

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук, професор
_____ Петро ПЛІШКОВ
“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування системи електропостачання заводу хлібопекарських виробів Design of the power supply system of the bakery product plant»

Виконав здобувач
IV курсу групи ЕЕ-20-ЗСК
спеціальності 141«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Є. Подопрігора
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи
канд. техн. наук, професор
_____ А. Орлович
« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ П. Плешков

«_____» _____ 2023 р.

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

Подопригори Євгена Сергійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: Проектування системи енергопостачання заводу
хлібопекарських виробів

Design of the power supply system of the bakery product plant

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

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Робота присвячена розробці сучасної системи електропостачання заводу хлібопекарських виробів, яка задовольняє вимогам економічності та надійності роботи. З цією метою було проведено:

1. Провести розрахунок електричних навантажень.
2. Провести розрахунок картограми електричних навантажень.
3. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем зовнішнього і внутрішнього електропостачання.
6. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання.
7. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства.
8. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання.
9. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>канд. техн. наук, проф. А. Орлович</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>8.05.2023</i>	
2	<i>Картограма електричних та теплових навантажень</i>	<i>11.05.2023</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	<i>12.05.2023</i>	
4	<i>Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації</i>	<i>17.05.2023</i>	
5	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>15.05.2023</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір обладнання</i>	<i>17.05.2023</i>	
7	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>20.05.2023</i>	
8	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>25.05.2023</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки роботи</i>	<i>27.05.2023</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини роботи</i>	<i>31.05.2023</i>	

Дата видачі завдання

Підпис керівника _____

« ____ » _____ 2023 р.

Завдання прийнято до виконання

Підпис здобувача _____

« ____ » _____ 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 63 с.; 12 рис.; 34 табл.; 9 джерел

Подопригора Є.С. Розробка системи електропостачання заводу хлібопекарських виробів. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Робота присвячена розробці сучасної системи електропостачання заводу хлібопекарських виробів, яка задовольняє вимогам економічності та надійності роботи. З цією метою було проведено основні техніко-економічні розрахунки: електричних навантажень, режимів реактивної потужності, струмів коротких замикань. Здійснено вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання станції, трансформаторних підстанцій, конденсаторних установок, струмопроводів, високовольтного обладнання.

В цьому проекті мова піде про впровадження на заводі сонячної електростанції та вакуумного сонячного колектору. Запропоновані і зазначені в роботі параметри геліоколектор прийнятого до встановлення. За розташуванням заводу пораховано оптимальну кількість трубок геліосистеми для забезпечення гарячого водопостачання. Виконано розрахунок розширювального баку та баку акумулятора. На позитивне сальдо завод виходить вже на шостий рік експлуатації встановленого обладнання.

Ключові слова: електронавантаження, картограма навантажень, комплектна трансформаторна підстанція, струми КЗ, електричне обладнання, високовольтний вимикач, вимикач навантаження, магістральний шинопровід, трансформатор напруги, трансформатор струму, лічильник електричної енергії

ABSTRACT

Qualification work: 63 p.; 12 Fig.; 34 tables; 9 sources

Podoprigora E.S. Design of the power supply system of the bakery product plant. – Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The work is devoted to the development of a modern power supply system for a bakery factory that meets the requirements of economy and reliability of work. For this purpose, basic technical and economic calculations were carried out: electrical loads, reactive power modes, short-circuit currents. The selection of schemes for external and internal power supply of the station, transformer substations, capacitor units, power lines, high-voltage equipment was made.

In this project, we will talk about the introduction of a solar power plant and a vacuum solar collector at the plant. The parameters of the solar collector accepted for installation are proposed and indicated in the work. Based on the location of the plant, the optimal number of solar system tubes to ensure hot water supply was calculated. The calculation of the expansion tank and the battery tank is done. The plant has a positive balance already in the sixth year of operation of the installed equipment.

Keywords: electronic load, load map, complete transformer substation, short-circuit currents, electrical equipment, high-voltage switch, load switch, main busbar, voltage transformer, current transformer, electric energy meter.

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	
1.1 Розрахунок силових електронавантажень в мережі напругою до 1 кВ	
1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень.....	
1.3 Електронавантаження заводу в мережі вище 1кВ	
1.4 Графіки електричних навантажень	
РОЗДІЛ 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	
3.1 Вибір напруги і схеми зовнішнього електропостачання	
3.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання	
РОЗДІЛ 4. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	
4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації	
4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності.....	
РОЗДІЛ 5. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ.....	
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	
6.1 Розрахунок струмів КЗ та вибір струмопровідних пристроїв силових мереж заводу хлібопекарських виробів.....	
6.2 Вибір електрообладнання	
РОЗДІЛ 7. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАВОДУ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВИРОБІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ	
7.1 Використання системи гарячого водопостачання на базі вакуумного сонячного колектора.....	
7.1.1 Розрахунок кліматичні характеристики для об'єкту проектування	
7.1.2 Розрахунок розширювального бака	
7.1.3 Вибір бака акумулятора	
7.1 Розрахунок економічної ефективності від запропонованих заходів	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	

					ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата											
Розроб.		ПодопригораЄ			Проектування системи електропостачання заводу хлібопекарських виробів					Літ.	Аркуш	Аркушів			
Перев.		Орлович А.Ю.										5	63		
										ЦНТУ гр. ЕЕ-20-3СК					
Н. контр.		Орлович А.Ю.													
Затвер.		Плещиков П.Г.													

