

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**Розроблення системи електропостачання
Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів.**

**Development of a power supply system for the
Novoukrainsky bakery plant.**

Виконав студент 4 курсу групи ЕЕ-20ПЗ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Денис БАСИСТИЙ
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доц, канд.техн.наук
_____Іван САВЕЛЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ *Плешков П.Г.*

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Басистого Дениса Сергійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) *Розроблення системи електропостачання*

Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів.

Development of a power supply system for the Novoukrainsky bakery plant.

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

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту *10.06.2024 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) *Розробити систему електропостачання споживачів Новоукраїнського хлібокомбінату, згідно завдання: Виконати розрахунок електричних та теплових навант. підприємства. Побудувати графіки та картограму електричних навантажень. Виконати вибір варіантів схем електропостачання. Виконати розрахунки режимів реактивної потужності, вибору трансформаторів та струмів КЗ. Вибрати технологічне обладнання в розподільчому пристрої. Розробити спеціальний розділ.*

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок енергетричних навантажень</i>	8.05.24	
2	<i>Побудова графіків ен. навантажень</i>	10.05.24	
3	<i>Побудова картограм ен. навантажень</i>	16.05.24	
4	<i>Вибір напруги і електричних схем електропостачання</i>	18.05.24	
5	<i>Режими реактивної потужності</i>	18.05.24	
6	<i>Вибір трансформаторів</i>	20.05.24	
7	<i>Розрахунок струмів КЗ</i>	24.04.24	
8	<i>Вибір високовольтного обладнання</i>	26.05.24	
11	<i>Спеціальний розділ</i>	30.05.24	
12	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	5.06.24	
13	<i>Виконання графічної частини</i>	8.06.24	

Дата видачі завдання

Підпис керівника _____

« ____ » _____ 2024 р.

Завдання прийнято до виконання

Підпис студента _____

« ____ » _____ 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 71 с.; 9 рис.; 22 табл.; 9 джерел

**Басистий Д. Розроблення системи електропостачання
Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів.– Рукопис.**

Development of a power supply system for the Novoukrainsky bakery plant.

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

В кваліфікаційній роботі виконано проектування системи електропостачання та розробки системи енергетичного контролю Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів і виконаний згідно завдання.

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

В спеціальному розділі розроблено автоматизовану систему обліку і контролю електричної енергії.

електропостачання, АСКОВЕ, електричні навантаження, прилади обліку.

ABSTRACT

Qualification work: 71 p.; 9 Fig.; 22 tables; 9 sources

BASYSTYI D. Development of a power supply system for the Novoukrainsky bakery plant. – Manuscript.

Розроблення системи електропостачання Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів

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

In the qualification work, the design of the power supply system and the development of the energy monitoring system for the Novoukrainsky Bread Products Plant have been completed according to the task.

The work includes an overview of existing solutions, selection of equipment and its operating principle, development of the power supply system, and selection of necessary equipment.

A specialized section covers the automated system for monitoring and controlling electrical energy.

power supply, SCADA, electrical loads, metering devices.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Опис технологічного процесу підприємства.....	7
2. Розрахунок електричних навантажень	8
2.1 Розрахунок освітлювальних навантажень	8
3. Побудова графіків електричних навантажень	19
4. Побудова картограми навантажень	27
5. Вибір напруг і схем зовнішнього і внутрішнього електропостачання	29
5.1. Вибір напруги схеми зовнішнього електропостачання	29
6. Режими реактивної потужності системи електропостачання	34
6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв	34
6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв	37
7. Розрахунок струмів короткого замикання і вибір високовольтного обладнання.....	41
8. Розробка автоматизованої системи енергетичного контролю і обліку споживання електричної енергії на новоукраїнському комбінаті хлібопродуктів.....	49
8.1. Структура АСКУЕ.....	50
8.3 Вибір систем обліку та контролю електроспоживання,.....	53
8.4. Вибір схем.....	57
8.5. Вибір трансформаторів струму та напруги.	58
8.6. Розрахунок метрологічних характеристик системи обліку електроспоживання.	62
Висновки	66
Список літератури.....	67

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Басистий Д.			Розроблення системи електропостачання Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Савеленко І.					6	71
Н. Контр.						ЕЕ-20ПЗ, ЦНТУ		
Затв.		Плешков П Г						

Вступ

Ефективна система електропостачання є критично важливою для забезпечення стабільної та безперебійної роботи будь-якого промислового підприємства. Особливо це стосується харчової промисловості, де висока надійність і якість електропостачання безпосередньо впливають на виробничі процеси та якість кінцевої продукції. Одним із таких підприємств є Новоукраїнський комбінат хлібопродуктів, що займається переробкою зернових культур та виробництвом різних хлібобулочних виробів.

Метою даної бакалаврської роботи є розроблення системи електропостачання для Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів. Проект включає аналіз існуючих енергетичних потреб підприємства, вибір оптимального електротехнічного обладнання, а також розробку заходів для підвищення енергоефективності та надійності системи електропостачання.

У процесі дослідження будуть розглянуті такі питання:

- Оцінка поточних та прогнозованих енергетичних навантажень комбінату.
- Вибір і обґрунтування параметрів трансформаторів, розподільчих пристроїв, кабельних ліній та іншого обладнання.
- Розробка схеми електропостачання, що забезпечує високу надійність і гнучкість у експлуатації.
- Впровадження систем моніторингу та обліку енергоспоживання для оптимізації енерговитрат.

Дослідження проводиться з урахуванням сучасних тенденцій у галузі енергозбереження та підвищення енергоефективності, що є особливо актуальним в умовах зростання цін на енергоносії та необхідності раціонального використання ресурсів. Запропоновані рішення сприятимуть не тільки зниженню експлуатаційних витрат, але й підвищенню конкурентоспроможності Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів на ринку.

						Арк.
						6
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1. Опис технологічного процесу підприємства

Новоукраїнський комбінат хлібопродуктів – сучасний завод, орієнтований на виробництво різноманітних видів комбікормів, включаючи розсипні, гранульовані кормосуміші та дрібно фасовані корми. Підприємство живиться через кабельні лінії з напругою 10 кВ, а на його території знаходиться центральний розподільчий пункт.

Основним джерелом живлення комбінату є підстанція „Тракторна”, яка має три рівні напруги: 150 кВ, 35 кВ та 10 кВ. Відстань між підстанцією та заводом становить 0,6 км, і для живлення комбінату використовується кабель марки ААБ-10 (3×240). Комбінат складається з двох основних зернових заводів, а також триває реконструкція комбікормового заводу.

У технологічному процесі задіяні потужності двох заводів, які здійснюють очистку та переробку зернових і круп'яних культур. Основне технологічне обладнання включає зерносушарки, стрічкові та гвинтові конвеєри, барабани, приводні і натяжні станції, шнеки, норії, та вальцедекові станки. Потужність електрообладнання варіюється від 0,12 до 90 кВт. У цехах підприємства встановлено багато вентиляторів для підтримання мікроклімату.

Підприємство працює у двозмінному режимі, а його споживачі належать переважно до II та III категорій за надійністю електропостачання. Централізоване гаряче водопостачання здійснюється від заводської котельні, а у разі перебоїв в подачі гарячої води в їдальні передбачено спеціальне обладнання.

Облік електроенергії для основного промислового виробництва здійснюється на вводах кабельних ліній 10 кВ від підстанції „Тракторна”.

						Арк.
						7
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розрахунок електричних навантажень

2.1 Розрахунок освітлювальних навантажень

Визначаємо встановлену потужність освітлювальних ЕП для крупоцеху:

$$P_y = p_0 \cdot F \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 5400 \cdot 10^{-3} = 43,2 \text{ кВт}$$

де $p_0=8$ – питома потужність освітлювального навантаження для крупоцеху, Вт/м²; $F=5400$ – площа крупоцеху, м².

Розрахункове навантаження освітлювальних ЕП, кВт:

$$P_p = K_c \cdot P_y = 0,85 \cdot 43,2 = 36,72 \text{ кВт}$$

де $K_c=0,85$ – коефіцієнт попиту освітлення в крупоцеху.

Розрахункове навантаження:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 36,72 \cdot 0 = 36,72 \text{ кВар},$$

Для інших підрозділів комбінату розрахунок освітлювальних навантажень зводимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Освітлювальне навантаження

№	Найменування	F, м ²	p ₀ , Вт/м ²	P _в , кВт	K _с	P _р , кВт	tgφ	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Крупяний завод №1	12505	10	125,55	0,85	106,7	1,73	184,62	213,25
	Крупоцех	5400	8	43,20	0,85	36,72	0	0	36,72
	Цех вибою	2885	12	35,10	0,8	28,08	1,73	48,58	56,11
	Цех готової продукції	2060	10	21,60	0,8	17,28	1,73	29,89	34,53
	Цех виготовлення мюслів	2060	12	25,92	0,9	23,33	1,73	40,36	46,61

Продовження таблиці 2.1

						Арк.
						8
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

№	Найменування	F, м ²	P _о , Вт/м ²	P _в , кВт	K _с	P _р , кВт	tgφ	Q _р , квар	S _р , кВА
2	Крупяний завод №2	11450	10	121,50	0,82	99,63	1,73	172,36	199,08
	Цех вибою	6320	10	62,10	0,8	49,68	1,73	85,95	99,27
	Цех готової продукції	3225	8	24,84	0,8	19,87	1,73	34,38	39,71
	Цех кормосумішей	3225	10	31,05	0,85	26,4	1,73	45,66	52,74
2	Склади	1783	6	10,10	0,6	6,06	1,73	10,48	12,11
3	Їдальня	2348	14	34,3	0,9	29	0	0	29,13
4	Автогараж	2274	8	20,6	0,9	18	1,73	30,28	34,98
5	Склад готової продукції	4056	6	26,1	0,6	16	1,73	27,13	31,34
6	Котельня	1864	6	10,6	0,6	6	0	0,00	6,35
7	Заводоуправління	5132	18	93,6	0,9	84	1,73	145,79	168,40
8	Елеватор	4284	8	34,3	0,9	29	0	0	29,13
9	Територія комбінату	222200	0,2	41,0	0,6	25	1,46	35,85	43,49
	Всього					443		606,52	767,25

2.2 Розрахунок силових навантажень

Розрахункове активне навантаження групи ЕП або вузла навантаження:

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m \quad (2.1)$$

де P_{cm} – середнє активне навантаження групи ЕП; K_m – коефіцієнт максимуму навантаження.

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n P_{cm}}{\sum_{i=1}^n P_n} \quad (2.2)$$

Ефективне число ЕП при $m \geq 3$, $K_n > 0,2$ значення n_E :

						Арк.
						9
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$n_E = \frac{2 \sum P_n}{P_{n \max}} \quad (2.3)$$

Розрахункове реактивне навантаження групи ЕП:

$$Q = Q_{cm}, \quad \text{при } n_E > 10 \quad (2.4)$$

$$Q = 1,1 Q_{cm}, \quad \text{при } n_E \leq 10, \quad (2.5)$$

Середнє реактивне навантаження за зміну:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.6)$$

Розрахунковий максимум навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.11)$$

Розрахунок навантажень вище 1000 В приведений в таблиці 2.3.

						Арк.
						10
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. Розрахунок ел. навантажень в мережі до 100 В

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл-сть ЕП	Встановлена потужність, кВт		m	K _в	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну, кВт		n _{еф}	K _м	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного	Σ					P _{ср}	Q _{ср}			P _р	Q _р	S _р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Новоукраїнський комбінат хлібопродуктів														
	Круп'яний завод №1														
	<u>Крупоцех</u>														
	Повітряний нагнітач	2	45,0 - 45	90	1	0,5	0,7	1,02	45,00	45,91					
	Плющильні установки	2	45,0 - 45	90	1	0,7	0,8	0,75	63,00	47,25					
	Зерношліфувальні машини	20	22,0 - 22	440	1	0,8	0,8	0,75	330,00	247,50					
	Вентилятори	10	18,5 - 19	185	1	0,7	0,8	0,75	120,25	90,19					
	Очисні машини	6	5,5 - 7,5	42	1	0,8	0,8	0,882	31,50	27,78					
	Всього по крупоцеху	40	5,5 - 45	847	8	0,7	0,8	0,778	590	459	38	1,09	644	459	790
	<u>Цех вибою та розфасування</u>														
	Фасувально-пакувальна машини	4	7,5 - 7,5	30	1	0,5	0,7	1,02	13,50	13,77					
	Машини повздовжнього шва	4	5,5 - 5,5	22	1	0,5	0,8	0,882	9,90	8,73					
	Групова упаковка	2	7,5 - 7,5	15	1	0,4	0,7	1,02	6,00	6,12					
	Всього по цеху	10	5,5 - 45	67	8	0,4	0,7	0,974	29	29	3	1,99	58	31	66
	<u>Цех готової продукції</u>														
	Стрічкові транспортери	2	4,0 - 4	8	1	0,5	0,7	1,02	4,00	4,08					
	вентилятори	2	4,0 - 4	8	1	0,6	0,8	0,882	4,80	4,23					
	Конвейєри стічкові	2	4,0 - 4	8	1	0,6	0,7	1,02	4,80	4,90					
	Всього по цеху	6	4,0 - 45	24	11	0,6	0,7	0,971	14	13	1	2,20	30	15	33
	<u>Цех виготовлення мюслів</u>														
	Фасувальні апарати	2	7,5 - 7,5	15	1	0,4	0,7	1,02	6,00	6,12					
	Ланцюгові транспортери	1	4,0 - 4	4	1	0,5	0,7	1,02	2,00	2,04					

