

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук, професор
_____ Петро ПЛІШКОВ
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування системи електропостачання молочноконсервного комбінату» «Designing a power supply system for a dairy cannery»

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу групи ЕЕ-21-3ск
ОПП «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ Дмитро КОВАЛЬОВ
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи
канд. техн. наук, професор
_____ Анатолій ОРЛОВИЧ
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ П. Плєшков

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Ковальов Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: Проектування системи електропостачання молочноконсервного комбінату Designing a power supply system for a dairy cannery

2. Керівник роботи Орлович Анатолій Юхимович, канд. техн. наук, професор

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розроблення системи енергопостачання кондитерського цеху глазурування виробів. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести розрахунок електричних навантажень комбінату.
2. Побудувати графіки електричних навантажень молочноконсервного комбінату.
3. Картограма навантажень молочноконсервного комбінату.
4. Провести техніко-економічне обґрунтування схем внутрішнього електропостачання та зовнішнього електропостачання комбінату.
5. Провести розрахунок режимів реактивної потужності.
6. Обрати кількість, потужності та місце розташування КУ.
7. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір обладнання.
8. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.
9. Зробити висновки по роботі.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Спеціальний розділ	канд. техн. наук, доц. Н. Гарасьова		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричних навантажень	8.05.2024	
2	Побудувати графіки електричних навантажень	11.05.2024	
3	Картограма навантажень молочноконсервного комбінату.	13.05.2024	
4	Провести техніко-економічне обґрунтування схем внутрішнього електропостачання та зовнішнього електропостачання комбінату.	14.05.2024	
5	Провести розрахунок режимів реактивної потужності.	15.05.2024	
6	Обрати кількість, потужності та місце розташування КУ.	17.05.2024	
7	Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір обладнання.	19.05.2024	
8	Провести розрахунок спеціального розділу роботи.	20.05.2024	
9	Зробити висновки по роботі	24.05.2024	
10	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	25.05.2024	
11	Оформлення презентаційної частини кваліфікаційної роботи	31.05.2024	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Анатолій ОРЛОВИЧ

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Дмитро КОВАЛЬОВ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 58 с.; 9 рис.; 26 табл.; 13 джерел

Ковальов Д.О. Проектування системи електропостачання молочноконсервного комбінату. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи електропостачання молочноконсервного комбінату. З цією метою було проведено основні техніко-економічні розрахунки схеми електропостачання комбінату: електричних навантажень, режимів реактивної потужності, струмів коротких замикань. Здійснено вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху, трансформаторних підстанцій, конденсаторних установок, струмопроводів, електрообладнання.

Спеціальний розділ присвячений питанню електрозбереження в системі електропостачання цехового господарства молочноконсервного комбінату. В роботі зазначені напрямки проектів з економії та ощадливого використання палива та енергії, які приносять перспективний економічний ефект будь-якому підприємству. Виконано детальний розрахунок економії електроенергії при заміні недозавантаженого двигуна на двигун меншої потужності. Розглянутий напрям розрахунку економії від економічного режиму експлуатації трансформаторів на комбінаті. В розділі показано економічний ефект від запровадження заходів по електрозбереженню молочноконсервного комбінату.

Ключові слова: молочноконсервний комбінат, головна знижувальна підстанція, магістральний шинопровід, електричне обладнання, економія електричної енергії

ABSTRACT

Qualification work: 58 p.; 9 Fig.; 26 tables; 13 sources

Kovalev D. Designing a power supply system for a dairy cannery. – Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

The qualification work is devoted to the development of the power supply system of the dairy cannery. For this purpose, basic technical and economic calculations of the plant's power supply scheme were carried out: electrical loads, reactive power modes, short-circuit currents. The selection of the shop's internal power supply scheme, transformer substations, condenser units, power lines, electrical equipment was made.

The special section is devoted to the issue of energy conservation in the power supply system of the workshop economy of the dairy cannery. The work indicates the directions of projects for economy and economical use of fuel and energy, which bring a promising economic effect to any enterprise. A detailed calculation of electricity savings was made when replacing an underloaded engine with a lower power engine. The direction of calculation of savings from the economic mode of operation of transformers at the plant is considered. The section shows the economic effect of the introduction of electricity conservation measures at the dairy cannery.

Key words: dairy cannery, main step-down substation, main bus line, electrical equipment, saving electrical energy

З М І С Т

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ		7
ВСТУП		8
1. Розрахунок електричних навантажень молочноконсервного комбінату		9
1.1. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі напругою до 1 кв та вище 1 кв молочноконсервного комбінату		10
1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень		12
13. Побудова графіків електричних навантажень молочноконсервного комбінату		13
2 Побудова картограми електричних навантажень та вибір місця розташування цеху молочноконсервного комбінату		19
3. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання комбінату		20
3.1. Вибір схем зовнішнього електропостачання комбінату		20
3.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання		23
4. Компенсація реактивної потужності		26
4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах		23
4.2. Вибір кількості та потужності компенсуючих пристроїв		28
5. Вибір кількості та потужності трансформаторів комбінату		29
6. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання, електроустановок та силових мереж системи електропостачання		31
6.1. Розрахунок струмів КЗ		31
6.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж		35
6.3. Вибір електрообладнання		36
7. Електрозбереження в системі електропостачання цехового господарства молочноконсервного комбінату		43
7.1. Розрахунок економії електроенергії при заміні недозавантаженого двигуна на двигун меншої потужності		47
7.2 Економічний режим експлуатації трансформаторів		49
ВИСНОВКИ		55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		58
ДОДАТОК А		59
ДОДАТОК Б		67
ДОДАТОК В		68
ДОДАТОК В		77

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Ковальов Д.			Проектування системи електропостачання молочноконсервного комбінату		Літ.	Аркуш
Перевірив		Орлович А.						Аркушів
								6
								77
Н.контр.		Орлович А.			ЦНТУ, гр.ЕЕ-21-3ск			
Затв.		Плешков П.						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АПВ – автоматичне повторне включення

ВРП – відкритий розподільний пристрій

ГЗП – головна знижувальна підстанція

ЗРП – закритий розподільний пристрій

ЕП – електроприймач

ЛЕП – лінія електропередач

КЗ – коротке замикання

РП – розподільчий пункт

РПН – регулювання під напругою

ПБЗ – переключення без збудження

ЦЕН – центр електричних навантажень

ШРА – радіальний шинопровід

ШМА – магістральний шинопровід

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Під час проектування систем електропостачання обраного об'єкту слід максимально використати сучасне енергетичне обладнання, нові системи автоматизації та обліку, оптимальні схеми живлячих мереж. Всі технічні рішення мають бути ретельно обмірковані та економічно обґрунтовані.

Молочноконсервний комбінат належить до переробної галузі промисловості є провідним виробником згущеного молока. Згідно з технічними умовами, електропостачання молочноконсервного комбінату здійснюється від підстанції 35/10 кВ віддаленої на 5000 м. Лінія електропередачі напругою 35 кВ підводить живлення до головної знижувальної підстанції на території комбінату. Від неї здійснюється подача електроенергії до цехових трансформаторних підстанцій 10 кВ вказаного комбінату. Нещодавно відбувалося оновлення обладнання, реконструкція основних цехів та допоміжних ділянок: а саме, реконструкція апаратної ділянки цільномолочного цеху, будівництво прибудови вакуум апаратного відділення консервного цеху та жерстянобаночної ділянки, ділянок мийки автомашин і фляг, змонтовані лінії з виготовлення жерстяної банки, сиру, пастеризації та охолодження молока, проведена реконструкція молокопунктів сировинної зони.

Сьогодні це виробник сгущеного молока, сирів, масла та широкого кола продукції з назбираного молока.

По відношенню забезпечення надійності електропостачання електроспоживачі основних технологічних цехів відносяться до вибухонебезпечних приміщень категорії В-Іб, приміщення виробничих цехів – до категорії сирих і вологих приміщень, а адміністративні та допоміжні приміщення – з нормальним середовищем.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

МОЛОЧНОКОНСЕРВНОГО КОМБІНАТУ

Зазначу коротку характеристику молочноконсервного комбінату. Згідно з технічними умовами енергопостачальної організації, напруга живлення цехів прийнята на рівні 10 кВ, а напруга на низькій стороні розподільних трансформаторів становить 380/220 В. Силова розподільча мережа та мережа живлення в основному виконані відкрито кабелем АВВГ, який прокладено по стінах і конструкціях, а також проводом АПВ-500, прокладеним у трубах по конструкціях та на окремих ділянках у підлозі. Потужність електроприймачів розглядаємого комбінату приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1- Встановлена потужність електроприймачів молочноконсервного комбінату

№ п/п	Найменування підрозділів	Площа цеха,м ²	Кількіст ь ЕП	Встановлена потужність ЕП,кВт	
				Одного	Сумарна
1	2	3	4	5	6
1	Сирні вани	8100	217	1,1-63	1039,1
2	Цех ЗЦН і сушки сироварні	1980	59	0,9-113	470,9
3	Цех молочної продукції	2600	85	1.11-85	200,7
4	Ст.перекачки конденсату	380,3	35	1.1-90	439,3
5	Адміністративний корпус	2100	130	0.1-2	210,1
6	Механічна майстерня	776,6	47	0.5-20	100,7
7	Компресорна	569,25	66	0.8-37	364,1
8	Склад гот. продукції	1035	9	1-3	20,2
9	Інструментальний склад	1035	44	1.1-9	92,2
10	Мазутна станція	506,25	19	2-10	88,5
11	Котельня	972	31	0.5-18	34,2
12	КНС комбінату	225	11	2-45	3,3
11	Градірня	338	4	3-15	176,1
12	Прохідна комбінату	56,25	3	1.1-2	140,2
Σ	Територія комбінату	109350			

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		9

Живлення цехів відповідно технічним умовам електропостачальної організації прийнято 10 кВ. Напруга низької сторони – 380/220 В. Встановлені електродвигуни поставляються комплектно з обладнанням. Силова розподільча та мережа живлення, в основному виконується відкрито кабелем АБВГ з прокладкою по стінам і конструкціям проводом, АПВ-500 з прокладкою в трубах по конструкціях і на окремих ділянках в підлозі.

1.1 Розрахунок силових електричних навантажень в мережі напругою до 1 кВ та вище 1 кВ молочноконсервного комбінату

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглядається питання розрахунку електричних навантажень для промислових підприємств. Основними складовими цього розрахунку є визначення силових навантажень в мережі до 1000 В, обчислення електричних навантажень від системи освітлення, а також визначення силових електричних навантажень у мережі напругою вище 1000 В.

Для наглядного прикладу виконаємо розрахунок навантажень сирних ванн для сирного цеху комбінату. Середнє активне навантаження сирних ванн:

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

зазначу, що $K_{\text{в}} = 0,2$ – коефіцієнт використання; $P_{\text{сум}} = 33 \text{ кВт}$ – сумарне навантаження 14 сирних ванн ми знайшли як:

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

Середнє реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну:

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

де $\sin \varphi = 1,72 = \arccos \varphi = 0,5$.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		10

Загальні середні активне і реактивне навантаження цеху визначимо для найбільш навантаженої зміни:

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

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

Кратність навантаження:

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

Груповий коефіцієнт використання визначається за виразом:

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

$$n_E = \frac{2 \cdot 2206,2}{63} = 70 \text{ шт.}$$

Розрахункове активне навантаження групи електроприймачів (ЕП):

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

де $P_{cp} = 821,95 \text{ кВт}$ – середнє активне навантаження сирного цеху з найбільш завантаженою зміну;

$K_M = 1,2$ – коефіцієнт максимуму з таблиці 4-3 [15] в залежності від значення групового коефіцієнта використання та ефективного числа ЕП цеху.

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

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

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

Розрахунковий максимум навантаження сирного цеху молочноконсервного комбінату матиме наступний розрахунок:

$$S_p = \sqrt{958.1^2 + 1033.6^2} = 1409.27 \text{ кВА.}$$

Розрахунок навантажень до 1000 по інших ділянках зведемо до таблиці А.1. Розрахунок в силових мережах вище 1кВ зведемо у таблицю А.2. Додатку А.

1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

На розгляд визначимо установлену потужність ЕП освітлювальних сирцеху, кВт:

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

де $F = 8100$ – площа сирцеху, m^2 .

Розрахункове навантаження освітлювальних електроприймачів, кВт:

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

де $K_c = 0,8$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження для сирцеху.

Для освітлення використовується дугові ртутні лампи, що споживають реактивну потужність:

$$Q_p = 64,8 \cdot 0,48 = 31,1 \text{ кВар,}$$

Зазначу: для ламп ДРЛ, які включаються без конденсаторів $\cos \varphi = 0,5$.

Розрахунок освітлювальних навантажень по інших ділянках зводимо в таблицю 1.2.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.2 – Розрахунок освітлювальних електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

№	Найменування	F,м ²	P _{ос} , Вт/м ²	P _в , кВт	K _с	T _г	P _р ,кВт	Q _р ,квар	S _р ,кВА
1	Сирцех	8100	10	81	0,8	0,48	64,8	31,10	71,9
2	Цех ЗЦН і сушки сироварні	1980	12	23,8	0,8	0,48	19,1	9,12	21,08
3	Цех молочної продукції	2600	10	26	0,8	0,48	20,81	9,98	23,07
4	Ст. перекачки конденсату	380,25	6	2,3	0,9	0,48	2,6	0,99	2,28
5	Адмінстративний корпус	2100	14	29,4	0,8	0,48	23,5	11,29	26,6
6	Механічна майстерня	776,25	10	7,8	0,85	0,48	6,6	3,17	7,32
7	Компресорна станція	569,25	8	4,6	0,85	1,73	3,8	6,70	7,73
8	Склад готової продукції	1035	6	6,23	0,85	1,73	5,4	9,13	10,56
9	Склад інструментів	1035	6	6,23	0,85	1,73	5,4	9,13	10,56
10	Мазутна станція	506,25	8	4,07	0,85	1,73	3,6	5,96	6,88
11	Котельня	972	8	7,8	0,8	1,73	6,2	10,76	12,44
12	КНС	225	6	1,5	0,6	0,48	0,83	0,39	0,90
13	Градирня	338	8	2,73	0,6	0,48	1,65	0,78	1,8
14	Прохідна	56,25	6	0,37	0,6	0,48	0,2	0,10	0,22
15	Територія комбінату	109350	0,2	21,9	0,5	1,73	10,96	18,92	21,85
	Всього						174,6	127,5	216,13

1.3 Побудова графіків електричних навантажень молочноконсервного комбінату

Загальна річна витрата енергії (активної):

$$W_p = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 9254679 + 5848713 + 887835 + 557287 = 16548,5 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

енергії (реактивної):

$$V_p = V_{зр} + V_{лр} + V_{зв} + V_{лв} = 9229615 + 5603695 + 1124550 + 705871 = 16663,7 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

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

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

						<i>Арк.</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Таблиця 1.3 – Активне навантаження

Години	Робоча доба		Вихідна доба	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1727	1468	691	587
2	1727	1655	691	587
3	1727	1655	691	587
4	2041	1922	691	587
5	2669	2295	691	587
6	2983	2536	691	587
7	3140	2669	565	480
8	3140	2669	565	480
9	2826	2536	471	400
10	2826	2536	471	400
11	2826	2536	471	400
12	2826	2536	471	400
13	2826	2536	471	400
14	2826	2536	471	400
15	2826	2536	471	400
16	2826	2536	471	400
19	3140	2669	471	400
18	3140	2669	471	400
19	2826	2536	471	400
20	2826	2456	565	480
21	2826	2456	565	480
22	2669	2189	691	587
23	2041	1921,7	691	587
24	1727	1654,8	691	587
<i>Wi</i>	62957	55702,03	13659	11610

Таблиця 1.3 – Реактивне наванатаження без врахування КП

Години	Робоча доба		Вихідна доба	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	1859,0	1580	869	739
2	1859	1580	869	739
3	1859	1580	869	739
4	2159	1835	869	739
5	2579	2192	869	739
6	2849	2421	869	739
7	2998	2549	719	612
8	2998	2549	719	612
9	2849	2421	599	509
10	2849	2421	599	509
11	2849	2421	599	509
12	2849	2421	599	509
13	2849	2421	599	509
14	2849	2421	599	509
15	2849	2421	599	509
16	2849	2421	599	509
19	2998	2549	599	509
18	2998	2549	599	509
19	2849	2421	599	509
20	2759	2345	719	612
21	2759	2345	719	6112
22	2489	2090	869	739
23	21589	1835	869	739
24	1859	1580	869	739
Wi	62786	53368	17300	14705