ВСТУП

Завод хлібопекарський виробів розташований у Кропивницькому районі прийнятий до проектування в даній роботі має проектну потужність 16 тонн хлібобулочних виробів, займає земельну ділянку площею 2,08 гектара. Живлення заводу може бути здійснено від шин 10 кВ підстанції 35/10 кВ, яка розташована на відстані 2,4 км . Така проектна потужність заводу повністю задовольняє попит споживачів. Виробниче обладнання розташоване на трьох ділянках, кожна на окремому поверсі. Працює у дві зміни.

В широкому асортименті передбачається випуск хлібобулочних виробів. Постійно зберігається попит на кондитерські вироби. Для зберігання муки було розроблено окрему стоячу будівлю, що примикає до основної будівлі заводу. З запасом на 200 тонн. Склад муки складається з восьми бункерів діаметром 3 метри кожний. Бункер встановлений на монолітну залізобетонну плиту. Дана конструкція дозволяє зберігати кілька видів муки одночасно. Всі етапи зберігання чи транспортування муки на цьому заводі автоматизовані. Для транспортування муки використовується аерозольний транспорт.

Бункери для муки обладнані вагодозуючим пристроєм з датчиками. Це дозволяє дистанційно керувати кількістю муки, яка надходить та зберігається на складі. Датчиків доз вторинного приладу дозволяють передавати наперед зазначену кількість муки на виробництво. Мука підвозиться на хлібозавод муко вантажівками, а потім подається на склади за допомогою аерозольного транспорту.

Передбачається встановлення обладнання для прийому партій муки у мішках. Матеріали, такі як цукор, пресовані дріжджі, маргарин, жир чи масло, зберігаються в кладових. Сіль у вигляді розчину, молочна сироватка та патока - у ємностях. Тісто для хлібобулочних виробів готують в тістомісах.

Випічка виробів здійснюється у сучасних ротаційних печах, які можуть бути використані для випікання широкого асортименту хлібопродукції.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

В даному розділі роботи показаний розрахунок електричних навантажень для обраного підприємства. Розрахунок проводиться у декілька етапів, що полягає у мережі до 1000 В визначення силових навантажень, визначення і розрахунок освітлювальних навантажень, зведення силових навантажень вище 1000 кВ. Слід зазначити застосування методу коефіцієнта розрахункової потужності для визначення силових електронавантажень в мережі з напругою до 1 кВ [1].

1.1 Розрахунок силових електронавантажень в мережах до 1кВ

За зазначеною у [1] методикою, виконаємо розрахунок для одного з приміщень. Детальний розрахунок покажемо на прикладі 3 поверху цеху виробів хлібопекарських обраного заводу.

Коефіцієнт m :

$$m = P_{H \max} / P_{H \min} = 75 / 0,4 = 188$$

Визначемо середнє навантаження:

$$P_{cm} = P_{cm} \cdot K_B = 1085,38 \cdot 0,66 = 716,067 \text{ кВт}$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 716,067 \cdot 0,46 = 331,08 \text{ кВар}$$

Знайдемо ефективне число приймачів згідно зазначеної методики:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H \max}} = 2 \frac{1085,38}{75} = 29$$

Тоді, розрахункове активне і реактивне навантаження:

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m = 716,067 \cdot 1,124 = 804 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{cm} = 331,08 \text{ кВар}.$$

Подібні розрахунки силового навантаження розглядає мого заводу покажемо у таблиці 1.1.

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 1.1– Розрахунок силових навантажень вище 1 кВ

Назва групи споживачів	Кіль-ть ЕС	Р одного, кВт		Р сум, кВт	m	K _в	cos φ	tg φ	Середні навантаження		п _{еф}	K _м	Розрахункові навантаження		
		min	max						Р _{см} , кВт	Q _{см} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<u>Цех виробів хлібопекарських</u>															
<u>Електроприймачі 1-го поверху</u>															
Машина просіювання муки	1	1,8	1,8	1,8	1	0,8	0,8	0,75	1,4	1,1					
Тістозмішувальна машина	3	18	18	54	1	0,7	0,75	0,88	37,8	33,3					
Дежеопрокидувач	8	1,9	1,9	15,2	1	0,3	0,8	0,75	4,6	3,4					
Тістоподільовач	8	1,1	1,1	8,8	1	0,6	0,7	1,02	5,3	5,4					
Тістозакруглювач	8	2,9	2,85	22,8	1	0,6	0,75	0,88	13,7	12,1					
Шафа розстойна	8	6,8	6,8	54,4	1	0,8	0,97	0,25	43,5	10,9					
Ротаційна піч	8	75	75	600	1	0,8	0,95	0,33	480,0	157,8					
Вентилятор	10	1,1	20	86,6	18	0,7	0,8	0,75	60,6	45,5					
Кондеціонер	6	1,5	3,2	20,5	2	0,6	0,75	0,88	12,3	10,8					
Електричні обігрівачі	6	1,2	3	16,2	3	0,6	0,75	0,88	9,7	8,6					
Всього	66	1,1	75	880,3	68	0,76	0,918	0,43	668,9	288,8	23	1	724,0	288,9	779,5
<u>Електроприймачі 2-го поверху</u>															
Машина просіювання муки	1	1,8	1,8	1,8	1	0,8	0,8	0,75	1,4	1,1					
Машина тістозмішувальна	3	18	17,6	52,8	1	0,7	0,75	0,88	37,0	32,6					
Дежеопрокидувач	8	1,9	1,9	15,2	1	0,3	0,8	0,75	4,6	3,4					
Тістодільник	8	1,1	1,1	8,8	1	0,6	0,7	1,02	5,3	5,4					
Тістоокруглювач	8	2,9	2,85	22,8	1	0,6	0,75	0,88	13,7	12,1					
Установка тістозакаточна	3	1,5	1,5	4,5	1	0,6	0,75	0,88	2,7	2,4					
Шафа розстойна	8	6,8	6,8	54,4	1	0,8	0,97	0,25	43,5	10,9					
Ротаційна піч	8	75	75	600	1	0,8	0,95	0,33	480,0	157,8					
Вентилятори	11	1,1	20	92	18	0,7	0,8	0,75	64,4	48,3					
Кондеціонери	7	1,5	3,2	22	2	0,6	0,75	0,88	13,2	11,6					
Ел. обігрівачі	7	1,2	3	17,4	3	0,6	0,75	0,88	10,4	9,2					
Всього	72	1,1	75	891,7	68	0,76	0,917	0,44	676,2	294,8	24	1	732,1	294,8	789,2