		Продовження таблиці 2.2															
Зм	Арк	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			Повітряний фільтр	2	2,6 - 3	5,1	1	0,5	0,7	1,02	2,55	2,60					
			Норії	4	18,6 - 19	74	1	0,5	0,7	1,02	33,30	33,97					
№ док.м.			Сушильні шафи	2	10,0 - 10	20	1	0,6	0,8	0,75	12,00	9,00					
			Всього по цеху	11	2,6 - 19	118	7	0,5	0,7	0,962	56	54	11	1,38	77	54	94
			Всього по заводу	67	2,6 - 45	1056	18	0,7	0,8	0,805	689	554	47	1,10	755	554	937
Підпис			Круп'яний завод №2														
			Цех вибою														
			Фасувально-пакувальні лінії	6	0,1 - 0,1	0,72	1	0,4	0,7	1,02	0,29	0,29					
Дата			Зашивочні машини	4	0,3 - 0,3	1	1	0,5	0,7	1,02	0,45	0,46					
			Стрічкові транспортери	2	3,0 - 3,0	6	1	0,5	0,7	1,02	3,00	3,06					
			Вентилятори радіальні	2	4,0 - 4,0	8	1	0,7	0,8	0,882	5,20	4,59					
			Всього по цеху	14	0,1 - 4	16	33	0,6	0,7	0,94	9	8	8	1,4	12	9	15
			Цех готової продукції														
			Лушилки двохдекові	11	7,5 - 7,5	82,5	1	0,7	0,8	0,75	57,75	43,31					
			Розсійники	12	55 - 55	660,0	1	0,6	0,7	1,169	396,00	462,98					
			Підживлювачі шлюзові	13	13,3 - 13,3	172,9	1	0,4	0,7	1,138	69,16	78,72					
			Конвейєр скребковий	2	5,5 - 5,5	11	1	0,5	0,7	1,02	5,50	5,61					
			Конвейєр шнековий	9	14,0 - 14	126	1	0,5	0,7	1,02	63,00	64,27					
			Конвейєр стрічковий	6	2,8 - 2,8	16,8	1	0,6	0,7	0,964	9,24	8,91					
			Сепаратор повітряний	10	1,5 - 4,0	30	3	0,4	0,6	1,333	11,10	14,80					
			Сепаратор зерноочисний	4	2,6 - 2,6	10,4	1	0,4	0,6	1,333	4,16	5,55					
			Сортувальна машина	4	2,2 - 2,2	8,8	1	0,4	0,6	1,111	615,91	684,15					
			Всього по цеху	71	1,5 - 55	1118,4	37	1,1	0,7	1,111	1232	1368	41	1,0	1232	1368	1841
			Цех кормосумішей														
			Падді-машина	2	2,2 - 2,2	4,4	1	0,4	0,5	1,732	1,76	3,05					
			Трієр	2	5,2 - 5,2	10,4	1	0,3	0,5	1,732	3,12	5,40					
			Зернові пропарювачі	4	5,1 - 5,1	20,4	1	0,4	0,6	1,333	8,16	10,88					
			Вентилятори радіальні	4	45,5 - 45,5	182	1	0,6	0,8	0,882	109,20	96,31					
			Вентилятори привідні	8	7,0 - 14	84	2	0,7	0,9	0,62	54,60	33,84					
		Арк.	12														

		Продовження таблиці 2.2.															
Зм	Арк	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			Камінневідбірник	2	1,5 - 1,5	3	1	0,3	0,5	1,732	0,90	1,56					
			Пожежні насоси	3	10,0 - 15,0	35	2	0,6	0,7	1,02	21,00	21,42					
№ док.м.			Компресори	2	5,0 - 10,0	15	2	0,7	0,9	0,62	9,75	6,04					
			Всього по цеху	27	1,5 - 46	354,2	30	0,6	0,8	0,856	208	179	16	1,2	255	179	311
			Всього по заводу №2	112	0,1 - 55,0	1488	458	1	0,7	1,073	1449	1555	54	1,0	1449	1555	2126
Підпис			Склади														
			Вентилятори	3	4,5 - 20	46,5	4	0,6	0,8	0,75	27,90	20,93					
			Кран з ПВ%= 25	3	10,0 - 10	15,0	1	0,2	0,5	1,732	3,00	5,20					
Дата			Транспортери	2	2,0 - 10	16	5	0,5	0,7	1,169	8,00	9,35					
			Всього по складу	8	2,0 - 20	77,5	10	0,5	0,7	0,912	39	35	8	1,4	55	39	68
			Їдальня														
			Електричні плити	4	5,0 - 40	150	8	0,6	0,8	0,75	90,00	67,50	4				
			Вентилятори	3	1,0 - 3	8	3	0,7	0,8	0,75	5,60	4,20	3				
			Морозильні камери	2	1,0 - 5	10	5	0,6	0,7	1,02	5,50	5,61	2				
			Технологічна лінія	2	1,0 - 5	10	5	0,6	0,8	0,882	6,00	5,29	2				
			Всього по Їдальні	11	1,0 - 40	178	40	0,7	0,8	0,75	107	80	9	1,25	107	88	139
			Автогараж														
			Вентилятори	5	1,0 - 5	16	5	0,7	0,8	0,75	11,20	8,40					
			Компресори	2	10,0 - 15	20	2	0,7	0,8	0,75	13,00	9,75					
			Зварювальна ділянка	3	1,0 - 15	40	15	0,3	0,4	2,676	12,00	32,12					
			Токарні станки	3	10,0 - 14	23	1	0,3	0,7	1,169	5,75	6,72					
			Шліфувальні станки	2	1,0 - 5	10	5	0,3	0,7	1,169	2,50	2,92					
			Всього по автогаражу	15	1,0 - 15	109	15	0,4	0,6	1,299	44	58	15	1,23	54	58	79
			Склад готової продукції														
			Транспортери	2	1,0 - 4	8	4	0,6	0,8	0,75	4,80	3,60					
			Вентилятори	5	1,0 - 3	15	3	0,7	0,8	0,75	9,75	7,31					
			Машини мікроклімату	2	1,0 - 3	6	3	0,5	0,8	0,882	3,00	2,65					
	Всього по складу	9	1,0 - 4	29	4	0,7	0,8	0,724	17,55	13,56	9	1,22	21	15	26		
	Арк.	13															

		Продовження таблиці 2.2																			
Зм		1	2			3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Арк			<u>Котельня</u>																		
№ докум.			Технологічні насоси			12	3,0 - 80			84	27	0,7	0,8	0,75	58,80	44,10					
			Димососи			2	1,0 - 50			50	50	0,7	0,8	0,75	35,00	26,25					
			Живильні насоси			2	5,0 - 100			85	20	0,7	0,8	0,75	55,25	41,44					
			Вентилятори			6	3,0 - 5			22	2	0,7	0,8	0,75	14,30	10,73					
Підпис			Всього по котельні			22	1,0 - 100			241	100	0,7	0,8	0,75	163,35	122,51	5	1,18	193	135	235
			<u>Заводууправління</u>			20	2,0 - 24			440	12	0,7	0,8	0,75	308,00	231,00	20	1,1	348	231	418
Дата			<u>Елеватор</u>																		
			Привод барабана			4	4 - 4			16		0,79	0,74	0,91	12,64	11,49					
			Пиловий шнек			6	0,55 - 0,55			3		0,79	0,76	0,86	2,37	2,03					
			Шлюзовий затвор			4	0,75 - 0,75			3		0,79	0,73	0,94	2,37	2,22					
			Норії			4	20 - 40			120		0,68	0,82	0,70	81,60	56,96					
			Аспірація			6	5 - 7,5			32		0,68	0,75	0,88	21,76	19,19					
			Вентилятори			3	22 - 22			66		0,79	0,79	0,78	52,14	40,47					
			Поворотні круги			6	1 - 5			25		0,11	0,65	1,17	2,75	3,22					
			Компресор			2	2,2 - 3			5		0,40	0,77	0,83	2,00	1,66					
			Цепнік відходів			5	2,2 - 3			11		0,83	0,69	1,05	9,13	9,58					
			Всього по елеватору			40	0,55 - 40			281	73	0,7	0,8	0,786	187	147	14	1,2	221	147	266
			Всього по Новоукраїнському КХП			304	0,12	-	100	3900	833	0,8	0,7	0,931	3004	2797	78	1,0	3119	2797	4189
	Арк.																				

14

					Продовження таблиці 2.3.																
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
						Всього												199,1	134,8		
						Всього по ТП№1,2															
						силова	100,0	1	100	1475,1	100	0,7	0,8	0,8	959,1	757,0	30	1,1	1080	757	1319
						освітлювальна												140,9	118,8		
						Всього												1220,6	875,9		
						БСК															
						З урахуванням БСК												680,4	458,6		
						Втрати в тра-рах Sn.тр = 630	3,0											6,9	75,2		
						Всього на шинах 10 кВ ТП№1,2												687,2	533,8	870,2	
						ТП№3,4															
						<u>Цех готової продукції</u>															
						силова	71,0	1,5	- 55,0	1118,4	37,0	1,1	0,7	1,1	1231,8	1368,3	41,0	1,0	1231,8	1368,3	1841,1
						освітлювальна												19,9	34,4		
						Всього												1251,7	1402,7		
						<u>Цех вибою</u>															
						силова	14,0	0,1	- 4,0	15,7	33,0	0,6	0,7	0,9	8,9	8,4	8,0	1,4	12,1	9,2	15,2
						освітлювальна												49,7	85,9		
						Всього												61,8	95,2		
						<u>Цех кормосумішей</u>															
						силова	27,0	1,5	- 45,5	354,2	30,0	0,6	0,8	0,9	208,5	178,5	16,0	1,2	254,5	178,5	310,9
						освітлювальна												26,4	45,7		
						Всього												280,9	224,2		
						<u>Територія комбінату</u>															
						силова															
						освітлювальна													24,6	35,9	
						Всього													24,6	35,9	
						Всього по ТП№3,4															
						силова	112,0	0	55	1488,3	458	1,0	0,7	1,1	1449,2	1555,2	54	1,0	1449	1555	2126
						освітлювальна													120,6	201,8	
	Арк.																				

16

[illegible]

		Продовження таблиці 2.3.															
Зм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Арк			Всього на шинах 10 кВ ТП№5												253,0	173,2	306,6
№ докум.			ТП№6														
			<u>Заводоуправління</u>														

3. Побудова графіків електричних навантажень

Побудова графіків виконується за типовими графіками електричних навантажень для харчової промисловості. Вихідні дані для побудови річного графіку приведені в таблицях 3.1 та 3.2 .

Добові графіки електричних навантажень приведені на рисунках 3.1-3.4. Результати розрахунку приведені нижче

Таблиця 3.1. Активне навантаження

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1698,6	1443,8	679,4	577,5
2	1698,6	1627,6	679,4	577,5
3	1698,6	1627,6	679,4	577,5
4	2007,5	1890,1	679,4	577,5
5	2625,1	2257,6	679,4	577,5
6	2934,0	2493,9	679,4	577,5
7	3088,4	2625,1	555,9	472,5
8	3088,4	2625,1	555,9	472,5
9	2779,6	2493,9	463,3	393,8
10	2779,6	2493,9	463,3	393,8
11	2779,6	2493,9	463,3	393,8
12	2779,6	2493,9	463,3	393,8
13	2779,6	2493,9	463,3	393,8
14	2779,6	2493,9	463,3	393,8
15	2779,6	2493,9	463,3	393,8
16	2779,6	2493,9	463,3	393,8
19	3088,4	2625,1	463,3	393,8
18	3088,4	2625,1	463,3	393,8
19	2779,6	2493,9	463,3	393,8
20	2779,6	2415,1	555,9	472,5
21	2779,6	2415,1	555,9	472,5
22	2625,1	2152,6	679,4	577,5
23	2007,5	1890,1	679,4	577,5
24	1698,6	1627,6	679,4	577,5
Wi	61922,32	54786,58	13434,52	11419,34

Таблиця 3.2. Реактивне навантаження без врахування КП

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1866,2	1586,3	872,9	742,0
2	1866,2	1586,3	872,9	742,0
3	1866,2	1586,3	872,9	742,0
4	2167,2	1842,1	872,9	742,0
5	2588,6	2200,3	872,9	742,0
6	2859,5	2430,6	872,9	742,0
7	3010,0	2558,5	722,4	614,0
8	3010,0	2558,5	722,4	614,0
9	2859,5	2430,6	602,0	511,7
10	2859,5	2430,6	602,0	511,7
11	2859,5	2430,6	602,0	511,7
12	2859,5	2430,6	602,0	511,7
13	2859,5	2430,6	602,0	511,7
14	2859,5	2430,6	602,0	511,7
15	2859,5	2430,6	602,0	511,7
16	2859,5	2430,6	602,0	511,7
19	3010,0	2558,5	602,0	511,7
18	3010,0	2558,5	602,0	511,7
19	2859,5	2430,6	602,0	511,7
20	2769,2	2353,8	722,4	614,0
21	2769,2	2353,8	722,4	614,0
22	2468,2	2098,0	872,9	742,0
23	2167,2	1842,1	872,9	742,0
24	1866,2	1586,3	872,9	742,0

Робочі дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

 $W_{зр} = 9102580$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

 $V_{зр} = 9265337$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

 $W_{лр} = 5752591$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

 $V_{лр} = 5625383$

Вихідні дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

 $W_{зв} = 873244$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$V_{зв} = 1128902$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лв} = 548128$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лв} = 708603$$

Загальна річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лр} = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 16276542,99$$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лв} = V_{зр} + V_{лр} + V_{зв} + V_{лв} = 16728225,21$$

Час використання максимального навантаження, год:

$$T_m = 5412,1$$

Час максимальних втрат, год:

$$\tau_m = 3876,3$$

Виводити на друк ?

