 + 9) = 735$$

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

Таблиця 3.2. Результати розрахунку теплового навантаження на вентиляцію

№	Назва цеху	$V, \text{тис.м}^3$	$q_{o, \text{Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$	$t_{\text{в.п.}}, ^\circ\text{C}$	$Q_o^p, \text{кВт}$
1.	Механозбиральний цех №8	210	0,15	16	735
2.	Інструментальний цех №112	134	0,17	16	502,5
3.	Цех пластмас	3,7	0,2	16	15,725
4.	Склад готової продукції	1,8	0,14	16	18
5.	Механозбиральний цех №18	10,6	0,45	18	37,1
6.	Склад фарби	2,68	0,6	16	40,2
7.	Склад сировини	10,18	0,17	16	152,7
8.	Метизний цех	21	0,252	16	89,25
9.	Експериментальне відділення	11	0,13	16	145,75
10.	Адміністративно-побутовий корпус	20	0,4	16	65
11.	Котельня	4,1	0,15	16	51,25
	Всього				1747,16

3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання.

Середньотижневе навантаження гарячого водопостачання в опалювальний період розраховується згідно методики, викладеній в [4].

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання для будівлі механоскладального цеху № 8. Середнодобова витрата гарячої води для МСЦ № 8 склала 6,6 м³/добу.

Середньогодинне навантаження на гаряче водопостачання в зимовий період, кВт:

$$Q_{\text{г.з.}}^{\text{сер.т.}} = \frac{amc_{\text{в}}(t_{\text{г}} - t_{\text{х}})}{n_{\text{с}}} = \frac{6,6 \cdot 4190(55 - 5)}{86400} = 16$$

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання в літній період, кВт:

						Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{г.л.}}^{\text{сер.т.}} = Q_{\text{г.з.}}^{\text{сер.т.}} \cdot \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{х.л.}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{х.з.}}} \beta = 16 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 1 = 12,8$$

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

$$Q_{\text{г.з.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{г.з.}}^{\text{сер.т.}} = 16 \cdot 1 = 16$$

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

$$Q_{\text{г.л.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{г.л.}}^{\text{сер.т.}} = 12,8 \cdot 1 = 12,8$$

Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання для інших підрозділів підприємства приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання

№	Назва цеху	a , м ³ /добу	$Q_{\text{г.з.}}^{\text{сер.т.}}$, кВт	$Q_{\text{г.л.}}^{\text{сер.т.}}$, кВт	$Q_{\text{г.з.}}^{\text{max}}$, кВт	$Q_{\text{г.л.}}^{\text{max}}$, кВт
1.	Механозбиральний цех №8	6,60	16,00	12,80	16,00	12,80
2.	Інструментальний цех №112	1,7	5	3,21	5	4,21
3.	Цех пластмас	0,30	0,73	0,58	0,73	0,58
4.	Склад готової продукції	0,20	0,48	0,39	0,48	0,39
5.	Механозбиральний цех №18	1,5	2,76	3	2,76	2
6.	Склад фарби	0,1	0,24	0,2	0,24	0,2
7.	Склад сировини	0,1	0,24	0,19	0,24	0,19
8.	Метизний цех	0,70	1,70	1,36	1,70	1,36
9.	Експериментальне відділення	0,10	0,24	0,19	0,24	0,19
10.	Адміністративно-побутовий корпус	5,10	12,37	9,89	12,37	9,89
11.	Котельня	0,10	0,24	0,19	0,24	0,19
	Всього					31,43

Загальне максимальне теплове навантаження корпусу приведене в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Загальне максимальне теплове навантаження корпусу.

№	Назва цеху	Q_o^p , кВт	Q_b^p , кВт	$Q_{г.з.}^{max}$, кВт	Q_{Σ} , кВт
1.	Механозбиральний цех №8	4273,5	735	16,00	5286,85
2.	Інструментальний цех №112	2107,06	502,5	527,00	2784,81
3.	Цех пластмас	66,74	15,725	14,80	100,04
4.	Склад готової продукції	39,13	18	19,08	72,06
5.	Механозбиральний цех №18	220,11	37,1	85,92	690,44
6.	Склад фарби	83,05	40,2	32,16	135,41
7.	Склад сировини	324,07	152,7	45,9	621,18
	Метизний цех	402	89,25	44,06	610
	Експериментальне відділення	223,85	145,75	52,3	421,9
	Адміністративно-побутовий корпус	302	65	19,2	386,2
	Котельня	72,2	51,25	18	141,45
	Всього	8113,71	1747,16	794,93	10655,79

3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання.

Для побудови годинних графіків витрати теплоти на опалення необхідно використати два значення теплового навантаження Q_o^p при температурах $t_3 = t_{p.o.}$ і $t_3 = +8$ °С. Аналогічно для побудови годинних графіків витрати тепла на

вентиляцію необхідно використати два значення теплового навантаження Q_B^p при температурах $t_3 = t_{p.v.}$ і $t_3 = +8\text{ }^\circ\text{C}$.

Побудову годинних графіків витрати теплоти на опалення та на вентиляцію проводимо згідно [4].

Визначимо годинні витрати на опалення і вентиляцію при температурі зовні. повітря $t_3 = +8\text{ }^\circ\text{C}$, кВт:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{b.p.} - t_3}{t_{b.p.} - t_{p.o.}} \right) = 8117,3 \cdot \left(\frac{16 - 8}{16 + 21} \right) = 1755,1$$

$$Q_B = Q_B^p \left(\frac{t_{b.p.} - t_3}{t_{b.p.} - t_{p.v.}} \right) = 773,5 \cdot \left(\frac{16 - 8}{16 + 9} \right) = 247,52$$

Для побудови річного графіку теплового навантаження за тривалістю теплового навантаження знаходимо тривалості стояння температур зовнішнього повітря в годинах з інтервалом $5\text{ }^\circ\text{C}$ і тривалість опалювального сезону для м. Кіровограда $n_0 = 6836$ год. Результати зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5. 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

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

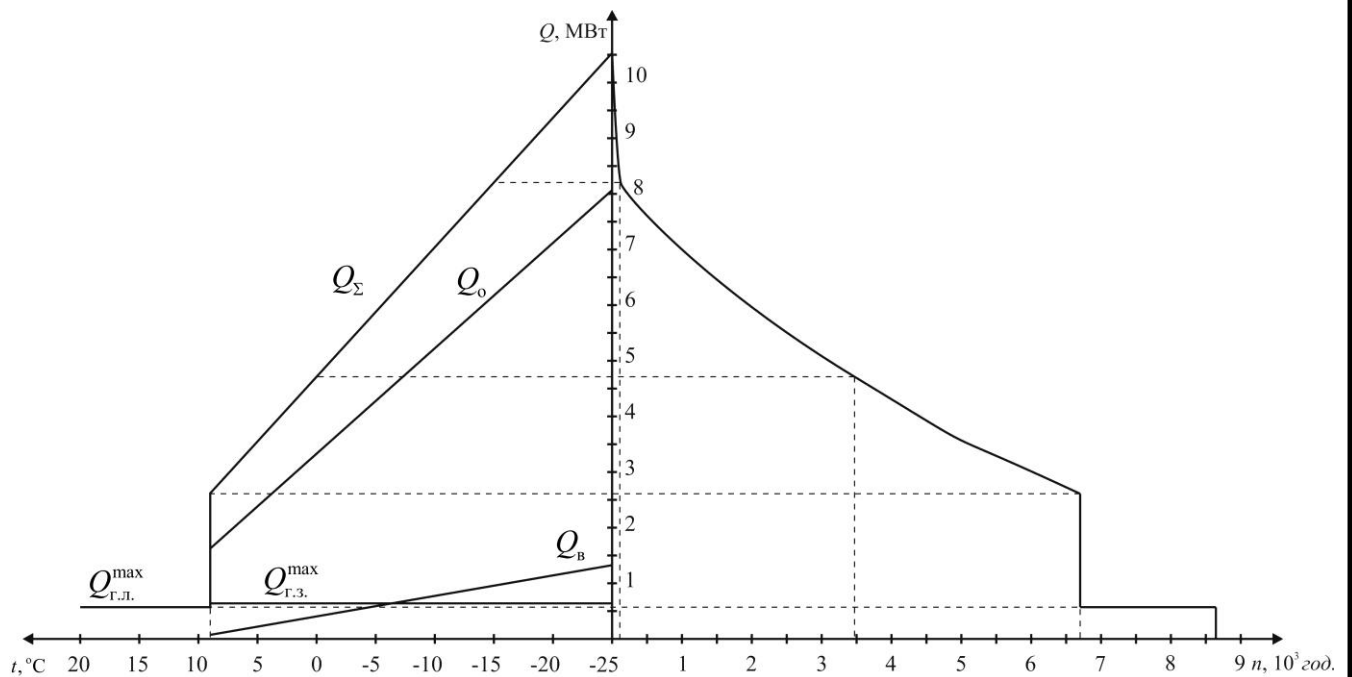


Рис. 3.1. Графіки споживання теплової енергії за тривалістю

Для побудови річного графіку теплового споживання використовуємо методику, викладену в [4].

В якості прикладу виконаємо розрахунки для січня.

Середньогодинне значення витрати теплоти на опалення в січні, кВт:

$$Q_o^{ciq} = Q_o^p \left(\frac{t_{b.p.} - t_{cp}^{ciq}}{t_{b.p.} - t_{p.o}} \right) = 8117,3 \cdot \frac{16 + 5,9}{16 + 21} = 4804,5$$

Середньогодинне значення витрати теплоти на вентиляцію в січні, кВт:

$$Q_B^{ciq} = Q_B^p \left(\frac{t_{b.p.} - t_{cp}^{ciq}}{t_{b.p.} - t_{p.B}} \right) = 773,5 \cdot \frac{16 + 5,9}{16 + 9} = 667,59$$

Сумарне значення витрати теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання в січні, кВт:

$$Q_{\Sigma}^{\text{сiч}} = Q_o^p + Q_b^p + Q_{\Gamma.3.}^{\text{max}} = 4804,5 + 667,59 + 794,93 = 6277,08$$

Розрахунок витрати теплоти для інших місяців проводиться аналогічно. Результати розрахунку наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. Середньогодинні витрати теплоти по місяцям року

Показник	Січ	Лют	Бер	Кв	Тр	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гр
$t_{\text{cp}}, ^\circ\text{C}$	-5,9	-5,2	-0,4	7,5	14,7	17,8	23,2	21,6	13,9	7,5	1,2	-3,5
$Q_o, \text{кВт}$	4805	4651	3598	1865	0	0	0	0	0	1865	3247	4278
$Q_b, \text{кВт}$	678	656	507	263	0	0	0	0	0	263	458	603
$Q_{\Gamma}, \text{кВт}$	795	795	795	795	636	636	636	636	636	795	795	795
$Q_{\Sigma}, \text{кВт}$	6277	6102	4900	2923	636	636	636	636	636	2923	4500	5676