1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<u>3-й поверх</u>															
Машина просіювання муки	1	1,8	1,8	1,8	1	0,8	0,8	0,75	1	1					
Назва групи споживачів	Кіль-ть ЕС	Р одного, кВт		Р сум, кВт	m	К _в	cosφ	tgφ	Середнє навантаження		n _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
Машина тістозмішувальна	3	18	17,6	52,8	1	0,7	0,75	0,88	37	33					
Дежеопрокидувач	8	1,9	1,9	15,2	1	0,3	0,75	0,88	5	4					
Тістодільник	8	1,1	1,1	8,8	1	0,6	0,7	1,02	5	5					
Тістоокруглювач	8	2,9	2,85	22,8	1	0,6	0,75	0,88	14	12					
Установка тістозакаточна	4	1,5	1,5	6	1	0,6	0,75	0,88	4	3					
Машина розкатки тіста	3	1,3	1,25	3,75	1	0,6	0,75	0,88	2	2					
Машина тиражування пряників	1	0,6	0,6	0,6	1	0,6	0,8	0,75	0	0					
Машина збивальна	6	0,4	0,4	2,4	1	0,6	0,7	1,02	1	1					
Шафа ростойна	8	6,8	6,8	54,4	1	0,8	0,97	0,25	44	11					
Ротаційна піч	8	75	75	600	1	0,8	0,95	0,33	480	158					
Вентилятори	11	1,1	20	87,7	18	0,7	0,8	0,75	61	46					
Кондеціонери	7	1,5	3,2	22	2	0,6	0,75	0,88	13	12					
Ел. обігрівачі	7	1,2	3	17,4	3	0,6	0,75	0,88	10	9					
Грузові ліфти	4	47	47,4	189,74	1	0,2	0,75	0,88	38	33					
Всього	87	0,4	75	1085,38	188	0,66	0,908	0,46	716	331	29	1	805	331	870
Всього по цеху	225	0,4	75	2857,40	188	0,72	0,914	0,44	2061	915	76	1	2174	915	2358
<u>Адміністрація</u>															
Вентилятори	11	1,1	20	87,7	18	0,7	0,8	0,75	61	46					
Кондиціонери	7	1,5	3,2	22	2	0,6	0,75	0,88	13	12					
Комп'ютерна техніка	20	0,5	0,5	10	1	0,7	0,8	0,75	7	5					
Електрообігрівачі	7	1,2	3	17,4	3	0,6	0,75	0,88	10	9					
Всього по адміністрації	45	0,5	20	137,1	40	0,67	0,787	0,78	92	72	14	1	109	72	131
<u>Котельня</u>															
Вентилятори	10	0,5	3	18	6	0,6	0,8	0,75	11	8					
Насоси	8	3	8	44	3	0,65	0,75	0,88	29	25					
Димосмок	4	3	10	26	3	0,65	0,8	0,75	17	13					
Сантехнічні вентилятори	9	5,5	5,5	50	1	0,65	0,8	0,75	33	24					
Всього по котельній	31	0,5	10	138	20	0,64	0,784	0,79	89	70	28	1	101	70	123

