

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

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

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

на тему:

**Розробка системи електропостачання споживачів
підстанції “Янтарна” 150/35/10 кВ
Development of a power supply system for consumers of
the 150/35/10 kV Yantarna substation**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ЕЕ-21-Зск,
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Кирило БАЛАЄНКО
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи
старший викладач
_____Тетяна ВЕЛИЧКО
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2024 р.

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

Балаєнко Кирила Олексійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання споживачів підстанції
«Янтарна» 150/35/10 кВ

Development of a power supply system for consumers of the 150/35/10 kV
Yantarna substation

2. Керівник роботи Величко Тетяна Володимирівна, старший викладач
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 03.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи розрахунок електричних навантажень;
побудова графіків та картограми електричних навантажень; вибір напруги
і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання;
розрахунок режимів реактивної потужності; вибір трансформаторів;
розрахунок струмів КЗ, вибір обладнання та силових мереж; вибір оптимальної
схеми електропостачання підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ та її модернізація

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>10.04-12.04</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>13.04-23.04</i>	
3	<i>Побудова графіків електричних навантажень</i>	<i>24.04-26.04</i>	
4	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	<i>27.04-1.05</i>	
5	<i>Вибір напруги і електричних схем</i>	<i>2.05-5.05</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності</i>	<i>6.05-9.05</i>	
7	<i>Вибір трансформаторів</i>	<i>10.05-13.05</i>	
8	<i>Розрахунок струмів КЗ, вибір обладнання та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>14.05-16.05</i>	
9	<i>Вибір оптимальної схеми електропостачання підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ та її модернізація</i>	<i>20.05-28.05</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>31.05-3.06</i>	

Дата видачі завдання
«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

Тетяна ВЕЛИЧКО

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Кирило БАЛАСНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 85 с.; 14 рис.; 51 табл.; 9 джерел

Балаєнко К.О. Розробка системи електропостачання споживачів підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ. – Рукопис.

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

Метою даної роботи є розробка системи електропостачання для споживачів підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ та хлібозаводу. Основна увага приділяється задоволенню вимог економічності та надійності роботи системи електропостачання. З цією метою було проведено комплекс техніко-економічних розрахунків, що включають аналіз електричних навантажень, режимів реактивної потужності та струмів коротких замикань.

Запропоновано модернізацію підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ шляхом впровадження системи автоматизованого обліку електроенергії. Це дозволить ПрАТ «Кіровоградобленерго» значно покращити точність, оперативність та достовірність обліку електроенергії, а також зменшити втрати електроенергії за рахунок більш ефективного управління енергоспоживанням.

Ключові слова: електричні навантаження, трансформаторна підстанція, повітряна лінія, компенсуючі пристрої, коротке замикання, високовольтні мережі, схема заміщення, облік електроенергії.

ABSTRACT

Qualification work: 85 p.; 14 Fig.; 51 tables; 9 sources

Balaienko K. Development of a power supply system for consumers of the 150/35/10 kV Yantarna substation. – Manuscript.

Qualification work 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 purpose of this work is to develop a power supply system for consumers of the Yantarna 150/35/10 kV substation and the bread factory. The main attention is paid to meeting the requirements of economy and reliability of the power supply system. For this purpose, a set of technical and economic calculations was carried out, including the analysis of electrical loads, reactive power modes and short-circuit currents. In a special section of the work, the electrical equipment of the 150/35/10 kV Kompaniivka substation was modernized.

It is proposed to modernize the Yantarna 150/35/10 kV substation by implementing an automated electricity metering system. This will allow PJSC "Kirovogradoblenergo" to significantly improve the accuracy, efficiency and reliability of electricity accounting, as well as to reduce electricity losses due to more efficient management of energy consumption.

Key words: electrical loads, transformer substation, overhead line, compensating devices, short circuit, high-voltage networks, substitution scheme, electricity accounting.

З М І С Т

Розділ	Назва	Сторінка
	Перелік скорочень	7
1.	Коротка характеристика споживачів підстанції «Янтарна»	8
2.	Система електропостачання хлібозаводу та електричне навантаження підстанції "Янтарна"	9
2.1.	Визначення електричного навантаження мережі напругою до 1000 В хлібозаводу	9
2.2.	Визначення освітлювального навантаження	9
2.3.	Визначення електричних навантажень у мережі вище 1000 В хлібозаводу та в цілому по підстанції «Янтарна»	10
2.4.	Побудова графіків електричних навантажень хлібозаводу	23
3.	Побудова картограми електричних навантажень хлібозаводу та вибір місця розташування ЦРП	24
4.	Вибір зовнішнього та внутрішнього електропостачання хлібозаводу	26
5.	Компенсація реактивної потужності на хлібозаводі	31
5.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності і підбір пристроїв для його компенсації	31
5.2.	Вибір кількості, потужності та розташування КП	32
6.	Вибір кількості та потужності трансформаторів хлібозаводу	35
7.	Розрахунок струмів коротких замикань хлібозаводу та вибір обладнання	37
7.1.	Розрахунок струмів короткого замикання	37
7.2.	Вибір високовольтного обладнання	39
8.	Вибір оптимальної схеми електропостачання підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ та її модернізація	41
8.1.	Вибір номінальної напруги мережі	41
8.2.	Вибір схеми підключення ліній електричної мережі та варіантів електропостачання	42
8.3.	Споживання і покриття потреб в активній і реактивній потужності в проєктуємої мережі	44
8.4.	Вибір потужності трансформаторів на підстанціях	45
8.5.	Вибір перерізу проводу повітряних ліній	47
8.6.	Розрахунок режимів схем мережі та їх аналіз	50
8.7.	Техніко-економічне порівняння схем електропостачання	52
8.8.	Модернізація підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ	53
9.	Висновки	59
10.	Перелік посилань	61

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	К. Балаєнко				Розробка системи електропостачання споживачів підстанції "Янтарна" 150/35/10 кВ Development of a power supply system for consumers of the 150/35/10 kV Yantarna substation	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Т. Величко						5	85
Н.контр.	Т. Величко					ЦНТУ, гр.ЕЕ-21-Зск		
Затв.	П. Плешков							

Додатки	62
Додаток А	63
Додаток Б	70
Додаток В	73
Додаток Г	75
Додаток Д	76
Додаток Е	84

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

БК – батарея конденсаторів

КЗ - коротке замикання

КЛ – кабельна лінія

КП – компенсуючі пристрої

ПЛ - повітряна лінія

ПС - підстанція

РП - розподільчий пункт

ТП - трансформаторна підстанція

ТС – трансформатор струму

ТН – трансформатор напруги

ТВП – трансформатор власних потреб

ПрАТ - Приватне акціонерне товариство

АСКОЕ - автоматизована система комерційного обліку електричної енергії

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДСТАНЦІЇ «ЯНТАРНА»

Основним завданням ПрАТ «Кіровоградобленерго» є впровадження європейських стандартів обслуговування споживачів при наданні послуг з розподілу електричної енергії з дотриманням усіх вимог чинних нормативних документів. Для виконання цих завдань ПрАТ «Кіровоградобленерго» щороку витрачає значні ресурси на розробку та підтримку працездатних пристроїв електромереж.

Підстанція «Янтарна» 150/35/10 кВ знаходиться біля смт Новгородка Кропивницького району Кіровоградської області і є на балансі ПрАТ «Кіровоградобленерго». Організація виконує значний обсяг робіт з оперативного обслуговування обладнання енергосистеми.

Споживачі підстанції – це підприємства агропромислового комплексу, такі як комбикормовий завод, агробудсервіс, елеватор, млин, хлібозавод, приватні сільськогосподарські фірми та інші.

Хлібозавод живиться шиною 10 кВ від підстанції «Янтарна». До складу заводу входять наступні підрозділи: технологічний цех, кондитерський цех, автогараж, котельня, адміністрація, склад.

Відстань від підстанції до об'єкта 1,2 км. Підприємство працює в основному за двозмінним режимом роботи. За ступенем безперебійності електропостачання споживачі поділяються на другу і третю категорії.

Розподільчі підстанції 35/10 кВ отримують живлення від шин 35 кВ підстанції «Янтарна».

З шин 35 кВ підстанції «Янтарна» отримують живлення розподільчі підстанції 35/10 кВ. За даними ПрАТ «Кіровоградобленерго» навантаження на шини підстанції 10 кВ «Янтарна» 150/35/10 кВ становить 25,22 МВА.

Всі підстанції мають споживачів I і II категорій, тому всі підстанції є двотрансформаторними і живляться дволанцюговими лініями.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ХЛІБОЗАВОДУ ТА ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ПІДСТАНЦІЇ "ЯНТАРНА"

2.1. Визначення електричного навантаження мережі напругою до 1000 В хлібозаводу

Відповідно до методу [2,5] здійснюємо визначення силових електричних навантажень споживачів до 1000 В хлібозаводу.

Технологічний цех.

$$p_{\text{ел}}=93; P_{\text{max}}=100 \text{ кВт}; P_{\text{min}}=1 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сум}}=1808 \text{ кВт}; K_{\text{и}}=0,6; \cos\varphi=0,63; \tg\varphi=0,746$$

$$P_{\text{см}}=0,6 \cdot 1808=1092 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}}=1092 \cdot 0,746=814,37 \text{ квар}$$

$$p_{\text{еф}}=2 \cdot 1808/100=36$$

$$K_{\text{м}}=1,13, \text{ тоді}$$

$$P_{\text{р}}=1092 \cdot 1,13=1236,42 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р}}=Q_{\text{см}}=814,37 \text{ квар}$$

Сумарне навантаження хлібозаводу дорівнює: активне – 3018,15 кВт, а реактивне – 1912,39 квар.

У таблиці 2.1 наведені результати розрахунку електричного навантаження агропромислових підприємств підстанції «Янтарна» з використанням математичного пакету Microsoft Excel.

2.2. Визначення освітлювального навантаження

Приклад розрахунку освітлювального навантаження хлібозаводу, відповідно до [2, 4], технологічний цех.

$$F=5480 \text{ м}^2, P_{\text{о}}=18 \text{ Вт/м}^2, K_{\text{с}}=0,95$$

$$P_{\text{вст}}=18 \cdot 5480 \cdot 10^{-3}=98,64 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{р.о}}=1,12 \cdot 98,64 \cdot 0,95=93,71 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р.о}}=93,71 \cdot 0,484=45,385 \text{ квар}$$

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок освітлювальних навантажень по хлібозаводу в цілому та по інших підприємствах аналогічний, який приведений у таблиці 2.2.

2.3. Визначення електричних навантажень у мережі вище 1000 В хлібозаводу та в цілому по підстанції «Янтарна»

Підстанція «Янтарна», шини 10 кВ, хлібозавод (КТП1: технологічний цех, автогараж).

$$P_p=1318,77 \text{ кВт}; Q_p=890,79 \text{ квар}$$

$$P_{p.o}=109,04 \text{ кВт}; Q_{p.o}=52,81 \text{ квар}$$

Всього:

$$P_{\Sigma}=1318,77+109,04=1427,82 \text{ кВт}$$

$$Q_{\Sigma}=890,79+52,81=943,6 \text{ квар}$$

Виходячи з повної компенсації реактивної потужності, ми вибрали для цієї підстанції 2 трансформатора типу ТМ1000/10. Їх коефіцієнт навантаження становить:

$$K_z=1427,82 / (2 \cdot 1000)=0,71$$

Технічні дані трансформатора ТМ 1000/10.

$$U_k=5,5\%, \Delta P_k=11 \text{ кВт}, \Delta P_x=2,1 \text{ кВт}, I_x=1,4\%$$

Втрати КТП 1

$$\Delta P = 2(2,1 + 11 \cdot 0,71^2) = 15,41 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = 2 \left(\frac{1,4}{100} 1000 + \frac{5,5}{100} 1000 \cdot 0,71^2 \right) = 84,06 \text{ квар}$$

$$P_p=1427,82+15,41=1443,23 \text{ кВт}$$

$$Q_p=943,6+84,06=1027,67 \text{ квар}$$

$$S_p = \sqrt{1443,23^2 + 1027,67^2} = 1771,72 \text{ кВА}$$

У таблиці 2.3 приведені силові навантаження вище 1000 В у мережі хлібозаводу та підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1.

Розрахунок електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіль-ть ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт			m	Кв	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну, кВт, квар		ne	Км	Розрахункова потужність, кВт, квар, кВА			
			Одного	Сумарна						Рср	Qср			Рр	Qр	Sp	
1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Комбикормовий завод																
	Адміністрація	5	1,0	-	5	25	5	0,7	0,8	0,75	17,50	13,13	5	1,31	6,53	8,52	55,61
	Цех виготовлення комбикормів																
	Гранулятори	10	10,0	-	25	150	3	0,8	0,8	0,75	120,00	90,00					
	Лінія первинної обробки	4	1,0	-	20	40	20	0,65	0,75	0,882	26,00	22,93					
	Лінія автоматичного сортування	2	1,0	-	30	15	30	0,5	0,7	1,02	7,50	7,65					
	Лінія вторинної обробки	6	5,0	-	30	45	6	0,7	0,8	0,75	31,50	23,63					
	Цех дріжжування	2	1,0	-	50	24	50	0,65	0,8	0,75	15,60	11,70					
	Теплопункт	2	1,0	-	14	28	14	0,7	0,85	0,62	19,60	12,15					
	Лінія завантаження	2	1,0	-	5	10	5	0,6	0,8	0,75	6,00	4,50					
	Лінія розвантаження готової продукції	2	1,0	-	10	20	10	0,6	0,8	0,75	12,00	9,00					
	Насоси	5	10,0	-	25	75	3	0,7	0,8	0,75	52,50	39,38					
	Вентилятори сировинні	8	5,0	-	30	85	6	0,65	0,8	0,75	55,25	41,44					
	вентилятори	10	1,0	-	5	50	5	0,65	0,8	0,75	32,50	24,38					
	Разом	53	1,0	-	50	542	50	0,72	0,628	0,758	378,45	286,74	22	1,11	420,45	286,74	508,92
	Автогараж-майстерня																
	Вентилятори	5	1,0	-	5	25	5	0,7	0,8	0,75	17,50	13,13					
	Компресори	3	10,0	-	15	40	2	0,65	0,8	0,75	26,00	19,50					
	Зварювальна ділянка	4	1,0	-	15	50	15	0,3	0,35	2,676	15,00	40,15					
	Токарні станки	3	10,0	-	14	34	1	0,25	0,65	1,169	8,50	9,94					
	Свердлувальні станки	2	1,0	-	5	10	5	0,25	0,65	1,169	2,50	2,92					
	Разом	17	1,0	-	15	159	15	0,43	0,321	1,232	69,50	85,63	17	1,32	91,87	85,63	125,59
	Склад готової продукції																
	Транспортери	2	1,0	-	4	8	4	0,6	0,8	0,75	4,80	3,60					
	Вентилятори	5	1,0	-	3	15	3	0,65	0,8	0,75	9,75	7,31					
	Машини мікроклімату	2	1,0	-	3	6	3	0,5	0,75	0,882	3,00	2,65					
	Разом	9	1,0	-	4	29	4	0,66	0,81	0,724	17,55	13,56	9	1,25	21,87	14,91	26,48
	Котельня																
	Водяні насоси	6	30,0	-	80	180	3	0,7	0,8	0,75	126,00	94,50					
	Дренажні насоси	2	1,0	-	50	25	50	0,7	0,8	0,75	17,50	13,13					
	Компесори	4	5,0	-	150	40	30	0,65	0,8	0,75	26,00	19,50					
	Вентилятори	4	3,0	-	5	16	2	0,65	0,8	0,75	10,40	7,80					
	Разом	16	1,0	-	150	261	150	0,68	0,8	0,75	179,90	134,93	3	1,49	267,72	148,42	306,10
	Склад сировини																
	Конвейер	2	1,0	-	4	8	4	0,6	0,79	0,776	4,80	3,73					
	Ветиллятори	6	3,0	-	5	22	2	0,65	0,8	0,75	14,30	10,73					
	Разом	8	1,0	-	5	30	5	0,64	0,8	0,75	19,10	14,45	8	1,29	24,54	15,90	29,24
	Разом по комбикормовому заводу	108	1,0	-	150	1046	150	0,68	0,79	0,776	682,00	548,4	14	1,17	800,91	548,43	970,69
2	Автомайстерня																
	Вентилятори	4	1,0	-	5	25	5	0,7	0,8	0,75	17,50	13,13					
	Компресори	2	10,0	-	15	40	2	0,65	0,8	0,75	26,00	19,50					

		Продовження таблиці 2.1.																					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
						Склад																	
						Транспортери	2	3,0	-	3	6	1	0,6	0,79	0,776	3,60	2,79						
						кран ПВ=25%	3	0,2	-	7		35											
						Вентилятори	4	3,0	-	3	12	1	0,65	0,8	0,75	7,80	5,85						
						Разом	9	0,2	-	7	18	35	0,63	0,8	0,75	11,34	8,51	5	1,40	15,89	9,36	18,44	
						Насосна																	
						Водяні насоси	4	5,0	-	80	170	16	0,7	0,8	0,75	119,00	89,25						
						Компресори	3	15,0	-	100	130	7	0,65	0,8	0,75	84,50	63,38						
						Вентилятори	3	3,0	-	3	9	1	0,65	0,8	0,75	5,85	4,39						
						Разом	10	3,0	-	100	309	33	0,68	0,8	0,75	209,35	157,01	6	1,29	271,09	172,71	321,43	
						Всього по заводу	51	0,2	-	200	1507	1000	0,648	0,593	0,831	975,89	811,335795	15	1,19	1160,89	811,34	1416,31	
					8	Млин																	
						Решета	1	1,1	-	1,1	1,1	1	0,30	0,6	1,333	0,33	0,44						
						Крупорушка	2	10,0	-	10,0	20,0	1	0,40	0,6	1,333	8,00	10,67						
						Вентилятори	6	5,5	-	5,5	33	1	0,65	0,75	0,882	21,45	18,92						
						Вальцева група	10	0,3	-	10,0	40	31	0,45	0,65	1,169	18,00	21,04						
						КШП	1	6,0	-	6	6	1	0,20	0,6	1,333	1,20	1,60						
						Компресори	1	10,0	-	10	10	1	0,70	0,8	0,75	7,00	5,25						
						Шлюзові затвори	1	0,55	-	0,55	0,55	1	0,20	0,5	1,732	0,11	0,19						
						Преси	2	5,0	-	10	15	2	0,20	0,5	1,732	3,00	5,20						
						Склад	3	0,5	-	2	4	3	0,30	0,5	1,732	1,20	2,08						
						всього по млину	27	0,3	-	10	129,65	31	0,465	0,437	1,084	60,29	65,38	26	1,23	74,23	65,38	98,92	
					9	Молокоприймальний цех																	
						Транспортери	2	40,0	-	40	80	1	0,5	0,65	1,169	40,00	46,77						
						Насоси	6	5,0	-	200	510	40	0,75	0,8	0,75	382,50	286,88						
						Машини пастерилізації	4	20,0	-	20	80	1	0,6	0,75	0,882	48,00	42,33						
						Машини підігріву молока	3	10,0	-	10	30	1	0,6	0,75	0,882	18,00	15,87						
						Холодильники	2	80,0	-	80	160	1	0,7	0,84	0,646	112,00	72,34						
						Мішалки	2	40,0	-	40	80	1	0,5	0,7	1,02	40,00	40,81						
						Вентилятори	20	5,0	-	5	100	1	0,65	0,8	0,75	65,00	48,75						
						Вентилятори витяжні	8	3,0	-	20	62	7	0,65	0,8	0,75	40,30	30,23						
						Разом	47	3,0	-	200	1102	67	0,677	0,617	0,783	745,8	583,97	11	1,20	898,03	583,97	1071,21	
						Склад																	
						Транспортери	2	3,0	-	3	6	1	0,6	0,8	0,75	3,60	2,7						
						Вентилятори	4	3,0	-	3	12	1	0,65	0,79	0,8	7,80	6,24						
						Разом	6	3,0	-	3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,34	8,51	6	1,35	15,36	9,36	17,99	
						Всього по цеху	53	3,0	-	200	1120	67	0,676	0,617	0,783	757,14	592,5	11	1,20	912,16	592,48	1087,69	
					10	Насосна																	
						Водяні насоси	4	5,0	-	80	86	16	0,7	0,8	0,75	60,20	45,15						
						Дренажні насоси	2	20,0	-	20	40	1	0,7	0,8	0,75	28,00	21,00						
						Компресори	4	10,0	-	150	150	15	0,65	0,8	0,75	97,50	73,13						
						Вентилятори	4	3,0	-	5	16	2	0,65	0,8	0,75	10,40	7,80						
						Всього по насосній	14	3,0	-	150	292	50	0,672	0,632	0,75	196,10	147,08	4	1,40	275,35	161,78	319,36	
					11	Автопарк																	
						Вентилятори	5	1,0	-	5	16	5	0,7	0,8	0,75	11,20	8,40						
						Металорізальні верстати	4	3,0	-	15	30	5	0,12	0,4	2,291	3,60	8,25						
14	Арк.																						