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

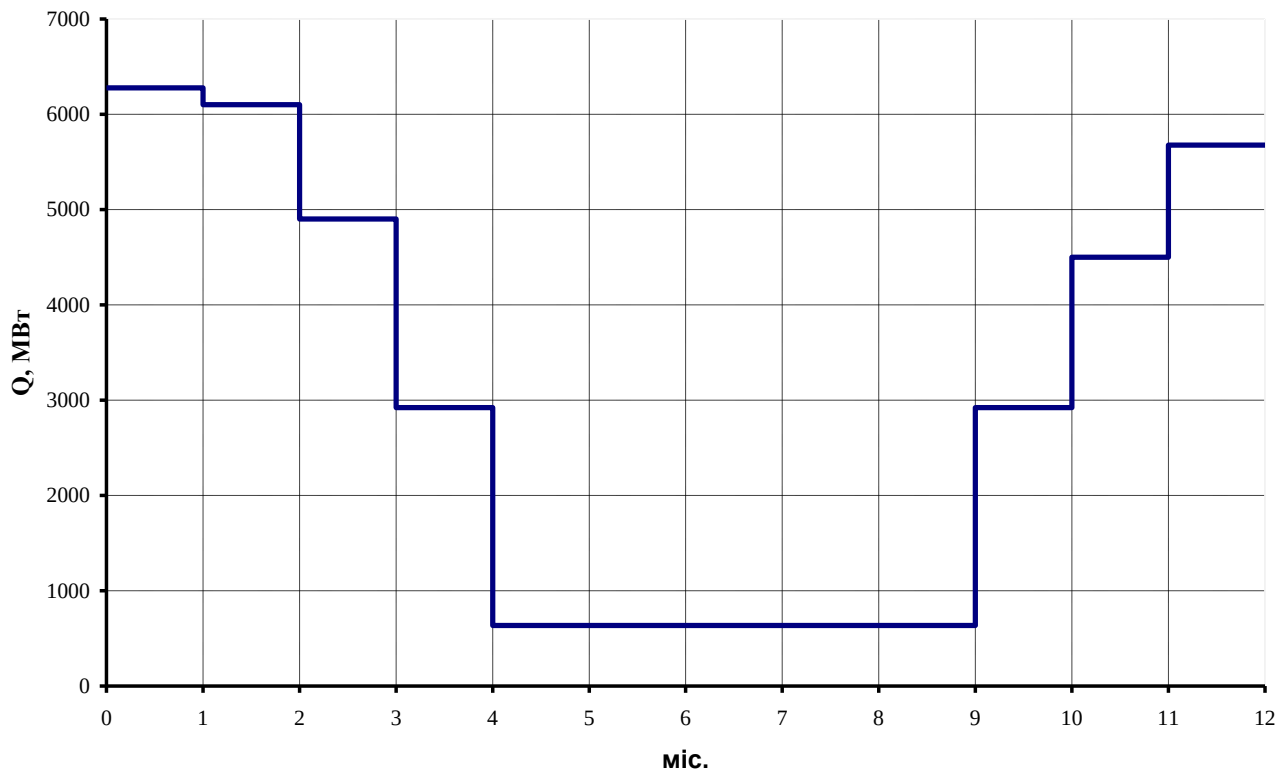


Рис. 3.2. Річний графік споживання теплової енергії по місяцям

4. ВИБІР СИСТЕМИ ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Вибір принципової схеми теплопостачання корпусу

Система теплопостачання складається з різних компонентів, які включають установки для підготовки теплоносіїв (джерела), систему трубопроводів (мережу) для подачі теплоносія і теплоприймачі для використання тепла. Залежно від типу теплоносія, системи теплопостачання поділяються на водяні і парові. Водяні системи можуть бути двох типів:

- Закриті (замкнені) системи, в яких вода, що циркулює в тепловій мережі, використовується як теплоносія речовина для нагріву води для опалення приміщень та гарячого водопостачання. Теплоносії не відбирається з мережі.
- Відкриті (розімкнені) системи, в яких вода, що циркулює в мережі, частково або повністю використовується для гарячого водопостачання споживачів.

Для теплопостачання МСК АТ "Ельворті" обрано двотрубну закриту водяну систему. Цей вибір зумовлений відсутністю необхідності постачання пари і особливостями теплового навантаження. Схема двотрубною закритою водяною системи теплопостачання наведена на рис. 4.1.

У двотрубній закритій водяній системі для гарячого водопостачання використовується водопровідна вода, яка підігрівається в поверхневих теплообмінниках 9 або паралельним абонентським вводом 10. Максимальна температура води в тепловій мережі зазвичай досягає 150°C, а в місцевих системах опалення згідно з санітарно-гігієнічними нормами не повинна перевищувати 95°C.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

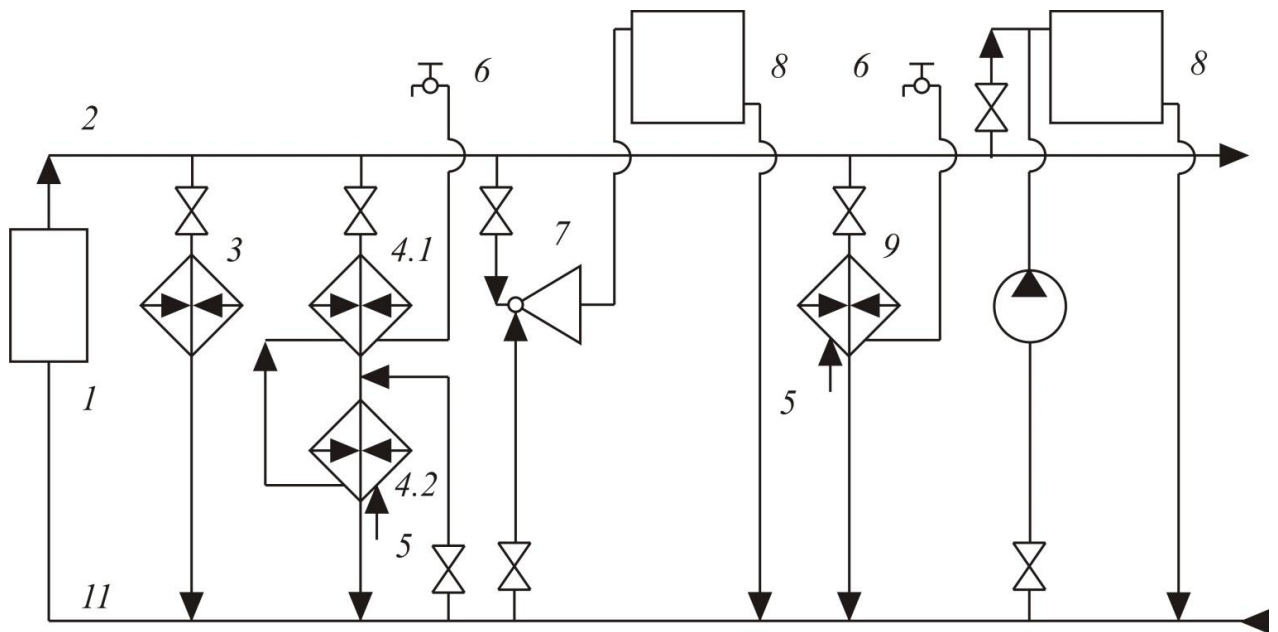


Рис. 4.1. Принципова схема закритої двотрубної водяної системи тепlopостачання

1 – джерело тепlopостачання; 2 – подавальний трубопровід теплової мережі, 3 – калорифер вентиляції; 4.1, 4.2 – підігрівачі гарячого водопостачання при змішаному їх підключенні; 5 – холодний водопровід; 6 – місцева система гарячого водопостачання; 7 – вузол опалення з елеватором; 8 – нагрівальний прилад; 9 – підігрівник гарячого водопостачання при паралельному його підключенні; 10 – вузол опалення зі змішуючим насосом; 11 – поворотний трубопровід теплової мережі.

Теплоносії та їх параметри

У системах централізованого тепlopостачання для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання виробничих приміщень використовується гаряча вода. Температура гарячої води в подавальних трубопроводах двотрубних водяних систем тепlopостачання при проектуванні опалення залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря і зазвичай приймається на рівні 150°C , за винятком окремих обґрунтованих випадків, де температура може бути 95°C . Температура гарячої води, яка подається в теплові мережі і системи гарячого водопостачання після централізованого теплового пункту, зазвичай становить 60°C . Для підготовки мережної води в системах централізованого

теплопостачання можуть використовуватись водогрійні котли або пароповітряні підігрівники, які розташовані в котельні.

Водогрійні котельні

Опалювальні водогрійні котельні спроектовані на основі потреби у випуску тепла для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, використовуючи гарячу воду як теплоносії з температурою 150/70°C (для опалення і вентиляції) і 65...75°C (для гарячого водопостачання). Нагрівання мережної води відбувається безпосередньо у водогрійних котлах.

На рис. 4.2 зображена принципова схема водогрійної опалювальної котельні з випуском тепла у закриту систему теплопостачання. Оскільки температура води в зворотних лініях теплових мереж зазвичай менша за 60°C, у схемі передбачено відпуск гарячої води на вхід котла (рециркуляція) за допомогою рециркуляційного насосу.

Для забезпечення розрахункової температури води на вході в теплову мережу при всіх режимах роботи котельні, крім максимально холодних зимових днів, певна кількість води з поворотної лінії після насоса направляється до подавальної магістралі системи за допомогою регулятора перепуску. Ця лінія називається перепускнуою.

Для живлення теплової мережі сира вода подається насосом до підігрівника, проходить хімічне очищення, підігрівається у теплообміннику, пароводяному охолоджувачі випару і потрапляє до колонки вакуумного деаератора. Вакуум (-0,63 МПа) в системі підтримується завдяки відсмоктуванню пароводяної суміші з колонки за допомогою водоструменевого ежектора, в контур якого ввімкнено бак з робочою водою і насосом для її подавання.

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

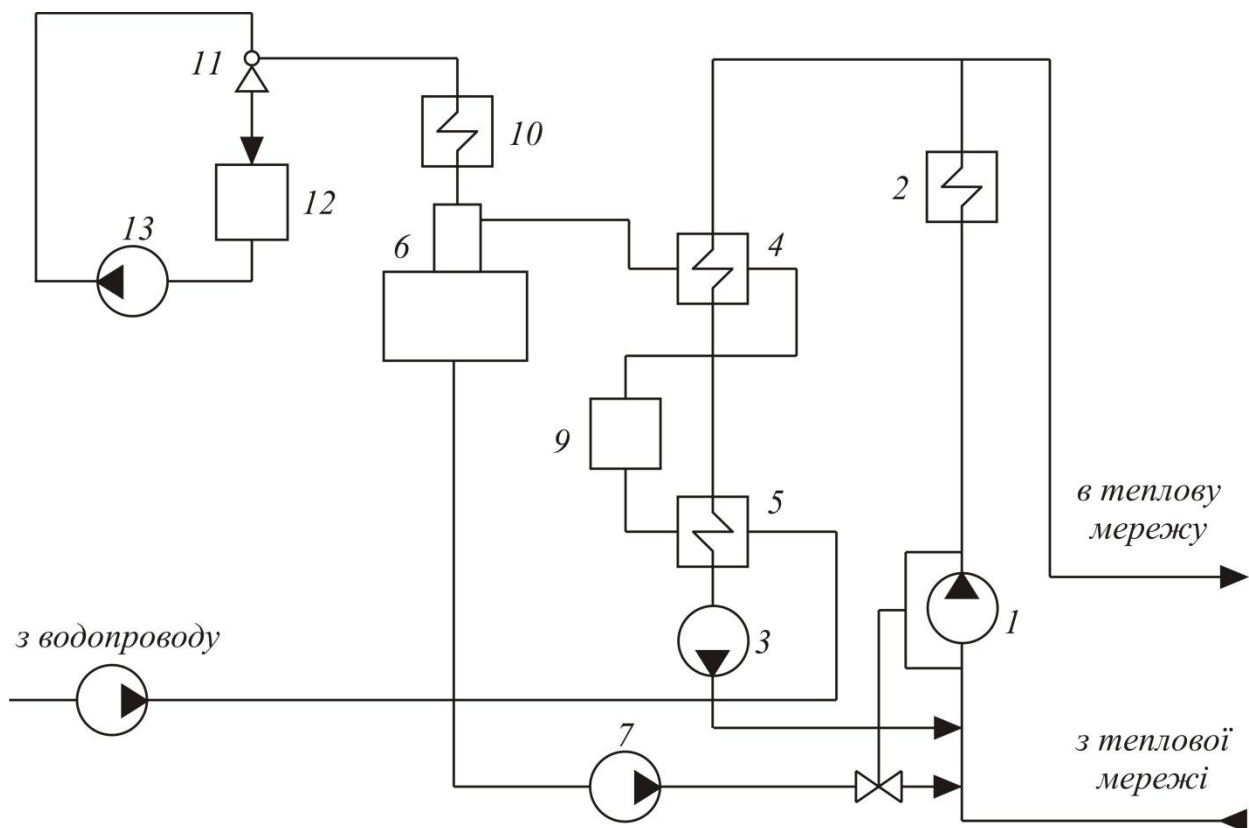


Рис. 4.2. Принципова схема водогрійної котельні

1 – мережевий насос; 2 – водогрійний насос; 3 – циркуляційний насос; 4 – підігрівач хімічно очищеної води; 5 – підігрівач сирієї води; 6 – вакуумний деаератор; 7 – підживлюючий насос; 8 – насос сирієї води; 9 – хімводопідготовка; 10 – охолоджувач випарів; 11 – водоструменевий ежектор; 12 – витратний бак ежектора; 13 – ежекторний насос.