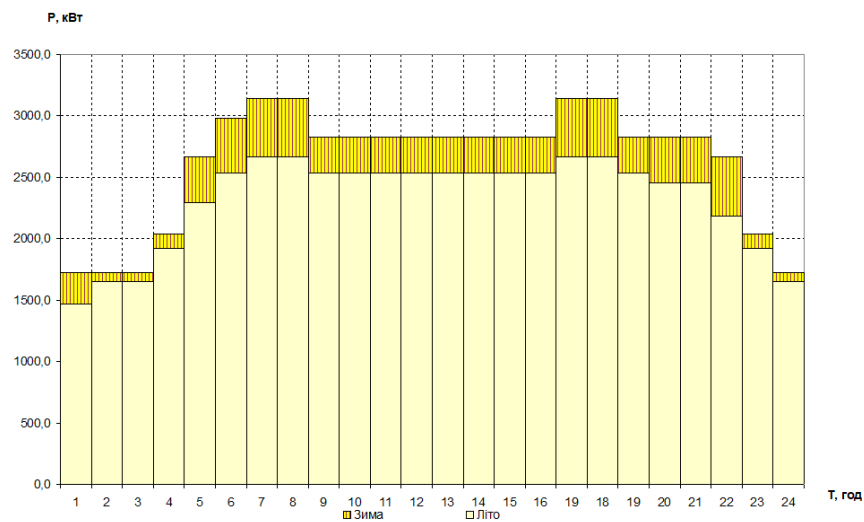


Рис.1.1 – Споживання активної потужності молочноконсервним комбінатом за робочий день

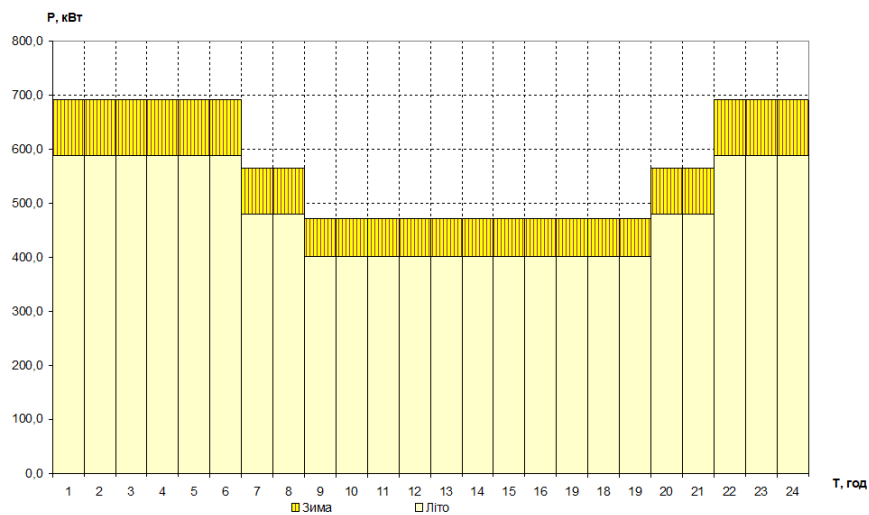


Рис.1.2 – Споживання активної потужності молочноконсервним комбінатом за вихідний день

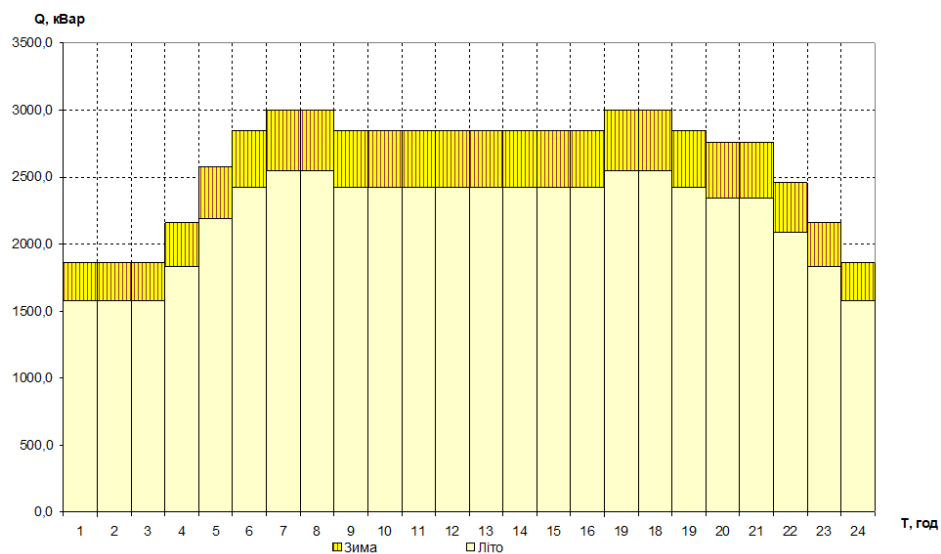


Рис 1.3 – Споживання реактивної потужності молочноконсервного комбінату в робочий день

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	16

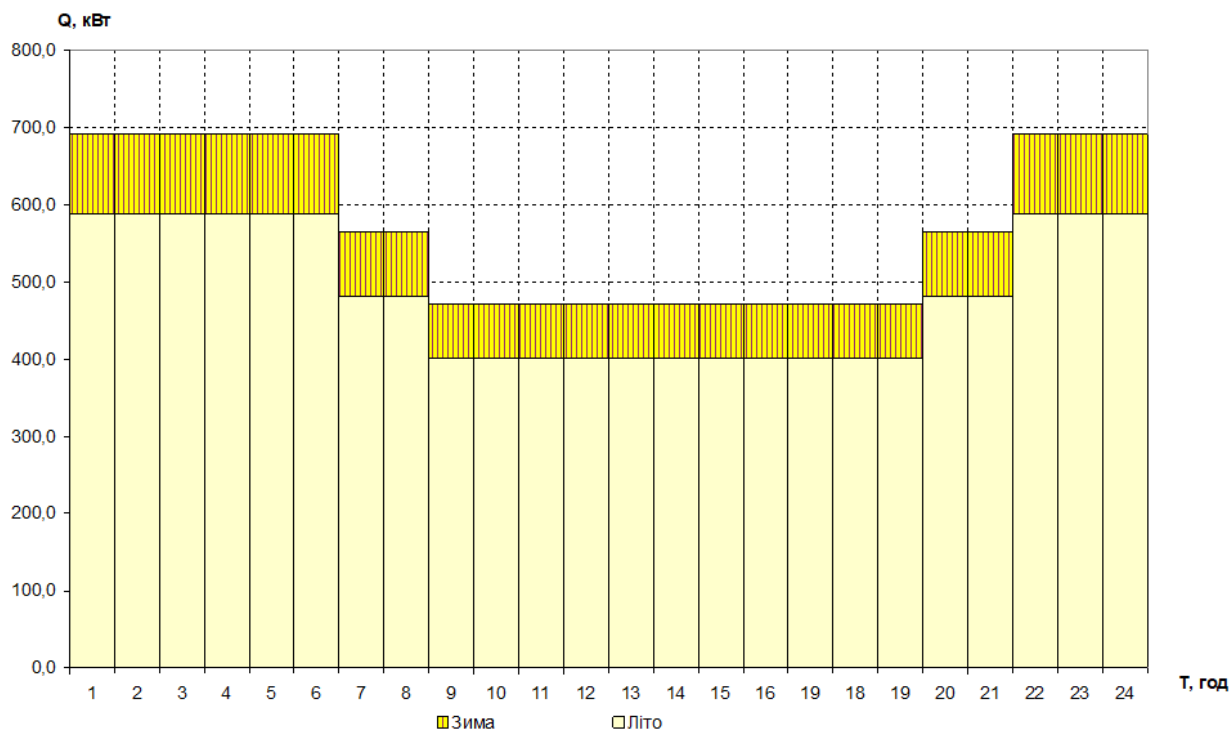


Рис 1.4 – Споживання реактивної потужності молочноконсервного комбінату в вихідний день

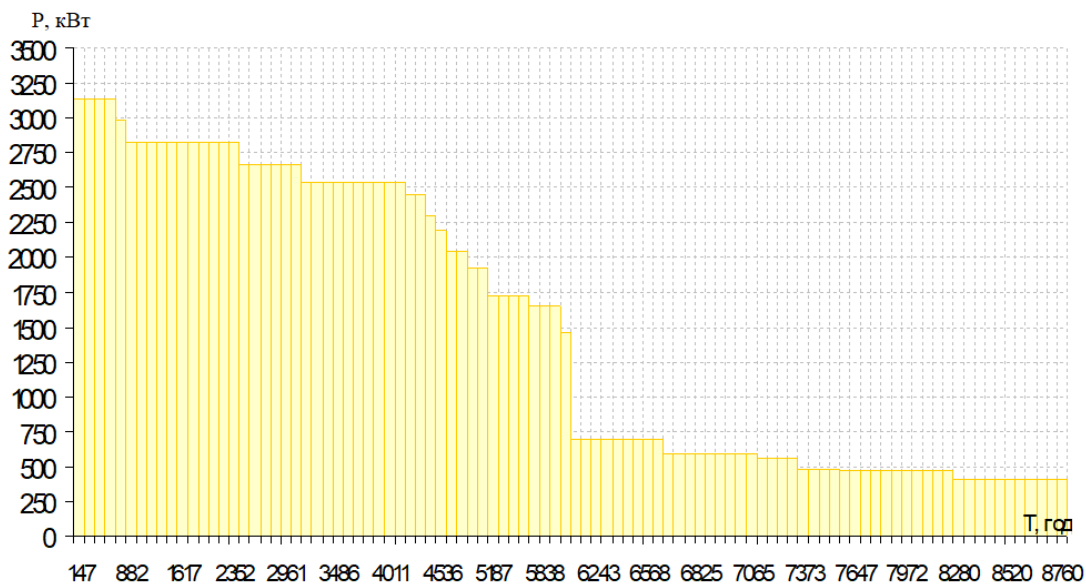


Рис. 1.5 – Річний графік за тривалістю

Програма для побудови графіків електричних навантажень

$$\begin{aligned}
 P &= 3140 \text{ кВт} \\
 Q &= 2998 \text{ кВар} \\
 S &= 4342 \text{ кВА}
 \end{aligned}$$

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	17

Кількість днів робочих:

зимою 147 днів

літом 105 днів

Кількість днів вихідних:

зимою 65 днів

літом 48 днів

Виконати розрахунок

Ok

Робочі дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{зр} = 9254679$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{зр} = 9229615$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лр} = 5848713$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лр} = 5603695$$

Вихідні дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{зв} = 887835$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{зв} = 1124550$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лв} = 557287$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лв} = 705871$$

Загальна річна витрата активної електричної енергії, кВт*год:

$$W_{лр} = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 16548514,35$$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії, кВт*год:

$$V_{лв} = V_{зр} + V_{лр} + V_{зв} + V_{лв} = 16663730,93$$

Час використання максимального навантаження, год:

$$T_m = 5409,2$$

Час максимальних втрат, год:

$$\tau_m = 3872,9$$

РОЗДІЛ 2

ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕН МОЛОЧНОКОНСЕРВНОГО КОМБІНАТУ

На генплані підприємства зображено картограму розподілу електричних навантажень. Аналізуючи цю картограму, ми можемо визначити оптимальне місце розташування центру електричних навантажень (ЦЕН).

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{526899,8}{3105} = 170 \text{ м};$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{198507}{3105} = 70 \text{ м}$$

Беручи до уваги результати проведених розрахунків, напрямок живлення від енергосистеми та розміщення високовольтного обладнання, розташування центру електричних навантажень у розрахункових координатах є неможливим, оскільки вони потрапляють у межі робочої зони підприємства. Тому координати ЦЕН необхідно змістити в напрямку точки живлення.

Уточнені координати центру електричних навантажень мають такі значення:

$$x_0 = 217 \text{ м}; y_0 = 150 \text{ м}$$

Саме ці данні координати приймаємо для подальших розрахунків в кваліфікаційній роботі, результати розрахунку наводимо у таблиці Б.1 Додатку Б.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМБІНАТУ

3.1 Вибір схем зовнішнього електропостачання комбінату

Вибір схеми електропостачання молочноконсервного комбінату визначається умовами електропостачання та вимогами по рівню надійності енергопостачання.

Основне електричне обладнання, таке як лінії електропередачі та силові трансформатори, спочатку обирається за умов роботи в нормальному режимі, після чого перевіряється на відповідність вимогам форсованого режиму (відключення однієї лінії або силового трансформатора).

В кваліфікаційній роботі розглянемо можливість живлення заводу від підстанції енергосистеми з класами напруги 35 і 10 кВ. Для порівняння намітимо варіантів електропостачання розглянемо два варіанти:

1 варіант - живлення молочноконсервного комбінату здійснюється кабельною лінією 10 кВ зі встановленням розподільного пункту (рисунок 3.1, а).

2 варіант - живлення молочноконсервного комбінату здійснюється повітряною лінією 35 кВ зі встановленням головної знижувальної підстанції (рисунок 3.1, б).

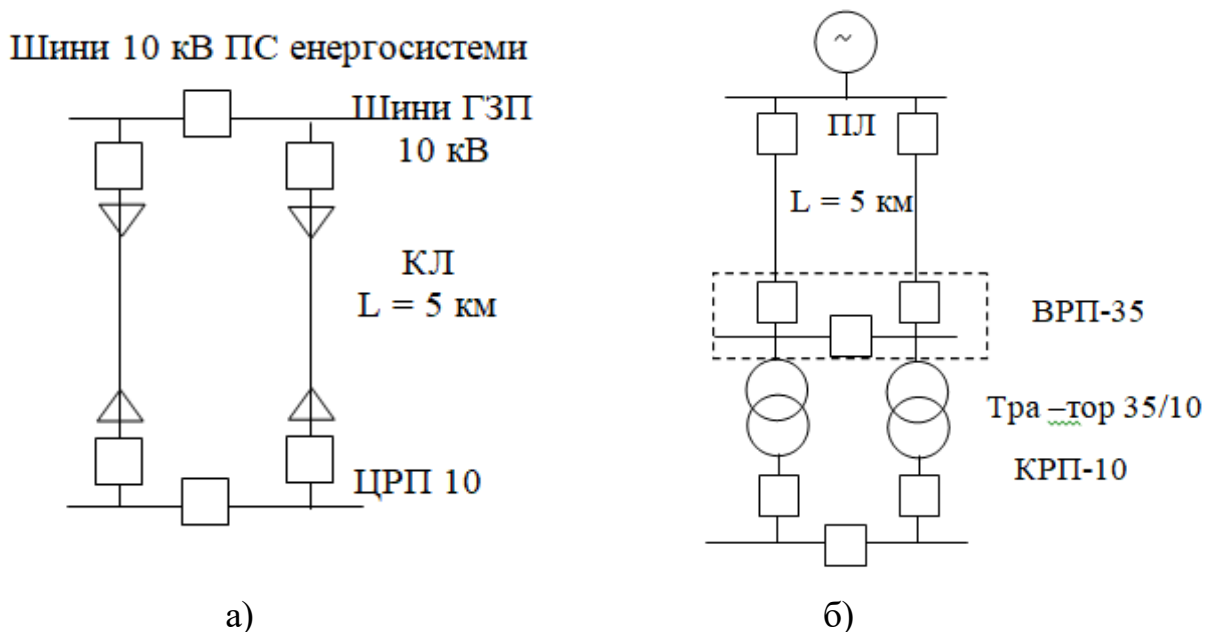


Рисунок 3.1 – Варіанти електропостачання молочноконсервного комбінату

Розглянемо більш детально І варіант.

$$I_{\max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3140}{\sqrt{3} \cdot 10} = 181,3 \text{ А}$$

$$F_{\text{ек}} = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}} = \frac{181,3}{1,2} = 151,1$$