Ok

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

Зм	
Арк	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

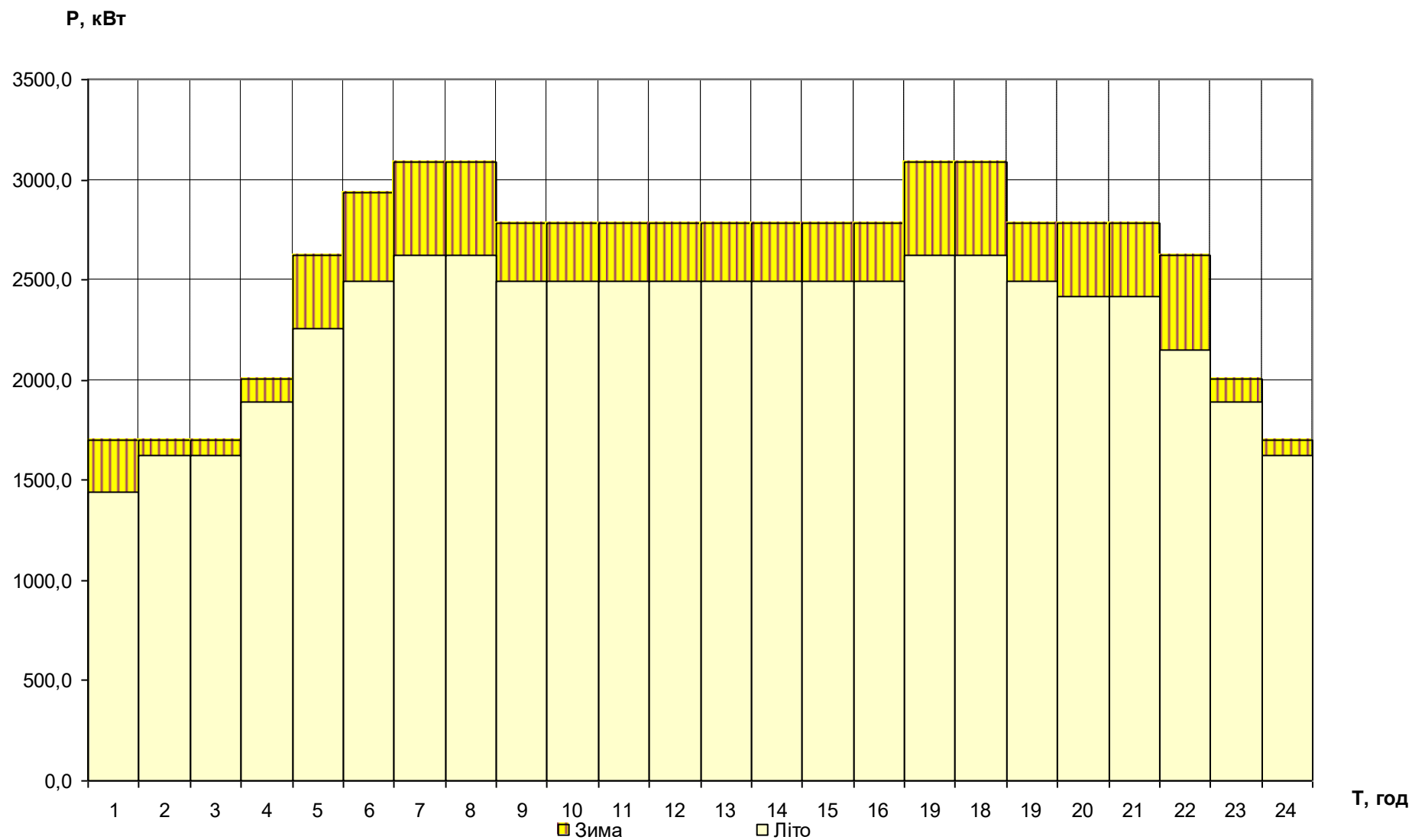


Рис. 3.1 Споживання активної потужності в робочий день

Зм	
Арк	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

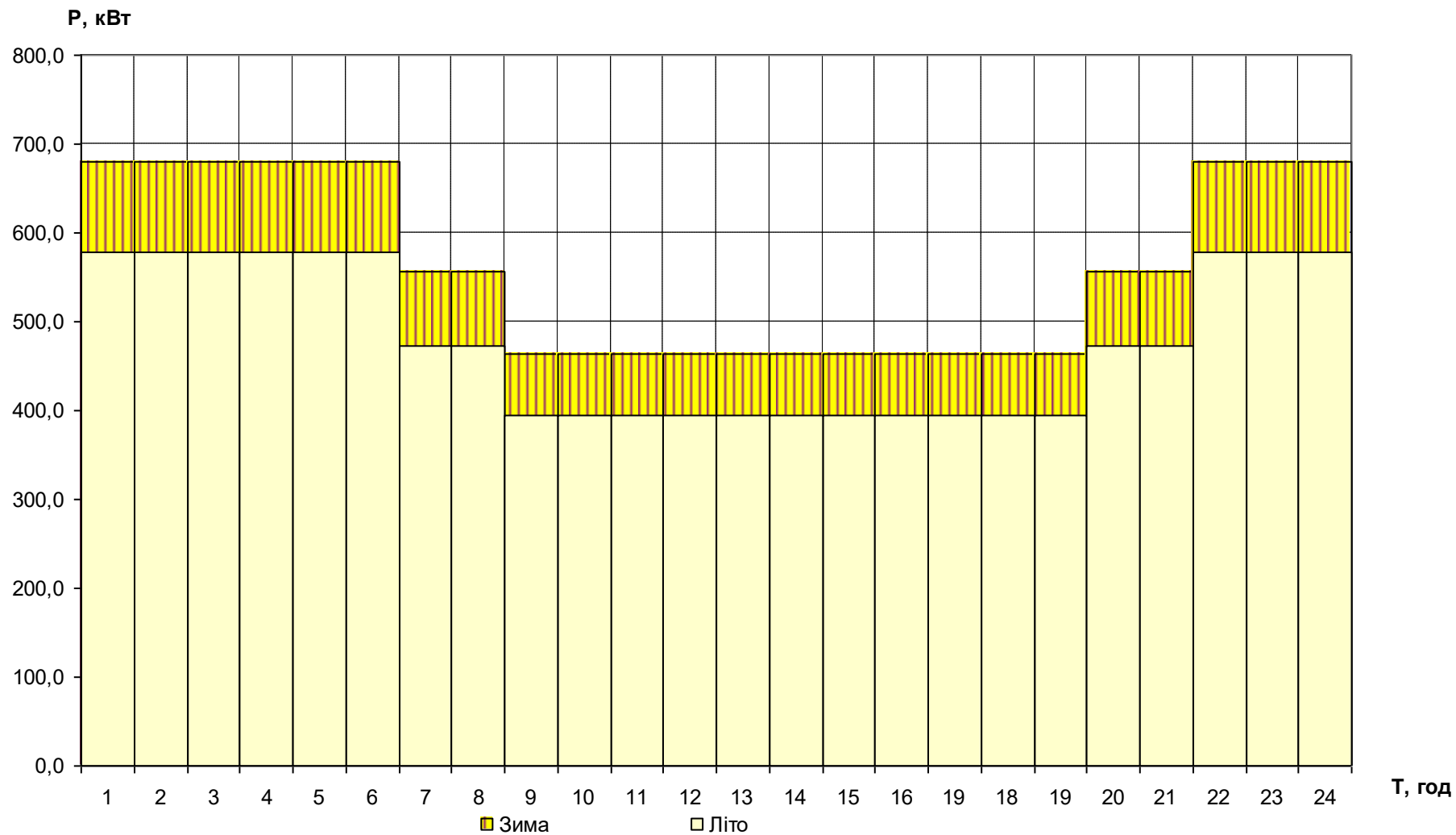


Рис. 3.2 Споживання активної потужності у вихідний день

					Апр.
3м	Апр	№ док.м.	Підпис	Дата	

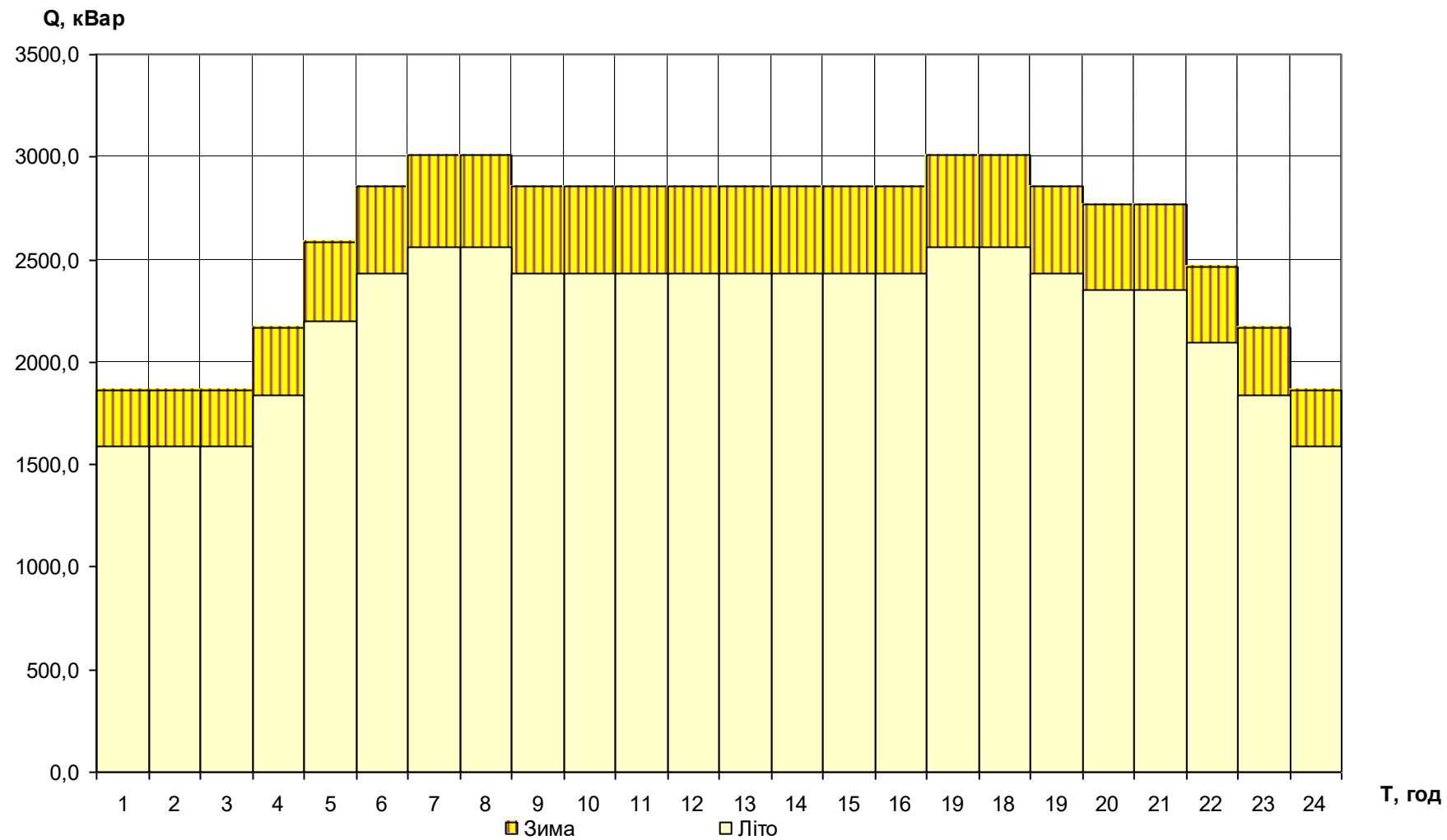


Рис. 3.3 Споживання реактивної потужності в робочий день

Зм	
Арк	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

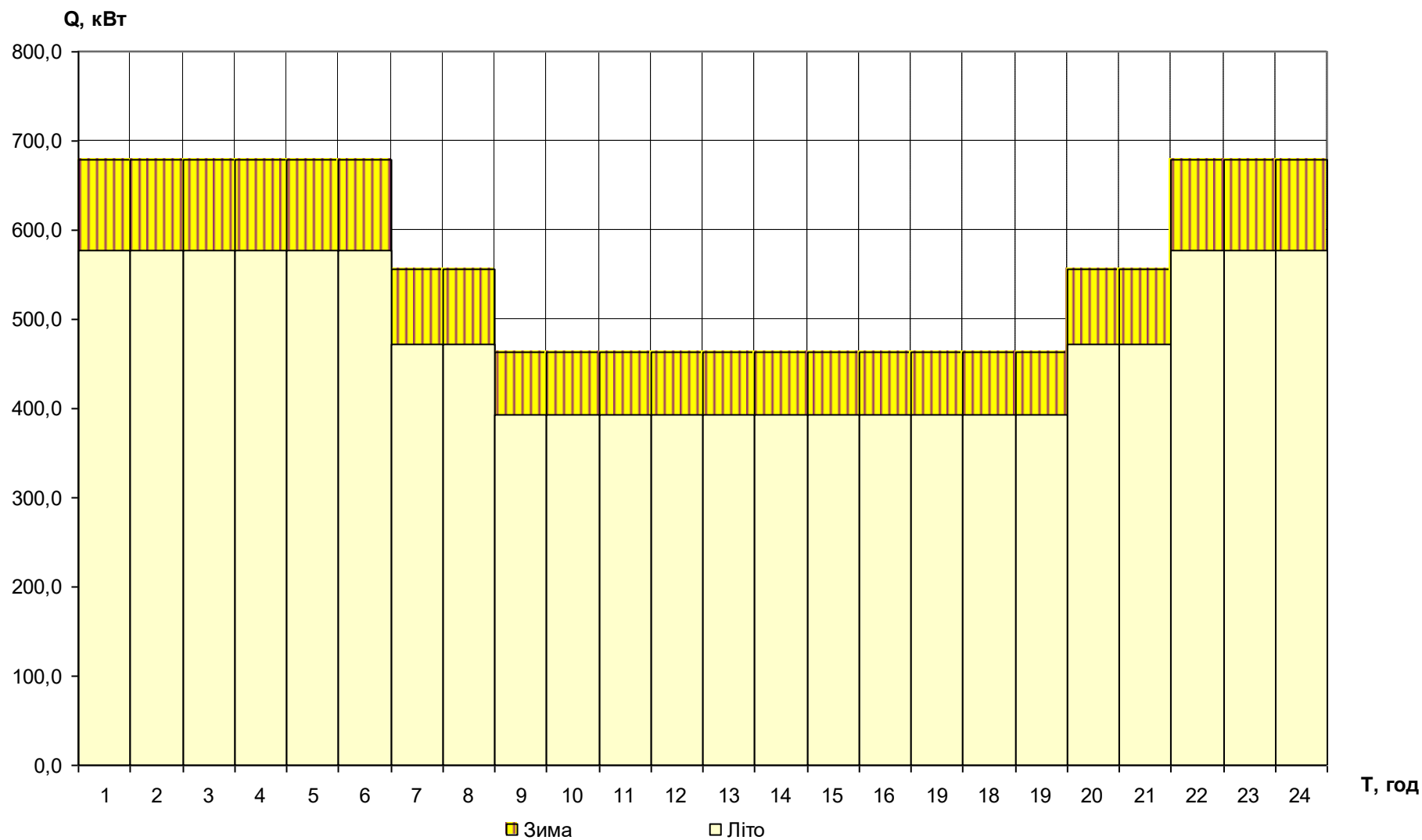


Рис. 3.4 Споживання реактивної потужності у вихідний день

Зм	
Арк	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

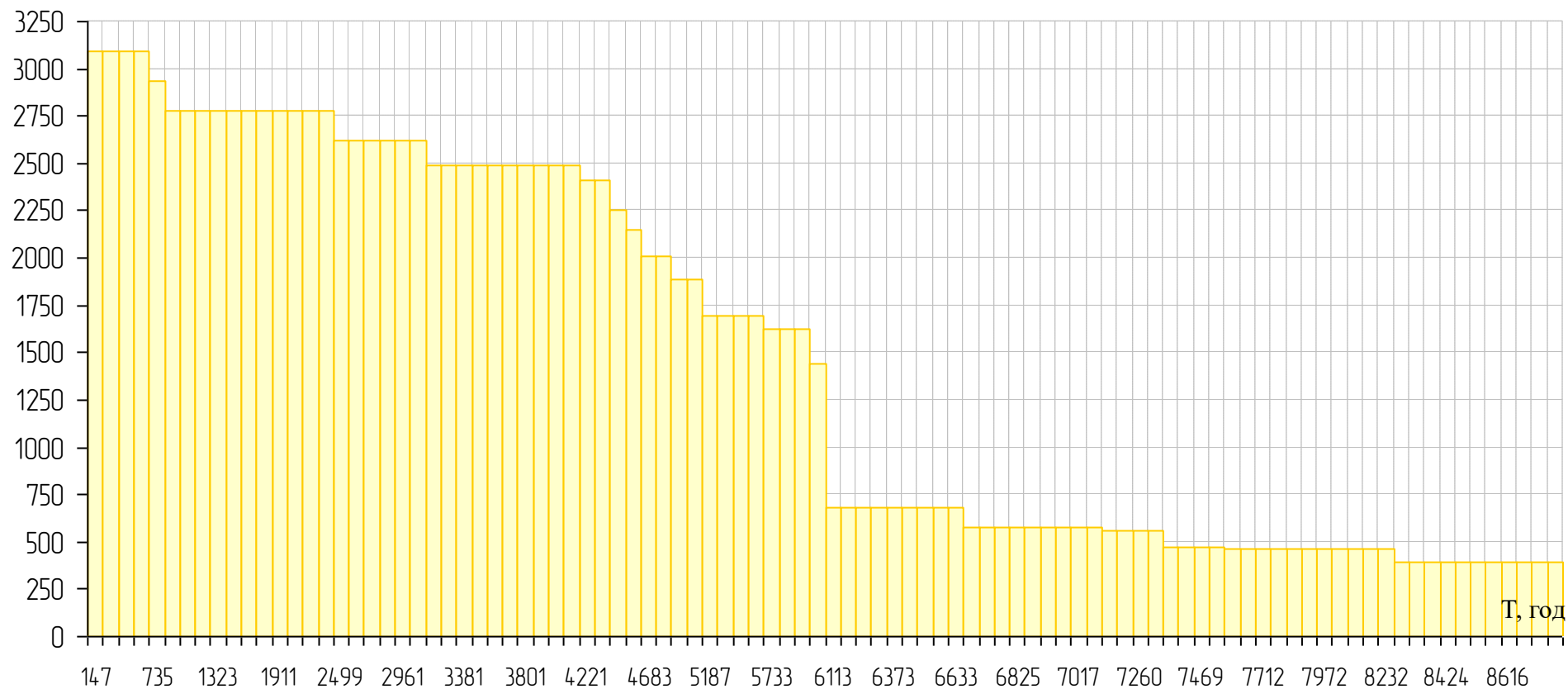


Рис. 3.5 Річний графік навантаження за тривалістю

4. Побудова картограми навантажень

Для визначення місць розташування ЦЕН і цехових ТП на генеральному плані підприємства наноситься картограма електричних навантажень

Приведемо приклад розрахунку для Крупоцеху

$$P_p = P_{\text{сил}}^{0,4} + P_{\text{осв}} = 643,6 + 36,7 = 680,4 \text{ кВт}$$

Радіус окружності:

$$R = \sqrt{P_p / 3,14 * m} = \sqrt{680,4 / 3,14 * 0,5} = 20,81 \text{ мм}$$

Де $m = 0,5$ – масштаб кола, кВт/мм².

Визначимо сектор, що характеризує частку освітлювального навантаження:

$$\alpha = 360 * 36,7 / 680,4 = 19,4^\circ$$

Координати крупоцеху на генплані підприємства (345:305):

$$X_o = 680,4 * 345 = 234725,26 \text{ кВт м}$$

$$Y_o = 680,4 * 300 = 204108,9 \text{ кВт м}$$

						Арк.
						27
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Розрахунок картограми електричних навантажень та умовного центру електричних навантажень.

№ по плану	Найменування	$P^{0,4}_{\text{сил, кВт}}$	$P_{\text{росв, кВт}}$	$P_p, \text{кВт}$	m	$R, \text{мм}$	α	$x, \text{м}$	$y, \text{м}$	$P^*x, \text{кВт м}$	$P^*y, \text{кВт м}$
1	Крупяний завод №1										
	Крупоцех	643,64	36,72	680,36	0,5	20,81	19,43	345	300	234725,26	204108,93
	Цех вибою та розфасування	58,47	28,08	86,55	0,5	7,42	116,80	345	300	29858,24	25963,69
	Цех готової продукції	29,92	17,28	47,20	0,5	5,48	131,80	345	300	16284,00	14160,00
	Цех виготовлення мюслів	76,81	23,33	100,14	0,5	7,98	83,87	345	300	34547,38	30041,20
	Всього по заводу №1	755,38	106,72	862,10	0,5	23,43	44,56	345	300	297423,51	258629,14
2	Крупяний завод №2										
	Цех вибою	12,12	49,68	61,80	0,5	6,27	289,41	576	363	35594,96	22432,24
	Цех готової продукції	1231,82	19,87	1251,69	0,5	28,23	5,72	576	363	720974,59	454364,20
	Цех кормосумішей	254,51	26,39	280,90	0,5	13,37	33,82	576	363	161800,98	101968,33
	Всього по заводу №2	1449,25	26,39	1475,64	0,5	30,65	6,44	576	363	849968,93	535657,50
3	Склади	55,42	6,06	61,48	0,5	6,26	35,48	300	420	18443,04	25820,25
4	Їдальня	107,10	29,13	136,23	0,5	9,31	76,98	330	210	44956,30	28608,55
5	Автогараж	54,45	17,50	71,95	0,5	6,77	87,57	171	378	12304,21	27198,78
6	Склад готової продукції	21,41	15,68	37,09	0,5	4,86	152,20	216	471	8012,00	17470,61