Після проходження через деаератор, вода для підживлення спливає до бака, з якого насосом подається в зворотну лінію мережної води перед насосом. Для забезпечення гарячої води для гарячого водопостачання у споживачів встановлюються проміжні підігрівачі, які підключаються до теплової мережі за допомогою змішаної або паралельної схеми. Здійснимо вибір водогрійного котла (теплогенератора) для котельної системи теплопостачання МСК АТ «Ельворті».

Розрахункове загальне теплове навантаження корпусу:

$$Q_{\Sigma} = 10,66 \text{ МВт}$$

Обираємо до встановлення два котлоагрегати КВ-ГМ-10 (один основний та один резервний) з потужністю 12 МВт.

Технічні характеристики водогрійного котла КВ-ГМ-10 наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Технічні характеристики водогрійного котла КВ-ГМ-10

Марка	Теплова продуктивність, МВт	Тиск води на вході, МПа	Температура води, °С		Кількість циркулюючої води, т/год.
			на вході	На виході	
КВ-ГМ-10	12	2,45	70	150	123,5

В якості палива використовується природний газ.

5. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ МСК

Сучасна цивілізована система торгівлі електроенергією базується на використанні автоматизованого приладового енергообліку. Це дозволяє зменшити людську участь на етапі вимірювання, збору та обробки даних, забезпечуючи достовірність, точність, оперативність та гнучкість системи. Така система може адаптуватися до різних тарифних систем обліку як з боку постачальника енергоресурсів, так і з боку споживача.

Для досягнення цієї мети як постачальники, так і споживачі створюють автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів, відомі як АСКОЕ, на своїх об'єктах. Наявність сучасної АСКОЕ дозволяє промисловим підприємствам повністю контролювати свій процес енергоспоживання та гнучко переходити між різними тарифними системами за узгодженням з постачальниками енергоресурсів. Це дозволяє мінімізувати енерговитрати.

5.1. Структура АСКОЕ

Для вирішення проблем енергообліку на підприємстві необхідно створити автоматизовану систему контролю і обліку енергоресурсів (АСКОЕ), яка включає чотири основних рівні:

- Перший рівень - це первинні вимірювальні прилади (ПВП) з телеметричними або цифровими виходами. Вони здійснюють безперервне або мінімально інтервальне усереднення вимірювання параметрів енергообліку споживачів. Ці параметри можуть включати споживання електроенергії, потужність, тиск, температуру, кількість енергоносіїв та кількість теплоти, переданих через енергоносії. Вимірювання проводяться в точках обліку, таких як фідери, труби і т.д.
- другий рівень - передбачає систему збору та передачі даних від первинних вимірювальних приладів (ПВП) до центрального контролера. Цей

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

рівень може включати мережеві засоби передачі даних, такі як комутатори, маршрутизатори, модеми та інші пристрої, що забезпечують надійний та безперебійний обмін інформацією;

- третій рівень - центральний контролер, який забезпечує обробку та зберігання отриманих даних, а також контроль та керування системою. Цей контролер може мати спеціалізоване програмне забезпечення для виконання різних функцій, таких як моніторинг, аналіз та оптимізація енергоспоживання;

- четвертий рівень - інтерфейс користувача, що надає можливість взаємодії з системою АСКОЕ. Це може бути веб-інтерфейс, програмне забезпечення або спеціалізоване обладнання, що дозволяє користувачам отримувати доступ до даних енергообліку, налаштовувати параметри системи та приймати рішення щодо ефективного використання енергоресурсів.

Автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів на підприємстві є ефективним рішенням для вирішення проблем, пов'язаних з енергообліком. Ця система складається з чотирьох рівнів, починаючи з первинних вимірювальних приладів (ПВП) і закінчуючи центральним контролером, що виконує обробку та зберігання даних, а також інтерфейсом користувача, що дозволяє взаємодіяти з системою.

Всі рівні АСКОЕ зв'язані між собою каналами зв'язку. Для зв'язку рівнів ПВП і ПЗПД чи центрів збору застосовується пряме з'єднання по стандартних інтерфейсах (типу RS-485, ІРПС і т.п.). Сполучення ПЗПД з центрами збору даних рівня енергосистеми можуть бути по виділених, комутованих каналах зв'язку або локальній мережі.

Система автоматизована комерційного обліку електроенергії АСКУЕ МСК АТ «Ельворті» є багаторівневою розподіленою автоматизованою системою вимірювання і обліку активної і реактивної електричної енергії і потужності, і призначена для контролю і управління електроспоживанням підприємства.

						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система здійснює автоматичний збір, накопичення, обробку, зберігання і відображення одержуваної інформації, проводить розрахунок вартості електроенергії по точках обліку МСК АТ «Ельворті».

5.2. Функції системи АСКОЕ.

- Вимірювання параметрів енергоресурсів за допомогою первинних вимірювальних перетворювачів, таких як вимірювальні трансформатори струму і напруги.
- Облік споживаної електричної енергії за допомогою лічильників електричної енергії, зокрема багатофункціональних мікропроцесорних лічильників.
- Збір і передачу даних за допомогою пристроїв збору і передачі даних (ПЗПД), таких як маршрутизатори і контролери інформаційного, вимірювального і управляючого комплексу.
- Обробку, зберігання і представлення даних та результатів діагностики системи з використанням комп'ютерів типу IBM PC.
- Використання програмного комплексу для виконання різних функцій системи АСКОЕ.

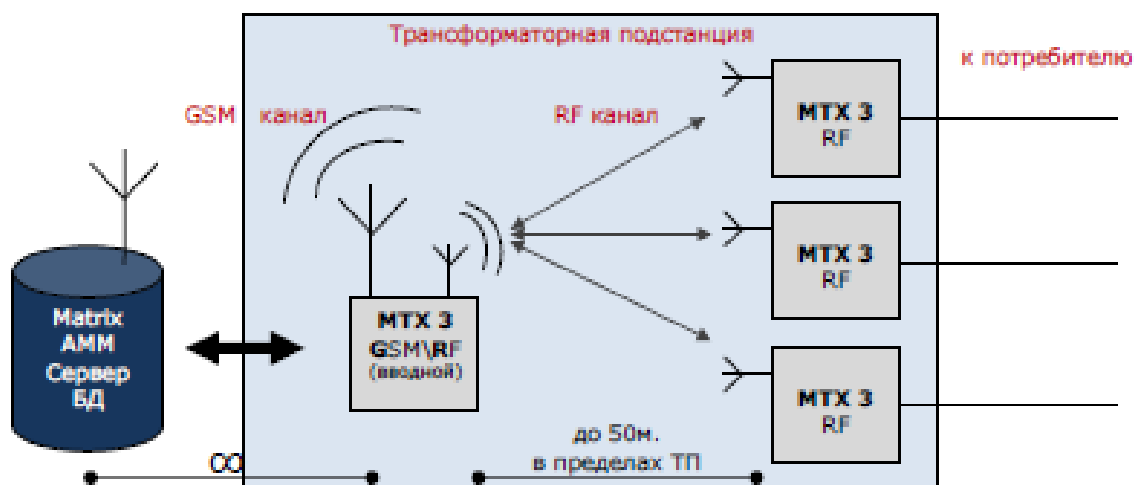


Рис. 5.1. Схема роботи системи обліку при використанні PLC або GSM мереж

Функціонування основних і допоміжних елементів системи виконується за допомогою різних пристроїв, таких як лічильники електроенергії, мережеві пристрої (маршрутизатори) та обладнання Центра. SMART MTX, що є частиною обладнання, використовує наявну мережу розподілу електроенергії, включаючи лічильники і маршрутизатори. Лінії електропередачі напругою 0,4 кВ використовуються як фізичне середовище для створення інформаційної PL-Мережі, яка забезпечує обмін даними між лічильниками і маршрутизаторами. Маршрутизатори виступають проміжними пристроями у передачі інформації між PL-Мережею та Центром. Центр обладнаний комп'ютерами і модемами, які забезпечують перетворення вхідної інформації у комп'ютерний стандарт.

MTX RT є роутером / концентратором даних, призначеним для автоматичного збору і зберігання даних у комплексі MATRIX АММ. Він може працювати з двома фідерами і живиться від будь-якого з них (фаза + фаза або фаза + нейтраль). Крім того, в нього є замінні комунікаційні модулі (PLC, RF, GSM \ GPRS).

Лічильники моделі SMART MTX 3R05.DD3Z0BP34 є електронними пристроями, які виконують аналого-цифрове перетворення напруги і струму, розраховують активну і реактивну енергію, спожиту потужність, та зберігають дані в енергонезалежній пам'яті.

Ці лічильники призначені для точного вимірювання активної і реактивної електричної енергії та потужності у мережі змінного струму з напругою 100 В. Вони забезпечують можливість відпуску електроенергії як за роздільними, так і за попередньою оплатою з використанням різних тарифів, таких як диференційовані за часом доби, типами днів, сезонними тарифами і блочним тарифом.

Крім того, лічильники мають функцію відключення електроприймачів споживача в разі перевищення заявлених лімітів споживання електричної енергії, встановлених компанією-постачальником електроенергії, а також можуть знову підключати їх після погашення заборгованості. Ці функції

						Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

настроюються і можуть бути змінені в процесі експлуатації системи.

Лічильники мають можливість виконувати різноманітні додаткові функції, такі як вимірювання реактивної енергії з індуктивним або ємнісним характером навантаження, вимірювання споживаної потужності, оцінка якості напруги тощо.

Існують модифікації лічильників МТХ 3, які є багатофункціональними і мають можливість вимірювання активної енергії в одному напрямку та реактивної енергії в двох напрямках для трансформаторного включення.

МТХ 3R XX . Dx.xxx-xxxx

Клас точності за активної / реактивної енергії 05-0,5 S / 1,0;10- 1,0 / 1,0;20-0,5 S / 2,0;30-1,0 / 2,0

МТХ 3Rxx.D _ . xxx-xxxx A = 1 (5) A B = 5 (6) A C = 5 (7,5) A D = 5 (10) A

МТХ 3Rxx.Dx. _ xx-xxxx 2, 3 або 4 - кількість вимірювальних елементів

МТХ 3Rxx.Dx.x _ x-xxxx Управління навантаженням:

М - управління зовнішнім контактором, Z - управління навантаженням відсутня

МТХ 3Rxx.Dx.xx _ -xxxx Варіант конструкції: 0 - корпус першого типу

МТХ 3Rxx.Dx.xxx- _ _ _ _ Підтримувані протоколи та інтерфейси:

а) інтерфейси: В - RS485; С - відсутня; О - інший; Р - PLC Teletec; R - RF; Т - тестовий вихід; Y - PLC Yitran

б) Протоколи: 3 - TCP / IP; 4 - внутрішній спеціалізований протокол

Лічильники призначені для індивідуальної роботи з трифазними споживачами в розподільних мережах 0,4 - 35 кВ .

Лічильники виконують такі основні функції:

Ведуть автоматичний багатотарифний облік споживаної активної (А) і реактивної (R-, R) електроенергії. Надають можливість віддаленого доступу до даних, за допомогою вбудованого PLC-модему або додаткового каналу зв'язку (радіофідер RF).

Забезпечується можливість дистанційного керування споживанням або

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

живленням окремих навантажень за допомогою вбудованих вимикаючих реле основного або/та додаткового типу. Також здійснюється контроль за диференційним струмом або вимірювання споживання енергії, що відповідає диференційному струму.

Лічильники працюють у різних режимах: передоплата та кредит. Режим передоплати не потребує встановлення спеціальних карт у лічильник, оскільки необхідна інформація про оплату електроенергії передається до лічильника через канали зв'язку.

Лічильники накопичують, зберігають та передають інформацію в центр щодо:

- аварійних станів мережі;
- аварійних станів лічильників;
- порушень договору споживача з постачальником електроенергії.

Дані про спожиту електроенергію, баланс споживача та інша інформація про роботу лічильника та аварійні ситуації відображаються на вбудованому рідинно-кристалічному дисплеї. Інформація також може бути виведена на зовнішні дисплеї.

Кожен лічильник має PL-Модем та підтримує зв'язок з маршрутизатором через PL-Магістраль. Модеми також виконують роль мережевих ретрансляторів, що забезпечує надійний зв'язок в довгих і розгалужених PL-Магістралях. Існує можливість підключення лічильника до низьковольтних цифрових магістралей RS-485. Лічильники містять схему вимірювання диференціального струму - різниці струмів у нульовому та фазному провідниках.