		Продовження таблиці 2.1.																				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
						Електропечі	2	10,0	-	15	25	2	0,4	0,6	1,333	10,00	13,33					
						Преси	2	3,0	-	10	8	3	0,34	0,55	1,518	2,72	4,13					
						Компресори	2	15,0	-	15	30	1	0,65	0,8	0,75	19,50	14,63					
						Зварювальна ділянка	2	15,0	-	15	30	1	0,3	0,35	2,676	9,00	24,09					
						Всього по автопарку	17	1,0	-	15	139	15	0,403	0,261	1,3	56,02	72,83	17	1,34	75,27	72,83	104,73
					12	Хлібозавод																
						Адміністрація	20	1,5	-	20	247	13	0,6	0,8	0,75	148,20	111,15	20	1,19	175,96	111,15	208,13
						Технологічний цех																
						Лінія первинної обробки	13	10,0	-	30	360		0,7	0,8	0,75	252,00	189,00					
						Лінія автоматичного сортування	4	1	-	40	82		0,5	0,7	1,02	41,00	41,83					
						Лінія вторинної обробки	8	6,0	-	30	144		0,7	0,8	0,75	100,80	75,60					
						Сушильні шафи	6	2,0	-	40	126		0,75	0,75	0,882	94,50	83,34					
						Цех дріжкування	4	1	-	8	18		0,65	0,8	0,75	11,70	8,78					
						Лінія завантаження	8	1,5	-	10	46		0,6	0,8	0,75	27,60	20,70					
						Хлібопекарські печі	5	4,5	-	100	309		0,7	0,85	0,62	216,30	134,05					
						Тістоамішувальні машини	20	8,0	-	30	270		0,3	0,8	0,75	81,00	60,75					
						Лінія розвантаж. готової продукції	4	1,5	-	15	47		0,5	0,8	0,75	23,50	17,63					
						Насоси	7	10	-	60	210		0,6	0,8	0,75	126,00	94,50					
						Вентилятори	14	1,5	-	60	196		0,6	0,8	0,75	117,60	88,20					
						Всього по технологічному цеху	93	1,0	-	100	1808	100	0,60	0,63	0,746	1092,00	814,37	36	1,13	1236,42	814,37	1480,52
						Склад сировини																
						Транспортери	10	1,0	-	15	80		0,5	0,7	1,02	40,00	40,81					
						Вентилятори	12	1,2	-	8	56		0,65	0,75	0,882	36,40	32,10					
						Машини мікроклімату	10	3,0	-	5	42		0,5	0,8	0,75	21,00	15,75					
						Всього по складу	32	1,0	-	15	178	15	0,55	0,55	0,91	97,40	88,66	24	1,20	116,50	88,66	146,40
						Кондитерський цех																
						Піч ротаційна "Fiorini"	5	52	-	52	260,0	1	0,50	0,99	0,14	130,00	18,52					
						Піч конвеєрна модульна "ПКМ"	5	96	-	96	480,0	1	0,50	0,99	0,14	240,00	34,20					
						Подовая піч "Tornati Modular"	1	25,5	-	26	25,5	1	0,50	1,00	0,00	12,75	0,00					
						Тістозакаточна машина	3	1,9	-	1,9	5,7	1	0,20	0,75	0,88	1,14	1,01					
						Відсадочна машина "Duo Max AX-200"	1	3	-	3	3,0	1	0,30	0,75	0,88	0,90	0,79					
						Тістозакруглююча машина	2	3,2	-	3,2	6,4	1	0,30	0,75	0,88	1,92	1,69					
						Роззточна камера "Бриз"	2	8	-	8	16,0	1	0,20	0,90	0,48	3,20	1,55					
						Попередня роззтойка тістових заготівок	1	0,5	-	0,5	0,5	1	0,30	0,75	0,88	0,15	0,13					
						Тісторозкаточна машина	2	0,4	-	0,4	0,8	1	0,20	0,70	1,02	0,16	0,16					
						Тістомішуча машина	2	18	-	18	36,0	1	0,40	0,75	0,88	14,40	12,70					
						Тістовідділююча машина	2	1,1	-	1,1	2,2	1	0,30	0,75	0,88	0,66	0,58					
						Дільник-закруглювач для дрібних тістових заготівок	1	0,75	-	0,8	0,8	1	0,20	0,70	1,02	0,15	0,15					
						Багетоформуюча машина	2	0,6	-	0,6	1,2	1	0,50	0,70	1,02	0,60	0,61					
						Глазирівочна машина	2	2,3	-	2,3	4,6	1	0,40	0,80	0,75	1,84	1,38					
						Охолоджуючий тунель "Климатик"	1	1,1	-	1,1	1,1	1	0,60	0,80	0,75	0,66	0,50					
						Міксер "Star Mix PL-20"	1	1,1	-	1,1	1,1	1	0,40	0,70	1,02	0,44	0,45					
						Міксер "Star Mix PL-60"	2	3	-	3	6,0	1	0,40	0,70	1,02	2,40	2,45					
						Міксер "Star Mix PL-80"	2	5	-	5	10,0	1	0,40	0,70	1,02	4,00	4,08					
15	Арк.																					

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.
16

Продовження таблиці 2.1.																	
1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Міксер "Star Mix PL-120"	1	6,3	-	6,3	6,3	1	0,40	0,70	1,02	2,52	2,57					
	Міксер "Star Mix PL-140"	1	6,3	-	6,3	6,3	1	0,40	0,70	1,02	2,52	2,57					
	Вентилятори	4	1,1	-	2	6,5	2	0,60	0,70	1,02	3,90	3,98					
	Всього по кондитерському цеху	43	0,4	-	96	880,0	240	0,48	0,978	0,21	424,31	90,08	18	1,271	539,30	90,08	546,77
	Ремонтний цех	50	0,5	-	40	867,5	80	0,33	0,739	0,91	288,15	263,06	43	1,239	357,10	263,06	443,53
	Автогараж	27	1,2	-	20	202,5	17	0,35	0,68	1,078	70,88	76,42	20	1,36	96,09	76,42	122,77
	Котельня																
	Водяні насоси	8	30,0	-	80	540		0,65	0,8	0,75	351,00	263,25					
	Дренажні насоси	6	1,0	-	12	60		0,65	0,8	0,75	39,00	29,25					
	Вентилятори	10	4,5	-	12	97,5		0,65	0,8	0,75	63,38	47,53					
	Компресори	6	5,0	-	120	245		0,7	0,8	0,75	171,50	128,63					
	Всього по котельній	30	1,0	-	120	942,5	120	0,66	0,63	0,75	624,88	468,66	16	1,17	732,62	468,66	869,70
	Всього по хлібозаводу	295	0,4	-	120	5125,45	300	0,54	0,65	0,696	2745,81	1912,39	85	1,10	3018,15	1912,39	3573,02

Таблиця 2.2.

Розрахунок освітлення

№	Найменування	F,м²	ρ ₀ , Вт/м²	P _в , кВт	K1	Kс	P _р , кВт	tgφ	Q _р , квар	S _р , кВА
	Комбікормовий завод									
1	Адміністрація	250	12	3,00	1,12	0,95	3,19	0,7	2,23	3,90
2	Цех виготовлення комбікормів	1846	10	18,46	1,12	0,95	19,64	0,48	9,43	21,79
3	Автогараж-майстерня	422	8	3,38	1,12	0,8	3,02	0,48	1,45	3,36
4	Склад готової продукції	303	8	2,42	1,12	0,85	2,31	0,8	1,85	2,96
5	Котельня	320	8	2,56	1,12	0,95	2,72	0,8	2,18	3,49
6	Склад сировини	120	6	2,72	1,12	0,8	2,65	0,8	2,12	3,39
7	Територія заводу	15022	0,02	0,30	1,12	0,8	0,27	1,73	0,47	0,54
	Всього по комбікормовому заводу	18283					33,81		19,73	39,14
	Автомайстерня	870	12	10,27	1,12	0,85	9,77	0,48	5,55	11,24
	Їдальня	840	14	11,76	1,12	0,85	11,20	0,48	6,40	12,90
	Агробудсервіс									
1	Адміністрація	400	14	5,60	1,12	0,95	5,96	1,73	10,31	11,91
2	Цегельний цех	2140	12	26,54	1,12	0,95	28,23	0,48	13,55	31,32
3	Столярний цех	1600	12	19,20	1,12	0,85	18,28	0,48	8,77	20,28
4	Склад	400	8	3,20	1,12	0,8	2,87	1,73	4,96	5,73
5	Територія заводу	8400	0,02	0,17	1,12	0,6	0,11	1,73	0,20	0,23
	Всього по агробудсервіс	12940		0,00	1	0,6	55,45	0	39,30	67,97
	Хлібозавод									
1	Адміністрація	940	16	15,04	1,20	0,85	12,78	0,484	6,192	14,20
2	Технологічний цех	5480	18	98,64	1,12	0,95	93,71	0,484	45,385	104,12
3	Склад сировини	2640	8	21,12	1,12	0,8	16,90	1,732	29,265	33,79
4	Кондитерський цех	4120	18	74,16	1,12	0,9	66,74	0,484	32,326	74,16
5	Ремонтний цех	3600	12	43,20	1,12	0,85	36,72	0,484	17,784	40,80
6	Автогараж	1420	12	17,04	1,12	0,9	15,34	0,484	7,428	17,04
7	Котельня	1960	6	11,76	1,12	0,85	10,00	0,484	4,841	11,11
8	Територія заводу	40000	0,1	4,00	1,20	1	4,00	1,732	6,928	8,00
	Всього по хлібозаводу			284,96			256,18		150,15	296,94

Продовження таблиці 2.3.

[illegible]

Продовження таблиці 2.3.

[illegible]

Продовження таблиці 2.3.

1	2	3			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Автогараж																
силова	27	1,2	-	20	202,5	16,67	0,35	0,68	1,08	70,875	76,42	20	1,356	96,09	76,42	122,77
освітлювальна														15,34	7,43	
Всього														111,43	83,85	
Всього по ТП1																
силова	120	1		100	2010,5	100	0,6	0,8	0,77	1162,875	890,79	40	1,134	1318,77	890,79	1591,44
освітлювальна														109,04	52,81	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП1														1427,82	943,60	1711,45
Втрати в трансформаторах														15,41	84,06	
Кількість трансформаторів:	2															
Номінальна потужність, кВА:	1000															
Коефіцієнт завантаження K _c =	0,71															
Всього на шинах 10кВ ТП№1														1443,23	1027,67	1771,72
ТП№2																
Ремонтний цех																
силова	50	0,5	-	40	867,5	80	0,332	0,74	0,91	288,15	263,06	43,4	1,239	357,10	263,06	443,53
освітлювальна														36,72	17,78	
Всього														393,82	280,84	483,70
Адміністрація																
силова	20	1,5	-	20	247	13,33	0,6	0,8	0,75	148,2	111,15	20	1,187	175,96	111,15	208,13
освітлювальна														12,78	6,19	
Всього														188,75	117,34	222,25
Склад сировини																
силова	32	1	-	15	178	15	0,547	0,55	0,91	97,4	88,66	24	1,196	116,50	88,66	146,40
освітлювальна														16,90	29,26	
Всього														133,40	117,92	178,05
Всього по ТП№2																
силова	102	0,5		40	1292,5	80	0,4	0,76	0,87	533,75	462,87	65	1,157	617,53	462,87	771,74
освітлювальна														66,40	53,24	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП2														683,93	516,11	856,81
Втрати в трансформаторах														7,25	39,73	
Кількість трансформаторів:	1															
Номінальна потужність, кВА:	1000															
Коефіцієнт завантаження K _c =	0,68															
Всього на шинах 10 кВ ТП2														691,18	555,83	886,95
ТП№3																
Кондитерський цех																
силова	43	0,4	-	96	879,95	240	0,482	0,98	0,21	424,31	90,08	18,3	1,271	539,30	90,08	54

	Apk.
	22

2.4. Побудова графіків електричних навантажень хлібозаводу

На основі результатів вимірювань на хлібозаводі (шин 10 кВ ПС «Янтарна») складаються щоденні зимові та літні графіки навантаження з урахуванням кількості робочих і святкових днів.

Графік на річний період заснований на щоденному графіку.

При розрахунку графіків на хлібозаводі застосовувалася розроблена програма "Grafik.exe". Результати представлені в таблицях та на графіках додатку А.

Розрахункові значення графіка електричних навантажень

S_p	=	4008,61	МВА
$W_{з.р.}$	=	8467641	кВт·год
$V_{з.р.}$	=	5781363	кВар·год
$W_{з.в.}$	=	1183780	кВт·год.
$V_{з.в.}$	=	1087060	кВар·год
$W_{л.р.}$	=	5140800	кВт·год
$V_{л.р.}$	=	3510360	кВар·год
$W_{л.в.}$	=	742656	кВт·год
$V_{л.в.}$	=	682656	кВар·год
W_p	=	15534877	кВт·год
V_p	=	11061439	кВар·год
T_{max}	=	4757,412	год
τ	=	3150,88	год

РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ХЛІБОЗАВОДУ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРП

Щоб визначити місце розташування центрального розподільчого пункту (ЦРП), на загальний план хлібозаводу наноситься картографічна схема електричного навантаження.

Місце визначається за наступними виразами:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1558716,71}{3506,18} = 444,56 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1263624,17}{3506,18} = 360,4 \text{ м},$$

Координати центру ЦРП - $X=8,89$ см, $Y=7,21$ см.

З конструктивних міркувань та з метою зменшення перетоків потужності місце спорудження ЦРП зміщуємо в сторону джерела живлення.

Для хлібозаводу технологічного цеху приклад розрахунку R (радіус кола цеху силового навантаження) та α (сектор освітлювального навантаження, при масштабі $m=0,2$ кВт/мм²):

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{1330,13}{3,14 \cdot 0,2}} = 46,01 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360^0}{\pi \cdot R^2 \cdot m} = \frac{93,71 \cdot 360^2}{3,14 \cdot 46,01^2 \cdot 0,2} = 25,36^0$$

Розрахунки для інших цехів хлібозаводу проводяться аналогічно, результати приведені в таблиці 3.1.

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Розрахунок картограми та умовного центру електричних навантажень

№ по плану	Найменування	P ^{0,4} сил, кВт	Pросв, кВт	Pр, кВт	m	R, мм	α	x, м	y, м	P*x, кВт м	P*y, кВт м
1	Адміністрація	176,0	12,78	188,75	0,2	17,33	24,38	600,00	150,00	113248,01	28312,00
2	Технологічний цех	1236,4	93,71	1330,13	0,2	46,01	25,36	450,00	250,00	598557,05	332531,70
3	Склад сировини	116,5	16,90	133,40	0,2	14,57	45,60	900,00	125,00	120057,48	16674,65
4	Кондитерський цех	539,3	66,74	606,04	0,2	31,06	39,65	450,00	550,00	272719,38	333323,69
5	Ремонтний цех	357,1	36,72	393,82	0,2	25,04	33,57	875,00	350,00	344593,73	137837,49
6	Автогараж	96,1	15,34	111,43	0,2	13,32	49,55	150,00	225,00	16714,02	25071,02
7	Котельня	732,6	10,00	742,62	0,2	34,38	4,85	125,00	525,00	92827,05	389873,62
				3506,18						1558716,71	1263624,17

X ₀ =	444,56	8,89
Y ₀ =	360,40	7,21

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ХЛІБОЗАВОДУ

Живлення хлібозаводу можливе від підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ з шин 10 кВ, що розташована на відстані 1,2 км, та від РП, яке будується на території заводу. Для порівняння варіантів електропостачання використовуємо два варіанти:

1 варіант – живлення хлібозаводу без РП радіальними лініями 10 кВ від підстанції «Янтарна» (рис.4.1);

2 варіант – живлення хлібозаводу радіальними лініями з встановленням РП-10 кВ на території заводу (рис.4.2).

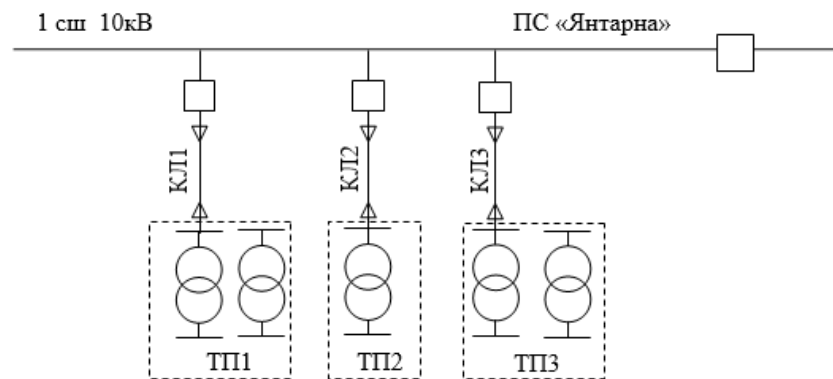


Рис. 4.1. Живлення хлібозаводу без РП радіальними лініями від ПС «Янтарна»

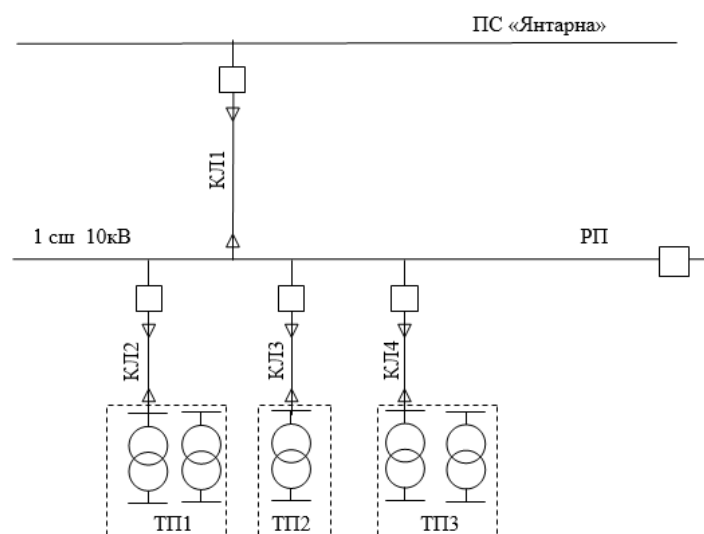


Рис. 4.2. Живлення хлібозаводу радіальними лініями з встановленням РП-10 кВ

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

1 Варіант.

Живлення споживачів хлібозаводу здійснюється по радіальній кабельній лінії 10 кВ безпосередньо від шин ПС «Янтарна», а відстань від заводу до ТПІ 1,25 км.

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_H} = \frac{1771,7}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 51,2 \text{ А.}$$

$$F_{ек} = I_p / J_{ек} = 51,2 / 1,4 = 36,6 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму при $T_m=4757,4$ год.

Обираємо стандартний переріз кабеля 50 мм^2 і відповідно кабель марки ААШв – 10 (3х50). Кількість $n = 1$. Допустимий тривалий струм $I_{доп} = 140 \text{ А}$, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 44 \text{ кВт/км}$, вартістю $K_0 = 120,12 \text{ тис.грн/км}$.

Допустимий струм тривалого навантаження з урахуванням кількості кабелів, що проходять в одній траншеї:

$$\Gamma_{доп} = I_{доп} \cdot K_{п} = 140 \cdot 1,0 = 140 \text{ А};$$

де $K_{п}$ для $n_{кл} = 1$ $K_{п} = 1$.

Коефіцієнт попереднього завантаження кабеля

$$K_3 = I_p / (n \cdot \Gamma_{доп}) = 51,2 / 140 = 0,37$$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження

$$\Gamma_{авар} = n \cdot \Gamma_{доп} \cdot K_{а.п} = 1 \cdot 140 \cdot 1,35 = 189 > I_{р.ав} = 102,4 \text{ А}$$

$$I_{р.ав} = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H} = \frac{1771,7}{\sqrt{3} \cdot 10} = 102,4 \text{ А.}$$

Отже живлення лінії забезпечуватиметься нормально.

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta W_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 14,715 \cdot 3150,88 = 46366,73 \text{ кВт·год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 44 \cdot 2,5 \cdot 0,37^2 = 14,715 \text{ кВт}$$

де $l_{\Sigma} = l_{кл} \cdot n = 1,25 \cdot 2 = 2,5 \text{ км}$.

$$C_{втрат} = \Delta W_1 \cdot C_0 = 46366,73 \cdot 5,217 \cdot 10^{-3} = 241,895 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами

$$C_0 = 5,217 \text{ грн/кВт·год.}$$

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок до ТП2 та ТП3 проводимо аналогічно і зводимо в таблицях 4.1-4.2.