1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ремонтний цех															
Металоріжучі станки	25	1	15	173,8	15	0,2	0,5	1,73	35	60					
до	Кіль-ть ЕС	Р одного, кВт		Р сум, кВт	m	К _в	cosφ	tgφ	Середнє навантаження		n _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
Шліфувальні станки	7	1	30	192,5	30	0,5	0,7	1,02	96	98					
Преси	6	3	33	60,9	11	0,4	0,6	1,33	24	32					
Вентилятори	6	0,5	20	118	40	0,6	0,8	0,75	71	53					
Всього по ремонтному цеху	44	0,5	33	545,2	66	0,41	0,68	1,08	226	244	33	1	278	244	370
Їдальня															
Тістозмішувальні машини	3	1,7	2,7	6,1	2	0,7	0,75	0,88	4	4					
Тістодільник	2	1,1	1,1	2,2	1	0,6	0,7	1,02	1	1					
Машина розкатки тіста	1	1,3	1,25	3,75	1	0,6	0,75	0,88	2	2					
Жарочне та варочне облад	16	3	18	158	6	0,6	0,9	0,48	95	46					
Машина збивальна	3	0,4	0,4	1,2	1	0,6	0,7	1,02	1	1					
Тістоокруглювач	2	2,3	2,3	4,6	1	0,6	0,75	0,88	3	2					
Шафа розстойна	3	1,6	1,6	4,8	1	0,8	0,97	0,25	4	1					
Ярусні печі	3	26	25,6	76,8	1	0,8	0,95	0,33	61	20					
Вентилятори	8	3	7,5	31	3	0,7	0,8	0,75	22	16					
Кондиціонери	4	1,5	1,5	6	1	0,6	0,75	0,88	4	3					
Всього по їдальні	45	0,4	25,6	294,45	73	0,67	0,897	0,49	197	97	23	1	224	97	244
Компресорна															
Компресори	10	15	15	150	1	0,6	0,8	0,75	90	68	10	1	115	74	137
Гараж															
Зарядне для акумуляторів	4	5	5	20	1	0,4	0,75	0,88	8	7					
Підйомні крани	2	20	20	40	1	0,4	0,75	0,88	16	14					
Зварочний апарат	1	10	10	10	1	0,6	0,35	2,68	6	16					
Всього по гаражу	7	5	20	70	4	0,43	0,628	1,24	30	37	7	2	47	41	62
Склад															
Вентилятори	3	4,5	10	22	2	0,6	0,8	0,75	13	10					
Підйомні крани	3	10	10	30	1	0,2	0,5	1,73	6	10					
Транспортери	2	2	10	12	5	0,5	0,7	1,02	6	6					
Всього по складу	8	2	10	64	5	0,39	0,69	1,05	25	26	8	2	39	29	49
Всього по заводу хлібозаводу	415	0,4	75	4256,1	188	0,66	0,88	0,54	2810	1529	113	1	2972	1529	3342

1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювальних навантажень заводу виконаємо за зазначеною послідовністю [1] для ремонтного цеху і результати покажемо в таблиці 1.2: виконується по питомій потужності кожного встановленого освітлювального приладу на одиницю корисної площі виробничого приміщення.

Встановлена P_y визначається за формулою, кВт:

$$P_y = p_0 \cdot F \cdot 10^{-3} = 18 \cdot 600 \cdot 10^{-3} = 11.52 \text{ кВт}, \quad (1.1.)$$

де p_0 – це питома потужність, кВт;

F – площа кожного розглядаемого приміщення заводу, м²;

Розрахункове P_p освітлювальних електроприймачів:

$$P_p = \kappa_n \cdot P_y = 0,85 \cdot 11,52 = 9,79 \text{ кВт} \quad (1.2)$$

де κ_n – для освітлювального навантаження коефіцієнт попиту.

В ремонтному цеху використали люмінесцентні лампи для освітлення:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 9.79 \cdot 0.484 = 4.74 \text{ кВар} \quad (1.3)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ відповідає характерному джерелу світла коефіцієнту потужності $\cos \varphi$; для ламп розжарювання цей показник слід враховувати рівним $\cos \varphi = 1$; для люмінесцентних ламп $\cos \varphi = 0,9$; для ламп ДРЛ зазначено $\cos \varphi = 0,5$.

Таблиця 1.2 – Зведені результати розрахунку освітлювальних навантажень

Найменування	F, м ²	P ₀ , Вт/м ²	P _y , кВт	Cos φ	tg φ	Q _y , кВар	Кс	P _p , кВт	Q _p , квар
Хлібопекарський цех	9720	18	174,96	0,9	0,48	84,74	0,85	148,72	72,03
Котельня	230	8	1,84	0,9	0,48	0,89	0,8	1,47	0,71
Адміністрація	600	22	13,2	0,9	0,48	6,39	0,95	12,54	6,07
Їдальня	420	16	6,72	0,9	0,48	3,25	0,9	6,05	2,93
Ремонтний цех	640	18	11,52	0,9	0,48	5,58	0,85	9,79	4,74
Гараж	450	8	3,6	0,9	0,48	1,74	0,6	2,16	1,05
Компресорна	140	12	1,68	0,9	0,48	0,81	0,8	1,34	0,65
Склад	135	6	0,81	0,9	0,48	0,39	0,6	0,49	0,24
Освітлення території	8740	0,2	1,75	0,5	1,73	3,03	0,5	0,87	1,51
Всього			216,08			106,83		183,43	89,93

1.3. Електронавантаження заводу в мережі вище 1кВ

Слід вважати розрахунковими вузлами шини 10 кВ ТП. Доцільно результати робити у вигляді таблиці 1.3.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Таблиця 1.3 – Електронавантаження заводу в мережі вище 1кВ

Назва	Кіль-ть ЕС	Родного, кВт		Рсум, кВт	m	K _н	cos φ	tg φ	Середнє навантаження		п _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{см} , кВт	Q _{см} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ТП№1,2,3															
Цех хлібопекарських в															
силова	225	0,4	75	2857,39		0,72	0,91	0,44	2061,17	914,68	76,2	1,06	2173,7	914,7	2358,4
освітлювальна													148,7	72,0	
Всього													2322,5	986,7	
Котельня															
силова	31	0,5	10	138		0,64	0,78	0,79	88,8	70,37	27,6	1,14	100,8	70,4	122,9
освітлювальна													1,5	0,7	
Всього													102,3	71,1	
Адміністрація															
силова	45	0,5	20	137,1		0,67	0,79	0,78	92,03	72,14	13,7	1,18	108,9	72,1	130,6
освітлювальна													12,5	6,1	
Всього													121,4	78,2	
Їдальня															
силова	45	0,4	25,6	294,45		0,67	0,9	0,49	196,7	96,79	23	1,14	223,6	96,8	243,7
освітлювальна													6,1	2,9	
Всього													229,7	99,7	250,4
Всього по ТП1,2,3															
силова	346	0,4	75	3426,94	188	0,7	0,9	0,47	2438,7	1153,98	91	1,05	2565,4	1154,0	2813,0
освітлювальна													169,7	83,3	
Всього на шинах 0,4 кВ													2735,0	1237,2	3001,9
Втрати в трансформат													31,7	184,4	
N	6														
P,кВА	630														
K _з =	0,72														
Всього на шинах 10кВ													2766,8	1421,7	3110,7