Для перевірки лічильників та проведення спеціального сервісного обслуговування використовується низьковольтний цифровий комунікаційний інтерфейс, який може бути настроєний як імпульсний. Контакти цього комунікаційного інтерфейсу виведені на клемну колодку лічильника.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Таблиця 5.1. Основні технічні параметри лічильника трансформаторного включення

Найменування	Одиниці	Значення
Номінальна напруга	В	3х100
Частота мережі	Гц	50±2,5
Номінальний струм	А	1-5
Максимальний струм	А	5-10
Клас точності	відн. од.	0,5 - для активної потужності 1,0 - для реактивної потужності
Чутливість	А	0,005
Передаточні числа імпульсного	<u>імп/кВт·год</u>	10000
	<u>імп/кВАр·год</u>	10000
Робочий діапазон температур	°С	від -10 до +50

Роутер - концентратор МТХ RT 6L

Маршрутизатор є самостійним пристроєм, який підключається до трифазної мережі і використовує її як джерело живлення, а також для обміну інформацією з лічильниками.

У маршрутизатора є різноманітні інтерфейси для обміну інформацією між лічильниками та сервером. Тип цих інтерфейсів визначається моделлю самого маршрутизатора.

Маршрутизатор знаходиться у прямокутному пластиковому корпусі. Коробка затискачів та роз'єми для інформаційних виходів розташовані під кришкою затискачів. На передній панелі є індикатори для відображення стану живлення пристрою та роботи інтерфейсів.

Маршрутизатор має можливість виконувати наступні функції, при цьому набір доступних каналів зв'язку залежить від моделі самого маршрутизатора:

1. Обмін даними з лічильниками електроенергії або іншими вимірювальними приладами може здійснюватися за допомогою наступних каналів зв'язку:

- Канал Power Line Communication (PLC) LV-магістралі, де фізичне середовище передачі даних - трифазні лінії електропередачі напругою 0,4 кВ.
- Радіочастотний (RF) модем, що використовує радіоканал для обміну даними. Частота знаходиться в діапазоні 2,4 ГГц з відстанню передачі в межах 15-100 метрів.

2. Обмін даними між маршрутизатором та сервером здійснюється за допомогою відповідних каналів зв'язку, які можуть включати:

- Кабельні канали, такі як Ethernet або RS-485, для передачі даних через проводове з'єднання.
- Безпроводні канали, наприклад Wi-Fi, що дозволяють бездротовий обмін даними між маршрутизатором і сервером.

GPRS

3. Маршрутизатор забезпечує синхронізацію часу в підсистемі збору та передачі даних з центральним часом Матриці АММ.

4. Маршрутизатор може перенаправляти інформацію про споживання з лічильників на зовнішні дисплеї або на інший маршрутизатор.

5. Маршрутизатор здатний зберігати дані до моменту їх передачі на сервер або до закінчення їх терміну зберігання.

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2. Технічні характеристики маршрутизатора-концентратора

Характеристика	Од. вим.	Значення
Діапазон напруги живлення	В	220±15%
Номінальна частота	Гц	50±2,5
Активна потужність, що споживається	Вт	12
Повна потужність, що споживається	В·А	40
Абсолютна часова похибка за добу	с	5
Стандартна неточність ходу таймера при 25 °С	с	±0,5
Термін служби літєвої батареї	год.	10
Габарити	мм	240x185x106
Маса приладу	кг	1,5

5.3. Основні технічні характеристики

Допустимі межі відносної похибки вимірювальних каналів для активної та реактивної енергії і потужності встановлюються відповідно до умов експлуатації та похибок, які властиві пристроям, використовуваним.

Умови експлуатації визначаються для забезпечення точності вимірювання та надійності функціонування системи. Вони можуть включати допустиму похибку вимірювання, залежну від фактичного використання та специфікацій пристроїв.

Похибка, що враховується, включає помилки, які можуть бути пов'язані з самими пристроями, такими як лічильники енергії. Ці похибки можуть виникати внаслідок різних факторів, включаючи технічні обмеження, старіння пристроїв та вплив зовнішніх умов.

Отже, межі відносної похибки вимірювальних каналів визначаються умовами експлуатації та похибкою, що входить в пристрої, що використовуються, з метою забезпечення точності та надійності вимірювань.

Таблиця 5.3. Відносні похибки вимірювальних каналів

№ п/п	Клас ліч-ка	Клас ТТ	Клас ТН	Межа відносної погрішності ВК по енергії в нормальних умовах застосування	Межа відносної погрішності ВК по енергії в робочих умовах застосування	Межа відносної погрішності ВК по потужності в нормальних умовах застосування	Межа відносної погрішності 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	1.24	1.30	1.40	1,45

При розробці АСКОЕ (автоматизованих систем контролю та управління енергетичними об'єктами) рекомендується широко використовувати міжнародні промислові стандарти та принципи модульної побудови багаторівневих розподілених систем.

Застосування міжнародних промислових стандартів дозволяє забезпечити сумісність та взаємодію між компонентами системи, що розробляється, з іншими системами та обладнанням. Це сприяє інтеграції АСКОЕ з існуючими інфраструктурними та комунікаційними системами, а також забезпечує можливість майбутнього розширення та модернізації.

Принцип модульної побудови багаторівневих розподілених систем передбачає розбиття системи на окремі функціональні модулі або рівні, які можуть працювати незалежно або взаємодіяти між собою. Це спрощує розробку, тестування та підтримку системи, а також забезпечує гнучкість та масштабованість.

Отже, використання міжнародних промислових стандартів та принципів модульної побудови є важливими факторами при створенні АСКОЕ,

оскільки це сприяє якісній реалізації системи, забезпечує її сумісність та гнучкість, а також спрощує підтримку та розвиток у майбутньому.

Таблиця 5.4. Комплектність приладів для організації обліку

Найменування і позначення (тип)	Клас точності %	К-ть
Електролічильник типу Альфа у модифікації МТХ 3G	0,5	2
модифікації МТХ3	1,0	6
Трансформатор струму ТЛК	0,5	24
Трансформатор напруги НАМИ-10	0,5	2

Основні принципи роботи інформаційної системи АСКОЕ полягають у наступному:

- Ведення бази даних устаткування системи енергопостачання, що дозволяє зберігати і оновлювати інформацію про устаткування.
- Ведення архівів по ремонту устаткування, що дозволяє зберігати історичні дані про ремонтні роботи та обслуговування.
- Підготовка та друк нарядів на виконання робіт, що дозволяє створювати і друкувати документи для виконавців.
- Розрахунок електричних величин і параметрів релейного захисту, що дозволяє визначати необхідні параметри для захисту системи.
- Моделювання роботи електричної мережі, спільно з АСДУ (автоматизованою системою дистанційного управління), що дозволяє аналізувати та прогнозувати роботу системи.

В даний час, завдяки уніфікації устаткування автоматизації і стандартизації інтерфейсів обміну даними, маємо можливість об'єднати окремі системи автоматизації служб обленерго та підприємств в комплексну АСКОЕ. Це дозволяє створити єдину інформаційну систему, яка охоплює різні аспекти автоматизації та управління енергетичними процесами.

Ця уніфікація і стандартизація дозволяють забезпечити сумісність між різними системами та обмін даними між ними. В результаті, інформація про устаткування систем енергопостачання, архіви ремонтів, наряди на виконання робіт, розрахунки електричних величин та параметрів релейного захисту, а також моделі роботи електричної мережі можуть бути інтегровані в одну централізовану систему.

Центральна конфігураційна реляційна база даних (КБД) виступає як інтеграційна ланка в системі, що забезпечує цілісність, несуперечність даних та ефективну взаємодію між підсистемами. У цій базі даних містяться інформація про ієрархію об'єктів системи енергопостачання підприємства та дані про кожен з цих об'єктів, розглянутих з різних ракурсів кожної підсистеми.

Для управління всіма вищезгаданими базами даних використовується одна система управління базами даних (СУБД). Залежно від розмірів задач та масштабу проекту можуть застосовуватись різні СУБД, такі як Microsoft SQL Server, Sybase або Oracle.

Підсистема обліку, яка виконує комерційний і технічний облік, а також контроль якості поступаючої електроенергії, має структуру з двох рівнів. На нижньому рівні системи знаходяться електронні лічильники і мікропроцесорні прилади для вимірювання якості електроенергії. Вони підключені в багатоадресні комунікаційні мережі і зв'язані з сервером АСКОЕ за допомогою каналоутворюючої апаратури, такої як модеми, радіомодеми і ретранслятори.

Задача сканування підсистеми обліку полягає в періодичній доставці даних і їх збереженні у реляційній базі даних обліку (БДУ) згідно з описом об'єкту та розкладом. На комп'ютерах, підключених до сервера АСКОЕ через обчислювальну мережу підприємства або за допомогою каналоутворюючого устаткування (наприклад, АРМ в енергозбутовій організації), встановлені робочі місця (АРМ) обліку. АРМ обліку забезпечують авторизований доступ до даних з різними рівнями авторизації.

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Диспетчерська підсистема реалізована за допомогою високопродуктивного сучасного програмного забезпечення SCADA загального призначення. Для вирішення специфічних завдань використовуються спеціально розроблені надбудови, включаючи:

- Комплект моделей, що охоплює всі типи основного устаткування, такі як трансформатори, лінії, шини тощо. Цей комплект включає галузь бази даних реального часу і відповідні анімовані графічні елементи, які дозволяють візуалізувати ці об'єкти.
- Налаштування для підсистем тривоги і архівації, що дозволяють налаштовувати спрацьовування тривоги та зберігання архівних даних.
- Шаблони звітів, що спрощують процес створення звітів і забезпечують їх однорідність та структурованість.
- Приклади екранних форм і інші розроблені елементи, які використовуються для створення інтерфейсу користувача та полегшують взаємодію з системою.

Ядром системи є база даних реального часу, яка виконує двонаправлений обмін даними між пристроями вводу-виводу PLC та базою даних. Частота оновлення даних для швидкозмінних параметрів становить дрібні частини секунди. Системи SCADA мають завдання сканування для стандартних протоколів, а також спеціалізовані завдання, які підтримують широкий спектр контролерів провідних виробників.

Архівні дані, призначені для довготривалого зберігання, передаються до архівної реляційної бази даних диспетчерської системи. Комп'ютери з робочими місцями диспетчера підключаються до сервера АСДУ через локальну обчислювальну мережу.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Аварійні реєстратори також включені до диспетчерської системи, проте осцилограми розвитку аварійних ситуацій зберігаються в архівній базі даних замість бази даних реєстраторів віддаленого вирахування (БДРВ).

Після налаштування бази даних програмне забезпечення автоматично генерує файл для завантаження БДРВ у форматі системи SCADA. Завантажуючи цей файл, створюється реальна БДРВ з прив'язками до контролерів, що використовуються для задач сканування. Автоматично генеруються робочі екрани диспетчера з відображенням відповідних графічних елементів.

Оскільки лічильники, вимірники якості, реєстратори та контролери використовують різні логічні і фізичні протоколи, неможливо використовувати єдину мережу збору даних на об'єкті автоматизації. Це вимагає наявності кількох паралельних каналів зв'язку з об'єктом. Це питання піднімає проблему вартості проекту, а використання радіоканалу зв'язку може ставити під сумнів саму можливість такого технічного рішення.

При комплексній автоматизації підстанцій рекомендується використовувати мультиплексори каналів даних, такі як RAD Communications, Patton та інші провідні виробники. Декілька ліній зв'язку з різними фізичними і логічними протоколами об'єднуються в єдиний канал зв'язку, а на приймальній стороні виконується розділення цих каналів. Загальний канал зв'язку може використовувати протоколи, такі як RS232, RS485, Ethernet або струмову петлю. Для передачі даних від об'єкта до диспетчерського пункту по загальному каналу використовуються різні засоби зв'язку, такі як Ethernet-радіоміст, модеми виділеної лінії тощо, вибір яких залежить від проектування системи.

5.4. Основні завдання АСКОВЕ.