До встановлення слід прийняти поканання « КЛ маркою АСБ (3х95).
Перевірку слід виконати за умовою нагріву в нормальному режимі:

$$I_p = 90,7 \text{ А} \leq \kappa_n \cdot I_{\text{дон}} = 0,92 \cdot 205 = 188,93$$

Слід виконати наступну перевірку, КЛ за умовою нагріву в аварійному режимі:

$$I_{p.\text{ав}} = 2I_p = 2 \cdot 90,7 = 181,32 \text{ А} \leq \kappa_{\text{ан}} \kappa_n' I_{\text{доп}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 205 = 256,3$$

Попередньо обрана КЛ задовільняє умовам перевірки. Визначимо коефіцієнт завантаження кабельної лінії в нормальному робочому режимі:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{\text{дон}}} = \frac{90,7}{205} = 0,44$$

Виконаємо розрахунок втрат напруги в зазначеному варіанті, поснемо з втрат потужності і напруги в КЛ, кВт та кВт·год відповідно:

$$\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{1\text{км}} l_{\Sigma} K_3^2 = 50 \cdot 10 \cdot 0,1936 = 96,8$$

$$\Delta W_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau = 96,8 \cdot 3872,73 = 374,88$$

Втрати енергії в грошовому еквіваленті отримаємо, тис. грн:

$$C_{\text{втр}} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 374,88 \cdot 5,127 = 592,7$$

В наступних таблицях 3.1 та таблиці 3.2. покажемо капітальні вкладення по варіанту та поточні відповіді обраної схеми електропостачання. Розрахунок збитку від перерви також порахуємо нижче для лінії 10 кВ довжиною 5 км з вимикачем:

$$T_{\text{в}} = \frac{\sum \lambda_i T_{\text{ви}}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 0,4 \cdot 0,00035)}{0,404} = 0,00035$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 3.1 – Розрахунок капітальних вкладень за I варіантом, грн

№ вар.	Назва елемента схеми	Одиниця	Кількість	Вартість	Всього
1	КЛ 10 кВ	км	10	135	1350
	Траншея	км.	5	40	200
	Шафи КРП серії КУ-10	шт.	2	95	190
Всього					1740

Таблиця 3.2 – Розрахунок поточних витрат за I варіантом

№ вар	Назва елемента схеми	K_j , тис.грн.	P_{aj} , %	C_{aj} , тис.грн.	$P_{эj}$, %	C_{aj} , тис.грн.	C_j , тис.грн.
1	КЛ 10 кВ	1350	5	67,5	5	67,5	135
	Траншея	200	5	10	5	10	20
	Шафи КРП серії КУ-10	190	15	28,5	5	9,5	38
Всього							193

Коефіцієнт планового простою одного ланцюга

$$K_n = 1,2 K_{n \max} = 1,2 \cdot 0,002 = 0,0024$$

Очікуємий збиток тоді матимемо:

$$Y = Y_0 P_{cp} T_a = 320 \cdot 1,94 \cdot 0,0206 = 12,7$$

Отже, витрати складуть для I варіанту, тис грн:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{втр.i} + Y_i = 0,12 \cdot 1740 + 193 + 592,3 + 12,7 = 1006,87$$

За подібною методикою зробимо розрахунок по II варіанту, з ЛЕП 35 кВ на залізобетонних опорах та ВРП 35 кВ та 2 силових трансформаторів. Виведемо результати в таблиці 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Капітальні вкладення II варіанту

№ вар.	Назва елемента схеми	Одиниця	Кількість	Вартість	Всього
2	ЛЕП 35 кВ на з/б опорах	км	5	145,7	728,5
	ВРП 35 кВ	шт.	1	170	170
	2 х ТМН-2500/35	шт.	2	1000	2000
Всього					2898,5

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	22

Таблиця 3.4 – Поточні витрати II варіанту

№ вар	Назва елемента схеми	К _j , тис.грн.	Р _{aj} , %	С _{aj} , тис.грн.	Р _{эj} , %	С _{aj} , тис.гр н.	С _j , тис.грн.
2	ЛЕП 35 кВ на з/б опорах	347	5	17,35	5	17,35	34,7
	ВРП 35 кВ	150	15	22,5	5	7,5	30
	2 x ТМН-2500/35	2000	15	300	5	100	400
Всього							464,7

По обидвох варіантах покажемо техніко-економічне порівняння у вигляді підсумкової таблиці, що допоможе остаточно визначитись і прийняти схему для подальших розрахунків.

Таблиця 3.5 – Економічні показники по варіантам схем електропостачання

Показники	Варіант	Варіанти
	1	2
Капітальні вкладення	1740	2898,5
Поточні витрати	193	464,7
Вартість втрат електроенергії	592,4	263,35
Збиток	12,8	11,13
Зведені витрати	1006,2	1087

Результати розрахунків показали, що різниця між приведеними витратами на реалізацію обох варіантів електропостачання становить близько 7%, що свідчить про їх приблизно рівноцінну вартість. Проте, враховуючи той факт, що за другим варіантом з живленням по лінії 35 кВ вартість втрат електричної енергії є нижчою, а надійність схеми - вищою, доцільно обрати саме цей варіант для подальшого проектування системи електропостачання підприємства. Отже, для деталізованого проектування приймається схема живлення напругою 35 кВ.

3.2 Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання

Намітимо 1 варіант. Електропостачання механічної майстерні здійснюється за допомогою радіальних шинопроводів ШРА, оскільки споживачі розташовані

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

рівномірно уздовж стін механічного цеху молочноконсервного комбінату . Така конфігурація дозволяє виконати схему живлення радіальною. Споживачами електроенергії на цій ділянці є металообробні верстати середньої потужності, які розраховані на роботу від трифазного змінного струму промислової частоти напругою 380 В. Навколишнє середовище - нормальне. Умовно споживачів можна розділити на 2 ділянки.

Другий варіант проектування цехової мережі передбачає змішану схему. У місцях більшрівномірного розташування електроприймачів застосовуються розподільні шинопроводи серії ШРА, які приєднуються до магістрального шинопроводу серії ШМА через автоматичний вимикач. На ділянках розглядаємого цеху, де прокладання шинопроводу є недоцільним через характер розміщення електроприймачів, встановлюються розподільчі пункти (РП), які підключаються до шин цехової трансформаторної підстанції або магістрального шинопроводу. Потужні електроприймачі підключаються безпосередньо до шин цехової ТП.

Оскільки розташування електроприймачів є стаціонарним і рівномірним, це дозволяє виконати схему електропостачання з використанням комплектних розподільчих шинопроводів типу ШРА73У3. Результати наведемо в таблиці В.1 Додатку В. Для ШРА-1

$$n_{ef1} \approx 0,95 \frac{171^2}{\frac{25^2}{1} + \frac{(171-25)^2}{21-1}} \approx 17.$$

Для ШРА-2

$$n_{ef2} \approx 0,95 \frac{219^2}{\frac{30^2}{1} + \frac{(219-30)^2}{26-1}} \approx 20,6;$$

Зазначу, що n_{ef} в обох випадках більше 10, розрахункова реактивна потужність буде визначатися по формулі:

$$Q_{p1} = K_{i,a} \sum P_{ном,i} \operatorname{tg} \varphi = 0,12 \cdot 45,55 \cdot 1,98 = 10,33 \text{ кВар};$$

$$Q_{p2} = 0,12 \cdot 58,608 \cdot 1,98 = 13,47 \text{ кВар}.$$

Розрахункові струми відповідно на ШРА-1 та ШРА-2 складають

$$I_{p1} = \frac{\sqrt{45,6^2 + 10,3^2}}{1,73 \cdot 0,38} = 68 \text{ А};$$

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	24

$$I_{p2} = \frac{\sqrt{58.61^2 + 13.5^2}}{1,73 \cdot 0,38} = 87 \text{ A.}$$

- 1) Для шинопроводів типа ШМА струм приймаємо рівним номінальному струму цехового трансформатора наступний і обираємо ШМА -73 1600А:

$$I_{н.шма} = 67.42 + 86.7 = 154.12 \text{ A} \leq 1600 \text{ A,}$$

а для розподільних - ШРА 1 та 2 - ШРА 73 на 250 А.

- 2) по втратах напруги: в магістральному шинопроводі втрати напруги

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \sum_{i=1}^n I_p \ell \cdot 100}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \frac{\sqrt{3} \cdot 154.12 \cdot 18 \cdot 100}{380} \times (0.031 \cdot 0.64 + 0.017 \cdot 0.77) = 4 \%$$

$$\text{ШРА-1} \quad \Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 67.42 \cdot 48 \cdot 100}{380} \cdot (0.21 \cdot 0.6 + 0.1 \cdot 0.7) \cdot 10^{-3} = 0.288\%$$

$$\text{ШРА-2} \quad \Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 86.7 \cdot 48 \cdot 100}{380} \cdot (0.21 \cdot 0.6 + 0.1 \cdot 0.7) \cdot 10^{-3} = 0.37\%$$

Розподільчу мережу цеху виконуємо проводом марки АПВ. Результати представимо у вигляді таблиці В.2 Додатку В.

II варіант. Розрахунок навантажень для II варіанту цехової мережі з використанням СП наведемо у таблиці В.3 Додатку В.

Врахуємо розрахунок вартості втрат електроенергії $C_0 = 5,127 \text{ грн./ кВт}\cdot\text{год}$ (10 кв) і $C_0 = 4,009 \text{ грн./ кВт}\cdot\text{год}$ (35 кв). Результати зводимо по першому варіанту до таблиці В.4 Додатку В і по 2 варіанту до таблиці В.5. Розрахунок капітальних вкладень по варіантам таблиця Таблиця 3.2. Розрахунки поточних витрат у таблиці В.6 Додатку В. Остаточний розрахунок обох варіантів наведено в таблиці В.7.

Таким чином, розрахунки приведених витрат показали, що різниця між варіантами дуже суттєва. Тому для подальших розрахунків приймаємо варіант 1 схеми електропостачання цеху.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

РОЗДІЛ 4

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

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

Заначемо активне та реактивне навантаження в мережі до 1000 В, а саме всі цехові ТП з попередніх розрахунків:

$$P_H = 2931 \text{ кВт}$$

$$Q_H = 2593 \text{ квар}$$

Сумарне споживання по молочноконсервному комбінату:

$$P_p = P_B + P_H + \Delta P_{тр} = 0 + 2931 + 35,3 = 2966 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_B + Q_H + \Delta Q_{тр} = 0 + 2593 + 277,5 = 2870,5 \text{ квар}$$

Отже, економічно доцільна потужність, яка передаватиметься від системи:

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

А сумарна потужність КП визначиться з умови балансу потужності:

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

Розрахунки ведтимемо при мінімальній кількості трансформаторів:

$$N_o = P_H / (K_3 \cdot S_{H \text{ тр}}) = 2931 / (0,7 \cdot 630) = 7,2$$

Приймаємо найбільше ближче число трансформаторів, отже $N_o = 8$ шт.

Так потужність з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові трансформатори:

$$Q_H = \sqrt{(8 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 1802,3^2} = 538 \text{ кВар}$$

КП в мережі 0,4 кВ визначаємо на шинах кожної ТП, для ТП1:

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

Уточнене значення $Q_{кн}$ по кожному ТП окремо будуть в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1- Вибір потужності компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ

ТП	N _{тр}	P _{нн}	Q _{нн}	Q _п	Q _{БК}	N _{БК}	Q _{кн}	Тип БК	K ₃	Sp
ТП1,2	3	1208,7	1209,3	538,5	671,0	3	225	УКМ58-0,4-225-37,5	0,7	1321,6
ТП3	2	861,2	551	190,6	360,6	2	133	УКМ58-0,4-133-33	0,7	880,9
						2	50	УКМ58-0,4-50-50		
ТП4	1	429,3	280	101,9	178,2	1	166	УКМ58-0,4-166-33	0,7	444,3
ТП5	2	704,5	632	530,6	101,071	2	100	УКМ58-0,4-100-33	0,66	826,3

										Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						26

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

БК потужністю 225 квар приймаємо 3 шт.

БК потужністю 166 квар приймаємо 1 шт.

БК потужністю 133 квар приймаємо 2 шт.

БК потужністю 100 квар приймаємо 2 шт.

БК потужністю 50 квар приймаємо 2 шт.

Тепер слід уточнити значення $Q_{п} = Q_{н} - Q_{кн} = 2593 - 1407 = 1186$ квар

Потужність КП, що будуть встановлені на шинах 10 кВ. Потужність компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити в мережі 10 кВ:

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

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

БК по 450 кВар кількістю 2 шт, отже $Q_{кв} = 900$ кВар

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

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

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

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів:

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

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

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів:

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

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

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

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

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

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

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

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

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	27

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z_1 = E_n \cdot K_{\text{кн}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{кпп}} + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{тп}}) \cdot C_o \cdot \tau = 0,12 \cdot (43,446 + 20,13 + 517,05 + (4,221 + 4,05 + 2,9) \cdot 5,217 \cdot 3872 = 38,133 \text{ тис. грн.}$$

Отже приведені затрати варіанту компенсації прораховані вище і технічно обгрунтовані, його і приймаємо для подальшого розрахунку.

4.2 Вибір кількості та потужності компенсуючи пристроїв

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

Пропускна потужність трансформаторів буде визначатись:

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

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

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кп}} = 675 \text{ квар}$

3 батареї типу УКМ58 – 0,4 – 225 – 37,5У3

Аналогічно проводимо розрахунки для інших ТП. Результати розрахунків приведені в таблиці Г.1 Додатку Г.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		28

РОЗДІЛ 5

ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ КОМБІНАТУ

При виборі потужності трансформаторів для ГЗП необхідно врахувати вихід з ладу одного трансформатора, а той, що залишився в роботі, має забезпечувати функціонування молочноконсервного комбінату з урахуванням можливого обмеження навантаження без великої шкоди для основної діяльності підприємства.

На ГЗП два трансформатори приймаємо з потужністю:

$$S_{\text{ном.тр}} = K_{\text{I, II}} S_p / (2 \cdot 0,7) = 0,7 \cdot 4342 / 1,4 = 2171 \text{ кВА}$$

Можна обрати трансформатори ТМН–2500/35 і навантаження в нормальному режимі трансформаторів:

$$K_3 = 4342 / (2 \cdot 2500) = 0,86 > 0,7 = K_{\text{з.норм}}$$

Тому завантаження трансформаторів в аварійному режимі:

$$K_3 = 4342 / (2500) = 1,7 > 1,4 = K_{\text{з.доп.}}$$

Рекомендуємо для потяжлишого в аварійному режимі необхідність обмежити потужність комбінату на 842 кВА з числа допоміжних споживачів III категорії.

Одинична потужність трансформаторів цехових ТП приймається у відповідності з питомою щільністю навантаження окремої ділянки чи цеху комбінату. Проводимо детальний розрахунок потужності трансформаторів цехових ТП на прикладі ТП №1:

$$S_{\text{тр п}} = S_p / 1,4(n - 1) = 1378 / 1,4 \cdot 2 = 492 \text{ кВА}$$

Приймаємо найближчу більшу потужність, а саме: ТМ-630/10 КТП 10/0,4.

Отже, коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$K_3 = S_p / (n S_{\text{тр}}) = 1378 / (3 \cdot 630) = 0,73$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		29

Потрібне відключення 8 кВА з числа споживачів III категорії в аварійному режимі. Аналогічно проводимо розрахунки для інших ТП. Результати розрахунків зводимо до таблиці 5.1. Враховуючи рівномірність розподілу навантажень по території цехів, приймаємо рівномірний розподіл ТП по території цеху. Приймаємо до встановлення КТП 10/0,4 українського товаровиробника Хмельницького заводу трансформаторних підстанцій.