7	Котельня	192,75	6,35	199,10	0,5	11,26	11,48	630	159	125435,14	31657,44
8	Заводоуправління	347,92	84,27	432,19	0,5	16,59	70,20	192	222	82980,42	95946,11
9	Елеватор	221,38	29,13	250,51	0,5	12,63	41,86	387	390	96948,94	97700,49
	Всього по заводу			3561,43						1536472,48	1118688,87

5. Вибір напруг і схем зовнішнього і внутрішнього електропостачання

5.1. Вибір напруги схеми зовнішнього електропостачання

Вибір напруги для зовнішнього електропостачання зводиться до визначення такого стандартного значення, яке відповідає всім технічним вимогам і є максимально економічним.

На етапі попередніх розрахунків величини оптимальних напруг можуть бути визначені за допомогою номограм. Остаточне проектне рішення приймається шляхом порівняння зведених витрат для різних варіантів.

Приведені затрати варіанту електропостачання:

$$Z_i = E_n \cdot K_i + C_i + C_{\text{пот},i} + Y_i,$$

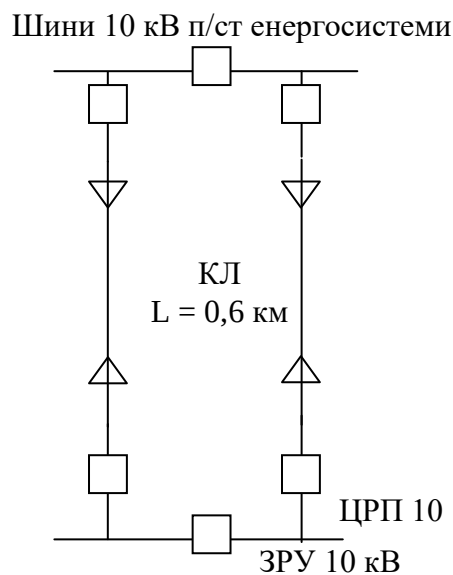


Рисунок 5.1. Схема живлення підприємства першим варіантом

Варіант №1.

Схема електропостачання приведена на рисунку 5.1.

Напруга живлення $U_H = 10$ кВ; віддаленість від заводу $l = 0,6$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H} = \frac{5175}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = 148,2 \text{ А};$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 148,2 / 1,1 = 134,7 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,1$ А/мм² – економічна щільність струму приймається при $T_m = 5412$ год

Приймаємо стандартний переріз 150 мм^2 кабеля. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3 х 150). Кількість $n = 1$

Для даного кабеля допустимий тривалий струм $I_{доп} = 275$ А, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 20$ кВт/км, вартістю, $K_0 = 52$ тис.грн/км.

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

$$I_{доп}' = I_{доп} \cdot K_{п} = 275 \cdot 1 = 275 \text{ А};$$

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

Коефіцієнт попереднього завантаження кабеля

$$K_3 = I_p / (n \cdot I_{доп}') = 148,2 / (1 \cdot 275) = 0,54$$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження

$$I_{авар}' = n \cdot I_{доп}' \cdot K_{а.п} = 1 \cdot 275 \cdot 1,4 = 371,3 > I_{р.ав} = 296 \text{ А}$$

$$I_{pAB} = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H} = \frac{5175,0}{1,7 \cdot 10} = 296,3 \text{ А};$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 13,93 \cdot 3876 = 53999,463 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 20 \cdot 2,4 \cdot 0,5^2 = 13,931 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина кабельної лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{л} = 0,6 \cdot 2 = 1,20 \text{ км}$$

					Арк.
					30
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$C_{\text{втрат}} = \Delta \mathcal{E}_1 \cdot C_0 = 53999,5 \cdot 5,7 = 307794 = 307,794 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 5,7$ грн/кВт·год.

Варіант №2.

Живлення заводу напругою 35 кВ, схема зображена на рисунку 5.2.