1. Забезпечення точного розрахунку вартості енергоресурсів відповідно до фактичного їх обсягу поставки та споживання.
2. Мінімізація витрат на енергоресурси, як виробничі, так і невиробничі.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Для досягнення цих мети АСКОЕ може використовувати різні підходи, які можуть передбачати як збереження обсягів споживання енергоресурсів, так і зменшення цих обсягів.

Створення АСКОЕ має значення в тому, що воно дозволяє постійно зекономити енергоресурси та фінансові ресурси підприємства при мінімальних витратах на початкову реалізацію системи. За даними, в середньому, на підприємствах використання АСКОЕ приносить економічний ефект у розмірі 15-30% річного споживання енергоресурсів, а повернення витрат на створення АСКОЕ відбувається протягом 2-3 років. АСКОЕ стає механізмом для вирішення проблеми розрахунків з постачальниками енергоресурсів, забезпечує постійну економію енергії та зменшення витрат на енергоресурси в собівартості продукції підприємства.

5.5. Обґрунтування вибору системи комерційного та технічного контролю і обліку енергоресурсів

Лічильники, які використовуються для ведення розрахункового обліку електроенергії, відповідають за фіксацію виробленої електроенергії та її передачу споживачам для подальшого грошового розрахунку. Ці лічильники отримують назву "розрахункових лічильників" і встановлюються на межі балансової належності мереж споживача. У цьому конкретному випадку, розрахункові лічильники розташовані на вводі 10 кВ розподільчого пристрою, звідки здійснюється живлення для споживачів корпусу №91.

Технічний облік електроенергії, натомість, забезпечує контроль за споживанням електроенергії всередині електростанцій, підстанцій, підприємств, приміщень, квартир тощо. Лічильники, що встановлюються для цієї цілі, називаються лічильниками технічного обліку. Вони служать для вимірювання та контролю витрати електроенергії всередині вказаних об'єктів.

Лічильники реактивної енергії повинні бути встановлені на тих самих елементах схеми, де встановлені лічильники активної енергії для споживачів, що

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

розраховуються за електроенергію з урахуванням дозволеної реактивної потужності. Для підприємств, які розраховуються з енергопостачальною організацією на основі максимальної дозволеної реактивної потужності, слід встановлювати лічильники з вказівником максимального навантаження. У разі наявності двох або більше точок обліку, рекомендується використовувати комплексну систему обліку електроенергії.

На підприємствах слід передбачати технічну можливість встановлення лічильників для технічного обліку з метою контролювання витрати електроенергії по цехам, технологічним лініям, окремим енергоємним агрегатам. Такі лічильники дозволять визначити витрату електроенергії на одиницю продукції або напівфабрикату і контролювати виконання лімітів споживання електроенергії.

Допускається встановлення лічильників технічного обліку на вводі підприємства, якщо розрахунковий облік з цим підприємством проводиться за лічильниками, що встановлені на підстанціях та електростанціях енергосистеми.

Комерційний облік встановлюється на межі балансової вартості підприємства та енергосистеми на вводних ячейках КРП-10. Втрати в кабельній лінії, яка живить завод, визначаються розрахунковим шляхом або як різниця показань між лічильниками, що встановлені в КРП 10 кВ підстанції енергосистеми та лічильниками комерційного обліку. Для проведення обліку використовується електронний лічильник. Встановлення точок комерційного обліку не потрібне, оскільки підприємство має лише один кабельний ввід від підстанції енергосистеми.

Вибір оптимальної кількості лічильників для технічного обліку на підприємстві.

Кількість лічильників що встановлюються на підприємстві визначається за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{ср}}}{kP_{\text{ном}}} \quad (5.1)$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

де P_{cp} – середня потужність підприємства (прийmemo що $P_{cp} = P_p$), $k = 0,5$ – коефіцієнт найбільш вірогідного завантаження споживача; $P_{ном}$ – номінальна потужність лічильників.

Номінальна потужність лічильників трансформаторного включення визначається за формулою:

$$P_{ном} = \sqrt{3} U_n I_n K_U K_{Icp} = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 5 \cdot 100 \cdot 11 = 951 \text{ кВт}$$

де U_n і I_n – відповідно номінальна напруга і номінальний струм лічильників (для лічильників трансформаторного включення $U_n = 100 \text{ В}$, $I_n = 5$ або 1 А), K_U і K_I – відповідно значення коефіцієнта трансформації трансформатора напруги і середнє значення коефіцієнта трансформації трансформаторів струму яке визначається за формулою

$$K_{Icp} = \frac{\sum n K_I}{\sum n} = \frac{4 \cdot 8 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot 6}{6} = 11$$

Тоді кількість лічильників що встановлюються для технічного обліку на стороні 10 кВ на підприємства:

$$N = \frac{P_{cp}}{k P_{ном}} = \frac{2139}{0,5 \cdot 951} = 4,67 \approx 5$$

Так як отримане значення відповідає фактичному значення комірок 5 шт які встановлюються для споживачів на РП то приймаємо $N = 5$.

Критерієм стаціонарності установки приладів технічного обліку електроенергії може служити умова

$$\frac{\Delta \mathcal{E} - (I_y + I_n + I_{\pi})}{K_y} \geq E_n \quad (5.2)$$

де $\Delta \mathcal{E}$ – річна економія що очікується від упорядкування режиму електроспоживання розглядає мого об'єкту; K_y – одноразові витрати на купівлю та монтаж електрообладнання; I_y, I_n, I_{π} – щорічні витрати відповідно на технічне обслуговування, поточний контроль і вдосконалення норм, матеріальне стимулювання працівників за економію електроенергії ($I_y = 5 \%$, $I_n = 1 \%$, $I_{\pi} =$

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

1 %), E_n – нормативний коефіцієнт ефективності, який визначається по нормативному терміну окупності, який приймається рівним в сучасних умовах 2 роки.

Найменша потужність об'єкту споживання електроенергії, при якому доцільна установка приладів обліку:

$$P_{\text{найм}} \geq \frac{(K_y E_n + I_y + I_n + I_{\text{п}}) \cdot 100}{b T C_{\text{э}}} \quad (5.3)$$

де b – річна економія що очікується від впровадження приладів обліку, приймемо $b = 5 \%$; T – час використання максимуму навантаження; $C_{\text{э}} = 1,15$ грн/кВт·год вартість електроенергії.

Якщо $I_y, I_n, I_{\text{п}}$ задається у відсотках від вартості витрат K_y то

$$P_{\text{найм}} \geq \frac{K_y (E_n + I_y + I_n + I_{\text{п}}) \cdot 100}{b T C_{\text{э}}} \quad (5.4)$$

Витрати K_y для технічного обліку на 10 кВ знаходяться за формулою

$$K_y = (1 + m)(K_{\text{ліч}} + K_U + K_I) \quad (5.5)$$

де m – коефіцієнт який враховує витрати на монтаж у відсотках від вартості обладнання (приймемо рівним 15 % від вартості обладнання); $K_{\text{ліч}}$ – вартість лічильника; K_U, K_I – відповідно вартість трансформаторів напруги і струму.

$$K_y = (1 + 0,15)(400 + 12205 + 2145) = 16962 \text{ грн.}$$

де $K_{\text{ліч}} = 400$ грн. для лічильника САЗУ-5009; $K_U = 12205$ грн. вартість двох трансформаторів напруги типу НАМИ-10; $K_I = 2145$ грн. вартість двох трансформаторів струму типу ТПЛ-10.

Найменша потужність при якій економічно доцільна установка лічильників на стороні 10 кВ

$$P_{\text{найм}} \geq \frac{16962(0,5 + 0,05 + 0,01 + 0,01) \cdot 100}{5 \cdot 6352 \cdot 1,15} = 24,56 \text{ кВт}$$

Так як розрахункова потужність ТП в розрахунку на один трансформатор дорівнює 357 кВт що більше $P_{\text{найм}} \geq 24,56$ кВт, то установка додаткових

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лічильників для технічного обліку на ТП біля потужних електроспоживачів (електропечей) може бути виправдана.

5.6. Вибір комплексних схем обліку та допоміжних технічних засобів контролю за електроспоживанням

Трансформатори струму підключають в електричну мережу послідовно. До вторинної обмотки трансформаторів, послідовно з нею, підключають амперметри, струмові обмотки вимірювальних приладів та реле. Провід первинної обмотки вибирається за струмами первинних кіл, а ізоляція - за їхньою напругою.

Номінальний струм вторинної обмотки 5 А, інколи 1 А. Оскільки опір обмоток приладів, підключених до трансформатора струму, незначний, трансформатор працює в режимі, близькому до короткого замикання. Напруга на затискачах вторинної обмотки складає одиниці вольтів. При розмиканні вторинної обмотки напруга на ній зростає до тисячі вольтів. Тому забороняється, навіть короткочасно, розмикати кола вторинної обмотки.

Схеми підключення трансформаторів струму представлено на рис.5.2.

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

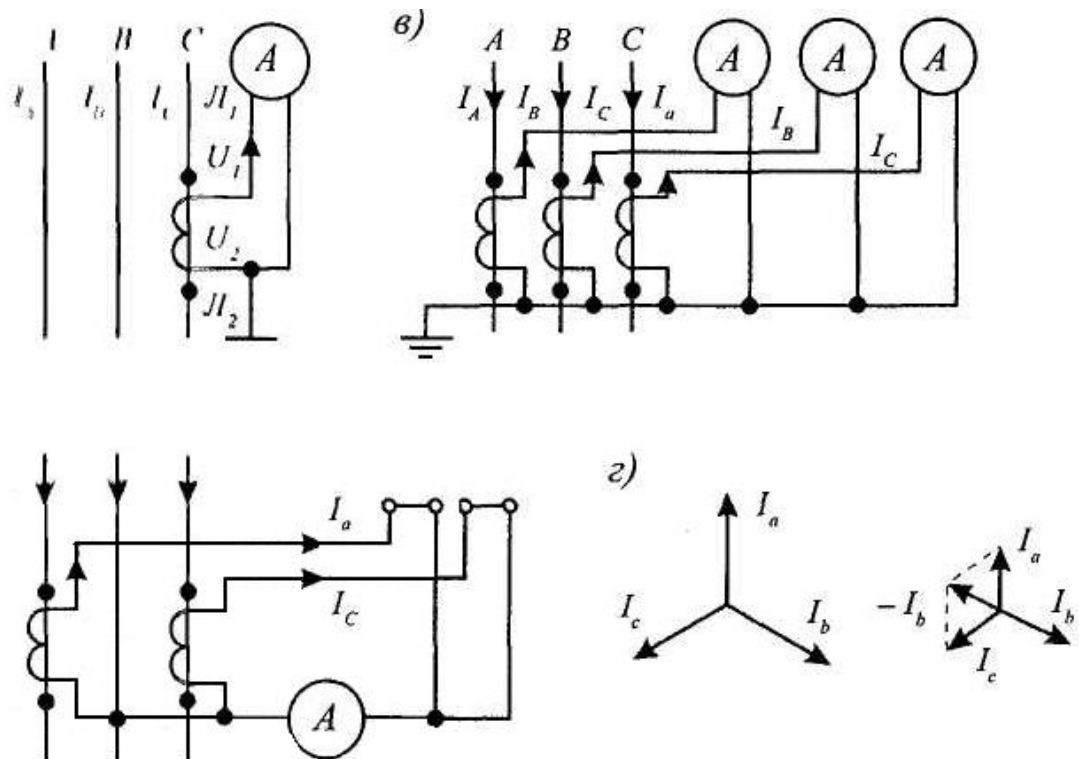


Рис 5.2. Схеми підключення трансформаторів струму: схема підключення 1-го трансформатора; б) 2-х трансформаторів за схемою неповна зірка" в) 3-х трансформаторів за схемою повна "зірка"; г) векторна діаграма струму для схем повної та неповної "зірки".