Таблиця 5.1 - Потужність та місце розташування цехових ТП

№ ТП	Рр, кВт	Qр, кВар		Sp, кВА		N x Стр, кВА	Кз	Вид ТП	Місце розташування ТП	Характеристика приміщення
		без КП	з КП	без КП	з КП					
ТП-1,2	1208	1209,5	538,2	1710,1	1321,4	3х630	0,70	Вбудов.	Сирцех	Д
ТП-3	861,2	551,2	190,6	1022,6	880,7	2х630	0,70	Вбудов.	Цех ЗЦН	Г
ТП-4	439,3	280,4	40,8	520,7	520,7	1х630	0,83	Вбудов.	СПК	Д
ТП-5	704,3	632,3	531,0	946,4	826,3	2х630	0,66	Вбудов.	Компр-на	Г

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

6.1 Розрахунок струмів КЗ

Виконуємо і детально зазначемо розрахунок струмів КЗ для ТП1. Вихідні дані до розрахунку маємо наступні: номінальна напруга повітряної лінії $U_n=35$ кВ. Лінія виконана проводом марки АС, довжиною якої 5 км та перерізом $= 50$ мм². Номінальна потужність трансформатора ГЗП складає $S_{тр} = 2500$ кВА. На ГЗП встановлений трансформатор типу ТМН-2500/35. Номінальна напруга кабельної лінії $U_n = 10$ кВ, виконана кабелем ААШв-10 $F_{ст}= 35$ мм², довжиною $L_{кл}=0,1$ км. Номінальна потужність трансформатора ТП складає $S_{тр} = 630$ кВА. На ТП встановлений трансформатор ТМ- 630,

Схема розрахункова для струмів КЗ показана на рисунку 6.1., схема заміщення наведена на рисунку 6.2. Активним опором системи можна нехтувати, через мале значення. Розрахунок проведемо у відносних величинах для цього приймаємо базисну потужність $S_б = 100$ МВА, базисна напруга в точці К1 $U_{б1} = 35$ кВ; в точці К2 $U_{б2} = 10,5$ кВ; в точці К4 $U_{б4} = 0,4$ кВ. Отже, визначимо відносні опори елементів схеми КЗ, реактивний опір системи:

$$X_c = S_б/S_{кз} = 100/1000 = 0,10$$

Реактивний опір лінії напругою 35 кВ:

$$X_{л1} = X_0 \cdot L \cdot S_б/U_{б1}^2 = 0,59 \cdot 7,3 \cdot 100 / 35^2 = 0,352$$

Активний опір лінії напругою 35 кВ:

$$R_{л1} = R_0 \cdot L \cdot S_б/U_{б1}^2 = 0,40 \cdot 7,3 \cdot 100 / 35^2 = 0,24$$

Визначаємо показники трансформатора ГЗП, активним опором трансформатора нехтуємо:

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

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		31

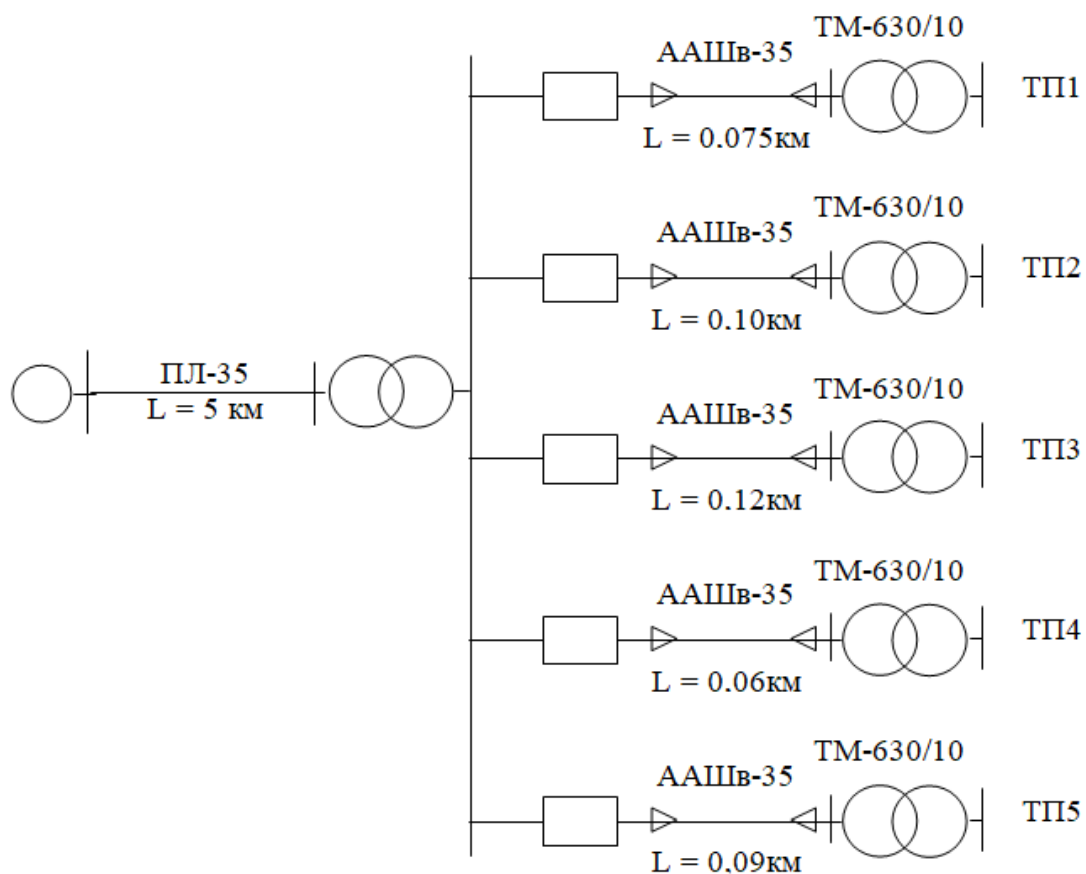


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема

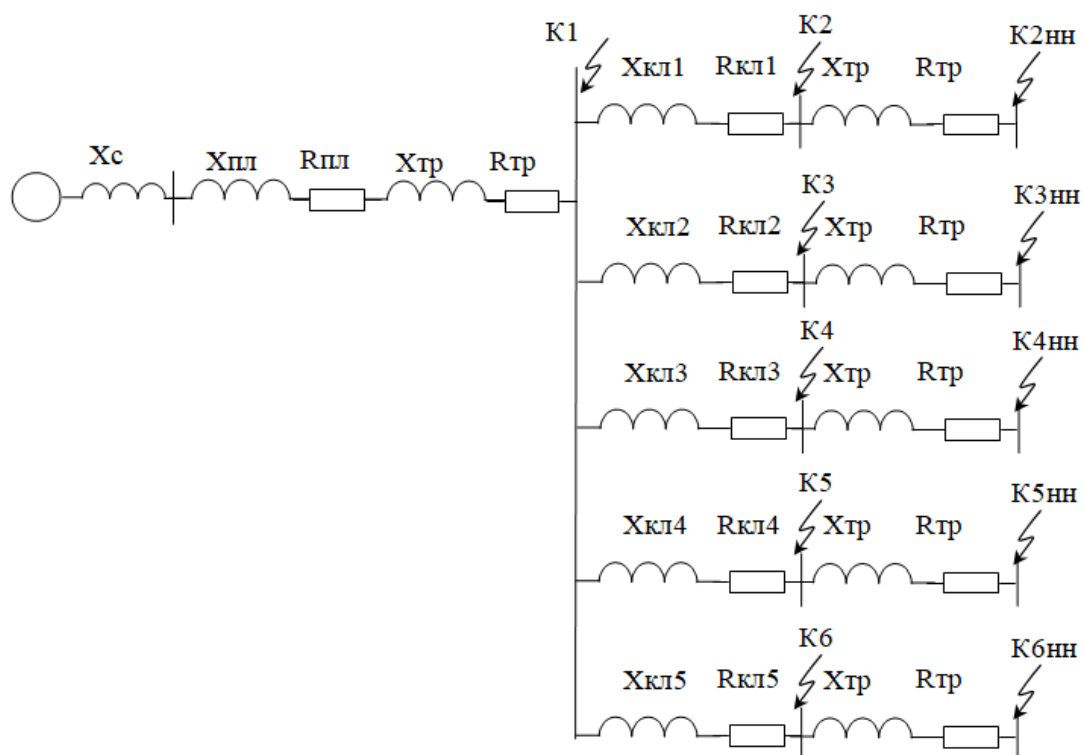


Рисунок 6.2 – Схема заміщення

Для кабельної лінії напругою 10 кВ визначаємо. Реактивний опір лінії напругою 10 кВ:

$$X_{л1} = X_0 \cdot L \cdot S_6 / U_{62}^2 = 0,95 \cdot 0,1 \cdot 100 / 11^2 = 0,06$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ:

$$R_{л1} = R_0 \cdot L \cdot S_6 / U_{62}^2 = 0,06 \cdot 0,1 \cdot 100 / 11^2 = 0,004$$

Опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ

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

$$X_{Тр} = \sqrt{(U_k/100)^2 - (\Delta P_M / S_{н.тр})^2} \cdot S_6 / S_{н.тр} =$$

$$= \sqrt{(5,55 / 100)^2 - (10,00 / 630)^2} \cdot 100000 / 630 = 8,4$$

Визначаємо результуючий еквівалентний опір до обраної точки КЗ.

Спростуємо схему заміщення за наступною послідовністю:

1) результуючий опір до точки К1

$$R_{к1} = R_{л1} = 0,24$$

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

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

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{к2} = R_{Т1} + R_{к1} = 0 + 0,2 = 0,2$$

$$X_{к2} = X_{к1} + X_{Т1} = 0,45 + 2,6 = 3,1$$

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

3) результуючий опір до точки К3

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

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{л2} = 3,12 + 0,06 = 3,13$$

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

4) результуючий опір до точки К4

$$R_{к4} = R_{Т2} + R_{к3} = 2,5 + 0 = 2,8$$

$$X_{к4} = X_{Т2} + X_{к3} = 8 + 3,13 = 11,6$$

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

Визначаємо базисні струми в заданих точках КЗ:

В точці К1

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

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	33

В точці K2

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

В точці K3

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

В точці K4

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

Визначаємо трифазні струми КЗ. В точці K₀ діюче значення періодичної складової струму складатиме:

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

Діюче значення усталеного струму КЗ:

$$I_{\infty 1} = I_{k1} = 3,2 \text{ кА;}$$

Амплітудне значення струму на шинах напругою 35 кВ

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

Струм двохфазного КЗ визначаємо за формулою:

$$I_{k1}^2 = 0,87 \cdot I_{k1} = 0,87 \cdot 3,22 = 2,8 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок схем изводимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахункові струми КЗ

Точка схеми	R _{кп}	X _{кп}	Z _{кп}	I _{кп} =I _{6п} /Z _{кп}	i _{yn} =2*k _y *I _{кп}	I _{кп} ² =0,87*I _{кп}
Шини 10 кВ	0,025	0,061	0,061	8,7	14,89	7,88
ТП1	0,026	0,811	0,811	8,21	13,89	7,14
ТП1 _{нн}	3,075	11,025	11,446	15,28	32,18	13,29
ТП2	0,026	0,811	0,812	8,21	13,89	7,15
ТП2 _{нн}	3,075	11,025	11,446	15,28	32,18	13,29
ТП3	0,026	0,853	0,853	7,81	13,21	6,79
ТП3 _{нн}	3,075	11,067	11,486	15,23	31,98	13,24
ТП4	0,026	0,774	0,775	8,60	14,54	7,49
ТП4 _{нн}	3,075	10,989	11,41	15,33	32,28	13,33
ТП5	0,026	0,828	0,83	8,05	13,62	7,00
ТП5 _{нн}	3,075	11,042	11,472	15,27	32,04	13,28

6.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

Для лінії (КЛ-1) від ГЗП до ТП №1: Площа поперечного перерізу кабелю має складати

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

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

При $T_{\max} = 3959$ год $J_{\epsilon k} = 1,4$ приймаємо кабель ААШВ - $3 \times 35 \text{ мм}^2$ з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$ і перевірка кабеля за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_p = K_n \cdot I_{\text{доп}} = 26,6 \leq 115$$

Перевіряємо кабель по умові роботи в аварійному режимі:

$$I_{\text{ав}} = K_n K_{\text{ав}} I_{\text{доп}} = 37,2 \text{ А} \leq 1,35 \cdot 115 = 132,3 \text{ А} > I_p,$$

при попередньому навантаженні $K_3 = I_p / (K_n \cdot I_{\text{доп}}) = 26,6 / (1 \cdot 115) = 0,2$,

Мінімальна площа поперечного перерізу кабеля за умовою термічної стійкості:

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{79,5} = 94,8 \text{ мм}^2,$$

для алюмінієвих кабелів маємо $K = 94 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$; B_k - тепловий імпульс:

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

За умови термічної стійкості вибраний кабель з площею перерізу 35 мм^2 не задовільняє, приймаємо до прокладання кабель з площею перерізу 95 мм^2 . Інші кабелі системи електропостачання заводу обираються за аналогічною методикою і розрахунки зводяться до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Вибір високовольтних кабелів 10 кВ

№КЛ	S_p кВА	n	I_p	$I_{\text{р.ав}}$	$F_{\epsilon k}$ мм	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}$ А	$I_p \leq I_{\text{ав}}$	B_k	$F_{\min}$	I'' , кА
ЦРП-ТП1	459,6	1	26,6	37,2	26,6	ААШВ(3× 35)	115	$26,6 < 132,3$	79,47	94,8	8,7
ЦРП-ТП2	459,6	1	26,6	37,2	26,6	ААШВ(3× 35)	115	$26,6 < 132,3$	79,47	94,8	8,7
ЦРП-ТП3	435,4	1	25,2	35,2	25,2	ААШВ(3× 35)	115	$25,2 < 132,3$	79,47	94,8	8,7
ЦРП-ТП4	444,1	1	25,7	35,9	25,7	ААШВ(3х 35)	115	$25,7 < 142,4$	79,47	94,8	8,7
ЦРП-ТП5	355,8	1	20,6	28,8	20,6	ААШВ(3х 35)	115	$20,6 < 97,1$	79,47	94,8	8,7

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		35

6.3 Вибір електрообладнання

Вибір вимикачів. На стороні 35 кВ ГЗП обираємо вакуумні вимикачі ВРС-35. Вибір параметрів вимикачів зводимо в таблицю 6.3, враховуючи:

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

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

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

Таблиця 6.3 - Вибір вимикачів 35 кВ на вводах ГЗП

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
71,1	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
3,2 кА	$I_{пт} \leq I_{откл.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 3,2 \cdot e^{-0,09/0,025} =$ 0,14кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{откл} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 20 = 2,82 \text{ кА}$
3,2 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
6,8 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	51 кА
21,1 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

В РП 10 кВ доцільніше буде використати вимикачі вбудовані в комірки комплектних розподілюючих пристроїв. Це можуть бути вакуумні вимикачі РЗВА. На стороні НН від ГЗП до ТП (таблиця 6.4) оберемо вакуумний вимикач типу ВР1-10-20/630У2, призначені для роботи в КРУ серії КУ-10Ц. Зазначемо параметри для вибору вимикача:

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

$$I_{робmax} = 255,5 \text{ А}$$

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

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

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

$$\text{де } t_{откл} = t_{pz} + t_b = 0,1 + 0,55 + 0,45 = 1 \text{ с}$$

Таблиця 6.4 - Вибір вимикачів на вводі 10 кВ

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

Виберемо вимикачі на відхідних лініях на прикладі лінії до ТП-1 з $I_{роб\max} = 36,5$ вимикач ВР1, вибір зазначемо у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Вибір вимикачів для відходящих ліній 10 кВ

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

Вибір роз'єднувачів. На стороні ВН ГЗП обираємо роз'єднувачі типу РНДЗ,1-35/1000 У1. Дані по вибору та перевірки наведені в таблиці 6.6

Таблиця 6.6 - Вибір роз'єднувачів на стороні 35 кВ

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

Вибір розрядників

Для захисту обладнання підстанцій від атмосферних і внутрішніх перенапруг передбачається встановлення вентильних розрядників. Встановлення розрядників є обов'язковим на вводах силових трансформаторів, підключених до повітряних ліній електропередачі. Вибираємо вентильний розрядник типу РВС-35У1 з номінальною напругою 35 кВ. Він призначений для захисту від атмосферних і короточасних внутрішніх пошкоджень ізоляції електрообладнання електростанцій і підстанцій змінного струму. На стороні 10 кВ (ГЗП) обираємо розрядник типу РВО-10У1.