Продовження табл.1.3

ТП№4															
Назва	Кіль-ть ЕС	Родного, кВт		Рсум, кВт	m	K _n	cosφ	tgφ	Середнє навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
Ремонтний цех															
силова	44	0,5	33	545,15		0,415	0,68	1,08	226,16	243,96	33	1,23	277,7	244,0	369,6
освітлювальна													9,8	4,7	
Всього													287,5	248,7	380,1
Гараж															
силова	7	5	20	70		0,429	0,63	1,24	30	37,22	7	1,55	46,6	41,0	62,1
освітлювальна													2,2	1,1	
Всього													48,8	42,0	64,4
Компресорна															
силова	10	15	15	150		0,6	0,8	0,75	90	67,5	10	1,283	115,43	74,25	137,25
освітлювальна													1,34	0,65	
Всього													116,77	74,9	138,73
Склад															
силова	8	2	10	64		0,394	0,69	1,05	25,2	26,41	8	1,554	39,15	29,05	48,75
освітлювальна													0,49	0,24	
Всього													39,64	29,29	49,28
Всього по ТП№4															
силова	69	0,5	33	829,15	66	0,4	0,7	1,01	371,36	375,1	50	1,166	433,02	375,1	572,89
освітлювальна													13,78	6,67	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП													446,8	381,78	587,69
Втрати в трансформатора													5,13	30,03	
N	1														
P,кВА	630														
K _з =	0,71														
Всього на шинах 10 кВ ТП													451,93	411,8	611,41
Всього по хлібозаводу															
силова	415	0,4	75	4256,09	188	0,66	0,88	0,54	2810,06	1529,08	113	1,058	2971,71	1529,08	3342,03
освітлювальна													183,43	89,93	
Всього													3155,14	1619,01	3546,28
Втрати в трансформатора													36,87	214,47	
Всього по хлібозаводу													3192,01	1833,48	3681,11
БК 10 кВ											tgφ=	0,574		-1354,68	
Всього по заводу на шин													3192,01	478,8	3227,72

1.4 Графіки електричних навантажень

При зборі даних по заводу увага приділялась добовим навантаженням. Було отримано графіки зимової і літньої доби, побудовані відповідні графіки з урахуванням кількості робочих і вихідних днів на рисунках 1.1 – 1.5.

За графіками слід визначити:

$$W_r = \sum P_i T_i; \quad (1.4)$$

$$V_r = \sum Q_i T_i. \quad (1.5)$$

Слід також визначити кількість годин максимуму використання навантаження за наступною формулою:

$$T_{max} = \frac{\sqrt{W_r^2 + Q_r^2}}{S_p}, \quad (1.6)$$

де S_p – навантаження хлібопекарського заводу.

Час максимальних втрат:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760. \quad (1.7)$$

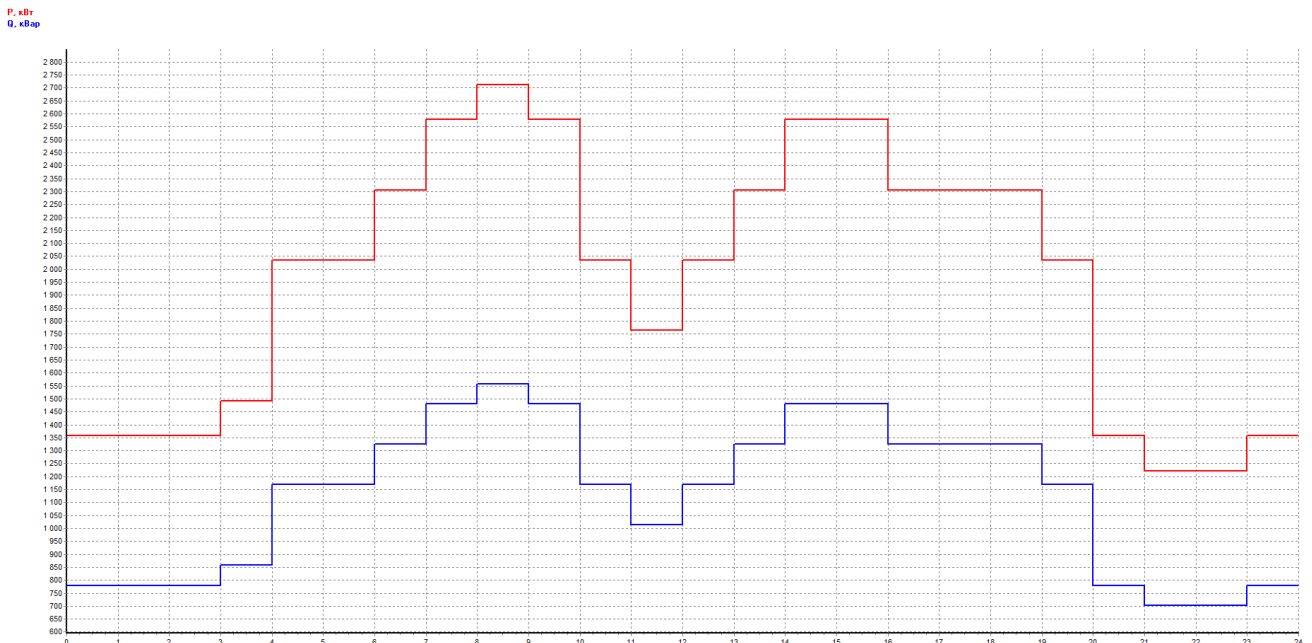


Рисунок 1.1 – Добовий графік навантаження P, Q (літні робочі дні)