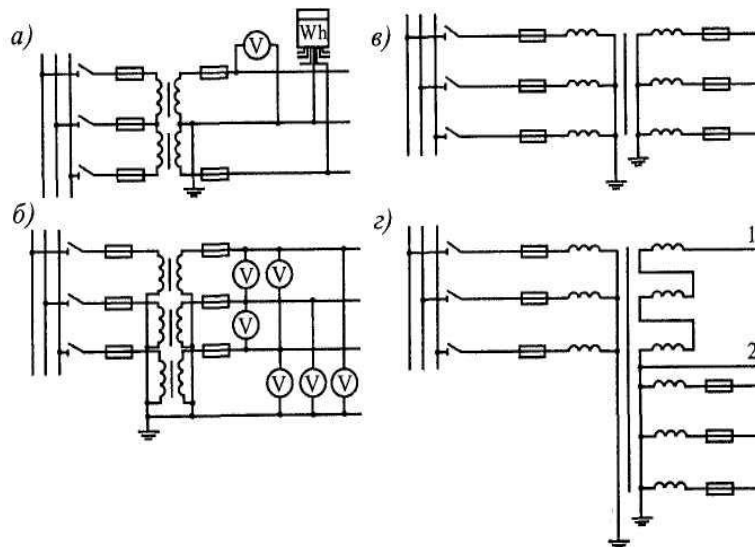


Рис.5.3. Схеми підключення трансформаторів напруги:
а) підключення 2-х трансформаторів за схемою відкритого (неповного) трикутника; б) 3-х однофазних трансформаторів за схемою "зірка"; в) 1-го трифазного трансформатора з двома обмотками за схемою "зірка"; г) 1-го трифазного трансформатора з трьома обмотками, дві обмотки - за схемою "зірка", третя (1-2) - за схемою "незамкнутий трикутник".

На рис. 5.3 подано схему підключення лічильника через трансформатори струму та трансформатори напруги.

Трансформатори для вимірювання встановлюються як у закритих, так і у відкритих розподільчих пристроях. Для забезпечення зв'язку з приладами на щитах та пультах розподільчих пристроїв використовуються контрольні кабелі.

Трансформатори струму нульової послідовності безпосередньо монтується на силових кабелях і підключаються до схеми релейного захисту.

Вторинні кола трансформаторів заземлюються, що дозволяє захистити вимірювальні пристрої в разі пошкодження ізоляції трансформаторів струму або напруги.

5.7. Вибір електричних схем підключення лічильників та вибір трансформаторів струму та напруги

Встановлюємо трансформатори струму в фазах А і С, так як мережі 10 кВ працюють з ізольованою нейтраллю

Вибір трансформаторів струму

На стороні 10 кВ на вводах від трансформаторів вибираємо трансформатори струму ТПЛ –10 – 1 У3, $K_T = 150/5$

Таблиця 5.5. Вибір трансформатора струму на вводах 10 кВ.

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри трансформатора
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
123,6 А	$I_{max} \leq I_{1 ном}$	150 А
6,6 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	128 кА
$4,04 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Для перевірки трансформатора струму по вторинному навантаженню, користуючись схемою включення та каталожними даними приладів, визначаємо навантаження по фазах:

Таблиця 5.5. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник МТХЗ	0,2	3,6	-	3,6
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		4,1	-	3,6

З таблиці 5.5. видно, що найбільше завантажений трансформатор струму фази А. Загальний опір приладів:

$$z_{\text{прил}} = S_{\text{прил}} / I_2^2 = 4,1 / 5^2 = 0,164 \text{ Ом.}$$

Опір з'єднувальних проводів складає:

$$r_{\text{пр}} = \rho l_{\text{розрах}} / q = 0,0175 \cdot 10,76 / 2,5 = 0,075 \text{ Ом,}$$

де $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий опір мідних проводів; $l_{\text{розрах}} = \sqrt{3} \cdot l = \sqrt{3} \cdot 12 = 10,76 \text{ м}$ – розрахункова довжина при схемі включення трансформаторів струму в неповну зірку; $q = 2,5 \text{ мм}^2$ – переріз з'єднувальних проводів.

Приймаємо опір контактних з'єднань $r_k = 0,05 \text{ Ом}$. Тоді вторинний опір трансформатора струму $z_2 = z_{\text{прил}} + r_k + r_{\text{пр}} = 0,164 + 0,05 + 0,075 = 0,39 \text{ Ом}$.

Умова $z_2 \leq z_{2 \text{ ном}}$ виконується $0,39 < 0,4$

На лініях, що відходять до ТП1 встановлюємо трансформатори струму ТЛК-10- 1 УЗ ($K_T = 150/5$).

Перевіряємо трансформатори струму по вторинному навантаженню, розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник активної та реактивної енергії МТХЗ	2	6,0	-	6,0
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		12,5	-	12,0

З таблиці 5.5. видно, що найбільш завантажений трансформатор струму фази А. Загальний опір приладів:

$$z_{\text{прил}} = S_{\text{прил}} / I_2^2 = 12,5 / 5^2 = 0,48 \text{ Ом.}$$

Опір з'єднувальних проводів:

$$r_{\text{пр}} = \rho l_{\text{розрах}} / q = 0,0175 \cdot 6,93 / 2,5 = 0,049 \text{ Ом.}$$

Приймаємо опір контактних з'єднань $r_k = 0,1 \text{ Ом.}$

Вторинний опір трансформатора струму:

$$z_2 = z_{\text{прил}} + r_k + r_{\text{пр}} = 0,48 + 0,1 + 0,049 = 0,589 \text{ Ом.}$$

Всі перелічені прилади підключаємо до двох послідовно встановлених трансформаторів струму, тоді умова $z_2 \leq z_{2\text{ном}}$ виконується: $0,589 < 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ Ом}$

Вибір трансформаторів напруги.

На шинах 10 кВ РП приймаємо до встановлення трансформатори напруги типу НАМИТ-10, який в класі точності 0,5S має номінальну потужність 120 В·А. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги зводимо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	Кіл-ть	S, В·А	Загальна потужність	
				Σ P, Вт	Σ Q, вар
Вольтметр (шини 10кВ)	E335	1	2	2	-
Лічильник на вводі	MTX3G	1	3,6	3,3	1,4
Лічильник на відходящих лініях	MTX3	8	2,4	15,98	3,06
Всього:				21,28	4,46

Перевіряємо обрані трансформатори напруги по вторинному навантаженню. Вторинне навантаження трансформатора напруги:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma P^2 + \Sigma Q^2)} = \sqrt{(21,28^2 + 4,46^2)} = 22,7 \text{ В}\cdot\text{А}$$

Оскільки номінальна потужність трансформатора в класі точності 0,5 $S_{2 \text{ ном}} = 120 \text{ ВА} > 22,7 \text{ ВА}$, то трансформатор напруги задовольняє умовам вибору.

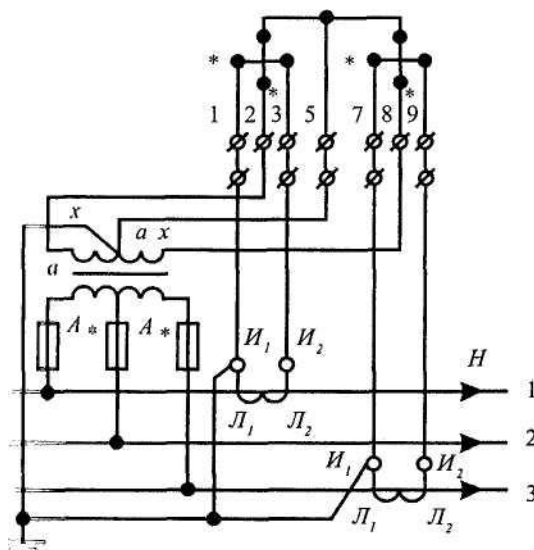


Рис. 5.4 Підключення індукційного лічильника електроенергії через вимірювальні трансформатори.

5.8. Розрахунок метрологічних характеристик системи обліку електроспоживання

Метою розрахунку є аналіз існуючих взаємозв'язків з метою визначення похибки вимірювальних каналів систем обліку енергоспоживання. Для отримання інформації про енергоспоживання великих та просторово розподілених споживачів до недавнього часу використовувалися та продовжують використовуватися системи обліку, які базуються на використанні індукційних лічильників електроенергії. Такі системи складаються з первинних датчиків струму і напруги (вимірювальні трансформатори струму (ТТ) і напруги (ТН)), індукційних лічильників з телеметричним виходом та пристроїв для збору

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

та обробки інформації. Однак практика показує, що ці системи мають значні недоліки. Застосування індукційних лічильників суттєво знижує точність обліку через збільшення похибки вимірювання енергоспоживання при низьких навантаженнях. Імпульсний метод передачі даних від лічильників до пристроїв для збору інформації також є ненадійним, оскільки ці дані можуть бути спотворені внаслідок електромагнітних полів. У разі відмов у лініях зв'язку необхідне ручне узгодження показань лічильника та даних пристрою для збору інформації.

Зараз використовуються системи, що включають в себе мікропроцесорні лічильники електроенергії, для підвищення точності обліку. У структурній схемі сучасної автоматизованої системи контролю та обліку енергоспоживання (АСКОЕ) виділяються три загальні рівні:

1. Первинні вимірювальні перетворювачі (ППП).
2. Пристрої збору даних (УСД).
3. Центральна станція (ЕОМ). Всі три рівні з'єднані між собою за допомогою відповідних зв'язків залежно від типу передаваної інформації.

Застосування електронних лічильників (СЧ) дозволяє значно підвищити точність обліку електроенергії. Електронні лічильники мають вбудований мікропроцесор, що дозволяє обробляти інформацію та вимірювати додаткові параметри енергоспоживання, такі як частота мережі та кут зсуву фаз. Точність електронних лічильників значно вища, ніж у індукційних, незалежно від змін навантажень. Інформація передається від СЧ до пристроїв збору даних (УСД) у цифровому вигляді за допомогою спеціальних протоколів зв'язку, що дозволяють перевіряти ці дані. Найбільшу похибку вимірювань, яка перевищує нормовані значення, вносить перший рівень, який включає первинні вимірювальні перетворювачі струму і напруги, електронні лічильники та лінії зв'язку між ними - це вимірювальний канал (ВК). Загалом, до ВК також відносяться лінії зв'язку між вихідними інформаційними портами СЧ та пристроями збору даних.

Актуальною задачею, що вимагає рішення для підвищення точності

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

АСКОЕ, є розробка алгоритму корекції результатів вимірювань, яку необхідно проводити в УСД. При визначенні погрішності ВК рекомендується користуватися уточненою формулою

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

Струмова похибка де δ_{pl} - результуюча похибка вимірювального вузла; δ_{TH} - відносна похибка ТН; δ_{TT} - відносна похибка ТТ; $\delta_{сч}$ - відносна похибка лічильника.

Основний вплив на точність перетворювачів струму (ТТ) справляють їх завантаження струмом та опір вторинного ланцюга. У випадку зниження споживання електроенергії на промислових підприємствах, завантаження трансформаторів струму часто не перевищує 5-15%, що призводить до значного збільшення погрішностей вимірювання.

Також істотним джерелом похибки вимірювання електроенергії є трансформатори напруги (ТН). Основний вплив на похибку ТН має вторинне завантаження I_2 , яке визначається коефіцієнтом завантаження по потужності (відношенням фактичного завантаження вторинної обмотки трансформатора напруги до його номінального навантаження). Залежність похибки ТН від коефіцієнта завантаження має певну формулу

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

Отже, щоб підвищити точність обліку енергоспоживання та зменшити розбалансування в енергозабезпечуючих організаціях, важливо розробити алгоритм корекції результатів вимірювань, який ґрунтується на підході вірогідності. Цей алгоритм також повинен враховувати фактичну (ненульову) систематичну складову погрішностей вимірювальних приладів. Оскільки параметри вимірювальних приладів змінюються протягом експлуатаційного періоду (наприклад, через старіння ізоляції або зміну електричних параметрів), в розрахунках також необхідно враховувати тренд систематичної похибки.