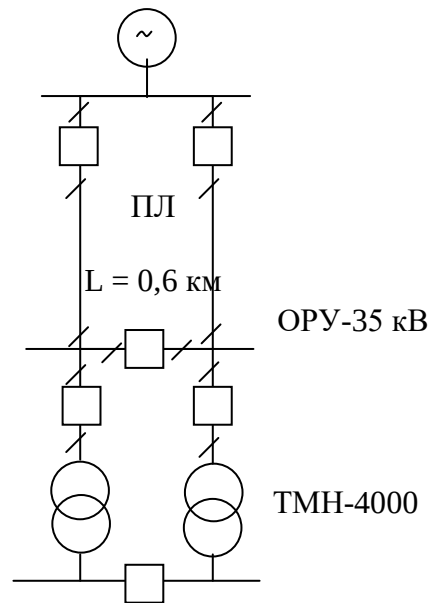


Рис. 5.2 Схема електропостачання напругою 35 кВ

Розрахунковий струм в лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} = \frac{5126}{2 \cdot 1,73 \cdot 35} = 42,33 \text{ мм}^2$$

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

$$F_{\text{ек}} = I_p / j_{\text{ек}} = 42,33 / 1 = 42,33 \text{ мм}^2$$

де $j_{\text{ек}} = 1 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму приймається по табл. 1.3.36 [9] при $T_m = 5412$ год

Достатньо ЛЕП з проводами АС , лінія перерізом 50 мм² Обираємо провід марки АС, з перерізом F= 50 мм², параметри на один ланцюг: P_{1км}= 122 кВт/км; I_{доп} = 210 А; K₀ = 64,94 тис.грн/км [11].

На ГПП передбачаємо встановити двох трансформаторів потужністю S_н = 4000 кВА кожен, напругою 35 /10 кВ.

Обираємо трансформатор типу ТМН-4000/35-73У1 з параметрами P_к= 33,5 кВт; P_{хх} = 6,7 кВт; U_{кз} = 7,5 %.

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_3 = 5175 / (2 \cdot 4000) = 0,64$$

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

$$S = 1,4 \cdot S_{н.тр.} = 1,4 \cdot 4000 = 5600 \text{ кВА}$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 5,948 \cdot 3876 = 23055,789 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 122 \cdot 1,2 \cdot 0,2^2 = 5,95 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина кабельної лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{л} = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ км}$$

n_л - кількість ліній в одному ланцюгу, шт

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta \mathcal{E}_{тр} = 2 \cdot (P_{х} \cdot t_{вкл} + P_{к} \cdot \tau \cdot K_3^2) = 2(6,7 \cdot 8760 + 34 \cdot 3876 \cdot 0,6^2) = 224009$$

Сумарні втрати енергії:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_{л} + \Delta \mathcal{E}_{тр} = 23055,8 + 224009,39 = 247065,18 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість втрат енергії:

$$C_{пот} = \Delta \mathcal{E} \cdot C_0 = 247065,18 \cdot 5,1 = 1260031 \text{ грн} = 1260 \text{ тис. грн}$$

де C₀ – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами C₀ = 5.1 грн/кВт·год.

						Арк.
						32
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1. Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис грн	Вартість всього, т. грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	шт	2	130,16	260,32
	Кабельна лінія типу АШШВ-10 (3× 150)	км	0,6	152	310,20
	Траншея	км	0,606	75,6	49,45
	Всього				619,97
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35	км	0,6	640,94	380,96
	Відкритий розподільчий пристій 35	шт	1	950	950,00
	Трансформатори ГЗП ТМН- 4000 / 35	шт	2	1100	2200,00
	Всього				3530,96

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат по варіантам

№ п/п	Найменування об'єкту	K _i , тис грн	P _a , %	C _a , %	P _e , %	C _e , %	C _п , тис грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	260,32	15	90,48	5	30,16	120,64
	Кабельна лінія типу АШШВ-10 (3×150)	310,20	5	15,6	5	15,6	31,2
	Траншея	49,45	5,00	4,7	5,00	4,77	9,5
	Всього	619,97		110,8		50,5	161,3
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 380,96	38,964	5	19,5	5,00	19,5	39
	Відкритий розподільчий пристій 35	950,00	15	142,5	5	47,5	190
	Трансформатори ГЗП ТМН-4000/35	2200,00	15	330	5	110	440
	Всього	3530,96		429		177,0	669,0

Результати розрахунку приведених витрат приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 Зведені витрати по варіантам електропостачання

№ п/п	Найменування статті	Варіант I	Варіант II
1	Капіталовкладення у варіанти	619,97	3530,96
2	Поточні витрати	161,3	669
3	Вартість втрат електроенергії	307,9	1260
	Приведені витрати	593,0	1881,9

Як видно з розрахунків за економічними показниками варіант живлення 10 кВ є більш доцільним. Отже і приймаємо його для подальшого проектування.

6. Режими реактивної потужності системи електропостачання

Залежно від типу електрообладнання на підприємстві, його реактивна потужність може досягати 130% від активної. Передача значної кількості реактивної потужності через лінії та трансформатори системи електропостачання є недоцільною з наступних основних причин:

1. Усі елементи системи електропостачання зазнають додаткових втрат активної потужності та енергії через навантаження реактивною потужністю.
2. Виникають додаткові втрати напруги, які особливо значні в мережах, що живлять системи електропостачання промислових підприємств.

Для зменшення втрат у трансформаторах, лініях та інших компонентах системи електропостачання, а також для оптимізації їх номінальних параметрів, використовується компенсація реактивної потужності. Для цієї мети можуть застосовуватися синхронні двигуни та конденсаторні установки.

6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв

Активне та реактивне навантаження в мережі до 1000 В з розділу 2 :

$$P_H = 3588,5 \text{ кВт}$$

$$Q_H = 3660,5 \text{ квар}$$

Сумарне споживання по заводу:

$$P_p = P_v + P_H + \Delta P_{\text{тр}} = 0 + 3588,5 + 40 = 3628,5 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_v + Q_H + \Delta Q_{\text{тр}} = 0 + 3660,5 + 313 = 3993,5 \text{ квар}$$

Економічно доцільна потужність, що може бути передана від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \phi_3 = 3628,5 \cdot 0,15 = 542,33 \text{ квар}$$

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

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_e = 3993 - 542,33 = 3375,4 \text{ квар}$$

Визначаємо мінімальну кількість трансформаторів по (5.4):

						Арк.
						34
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$N_0 = P_H / (K_3 * S_{H \text{ тр}}) = 3588,5 / (0,7 * 630) = 8,1372$$

Приймаємо $N_0 = 9$

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

Варіант I: $N = N_0 = 9$

Визначаємо реактивну потужність, яка може бути передана з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові трансформатори по (5.5):

$$Q_{\text{г}} = \sqrt{(n S_m K_3)^2 - P_H^2} = (9 * 630 * 0,7)^2 - 3588,5^2 = 1695,8 \text{ кВар}$$

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

$$Q_{\text{кн}} = Q_H - Q_{\text{п}} = 3660,5 - 1695,8 = 1964,7 \text{ квар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кн}} = 2068 \text{ квар}$, з них

БК потужністю 268 квар приймаємо 2 шт.

БК потужністю 200 квар приймаємо 6 шт.

БК потужністю 166 квар приймаємо 2 шт.

Уточнюємо значення $Q_{\text{п}} = Q_H - Q_{\text{кн}} = 3660,5 - 2068 = 1592,5 \text{ квар}$

Потужність КП, встановлюємих на шинах 10 кВ:

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

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{кн}} - Q_{\text{е}} = 3993,7 - 2068 - 542,33 = 1307,4 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановки $Q_{\text{кв}} = 1350 \text{ кВар}$

БК потужністю 450 квар приймаємо 3 шт.

$$Q_{\text{кв}} = 1350 \text{ кВар}$$

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

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{п}}^2 * R_{\text{ек}} / U_{\text{н}}^2 = 1592,5^2 * 182 / 10 = 4,6 \text{ кВт}$$

$$\text{де } R_{\text{ек}} = (\Delta P_{\text{кз}} * U_{\text{н}}^2) / (N_{\text{тр}} * S_{\text{нтр}}^2) = (6,5 * 10^2 / (9 * 630)) = 181,966 * 10^{-6}$$

кОм

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів:

						Арк.
						35
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\Delta P_{KV} = \Delta P_{пит} * Q_{KV} = 0,0045 * 1350 = 6,08 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{пит} = 0,0045 \text{ кВт/квар}$ – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів:

$$\Delta P_{KH} = \Delta P_{пит} * Q_{KH} = 0,003 * 2068 = 6,204 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{пит} = 0,003 \text{ кВт/квар}$ – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

$$K_{KH} = N_{бк}^{0,4} i \quad K_{кку}^{0,4} i = 2 * 6,14 + 6 * 5,32 + 2 * 4,75 = 53,728 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{KV} = N_{бк}^{10} i \quad K_{кку}^{10} i = 3 * 10,1 = 30,195 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

$$K_{КТП} = N_{ТП(1)} * K_{ТП(1)} + N_{ТП(2)} * K_{ТП(2)} = 3 * 67,5 + 3,0 * 127,35 = 584,55 \text{ тис.}$$

грн.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності по (5.3):

$$\begin{aligned} Z_1 &= E_n * (K_{KH} + K_{KV} + K_{КТП}) + (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KV} + \Delta P_{ТП}) * C_o * \tau = \\ &= 0,12 * (53,728 + 30,20 + 584,55) + (6,204 + 6,08 + 4,6) * 5,7 * 3876 = \\ Z_1 &= 1076,5 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

Таблиця 6.1. Баланс реактивної потужності.

Показники	Варіант I	Варіант II	Варіант III
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	2068	1134	670
Потужність КП в мережі 10 кВ	1350	2250	2700
Споживання реактивної потужності	542,325	542,325	542,325
Всього за умовою балансу	3960,325	3926,325	3912,325
Затрати на компенсацію	107,65	126,35	135,95

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

6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Знаходимо реактивну потужність, яку потрібно скомпенсувати в мережі НН ТП 1,2 (I варіант):

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_3)^2 - P_n^2} = \sqrt{(3 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 1221^2} = 337 \text{ квар}$$

$$Q_{кп} = Q_n - Q_{п} = 876 - 337 = 539 \text{ квар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{кп}=536$ квар

2 шт КРМ – 0,38 – 268 – 67 УЗ

Аналогічно проводимо інші розрахунки. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.2.

						Арк.
						37
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2. Вибір місця розташування компенсуючих пристроїв

№ ТП	Nтр	Pp	Qp	Qп	Qкп	Nбк	Тип батарей конденсаторів	Q'бк	Sp	Kз	S'p
ТП№1,2	3	1220,6	875,9	337	539	2	KPM-0,4- 268 -50	536	1502,352	0,67	1267,054
ТП№3,4	4	1569,8	1757,0	687,1	1069,94	4	KPM-0,4- 200 -50	800	2356,16	0,681	1715,183
						2	KPM-0,4- 133 -50	266			
ТП№5	1	406,41	321,46	154,3	167,21	2	KPM-0,4- 67 -50	134	518,1764	0,71	447,5611
ТП№6	1	432,19	376,79	87,7	289,08	2	KPM-0,4- 166 -50	332	573,3756	0,69	434,5045
всього по I варіанту								2068			
ТП№1,2	4	1220,6	875,9	1273,5	0			0	1502,352	0,596	1502,352
ТП№3,4	4	1569,8	1757,0	804,6	952,4	4	KPM-0,4- 200 -50	800	2356,16	0,681	1715,183
						2	KPM-0,4- 133 -50	266			
ТП№5	1	406,4	321,5	171,2	150,2	2	KPM-0,4- 67 -50	134	518,1764	0,71	447,5611
ТП№6	1	432,2	376,8	87,7	289,08	2	KPM-0,4- 166 -50	332	573,3756	0,69	434,5045
всього по II варіанту								1532			
ТП№1,2	4	1220,6	875,9	1273,491	0	4	KPM-0,4- 100 -50	400	1502,352	0,52	1310,102
ТП№3,4	5	1569,8	1757,0	1548,451	208,582	2	KPM-0,4- 100 -50	200	2356,16	0,702	2211,035
ТП№5	1	406,4	321,5	171,2079	150,254	2	KPM-0,4- 67 -50	134	518,1764	0,71	447,5611
ТП№6	1	432,2	376,8	87,7102	289,081	2	KPM-0,4- 166 -50	332	573,3756	0,69	434,5045
всього по III варіанту								1066			

Таблиця 6.3. Розрахунок електричних навантажень в мережі вище 1000 В з урахуванням КП-0,4 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	Kв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну, кВт		ne	Km	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного	P _Σ					Pcp	Qcp			Pp	Qp	Sp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТПН№1,2														
	силова	100,0	1 - 100	1475,1	100	0,7	0,8	0,8	959,1	757,0	30	1,1	1080	757	1319
	освітлювальна												140,9	118,8	
	Всього												1220,6	875,9	
	БСК													-536,0	
	З урахуванням БСК												680,4	-77,4	
	Втрати в тра-рах Sn.тр = 630	3,0											6,9	75,2	
	Всього на шинах 10 кВ ТПН№1,2												687,2	-2,2	687,3
	ТПН№3,4														
	силова	112,0	0 - 55	1488,3	458	1,0	0,7	1,1	1449,2	1555,2	54	1,0	1449	1555	2126
	освітлювальна												120,6	201,8	
	Всього												1569,8	1757,0	
	БСК													-1066,0	
	З урахуванням БСК												1569	336,7	
	Втрати в тра-рах Sn.тр = 630	4,0											12,7	119,2	
	Всього на шинах 10 кВ ТПН№3,4												1264,4	455,9	1344,1
	ТПН№5														
	силова	72,0	1 - 40	496,5	73	0,6	0,8	0,9	287,7	253,6	25	1,2	338	254	423
	освітлювальна												68,4	67,9	
	Всього												406,4	321,5	
	БСК													-134,0	
	З урахуванням БСК												250,5	12,8	

7. Розрахунок струмів короткого замикання і вибір високовольтного обладнання

Питомний струм КЗ визначають:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I'' (1 + I^{-0,001/T_a}), \quad (8.1)$$

де T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ;

$$T_a = \frac{X_{рез}}{W_{r_{рез}}}, \quad (8.2)$$

де $X_{рез}$, $r_{рез}$ – відповідно результуючий реактивний і активний опір ланцюга КЗ.