Вибір потужності схем живлення трансформаторів власних потреб. На всіх трансформаторних підстанціях напругою 35-750 кВ передбачається встановлення двох ТВП, які приєднуються до різних джерел живлення. Для живлення оперативних кіл підстанції використовуються змінний та постійний струми. Для вибору потужності споживачів власних потреб складається таблиця 6.7.

Таблиця 6.7 - Навантаження трансформатора власних потреб

Вид споживача	Встановлена потужність		cos φ	tg φ	Навантаження	
	кВт · кількість	Всього, кВт			Р _{вст} , кВт	Q _{вст} , кВт
Охолодження тр-ра	2,5x2	5	0,85	0,62	5,0	3,1
Підігрів вимикачів 35 кВ	2,8x3	8,4	1	0	8,4	-
Підігрів КРП – 10 кВ	1x13	13	1	0	13	-
Освітлення прим.КРП	7	7	1	0	7	-
оперативні ланцюги	2	2	1	0	2	-
Всього:					35,4	3,1

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розрахункове навантаження трансформаторів власних потреб визначається:

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

То ж приймаємо два трансформатора ТМ-25/10. При відключенні одного трансформатора другий буде завантажений на $28,8/25=1,11 < 1,4$, тобто менше ніж 140%, що є допустимим.

Вибір трансформаторів струму. Встановлюємо ТС в фазах А і С, так як мережі 10 кВ працюють з ізольованою нейтраллю. Приймаю для встановлення на вводах трансформатори струму ТЛК 10 УЗ, $k_T=400/5$.

Таблиця 6.8 - Вибір трансформатора струму на вводах 10 кВ

№	Параметри апарата	Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
1.	Номінальна напруга, кВ	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	10	10
2.	Довготривалий номінальний струм, А	$I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$	154,12	400 А
3.	Струм динамічної стійкості, кА	$i_y \leq i_{\text{дин.ст.}}$	13,52	52
4.	Тепловий імпульс (термічна стійкість), $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B \leq I_{\text{мс}}^2 \cdot t_{\text{мс}}$	36,49	$15^2 \cdot 4 = 900$
5.	Вторинне навантаження, Ом	$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$	0,384	0,4

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

Таблиця 6.9 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Тип	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник активної та реактивної енергії	A2R-3-AL-C25	4,0	-	4,0
Амперметр	E-377	0,1	-	
Всього:		4,1	-	4,1

Опір приладів приймаємо найбільше завантаження фази.

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{4,1}{5^2} = 0,164 \text{ Ом}.$$

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	39

Опір проводів: $R_{\text{пров}} = Z_{2\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{к}} = 0,4 - 0,164 - 0,1 = 0,136 \text{ Ом}$.

Опір контактів приймаємо $R_{\text{к}} = 0,1 \text{ Ом}$.

Визначаємо переріз проводів:

$$F = \rho \cdot \frac{l_{\text{розр}}}{R_{\text{пров}}} = 0,0283 \cdot \frac{17,32}{0,136} = 3,6 \text{ мм}^2$$

для $l = 10 \text{ м}$, тому $l_{\text{розр}} = \sqrt{3} \cdot L = 1,732 \cdot 10 = 17,32 \text{ м}$

Приймаємо переріз проводу рівним 4 мм^2

$$R_{\text{пров}} = \rho \cdot \frac{l_{\text{розр}}}{F} = 0,0283 \cdot \frac{17,32}{4} = 0,12 \text{ Ом}$$

Уточнений опір вторинного навантаження з врахуванням обраного контрольного кабелю:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к}} = 0,164 + 0,012 + 0,1 = 0,384 \text{ Ом}$$

Перевірка за вторинним навантаженням:

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$$

$$0,384 \leq 0,4 \text{ Ом}$$

Отже, трансформатор ТЛК 10 У3 задовольняє умовам вибору.

На фідерах до ТП встановлюємо трансформатори струму ТЛК-10-3, ($k_T = 100/5$).

Таблиця 6.10 - Вибір трансформатора струму на фідерах

№	Параметри апарата	Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
1.	Номінальна напруга ,кВ	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	10	10 кВ
2.	Довготривалий номінальний струм, А	$I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$	86,7	100 А
3.	Струм динамічної стійкості, кА	$i_y \leq i_{\text{дин.ст.}}$	8,05	52 кА
4.	Тепловий імпульс (термічна стійкість), $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B \leq I_{\text{м.с}}^2 \cdot t_{\text{м.с}}$	34,16	$10^2 \cdot 3 = 300 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
5.	Вторинне навантаження, Ом	$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$	0,384	0,4

Для перевірки трансформатора струму по вторинному навантаження, користуючись схемою включення та каталожними даними приладів, визначаємо навантаження по фазах таблиця 6.11.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 6.11 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точност і	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник активної енергії СА-3У-5009	2	3	-	3
Лічильник реактивної енергії СР-4У-5003	2	3	-	3
Амперметр Е-3354	1,0	0,5	-	-
Всього		6,5		6,0

Опір приладів приймаємо найбільше завантаження фази.

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}$$

Опір проводів:

$$R_{\text{пров}} = Z_{2\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{к}} = 0,4 - 0,26 - 0,1 = 0,04 \text{ Ом}$$

Опір контактів приймаємо $R_{\text{к}} = 0,1$ Ом. Визначаємо переріз проводів:

$$F = \rho \cdot \frac{l_{\text{розр}}}{R_{\text{пров}}} = 0,0283 \cdot \frac{8,65}{0,04} = 6,12 \text{ мм}^2$$

Для $l = 5$ м, отже $l_{\text{розр}} = \sqrt{3} \cdot L = 1,732 \cdot 5 = 8,65$ м

Приймаємо переріз проводу рівним 10 мм^2 .

$$R_{\text{пров}} = \rho \cdot \frac{l_{\text{розр}}}{F} = 0,0283 \cdot \frac{8,65}{10} = 0,024 \text{ Ом}$$

Уточнений опір вторинного навантаження з врахуванням обраного контрольного кабелю:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к}} = 0,04 + 0,024 + 0,1 = 0,164 \text{ Ом}$$

Перевірка за вторинним навантаженням:

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$$

$$\text{маємо } 0,164 \leq 0,4 \cdot 2 = 0,8 \text{ Ом}$$

Отже, трансформатор ТЛК-10-3 задовольняє умовам вибору.

					Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	41

Таблиця 6.12 - Вибір трансформаторів струму за призначенням.

Найменування	Призначення ТС	
Встановлено	Ввід ЦРП	Лінії (КЛ 2-6)
Тип ТС прийнятого до встановлення	ТЛК-10-У3/400/5	ТЛК-10-3/100/5

Вибір трансформаторів напруги. Трансформатор напруги маємо встановити на кожній секції збірних шин. Обиремо трансформатор НАМИ-10

Таблиця 6.13 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	S _{обм} ВА	К – сть обм	Cos φ	Sin φ	К – сть прил	P _Σ Вт	Q _Σ вар
Вольтметр (шини 10 кВ)	Е 337	2	1	1	0	1	4	0
Лічильник «Альфа»	A2R-3- AL-C25	1,8	2	0,92	0,39	1	3,31	1,4
Лічильник активної енергії	СА-3У- 5009	3	2	0,25	0,97	6	9	35
Лічильник реактивної енергії	СР-4У- 5003	3	2	0,25	0,97	6	9	35
Всього							25,31	71,4

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{25,31^2 + 71,4^2} = 75,75 \text{ ВА}$$

Обираємо трансформатори напруги: НАМИ-10 в класі точності 0,5.

Перевіркапо вторинному навантаженні виконана, трансформатор задовольняє.

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}$$

$$75,75 < 100 \text{ ВА}$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

РОЗДІЛ 7

ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

ЦЕХОВОГО ГОСПОДАРСТВА МОЛОЧНОКОНСЕРВНОГО

КОМБІНАТУ

У світлі постійного зростання споживання електроенергії та загрози енергетичної нестабільності, електрозбереження стає актуальною та дуже нагальною проблемою, що вимагає комплексного підходу та інноваційних рішень. Зростаючі витрати на електроенергію, відповідно до прогнозів, ускладнюють економічну ситуацію багатьох країн та підприємств. В таких умовах доцільність енергоефективності та запровадження енергозберігаючих технологій стає просто необхідністю, що спрямована на зниження споживання електроенергії та оптимізацію всіх енергетичних процесів. В цьому контексті, розвиток сучасних методів та планів електрозбереження для кожного об'єкту господарювання має вирішальне значення для забезпечення стійкого розвитку самогопідприємства та суттєвого зниження впливу на навколишнє середовище.

Основна увага у сприянні ефективного використання енергії надається державою. Це ухвалення відповідних законодавчих та нормативних актів, реалізації політики щодо ціни на споживання енергоресу і податків, держава може встановити певні обмеження на споживання енергоресурсів.

На сьогоднішній день існують різні напрямки проектів з економії та ощадливого використання палива та енергії, які приносять перспективний економічний ефект підприємству. Зазначимо їх далі.

Організаційно-економічний напрям, що включає в себе оптимізацію господарського суб'єкту з урахуванням природних умов його розташування, нормування витрат палива та енергії, а також впровадження системи обліку та контролю, що вже стимулює економію палива та енергії і організацію раціональної роботи всього енергетичного обладнання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Технологічний напрям передбачає використання нових енергоємних технологій та впровадження змін до вже існуючих технологій, щоб зменшити споживання палива та енергії на існуючому підприємстві.

Технічний напрямок є третім напрямком раціонального використання та економії палива та енергії. Тут зниження споживання палива, тепла чи електроенергії базується на запровадженні нових машин, механізмів та обладнання. Залишається можливість експлуатації оновленої техніки. Модернізація технічних засобів спрямована на досягнення більш високого рівня енергоефективності, в іншому випадку слід розглядати їх заміну на більш удосконалені засоби.

В сучасних умовах важливу роль відіграє автоматизація регулювання використання енергоресурсів в оптимальних режимах. Саме цей процес передбачає активне оновлення приладів та автоматизованих систем обліку і повного контролю витрати палива та енергії в паливних та електричних мережах, котельних установках, і також безпосередньо в електроприймачах.

Зазначимо електроприймачі, які використовуються в експлуатації та на яких проводяться заходи з енергозбереження. Електроприводи машин, електрообігрівальні прилади та освітлення. Ефективність передачі електроенергії через електромережі значно впливає на економічність всієї процесу виробництва і залежить від завантаження електроустаткування.

Четвертий напрямок, структурно-енергетичний, має передбачати можливість заміщення дефіцитних енергетичних ресурсів більш доступними та економічно вигідними джерелами енергії в залежності від географічного розташування самого виробництва. Такими джерелами можуть бути автономні чи промислові сонячні, вітрові, геотермальні станції, енергія припливів та відпливів, а також активне використання відходів сільськогосподарського виробництва.

Економічний потенціал енергозбереження кожного окремого господарства визначається як можливість технічного та економічного зниження споживання енергії без зменшення обсягів виробництва, а шляхом запровадження енергозберігаючих заходів чи використання енергоекономічних технологій та

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

техніки, а також за можливості застосування автономних нетрадиційних джерел енергії. Зазначимо основні напрямки та заходи з економії електроенергії, що можна досягти:

- слід зменшити втрати в електричних мережах;
- за використання регульованого електроприводу;
- за використання енергоекономічних систем та засобів освітлення та автоматизувати системи регулювання освітлення;
- за впровадження енергоекономічних електротехнологій;
- організація експлуатації та вчасний ремонт електроустаткування;
- за використання енергоекономічних систем у побуті та соціальній сфері;
- економія електроенергії в електротеплових процесах виробництва.
- активне використання відходів рослинництва та деревини для виробництва палива;
- використання поновлюваних джерел енергії;
- реалізація заходів обліку та економії електроенергії, а саме встановлення багатотарифної системи обліку та економічного заохочення за економію енергії.

Важливим етапом у визначенні та реалізації науково-технічної політики енергозбереження держави є розробка прогресивної системи машин і технологій. Лише шляхом конкретизації технологій виробництва можна оцінити вплив певного обладнання на кінцевий результат - його ефективність, енергоефективність, металоємність тощо.

Розвиток промисловості країни спричиняє виникнення проблем, пов'язаних з раціональним використанням обмежених енергоресурсів. Наразі надзвичайно важливим є питання зменшення невиробничих витрат електроенергії та палива. Це особливо актуально для енергоємних споживачів на підприємствах, таких як компресорні та насосні установки. В цілому, кожен технологічний та енергетичний агрегат повинен проектуватися та експлуатуватися таким чином, щоб мінімізувати витрати енергоресурсів, а отже, і загальні витрати.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглядаються можливі заходи щодо зменшення витрат енергії та здешевлення виробничого процесу через економію електроенергії. На даному підприємстві є елементи системи, такі як лінії, трансформатори, компресорні станції, де спостерігаються значні невикористані витрати енергії.

Ефективність роботи компресорів залежить від багатьох факторів, таких як правильне використання електропривода та вибір оптимальних його параметрів. Це забезпечує не тільки пряму економію електроенергії у самому двигуні, але й непряму економію в обслуговуючих агрегатах, а саме в охолоджувальній системі. Основним напрямком енергозбереження в компресорних установках є розрахунок необхідного завантаження двигуна, тобто вибір його номінальних параметрів відповідно до потрібних. Крім того, важливо враховувати такі аспекти, як регулярне технічне обслуговування, використання сучасних технологій та підвищення ефективності всієї системи компресорного обладнання.

Крім того, значну річну економію забезпечує правильна експлуатація трансформаторів. Обмеження втрат при мінімальних режимах роботи досягається шляхом вибору оптимальної кількості трансформаторів, які працюють одночасно. Також, втрати холостого ходу трансформаторів, що напряду залежать від їх кількості, спричиняють збільшення струму в інших елементах системи, що призводить до додаткових втрат.

Відзначу, що одним із ключових аспектів економії електроенергії є раціональний режим компенсації реактивної потужності. Реактивна потужність зазвичай не приносить виробничої користі, а також збільшує навантаження на елементи системи, зменшуючи їх пропускну спроможність. Це вимагає збільшення кількості трансформаторів, перерізів ліній та інших економічних витрат. Крім того, струми, викликані реактивним навантаженням, призводять до додаткових втрат активної енергії. Тому у цьому розділі розглянуто дане питання з метою знайти вирішення проблеми та обґрунтувати необхідність впровадження енергозберігаючих технологій на виробництві, базуючись на розрахунках економічного ефекту від цих заходів.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1. Розрахунок економії електроенергії при заміні недозавантаженого двигуна на двигун меншої потужності

1. Визначимо необхідну потужність електропривода компресора

В енергоблоці на компресорній станції експлуатується двигун потужністю $P_H=150$ кВт, що забезпечує подачу повітря $V=25$ м³/хв., при кінцевому тиску $P_K=0,9$ МПа. Тоді як реальна потреба вихідних параметрів компресора $V=20$ м³/хв= 1200 м³/год, $P_K=0,6$ МПа

Визначимо потрібну потужність двигуна компресора, кВт:

$$P_{nom} = \frac{P_o V \left[\left(\frac{P_k}{P_o} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \cdot n}{3600 \cdot \eta_{пол} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{ел} \cdot (\eta - 1)} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1200 \cdot \left[\left(\frac{6 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1,35-1}{1,35}} - 1 \right] \cdot 1,35}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot (1,35 - 1)} = 98,8$$

Можна обрати двигун $P_{ном}=110$ кВт.