Таблиця 5.8. Розрахункові дані кола вимірювання активної енергії

№ ячейки	I_p	K_{TT}	I_{2p}	K_3	$\delta_{a_сч}, \%$	$d_{TT}, \%$	$\delta_{TT}, \%$	$\delta_{TH}, \%$	$d_{TH}, \%$	K_{3TH}	$\delta_{\Sigma}, \%$
ТП№1,2	194,11	40	4,853	0,971	0,64	0,46	0,454	0,058	0,308	0,400	1,068
ТП№ 3	118,81	30	3,960	0,792	0,72	0,77	0,175	0,058	0,617	0,400	1,369
ТП№ 4- 6	258,44	60	4,307	0,861	0,65	0,77	0,284	0,058	0,617	0,400	1,350
ТП№7,8	131,21	30	4,374	0,875	0,57	0,77	0,304	0,058	0,617	0,400	1,309
ТП№ 9	40,65	10	4,065	0,813	0,61	0,77	0,208	0,058	0,617	0,400	1,308
ввод	548,10	120	4,568	0,914	0,51	0,77	0,365	0,058	0,617	0,400	1,295

6. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ЯКІСТЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

При плануванні електричних мереж необхідно враховувати заходи, спрямовані на забезпечення високої якості електричної енергії, яка характеризується рівнем відхилення напруги на затискачах електроприймачів. Найкращі технічні та економічні характеристики приймачів електричної енергії досягаються, коли напруга на їх затискачах відповідає номінальному значенню, тобто виконується умова:

$$V_{\min} \leq V_{\partial} \leq V_{\max}, \quad (6.1)$$

де $V_{\min}$, $V_{\max}$ - відповідно максимальне та мінімальне технічно допустимі відхилення напруги згідно ДЕСТу для даного класу напруги, у розглядуємії точці мережі; V_{∂} - дійсне відхилення напруги у розрахунковій точці електромережі.

При проектуванні СЕП всю ново спроектовану мережу треба перевірити на допустимі відхилення напруги з врахуванням режиму роботи на шинах центру живлення (ЦЖ) при максимальному та мінімальному навантаженні.

Відхилення напруги на затискачах електроприймачів обчислюється за формулою:

$$V = V_{\text{цж}} - \sum_{j=1}^n \Delta U_j + \sum_{i=1}^m \delta U_i, \%, \quad (6.2)$$

де $V_{\text{цж}}$ - відхилення напруги на шинах ЦЖ, %, при виконанні умови зустрічного регулювання напруги приймають, що

$$V'_{\text{цж}} = +5\% \quad V''_{\text{цж}} = 0\%,$$

$\sum_{j=1}^n \Delta U_j$ - сума втрат напруги в елементах мережі, %; $\sum_{i=1}^m \delta U_i$ - сума доданків

напруги за рахунок різних коефіцієнтів трансформації трансформаторів, підключення батарей конденсаторів (БК), %.

При виборі доданків напруги необхідно, щоб величина V_2' була як можна більшою; додаток напруги δU_T спочатку вибирають для максимального

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

навантаження, а потім по обраному значенню E обчислюють відхилення напруги на вторинній обмотці трансформатора в режимі мінімального навантаження. Якщо при цьому

$$V_2'' \leq V_{\text{доп}}^+, \quad (6.3)$$

де $V_{\text{доп}}^+$ - допустиме додатне відхилення напруги на затискачах електроспоживачів, то відхилення напруги буде в межах допустимих значень.

Якщо ж при додатку напруги $\delta U_{\text{т}}$, обраному по максимальному навантаженні відхилення напруги на вторинній обмотці трансформатора V буде дорівнювати:

$$V_2'' \geq V_{\text{доп}}^+, \quad (6.4)$$

то необхідно обрати інший додаток напруги $\delta U_{\text{т1}}$, по вибраному додатку необхідно визначити V_2' .

Додаток напруги, який створюється трансформатором, визначається за виразом:

$$\delta U_m = \left[\frac{U_{\text{н2}} \cdot U_{1\text{н.м}}}{U_{\text{відн}} \cdot U_{2\text{н.м}}} - 1 \right] \cdot 100, \%, \quad (6.5)$$

де $U_{1\text{н.м}}$, $U_{2\text{н.м}}$ - номінальні напруги мереж, до яких підключені первинна та вторинна обмотки трансформатора, кВ.

Для трансформаторів цехових ТП, обладнаних з ПБЗ додатки напруги для різних регулюючих відгалужень первинної обмотки представлені у таблиці 6.2.

Додатки напруги також можуть створюватися компенсуючими пристроями реактивної потужності. Додаток напруги за рахунок включення БСК:

$$\delta U_{\text{БК}} = \frac{X_{\text{с}} \cdot Q_{\text{БК}}}{10 \cdot U^2}, \%, \quad (6.6)$$

де $X_{\text{с}}$ - опір мережі від джерела живлення до точки приєднання БСК у даному режимі роботи, Ом; U - напруга у точці приєднання БСК, кВ; $Q_{\text{БК}}$ - потужність батареї конденсаторів, квар.

В якості контрольних точок для розрахунків відхилення напруги приймаються найближчі та найвіддаленіші електроприймачі.

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

6.1. Розрахунок відхилення напруги

Проведем розрахунок відхилення напруги в цеховій мережі на зажимах віддаленого електроприймача та найближчого електроприймача в максимальному та мінімальному режимах.

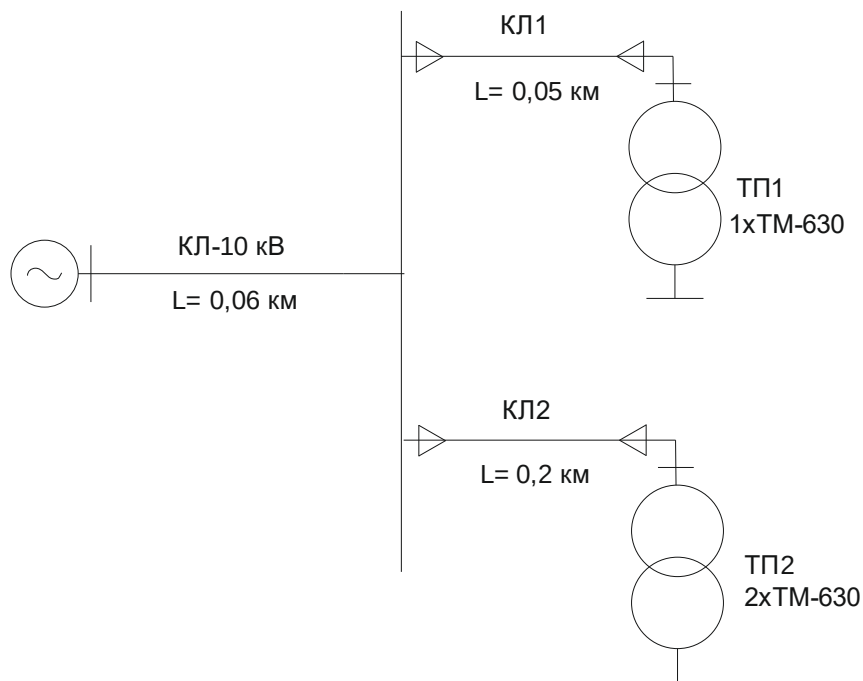


Рис. 6.1. Схема для розрахунку відхилення напруги

Розрахуємо втрати та добавки напруги в максимальному режимі:

Добавка напруги від енергосистеми:

$$\delta U_c = 5 \%$$

Розраховуємо втрати напруги в кабельній лінії, що живить ЦРП заводу 10 кВ.

$$L = 0,06 \text{ км } n = 2 \quad U_n = 10 \text{ кВ } \text{переріз проводу } 50 \text{ мм}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{кл1}} &= L (P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) / (2 \cdot 10 \cdot U_n^2) = \\ &= 0,06 (1286 \cdot 0,592 + 1218 \cdot 0,429) / (2 \cdot 10 \cdot 10^2) = 0,86 \% \end{aligned}$$

Добавка напруги від батарей конденсаторів напругою 10 кВ: $Q_{\text{кн}} = 150$ кВар

$$\delta U_{\text{ку}} = x_c Q_{\text{кн}} / (10 U_{\text{н2}}) = 1,35 \cdot 10 \cdot 10 / (10 \cdot 10^2) = 0,001 \%$$

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

Розраховуємо втрати напруги в кабельній лінії: КЛ-2 . Лінія виконана кабелем марки ААШв- 35 мм².

Питомі опори кабелю

$$r_0 = 0,168 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,41 \text{ Ом/км}$$

Довжина кабеля : L = 0,050 км. Тоді втрати напруги в лінії:

$$\Delta U_{\text{кл}2} = L (P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) / (2 \cdot 10 \cdot U_{\text{н}2}) = \\ = 0,05 (381 \cdot 0,168 + 324 \cdot 0,41) / (2 \cdot 10 \cdot 10) = 0,05 \%$$

Втрати напруги в цеховому трансформаторі.

Для трансформатора ТМ - 630 $\Delta P_{\text{кз}} = 7,6 \text{ кВт}$; $U_{\text{к}} = 5,5 \%$

Активні втрати напруги в трансформаторі:

$$U_{\text{а}} = 100 \Delta P_{\text{кз}} / S_{\text{нт}} = 100 \cdot 7,6 / 630 = 1,206 \%$$

Реактивна складова втрати напруги в трансформаторі на ТП1:

$$U_{\text{р}} = (U_{\text{к}2} - U_{\text{а}2}) = 5,5 - 1,206 = 5,37 \%$$

Повна втрата напруги в трансформаторі ТП:

$$\Delta U_{\text{тр}} = K_3 (U_{\text{а}} \cos \phi + U_{\text{р}} \sin \phi) + (K_3^2 (U_{\text{а}} \sin \phi + U_{\text{р}} \cos \phi))^2 / 200 = \\ = 0,69 (1,206 \cdot 0,762 + 5,37 \cdot 0,648) + (0,69 (1,206 \cdot 0,648 + 5,37 \cdot 0,762))^2 / 200 = 3,089 \%$$

Приймаємо відпайку трансформатора, % 5 . В цьому випадку добавка напруги в трансформаторі $\delta U_{\text{тр}} = 0 \%$

Добавка напруги від батарей конденсаторів напругою 0,4 кВ:

$$\delta U_{\text{ку}} = x_{\text{с}} Q_{\text{н}} / (10 U_{\text{н}2}) = 0,01 \cdot 225 / (10 \cdot 10) = 0,002 \%$$

Розрахуємо втрати та добавки напруги в мінімальному режимі:

Добавка напруги від енергосистеми:

$$\delta U_{\text{с}} = 0 \%$$

Розраховуємо втрати напруги в кабельній лінії , що живить ЦРП корпусу 10 кВ.

$$L = 0,06 \text{ км } n = 2 \quad U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ } \text{переріз проводу } 50 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U_{\text{кл}1} = L (P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) / (2 \cdot 10 \cdot U_{\text{н}}^2) =$$

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= 0,06 (321,5 * 0,592 + 304,5 * 0,429) 2 * 10 * 10 = 0,21 \%$$

Розраховуємо втрати напруги в кабельній лінії: КЛ-1 . Лінія виконується кабелем марки ААШв- 35 мм².

Питомі опори кабелю

$$r_0 = 0,168 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$$

Довжина кабеля : L = 0,050 км. Тоді втрати напруги в лінії:

$$\Delta U_{\text{кл}_2} = L (P_p \cdot r_0 + Q_p \cdot x_0) / (2 \cdot 10 \cdot U_n^2) =$$

$$= 0,05 (95,25 * 0,168 + 81 * 0,4) / (2 * 10 * 10) = 0,01 \%$$

Втрати напруги в цеховому трансформаторі.

Для трансформатора ТМ - 630 $\Delta P_{\text{кз}} = 7,6 \text{ кВт}; U_{\text{к}} = 5,5 \%$

Активна втрата напруги в трансформаторі:

$$U_a = 100 \Delta P_{\text{кз}} / S_{\text{нт}} = 100 * 7,6 / 630 = 1,206 \%$$

Реактивна складова втрати напруги в трансформаторі на ТП1:

$$U_p = (U_{\text{к}_2} - U_{\text{а}_2}) = 5,5 - 1,206 = 5,38 \%$$

Повні втрати напруги в трансформаторі ТП:

$$\Delta U_{\text{тр}} = K_3 (U_a \cos \phi + U_p \sin \phi) + (K_3^2 (U_a \sin \phi + U_p \cos \phi))^2 / 200 =$$

$$= 0,7 (1,206 * 0,762 + 5,37 * 0,648) + (0,7^2 (1,206 * 0,648 + 5,37 * 0,762)^2 / 200 = 0,073 \%$$

Приймаємо відпайку трансформатора, % 5 . В цьому добавка напруги в трансформаторі $\delta U_{\text{тр}} = 0 \%$

Аналогічно проводяться розрахунки в інших точках мережі МСК, результати заносяться до таблиці 6.1.