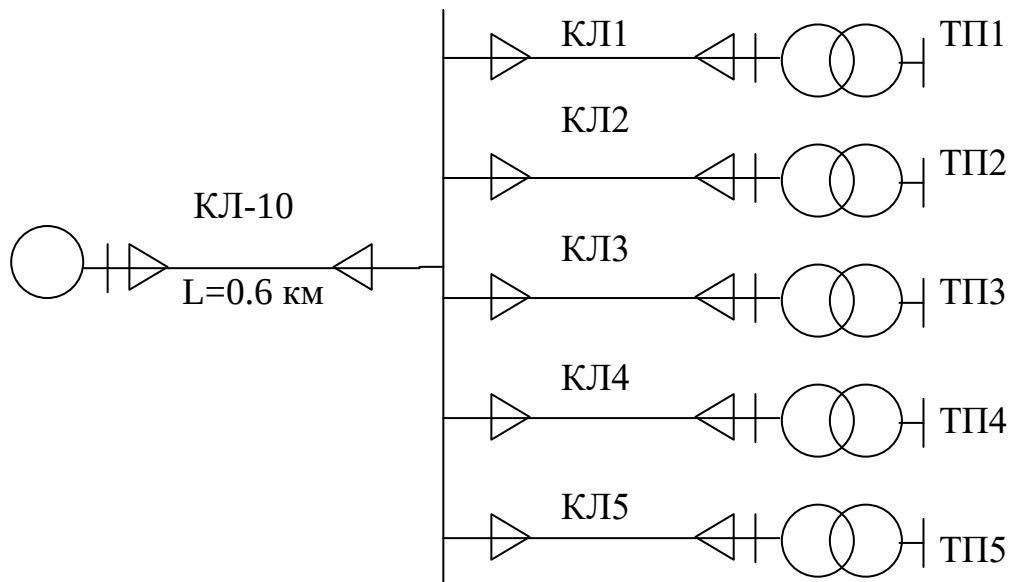


Рис. 7.1. Схема електропостачання комбінату

За схемою електропостачання складається схема заміщення для розрахунку струмів КЗ

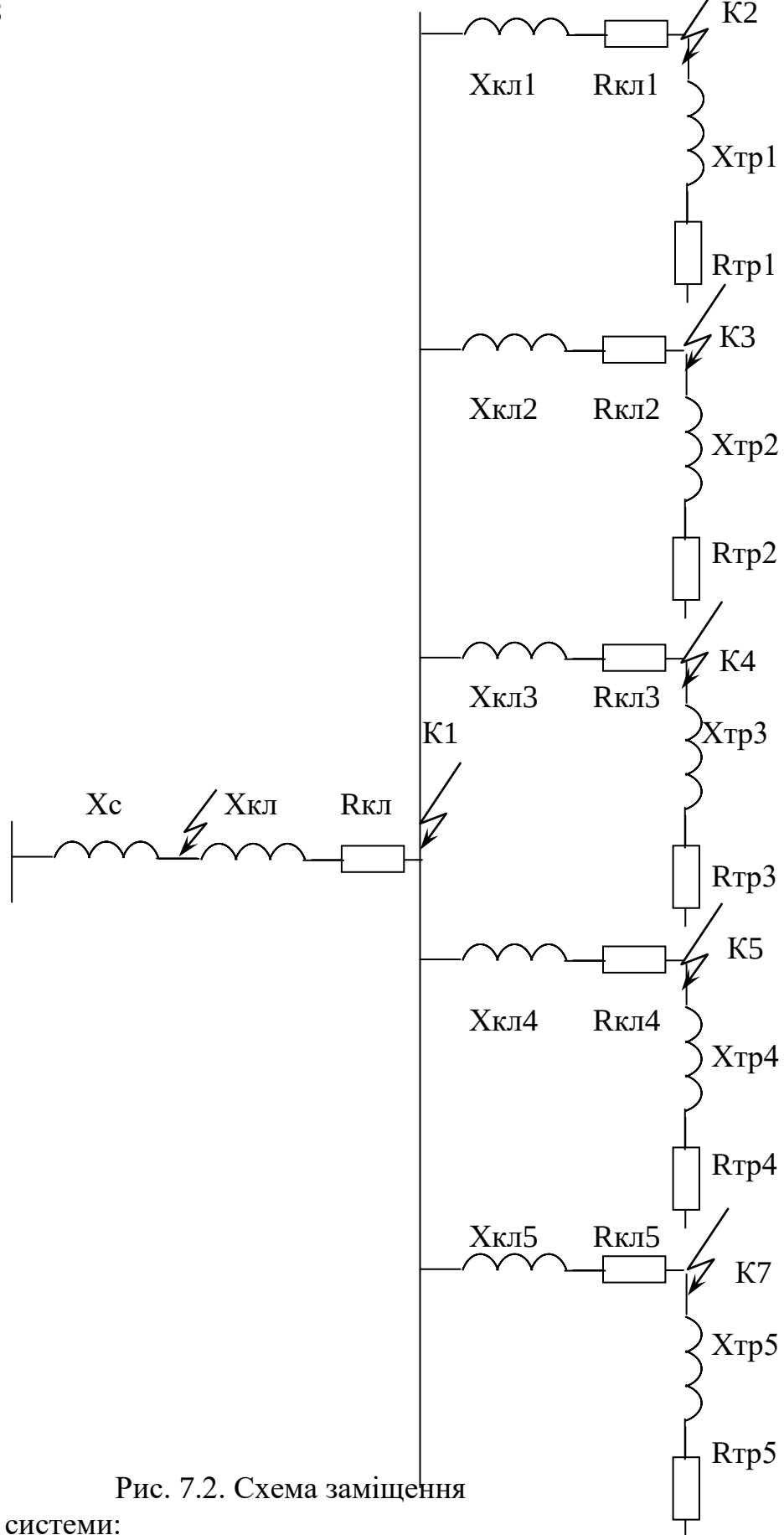


Рис. 7.2. Схема заміщення

Реактивний опір системи:

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

$$X_c = S_6 / S_{кз} = 100 / 100 = 1,0$$

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ до ЦРП :

$$X_{л1} = X_o * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,18 * 0,6 * 121 / 11^2 = 0,12$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ до ЦРП :

$$R_{л1} = R_o * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,06 * 0,6 * 121 / 11^2 = 0,04$$

Для кабельної лінії напругою 10 кВ визначаємо:

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ від ЦРП до ТП:

$$X_{кл1} = X_o * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,95 * 0,14 * 121 / 11^2 = 0,14$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ:

$$R_{кл1} = R_o * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,06 * 0,14 * 121 / 11^2 = 0,009$$

Опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ

$$R_{ТП} = \Delta P_M * S_6 / S_{н.тр}^2 = 10,00 * 121000 / 630^2 = 3,0$$

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

Визначаємо результуючий еквівалентний опір до розрахункової точки КЗ.

Спрощуємо схему заміщення за такою послідовністю:

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

1) результуючий опір до точки К1

$$R_{K1} = R_{Л1} = 0,04$$

$$X_{K1} = X_c + X_{Л1} = 1,00 + 0,12 = 1,12$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{Л1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,04^2 + 1,12^2} = 1,12$$

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{KL1} = 0,04 + 0,009 = 0,049$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{KL1} = 1,12 + 0,14 = 1,3$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,05^2 + 1,26^2} = 1,26$$

3) результуючий опір до точки К3

$$R_{K3} = R_{Tp} + R_{K2} = 3,0 + 0,05 = 3,05$$

$$X_{K3} = X_{Tp} + X_{K2} = 10,2 + 1,3 = 11,5$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{3,05^2 + 11,5^2} = 11,9$$

Визначаємо базисні струми в заданих точках К3:

В точці К1

$$I_{\delta 1} = S_{\delta} / \sqrt{3} \cdot U_{\delta 1} = 100 / (1,73 \cdot 10,5) = 6,7 \text{ кА}$$

В точці К2

$$I_{\delta 2} = S_{\delta} / \sqrt{3} \cdot U_{\delta 2} = 100 / (1,73 \cdot 10,50) = 6,7 \text{ кА}$$

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

В точці КЗ

$$I_{\delta 3} = S_{\delta} / \sqrt{3} * U_{\delta 3} = 121 / (1,73 * 0,40) = 174,9 \text{ кА}$$

Визначаємо трифазні струми КЗ. В точці К1 діюче значення періодичної складової струму складатиме:

$$I_{K1} = I_{\delta 1} / Z_{K1} = 6,7 / 1,12 = 5,95 \text{ кА.}$$

Амплітудне значення струму на шинах напругою 10 кВ

$$i_{y1} = \sqrt{2} * k_y * I_{K1} = 1,4 * \sqrt{2} * 5,95 = 10,1 \text{ кА}$$

Струм двохфазного КЗ визначаємо за формулою:

$$I_{K1}^2 = 0,87 * I_{K1} = 0,87 * 5,95 = 5,2 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок схеми зводимо до таблиці 7.1

Таблиця 7.1. Результати розрахунку струмів КЗ

Точка схеми	R_{ki}	X_{ki}	Z_{ki}	$I_{ki} = I_{\delta i} / Z_{ki}$	$i_{yn} = 2 * k_y * I_{ki}$	$I_{ki}^2 = 0,87 * I_{ki}$
К2	0,040	1,259	1,260	5,29	8,88	4,60
К3	0,02	1,32	1,32	4,93	7,99	4,06
К4	0,03	1,35	1,38	4,95	7,94	4,04
К5	0,03	1,38	1,41	4,81	7,88	4,01

Вибір вимикачів

На стороні 10 кВ в якості ввідних вимикачів та на лініях, що відходять до ТП обираємо вакуумні вимикачі типу ВР-1. Вибір параметрів вимикачів зведені до таблиці 7.2-7.3.

Таблиця 7.2. Вибір вводних вимикачів 10 кВ

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
299 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
8,88 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 5,29 \cdot e^{-0,06/0,03}=1,1$ кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк}$ ($1+\beta_n$)	$\sqrt{2} \cdot 20(1+0,4)=23,3$ кА
5,29 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
4,11 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
$19,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця 7.3. Вибір вимикачів 10 кВ для відходящих ліній .

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
53,5 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
4,93 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 4,93 \text{ е}^{-0,06/0,03} = 0,83 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 0,4) = 23,3 \text{ кА}$
4,93 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
7,99 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
$38,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі вимикачі 10 кВ встановлені в типові шафи КРП внутрішньої установки серії КУ-10 Ц з такими параметрами:

Вибір кабелів 6...10 кВ

Знайдемо мінімальний переріз кабелів по термічній стійкості:

- Тепловий імпульс

$$B_k \leq I_k^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 9,031^2 \cdot (1,525 + 0,065) = 129,68 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{129,68 \cdot 10^3}}{94} = 119,5 \text{ мм}^2$$

Отже мінімальний переріз кабеля по термічній стійкості

$$F_{\min} = 120 \text{ мм}^2$$

Вибір трансформаторів власних потреб

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

Таблиця 7.4. Навантаження власних потреб.

Вид споживача	Встановлена потужність		cos φ	tg φ	Навантаження	
	кВт х кількість	Всього, кВт			P _{вст} , кВт	Q _{вст} , кВт
Підігрів комірок КРП – 10 кВ	1х11	11	1	0	11	-
Освітлення, вентиляція приміщення КРП	3	3	1	0	3	-
Навантаження, що споживають оперативні ланцюги	2	2	1	0	2	-
Всього:					15	-

Розрахункова потужність споживачів власних потреб:

$$S_{\text{розр}} = K_c \cdot \sqrt{(P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2)} = 0,8 \sqrt{(15^2 + 0^2)} = 12 \text{ кВА}$$

Обираємо 2 трансформатори ТМ – 25/10 з такими параметрами:

$S_{\text{ном}} = 25 \text{ кВА}$, $U_{\text{вн}} = 10 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}} = 0,4 \text{ кВ}$, $\Delta P_{\text{xx}} = 0,16 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{к}} = 1,22 \text{ кВт}$, $U_{\text{к}} = 4,5\%$, $I_{\text{xx}} = 1,8\%$.

В аварійному режимі трансформатор завантажений на

$$K_z = (12/25) \cdot 100 = 48 \%,$$

що вказує на допустимість даного режиму роботи.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

8. Розробка автоматизованої системи енергетичного контролю і обліку споживання електричної енергії на новоукраїнському комбінаті хлібопродуктів

У процесі становлення ринкових відносин в економіці України виникла необхідність у точному та достовірному обліку виробленої та спожитої енергії та енергоресурсів, а також у контролі та управлінні їх використанням у виробничій діяльності для подальшого зниження витрат на них у структурі собівартості продукції.

При проектуванні пристроїв автоматизованого контролю електроенергії були використані сучасні досягнення мікропроцесорної техніки, включаючи процесори та спеціалізовані мікросхеми від компаній Intel, Texas Instruments, Zilog, Analog Devices і Atmel, а також досвід попередніх розробок (K544, ЦТ5000 тощо).