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

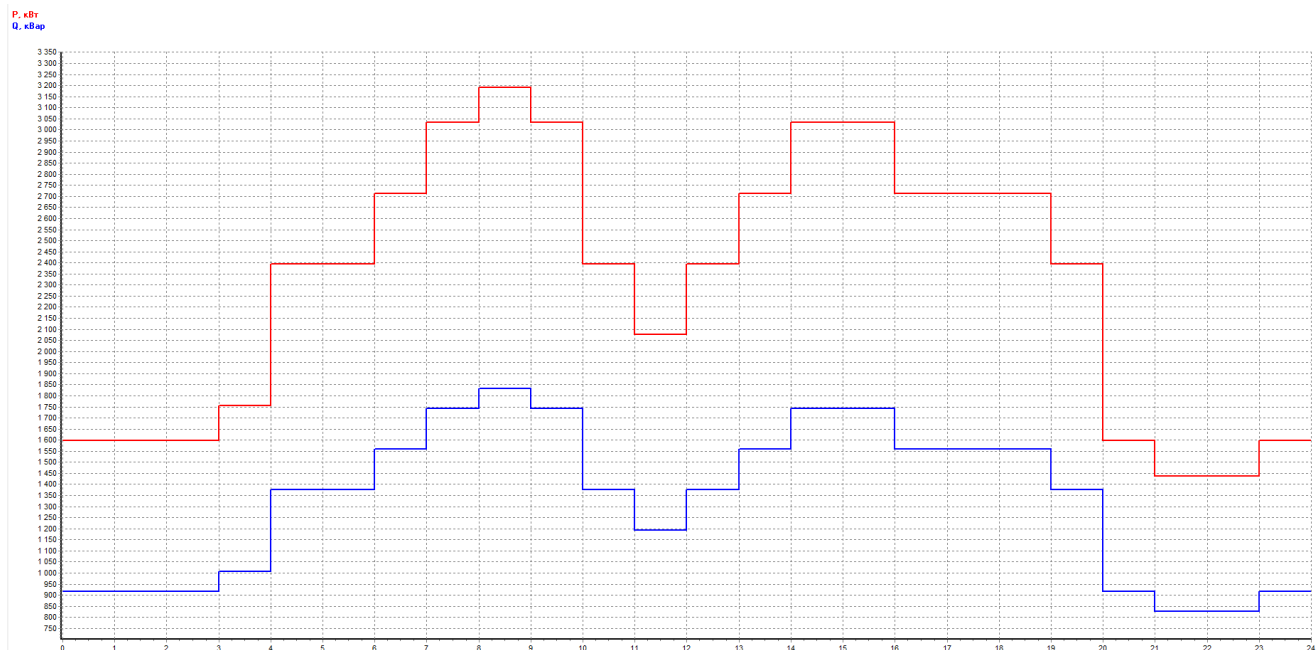


Рисунок 1.2 – Добовий графік навантаження Р, Q (зимові робочі дні)