2. Розраховуємо економічний ефект при заміні двигуна

Параметри встановленого двигуна зазначимо нижче: $P_H=150$ кВт, $U_H=380$ В, $\cos\varphi=0,88$, $\eta=0,93$, $\Delta P_{xx}=4,8$ кВт, $I_{xx}=85$ А

Визначимо реактивну потужність х.х.:

$$Q_{xx} = \sqrt{3} U_{ном} \cdot I_{xx} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 85 = 55,9 \text{ кВар}$$

Номінальна реактивна потужність, кВар

$$Q_H = \left(\frac{P_H}{\eta_H} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi = \left(\frac{150}{0,93} \right) \cdot \operatorname{tg}(\arccos 0,88) = 87$$

Коефіцієнт матиме значення

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{(100 - \eta_H) - \Delta P_{xx}} = \frac{4,8}{(100 - 93) - 4,8} = 2,18$$

Визначимо номінальні втрати потужності, кВт

$$\Delta P_H = P_H \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) = 3,55$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	47

Отже, сумарні втрати потужності, кВт

$$\Delta P'_{\Sigma} = (Q_{xx} (1 - K_3^2) + K_3^2 Q_H) \cdot K_{nn} + \Delta P_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P =$$

$$= (55,9(1 - 0,67^2) + 0,67^2 \cdot 87) \cdot 0,1 + 4,8 + 0,66^2 \cdot 3,56 = 13,8$$

$$\text{де } K_3 = \frac{P_{nom}}{P_{ном}} = \frac{98,8}{150} = 0,66; \quad K_{nn} = 0,1 \text{ кВт/кВар}$$

Виконаємо аналогічний розрахунок для двигуна на заміну. Зазначимо дані двигуна: $P_H = 110 \text{ кВт}$, $U_H = 380 \text{ В}$, $\cos\varphi = 0,89$, $\eta = 0,92$, $\Delta P_{xx} = 3,5 \text{ кВт}$, $I_{xx} = 57 \text{ А}$

Отже отримаємо:

$$Q_{xx} = \sqrt{3} U_{НОМ} \cdot I_{xx} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 57 = 37,5 \text{ кВар}$$

$$Q_H = \left(\frac{P_H}{\eta_H} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi = \left(\frac{110}{0,92} \right) \cdot \operatorname{tg}(\arccos 0,89) = 61,3 \text{ кВар}$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{(100 - \eta_H) - \Delta P_{xx}} = \frac{3,5}{(100 - 92) - 3,5} = 0,778$$

$$\Delta P_H = P_H \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) = 110 \left(\frac{1 - 0,92}{0,92} \right) \left(\frac{1}{1 + 0,778} \right) = 5,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta P'_{\Sigma} = (Q_{xx} (1 - K_3^2) + K_3^2 Q_H) \cdot K_{nn} + \Delta P_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P =$$

$$= (37,5(1 - 0,89^2) + 0,89^2 \cdot 61,3) \cdot 0,1 + 3,5 + 0,89^2 \cdot 5,4 = 12,7 \text{ кВт}$$

$$K_3 = \frac{P_{nom}}{P_{ном}} = \frac{98,8}{110} = 0,89$$

Економічний ефект тоді складе:

$$E = \Delta P'_{\Sigma 1} - \Delta P'_{\Sigma 2} = 13,8 - 12,7 = 1,1 \text{ кВт}$$

$$E' = E \cdot \tau_{ноб} \cdot C_o = 1,1 \cdot 3232 \cdot 2,64 = 9385,7 \text{ грн./год}$$

3. Покажемо економічний режим роботи системи охолодження

На двигуні, встановленому на компресорній установці до заміни, було розраховано наступний режим охолодження: 6,7 літра води на 1 м³ повітря, що подає компресор. При цьому затрати електроенергії на перекачування води кВт·год на 1000 м³ складуть:

$$W'_B = \frac{P \cdot 10^5}{367 \cdot \eta_n \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{ел}} = \frac{0,5 \cdot 10^5}{367 \cdot 0,68 \cdot 0,88 \cdot 0,9} = 252,9 \text{ кВт·год на } 1000 \text{ м}^3 \text{ води,}$$

тут P – тиск насоса для подолання втрат в гідромережі $P = 0,5 \text{ МПа}$;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

η_n – ККД насосу;

$\eta_{пер}$ – ККД насосу передачі;

$\eta_{ел}$ – ККД насосу електричний.

Отже затрати, до заміни двигуна склали $2,53 \cdot 10^{-4}$ кВт·год/л, тоді $W_B = W'_B \cdot V_B = 2,53 \cdot 10^{-4} \cdot 6,7 \cdot (25 \cdot 60) = 2,54$ кВт. Отже, кожну годину роботи насосу витрачається 2,54 кВт·год електроенергії. Визначимо економічний режим охолодження для компресорної установки з подачею повітря більше $600 \text{ м}^3/\text{год}$ – 5 л/м^3 води на повітря.

Витрати на охолодження після оновлення компресорної складуть:

$$W_B = W'_B \cdot V''_B = 2,53 \cdot 10^{-4} \cdot 1200 \cdot 5 = 1,57 \text{ кВт}$$

Кожну годину роботи витрачається 1,57 кВт·год енергії.

Економічний ефект складатиме:

$$E' = W_B - W''_B = 2,54 - 1,57 = 0,97 \text{ кВт}$$

$$E = E' \cdot \tau_{нб} \cdot C_o = 0,97 \cdot 3232 \cdot 2,64 = 8276,5 \text{ грн/год}$$

Сумарний ефект від переобладнання компресорної складатиме

$$E_{\Sigma} = E_{зам.двиг.} + E_{охол.} = 9385,7 + 8276,6 = 17662,2 \text{ грн/рік}$$

7.2 Економічний режим експлуатації трансформаторів

При експлуатації трансформаторів слід забезпечити економічно обґрунтований їх режим роботи. А це означає, що при наявності на підстанції 2 і більше трансформаторів, які можуть працювати на загальну шину, кількість одночасно увімкнених трансформаторів визначається таким чином, щоб мінімізувати втрати потужності згідно з заданим графіком навантаження. При цьому слід враховувати не лише втрати активної потужності в самих трансформаторах, але й втрати активної потужності, викликані перетоками реактивної потужності в системі електропостачання по всьому ланцюгу живлення від генераторів електростанцій до трансформаторів.

Залежність зведених втрат потужності трансформатора, а саме $\Delta P'_T$, від навантаження $S_{н.т}$ показана на рис. 7.1.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					49

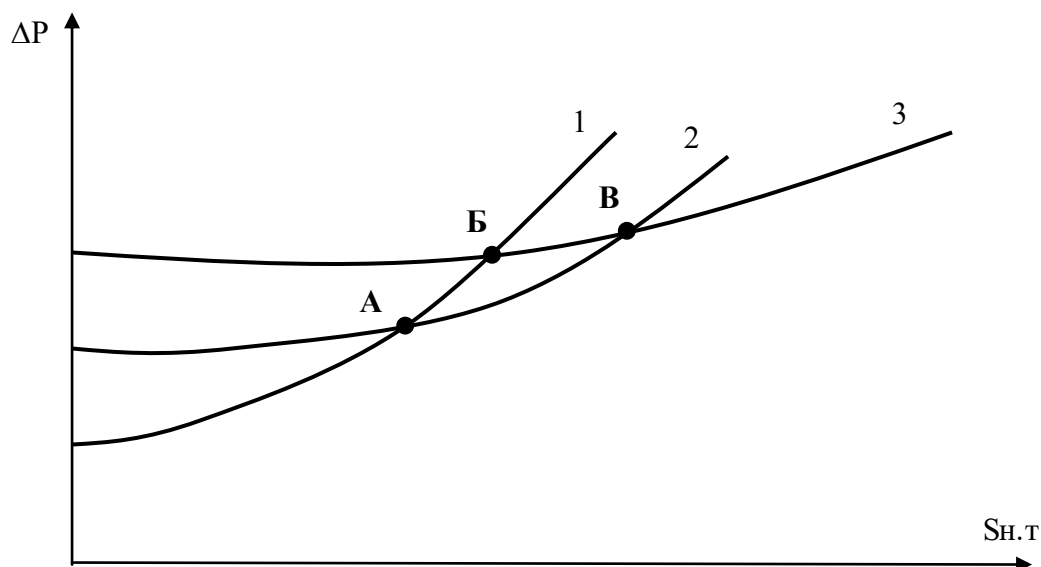


Рис. 7.1 - Приведених втрати активної потужності в трансформаторах

На рис. 7.1 точки перетину кривих А, Б, В відповідно $S_{н.т.А}$, $S_{н.т.В}$, $S_{н.т.С}$ навантаження, причому кожна з них одночасно належить двом параболам. Їхні координати, наприклад для точки А, задовільняють спільному вирішенню рівнянь. Індекси 1, 2 цих рівнянь відповідають цифровим позначенням кривих на рис. 7.1. У загальному випадку це може бути будь-яка пара подібних кривих, причому кожна з них відповідає певній кількості паралельно ввімкнених трансформаторів.

Отже, для точки А дійсне рівняння:

$$\Delta P'_{T1A} = \Delta P'_{T2A},$$

тобто

$$a_1 + e_1 \cdot S_{\phi.mA}^2 = a_2 + e_2 \cdot S_{\phi.mA}^2,$$

отже

$$S_{\phi.mA} = \sqrt{\frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}}, \quad (7.1)$$

або, що однаково

$$S_{\phi.mA} = \sqrt{\frac{a_1 - a_2}{b_{12} - b_1}}$$

З виразу (7.1) для трансформаторів однакової потужності маємо:

$$S_{\phi.mA} = S_{ном.тр} \sqrt{n(n-1) \cdot \frac{\Delta P'_x}{\Delta P'_k}} \quad (7.2)$$

Вираз (7.1) використовується для визначення економічно доцільного режиму роботи не лиш двох паралельно працюючих трансформаторів, але й може бути примінений для рішення економічної доцільності додаткового приєднання до цієї групи ще одного трансформатора.

Виконаємо розрахунок економічної ефективності вимкнення (ремонт, простою) одного трансформатора на КТП1. В таблиці 7.1 названі потужності навантаження (добовий графік) на шинах зазначеної КТП. Дійсний графік навантаження на підстанції приймемо подібним річному графіку. Графік навантаження усереднимо і приймемо 10 сходинок. Ще: коефіцієнти завантаження приймемо в бік зменшення. Це дещо знизить очікуваний економічний ефект від відключення трансформатора. Зауважу, що трансформатор доцільно відключати при $K_3 < 0,65$. Втрати в обмотках трансформатора на кожній сходинці знайдемо за виразом:

- при роботі одного трансформатора

$$\Delta P_{T1i} = K_{3i}^2 \Delta P'_k$$

- два роботи двох трансформаторів

$$\Delta P_{T2i} = 2 \cdot K_{3i(0,5)}^2 \Delta P'_k,$$

Сумарні втрати приведенні потужності в одному трансформаторі:

$$\Delta P_{1\Sigma} = \Delta P'_x + \Delta P_{T1i};$$

в двох трансформаторах

$$\Delta P_{2\Sigma} = 2 \cdot \Delta P'_x + \Delta P_{T2i}$$

Отже втрати енергії на кожній сходинці розрахуємо за виразом:

- для двох паралельно працюючих трансформаторів

$$\Delta W_{T2i} = 2 \cdot \Delta P'_x \cdot 8760 + \Delta P_{T2i} \cdot T_i$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- для одного трансформатора

$$\Delta W_{T1i} = \Delta P'_x \cdot T_{1\Sigma} + \Delta P_{T1i} \cdot T_i$$

Проведемо розрахунок втрати потужності та енергії N=2, сходинка 4.

Зазначимо ввідні дані: $K_3=0,4$; $\Delta P'_x=3,5$ кВт, $\Delta P'_k=16,5$ кВт, $\Delta P_{T2(4)} = 2 \cdot 0,4^2 \cdot 16,5 = 5,28$ кВт, $\Delta P_{T2(4)\Sigma} = 2 \cdot 3,5 + 5,28 = 12,28$ кВт

Втрати енергії на цієї сходинки при $T_4=714$ год

$$\Delta W_{T2(4)} = 5,28 \cdot 714 = 3769,92 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Аналогічно приведемо розрахунки для інших сходінок навантаження при двох трансформаторах $N_T=2$, а також при $N_T=1$. Результати розрахунків покажемо в таблицях 7.1 та 7.2.

Сумарні втрати електроенергії в двох паралельно працюючих трансформаторах ТМ-1000/10:

$$\Delta W_{T2\Sigma} = 54676,6 + 2 \cdot 3,5 \cdot 8760 = 115996 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Таблиця 7.1 - Втрати потужності та електроенергії 2-х трансформаторах

№ ступіні навантаження	Тривалість ступіні навантаження Т, год	$K_{3(0,5)}$	Втрати потужності в обмотках трансформатора ΔP_{T2} , кВт	Сумарні втрати в трансформаторах, $\Delta P_{T2\Sigma}$, кВт	Втрати енергії в обмотках трансформаторів ΔW_{T2} , кВт г
1	1802	0,185	1,14	8,129	2035
2	1750	0,29	2,8	9,78	4857
3	882	0,348	4,1	11,0	3525
4	714	0,4	5,29	12,28	3770
5	1008	0,485	7,77	14,76	7823
6	357	0,525	9,09	16,1	3247
7	966	0,615	11,07	18,06	10687
8	399	0,68	12,49	19,48	4980
9	735	0,695	15,27	22,26	11216
10	147	0,723	17,26	24,25	2536
Всього	8760				54677

Таблиця 7.3 - Втрати потужності та електроенергії в 1-му трансформаторі

№ ступіні навантаження	Тривалість ступіні навантаження Т, год	Кз	Втрати потужності в обмотках трансформатора ΔP_{T1} , кВт	Сумарні втрати в трансформаторах, $\Delta P_{T1\Sigma}$, кВт	Втрати енергії в обмотках трансформаторів ΔW_{T1} , кВт·г
1	728	0,41	2,8	6,27	4998
2	364	0,513	4,4	7,84	3852
3	364	0,629	6,3	9,84	5328
Всього	1456				14277

Сумарні втрати електроенергії при відключенні 1-го трансформатора при $K_{z \leq 0,562}$

$$\Delta W_{T1\Sigma_T2\Sigma} = \sum_{i=3}^{10} \Delta W_{2i} + 2\Delta P_x \sum_{i=3}^{10} T_{2i} + \Delta W_{T1} + \Delta P_x \sum_{i=1}^3 T_{1i} =$$

$$= (3525 + 3770 + 7825 + 3247 + 10687 + 4980 + 11216 + 2536) + 2 \cdot 3,5 \cdot (882 + 714 + 1008 + 357 + 966 + 399 + 735 + 147) + 14277 + 3,5 \cdot (1802 + 910 + 840) = 110950 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Зниження втрат електроенергії при відключенні 1-го трансформатора складатимуть:

$$\Delta W = 115996 - 110950 = 5047 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економічна ефективність від зниження втрат електроенергії складає за рік:

$$C = C_o \cdot \Delta W = 2,64 \cdot 5046,62 = 13323 \text{ грн.}$$

7.3 Електрозбереження в системі електропостачання групи цехів від компенсації реактивної потужності

В кваліфікаційній роботі для однієї секції мережі 10 кВ, що включає в себе 17 вузлів та 16 гілок виконано розрахунок режимів даної мережі проводився за програмою Regim.exe. Втрати активної потужності схеми розраховуються за трьох умов: без компенсації реактивної потужності; з урахуванням встановлення низьковольтних та високовольтних БК, і при врахуванні видачі реактивної потужності синхронними двигунами компресорної ($\text{tg}\varphi_c = 0,15$); повна компенсації реактивної потужності. В системі електропостачання для групи цехів головного

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

корпусу, де встановлено 14 трансформаторів типу ТМЗ-1000/10. Втрати холостого ходу для таких трансформаторів складають 5,1 кВт. Отже, для всіх трансформаторів, це складатиме $\Delta P_x = 71,4$ кВт. Для мережі без компенсації - сумарні втрати потужності мають $\Delta P_{\Sigma} = 2 \cdot 262 + 71,4 = 595,4$ кВт. Постійні втрати в трансформаторах складають 11,14%.

При зазначеному рівні компенсації маємо втрати: кВт

$$\Delta P_{\Sigma} = 2 \cdot 144,8 + 71,4 = 359,4 \text{ кВт.}$$

Зниження втрат потужності отримуємо:

$$\Delta P = 595,4 - 359,4 = 236 \text{ кВт.}$$

Для повної компенсації реактивної потужності втрати в схемі електропостачання складатимуть:

$$\Delta P_{\Sigma} = 2 \cdot 139 + 71,4 = 349,4 \text{ кВт.}$$

Зниження втрат потужності в порівнянні з обраним раніше рівнем компенсації складає 10 кВт., тобто це зниження втрат потужності не є суттєве.