Різноманіття функціональних, обчислювальних та комунікаційних можливостей пристроїв дозволяє запропонувати збалансоване за витратами комплексне рішення для обліку та управління використанням різних енергоресурсів (електричної та теплової енергії, води, пари, природного газу), адаптоване до територіальних та технологічних особливостей конкретного об'єкта.

Запропонована структура автоматизованої системи контролю та обліку генерації, розподілу та споживання електричної енергії (АСКУЕ) призначена для організації комерційного та технічного обліку електричної енергії на об'єктах енергетики, промисловості, транспорту та комунально-побутової сфери.

Комерційний облік електроенергії ведеться за оптовим (погодинним) тарифом, двоставковим тарифом або одноставковим тарифом, диференційованим за зонами доби, відповідно до договірних відносин між постачальником та покупцем електроенергії. Також можлива організація обліку за іншими варіантами тарифів.

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1. Структура АСКУЕ

АСКУЕ окремих підприємств або районів можуть бути інтегровані в АСКУЕ більш високого рівня. Інформаційний обмін між системами може здійснюватися як через безпосередній доступ до облікових пристроїв (підсистем нижнього рівня), так і через взаємодію баз даних з використанням інтерфейсів SQL/ODBC і DDE або за допомогою електронної пошти. Для забезпечення необхідної продуктивності та надійності серверів АСКУЕ, їх платформи повинні відповідати певним мінімальним вимогам. Для серверів бази даних потрібні комп'ютери з процесором Pentium 2400 МГц, оперативною пам'яттю не менше 1000 МБ, кеш-пам'яттю 1024 КБ, шиною PCI, дисковою пам'яттю 80 ГБ SCSI, пристроєм архівації, пристроєм безперебійного живлення та операційною системою Windows NT Server. Для комунікаційних серверів та автоматизованих робочих місць АСКУЕ вимоги включають процесор Pentium 1200 МГц, оперативну пам'ять не менше 128 МБ, кеш-пам'ять 1024 КБ, шину PCI, дискову пам'ять не менше 1 ГБ, відеопідсистему PCI, пристрій безперебійного живлення, мишу та операційну систему Windows 95/Windows NT.

Верхній рівень системи представляє собою локальну обчислювальну мережу, яка включає сервер бази даних, комунікаційний сервер з апаратурою зв'язку та автоматизовані робочі місця адміністративного і технічного персоналу. Залежно від масштабу об'єкта контролю, апаратура верхнього рівня може варіювати від одного комп'ютера типу IBM PC, що виконує всі функції, до великомасштабної розподіленої обчислювальної системи, що включає UNIX-сервери та десятки автоматизованих робочих місць. АСКУЕ також може інтегруватися з суміжними системами (автоматизованою системою розрахунку із споживачами, автоматизованою системою диспетчерського управління нашої розробки), які функціонують як клієнти бази даних АСКУЕ і обмінюються даними через інтерфейс SQL/ODBC.

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

Апаратура нижнього рівня забезпечує контроль параметрів споживання електроенергії, води, виробництва або споживання тепла і газу окремими структурними підрозділами та підприємством загалом, і передає ці дані на верхній рівень системи. Вона працює в автоматичному режимі та не потребує втручання технічного персоналу. Базовими системами нижнього рівня є існуючі системи обліку електроенергії типу RTU-300 та інтелектуальні електронні лічильники електроенергії (типу Альфа або Євро-Альфа виробництва компанії АВВ), об'єднані в локальну мережу. Також можуть використовуватися пристрої обліку та лічильники інших типів, які мають стандартний інтерфейс.

Підсистеми верхнього рівня організовуються на базі локальних обчислювальних мереж підприємств. Для зв'язку між системами різних рівнів використовуються виділені дво- або чотирипровідні лінії зв'язку та протоколи ТСР/ІР. Зв'язок між підсистемами АСКУЕ нижнього та верхнього рівнів здійснюється через протоколи систем телемеханіки пристроїв обліку та електронних лічильників.

Пропонується впровадити на підприємстві інформаційно-обчислювальний комплекс на базі програмного пристрою RTU для контролю енергоресурсів. Всі лічильники та датчики, які використовуються для технічного та комерційного контролю, через цифрові канали зв'язку передають дані про спожиті енергоресурси (витрати води, пари, електроенергії, природного газу) на локальний сервер. Сервер, встановлений на підприємстві, збирає та обробляє інформацію про споживання енергоресурсів. Він підключений до локальної мережі, яка включає відділ ПТО та головного енергетика, і може передавати дані через радіомодем до Інтернету за наявності відповідних кодів запиту. Оскільки довжина ліній зв'язку не перевищує 300 м, модеми для передачі даних не встановлюються. Окрім цифрових каналів, система може використовувати резервну виділену телефонну лінію.

8.2. Підсистема вимірювань і обліку (ПВ)

Підсистема будується на основі пристроїв обліку, використовуючи лічильники електричної енергії як первинні вимірювальні перетворювачі. ПВ формує результати вимірювань (початкові дані) і зберігає їх у необробленому вигляді. Як пристрій обліку застосовується RTU-300, що виконує вимірювання і обчислення таких параметрів, як середня 1-3-хвилинна потужність, ковзаюча середня 30-хвилинна потужність, добові півгодинні графіки електричних навантажень, прогнозоване значення півгодинної потужності і її відхилення від договірного значення на кінець поточного півгодини, відхилення від договірного значення (ліміту) споживання енергії за минулі облікові періоди: добові, місячні, квартальні; кількість перевищень договірного значення потужності за тарифними зонами за поточні облікові періоди та минулі: доба, місяць, квартал; максимальне значення півгодинної потужності і час його фіксації за поточні облікові періоди та минулі: доба, місяць, квартал, і по зонам уранішнього та вечірнього максимуму за ці ж періоди; енергія по тарифних зонах за поточні облікові періоди.

Облік електричної енергії здійснюється через канали обліку, що відповідають обліку активної або реактивної енергії в одному напрямку (наприклад, лічильнику, що забезпечує облік активної і реактивної енергії в двох напрямках, відповідають чотири канали обліку), і групу обліку - суму алгебраїчних значень параметрів каналів обліку, що дає загальне значення енергії з урахуванням її прийому і віддачі. RTU-300 підтримує до 16 каналів обліку.

Взаємодія з електролічильниками здійснюється двома способами: лічильники з імпульсним виходом включаються в матрицю, максимальна довжина ліній зв'язку складає до 3 км. При необхідності, фрагмент матриці (8/16 каналів обліку) може бути розташований на відстані до 8 км, і зв'язок з ним здійснюватиметься через дротовий канал зв'язку (наприклад, виділений телефонний канал, фізична пара). По послідовному інтерфейсу (через

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

протокольний процесор), організованому як загальна шина (RS-232, M-Bus) або зірка (мультиплексор, пов'язаний з лічильниками виділеним каналом: струмова петля, телефонний канал тощо). Такий спосіб може використовуватись у технічно обгрунтованих випадках, а також як дублюючий вимірювальний канал з лічильником. RTU-300 забезпечує автоматичне оброблення сезонних змін часу та відстежує стан відлікових механізмів лічильників електроенергії, що значно спрощує перевірку вимірювальних каналів.

Наявність двох незалежних інформаційних каналів на базі послідовних інтерфейсів (RS232/485, виділений/комутований телефонний модем, радіо-модем, Hayes-модем) дозволяє створювати різні конфігурації АСКУЕ, забезпечуючи одночасний доступ постачальника і споживача до первинних даних.

Лінії зв'язку з лічильниками та інформаційні канали надійно захищені від електромагнітних полів і атмосферних перенапруг. RTU-300 комплектується пристроєм безперебійного живлення UPS, що забезпечує підтримку його працездатності при аваріях живлення в середньому протягом 12 годин.

8.3 Вибір систем обліку та контролю електроспоживання,

Електровимірювальний пристрій RTU-300 призначений для комерційного та технічного обліку енергії, а також для побудови автоматизованих систем обліку та контролю електроенергії. Він сумісний з такими засобами:

Для комерційного обліку електроенергії передбачається встановлення багатофункціональних лічильників типу “ЕвроАльфа”. Ці мікропроцесорні лічильники призначені для обліку активної та реактивної енергії в ланцюгах змінного струму. Вони можуть використовуватись у складі автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії, передаючи вимірювальні та

розрахункові параметри на диспетчерський пункт для контролю, обліку та розподілу електричної енергії.

Для встановлення обрано лічильник типу AZR-3-04-C8-T. Це двохелементний трансформаторний лічильник, який працює з класом точності 0,2 і має додаткову плату А+ для запису та зберігання графіків електричних навантажень.

Лічильники електроенергії є ключовим елементом АСКУЕ. Якщо раніше використовувалися електронні лічильники з імпульсним виходом, то нині, з розвитком технологій, застосовуються лічильники на базі інтелектуальних процесорів з цифровими виходами, що можуть вимірювати та обчислювати безліч параметрів і взаємодіяти з комп'ютером.

Комерційний облік встановлюється на межі балансової вартості підприємства та в ячейці КРП-10 кВ. Для цього використовується електронний лічильник типу Альфа, модель AZR. Розрахунок точок комерційного обліку не потрібен, оскільки підприємство має лише одну точку приєднання до лінії енергосистеми.

Для технічного обліку використовуються електронні лічильники з цифровим виходом типу Nik 2303 та Nik 2302. Лічильники встановлюються на відходячих лініях до ТП в ячейках КРП-10 кВ заводу. Вони підключаються через трансформатори струму та напруги та мають імпульсні виходи типу "сухий контакт". Обмін даними між лічильниками та контролером RTU здійснюється через послідовний інтерфейс за стандартом МЭК1107.

Вибір оптимальної кількості лічильників для технічного обліку на підприємстві

Кількість лічильників що встановлюються на підприємстві визначається за формулою:

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

$$N = \frac{P_{cp}}{kP_{ном}} \quad (8.1)$$

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:

$$P_{ном} = \sqrt{3} U_n I_n K_U K_{Icp} = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 16 = 830,4 \text{ кВт}$$

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:

$$K_{Icp} = \frac{\sum n K_I}{\sum n} = \frac{2 \cdot 30 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 6}{2 + 2 + 2} \approx 16$$

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

$$N = \frac{P_{cp}}{kP_{ном}} = \frac{5124}{0,5 \cdot 830,4} = 9,7 \approx 10 \text{ шт}$$

Так як отримане значення 10 більше фактичного значення комірок 9 шт які встановлюються для споживачів на ГЗП то приймаємо попередньо $N = 9$. Одним із варіантів збільшення кількості лічильників для технічного обліку 10

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

кВ є установка додаткових лічильників на магістральних лініях, доцільність установки яких необхідно обґрунтувати економічно.

Критерієм стаціонарності установки приладів технічного обліку електроенергії може служити умова

$$\frac{\Delta \mathcal{E} - (I_y + I_n + I_p)}{K_y} \geq E_n \quad (8.2)$$

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

$$P_{\text{найм}} \geq \frac{(K_y E_n + I_y + I_n + I_p) \cdot 100}{b T C_9} \quad (8.3)$$

Витрати K_y для технічного обліку на 10 кВ знаходяться за формулою

$$K_y = (1 + m)(K_{\text{ліч}} + K_U + K_I) \quad (8.5)$$

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

$$K_y = (1 + 0,15)(400 + 11205 + 1445) = 15157 \text{ грн.}$$

де $K_{\text{ліч}} = 1200$ грн. для лічильника Нік 2303; $K_U = 11205$ грн. вартість двох трансформаторів напруги типу НАМИ-10; $K_I = 1445$ грн. вартість двох трансформаторів струму типу ТПЛ-10 100/5.

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

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

$$P_{\text{найм}} \geq \frac{15157(0,5 + 0,05 + 0,01 + 0,01) \cdot 100}{5 \cdot 4732 \cdot 0,214} = 170,6 \text{ кВт}$$

Так як найменша розрахункова потужність по ТП на один трансформатор дорівнює 347,8 кВт що більше $P_{\text{найм}} \geq 170,6 \text{ кВт}$, то установка додаткових лічильників для технічного обліку на ТП при прийнятих розрахункових величинах економічно виправдана.

8.4. Вибір схем

Схеми підключення трансформаторів струму подано на рис.8.1.

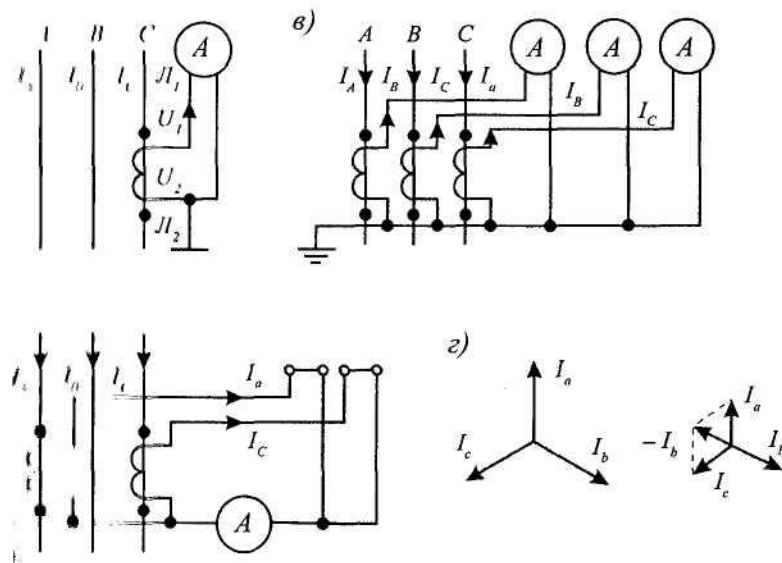


Рис 8.1. Схеми підключення трансформаторів струму: схема підключення 1 -го трансформатора; б) 2-х трансформаторів за схемою неповна зірка” в) 3-х трансформаторів за схемою повна "зірка"; г) векторна діаграма струму для схем повної та неповної "зірки".