Таблиця 4.1. Вибір кабельних ліній по 1 варіанту

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ-1	1771,7	2	51,2	204,8	36,6	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,37
КЛ-2	887,0	1	51,3	51,3	36,6	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,37
КЛ-3	1474,2	2	42,6	170,4	30,4	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,37

Таблиця 4.2. Втрати електричної енергії в кабельній мережі по 1 варіанту

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт·год	С _о , грн/кВт	С _{втр} , тис. грн
КЛ-1	1771,72	2	51,206	0,37	1,25	14,715	46366,7	5,217	241,89
КЛ-2	886,95	1	51,269	0,37	1,26	7,435	23426,4	5,217	122,21
КЛ-3	1474,18	2	42,606	0,37	1,22	14,067	44322,5	5,217	231,23
Всього							114115,6		595,341

2 Варіант.

Живлення хлібозаводу здійснюється радіальними лініями з встановленням РП-10 кВ на території, відстань від РП до ПС «Янтарна» 1,2 км.

Результати вибору кабельних ліній та втрат електроенергії по другому варіанту приведені в таблицях 4.3-4.4.

Таблиця 4.3. Вибір кабельних ліній по 2 варіанту

№ КЛ	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ1	4008,61	2	115,86	115,86	82,75	120	ААШВ(3 × 120)	240	0,24
КЛ2	1771,72	2	51,21	51,21	36,58	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,18
КЛ3	886,95	1	51,27	51,27	36,62	50	ААШВ(3 × 50)	140	0,37
КЛ4	1474,18	2	42,61	42,61	30,43	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,19

Таблиця 4.4. Втрати електричної енергії в кабельній мережі по 2 варіанту

№ КЛ	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔР _л , кВт	ΔЕ _л , кВт*год	С _о , грн/кВт	С _{втр} , т. грн
КЛ1	4008,61	2	115,86	0,24	1,2	7,550	23789,7	5,217	124,11
КЛ2	1771,72	2	51,206	0,18	0,05	0,147	463,7	5,217	2,418
КЛ3	886,95	1	51,269	0,37	0,06	0,354	1115,5	5,217	5,819
КЛ4	1474,18	2	42,606	0,19	0,02	0,058	181,6	5,217	0,947
							25550,6		133,298

Капітальні вкладення, поточні витрати, приведені витрати по 1 і 2 варіантах зводимо до таблиць 4.5.-4.7.

Таблиця 4.5. Капітальні вкладення

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн	Вартість всього, тис. грн
I варіант	Шафи КРП з встановленими вимикачами 10 кВ	шт	6	81,39	488,34
	Кабельна лінія типу				
	ААШв (3х35)	км	2,44	108,03	263,59
	ААШв (3х50)		3,76	120,12	451,65
	Траншея	км	1,25	28,8	36,00
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї				751,24
	Всього				1239,58
II варіант	Шафи КРП з встановленими на РП вимикачами 10 кВ	шт	8	81,39	651,12
	Кабельна лінія:				
	ААШв (3 × 35)	км	0,04	108,03	4,3212
	ААШв(3 × 50)	км	0,16	120,12	19,219
	ААШв(3 × 120)	км	2,4	171,21	410,904
	Траншея	км	1,2	28,8	34,56
	Всього по КЛ (з урахуванням траншеї)				469,0
	Шафи КРП з ТН, що додатково встановлюються на РП	шт	2	29,5	59,0
	Всього				1179,16

Таблиця 4.6.

Поточні витрати

№ п/п	Найменування об'єкту	К _i , тис грн	Р _a , %	С _a , %	Р _e , %	С _e , %	С _п , тис.грн
I варіант	Шафи КРП з вимикачами 10 кВ, що встановлюються	488,34	15	73,25	5	24,42	97,67
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	751,24	5	37,56	5	37,56	75,12
	Всього	1239,58		110,81		61,98	172,79
II варіант	Шафи КРП з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на РП	651,12	15	97,67	5	32,56	130,22
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	469,00	5	23,45	5	23,45	46,90
	Шафи КРП з трансформаторами напруги, що додатково встановлюються на РП	59,04	15	8,86	5	2,95	11,8
	Всього	1179,16		129,97		58,96	188,93

Таблиця 4.7. Приведені витрати по варіантах, т.грн.

Показники	Варіант	
	1	2
Капітальні вкладення	1239,58	1179,16
Поточні затрати	172,79	188,93
Вартість втрат електроенергії	595,34	133,30
Приведені витрати	917,00	463,73

Вибираємо другий варіант електропостачання, тому що приведені витрати менші ніж в першому варіанті. Для електропостачання хлібозаводу використовуємо схему з установкою РП на території.

РОЗДІЛ 5. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ХЛІБОЗАВОДІ

5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності і підбір пристроїв для його компенсації

По балансу активної та реактивної потужності хлібозаводу визначаємо сумарне низьковольтне електричне навантаження:

$$P_n = \sum P_{ТП} = 3274,33 \text{ кВт} \quad Q_n = \sum Q_{ТП} = 2062,54 \text{ кВАр}$$

Втрати в ТП 1-3:

$$\Delta P_m = \sum \Delta P_{ТП} = 36,1 \text{ кВт} \quad \Delta Q_m = \sum \Delta Q_{ТП} = 197,98 \text{ кВАр}$$

Сумарне споживання:

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_e = 3274,33 + 36,1 + 0 = 3310,43 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_n + \Delta Q_m + Q_e = 2062,54 + 197,98 + 0 = 2260,52 \text{ кВАр}$$

Реактивна потужність, що споживається від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 3310,43 \cdot 0,15 = 496,56 \text{ кВАр}$$

Сумарна потужність пристроїв компенсації:

$$Q_{КП} = Q_p - Q_e = 2260,52 - 496,56 = 1763,96 \text{ кВАр}$$

Вартість КТП, встановленої на заводі, дуже висока, і кількість встановлених трансформаторів важливо при виборі засобів компенсації обладнання. У деяких випадках оптимальним є найменша можлива кількість трансформаторів, яке розраховується за такою формулою:

$$N_0 = \frac{P_n}{\beta \cdot S_{ном}} = \frac{3274,33}{0,7 \cdot 1000} = 4,68 \approx 5 \text{ шт.}$$

Варіанти компенсації, що розглядаються в даному розділі, при кількості трансформаторів $N = N_0$, $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$.

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Варіант №1. $N = N_0 = 5$ шт.

Реактивна потужність, яка може бути передана із мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном})^2 - (P_n + \Delta P_m)^2} = \sqrt{(5 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 3310,43^2} = 1136,25 \text{ кВАр}$$

Потужність пристроїв компенсації, що встановлюються в мережі до 1000В, визначається із умови балансу реактивної потужності на шинах ТП:

$$Q_{KH} = (Q_n + \Delta Q_m) - Q_1 = 2260,52 - 1136,25 = 1124,27 \text{ кВАр}$$

Потужність КП, що встановлюються в мережі 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_{KP} - Q_{KH} = 1763,96 - 1124,27 = 639,69 \text{ кВАр}$$

Розрахунок варіантів $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$ виконуємо аналогічно.

Результати розрахунку зведено в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. Розрахунок потужності КП

№ вар.	Кількість тр-рів та ТП	Q_1 , квар	Q_{KH} , квар	Q_{KB} , квар
1	5	1136,25	1124,27	639,69
2	6	2584,77	0	1763,96
3	7	3612,62	0	1763,96

5.2. Вибір кількості, потужності та розташування КП

Приклад розрахунку потужності БК на шинах 0,4 кВ ТП-1.

$$P_{нн}=1427,82 \text{ кВт}; \quad Q_{нн}=943,6 \text{ квар}; \quad S_{ном}=1000 \text{ кВА};$$

$$N_T=2 \quad K_3=0,7$$

$$Q_1 = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 1427,82^2} = 0 \text{ квар}$$

$$Q_{кп} = Q_{нн} - Q_1 = 943,6 - 0 = 943,6 \text{ квар}$$

До встановлення на ТП-1 приймаємо 4хКРМ-0,4-200 ($\Sigma_{БК} = 800$ квар). Так само розраховуємо потужності БК для інших ТП. Отримані результати приведені в додатку Г.

Варіант 1. N = 5 шт.

Втрати в КП активної потужності:

$$\Delta P_{KH} = P_{ПИТ}^{KH} \cdot Q_{KH} = 0,0045 \cdot 1220 = 5,49 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{KB} = P_{ПИТ}^{KB} \cdot Q_{KB} = 0,003 \cdot 600 = 1,8 \text{ кВт}$$

Втрати при передачі через трансформатори:

$$\Delta P_{ТП} = \frac{P_{HH}^2 + Q_1^2}{U_H^2} R_T \cdot 10^{-3} = \frac{3274,33^2 + 1136,2^2}{10^2} \cdot 0,22 \cdot 0,001 = 26,43 \text{ кВт}$$

де

$$R_{екв} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{ном}^2}{N \cdot S_{ном}^2} \cdot 10^3 = \frac{11 \cdot 10^2}{5 \cdot 1000^2} \cdot 1000 = 0,22 \text{ Ом}$$

На стороні 0,4 кВ вартість КП:

$$K_{KH} = \sum_{i=1}^n N_{KH i} \cdot K_{KH i} = \\ = 2 \cdot 11,39 + 4 \cdot 23,8 + 1 \cdot 29,73 = 147,71 \text{ тис.грн.}$$

На стороні 10 кВ вартість КП:

$$K_{KB} = \sum_{i=1}^n N_{KB i} \cdot K_{KB i} = 2 \cdot 32,36 = 64,72 \text{ тис.грн.}$$

Вартісний показник КТП:

$$K_{КТП} = N_{КТП(2)} \cdot K_{КТП(2)} + N_{КТП(1)} \cdot K_{КТП(1)} = \\ = 2 \cdot 1276 + 1 \cdot 675 = 3227 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок витрат на компенсацію реактивної потужності:

$$З = E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + C_0 \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{ТП}) = \\ = 0,12 \cdot (147,71 + 64,72 + 3227) + 5,217 \cdot 3150,88 \cdot (5,49 + 1,8 + 26,43) \cdot 10^{-3} = \\ = 967,03 \text{ тис.грн.}$$

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок другого та третього варіантів виконується аналогічно і зводиться до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Розрахункові витрати на КРП

№ вар.	$Q_{кн},$ квар	$\Delta P_{кн},$ кВт	$Q_{кв},$ квар	$\Delta P_{кв},$ кВт	$N_{тр},$ шт.	$R_{скв},$ Ом	$S_{пр},$ кВА	$\Delta P_{тп},$ кВт	$K_{кн},$ тис. грн.	$K_{кв},$ тис. грн.	$K_{ктп},$ тис. грн.	$З,$ тис. грн.
1	1220	5,49	600	1,8	5	0,22	3465,9	26,43	147,71	64,72	3227	967
2	920	4,14	900	2,7	6	0,18	4171,6	31,32	117,98	73,32	3828	1110
3	800	3,6	300	0,9	7	0,16	4875,7	38,04	95,2	53,52	4503	1257

В додатку Д приводяться результати розрахунку навантаження хлібозаводу вище 1000 В з урахуванням стандартних батарей конденсаторів.

Отриманий $\text{tg}\varphi_p = 0,136$ при вибраних БК на 10 кВ та 0,4 кВ забезпечує баланс реактивної потужності в системі електропостачання заводу.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 6. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ХЛІБОЗАВОДУ

Двотрансформаторна цехова підстанція використовується з перевагами електроприймачів I і II категорії, її джерело безперебійного живлення необхідний не тільки відповідно до вимог виробничого процесу чи для усунення небезпеки для життя людини, але і використовується в енергоємних цехах підприємств з високим питомим навантаженням.

У практиці проектування цехові трансформатори вибираються з урахуванням коефіцієнта завантаження трансформатора і розрахункового навантаження цеху.

Потужність трансформатора підстанції визначається із системи нерівностей:

- із умови обмеження навантаження $S_{\text{ном}} > 0,25 \cdot S_{\text{п1}}$;
- із умови систематичного перевантаження $S_{\text{ном}} \geq S_{\text{р}}/K_1$;
- із умови аварійного перевантаження $S_{\text{ном}} \geq S_{\text{р}}/K_2$.

$K_1=1,08$ при роботі у дві зміни. При тривалості перевантаження 8-24 години $K_2=1,4$ - коефіцієнт допустимого аварійного перевантаження.

До встановлення застосовуємо вбудовані комплектні трансформаторні підстанції КТП 10/0,4 кВ. Робимо припущення, що трансформатори завантажені рівномірно.

Для КТП 1 вибираємо потужність трансформаторів:

$$S_{\text{трр}} = S_{\text{р}} / (1,4 \cdot (n - 1)) = 1461,28 / 1,4 = 1043,77 \text{ кВА}$$

Застосовуємо до встановлення трансформатор ТМН 1000/10.

Коефіцієнт завантаження при $n=2$ в нормальному режимі:

$$K_3 = S_{\text{р}} / (S_{\text{трр}}) = 1461,28 / (2 \cdot 1000) = 0,73$$

Для інших КТП розрахунок проводимо аналогічно та зводимо до таблиці 6.1., в таблиці 6.2 – вибір трансформаторів хлібозаводу.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1. Потужність та місце розташування КТП

№ ТП	Рр, кВА	Qр, квар	Sp, кВА	Вид ТП	Nтр	Стр, кВА	Кз	Категорія за III	Місце розташування	% обмеження споживачів III категорії	Категорія споживачів
ТП№1	1443,34	228,23	1461,28	вбуд.	2	х 1000	0,73	Д	Технологічний цех	4,19	I,II,III
ТП№2	683,93	216,11	717,26	вбуд.	1	х 1000	0,72	Д	Ремонтний цех	2,41	I,II,III
ТП№3	1310,80	563,44	1426,77	вбуд.	2	х 1000	0,71	Д	Експериментальний цех	1,88	I,II,III

Таблиця 6.2. Вибір трансформаторів хлібозаводу

№ ТП	N шт	Spоз, кВА	Марка	Кз	Sном≥ Sp/K ₁	Sном≥ Sp/K ₂	Тип КТП
КТП1	2	1461,28	TM31000/10	0,73	676,52	521,88	вбудов.
КТП2	1	717,26	TM31000/10	0,72	664,13	512,33	вбудов.
КТП3	2	1426,77	TM31000/10	0,71	660,54	509,56	вбудов.

РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ХЛІБОЗАВОДУ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

7.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Вихідними даними для розрахунку струмів КЗ є значення струму КЗ на шинах 10 кВ п/ст «Янтарна» ($I_c''=3,1$ кА) та схема мережі.

Розрахункова схема представлена на рис.7.1, на якій позначені точки, в яких треба розрахувати струми КЗ. По розрахунковій схемі складена схема заміщення (рис.7.2), на якій всі елементи зображені у вигляді опорів.

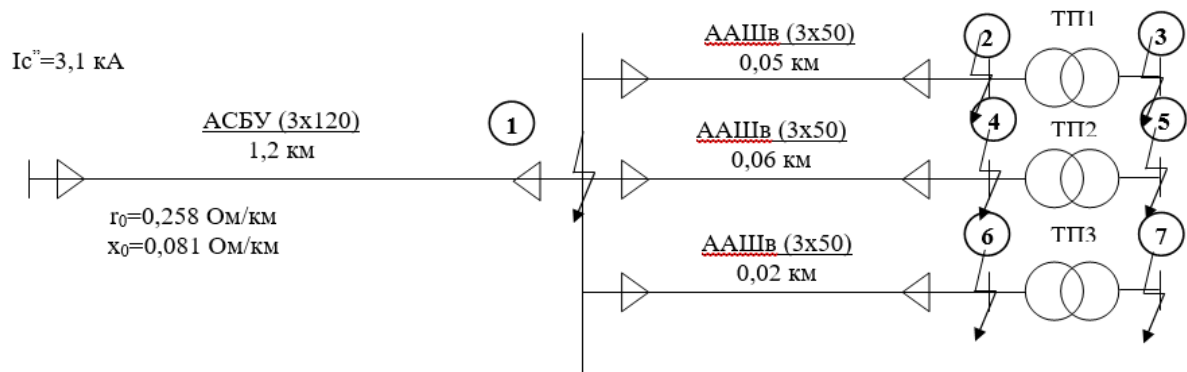


Рис.7.1. Розрахункова схема

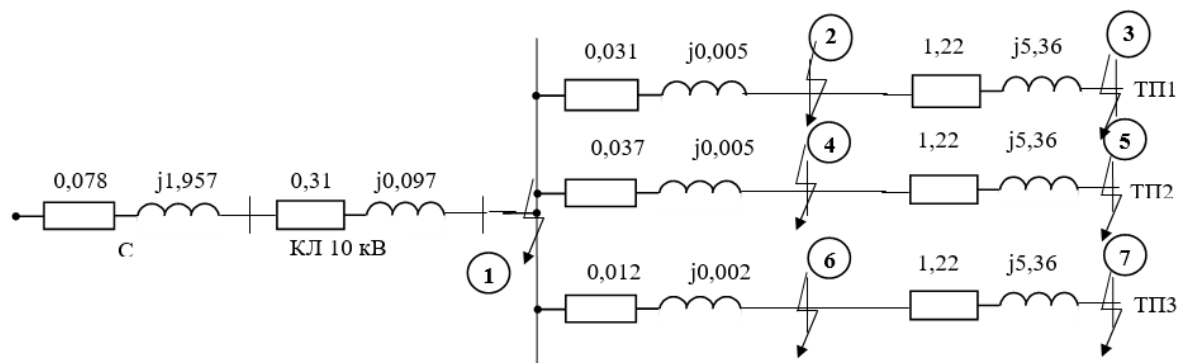


Рис. 7.2. Схема заміщення

$$X_c = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot I_c''} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,1} = 1,95 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{1,95}{25} = 0,078 \text{ Ом}$$

Кабельна лінія, яка живить (ПС «Янтарна» - РП) АСБу (3х120)

$$r_0=0,258 \text{ Ом/км}, \quad x_0=0,081 \text{ Ом/км}$$

$$R_{л}=0,258 \cdot 1,2=0,31 \text{ Ом} \quad X_{л}=0,081 \cdot 1,2=0,097 \text{ Ом}$$

Опір до шин РП:

$$R_{K1} = R_c + R_{кл}=0,078 + 0,31 = 0,388 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 1,95 + 0,097 = 2,053 \text{ Ом}$$

Шини 10 кВ РП, в точці К₁ струм КЗ:

$$I_K'' = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,388^2 + 2,053^2}} = 2,9 \text{ кА}$$

$$T_a = \frac{X_{K1}}{\omega \cdot R_{K1}} = \frac{2,053}{314 \cdot 0,388} = 0,017 \text{ с}$$

В точці К₁ ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 2,9 \cdot (1 + e^{-0,01/0,017}) = 6,37 \text{ кА}$$

Перевірка на термічну стійкість мінімального перерізу кабелю.

$$t_{отк} = t_{p.з} + t_{o.в} + \Delta t = 0,1 + 0,065 + 1,2 = 1,365 \text{ с}$$

$$B_k = 2,9^2 (1,357 + 0,017) = 11,55 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$F_{MIN} = \frac{\sqrt{11,55 \cdot 10^3}}{94} = 36,16 \text{ мм}^2$$

По термічній стійкості обираємо кабель ААШв (3х50), I_{доп}=140 А.

В додатку В (таблиця В.1) приведенний вибір кабелів заводу.

В таблиці 7.1 - розрахунок струмів КЗ.

Таблиця 7.1. Струми КЗ хлібозаводу в мережі 10 кВ

Точка КЗ	1	2	3	4	5	6	7
I _{к''} ,кА	2,9	2,887	0,798	2,884	0,798	2,896	0,799

7.2. Вибір високовольтного обладнання

Вибір вимикачів. В РП 10 кВ доцільно використовувати вимикачі вбудовані в коміртки комплектних розподільних пристроїв.

$$S_p = 3342,78 \text{ МВА}$$

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{3342,78}{\sqrt{3} \cdot 10} = 193,22 \text{ А}$$

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/Ta} = \sqrt{2} \cdot 2,9 \cdot e^{-0,1/0,017} = 0 \text{ кА}$$

$$t = t_{р.з \text{ мін}} + t_{с.в} = 0,01 + 0,07 = 0,08 \text{ с}$$

$$B_k = 2,9^2 (1,365 + 0,01) = 11,55 \text{ кА}^2 \text{с}$$

$$\text{де } t_{отк} = t_{р.з} + t_{о.в} = 0,1 + 0,065 + 1,2 = 1,365 \text{ с}$$

Вибираємо вимикач на відходящих лініях до КТП1

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1461,28}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 42,18 \text{ А}$$

Приймаємо вимикач ВР1-20/630.

Секційний вимикач

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{3342,78}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 96,61 \text{ А}$$

Був прийнятий вимикач ВР1-20/630 з вбудованим електромагнітним приводом.

Вибір трансформаторів власних потреб. ТВП є одним з найбільш відповідальних споживачів, тому що їх робота визначає нормальне функціонування всієї підстанції, а як наслідок, і надійність електропостачання споживачів.

$P_{НАВ} = 13 \text{ кВт}$, тож приймаємо до встановлення два трансформатора ТМ25/10, їх завантаження складає $K_z = 13 / 50 = 0,3$.