Економічний ефект за рахунок зниження втрат (при компенсації реактивної потужності до $\text{tg}\varphi_c = 0,15$) складатимуть:

$$C = C_o \cdot \Delta P \cdot \tau_{\text{но}} = 2,64 \cdot 236 \cdot 3232 = 2 \text{ 013 тис. грн.}$$

Таким чином, запропоновані заходи по електрозбереженню молочноконсервного комбінату дозволяють отримати суттєвих економічний ефект.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблена системи електропостачання молочноконсервного комбінату та розрознені заходи з економії електроенергії на комбінаті. Було зазначено за технічними умовами електропостачання молочноконсервний комбінат живиться від підстанції 35/10 кВ віддаленістю 5000 м. Лінія електропередачі напругою 35 кВ живить ГЗП на території комбінату, далі до цехових трансформаторних підстанцій 10 кВ. Напруга на низькій стороні цехових трансформаторів 380/220 В. Силова розподільча мережа виконані кабелем АВВГ, який прокладено по стінах і конструкціях, провід АПВ-500, прокладеним у трубах по конструкціях чи на окремих ділянках у підлозі. Визначено розрахункове навантаження комбінату, що склало $P = 3140$ кВт, $Q = 2998$ кВар та повна потужність $S = 4342$ кВА. Побудовані графіки навантажень робочих і вихідних діб, річний графік за тривалістю навантаження, розраховано час використання максимального навантаження $T_m = 5409$ год та $\tau_m = 3872$ год. На генплані комбінату зображено картограму розподілу електричних навантажень та визначено оптимальне місце розташування центру електричних навантажень.

В розділі техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання комбінату запропоновано було 2 варіанти зовнішнього електропостачання: живлення молочноконсервного комбінату здійснюється кабельною лінією 10 кВ зі встановленням розподільчого пункту та живлення повітряною лінією 35 кВ зі встановленням головної знижувальної підстанції. Результати розрахунків показали, що різниця між приведеними витратами на реалізацію обох варіантів електропостачання становить близько 7%, що свідчить про їх приблизно рівноцінну вартість. Проте, враховуючи той факт, що за другим варіантом з живленням по лінії 35 кВ вартість втрат електричної енергії є нижчою, а надійність схеми - вищою, доцільно обрати саме цей варіант для подальшого проектування системи електропостачання підприємства. Отже, для деталізованого проектування приймається схема живлення напругою 35 кВ.

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виборі схеми внутрішнього електропостачання було намічено 2 варіанти: електропостачання механічної майстерні здійснюється за допомогою радіальних шинопроводів ШРА. Другий варіант проектування цехової мережі передбачає змішану схему. У місцях більшрівномірного розташування електроприймачів застосовуються розподільні шинопроводи серії ШРА, які приєднуються до магістрального шинопроводу серії ШМА через автоматичний вимикач. Таким чином, розрахунки приведених витрат показали, що різниця між варіантами стала дуже суттєва і для подальших розрахунків прийняли варіант 1 схеми електропостачання.

Виконано розділ компенсації реактивної потужності. Обрано кількості та потужності трансформаторів комбінату. На ГЗП два ТМН–2500/35 та обрані потужності і місце розташування цехових ТП . перевагу надано на встановлення КТП 10/0,4 Хмельницького заводу трансформаторних підстанцій.

Виконано розрахунок струмів коротких замкнень та обрано обладнання: вимикачі 10 кВ, роз'єднувачі. На стороні 35 кВ ГЗП обираємо вакуумні вимикачі ВРС-35. На стороні НН від ГЗП до ТП обрані вакуумні вимикачі типу ВР1-10-20/630У2, призначені для роботи в КРУ серії КУ-10Ц. На стороні ВН ГЗП обираємо роз'єднувачі типу РНДЗ,1-35/1000 У1. Обрані розрядники 35 кВ та 10 кВ: розрядник типу РВС-35У1 з номінальною напругою 35 кВ, на стороні 10 кВ (ГЗП) обираємо розрядник типу РВО-10У1. Трансформатори власних потреб ТМ-25/10 та обрані трансформатори струму ТЛК 10 У3 на вводах, а на фідерах до ТП встановлені трансформатори струму ТЛК-10-3, ($k_T=100/5$). Трансформатор напруги обрано НАМІ–10.

Спеціальних розділ присвячений питанню електробереження в системі електропостачання цехового господарства молочноконсервного комбінату. В роботі зазначені напрямки проектів з економії та ощадливого використання палива та енергії, які приносять перспективний економічний ефект любому підприємству. Виконано детальний розрахунок економії електроенергії при заміні недозавантаженого двигуна на двигун меншої потужності. Сумарний ефект від впровадження цього заходу складе 17662 грн/рік.

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напрям розрахунку економії від економічного режиму експлуатації трансформаторів розглянутий. Зниження втрат електроенергії при відключенні 1-го трансформатора складатимуть 5047 кВт·год, що еквівалентно 13323 грн на рік. Коротко зазначено питання Електрозбереження в системі електропостачання групи цехів від компенсації реактивної потужності. Економічний ефект за рахунок зниження втрат (при компенсації реактивної потужності до $\text{tg}\varphi_c=0,15$) складатиме 2 013 тис. грн. Таким чином, запропоновані заходи по електрозбереженню молочноконсервного комбінату дозволяють отримати суттєвих економічний ефект.

Під час виконання кваліфікаційної роботи були враховані всі чинні нормативні акти та інструкції. Всі технічні рішення мають технічне і техніко-економічне обґрунтування. Розроблена система електропостачання комбінату відповідає вимогам надійності, економічності та безпеки обслуговування.

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А.Ю. Орлович, П.Г. Плешков, Т.В.Величко. Электричне обладнання підстанцій систем електропостачання. Навчальний посібник.-Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2009.
2. Б.Н.Неклепаев, И.П.Крючков. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Справочник по проектированию электроснабжения - /под ред. В.И. Круповича и др./3-е изд перераб и доп. – М. Энергия, 1980.
4. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т./ Под общ. ред. А.А. Федорова Т.2 Электрооборудование. М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчёт / А.С.Овчаренко, М.Л.Рабинович, В.И.Мозырский, Д.И.Розинский. - К.: Техніка, 1985.
6. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети/ Под ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербинского.- М: Энергия 1980.
7. Б.Ю.Липкин. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высш. шк., 1990.
8. Електропостачання промислових підприємств. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту (електропостачання заводу) для студентів V-VI курсів спеціальності 8.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання” усіх форм навчання. – Кіровоград 2004.
9. Автоматизація контролю і управління якістю електроенергії: методичні вказівки для вивчення курсу “Автоматизація контролю і управління якістю електричної енергії ” для студентів V-VI курсів спеціальності 8.090603 “Електротехнічні системи електроспоживання” / Укл.: канд. техн. наук, доц. П.Г. Плешков, канд. техн. наук, доц. А.Ю. Орлович, асистент О.А. Козловський. – Кіровоград: КДТУ, 2001 р. – 97 с.
10. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. - Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007.
11. Шкрабець Ф.П., Плешков П.Г. Основи електропостачання. Навчальний посібник. – К.: Кіровоградський Національний технічний університет, 2009. – 495 с.
12. <http://www.impexmash.com>
13. <http://kyivenergo.ua/ru/ee-company/tarifi>

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 - Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. спо- живачів	Встановлена по-		m	Кв	cos	tg	ження за зміну, кВт		ne	Км	Розрахункова потужність, кВт		
			тужність, кВт						Рср	Qср			Рр	Qр	Sp
			Одного	Сум.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<u>Комбінат</u>														
	<u>Головний корпус</u>														
	<i>Сирцех</i>														
	Установка П8-ОЛК "Універсал"	10	6,3 - 6	63	1	0,2	0,8	0,75	12,60	9,45					
	Агрегат для подрібнення сиру	6	8,0 - 8	48	1	0,2	0,8	0,75	8,16	6,12					
	Агрегати плавки сиру	11	62,8 - 62,8	691	1	0,4	0,7	1,169	276,32	323,05					
	Подрібнювач-змішувач	11	10,1 - 10,1	111	1	0,5	0,7	1,169	55,55	64,95					
	Автомат фасовки плавл. Сиру	12	3,4 - 3,4	41	1	0,6	0,7	1,02	24,48	24,97					
	Шприц-дозатор	24	1,1 - 1,1	26	1	0,3	0,8	0,75	7,92	5,94					
	Камера-термодимова	13	35,0 - 35,0	455	1	0,4	0,5	1,732	182,00	315,23					
	Сирні вани Д7-ОСА	14	1,7 - 3,0	33	2	0,2	0,5	1,732	6,6	11,40					
	Формовочні автомати Я5-ОФИ	10	15,0 - 15,0	150	1	0,5	0,9	0,484	75,00	36,32					
	Преси сирні Е8-ОПГ	8	3,0 - 3,0	24	1	0,5	0,9	0,512	10,80	5,53					
	Баропрес для сиру Я7-ОБЩ	6	3,3 - 3,3	20	1	0,4	0,9	0,484	6,93	3,36					
	Установки пастеризаціон-ного охолодження ОТМ-10	14	5,0 - 5,0	70	1	0,4	0,7	1,02	24,50	24,99					
	Парафінери полуавтомати Г6-ОПЗ	11	10,9 - 10,9	120	1	0,2	0,5	1,732	26,38	45,69					
	Вакуум-пакувальна машина ВУМ-5М	8	3,0 - 3,0	24	1	0,3	0,5	1,732	7,20	12,47					
	Сиромийка карусельна МСК-198	8	2,1 - 2,1	17	1	0,7	0,8	0,75	11,76	8,82					
	Транспортери готової продукції	11	1,7 - 5,0	37	3	0,3	0,5	1,732	11,06	19,15					
	Сироварочні котли	16	3,6 - 16,0	157	4	0,4	0,5	1,732	62,72	108,63					
	Насоси	24	5,0 - 5,0	120	1	0,1	0,9	0,62	12,00	7,44					
	Всього по цеху	217	1,1 - 63	2206,2	57	0,4	0,6	1,257	821,95	1033,52	70	1,2	958,1	1033,52	1409,27

Зм			Продовження табл. А.1.																		
Арк																					
№ док-м.			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
			Цех ЗЦН і сушки сироватки																		
			Відділювачі сироватки РЗ-003																		
			Емність для зберігання ОХЕ-25																		
Підпис			Вакуумвипарювальна установка																		
			Спеціалізовані емності ОСВ-6В																		
			Сушильна установка ОР24																		
			Насоси																		
Дата			Вакуум-кристалізатори																		
			Всього по цеху																		
			Цех цельномолочної продукції																		
			Етикерувальний автомат Б4-КЕГ2																		
			Транспортери пластинчасті																		
			Банкомієчна машина																		
			Закаточний автомат 13Б																		
			Маркераторний пристрій Е1081																		
			Дозатор УД-2																		
			Транспортер допоміжний																		
			Диспергатор РПА-5																		
			Подрібнювач маслоблоків																		
			Витяжна вентиляція																		
			Всього по цеху																		
			Всього по головному корпусу																		
			Станція перекачки конденсату																		
			Конденсатні насоси																		
			Насоси об'рату																		
			Елек. Фільтри																		
			Насоси																		
			Арк.																		

		Apk.	
--	--	------	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Мазутна станція														
	Насоси відцентрові	3	10,0 - 10	30	1	0,7	0,8	0,75	19,50	14,63					
	Електропідігрівачі	3	3,0 - 3	9	1	0,7	0,9	0,62	6,30	3,90					
	Електропідйомник	1	2,0 - 4	3	2	0,6	0,8	0,75	1,80	1,35					
	Електротени	12	2,2 - 10	73	5	0,6	0,8	0,75	43,92	32,94					
	Всього по мазутній станції	19	2,0 - 10	115,2	5	0,6	0,8	0,739	71,52	52,82	19	1,2	84,4	52,82	99,61
	Градирня	4	3,0 - 15	36	5	0,7	0,9	0,62	25,20	15,62	4	1,4	34,2	17,18	38,28
	Прохідна	3	1,1 - 2	4	1	0,4	0,6	1,333	1,56	2,08	3	2,1	3,3	2,29	3,98
	Котельня														
	насоси	8	3,0 - 8	44	3	0,7	0,8	0,882	28,60	25,22					
	димосмок	4	3,0 - 18	42	6	0,7	0,8	0,882	27,30	24,08					
	Сантехнічна вентиляція	9	5,5 - 15	92	3	0,7	0,7	0,964	59,96	57,80					
	вентилятори	10	0,5 - 10	53	20	0,6	0,75	0,882	31,50	27,78					
	Всього по котельній	31	0,5 - 18	230,75	36	0,6	0,7	0,915	147,36	134,87	26	1,1	168,3	134,87	215,69
	КНС														
	Насоси перекачки	6	4,5 - 45	149	10	0,6	0,8	0,75	89,10	66,83					
	Фільтри	3	10,0 - 10	30	1	0,2	0,5	1,732	6,00	10,39					
	Насоси тиску	2	2,0 - 11	13	6	0,5	0,6	1,333	6,50	8,67					
	Всього по складу	11	2,0 - 45	191,5	23	0,5	0,8	0,845	101,60	85,88	9	1,4	138,8	94,47	167,93
	Всього на шинях 0,4 кВ.	772	0,1 - 113	5717	1413	0,5	0,7	0,981	2644	2593	101	1,1	2930,8	2593,4	3913,50

Таблиця А.2 - Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. спо-живачів	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну, кВт		pe	Км	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного	Сум.					Pcp	Qcp			Pp	Qp	Sp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТП№1,2														
1	Сирцех														
	силова	217,0	1,1 - 62,8	2206,2	57	0,4	0,6	1,3	822,0	1033,5	70,0	1,2	958,1	1033,5	1409,3
	освітлювальна												64,8	31,1	
	Мазутна станція														
	силова	19,0	2,0 - 10,0	115,2	5,0	0,6	0,8	0,7	71,5	52,8	19,0	1,2	84,4	52,8	99,6
	освітлювальна												3,4	6,0	
	КНС														
	силова	11,0	2,0 - 45,0	191,5	23,0	0,5	0,8	0,8	101,6	85,9	9,0	1,4	138,8	94,5	167,9
	освітлювальна												0,8	0,4	
	Всього по ТП№1,2														
	силова	247,0	1,1 - 63	2512,9	57	0,4	0,6	1,2	995,1	1172,2	80,0	1,1	1139,6	1172,2	1634,8
	освітлювальна												69,1	37,4	
	Всього												1208,6	1209,7	1710,0
	БСК														
	З урахуванням БСК												1208,6	1209,7	
	Втрати в трансформаторі S _{н.тр} = 630	3,0											13,3	104,3	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№1,2												1221,9	1313,9	1794,3
	ТП№ 3														
	Цех ЗЦН і сушки сироватки														
	силова	59,0	0,9 - 113,0	809,0	126,0	0,4	0,8	0,7	321,7	238,7	14,0	1,4	447,2	238,7	506,9
	освітлювальна												19,0	9,1	
	Цех цельномолочної продукції														
	силова	85,0	0,1 - 15,0	335,1	188,0	0,4	0,7	1,0	148,2	150,5	45,0	1,2	174,7	150,5	230,6
	освітлювальна												20,8	10,0	
	Адмінкорпус														

Продовження табл.А 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	силова	130,0	0,1 - 2,0	247,0	20,0	0,7	0,8	0,8	172,9	129,7	130,0	1,0	180,7	129,7	222,4
	освітлювальна												23,5	11,3	
	Прохідна														
	силова	3,0	1,1 - 1,5	3,9	1,0	0,4	0,6	1,3	1,6	2,1	3,0	2,1	3,3	2,3	4,0
	освітлювальна												0,2	0,1	
	Всього по ТП№ 3														
	силова	277,0	0,1 - 113	1395,0	1413	0,5	0,8	0,8	644,3	521,0	25,0	1,2	797,8	521,0	952,9
	освітлювальна												63,3	30,4	
	Всього												861,2	551,4	1022,5
	БСК														
	з урахуванням БСК												861,2	551,4	
	Втрати в трансформаторі $S_{н.тр} = 630$	2,0											9,7	72,6	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№ 3												870,9	623,9	1071,3
	ТП№4														
	Станція перекачки конденсату														
	силова	47,0	1,1 - 90,0	539,1	82,0	0,7	0,8	0,8	367,2	279,2	12,0	1,2	437,1	279,2	518,6
	освітлювальна												2,1	1,0	
	Всього по ТП№4														
	силова	47,0	1,1 - 90	539,1	82	0,7	0,8	0,8	367,2	279,2	12,0	1,2	437,1	279,2	518,6
	освітлювальна												2,1	1,0	
	Всього												439,1	280,2	520,9
	БСК														
	з урахуванням БСК												439,1	280,2	
	Втрати в трансформаторі $S_{н.тр} = 630$	1,0											5,0	36,8	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№4												444,1	316,9	545,6
	ТП№ 5														
	Компресорна														
	силова	66,0	0,8 - 37,0	499,3	46,0	0,6	0,7	0,9	314,5	288,3	27,0	1,1	359,6	288,3	460,9
	освітлювальна												3,9	6,7	
	Всього														

Продовження табл. А.2.