На рис. 8.2 подано схему підключення лічильника через трансформатори струму та трансформатори напруги.

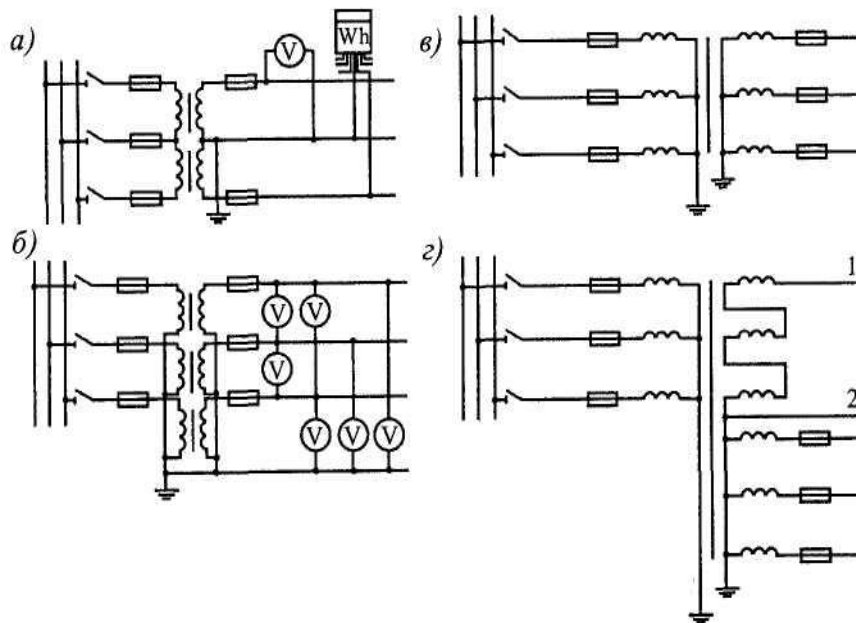


Рис.8.2. Схеми підключення трансформаторів напруги:

- 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".

8.5. 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 УЗ, $K_T = 400/5$

Таблиця 8.1. Вибір трансформатора струму на вводах 10 кВ.

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри трансформатора
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
299 А	$I_{max} \leq I_{1 ном}$	400 А
8,88 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	128 кА
$173,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця 8.2. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

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

З таблиці 8.2. видно, що найбільше завантажений трансформатор струму фази А. Загальний опір приладів:

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

Опір з'єднувальних проводів складає:

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

де $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ – питомий опір мідних проводів;

$$l_{розрах} = \sqrt{3} \cdot l = \sqrt{3} \cdot 12 = 10,76 \text{ м}$$

де $q = 2,5 \text{ мм}^2$ – переріз з'єднувальних проводів.

Приймаємо опір контактних з'єднань $r_k = 0,05 \text{ Ом}$. Тоді вторинний опір трансформатора струму :

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$z_2 = z_{\text{прил}} + r_k + r_{\text{пр}} = 0,164 + 0,05 + 0,075 = 0,39 \text{ Ом.}$$

Умова $z_2 \leq z_{2 \text{ ном}}$ виконується $0,39 < 0,5$

На лініях, що відходять до ТП1 встановлюємо трансформатори струму ТЛК-10- 1 У3 ($K_T = 100/5$).

Перевіряємо трансформатори струму по вторинному навантаженню, розрахунки зведено до таблиці 8.3.

Таблиця 8.3. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник активної енергії Нік 2303	2	6,0	-	6,0
Лічильник реактивної енергії Нік 2302	2	6,0	-	6,0
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		12,5	-	12,0

З таблиці 8.3. видно, що найбільш завантажений трансформатор струму фази А. Загальний опір приладів:

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

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:

$$z_2 = z_{\text{прил}} + r_k + r_{\text{пр}} = 0,5 + 0,1 + 0,049 = 0,589 \text{ Ом.}$$

Всі перелічені прилади підключаємо до двох послідовно встановлених трансформаторів струму, тоді умова $z_2 \leq z_{2\text{ном}}$ виконується: $0,689 < 2 \cdot 0,4 = 0,8$ Ом

Вибір трансформаторів напруги

На шинах 10 кВ ГЗП приймаємо до встановлення трансформатори напруги типу НАМИ-10, який в класі точності 0,5S має номінальну потужність 75 В·А. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги зводимо до таблиці 8.4.

Таблиця 8.4. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	Кіль-ть	S, В·А	Загальна потужність	
				ΣP , Вт	ΣQ , вар
Вольтметр (шини 10кВ)	E335	1	2	2	-
Лічильник на вводі	AZR	1	3,6	3,3	1,4
Лічильник на відходящих лініях	Nik2303	5	4,5	0,45	22,5
Лічильник на відходящих лініях	Nik2303	5	4,5	0,45	22,5
Всього:				6,2	46,4

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

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma P^2 + \Sigma Q^2)} = \sqrt{(6,2^2 + 46,4^2)} = 46,81 \text{ В·А}$$

Так як номінальна потужність трансформатора в класі точності 0,5 $S_{2\text{ ном}} = 75 \text{ ВА} > 46,81 \text{ ВА}$, то трансформатор напруги задовольняє умовам вибору.

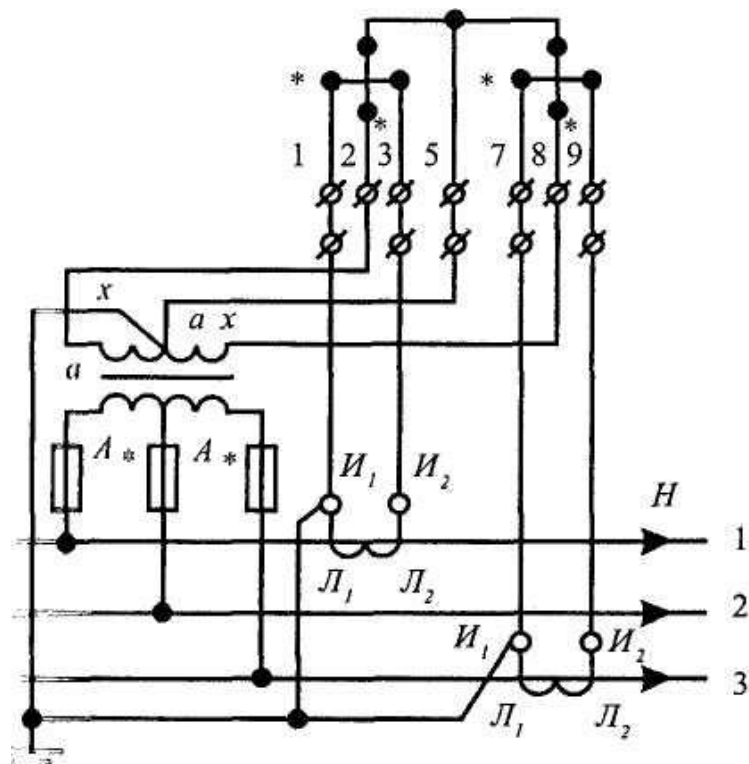


Рис. 8.3 Підключення лічильника електроенергії через вимірювальні трансформатори.

8.6. Розрахунок метрологічних характеристик системи обліку електроспоживання.

Електричні мережі мають складну замкнену структуру, тому для розрахунку режимів їх роботи з метою мінімізації втрат необхідна своєчасна та достовірна інформація про навантаження кожного вузла. Мета цього пункту полягає в аналізі існуючих методів визначення похибки вимірювальних каналів систем обліку енергоспоживання.

Для збору даних про енергоспоживання великих, розподілених у просторі споживачів, до недавнього часу використовували і продовжують використовувати системи обліку, засновані на індукційних лічильниках електроенергії. Такі системи складаються з первинних датчиків струму і напруги (вимірювальні трансформатори струму (ТС) і напруги (ТН)), індукційних лічильників з телеметричним виходом і пристроїв збору та обробки інформації.

Практика показала, що ці системи мають ряд значних недоліків. Зокрема, використання індукційних лічильників знижує точність обліку через збільшення похибки вимірювань в режимах низьких навантажень. Імпульсний метод передачі даних від лічильників до пристроїв збору інформації є недостатньо надійним, оскільки за наявності електромагнітних полів ці дані можуть спотворюватися. У випадку збоїв у лініях зв'язку необхідно ручне узгодження показань лічильника і даних пристрою збору інформації.

Для підвищення точності обліку нині впроваджуються системи, які використовують мікропроцесорні лічильники електроенергії. В сучасній автоматизованій системі контролю та обліку енергоспоживання (АСКУЕ) виділяють три основні рівні:

- 1) первинні вимірювальні перетворювачі (ПП);
- 2) пристрої збору даних (ПЗПД);
- 3) центральна станція (ПК).

Усі три рівні поєднані між собою відповідними лініями зв'язку залежно від типу переданої інформації. Використання електронних лічильників (ЛЧ) значно підвищує точність обліку електроенергії. Наявність мікропроцесора в ЛЧ дозволяє не лише обробляти інформацію, але й вимірювати додаткові параметри енергоспоживання, такі як частота мережі та кут зсуву фаз. Точність електронних лічильників значно перевищує індукційні в усьому діапазоні навантажень. Передача інформації від ЛЧ до ПЗПД здійснюється у цифровому форматі з використанням спеціальних протоколів зв'язку, що дозволяють перевіряти отримані дані.

Основну похибку вимірювань, яка перевищує нормовані значення, вносить перший рівень. До цього рівня належать первинні вимірювальні перетворювачі струму і напруги, ЛЧ та з'єднувальні лінії – все це є вимірювальним каналом (ВК). Загалом до ВК також відносять лінії зв'язку інформаційних виходів ЛЧ з ПЗПД.

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

Актуальним завданням для підвищення точності АСКУЕ є розробка алгоритму корекції результатів.

При визначенні похибки 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 ТС; $\delta_{сч}$ - відносна похибка ЛЧ.

Похибка ТН:

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

Розрахунок результуючої похибки вимірювальних каналів наведений в таблицях 8.5-8.6.

Таблиця 8.5. Розрахункові дані кола вимірювання активної енергії

№ ячейки	P _p	Q	I _p	K _{тТ}	I ₂	I _{2н}	K ₃	δ _а , %	δ _{тТдоп} , %	δ _{тН} , %	K _{зтН}	δ _Σ , %
ввод	3601,3	3716,3	208,17	50	4,163	5	0,833	0,68	0,5	0,552	0,624	1,121
ТП-1	1234,1	563,6	71,33	20	3,567	5	0,713	0,55	0,5	0,552	0,624	1,030
ТП-2	411,4	187,9	23,78	6	3,963	5	0,793	0,55	0,5	0,552	0,624	1,030
ТП-3	793,4	769,7	45,86	10	4,586	5	0,917	0,67	0,5	0,552	0,624	1,112
ТП-4	793,4	769,7	45,86	10	4,586	5	0,917	0,67	0,5	0,552	0,624	1,112
ТП-5	410,9	181,7	23,75	6	3,958	5	0,792	0,55	0,5	0,552	0,624	1,029
ТП-6	437,1	413,2	25,26	6	4,211	5	0,842	0,66	0,5	0,818	0,624	1,294

Таблиця 8.6. Розрахункові дані кола вимірювання активної енергії

№ ячейки	Q	I _p	K _{тг}	I ₂	I _{2н}	K _{зтг}	δ _p , %	δ _{тгдоп} , %	δ _{тн} , %	K _{зтн}	δ _Σ , %
ВВОД	3716,3	214,82	50	4,30	5	0,859	2,50	0,5	0,818	0,624	2,972
ТП-1	563,6	32,58	20	1,63	5	0,326	2,91	0,5	0,818	0,624	3,399
ТП-2	187,9	10,86	6	1,81	5	0,362	2,91	0,5	0,818	0,624	3,399
ТП-3	769,7	44,49	10	4,45	5	0,890	2,50	0,5	0,818	0,624	2,972
ТП-4	769,7	44,49	10	4,45	5	0,890	2,50	0,5	0,818	0,624	2,972
ТП-5	181,7	10,51	6	1,751	5	0,350	0,59	0,5	0,818	0,624	1,247
ТП-6	413,2	23,88	40	0,597	5	0,119	2,93	0,5	0,818	0,624	3,426

											Арк.
											65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Висновки

В кваліфікаційній роботі виконано проектування системи електропостачання з розробкою системи автоматизованого обліку і контролю Новоукраїнського комбінату хлібопродуктів і виконаний згідно завдання.

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

Проведені розрахунки техніко-економічного обґрунтування вибору схем електропостачання заводу. Виконано розрахунки освітлювальних та електричних навантажень, визначено оптимальний рівень компенсації реактивної потужностями батареями статичних конденсаторів.

Розрахунок струмів К.З. підтвердив відповідність обраного високовольтного обладнання параметрам мережі.

В спеціальному розділі розроблено автоматизовану систему обліку і контролю електричної енергії. Для запропонованої системи визначена оптимальна кількість лічильників комерційного та технічного обліку, а також визначені їх метрологічні характеристики

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

Список літератури

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