В додатку В (таблиці В.2-В.3) приведений вибір вимикачів на шинах 10 кВ та ТВП.

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір трансформаторів струму. На стороні 10 кВ для встановлення приймаємо трансформатори струму (ТС) типу ТПЛ–10У1 на клас точності 0,5 з такими параметрами: $U_H = 10$ кВ, $I_{\text{ном.1}} = 200$ А, $I_{\text{ном.2}} = 5$ А, $Z_{2H} = 0,4$ Ом.

На стороні 10 кВ на лініях що відходять до ТП встановлюємо ТС ТПЛ–10–1У3, $K_T = 75/5$ та $K_T = 30/5$ для живлення підстанцій з одним трансформатором.

В додатку В, таблиці В.4-В.5, приведений вибір ТС 10 кВ для РП та відходящих ліній 10 кВ.

Перевірка трансформаторів струму (ТС) по вторинному навантаженню є важливою частиною процесу обслуговування та забезпечення надійної роботи електромереж. Цей процес передбачає визначення навантаження по фазах, використовуючи схему включення та каталожні дані приладів.

На лініях, що відходять до магістральних мереж встановлюємо трансформатори струму ТПЛ-10- 1 У3 ($K_T = 75/5$ та $30/5$).

Трансформатори струму перевіряються по вторинному навантаженню. Розрахунки ТС на вводах та комірках ліній, що відходять, показаний в додатку В (таблиці В.6-В.7).

Вибір трансформаторів напруги. Приймаємо трансформатори типу НАМИ-10 для встановлення на шинах РП 10 кВ з класом точності 0,5S і номінальною потужністю 100 ВА. Розрахунок вторинних навантажень ТН приведений в таблиці В.8 (додаток В).

Вторинне навантаження ТН:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma P^2 + \Sigma Q^2)} = \sqrt{(22,2^2 + 40,6^2)} = 47,72 \text{ В}\cdot\text{А}$$

Так як номінальна потужність ТН в класі точності 0,5

$$S_{2 \text{ ном}} = 120 \text{ ВА} > 47,72 \text{ ВА},$$

то ТН обраний вірно за умовами вибору.

Як показують розрахунки, вторинне навантаження менше номінального, тому ТН працює в обраному класі точності. У другій секції трансформатор підбирається аналогічно.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 8. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІЇ «ЯНТАРНА» 150/35/10 КВ ТА ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЯ

Підстанція «Янтарна» 150/35/10 кВ належить до Новгородківської районної електричної мережі ПрАТ «Кіровоградобленерго». Від шин підстанції 35 кВ отримують живлення п'ять підстанцій 35/10 кВ. З шин 10 кВ підстанції живиться хлібозавод, навантаження якого розраховано в розділі 2 роботи.

Для подальшого розрахунку вибираємо номінальну напругу ліній.

8.1. Вибір номінальної напруги мережі

Розрахунок потужності навантаження підстанцій приведені в додатку А (таблиця А.3). Навантаження на шинах 10 кВ підстанції „Янтарна” 150/35/10 кВ з урахуванням компенсації реактивної потужності на хлібозаводі, складає $S_{10}=4,812-j2,12$ МВА.

В таблиці 8.1 зводимо навантаження на шинах 10 кВ всіх споживачів підстанції «Янтарна», що проектується.

Таблиця 8.1. Навантажувальна здатність підстанції (шина 10 кВ)

№п/ст	Населений пункт	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
1	Янтарна	4,81	2,12	5,26
2	Новгородка І	5,31	3,41	6,31
3	Новгородка ІІ	3,44	2,06	4,01
4	Куцівка	3,51	1,90	3,99
5	Верблюжка	3,02	1,85	3,54
6	Митрофанівка	1,80	1,08	2,10
Всього на шинах 10 кВ		21,89	12,43	25,22

Для правильного вибору номінальної напруги мережі, важливо враховувати потужність навантаження на підстанціях, довжину ліній та інші технічні параметри.

Вибір номінальної напруги 150 кВ для головної ділянки Л1 та 35 кВ для решти ліній є оптимальним для забезпечення ефективної передачі енергії з мінімальними втратами. Вторинна напруга 10 кВ на знижуючих районних

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підстанціях забезпечує ефективний розподіл енергії на локальному рівні, відповідаючи стандартам і технічним вимогам.

Використовуємо таблицю 8.2, щоб вибрати номінальну напругу для проектуємої мережі [8].

Таблиця 8.2. Вибір номінальної напруги

Лінія	Активна потужність на 1 ланцюг, МВт	Довжина лінії, км	Напруга, кВ
Л1	11,68	22	150
Л2	5,45	6	35
Л3	2,78	1,5	35
Л4	3,60	7,5	35
Л5	1,05	18	35
Л6	1,77	10	35

8.2. Вибір схеми підключення ліній електричної мережі та варіантів електропостачання

Проектування електричних мереж для сільськогосподарських потреб включає вибір оптимальної схеми електропостачання. Розглянемо два варіанти, які можна запропонувати: радіальну схему і замкнуту схему. Оцінка кожного варіанту допоможе вибрати найкраще рішення для надійного і ефективного електропостачання.

Перший варіант: радіальна схема. Всі лінії виконані дволанцюговими, з підвіскою двох ланцюгів на одній опорі. Підстанції: двотрансформаторні.

Переваги: висока надійність; використання двох ланцюгів на одній опорі забезпечує резервування; у разі пошкодження одного ланцюга, другий продовжує функціонувати. Простота обслуговування: менше перехрещень ліній спрощує технічне обслуговування та ремонт. Мінімальні втрати: радіальна схема має менше точок з'єднання, що знижує втрати на контактах.

Недоліки: обмежена гнучкість; в разі пошкодження підстанції або лінії живлення, може бути втрачено живлення для значної частини мережі. Вартість: дволанцюгові лінії на одній опорі можуть бути дорогими в будівництві.

Другий варіант: замкнута схема. Живляча лінія 150 кВ дволанцюгова, інші лінії - одноланцюгові.

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги: гнучкість та резервування; замкнута схема дозволяє забезпечити альтернативні шляхи для передачі електроенергії в разі пошкодження будь-якої лінії; це значно підвищує надійність постачання. Оптимізація навантаження: навантаження може бути рівномірно розподілене по всій мережі, що зменшує перевантаження окремих елементів. Економія на лініях: використання одноланцюгових ліній, окрім головної, може знизити загальну вартість будівництва.

Недоліки: складність управління; замкнуті схеми складніші в управлінні та обслуговуванні, потребують більш розвинених систем автоматизації. Більше точок відмови - через більшу кількість з'єднань можуть бути підвищені втрати та ризики відмови в системі.

Для остаточного вибору необхідно провести детальний техніко-економічний аналіз, враховуючи специфіку місцевості, обсяг навантажень, вартість будівництва та обслуговування, а також вимоги до надійності і гнучкості електропостачання.

Радіальна схема (рис. 8.1) - дволанцюгові лінії, що йдуть від живлячої підстанції до підстанцій 35/10 кВ. Замкнута схема (рис. 8.2): замкнута мережа з дволанцюговою лінією живлення та одноланцюговими іншими лініями. Обидва варіанти можуть бути адаптовані залежно від конкретних умов проекту і вимог до електропостачання.

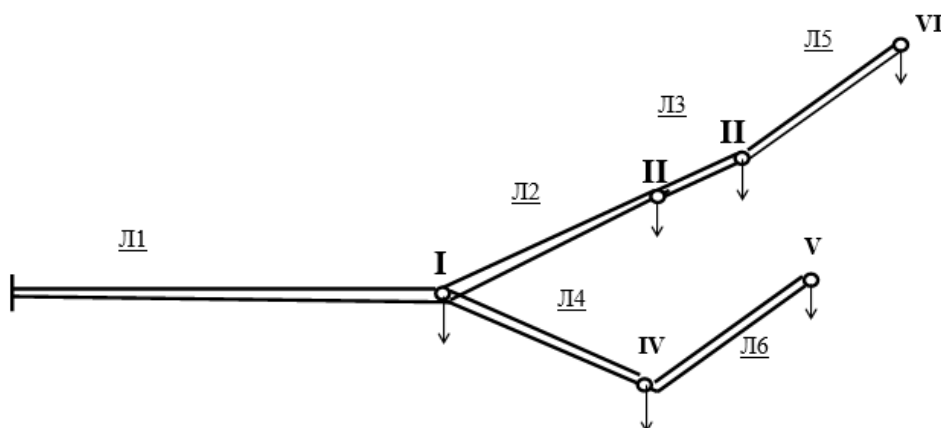


Рис.8.1. Радіальна схема мережі

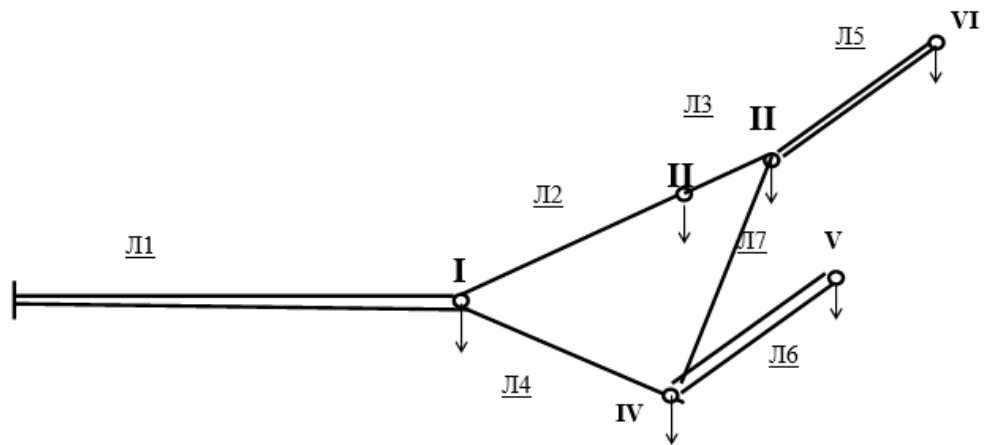


Рис.8.2. Замкнута схема мережі

8.3. Споживання і покриття потреб в активній і реактивній потужності в проєктуємої мережі

Вибираємо приблизну потужність КП з умов, що $\text{tg}\varphi$ на шинах 35 кВ підстанції «Янтарна» дорівнює 0,32.

Для обчислення сумарної потужності навантаження на шинах 35 кВ підстанції I «Янтарна» без урахування втрат в трансформаторах 35/10 кВ та в лініях 35 кВ, необхідно просумувати потужності навантаження підстанцій 2-6, що приєднані до цих шин.

$$S_{35} = 17,082 - j10,309 \text{ МВА}$$

Потужність, що віддається в мережу 35 кВ

$$Q_{35} = P_{35} \text{tg}\varphi = 17,082 \cdot 0,32 = 5,466 \text{ Мвар}$$

$$Q_{\text{КП}} = 10,309 - 5,466 = 4,843 \text{ Мвар}$$

Розміщуємо батареї конденсаторів на шинах 10 кВ підстанцій 2÷6, враховуючи, що БК більшої потужності на тих підстанціях, де споживачі реактивної потужності більше.

Потужності навантаження на підстанціях, з урахуванням стандартних компенсуючих пристроїв, приводимо в таблицю 8.3.

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

Таблиця 8.3. Потужності на підстанціях з урахуванням КП.

п/ст	P, МВт	Q, МВар	Q _{КП} , МВар	Q- Q _{КП} , МВар	S, МВА
1	4,81	2,12	0,00	2,12	5,26
2	5,31	3,41	2,70	0,71	5,36
3	3,44	2,06	1,80	0,26	3,45
4	3,51	1,90	0,90	1,00	3,65
5	3,02	1,85	0,00	1,85	3,54
6	1,80	1,08	0,00	1,08	2,10
Всього	21,89	12,43	5,40	7,03	23,36

По отриманим даним обираємо силові трансформатори та перерізи проводів повітряних ліній.

8.4. Вибір потужності трансформаторів на підстанціях

На ПС I «Янтарна» вибираємо трансформатор триобмотковий 150/35/10кВ.

Для обчислення потужності на стороні високої напруги (150 кВ) підстанції з урахуванням неспівпадання максимумів навантаження на шини 35 кВ і 10 кВ, слід враховувати коефіцієнт одночасності навантаження. Цей коефіцієнт використовується для врахування того, що максимуми навантажень на різних рівнях напруги можуть не співпадати у часі.

$$S_{150}=0,95 \cdot (\underline{S}_{35}+\underline{S}_{10})=0,95 \cdot (21,89 - j12,428)=23,917 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{PT}} \geq \frac{S_{150} K_{1,2}}{1,4} = \frac{23,917 \cdot 0,8}{1,4} = 13,66 \text{ МВА}$$

Вибираємо 2 х ТДТН 16000/150.

Коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = \frac{23,917}{2 \cdot 16} = 0,747 .$$

Вибір трансформаторів ПС 2÷6 35/10 кВ приводимо в таблиці 8.4, технічні дані - в таблиці 8.5.

Таблиця 8.4. Вибір трансформаторів 35/10 кВ на ПС

П/ст	S _{мах} , МВА	N	K _{1,2}	S _p , МВА	S _н , МВА	K _{зав}
2	5,36	2	0,75	2,87	ТМН 4	0,67
3	3,45	2	0,72	1,77	ТМН 2,5	0,69
4	3,65	2	0,75	1,96	ТМН 2,5	0,73
5	3,54	2	0,75	1,90	ТМН 2,5	0,71
6	2,10	2	0,75	1,13	ТМН 1,6	0,66

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

Таблиця 8.5. Технічні відомості трансформаторів ПС 35/10 кВ

П/ст	Тип	ΔP_k , кВт	U_k , %	ΔP_x , кВт	I_x , %
6	ТМН 1,6	23,5	6,5	5,1	1,1
3,4,5	ТМН 2,5	26	6,5	5,1	1,1
2	ТМН 4	33,5	7,5	6,7	1

ТДТН 16000/150 - технічні відомості:

$$U_{BH} = 158 \text{ кВ} \quad U_{CH} = 38,5 \text{ кВ} \quad U_{HH} = 11 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_{K3} = 96 \text{ кВт} \quad \Delta P_x = 25 \text{ кВт} \quad I_{xx} = 1\%$$

$$U_{K1-2} = 10,5\% \quad U_{K1-3} = 18\% \quad U_{K2-3} = 6\%$$

Параметри трансформатора.

Опір активний

$$R_{\text{заг}} = \frac{\Delta P_K U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{96 \cdot 158^2 \cdot 10^3}{16000^2} = 9,36 \text{ Ом}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 \quad R_1 = R_{\text{заг}} / 2 = 9,36 / 2 = 4,68 \text{ Ом}$$

Опір реактивний

$$U_{K1} = 0,5 \cdot (U_{K1-2} + U_{K1-3} - U_{K2-3}) = 0,5 \cdot (10,5 + 18 - 6) = 11,25\%$$

$$U_{K2} = 0,5 \cdot (U_{K1-2} + U_{K2-3} - U_{K1-3}) = 0,5 \cdot (10,5 + 6 - 18) = 0\%$$

$$U_{K3} = 0,5 \cdot (U_{K1-3} + U_{K2-3} - U_{K1-2}) = 0,5 \cdot (18 + 6 - 10,5) = 6,75\%$$

$$X_1 = \frac{U_{K1\%} U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{11,25 \cdot 158^2 \cdot 10}{16000} = 176 \text{ Ом}$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = \frac{U_{K3\%} U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{6,75 \cdot 158^2 \cdot 10}{16000} = 105,3 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_{\text{ст}} = \Delta P_{\text{ст}} - j \Delta Q_{\text{ст}} = 0,025 - j (1 \cdot 16) / 100 = 0,025 - j 0,16 \text{ МВА}$$

Параметри 2-х паралельних трансформаторів

$$R'_1 = R'_2 = R'_3 = 4,68 / 2 = 2,34 \text{ Ом}$$

$$X'_1 = 88 \text{ Ом} \quad X'_2 = 0 \quad X'_3 = 52,7 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_{\text{ст}} = 0,05 - j 0,32 \text{ МВА}$$

Параметри трансформаторів ТМН 1600/35 (ПС VI)

$$R_T = \frac{\Delta P_k U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{23,5 \cdot 35^2 \cdot 10^3}{1600^2} = 11,24 \text{ Ом}$$

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

$$X_T = \frac{U_{\%} U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{6,5 \cdot 35^2 \cdot 10}{1600} = 49,76 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_{\text{ст}} = 0,0051 - j 0,0175 \text{ МВА}$$

Параметри для інших трансформаторів зводимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6. Параметри двообмоткових трансформаторів

Тип	N	R'Т, Ом	X'Т, Ом	ΔP'ст, МВт	ΔQ'ст, Мвар
ТМН 1600/35	2	5,62	24,88	0,0102	0,035
ТМН 2500/35	2	2,3	15,95	0,0102	0,055
ТМН 4000/35	2	1,28	11,48	0,013	0,08

8.5. Вибір перерізу проводу повітряних ліній

Радіальна мережа.

Переріз проводу обираємо по економічним струмовим інтервалам [8].

Лінія Л1 напруга 150 кВ.

$$S_{\text{Л1}} = 23,36 \text{ МВА}$$

$$I_{\text{рЛ1}} = 1,05 \cdot 1 \cdot \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}}} = 1,05 \cdot \frac{23,36 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 150} = 47,26 \text{ А}$$

Обираємо проводи марки АС 120/19 з $I_{\text{доп}} = 390 \text{ А}$.

Для вибору перерізу проводу важливо враховувати кілька ключових аспектів, зокрема механічну міцність, теплове навантаження та коронний розряд. Переріз проводу повинен задовольняти умові механічної міцності, тобто розрахункове розривне зусилля повинно бути більшим за мінімально допустиме, а також умовам по короні, що визначаються за рівнем електричних втрат.

Перевірка проводу по тривалому струму нагріву, виходячи з умови

$$I_{\text{р.н}} < I_{\text{доп}}$$

$$I_{\text{р.н}} = 2 \cdot I_{\text{рЛ1}} = 2 \cdot 47,26 = 94,52 \text{ А}$$

Механічна міцність. Провід повинен витримувати розрахункові механічні навантаження, такі як вага проводу, навантаження від вітру та льоду.

$$F_{\text{розр}} > F_{\text{мін}}$$

Умови по короні. Провід повинен мати достатній переріз для запобігання коронним розрядам, що призводять до електричних втрат. Коронний розряд залежить від діаметру проводу, його висоти над землею, рівня напруги та умов

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

навколишнього середовища. Таким чином, цей провід підходить для використання в даній лінії електропередачі 150 кВ.

Для ліній з напругою 35 кВ вибір перерізу проводів аналогічний. Зводимо результати розрахунку в таблиці 8.7.- 8.9.

Таблиця 8.7. Схема мережі радіальна

Лінія	U _н , кВ	N	S _м , МВА	I _р , А	Провод	I _{доп} , А	I _{ф.р} , А
Л1	150	2	23,36	47,25	АС120/19	390	94,51
Л2	35	2	10,91	94,58	АС120/19	390	189,16
Л3	35	2	5,55	48,12	АС95/16	330	96,25
Л4	35	2	7,19	62,35	АС95/16	330	124,69
Л5	35	2	2,10	18,22	АС95/16	330	36,44
Л6	35	2	3,54	30,69	АС95/16	330	61,38

Таблиця 8.8 Параметри лінії радіальної мережі

Лінія	U _н , кВ	Провод	г _о , Ом/км	х _о , Ом/км	b _о 10 ⁻⁶ , См/км
Л1	150	АС120/19	0,249	0,441	2,57
Л2	35	АС120/19	0,249	0,414	2,66
Л3	35	АС95/16	0,306	0,421	2,61
Л4	35	АС95/16	0,306	0,421	2,61
Л5	35	АС95/16	0,306	0,421	2,61
Л6	35	АС95/16	0,306	0,421	2,61

Таблиця 8.9. Параметри схеми заміщення ліній

Лінія	Провод	L, км	N	R'л, Ом	X'л, Ом	B'л 10 ⁻⁶ , См
Л1	АС120/19	22	2	2,74	4,85	113,08
Л2	АС120/19	6	2	0,75	1,24	31,92
Л3	АС95/16	1,5	2	0,23	0,32	7,83
Л4	АС95/16	7,5	2	1,15	1,58	39,15
Л5	АС95/16	18	2	2,75	3,79	93,96
Л6	АС95/16	10	2	1,53	2,11	52,20

Замкнута мережа.

Розрахунок розподілу потоку в замкнутих мережах є більш складним, ніж у радіальних мережах. Тут необхідно використовувати спеціальну формулу розрахунку. Розрахунок потокорозподілу потужностей виконаний по програмі ZS4-CX.bas, отримані дані приведені нижче. Результати розрахунків зведені в таблицях 8.10-8.11.