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

Таблиця 6.1. Результати розрахунку відхилення напруги

Елемент СЕПП	Розрахункове навантаження		Втрата напруги на елементі СЕПП, %	Додаток напруги на елементі СЕПП, %	Відхилення напруги на елементі СЕПП, %	Номінальна напруга, кВ	Напруга, кВ
	Р, кВт	Q, кВар					11,02
КЛ1-10 кВ	1285	1218	0,048	0,000	4,424	10	10,45
ТП1	381,4	324	3,153	0,000	1,079	10	10,11 0,385
ТП2	653,8	623	3,153	0,000	1,270	10	10,12
ТП3	303,9	290	3,352	0,000	1,087	10	10,11 0,383

Епюра напруг в максимальному і мінімальному режимах приведена на рисунку 6.2.

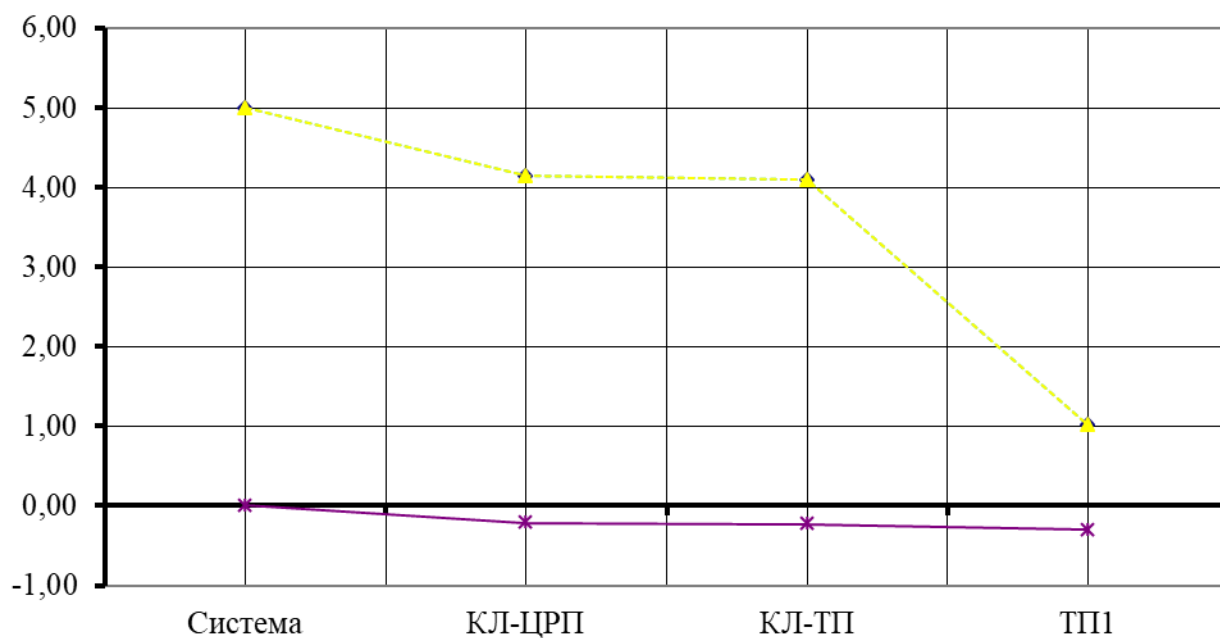


Рис. 6.3 Епюра напруг в максимальному та мінімальному режимах.

6.2. Вибір методів та технічних заходів по забезпеченню якості електроенергії

При виборі методів та технічних засобів для регулювання напруги, особливу увагу слід звернути на такі схемні рішення:

1. Розподіл головних живильних пунктів (ГЗП) та їх наближення до центральних навантажень в електричних мережах.
2. Зменшення опору живильної мережі шляхом підключення трансформаторів до паралельної роботи.
3. Встановлення перемичок між трансформаторами цехів на напругу 0.4 кВ.

Технічні засоби регулювання напруги включають централізоване та місцеве регулювання. Для забезпечення централізованого регулювання напруги в центрах живлення (наприклад, районних підстанціях енергосистем), передбачаються спеціальні технічні засоби регулювання, такі як регулювання навантаження під напругою (РПН).

Система РПН силових трансформаторів забезпечує регулювання напруги відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Напруга регулюється в межах 105% під час періоду максимального навантаження та 100% під час періоду мінімального навантаження. Крім того, може бути встановлено батареї конденсаторів та синхронні компенсатори, які допомагають компенсувати реактивну потужність та покращувати електричну енергію.

Міське регулювання напруги в системах електропостачання промислових підприємств може бути здійснене за допомогою наступних методів:

1. Використання системи РПН для трансформаторів ГПП (групових підстанцій) та системи ПБЗ (перемикання без збудження) для трансформаторів цехових підстанцій.
2. Встановлення регульованих батарей конденсаторів та регульованих статичних джерел реактивної потужності.

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

3. Використання компенсуючої та регулюючої здатності синхронних двигунів.

Схемні рішення включають:

1. Вибір оптимальної схеми електропостачання та схем пуску високовольтних двигунів.
2. Використання підвищеної напруги та збільшення потужності короткого замикання.
3. Живлення різкозмінних навантажень окремими лініями або від окремих трансформаторів.
4. Приєднання різкозмінних та ударних навантажень та спокійних навантажень до різних гілок здвоєних реакторів та обмоток трансформаторів з розщепленими обмотками.

В окремих випадках, коли схемні рішення не досягають бажаного результату, використовуються спеціальні технічні засоби. Швидкодіючі статичні пристрої прямої та посередньої компенсації реактивної потужності та синхронні компенсатори є ефективними засобами у таких випадках.

Одна з важливих задач - контроль якості електричної енергії в системах електропостачання та енергосистемних мережах. Це включає вимірювання показників якості електроенергії за допомогою спеціальних засобів, експлуатаційний контроль цих показників, організацію приладного контролю та обробку та аналіз отриманих результатів.

Крім того, можуть застосовуватися знижки та додатки до тарифу за електроенергію на основі вимірювання показників якості електроенергії.

Завдання приладного контролю якості електроенергії включають наступні аспекти:

1. Перевірка відповідності фактичних значень параметрів електроенергії на межах розподілу балансної належності мереж заданим значенням, встановленим у договорі на користування електроенергією.

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

2. Виявлення причин погіршення якості електричної енергії та винуватця цього погіршення. Це може включати виявлення неправильної роботи обладнання, перевантаження мережі, електричні шуми або інші фактори, які впливають на якість електроенергії.
3. Визначення знижок та додатків до тарифу за якість електроенергії на підставі результатів вимірювань показників якості. Якщо виміряні значення не відповідають встановленим нормам, споживач може мати право на знижку або, навпаки, повинен сплатити додаток.
4. Вибір методів та технічних засобів для нормалізації якості електроенергії. Після виявлення проблемних ситуацій можуть бути необхідні заходи для поліпшення якості електричної енергії, такі як встановлення фільтрів, компенсаторів реактивної потужності, застосування стабілізаторів напруги тощо.

Контроль якості електричної енергії має бути здійснюваним енергомережею та споживачами електроенергії у своїх електричних мережах. Для вимірювання показників якості електроенергії можуть використовуватись спеціалізовані засоби вимірювання та загальнопризначені засоби вимірювання, які пройшли метрологічний огляд, такі як вольтметри, частотоміри та інші.

Спеціалізовані засоби вимірювання якості електричної енергії дозволяють обґрунтовувати фінансові претензії між енергосистемами та споживачами. Наприклад, інформаційно-вимірювальний комплекс ДМК-62 забезпечує статистичний аналіз основних показників якості електроенергії і може бути встановлений на підстанціях енергосистем та підприємствах.

Ці засоби дозволяють отримувати об'єктивну інформацію про якість електричної енергії, що є важливим для вирішення фінансових питань та взаєморозрахунків між енергосистемами та споживачами.

Прилад Ф4330 розроблений для вимірювання відхилення напруги та коефіцієнта оберненої послідовності напруги. Цей прилад призначений для використання в електричних мережах. Вимірювач відхилення напруги 43203

						Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначений для вимірювання відхилень напруги в однофазних та трьохфазних мережах, а також для вимірювання однофазних струмів. Вимірювач несиметрії 43204 призначений для вимірювання коефіцієнтів оберненої та нульової послідовностей напруги, струмів оберненої та нульової послідовностей, а також кутів зсуву. Він дозволяє проводити вимірювання в електричних мережах.

Вимірювач несинусоїдальності 43250 призначений для оцінки несинусоїдальності напруги, вимірювання відносних рівнів та фаз вищих гармонік струму та напруги в діапазоні від 2-ї до 40-ї гармоніки. Вимірювач статичних характеристик 43401 використовується для вимірювання характеристик показників якості електричної енергії та їх статичної обробки.

На сьогоднішній день не існує спеціалізованих засобів вимірювання коливання напруги, тому для таких вимірювань потрібно використовувати апаратуру, яка здійснює запис (наприклад, осцилографи, реєстрографи тощо).

Контроль показників якості електроенергії виконується постійно, періодично чи епізодично. Періодичність контролю якості електроенергії здійснюється на шинах центру живлення, межах розподілу електричних мереж, шинах ГЗП, ТП та цехових електричних мережах.

Знижки до тарифу на електричну енергію застосовуються в разі зниження якості електроенергії з боку електропостачальних організацій, тоді як додатки до тарифу застосовуються в разі зниження якості електроенергії з боку споживачів.

Автоматизація контролю показників якості електроенергії може бути здійснена за допомогою інформаційно-обчислювальних систем. Автоматизовані системи управління якістю електроенергії дозволяють забезпечувати безперервний контроль показників якості. Для автоматизації постійного контролю показників якості електроенергії найбільш підходять інформаційно-обчислювальні комплекси (ІОК), тоді як для періодичного та

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

епізодичного контролю можуть використовуватися прилади, такі як Ресурс, АКЕ-824.

Автоматичне регулювання напруги в системах електропостачання здійснюється за допомогою РПН силових трансформаторів і регулюючих компенсуючих пристроїв. Система автоматичного регулювання напруги силових трансформаторів складається з пристрою РПН трансформатора та автоматичного регулятора типу БАР.

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

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено систему енергетичного контролю механоскладального корпусу АТ «Ельворті»”.

В роботі було проведено розрахунки силових, освітлювальних та теплових навантажень. Розрахунки теплового навантаження включали в себе визначення теплових навантажень на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Розраховано та побудовано графіки теплового споживання та вибрано систему та джерело теплопостачання.

З розрахунків проведених в кваліфікаційній роботі можна зробити висновок, що для формування повноцінного окремого підрозділу краще встановлювати сучасну систему контролю електроспоживання АСКОВЕ.

Для комерційного обліку електроенергії потрібно застосувати сучасні багатофункціональні прилади обліку, оскільки вони можуть замінити одразу декілька звичайних приладів, що приведе до зменшення капіталовкладень в вимірювальне обладнання. Для технічного обліку також використовуються електронні лічильники. В роботі описані основні функції автоматизованої системи обліку електроенергії, вибраний технічний склад, лічильники електричної енергії та пристрій збору даних.

В спеціальному розділі досліджено систему енергетичного контролю за якістю електроенергії. Проведено розрахунок відхилення напруги, вибрані методи та технічні заходи по забезпеченню якості електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра : метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роб. для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. : П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 80 с.
2. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання : навч. посіб. / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.
3. Електропостачання промислових підприємств: навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. П.Г. Плешков, А.Ю Орлович, А.І. Котиш.
4. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання [Текст] : навч. посіб. /В.В.Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 116 с.
5. Енергетичний інжиніринг та менеджмент. Проектування ефективних енергетичних систем: навч. посіб. / П. Г. Плешков, С. В. Серебренніков, О. І. Сіріков, І. В. Савеленко; ред.: Плешков П. Г. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018.– 156 с.
6. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.];Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
7. Електричні машини. Трансформатори : метод. рекомен. до виконання лаб. роб. : для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)

рівня / [уклад. : Н. Ю. Гарасьова, О. А. Козловський, В. П. Солдатенко] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 98 с.

8. Електричні машини. Проектування асинхронних машин: метод. вказ. до виконання курс. проекту з навч. дисц. «Електричні машини» для студ. 3 курсу ден. та заочн. форм навч. спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / [уклад.: П. Г. Плешков, Н .Ю. Гарасьова, О. А. Козловський] ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 125 с.

9. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.

						Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		