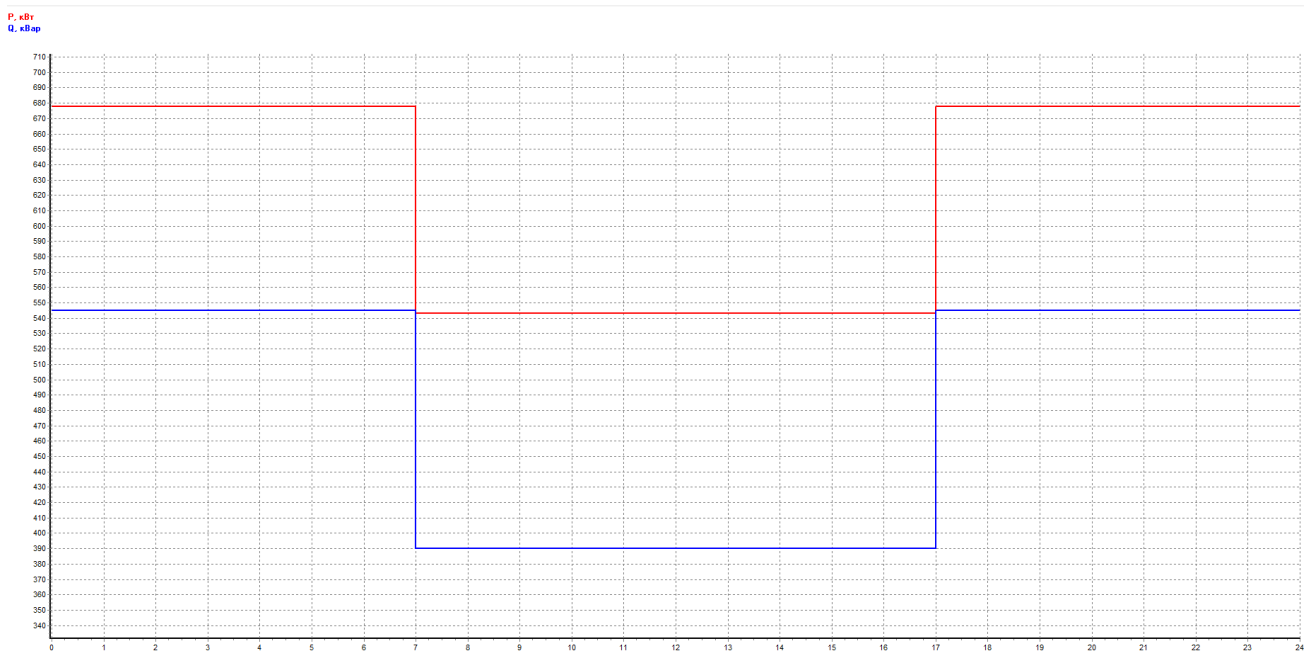


Рисунок 1.3 – Добовий графік навантаження Р, Q (літні вихідні дні)

							Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

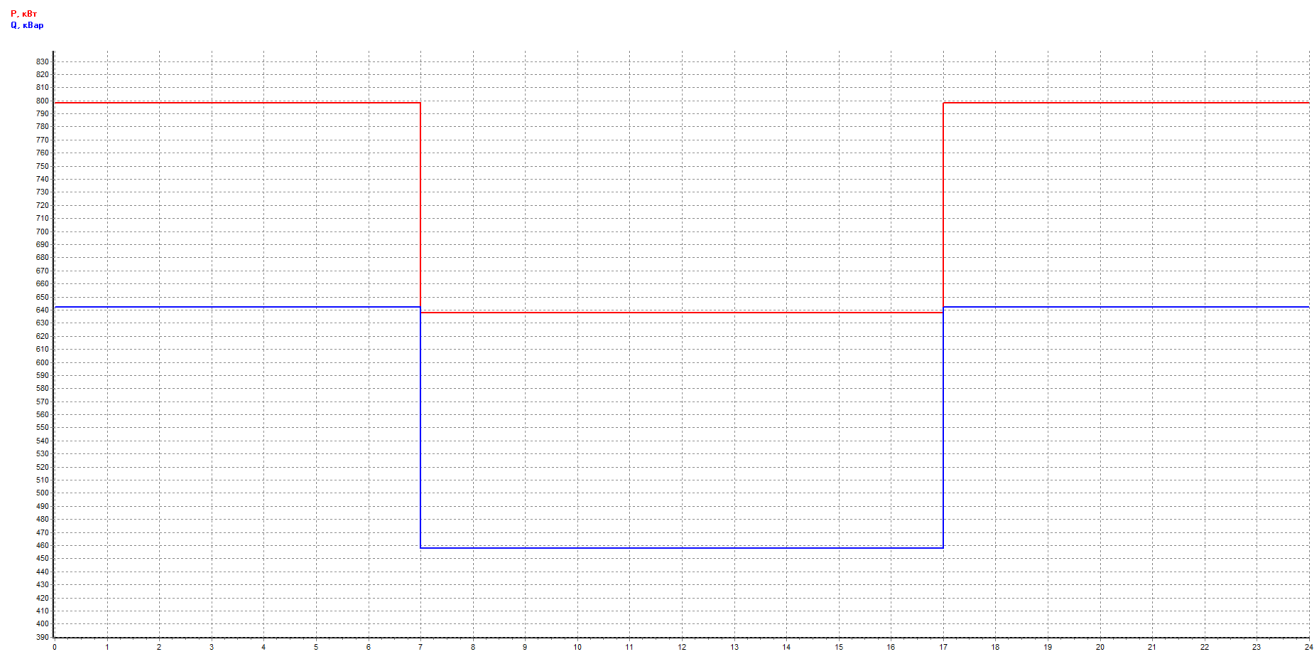


Рисунок 1.4 –Добовий графік навантаження Р, Q (зимові вихідні дні)