*** РЗРАХУНОК ЗАМКНЕНОЇ МЕРЕЖІ ***
 АКТИВНА (МВт) І РЕАКТИВНА (Мвар) ПОТУЖНОСТІ ПО ДІЛЯНКАХ
 РОЗРАХОВАНІ ПО ДОВЖИНАМ

P(1) = 11.76324
 Q(1) = 3.576471
 S(1) = 12.29491
 P(2) = 6.873235
 Q(2) = 2.706471
 S(2) = 7.386904
 P(3) = -0.703235
 Q(3) = -0.003529
 S(3) = 0.703244
 P(4) = -9.646029
 Q(4) = -12.56677
 S(4) = 13.0169

РОЗРАХУНКОВІ ПЕРЕРІЗИ ПРОВОДІВ ЛІНІЙ (ММ.КВ.)

F(1) = 184.3813
 F(2) = 110.7781
 F(3) = 10.54624
 F(4) = 195.2086

РОЗРАХУНКОВИЙ СТРУМ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ПРОВОДІВ НА НАГРІВ, А

IM(1) = 417.4974
 IM(2) = 336.1033
 IM(3) = 225.9348
 IM(4) = 417.4974
 IM(3) = 191.768
 IM(2) = 81.93318

ПО ЕКОНОМІЧНИМ СТРУМОВИМ ІНТЕРВАЛАМ ОБИРАЄМО ПЕРЕРІЗ ПРОВОДІВ:

Л2 АС 150/24 Ідоп=450 А;
 Л3 АС 120/19 Ідоп=390 А;
 Л7 АС 95/16 Ідоп=330 А;
 Л4 АС 150/24 Ідоп=450 А.

Таблиця 8.10. Параметри лінії замкненої мережі

Лінія	Un, кВ	Провод	г ₀ , Ом/км	х ₀ , Ом/км	b ₀ 10 ⁻⁶ , См/км
Л2	35	АС 150/24	0,198	0,406	2,7
Л3	35	АС 120/19	0,249	0,414	2,66
Л7	35	АС 95/16	0,306	0,421	2,61
Л4	35	АС 150/24	0,198	0,406	2,7

Таблиця 8.11. Параметри ліній схеми заміщення замкненої мережі

Лінія	Провод	L, км	N	R'л, Ом	X'л, Ом	B'л 10 ⁻⁶ , См
Л1	АС120/19	22	2	2,74	4,85	113,08
Л2	АС150/24	6	1	1,19	2,44	16,20
Л3	АС120/19	1,5	1	0,37	0,62	3,99
Л4	АС150/24	7,5	1	1,49	3,05	20,25
Л5	АС95/16	18	2	2,75	3,79	93,96
Л6	АС95/16	10	2	1,53	2,11	52,20
Л7	АС95/16	19	1	5,81	8,00	49,59

8.6. Розрахунок режимів схем мережі та їх аналіз

Метою мережесих розрахунків є визначення розподілу потоків активної та реактивної потужності на ділянках мережі та фактичних напруг низьковольтних шин підстанцій. Цей розрахунок виконується для режимів максимального та мінімального навантаження та визначених аварійних режимів мережі.

У додатку Г - розрахункові схеми заміщення радіальних та замкнених мереж ПС «Янтарна» 150/35/10 кВ. Усі схеми заміщення містять 15 вузлів.

Програма Regim.exe використовує метод вузлових напруг і метод Ньютона-Рафсона для рішення системи нелінійних алгебраїчних рівнянь. Необхідні рівні напруги на шинах низької напруги (НН) забезпечуються вибором відповідних регулювальних відпайок на високій стороні триобмоткових трансформаторів, а також трансформаторів 35/10 кВ.

Регулювання напруги. Триобмотковий трансформатор (150/35/10 кВ): діапазон регулювання: $\pm 8 \times 1.5\%$ - це означає, що відпайки можуть змінювати напругу в діапазоні від -12% до +12% з кроком 1.5%. Трансформатори 35/10 кВ: діапазон регулювання: $\pm 6 \times 1.5\%$ - це означає, що відпайки можуть змінювати напругу в діапазоні від -9% до +9% з кроком 1.5%.

Максимальний режим. У максимальному режимі на шинах НН всіх підстанцій забезпечується напруга 10.5 кВ. При розрахунку режимів мережі враховуються баланс реактивної потужності (БК), встановлені на підстанціях 2, 3 і 4.

Проаналізуємо режими схем мережі.

В додатку Д приведені розрахунки режимів. В радіальній схемі у максимальному режимі втрати активної потужності сумарні (ΔP) будуть складати 432,6 кВт. Напруга при цьому забезпечується на рівні 10,5 кВ на шинах НН підстанцій. Розрахунковий коефіцієнт РП балансуєчого вузла 15

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{БП}} = 8,191 / 22,426 = 0,36, \text{ що більше заданого } \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,32, \text{ тому, для}$$

забезпечення балансу реактивної потужності можна збільшити встановлену потужність батареї конденсаторів.

Для забезпечення балансу визначаємо потужності додаткових БК

$$\Delta Q_{\text{БК}}^{\text{Дод}} = P_{\text{БП}} (\operatorname{tg} \varphi_{\text{БП.Р}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{БП}}) = 22,426 (0,536 - 0,32) = 1,014 \text{ Мвар}$$

На підстанції 4 встановлюємо додатково БК на 10 кВ 2хУКЛ57-10,5-450 (сумарна потужність БК 1800 квар)

В таблиці 8.12 приведені потужності БСК та реактивні навантаження з урахуванням коригування РП.

Таблиця 8.12. Потужності на п/ст з урахуванням КП.

п/ст	P, МВт	Q, МВар	Q _{КП} , МВар	Q- Q _{КП} , МВар
1	4,81	2,12	0,00	2,12
2	5,31	3,41	2,70	0,71
3	3,44	2,06	1,80	0,26
4	3,51	1,90	1,80	0,10
5	3,02	1,85	0,00	1,85
6	1,80	1,08	0,00	1,08
Всього	21,89	12,43	6,30	6,13

З урахуванням регулювання потужності БК розраховано режими обох схем підстанції «Янтарна».

Схема радіальна. У максимальному режимі втрати потужності становлять 417,57 кВт. Напруга на всіх вузлах навантаження забезпечується на рівні 10,5 кВ підбором відповідних відпайок. Коефіцієнт реактивної потужності 0,32. У мінімальному режимі цієї схеми необхідний рівень напруги також становить 10кВ.

Схема замкнута.

У максимальному режимі втрати активної потужності $\Delta P_{\Sigma} = 476,88$ кВт. Напруга в допустимому діапазоні. Коефіцієнт реактивної потужності збалансованого вузла 0,32. Навіть у мінімальному режимі необхідний рівень напруги становить 10 кВ.

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

Це означає, що необхідні рівні напруги забезпечуються для обох схем в усіх режимах роботи. В аварійному режимі немає потреби відключати невідповідальних споживачів.

8.7. Техніко-економічне порівняння схем електропостачання

Метою техніко-економічних розрахунків є визначення порівняльної економічності проєктованих варіантів мережі та її окремих елементів.

У додатку Е наведено результати розрахунків на основі техніко-економічного порівняння схем двох варіантів електропостачання споживачів ПС «Янтарна».

Розрахунок приведених витрат для порівнюваних варіантів.

Радіальна схема.

Сумарні капітальні вкладення

$$K_{\Sigma} = K_{\text{л}} + K_{\text{п/ст}} = 37101 + 56454 = 93555 \text{ т.грн}$$

Сумарні витрати

$$I_{\Sigma} = 6287,02 + 17577,63 = 23864,65 \text{ т.грн}$$

Розрахункові витрати

$$З_{\text{I}} = 23864,65 + 0,12 \cdot 93555 = 35091,25 \text{ т.грн.}$$

Замкнута схема.

Сумарні капітальні вкладення

$$K_{\Sigma} = K_{\text{л}} + K_{\text{п/ст}} = 39379,5 + 54774 = 94153,5 \text{ т.грн.}$$

Сумарні витрати

$$I_{\Sigma} = 7247,52 + 17241,63 = 24489,15 \text{ т.грн.}$$

Розрахункові витрати

$$З_{\text{II}} = 24489,15 + 0,12 \cdot 94153,5 = 35787,57 \text{ т.грн.}$$

Найменші розрахункові витрати має радіальна схема електропостачання, її приймаємо до виконання.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.8. Модернізація підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ

Нові технології в сфері управління електроенергією перейшли зі стадії наукових досліджень і експериментів до практичного використання. Зокрема, розроблені та впроваджені сучасні комунікаційні стандарти обміну інформацією, цифрові пристрої захисту та автоматики. Розвиток апаратних і програмних засобів систем управління відкрив можливості інноваційних підходів до вирішення завдань автоматизації та управління енергооб'єктами.

Цифрова підстанція (ЦПС) є сучасним типом енергооб'єкта, який використовує новітні інформаційні технології та міжнародні стандарти для автоматизації і управління. Відмінні характеристики ЦПС включають: інтелектуальні мікропроцесорні пристрої, вбудовані в первинне обладнання підстанції, забезпечують обробку даних на місці, підвищуючи швидкість реакції на події та аварії.

Локальні обчислювальні мережі (LAN): використовуються для комунікації між різними компонентами підстанції, забезпечують швидкий і надійний обмін даними.

Цифровий спосіб доступу до інформації: дані збираються, передаються і обробляються в цифровому форматі, забезпечується висока точність та швидкість обробки інформації, автоматизація роботи підстанції:

Всі процеси управління підстанцією автоматизовані. Мінімізується втручання людини, зменшується ймовірність помилок.

Переваги цифрових підстанцій:

- підвищення надійності - завдяки швидкому реагуванню на аварії та неполадки; зниження ймовірності збоїв через автоматичний контроль та управління;

- ефективність управління - оптимізація роботи підстанції через автоматичний аналіз даних; можливість віддаленого моніторингу та управління;

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

- зменшення експлуатаційних витрат: автоматизація процесів знижує потребу в обслуговуючому персоналі, зменшення витрат на ремонт та технічне обслуговування через превентивне управління;

- покращення якості електроенергії: підвищення стабільності та надійності постачання електроенергії; зменшення втрат електроенергії завдяки оптимізованому управлінню.

Впровадження цифрових підстанцій.

Для успішного впровадження цифрових підстанцій необхідно: сучасне обладнання - інвестувати в нові інтелектуальні пристрої та системи управління; стандартизація та сумісність - впровадження міжнародних стандартів, таких як IEC 61850, для забезпечення сумісності обладнання; підготовка персоналу - навчання та підвищення кваліфікації інженерів та технічного персоналу для роботи з новими технологіями; безпека та захист інформації - забезпечення кібербезпеки для захисту даних та систем управління від кіберзагроз.

Системи автоматизованого обліку в Новгородківському районі

Система автоматизованого обліку електроенергії (АСКУЕ) для ПрАТ «Кіровоградобленерго» розробляється з метою організації автоматичного контролю і обліку перетоків електроенергії відповідно до вимог «Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку». АСКУЕ буде використовуватись на межах балансової приналежності з Оптовим ринком електричної енергії України (ОРЕ), Центральною електроенергетичною системою (ЦЕС) та суміжними обленерго (1 рівень). Основні цілі створення АСКУЕ включають:

1) Підвищення точності обліку електроенергії: забезпечення точного вимірювання та обліку перетоків електроенергії на межах балансової приналежності; зниження втрат електроенергії завдяки точним даним обліку.

2) Автоматизація процесів обліку: автоматизація збору, обробки та передачі даних обліку електроенергії; скорочення ручної праці та зменшення ймовірності помилок при обліку.

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

3) Підвищення оперативності та достовірності даних: забезпечення оперативного доступу до даних про споживання та перетоки електроенергії; підвищення достовірності інформації для прийняття управлінських рішень.

4) Покращення контролю та управління енергоресурсами: здійснення ефективного контролю за перетоками електроенергії; оптимізація використання енергоресурсів на основі достовірних даних обліку.

5) Забезпечення відповідності нормативним вимогам.

6) Поліпшення взаємодії з ОРЕ та іншими учасниками ринку.

7) Забезпечення прозорості та точності взаєморозрахунків з ОРЕ та суміжними обленерго. Покращення комунікації та співпраці між учасниками ринку електроенергії.

Основні функції АСКУЕ:

1) Збір даних: автоматичний збір даних про споживання електроенергії з лічильників; моніторинг перетоків електроенергії на межах балансової приналежності.

2) Обробка даних: аналіз та обробка отриманих даних для забезпечення точності обліку; формування звітів про споживання та перетоки електроенергії.

3) Передача даних: автоматична передача оброблених даних до центральної системи обліку; інтеграція з інформаційними системами ОРЕ та суміжних обленерго.

4) Зберігання даних: надійне зберігання даних про споживання та перетоки електроенергії; забезпечення безпеки та захисту даних.

5) Моніторинг та контроль: оперативний моніторинг споживання та перетоків електроенергії; контроль за виконанням планових показників споживання.

Технічні засоби АСКУЕ включають комплекс обладнання та програмного забезпечення, необхідного для автоматизації процесів збору, обробки, передачі та зберігання даних обліку електроенергії на підстанціях Новгородківського РЕМ ПрАТ «Кіровоградобленерго». Основні компоненти технічних засобів АСКУЕ:

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

1. Лічильники електроенергії. Смарт-лічильники: цифрові пристрої з можливістю автоматичного зчитування та передачі даних. Смарт-лічильники можуть вимірювати активну та реактивну потужність, фіксувати профілі навантаження, а також реєструвати події та аварії. Багатотарифні лічильники: дозволяють облік електроенергії за різними тарифами в залежності від часу доби (день, ніч, пік).

2. Комунікаційні пристрої. Модеми та маршрутизатори: забезпечують передачу даних від лічильників до центральної системи обліку через різні канали зв'язку (GSM/GPRS, Ethernet, PLC). Концентратори даних: збирають дані з декількох лічильників і передають їх на центральний сервер.

3. Центральна система обліку. Сервери: потужні комп'ютери, які обробляють і зберігають великі обсяги даних, отриманих від лічильників. Базы даних: програмне забезпечення для зберігання, організації та управління даними обліку електроенергії.

4. Програмне забезпечення. Системи управління даними (MDM): програмне забезпечення для збору, обробки та аналізу даних, отриманих від лічильників. Інтерфейси користувача (GUI): графічні інтерфейси для операторів та адміністраторів системи, які дозволяють моніторити стан мережі, переглядати звіти, налаштовувати параметри системи тощо. Програмне забезпечення для обробки та аналізу даних: інструменти для створення звітів, аналізу профілів навантаження, виявлення аномалій тощо.

5. Інтеграційні модулі. Модулі інтеграції з іншими системами: забезпечують взаємодію АСКУЕ з іншими інформаційними системами, такими як SCADA, ERP, CRM, а також з системами обліку ОРЕ та суміжних обленерго.

Основні функції технічних засобів АСКУЕ

Збір даних: автоматичне зчитування показників з лічильників, реєстрація подій, таких як перевантаження, аварії, збої в роботі лічильників.

Передача даних: передача зібраних даних від лічильників через модеми та концентратори до центральної системи обліку, використання захищених каналів зв'язку для забезпечення безпеки передачі даних.

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

Обробка та аналіз даних: обробка отриманих даних на сервері, аналіз профілів навантаження та виявлення аномалій, формування звітів про споживання та перетоки електроенергії.

Зберігання даних: надійне зберігання історичних даних у базах даних, забезпечення доступності даних для аналізу та звітності.

Моніторинг та управління: оперативний моніторинг стану мережі та роботи лічильників. управління параметрами лічильників, такими як налаштування тарифів, регулювання потужності тощо.

Переваги впровадження АСКУЕ

Підвищення точності обліку електроенергії завдяки автоматизації процесів збору та обробки даних. Зниження експлуатаційних витрат через автоматизацію та оптимізацію процесів обліку. Підвищення оперативності прийняття рішень завдяки швидкому доступу до точних даних про споживання електроенергії. Поліпшення взаємодії з ОРЕ та суміжними обленерго через точність і прозорість даних обліку.

Впровадження АСКУЕ дозволяє ПрАТ «Кіровоградобленерго» ефективно управляти енергоресурсами, забезпечувати надійний облік електроенергії та виконувати нормативні вимоги, підвищуючи загальну ефективність роботи підприємства.

Розробка повинна забезпечувати побудову в майбутньому, на створеній базі АСКУЕ, охоплюючи всі розрахункові і контрольовані точки обліку на підстанціях Новгородківського РЕМ ПрАТ «Кіровоградобленерго»: облік споживання електричної енергії і перетікань між підрозділами (районами електричних сітей) - 2 рівень; облік споживання електричної енергії крупними споживачами – 3 рівень.

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

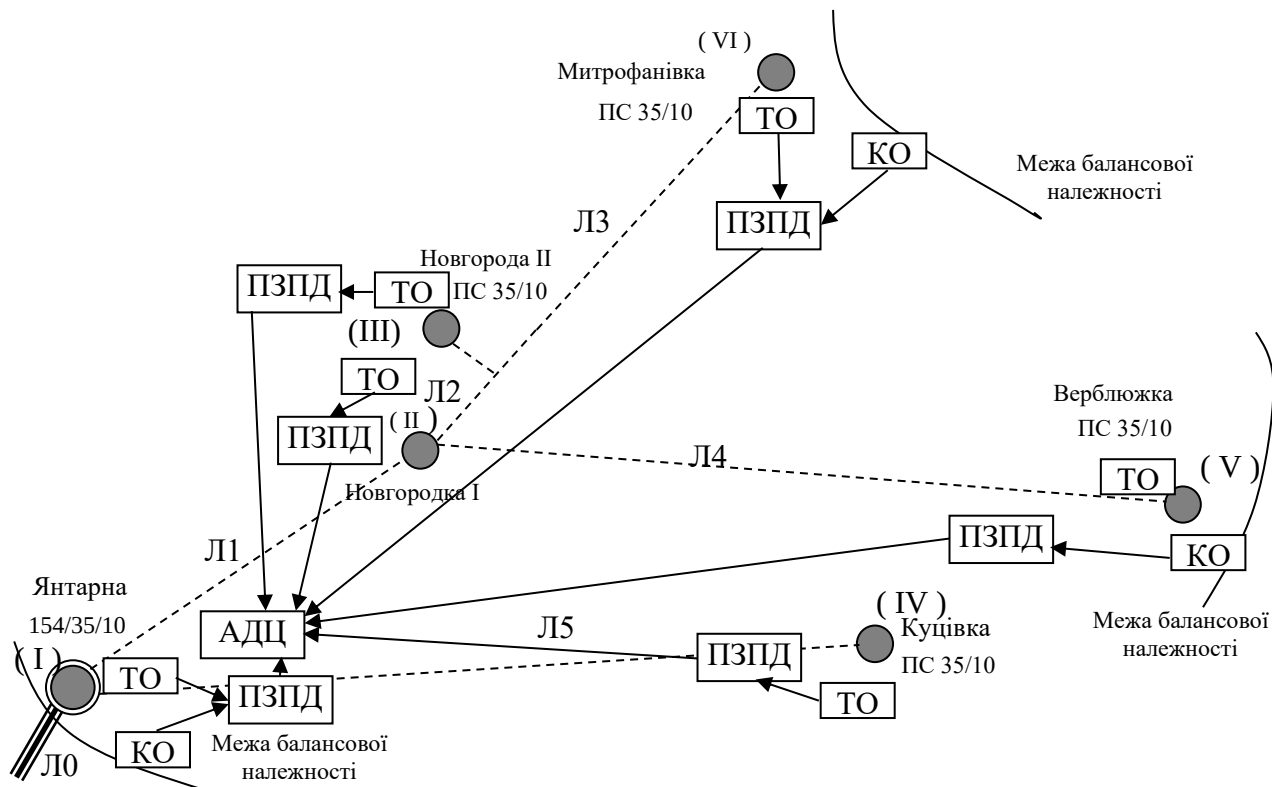


Рис. 8.3. Узагальнена схема організації обліку електроенергії в районі по границях експлуатаційної належності з іншими РЕМ
(ТО-технічний облік; КО-комерційний облік; ПЗПД – пристрої збору передачі даних;
—→ лінії зв'язку; ----- лінії електропостачання району)

РОЗДІЛ 9. ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблена система електропостачання споживачів підстанції «Янтарна» 150/35/10 кВ.

Більш детально виконаний розрахунок електричних навантажень хлібозаводу, що складає 3,3 МВт. В зв'язку з тим, що при зовнішньому електропостачанні можливий лише варіант живлення напругою 10 кВ від підстанції «Янтарна», тому техніко-економічне порівняння виконувалося для внутрішнього електропостачання: 1 варіант – живлення заводу радіальними кабельними лініями від шин 10 кВ підстанції «Янтарна»; 2 варіант – живлення радіальними лініями з встановленням РП-10 кВ на території заводу. За приведеними витратами вибрана схема живлення з встановленням РП на території.

Компенсація реактивної потужності на різних рівнях напруги, встановлення трансформаторних підстанцій потужністю 1000 кВА та використання радіальної схеми електропостачання з кабелями ААШв (3х50) забезпечують надійність та економічність роботи системи електропостачання хлібозаводу.