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

Продовження табл.А.2.

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

Зм

Арк

№ док.м.

Підпис

Дата

Арк.

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 - Розрахункові навантаження на шинопроводи методом впорядкованих діаграм

№ п/п	Вид обладнання	Кількість, n	P _н , кВт	P _□ , кВт	m	ки	cosφ	tgφ	P _{сер} , кВт	Q _{сер} , квар	п _с	κ _м	Розрахункове навантаження			
													P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	I _р , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	ШРА 1															
1	відрізний ножовочний станок	3	7	21		0,12	0,45	1,984508	2,52	5,00096						
2	наждачне гострило	2	10	20		0,12	0,45	1,984508	2,4	4,762819						
3	вертикально сверлильний станок	1	10	10		0,12	0,45	1,984508	1,2	2,381409						
4	вертикально фрезерний станок	3	7	21		0,12	0,45	1,984508	2,52	5,00096						
5	токарно вінторізний станок	1	25	25		0,12	0,45	1,984508	3	5,953524						
6	зубофрезерний	4	7	28		0,12	0,45	1,984508	3,36	6,667947						
7	долбінний станок	2	4	8		0,12	0,45	1,984508	0,96	1,905128						
8	токарно вінторізний станок	2	4	8		0,12	0,45	1,984508	0,96	1,905128						
9	консольно фрезерний станок	1	10	10		0,12	0,45	1,984508	1,2	2,381409						
10	токарно вінторізний станок	1	10	10		0,12	0,45	1,984508	1,2	2,381409						
11	токарно вінторізний станок	1	10	10		0,12	0,45	1,984508	1,2	2,381409						
	Всього по ШРА 1	21		171	>3	0,12			20,52	40,72	21	2,22	45,554	10,332	46,71	67,42

Продовження табл. В.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	ШРА 2															
12	радіально сверлильний станок	1	4	4		0,12	0,45	1,984508	0,48	0,952564						
13	Координатно-росторочний станок	3	7	21		0,12	0,45	1,984508	2,52	5,00096						
14	вертикально фрезерний станок	1	30	30		0,12	0,45	1,984508	3,6	7,144228						
15	горизонтально фрезерний станок	1	2	2		0,12	0,45	1,984508	0,24	0,476282						
16	горизонтально фрезерний станок	2	2	4		0,12	0,45	1,984508	0,48	0,952564						
17	спеціально фрезерний станок	1	4	4		0,12	0,45	1,984508	0,48	0,952564						
18	вертикально фрезерний станок	5	10	50		0,12	0,45	1,984508	6	11,90705						
19	токарно вітнорізний станок	4	7	28		0,12	0,45	1,984508	3,36	6,667947						
20	токарно вітнорізний станок	2	6	12		0,12	0,45	1,984508	1,44	2,857691						
21	кузнечне горно	1	2	2		0,12	0,45	1,984508	0,24	0,476282						
22	токарно вітнорізний станок	2	25	50		0,12	0,45	1,984508	6	11,90705						
23	обтирочно шліфувальний станок	1	3	3		0,12	0,45	1,984508	0,36	0,714423						
24	наждачне гострило	1	3	3		0,12	0,45	1,984508	0,36	0,714423						
25	кривошипний прес	1	6	6		0,18	0,65	1,16913	1,08	1,26266						
	Всього	26		219	>3	0,1216			26,64	51,98668	10	2,2	58,608	13,474	60,14	86,8
	Всього по цеху	47		390	>3	0,2			47,16	92,70878	3,9	1,18	104,16	23,806	106,8	154,2

Арк.

№ п/п	Вид обладнання	Кіл ь- кіс ть,	P _н , кВт	P _с , кВт	m	ки	cosj	tgj	P _{сер} , кВт	Q _{сер} , квар	п _е	K _м	Розрахункове навантаження			
													P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	I _р , A
		n	кВт													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	СП 1															
1	відрізний ножовочний станок	1	7	7		0,12	0,45	1,984508	0,84	1,666987						
2	наждачне гострило	2	10	20		0,12	0,45	1,984508	2,4	4,762819						
3	вертикально сверлильний станок	1	10	10		0,12	0,45	1,984508	1,2	2,381409						
4	вертикально фрезерний станок	3	7	21		0,12	0,45	1,984508	2,52	5,00096						
5	токарно вінторізний станок	1	25	25		0,12	0,45	1,984508	3	5,953524						
	Всього СП 1	8		83	>3	0,12			9,96	19,7657	4	3,32	33,0672	21,74227	39,574	57,12
	СП 2															
6	зубофрезерний	2	7,5	15		0,12	0,45	1,984508	1,8	3,572114						
7	долбінний станок	2	7,5	15		0,12	0,45	1,984508	1,8	3,572114						
8	токарно вінторізний станок	2	7,5	15		0,12	0,45	1,984508	1,8	3,572114						
9	консольно фрезерний станок	1	7,5	7,5		0,12	0,45	1,984508	0,9	1,786057						
10	токарно вінторізний станок	1	7,5	7,5		0,12	0,45	1,984508	0,9	1,786057						
11	токарно вінторізний станок	1	7,5	7,5		0,12	0,45	1,984508	0,9	1,786057						
	Всього СП 2	9		67,5	>3	0,12			8,1	16,07451	7	2,65	21,465	17,68197	27,810	40,14
	СП 3															
12	радіально сверлильний станок	1	4	4		0,12	0,45	1,984508	0,48	0,952564						
13	Координатно-росторочний ст..	3	7	21		0,12	0,45	1,984508	2,52	5,00096						
14	вертикально фрезерний станок	1	30	30		0,12	0,45	1,984508	3,6	7,144228						
15	горизонтально фрезерний станок	1	2	2		0,12	0,45	1,984508	0,24	0,476282						
16	горизонтально фрезерний станок	2	2	4		0,12	0,45	1,984508	0,48	0,952564						
17	спеціально фрезерний станок	1	4	4		0,12	0,45	1,984508	0,48	0,952564						
18	вертикально фрезерний станок	5	10	50		0,12	0,45	1,984508	6	11,90705						
	Всього СП 3	10		90	>3	0,12			10,8	21,43269	6	2,88	31,104	23,57595	39,029	56,33

[illegible]

Таблиця В.4-Розрахунок вартості втрат електроенергії (Варіант І)

№ п/п	Вид обладнання	Кіль- кість, п	Рн, кВт	cosφ	Іном,А	F, мм	Іном _{пр.} А	R,мОм/км	L, м	ΔР,кВт	ΔЕ,кВт·год	В, тис.грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	ШРА 1				67,42			0,1	48	0,0218	64,970	102,652
1	відрізний ножовочний станок	3	7	0,45	23,66	4	27	8,35	5	0,0061	18,275	28,875
2	наждачне гострило	2	10	0,45	33,80	10	42	3,33	7	0,0047	13,882	21,934
3	вертикально сверлильний станок	1	10	0,45	33,80	10	42	3,33	7	0,0023	6,941	10,967
4	вертикально фрезерний станок	3	7	0,45	23,66	4	27	8,35	7	0,0086	25,586	40,425
5	токарно вінторізний станок	1	25	0,45	84,51	35	90	0,95	5	0,0030	8,840	13,968
6	зубофрезерний	4	7	0,45	23,66	4	27	8,35	5	0,0082	24,367	38,500
7	долбіжний станок	2	4	0,45	13,52	4	27	8,35	5	0,0013	3,978	6,286
8	токарно вінторізний станок	2	4	0,45	13,52	4	27	8,35	7	0,0019	5,570	8,800
9	консольно фрезерний станок	1	10	0,45	33,80	10	42	3,33	7	0,0023	6,941	10,967
10	токарно вінторізний станок	1	10	0,45	33,80	10	42	3,33	5	0,0017	4,958	7,834
11	токарно вінторізний станок	1	10	0,45	33,80	10	42	3,33	5	0,0017	4,958	7,834
	Всього по ШРА 1	21										299,04
	ШРА 2				86,8028			0,1	48	0,0362	107,696	170,160
12	радіально сверлильний станок	1	4	0,45	13,52	4	27	8,35	5	0,0007	1,989	3,143
13	Координатно-росторочний станок	3	7	0,45	23,66	4	27	8,35	6	0,0074	21,930	34,650
14	вертикально фрезерний станок	1	30	0,45	101,41	50	110	5,55	8	0,4566	1359,670	2148,27
15	горизонтально фрезерний станок	1	2	0,45	6,76	4	32	8,35	7	0,0002	0,696	1,100
16	горизонтально фрезерний станок	2	2	0,45	6,76	4	27	8,35	5	0,0003	0,995	1,571

[illegible]

Таблиця В.2 Вибір перерізу живлячих кабелів (1 варіант)

Вид обладнання	n	P _н , кВт	cosj	I _{ном} , А	F, м м	I _{до п.} , А	Тип проводу	R _о , Ом/ км	X _о , Ом/к м	L, к м	U, %
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
ШРА 1											
відрізний ножовочний станок	3	7	0,45	23,66	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,249
наждачне гострило	2	10	0,45	33,80	4	27	АПВ	8,35	0,1	2	0,165
вертикально сверлильний станок	1	10	0,45	33,80	4	27	АПВ	8,35	0,1	4	0,224
вертикально фрезерний станок	3	7	0,45	23,66	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	0,42
токарно-вінторізний станок	1	25	0,45	84,51	4	27	АПВ	8,35	0,1	4	0,239
зубофрезерний	4	7	0,45	23,66	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	1,182
долбінний станок	2	4	0,45	13,52	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	0,268
токарно-вінторізний станок	2	4	0,45	13,52	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,678
консольно фрезерний станок	1	10	0,45	33,80	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,421
токарно-вінторізний станок	1	10	0,45	33,80	4	27	АПВ	8,35	0,1	2	0,639
токарно-вінторізний станок	1	10	0,45	33,80	10	42	АПВ	3,33	0,07	5	0,179
Всього по ШРА 1	21										
ШРА 2											
радіально сверлильний станок	1	4	0,45	13,52	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	0,259
Координатно-росторочний станок	3	7	0,45	23,66	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,459
вертикально фрезерний станок	1	30	0,45	101,41	16	105	АПВ	2,08	0,07	4	1,659
горизонтально фрезерний станок	1	2	0,45	6,76	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,259
горизонтально фрезерний станок	2	2	0,45	6,76	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,179
спеціально фрезерний станок	1	4	0,45	13,52	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	0,42
вертикально фрезерний станок	5	10	0,45	33,80	10	42	АПВ	3,33	0,07	6	1,39
токарно-вінторізний станок	4	7	0,45	23,66	4	27	АПВ	8,35	0,1	4	0,34
токарно-вінторізний станок	2	6	0,45	20,28	4	27	АПВ	8,35	0,1	3	0,37
кузнечне горно	1	2	0,45	6,76	4	27	АПВ	8,35	0,1	4	0,342
токарно-вінторізний станок	2	25	0,45	84,51	35	90	АПВ	0,95	0,06	4	1,65
обтирочно шліфувальний станок	1	3	0,45	10,14	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	0,523
наждачне гострило	1	3	0,45	10,14	4	27	АПВ	8,35	0,1	6	0,47
кривошипний прес	1	6	0,65	14,04	4	27	АПВ	8,35	0,1	5	0,034
Всього по ШРА 2	26										

											Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Таблиця В.5- Розрахунок вартості втрат електроенергії (Варіант II)

№ п/п	Вид обладнан ня	n	P _н , кВт	I _{ном} ,А	F,мм	R, мОм/км	L, м	ΔP,кВт	ΔE, кВт·год	В,тис.грн
1	СП 1	8	33,06	57,12	4	8,35	25	0,681	2028,3	3204
2	СП 2	9	21,46	40,14	4	8,35	10	0,135	400,6	168
3	СП 3	10	31,10	56,33	4	8,35	10	0,265	789,1	331
4	СП 4	11	32,23	59,40	4	8,35	15	0,442	1316	552
5	СП 5	9	8,198	15,00	4	8,35	18	0,034	100,8	4255
	Всього	47								8511

Таблиця В.6 - Розрахунок поточних витрат

№	Елемент схеми	К, Тис.грн.	Н _а , %	Н _с , %	Н _{а.с.} , %	С, грн.
Варіант 1	Кабельні лінії	331,4	5	5	10	6628
	Шинопровід	72,312	15	5	20	2892,48
	Вимикачі	3,780	10	5	20	132,3
	Всього, тис. грн					9,652
Варіант 2	Силовий пункт	10	15	5	20	400
	Кабельні лінії	565,4	5	5	10	11308
	Вимикачі	1,07	15	5	20	42,8
	Всього, тис. грн					11,751

Таблиця В.8 - Техніко-економічні показники

№	Показники	Одиниця Вимірювання	Варіант схеми	
			I	II
1	Капітальні вкладення	т.грн.	6,124	18.07
2	Поточні витрати	т.грн.	9,652	11,751
3	Вартість втрат електроенергії	т.грн.	2,803	8,511
4	Приведені витрати	т.грн.	16638	38327

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця В.7 - Розрахунок капітальних вкладень

№	Елемент схеми	Одиниця вимірювання	Кількість	Вартість, грн.	Всього, грн.
Варіант 1	4 мм	км.	0,084	3000	252
	10мм	км.	0,011	3400	37,4
	16 мм	км.	0,004	4500	18
	35 мм	км.	0,004	6000	24
	ШМА 73-1600 УЗ	км.	0,018	988	17,784
	ШРА 73-250	км	0,096	568	54,528
	Авт. вим. А 3110	шт.	44	75	3300
	Авт. вим А 3120	шт.	2	150	300
	Авт. вим А 3130	шт.	1	180	180
	Всього	тис.грн.			6,124
Варіант 2	СП 9532-12	шт.	5	2000	10000
	Вимикач ВР	шт.	5	1500	7500
	КЛ до СП	км.	0,078	3000	234
	КЛ до ел. приймачів				0
	4 мм	км.	0,086	3000	252
	10мм	км.	0,017	3400	37,4
	16 мм	км.	0,004	4500	18
	35 мм	км.	0,004	6000	24
	Всього	тис.грн.			18,07

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 - Розрахунок електричних навантажень з урахуванням компенсуючих пристроїв

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

продовження таблиці Г.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього												704,3	632,0	946,3
	БСК													-200,0	
	З урахуванням БСК												704,3	432,0	
	Втрати в трансформаторі Sn.тр= 630	2											7,4	63,9	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№ 5												711,6	495,9	995,4
	Всього по заводу														
	силова	772	0,08 - 113	5717,24	1413	0,46	0,7	1	2643,9	2593,41	101	1,1	2930,8	2593,4	3913,5
	освітлювальна												174,4	127,5	
	Всього												3105,3	2720,9	4128,7
	Компенсуючі пристрої													-1407,0	
	Всього з врахуванням КП-0,4												3105,3	1313,9	3371,8
	Втрати в трансформаторах	8											35,3	277,5	
	Всього по заводу												3140,6	1591,4	3520,8
	Компенсуючі пристрої 10 кВ													-900,0	
	Всього на шинах 10 кВ												3140,6	691,4	3215,8

Арк.