Обране високовольтне обладнання для РП 10 кВ хлібозаводу, включаючи вакуумні вимикачі ВР1-20 на номінальний струм 630 А, відповідає вимогам безпечної експлуатації та здатне ефективно витримувати струми короткого замикання. Встановлення лічильників Євроальфа для комерційного обліку та електронних лічильників «НИК» для технічного обліку забезпечує високий рівень точності та надійності обліку електроенергії. Це рішення дозволяє оптимізувати управління енергоспоживанням та забезпечити безперебійне функціонування системи електропостачання заводу.

При проектуванні системи електропостачання споживачів підстанції «Янтарна», з урахуванням геометричного розташування живлячої підстанції та підстанцій 35/10 кВ, були розглянуті два варіанти схем: радіальна та замкнена. Для кожного з варіантів були вибрані відповідні перерізи проводів повітряних

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ліній 35 кВ та потужності трансформаторів на підстанціях. Прийнята до виконання радіальна схема електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності та економічності для споживачів підстанцій 35/10 кВ.

При проектуванні системи електропостачання важливим є аналіз максимальних та мінімальних режимів роботи для забезпечення припустимих рівнів напруги у всіх режимах експлуатації. Для обох варіантів схем – радіальної та замкненої – був проведений детальний аналіз цих режимів. Для забезпечення припустимих рівнів напруги у всіх режимах роботи використовуються трансформатори з РПН. Це дозволяє здійснювати точне регулювання напруги для підтримання її у допустимих межах незалежно від режиму роботи.

Впровадження цифрових підстанцій представляє значний крок вперед у сфері управління електроенергією. Вони забезпечують підвищену надійність, ефективність та безпеку енергетичних систем, а також відкривають нові можливості для автоматизації та вдосконалення процесів управління. Впровадження АСКУЕ дозволить ПрАТ «Кіровоградобленерго» значно покращити точність, оперативність та достовірність обліку електроенергії, автоматизувати процеси обліку, забезпечити відповідність нормативним вимогам та покращити взаємодію з учасниками ринку електроенергії. Це сприятиме ефективному управлінню енергоресурсами та оптимізації роботи енергетичної компанії в умовах сучасного енергоринку.

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 11. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання : навч. посіб. / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.

2. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.

3. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.]; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.

4. Правила улаштування електроустановок. Відокремлений підрозділ «Науково-проектний центр розвитку Об'єднаної енергетичної системи України» державного підприємства «Національна енергетична компанія «Укренерго» (НПЦР ОЕС України). Наказ Міністерства енергетики України від 21.07.2017 №476, 2017. – 617 с.

5. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.

6. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі і системи. –К.:НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с.

7. Електричні системи і мережі. Частина 1 : навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський ; за ред. П. Д. Лежнюка. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 200 с.

8. Електричні системи та мережі. Методичні вказівки до виконання курсового проектування районної електричної мережі для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». /Укл.: А.П. Свірідов, Т.В. Величко – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 80 с.

9. Кваліфікаційна робота бакалавра : метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роб. для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. : П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш та ін.]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 80 с.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Таблиця А.1.

Добовий графік навантажень Р, Q, %

№	Робочі дні		Вихідні дні	
	Р, %	Q, %	Р, %	Q, %
1	50	50	25	35
2	50	50	25	35
3	50	50	25	35
4	55	55	25	35
5	75	75	25	35
6	75	75	25	35
7	85	85	25	35
8	95	95	20	25
9	100	100	20	25
10	95	95	20	25
11	75	75	20	25
12	65	65	20	25
13	75	75	20	25
14	85	85	20	25
15	95	95	20	25
16	95	95	20	25
17	85	85	20	25
18	85	85	25	35
19	85	85	25	35
20	75	75	25	35
21	50	50	25	35
22	45	45	25	35
23	45	45	25	35
24	50	50	25	35

Таблиця А.2.

Добовий графік навантажень P, Q, S

№	Зимові дні						Літні дні					
	Робочі дні			Вихідні дні			Робочі дні			Вихідні дні		
	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	S, кВА
1	1655	1130	2004	828	791	1145	1407	961	1704	703	673	973
2	1655	1130	2004	828	791	1145	1407	961	1704	703	673	973
3	1655	1130	2004	828	791	1145	1407	961	1704	703	673	973
4	1821	1243	2205	828	791	1145	1548	1057	1874	703	673	973
5	2483	1695	3006	828	791	1145	2110	1441	2555	703	673	973
6	2483	1695	3006	828	791	1145	2110	1441	2555	703	673	973
7	2814	1921	3407	828	791	1145	2392	1633	2896	703	673	973
8	3145	2148	3809	662	565	870	2673	1825	3237	563	480	740
9	3310	2261	4009	662	565	870	2814	1921	3407	563	480	740
10	3145	2148	3809	662	565	870	2673	1825	3237	563	480	740
11	2483	1695	3006	662	565	870	2110	1441	2555	563	480	740
12	2152	1469	2606	662	565	870	1829	1249	2215	563	480	740
13	2483	1695	3006	662	565	870	2110	1441	2555	563	480	740
14	2814	1921	3407	662	565	870	2392	1633	2896	563	480	740
15	3145	2148	3809	662	565	870	2673	1825	3237	563	480	740
16	3145	2148	3809	662	565	870	2673	1825	3237	563	480	740
17	2814	1921	3407	662	565	870	2392	1633	2896	563	480	740
18	2814	1921	3407	828	791	1145	2392	1633	2896	703	673	973
19	2814	1921	3407	828	791	1145	2392	1633	2896	703	673	973

№	Зимові дні						Літні дні					
	Робочі дні			Вихідні дні			Робочі дні			Вихідні дні		
	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	S, кВА	P, кВт	Q, кВар	S, кВА
20	2483	1695	3006	828	791	1145	2110	1441	2555	703	673	973
21	1655	1130	2004	828	791	1145	1407	961	1704	703	673	973
22	1490	1017	1804	828	791	1145	1266	865	1533	703	673	973
23	1490	1017	1804	828	791	1145	1266	865	1533	703	673	973
24	1655	1130	2004	828	791	1145	1407	961	1704	703	673	973

Таблиця А.3.

Річний графік за тривалістю P, Q

№	P, кВт	T, днів	T*P	T	№	P, кВт	T, днів	T*P	T
1	3310	147	486570	147	29	2110	105	221550	3717
2	3145	147	462315	294	30	2110	105	221550	3822
3	3145	147	462315	441	31	2110	105	221550	3927
4	3145	147	462315	588	32	1829	105	192045	4032
5	3145	147	462315	735	33	1821	147	267687	4179
6	2814	105	295470	840	34	1655	147	243285	4326
7	2814	147	413658	987	35	1655	147	243285	4473
8	2814	147	413658	1134	36	1655	147	243285	4620
9	2814	147	413658	1281	37	1655	147	243285	4767
10	2814	147	413658	1428	38	1655	147	243285	4914
11	2814	147	413658	1575	39	1548	105	162540	5019
12	2673	105	280665	1680	40	1490	147	219030	5166
13	2673	105	280665	1785	41	1490	147	219030	5313
14	2673	105	280665	1890	42	1407	105	147735	5418
15	2673	105	280665	1995	43	1407	105	147735	5523
16	2483	147	365001	2142	44	1407	105	147735	5628
17	2483	147	365001	2289	45	1407	105	147735	5733
18	2483	147	365001	2436	46	1407	105	147735	5838
19	2483	147	365001	2583	47	1266	105	132930	5943
20	2483	147	365001	2730	48	1266	105	132930	6048
21	2392	105	251160	2835	49	828	65	53820	6113
22	2392	105	251160	2940	50	828	65	53820	6178
23	2392	105	251160	3045	51	828	65	53820	6243
24	2392	105	251160	3150	52	828	65	53820	6308
25	2392	105	251160	3255	53	828	65	53820	6373
26	2152	147	316344	3402	54	828	65	53820	6438
27	2110	105	221550	3507	55	828	65	53820	6503
28	2110	105	221550	3612	56	828	65	53820	6568

№	P, кВт	T, днів	T*P	T	№	P, кВт	T, днів	T*P	T
57	828	65	53820	6633	86	662	65	43030	8280
58	828	65	53820	6698	87	563	48	27024	8328
59	828	65	53820	6763	88	563	48	27024	8376
60	828	65	53820	6828	89	563	48	27024	8424
61	828	65	53820	6893	90	563	48	27024	8472
62	828	65	53820	6958	91	563	48	27024	8520
63	703	48	33744	7006	92	563	48	27024	8568
64	703	48	33744	7054	93	563	48	27024	8616
65	703	48	33744	7102	94	563	48	27024	8664
66	703	48	33744	7150	95	563	48	27024	8712
67	703	48	33744	7198	96	563	48	27024	8760
68	703	48	33744	7246					
69	703	48	33744	7294					
70	703	48	33744	7342					
71	703	48	33744	7390					
72	703	48	33744	7438					
73	703	48	33744	7486					
74	703	48	33744	7534					
75	703	48	33744	7582					
76	703	48	33744	7630					
77	662	65	43030	7695					
78	662	65	43030	7760					
79	662	65	43030	7825					
80	662	65	43030	7890					
81	662	65	43030	7955					
82	662	65	43030	8020					
83	662	65	43030	8085					
84	662	65	43030	8150					
85	662	65	43030	8215					

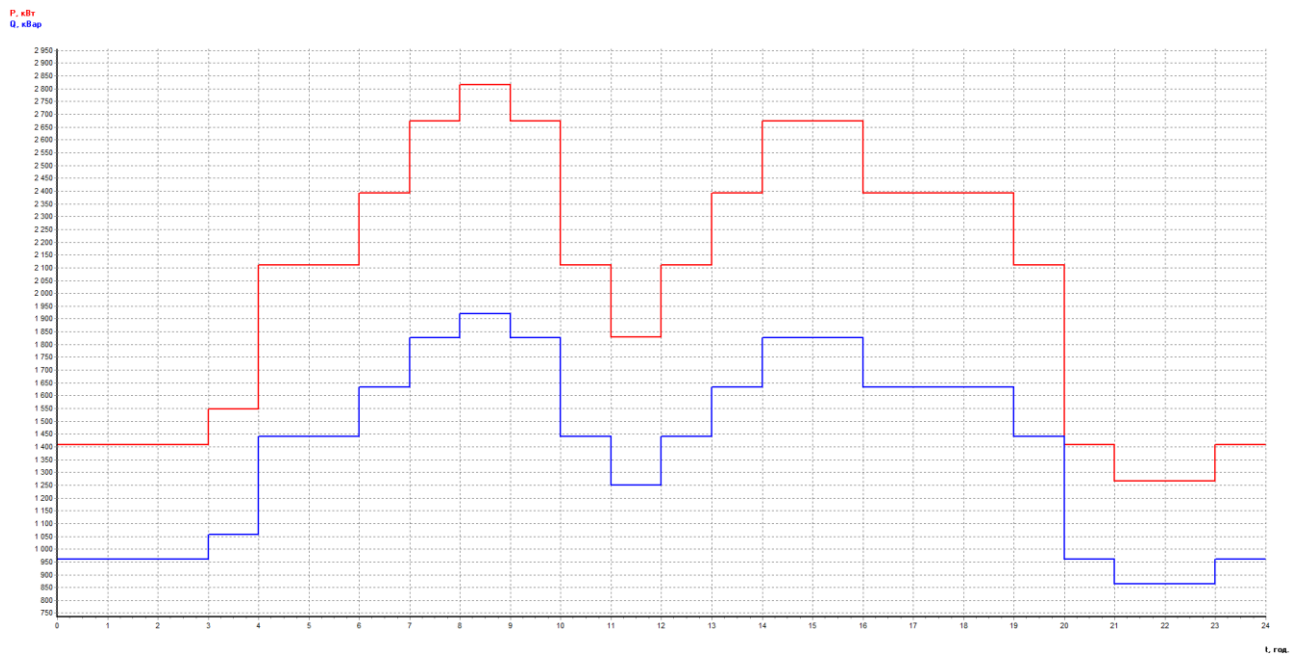


Рис.А.1. Добовий графік навантаження Р, Q (літні робочі дні)

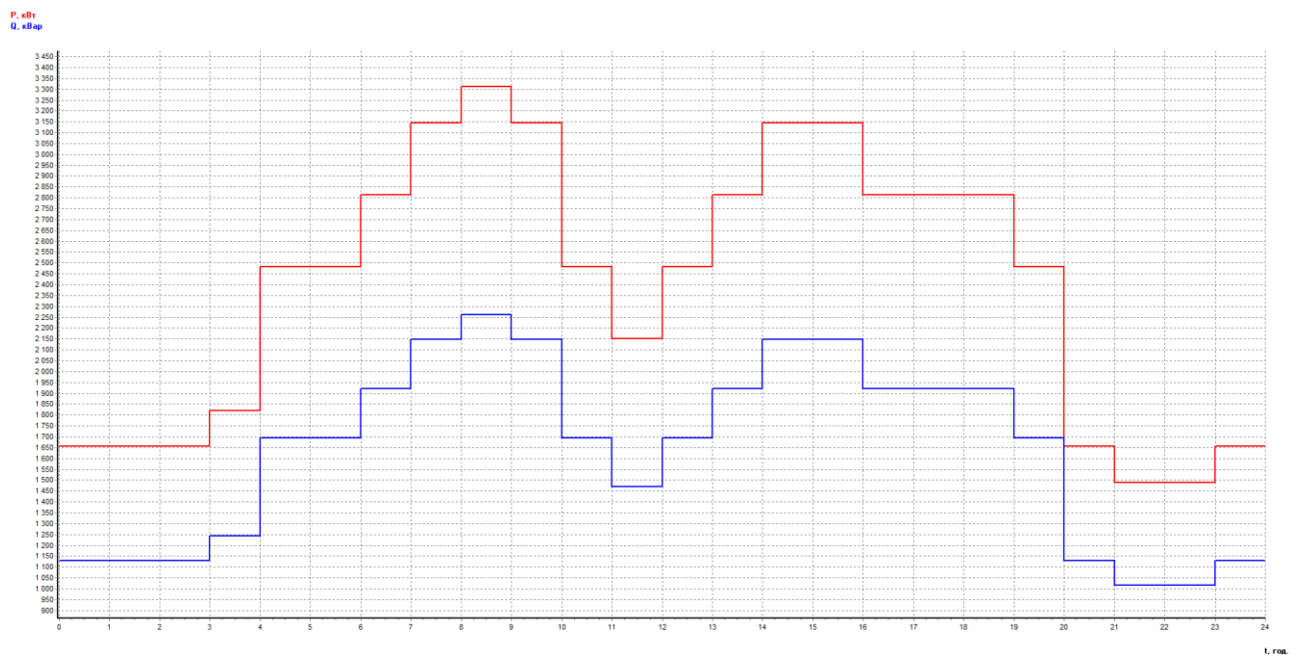


Рис.А.2. Добовий графік навантаження Р, Q (зимові робочі дні)

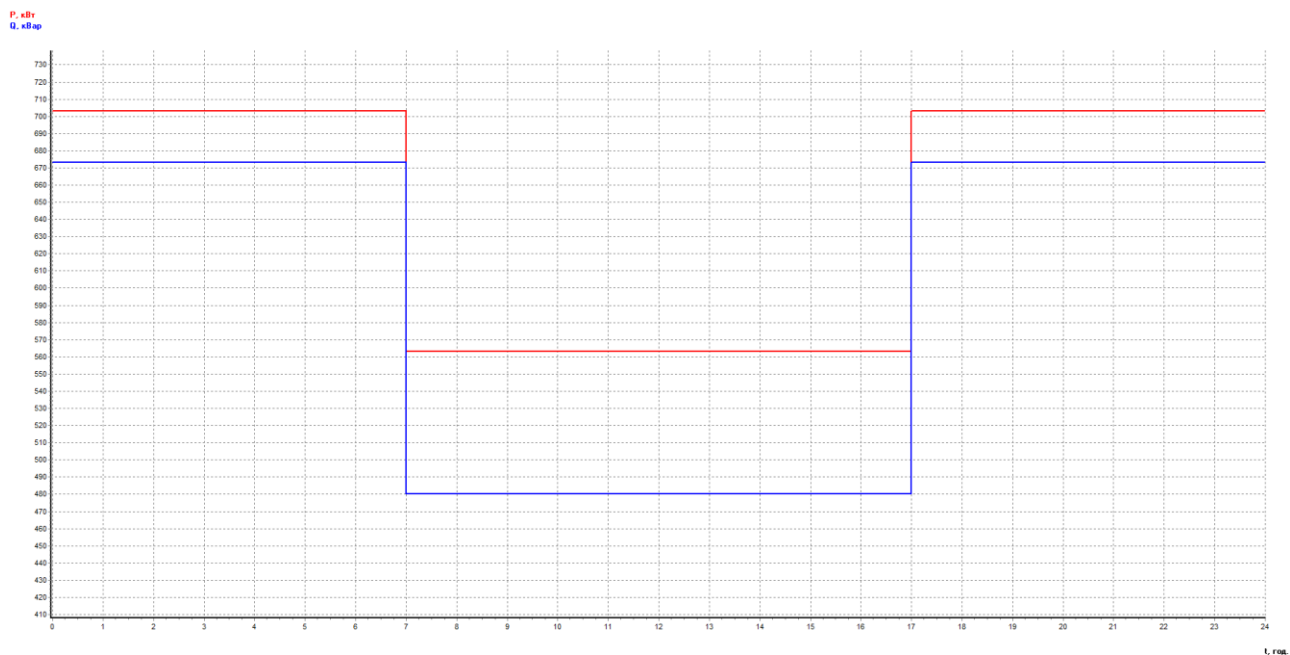


Рис.А.3. Добовий графік навантаження Р, Q (літні вихідні дні)

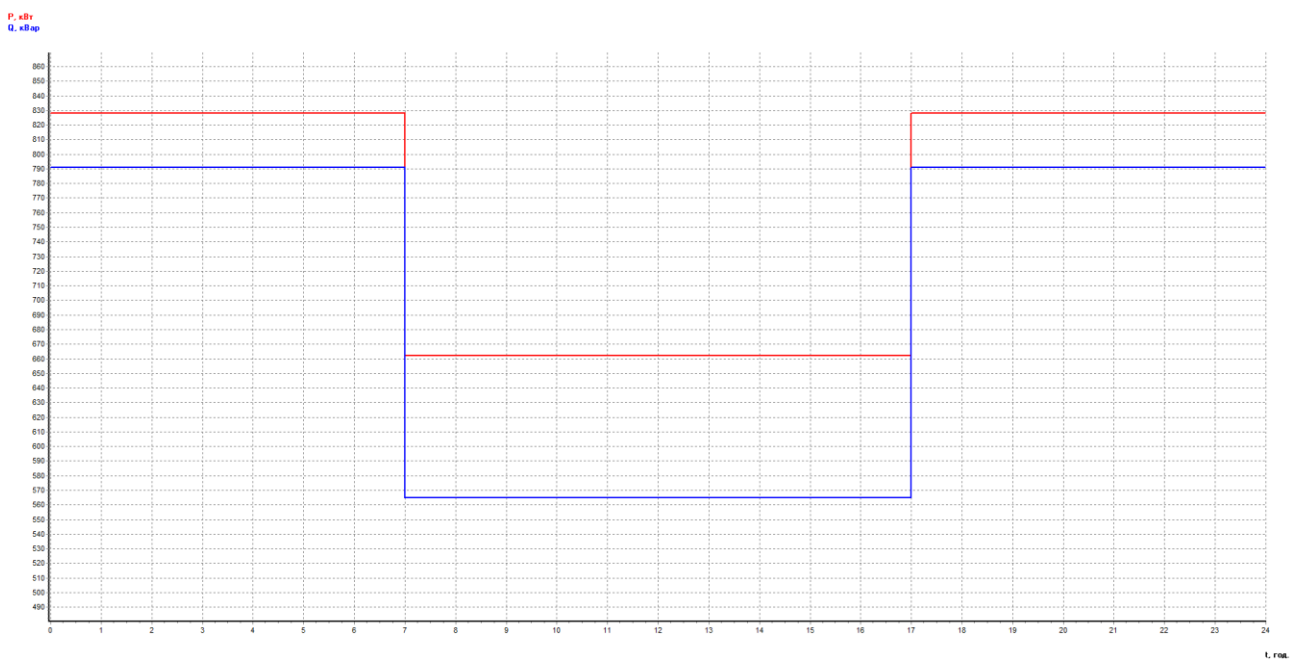


Рис.А.4. Добовий графік навантаження Р, Q (зимові вихідні дні)

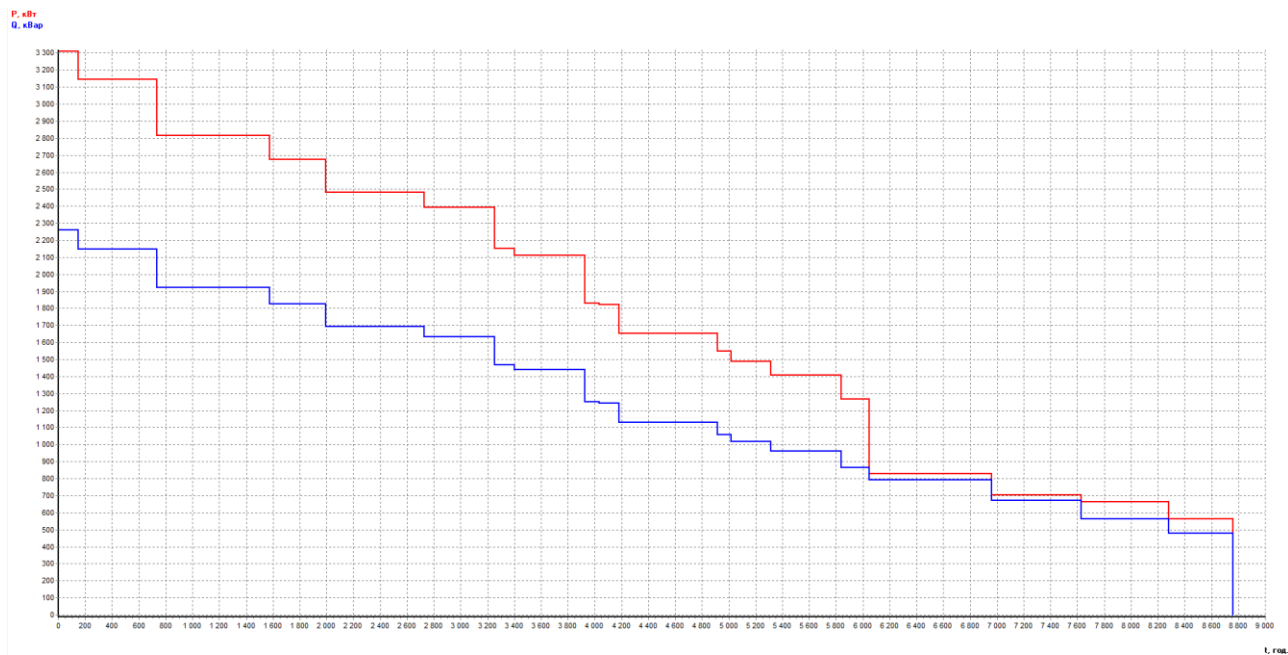


Рис.А.5. Річний графік навантаження P, Q

Таблиця Б.1. Вибір типу та потужності БК при кількості трансформаторів $N = 5$ шт.

№ КТП	К-сть т-рів	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$Q_{np}, \text{кВАр}$	$Q_{kn}, \text{кВАр}$	Кількість та потужність БК, шт.·кВАр	Сума $Q_{БК}, \text{кВАр}$	$Q_{kn} - Q_{БК}, \text{кВАр}$	K_3	$S_p, \text{кВА}$
1	2	1427,82	943,6	0	943,6	4·200;	800	143,6	0,72	1435,02
2	1	683,93	516,11	149,13	366,98	1·300;	300	66,98	0,72	717,261
3	2	1296,08	602,83	529,32	73,51	2·60;	120	-46,49	0,69	1383,09

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ складає 1220 кВАр.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ: 2·300; сумарна потужність БК 10 кВ складає 600 кВАр.

Таблиця Б.2. Вибір типу та потужності БК при кількості трансформаторів $N = 6$ шт.

№ КТП	К-сть т-рів	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$Q_{np}, \text{кВАр}$	$Q_{kn}, \text{кВАр}$	Кількість та потужність БК, шт.·кВАр	Сума $Q_{БК}, \text{кВАр}$	$Q_{kn} - Q_{БК}, \text{кВАр}$	K_3	$S_p, \text{кВА}$
1	2	1427,82	943,6	0	943,6	4·200;	800	143,6	0,72	1435,02
2	2	683,93	516,11	1221,57	0		0	0	0,43	856,814
3	2	1296,08	602,83	529,32	73,51	2·60;	120	-46,49	0,69	1383,09

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ складає 920 кВАр.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ: 2·450; сумарна потужність БК 10 кВ складає 900 кВАр.

Таблиця Б.3. Вибір типу та потужності БК при кількості трансформаторів $N = 7$ шт.

$N_{\text{КТП}}$	К-сть т-рів	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$Q_{np}, \text{кВАр}$	$Q_{kn}, \text{кВАр}$	Кількість та потужність БК, шт.·кВАр	Сума $Q_{БК}, \text{кВАр}$	$Q_{kn} - Q_{бк}, \text{кВАр}$	K_3	$S_p, \text{кВА}$
1	2	1427,82	943,6	0	943,6	4·200;	800	143,6	0,72	1435,02
2	2	683,93	516,11	1221,57	0		0	0	0,43	856,814
4,5	3	1296,08	602,83	1652,32	0		0	0	0,48	1429,42

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ складає 800 кВАр.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ: 2·150; сумарна потужність БК 10 кВ складає 300 кВАр.

Розрахунок електричних навантажень в мережі вище 1000 В хлібозаводу з урахуванням КП

72

Таблиця В.1. Вибір кабелів 10 кВ мережі хлібозаводу

№ пп	Найменування КЛ	№ тр	Sp, кВА	Ip, А	Fp, мм ²	Fст, мм ²	Fмин Т.У., мм ²	Idоп, А	Iав.р, А	Idоп', А
1	ЦРП-ТП1	2	1461,28	42,23	30,17	35	50	140	84,47	170,1
2	ЦРП-ТП2	1	738,8	42,71	30,50	35	50	140	85,41	170,1
3	ЦРП-ТП3	2	1426,77	41,24	29,45	35	50	140	82,47	170,1

Таблиця В.2 Вибір вимикачів на шинах 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
		ВР1-20/630
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
2. $I_{РАБ.МАКС} \leq I_{ном}$	$I_{РАБ.МАКС} = 193,22$ А	$I_{ном} = 630$ А
3. $I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	$I_{пт} = I'' = 2,9$ кА	$I_{отк.ном} = 20$ кА
4. $\sqrt{2}I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{отк.ном}(1 + \beta_n)$	$\sqrt{2}I_{пт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 2,9 + 0 = 3,15$ кА	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 40/100) = 39,48$ кА
5. $I'' \leq I_{дин}$	$I'' = 2,9$ кА	$I_{дин} = 20$ кА
6. $i_y \leq i_{дин}$	$i_y = 6,37$ кА	$i_{дин} = 52$ кА
7. $B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_k = 11,55$ кА ² с	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 = 1200$ кА ² с

Таблиця В.3. Вибір трансформаторів власних потреб

Електроприймачі	Встановлена потужність, кВт	Кіл-ть	P, кВт	Q, кВар
1. Опалення та освітлення приміщення	6,5	1	6,5	-
2. Зовнішнє освітлення	4,5	1	4,5	-
3. Навантаження, яке споживається оперативними ланцюгами	2,0	1	2,0	-
Всього			13,0	-

Таблиця В.4. Вибір трансформаторів струму на 10 кВ для РП

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри трансформатора
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
193,22 А	$I_{max} \leq I_{1 ном}$	200 А
6,37 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	70 кА
11,55 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	324 кА ² · с

Таблиця В.5. Вибір трансформатора струму для відходящих ліній 10 кВ

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри трансформатора
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
42,18 А	$I_{max} \leq I_{I ном}$	75 А
6,37 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	70 кА
$11,55 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I^2_{терм} t_{терм}$	$324 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця В.6. Розрахунок вторинного навантаження ТС на вводах

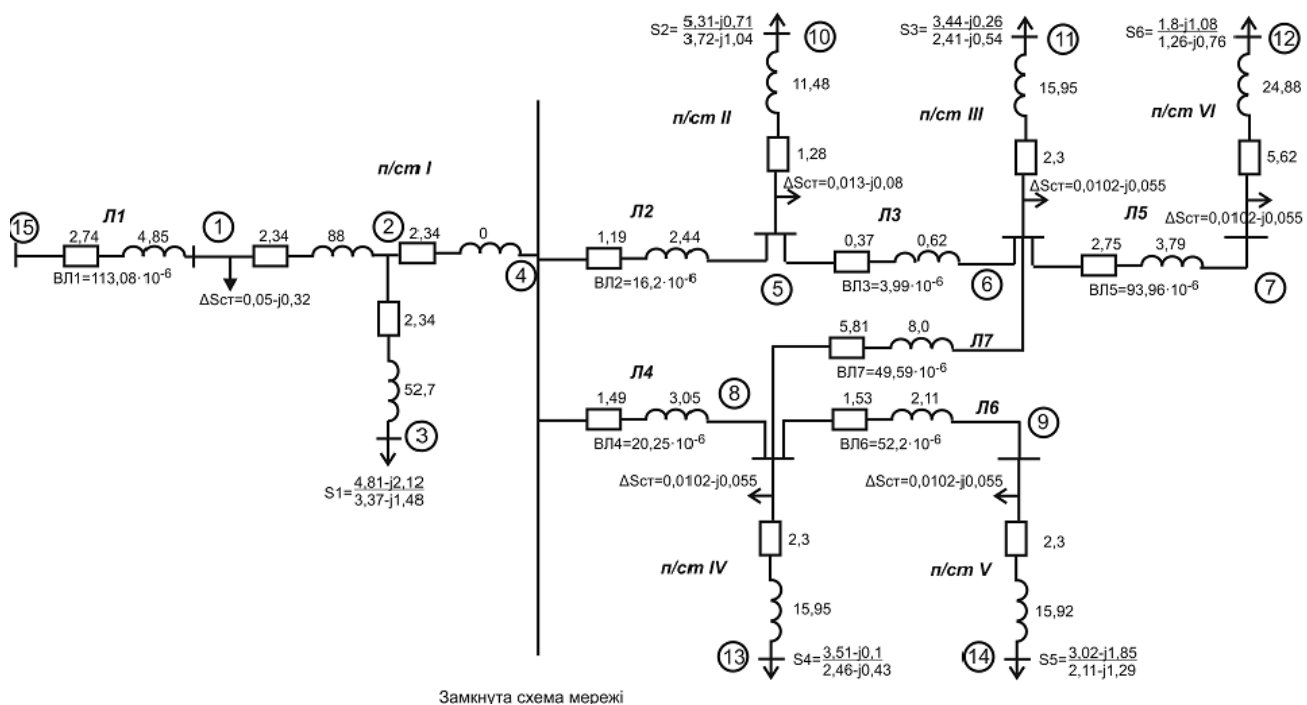
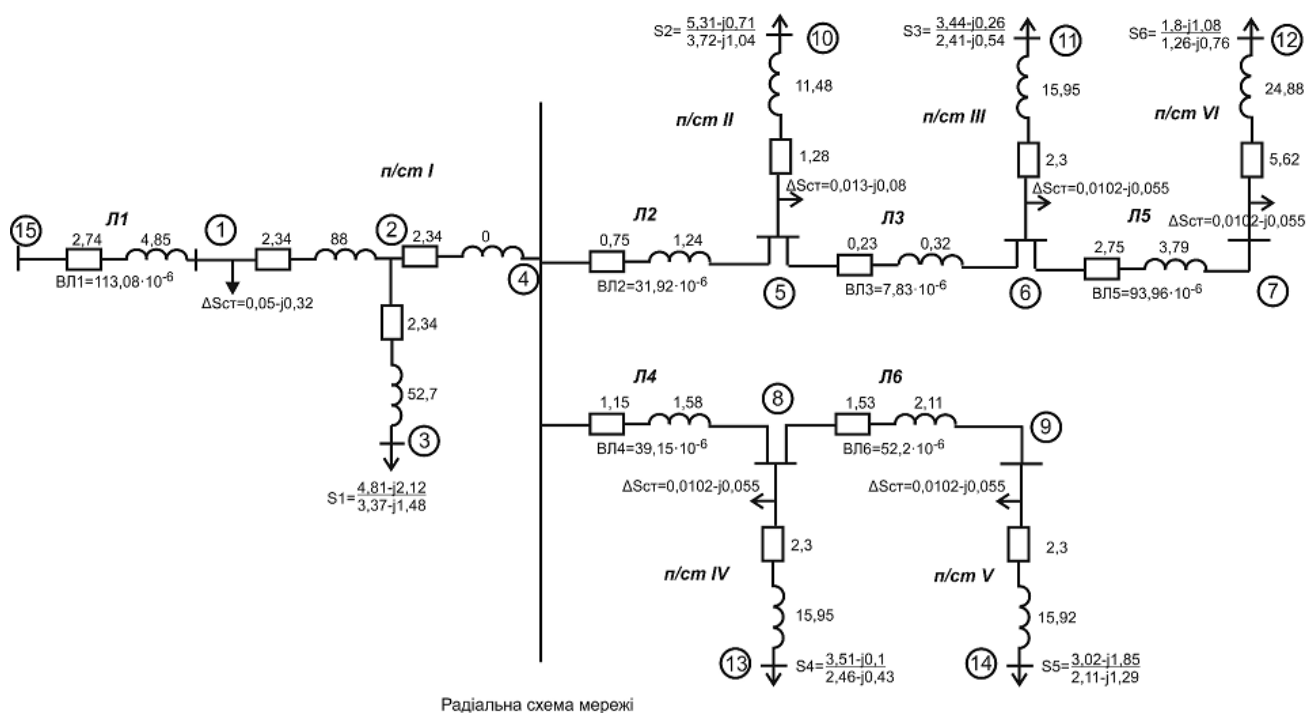
Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник типу EA05RALP2BN3W	0,5	3,6	-	3,6
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		4,1	-	3,6

Таблиця В.7. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник НІК 2303 АРТ1	1	0,05	-	0,05
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		0,55	-	0,5

Таблиця В.8. Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	Кіл-ть	S, ВА	Загальна потужність	
				ΣP , Вт	ΣQ , вар
Вольтметр (шини 10кВ)	Е335	1	2	2	-
Багатофункціональний електронний лічильник	EA05RALP2BN3W	1	3,6	3,3	1,4
Електронний лічильник	НІК 2303 АРТ1	4	10	8	39,2
Всього:				22,2	40,6



Максимальний режим. Радіальна схема мережі. Qкп=5,4 Мвар
S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	15	3	154	0	0	0	0
N - Вузли							

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	150	0.05	0.32	0	0
N	2	1	150	0.0	0.0	0	0
N	3	1	10	4.81	2.12	0	0
N	4	1	35	0	0	0	0
N	5	1	35	0.013	0.08	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	9	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	10	1	10	5.31	0.71	0	0
N	11	1	10	3.44	0.26	0	0
N	12	1	10	1.8	1.08	0	0
N	13	1	10	3.51	1.0	0	0
N	14	1	10	3.02	1.85	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	15	1	2.74	4.85	113.08
L	1	2	2.34	88	0
L	4	5	0.75	1.24	31.92
L	5	6	0.23	0.32	7.83
L	6	7	2.75	3.79	93.96
L	4	8	1.15	1.58	39.15
L	8	9	1.53	2.11	52.2

T - Трансформатори 150/35/10 , 35/10

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	Uн [кВ]	Uв [кВ]
T	3	2	2.34	52.7	11.0	154.5
T	4	2	2.34	0.01	38.5	154.5
T	10	5	1.28	11.48	11.0	37.62
T	11	6	2.3	15.95	11.0	37.62
T	12	7	5.62	24.88	11.0	36.57
T	13	8	2.3	15.95	11.0	37.1
T	14	9	2.3	15.95	11.0	36.57

Інформація по вузлам

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
15	154.00	0.0	-22.426	-8.191	0.000	0.000
1	153.30	-0.2	0.050	0.320	0.000	0.000
2	147.52	-5.1	0.000	0.000	0.000	0.000
3	10.44	-5.8	4.810	2.120	0.000	0.000
4	36.68	-5.1	0.000	-0.000	0.000	0.000
5	36.37	-5.6	0.013	0.080	0.000	0.000
6	36.32	-5.7	0.010	0.055	0.000	0.000
7	36.06	-5.8	0.010	0.055	0.000	0.000
8	36.33	-5.4	0.010	0.055	0.000	0.000
9	36.08	-5.6	0.010	0.055	0.000	0.000

10	10.50	-8.2	5.310	0.710	0.000	0.000
11	10.51	-8.1	3.440	0.260	0.000	0.000
12	10.52	-7.6	1.800	1.080	0.000	0.000
13	10.56	-7.8	3.510	1.000	0.000	0.000
14	10.53	-7.6	3.020	1.850	0.000	0.000
Баланс по пасивн. елем-м			0.432604	0.551460	0.000	0.000

"+" споживання, "-" генерація

Інформація по гілках						
N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
15	1	-22.426	-8.191	22.358	10.740	0.068605
1	2	-22.308	-10.420	22.247	8.150	0.060359
4	5	-10.737	-2.690	10.669	2.619	0.068353
5	6	-5.317	-1.574	5.312	1.577	0.005349
6	7	-1.840	-1.115	1.830	1.225	0.009947
4	8	-6.661	-3.256	6.614	3.244	0.047130
8	9	-3.070	-2.021	3.054	2.068	0.015820
3	2	4.810	2.120	-4.813	-2.188	0.003005
4	2	17.398	5.946	-17.434	-5.962	0.036504
10	5	5.310	0.710	-5.338	-0.965	0.028476
11	6	3.440	0.260	-3.461	-0.407	0.021170
12	7	1.800	1.080	-1.820	-1.170	0.020228
13	8	3.510	1.000	-3.534	-1.167	0.024137
14	9	3.020	1.850	-3.044	-2.013	0.023521

Сумарні втрати активної потужності: 0.432604

Максимальний режим. Радіальна схема мережі. Qкп=6,3 Мвар
S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	15	3	154	0	0	0	0

N - Вузли

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	150	0.05	0.32	0	0
N	2	1	150	0.0	0.0	0	0
N	3	1	10	4.81	2.12	0	0
N	4	1	35	0	0	0	0
N	5	1	35	0.013	0.08	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	9	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	10	1	10	5.31	0.71	0	0
N	11	1	10	3.44	0.26	0	0
N	12	1	10	1.8	1.08	0	0
N	13	1	10	3.51	0.1	0	0
N	14	1	10	3.02	1.85	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	15	1	2.74	4.85	113.08
L	1	2	2.34	88	0
L	4	5	0.75	1.24	31.92
L	5	6	0.23	0.32	7.83
L	6	7	2.75	3.79	93.96
L	4	8	1.15	1.58	39.15
L	8	9	1.53	2.11	52.2

Т - Трансформатори 150/35/10 , 35/10					
N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _H [кВ]	U _B [кВ]
T 3	2	2.34	52.7	11.0	154.5
T 4	2	2.34	0.01	38.5	154.5
T 10	5	1.28	11.48	11.0	37.62
T 11	6	2.3	15.95	11.0	37.62
T 12	7	5.62	24.88	11.0	36.57
T 13	8	2.3	15.95	11.0	37.62
T 14	9	2.3	15.95	11.0	36.57

Інформація по вузлам						
N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
15	154.00	0.0	-22.411	-7.173	0.000	0.000
1	153.33	-0.2	0.050	0.320	0.000	0.000
2	148.14	-5.1	0.000	-0.000	0.000	0.000
3	10.49	-5.8	4.810	2.120	0.000	0.000
4	36.84	-5.1	0.000	-0.000	0.000	0.000
5	36.53	-5.6	0.013	0.080	0.000	0.000
6	36.48	-5.7	0.010	0.055	0.000	0.000
7	36.22	-5.8	0.010	0.055	0.000	0.000
8	36.53	-5.5	0.010	0.055	0.000	0.000
9	36.28	-5.6	0.010	0.055	0.000	0.000
10	10.55	-8.2	5.310	0.710	0.000	0.000
11	10.56	-8.0	3.440	0.260	0.000	0.000
12	10.57	-7.6	1.800	1.080	0.000	0.000
13	10.59	-7.9	3.510	0.100	0.000	0.000
14	10.60	-7.6	3.020	1.850	0.000	0.000
Баланс по пасивн. елем-м			0.417571	0.432638	0.000	0.000
"+" споживання, "-" генерація						

Інформація по гілкам						
N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
15	1	-22.411	-7.173	22.345	9.725	0.066403
1	2	-22.295	-9.405	22.237	7.214	0.058275
4	5	-10.736	-2.683	10.668	2.614	0.067741
5	6	-5.317	-1.571	5.311	1.574	0.005300
6	7	-1.840	-1.113	1.830	1.224	0.009852
4	8	-6.653	-2.329	6.611	2.323	0.042213
8	9	-3.069	-2.019	3.053	2.066	0.015635
3	2	4.810	2.120	-4.813	-2.187	0.002980
4	2	17.389	5.012	-17.424	-5.027	0.035066
10	5	5.310	0.710	-5.338	-0.963	0.028225
11	6	3.440	0.260	-3.461	-0.406	0.020984
12	7	1.800	1.080	-1.820	-1.169	0.020041
13	8	3.510	0.100	-3.532	-0.250	0.021605
14	9	3.020	1.850	-3.043	-2.011	0.023249
Сумарні втрати активної потужності:						0.417571

Мінімальний режим. Радіальна схема мережі. Qкп=3,15 Мвар
S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	15	3	154	0	0	0	0

N - Вузли

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	150	0.05	0.32	0	0
N	2	1	150	0.0	0.0	0	0
N	3	1	10	3.37	1.48	0	0
N	4	1	35	0	0	0	0
N	5	1	35	0.013	0.08	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	9	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	10	1	10	3.72	1.04	0	0
N	11	1	10	2.41	0.54	0	0
N	12	1	10	1.26	0.76	0	0
N	13	1	10	2.46	0.43	0	0
N	14	1	10	2.11	1.29	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	15	1	2.74	4.85	113.08
L	1	2	2.34	88	0
L	4	5	0.75	1.24	31.92
L	5	6	0.23	0.32	7.83
L	6	7	2.75	3.79	93.96
L	4	8	1.15	1.58	39.15
L	8	9	1.53	2.11	52.2

T - Трансформатори 150/35/10 , 35/10

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	Uн [кВ]	Uв [кВ]
T	3	2	2.34	52.7	11.0	161.25
T	4	2	2.34	0.01	38.5	161.25
T	10	5	1.28	11.48	11.0	37.62
T	11	6	2.3	15.95	11.0	38.15
T	12	7	5.62	24.88	11.0	37.1
T	13	8	2.3	15.95	11.0	38.15
T	14	9	2.3	15.95	11.0	37.62

Інформація по вузлам

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
15	154.00	0.0	-15.653	-4.951	0.000	0.000
1	153.52	-0.1	0.050	0.320	0.000	0.000
2	149.39	-3.5	-0.000	0.000	0.000	0.000
3	10.15	-4.0	3.370	1.480	0.000	0.000
4	35.62	-3.5	0.000	-0.000	0.000	0.000
5	35.36	-3.9	0.013	0.080	0.000	0.000
6	35.33	-3.9	0.010	0.055	0.000	0.000
7	35.14	-4.0	0.010	0.055	0.000	0.000
8	35.38	-3.8	0.010	0.055	0.000	0.000
9	35.20	-3.9	0.010	0.055	0.000	0.000
10	10.19	-5.8	3.720	1.040	0.000	0.000
11	10.06	-5.6	2.410	0.540	0.000	0.000

12	10.19	-5.3	1.260	0.760	0.000	0.000
13	10.09	-5.5	2.460	0.430	0.000	0.000
14	10.07	-5.3	2.110	1.290	0.000	0.000
Баланс по пасивн. елем-м			0.219164	-1.209484	0.000	0.000

"+" споживання, "-" генерація

Інформація по гілках						
N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
15	1	-15.653	-4.951	15.620	7.566	0.032881
1	2	-15.570	-7.246	15.541	6.145	0.029281
4	5	-7.507	-2.703	7.469	2.681	0.037701
5	6	-3.720	-1.420	3.717	1.426	0.002919
6	7	-1.286	-0.751	1.280	0.861	0.005086
4	8	-4.645	-1.922	4.622	1.939	0.022995
8	9	-2.140	-1.373	2.132	1.427	0.008014
3	2	3.370	1.480	-3.371	-1.512	0.001432
4	2	12.152	4.625	-12.169	-4.632	0.017777
10	5	3.720	1.040	-3.736	-1.181	0.015711
11	6	2.410	0.540	-2.422	-0.620	0.011515
12	7	1.260	0.760	-1.270	-0.806	0.010298
13	8	2.460	0.430	-2.472	-0.511	0.011706
14	9	2.110	1.290	-2.122	-1.372	0.011850

Сумарні втрати активної потужності: 0.219164

Максимальний режим. Замкнута схема мережі. Qкп=6,3 Мвар
S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	15	3	154	0	0	0	0
N - Вузли							

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	150	0.05	0.32	0	0
N	2	1	150	0.0	0.0	0	0
N	3	1	10	4.81	2.12	0	0
N	4	1	35	0	0	0	0
N	5	1	35	0.013	0.08	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	9	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	10	1	10	5.31	0.71	0	0
N	11	1	10	3.44	0.26	0	0
N	12	1	10	1.8	1.08	0	0
N	13	1	10	3.51	0.1	0	0
N	14	1	10	3.02	1.85	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	15	1	2.74	4.85	113.08
L	1	2	2.34	88	0
L	4	5	1.19	2.44	16.2
L	5	6	0.37	0.62	3.99
L	6	7	2.75	3.79	93.96
L	4	8	1.49	3.05	20.25
L	8	9	1.53	2.11	52.2
L	6	8	5.81	8.0	49.59

Т - Трансформатори 150/35/10 , 35/10					
N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _H [кВ]	U _B [кВ]
T 3	2	2.34	52.7	11.0	154.5
T 4	2	2.34	0.01	38.5	154.5
T 10	5	1.28	11.48	11.0	37.62
T 11	6	2.3	15.95	11.0	37.62
T 12	7	5.62	24.88	11.0	36.57
T 13	8	2.3	15.95	11.0	37.62
T 14	9	2.3	15.95	11.0	36.57

Інформація по вузлам						
N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
15	154.00	0.0	-22.471	-7.368	0.000	0.000
1	153.33	-0.2	0.050	0.320	0.000	0.000
2	148.02	-5.1	-0.000	-0.000	0.000	0.000
3	10.48	-5.8	4.810	2.120	0.000	0.000
4	36.81	-5.1	-0.000	0.000	0.000	0.000
5	36.30	-6.1	0.013	0.080	0.000	0.000
6	36.22	-6.2	0.010	0.055	0.000	0.000
7	35.96	-6.3	0.010	0.055	0.000	0.000
8	36.32	-5.9	0.010	0.055	0.000	0.000
9	36.07	-6.1	0.010	0.055	0.000	0.000
10	10.48	-8.7	5.310	0.710	0.000	0.000
11	10.48	-8.6	3.440	0.260	0.000	0.000
12	10.49	-8.1	1.800	1.080	0.000	0.000
13	10.53	-8.4	3.510	0.100	0.000	0.000
14	10.53	-8.1	3.020	1.850	0.000	0.000
Баланс по пасивн. елем-м			0.476882	0.627730	0.000	0.000
"+" споживання, "-" генерація						

Інформація по гілках						
N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
15	1	-22.471	-7.368	22.404	9.919	0.067099
1	2	-22.354	-9.599	22.295	7.384	0.058908
4	5	-10.152	-2.799	10.055	2.621	0.097461
5	6	-4.703	-1.574	4.696	1.568	0.006910
6	7	-1.841	-1.116	1.831	1.225	0.010009
4	8	-7.294	-2.382	7.229	2.277	0.064827
8	9	-3.070	-2.022	3.054	2.068	0.015834
6	8	0.616	0.011	-0.618	0.052	0.001682
3	2	4.810	2.120	-4.813	-2.187	0.002985
4	2	17.446	5.181	-17.482	-5.197	0.035523
10	5	5.310	0.710	-5.339	-0.966	0.028596
11	6	3.440	0.260	-3.461	-0.408	0.021292
12	7	1.800	1.080	-1.820	-1.170	0.020352
13	8	3.510	0.100	-3.532	-0.252	0.021863
14	9	3.020	1.850	-3.044	-2.013	0.023542
Сумарні втрати активної потужності:						0.476882

Мінімальний режим. Замкнута схема мережі. Qкп=3,15 Мвар
S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	15	3	154	0	0	0	0

N - Вузли

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	150	0.05	0.32	0	0
N	2	1	150	0.0	0.0	0	0
N	3	1	10	3.37	1.48	0	0
N	4	1	35	0	0	0	0
N	5	1	35	0.013	0.08	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	9	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	10	1	10	3.72	1.04	0	0
N	11	1	10	2.41	0.54	0	0
N	12	1	10	1.26	0.76	0	0
N	13	1	10	2.46	0.43	0	0
N	14	1	10	2.11	1.29	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	15	1	2.74	4.85	113.08
L	1	2	2.34	88	0
L	4	5	1.19	2.44	16.2
L	5	6	0.37	0.62	3.99
L	6	7	2.75	3.79	93.96
L	4	8	1.49	3.05	20.25
L	8	9	1.53	2.11	52.2
L	6	8	5.81	8.0	49.59

T - Трансформатори 150/35/10 , 35/10

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	Uн [кВ]	Uв [кВ]
T	3	2	2.34	52.7	11.0	161.25
T	4	2	2.34	0.01	38.5	161.25
T	10	5	1.28	11.48	11.0	37.62
T	11	6	2.3	15.95	11.0	38.15
T	12	7	5.62	24.88	11.0	37.1
T	13	8	2.3	15.95	11.0	38.15
T	14	9	2.3	15.95	11.0	37.62

Інформація по вузлам

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
15	154.00	0.0	-15.685	-5.047	0.000	0.000
1	153.52	-0.1	0.050	0.320	0.000	0.000
2	149.34	-3.5	0.000	0.000	0.000	0.000
3	10.15	-4.0	3.370	1.480	0.000	0.000
4	35.60	-3.5	0.000	-0.000	0.000	0.000
5	35.18	-4.2	0.013	0.080	0.000	0.000
6	35.13	-4.3	0.010	0.055	0.000	0.000
7	34.94	-4.4	0.010	0.055	0.000	0.000
8	35.22	-4.1	0.010	0.055	0.000	0.000
9	35.04	-4.2	0.010	0.055	0.000	0.000
10	10.14	-6.1	3.720	1.040	0.000	0.000

11	10.01	-6.0	2.410	0.540	0.000	0.000
12	10.13	-5.7	1.260	0.760	0.000	0.000
13	10.05	-5.9	2.460	0.430	0.000	0.000
14	10.02	-5.7	2.110	1.290	0.000	0.000

Баланс по пассивн. элем-м			0.251097	-1.113069	0.000	0.000

"+" споживання, "-" генерація						

Інформація по гілках						
N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
15	1	-15.685	-5.047	15.652	7.662	0.033137
1	2	-15.602	-7.342	15.572	6.232	0.029519
4	5	-7.083	-2.679	7.029	2.589	0.053886
5	6	-3.280	-1.326	3.276	1.325	0.003743
6	7	-1.286	-0.753	1.281	0.861	0.005151
4	8	-5.100	-2.033	5.065	1.985	0.035497
8	9	-2.140	-1.375	2.132	1.428	0.008094
6	8	0.442	0.104	-0.442	-0.044	0.000943
3	2	3.370	1.480	-3.371	-1.512	0.001433
4	2	12.183	4.712	-12.201	-4.719	0.017957
10	5	3.720	1.040	-3.736	-1.182	0.015878
11	6	2.410	0.540	-2.422	-0.621	0.011651
12	7	1.260	0.760	-1.270	-0.806	0.010423
13	8	2.460	0.430	-2.472	-0.512	0.011818
14	9	2.110	1.290	-2.122	-1.373	0.011968
Суммарные потери активной мощности:						0.251097

Таблиця Е.1 . Розрахунок капітальних вкладень та витрат на амортизацію в лініях радіальної схеми

Лінія	Марка проводу	$U_{ном}, кВ$	$L, км$	$N, шт.$	Тип опори	$K_{л.уд.}, тис. грн.$	$K_{л.}, тис. грн.$	ал+рл+ол %	$I_{а.}, тис. грн.$
Л1	АС120/19	150	22,0	2	ж/б	552,00	12144,00	10	1214,40
Л2	АС120/19	35	6,0	2	ж/б	552,00	3312,00	10	331,20
Л3	АС95/16	35	1,5	2	ж/б	585,00	877,50	10	87,75
Л4	АС95/16	35	7,5	2	ж/б	585,00	4387,50	10	438,75
Л5	АС95/16	35	18,0	2	ж/б	585,00	10530,00	10	1053,00
Л6	АС95/16	35	10,0	2	ж/б	585,00	5850,00	10	585,00
Сума							37101,00		3710,10

Таблиця Е.2. Розрахунок капіт вкладень та витрат на амортизацію підстанції радіальної схеми

п/ст	Тип трансформатора	N	$K'_{т.}, тис. грн.$	$K_{т.}, тис. грн.$	$N_{в} 150 кВ$	$N_{в} 35 кВ$	$K_{в.}, тис. грн.$	$Q_{ку}, МВАр$	$K_{ку}, тис. грн.$	$K_{ПЗ}, тис. грн.$	$K_{п/ст.}, тис. грн.$	$I_{а} п/ст. тис. грн.$
1	ТДТН-16000/150	2	2490,00	4980,00	5	7	13440	0	0,00	8100	26520,0	5304,00
2	ТМН-4000/35	2	771,00	1542,00	-	7	2940	2,70	648,00	2100	7230,0	1446,00
3	ТМН-2500/35	2	636,00	1272,00	-	7	2940	1,80	432,00	2100	6744,0	1348,80
4	ТМН-2500/35	2	636,00	1272,00	-	7	2940	1,80	432,00	2100	6744,0	1348,80
5	ТМН-2500/35	2	636,00	1272,00	-	3	1260	0,00	0,00	2100	4632,0	926,40
6	ТМН-1600/35	2	612,00	1224,00	-	3	1260	0,00	0,00	2100	4584,0	916,80
Сума				11562,00			24780	6,3	1512,00	18600	56454,0	11290,80

Таблиця Е.3. Вартість втрат електроенергії в лінії радіальної мережі

Лінія	Провід	$\Delta P, МВт$	$\tau_{нб.}, год.$	$\Delta W_{л.} \cdot 10^6, кВт \cdot год.$	$I'_{э.л.}, тис. грн.$	$I_{а.л.}, тис. грн.$	$I_{э.л.} + I_{а.}, тис. грн.$
Л1	АС120/19	0,066	3150,9	0,208	833,709	1214,40	2048,109
Л2	АС120/19	0,067	3150,9	0,211	846,341	331,20	1177,541
Л3	АС95/16	0,005	3150,9	0,016	63,160	87,75	150,910
Л4	АС95/16	0,042	3150,9	0,132	530,542	438,75	969,292
Л5	АС95/16	0,009	3150,9	0,028	113,688	1053,00	1166,688
Л6	АС95/16	0,015	3150,9	0,047	189,479	585,00	774,479
Сума		0,204		0,643	2576,919	3710,10	6287,019

Таблиця Е.4 . Вартість втрат електроенергії в трансформаторах радіальної схеми електропостачання

п/ст	Тип трансформатора	N	$\Delta P_{т.}, МВт$	$\tau_{нб.}, год.$	$\Delta W_{т.} \cdot 10^6, кВт \cdot год.$	$I_{\Delta W_{т.}}, тис. грн.$	$\Delta P_{х.}, кВт$	$\Delta W_{т.}', кВт \cdot год.$	$I_{\Delta W_{т.}'}, тис. грн.$	$\Delta W_{т.} + I_{\Delta W_{т.}'}, тис. грн.$	$I_{а} п/ст. тис. грн.$	$I_{сум} п/ст. тис. грн.$
1	ТДТН-16000/150	2	0,10	3150,9	0,302	1212,67	25	438000	1755,94	2968,61	5304,00	8272,61
2	ТМН-4000/35	2	0,03	3150,9	0,088	353,69	6,7	117384	470,592	824,29	1446,00	2270,29
3	ТМН-2500/35	2	0,02	3150,9	0,063	252,64	5,1	89352	358,212	610,85	1348,80	1959,65
4	ТМН-2500/35	2	0,02	3150,9	0,066	265,27	5,1	89352	358,212	623,48	1348,80	1972,28
5	ТМН-2500/35	2	0,02	3150,9	0,072	290,54	5,1	89352	358,212	648,75	926,40	1575,15
6	ТМН-1600/35	2	0,02	3150,9	0,063	252,64	5,1	89352	358,212	610,85	916,80	1527,65
Сума			0,21		0,655	2627,45		912792		6286,83	11290,80	17577,63

Таблиця Е.5 . Розрахунок капітальних вкладень та витрат на амортизацію в лініях замкнутої схеми

Лінія	Марка проводу	$U_{ном}, кВ$	$L, км$	$N, шт.$	Тип опори	$K_{л.уд.}, тис. грн.$	$K_{л.}, тис. грн.$	ал+рл+ол %	$I_{а.}, тис. грн.$
Л1	АС120/19	150	22,0	2	ж/б	552,00	12144,00	10	1214,40
Л2	АС150/24	35	6,0	1	ж/б	248,00	1488,00	10	148,80
Л3	АС120/19	35	1,5	1	ж/б	369,00	553,50	10	55,35
Л4	АС150/24	35	7,5	1	ж/б	248,00	1860,00	10	186,00
Л5	АС95/16	35	18,0	2	ж/б	585,00	10530,00	10	1053,00
Л6	АС95/16	35	10,0	2	ж/б	585,00	5850,00	10	585,00
Л7	АС95/16	35	19,0	1	ж/б	366,00	6954,00	10	695,40
Сума							39379,50		3937,95

Таблиця Е.6. Розрахунок капіт вкладень та витрат на амортизацію підстанції замкнутої схеми

п/ст	Тип трансформатора	N	$K'_{т.}, тис. грн.$	$K_{т.}, тис. грн.$	$N_{в} 150 кВ$	$N_{в} 35 кВ$	$K_{в.}, тис. грн.$	$Q_{ку}, МВАр$	$K_{ку}, тис. грн.$	$K_{ПЗ}, тис. грн.$	$K_{п/ст.}, тис. грн.$	$I_{а} п/ст. тис. грн.$
1	ТДТН-16000/150	2	2490,00	4980,00	5	5	12600	0	0,00	8100	25680,0	5136,00
2	ТМН-4000/35	2	771,00	1542,00	-	5	2100	2,70	648,00	2100	6390,0	1278,00
3	ТМН-2500/35	2	636,00	1272,00	-	7	2940	1,80	432,00	2100	6744,0	1348,80
4	ТМН-2500/35	2	636,00	1272,00	-	7	2940	1,80	432,00	2100	6744,0	1348,80
5	ТМН-2500/35	2	636,00	1272,00	-	3	1260	0,00	0,00	2100	4632,0	926,40
6	ТМН-1600/35	2	612,00	1224,00	-	3	1260	0,00	0,00	2100	4584,0	916,80
Сума				11562,00			23100	6,3	1512,00	18600	54774,0	10954,80

Таблиця Е.7 . Вартість втрат електроенергії в лінії замкнутої мережі

Лінія	Провід	$\Delta P, МВт$	$\tau_{нб.}, год.$	$\Delta W_{л.} \cdot 10^6, кВт \cdot год.$	$I'_{э.л.}, тис. грн.$	$I_{а.л.}, тис. грн.$	$I_{э.л.} + I_{а.}, тис. грн.$
Л1	АС120/19	0,067	3150,9	0,211	846,341	1214,40	2060,741
Л2	АС150/24	0,097	3150,9	0,306	1225,300	148,80	1374,100
Л3	АС120/19	0,007	3150,9	0,022	88,424	55,35	143,774
Л4	АС150/24	0,064	3150,9	0,202	808,445	186,00	994,445
Л5	АС95/16	0,010	3150,9	0,032	126,320	1053,00	1179,320
Л6	АС95/16	0,015	3150,9	0,047	189,479	585,00	774,479
Л7	АС95/16	0,002	3150,9	0,006	25,264	695,40	720,664
Сума		0,262		0,826	3309,573	3937,95	7247,523

Таблиця Е.8. Вартість втрат електроенергії в трансформаторах радіальної схеми електропостачання

п/ст	Тип трансформатора	N	$\Delta P_{т.}, МВт$	$\tau_{нб.}, год.$	$\Delta W_{т.} \cdot 10^6, кВт \cdot год.$	$ИД W_{т.}, тис. грн.$	$\Delta P_{х.}, кВт$	$\Delta W_{т.}', кВт \cdot год.$	$ИД W_{т.}', тис. грн.$	$\Delta W_{т.} + ИД W_{т.}', тис. грн.$	$I_{а} п/ст. тис. грн.$	$I_{сум} п/ст. тис. грн.$
1	ТДТН-16000/150	2	0,10	3150,9	0,302	1212,67	25	438000	1755,94	2968,61	5136,00	8104,61
2	ТМН-4000/35	2	0,03	3150,9	0,088	353,69	6,7	117384	470,592	824,29	1278,00	2102,29
3	ТМН-2500/35	2	0,02	3150,9	0,063	252,64	5,1	89352	358,212	610,85	1348,80	1959,65
4	ТМН-2500/35	2	0,02	3150,9	0,066	265,27	5,1	89352	358,212	623,48	1348,80	1972,28
5	ТМН-2500/35	2	0,02	3150,9	0,072	290,54	5,1	89352	358,212	648,75	926,40	1575,15
6	ТМН-1600/35	2	0,02	3150,9	0,063	252,64	5,1	89352	358,212	610,85	916,80	1527,65
Сума			0,21		0,655	2627,45		912792		6286,83	10954,80	17241,63