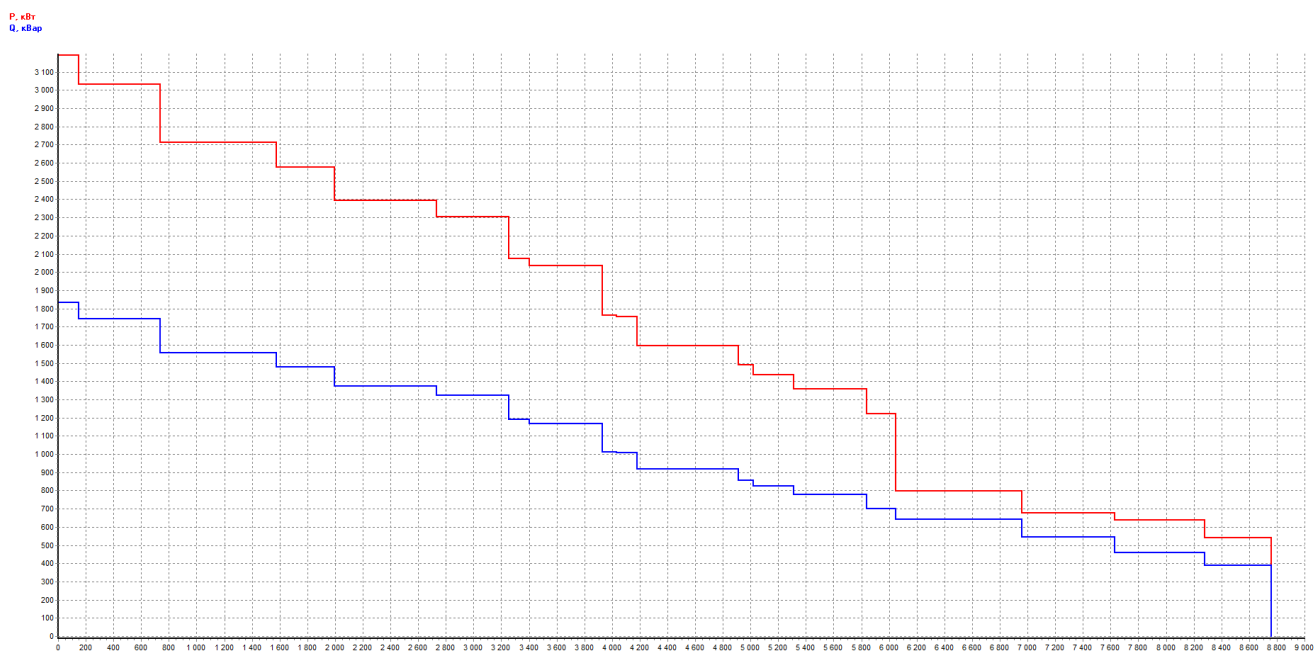


Рисунок 1.5 – Річний графік навантаження Р, Q

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

На картограмі силового навантаження ще наноситься сектор освітлювального навантаження з центральним кутом α . Цей кут відповідає площі освітлювального навантаження:

$$\alpha_i = \frac{P_{\text{рі осв}} \cdot 360^\circ}{\pi R_i^2}. \quad (2.1)$$

Розрахунок картограми електричних навантажень для хлібозаводу:

$$X_0 = \frac{1797300,01}{3268,5} = 11 \text{ см}; \quad Y_0 = \frac{1194841,28}{3268,5} = 7,31 \text{ см}$$

З конструктивних міркувань ЦРП зміщуємо в сторону джерела живлення, це дозволить зменшити перетоки потужності. Приклад розрахунку R та α для адміністрації: при масштабі навантаження $m=0,2$ кВт/мм² радіус кола, яке показує силове та освітлювальне навантаження:

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{121,4}{3,14 \cdot 0,2}} = 13,9 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{росв}} \cdot 360^\circ}{\pi \cdot R^2 \cdot m} = \frac{12,54 \cdot 360^2}{3,14 \cdot 13,9^2 \cdot 0,2} = 37,19^\circ$$

Розрахунки для інших цехів аналогічні, а результати записані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Картограма електрона вантажень хлібозаводу

Найм.	$P^{0,4}$ сил, кВт	$P_{\text{росв}}$, кВт	P_p , кВт	m	R , мм	α	x , м	y , м	P^*x , кВт м	P^*y , кВт м
Цех хлібовир.	2173,7	148,7	2322,5	0,2	60,8	23,1	550	400	1277353,5	928984,4
Котельня	100,8	1,5	102,3	0,2	12,8	5,2	100	550	10227,2	56249,4
Адміністрація	108,9	12,5	121,4	0,2	13,9	37,2	100	350	12140,2	42490,9
Їдальня	223,6	6,0	229,7	0,2	19,1	9,5	250	100	57423,0	22969,2
Рем.цех	277,7	9,8	287,5	0,2	21,4	12,3	900	100	258737,2	28748,6
Гараж	46,6	2,2	48,8	0,2	8,8	15,9	1075	450	52434,0	21949,1
Компресорна	115,4	1,3	116,8	0,2	13,6	4,1	850	600	99257,4	70064,1
Склад	39,2	0,5	39,6	0,2	7,9	4,4	750	590	29727,6	23385,7
Всього			3268,5						1797300,0	1194841,3

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 3
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ
ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПІДПРИЄМСТВА

Даний розділ передбачає обрати схеми електропостачання (зовнішню схему та схему внутрішнього електропостачання). Слід здійснити розрахунки техніко-економічних показників для запропонованих можливих варіантів живлення. Також врахувати збитки, що виникають внаслідок недовідпустку електроенергії. І обрати до виконання варіант з найменшими витратами.

3.1 Вибір напруги і схеми зовнішнього електропостачання

В даному проекті для електропостачання заводу хлібопекарських виробів з розрахунковим навантаженням $S_p = 3681,1$ кВА можна використати підстанцію енергосистеми, яка має два трансформатори 35/10 кВ. Відстань між підстанцією і заводом становить $L = 2,4$ км. З цими вихідними даними можна порівняти два варіанти зовнішнього електропостачання: варіант живлення з напругою 35 кВ і варіант живлення з напругою 10 кВ.

Враховуючи взаєморозташування заводу та живлячої підстанції намічаємо два можливих варіанта електропостачання (рис. 3.1).

Варіант I. Електропостачання можна здійснити дволанцюговою повітряною лінією 35 кВ. При цьому на території заводу передбачається встановлення підстанції 35/10кВ.

Варіант II. Електропостачання заводу пропонується виконати кабельними лініями 10кВ (з прокладанням в траншеї). Тоді на території заводу встановлюється ЦРП-10 кВ.

Проведемо детальні розрахунки по запропонованим варіантам. Почнемо з технічного розрахунку по вибору схем можливих варіантів та основного електрообладнання.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

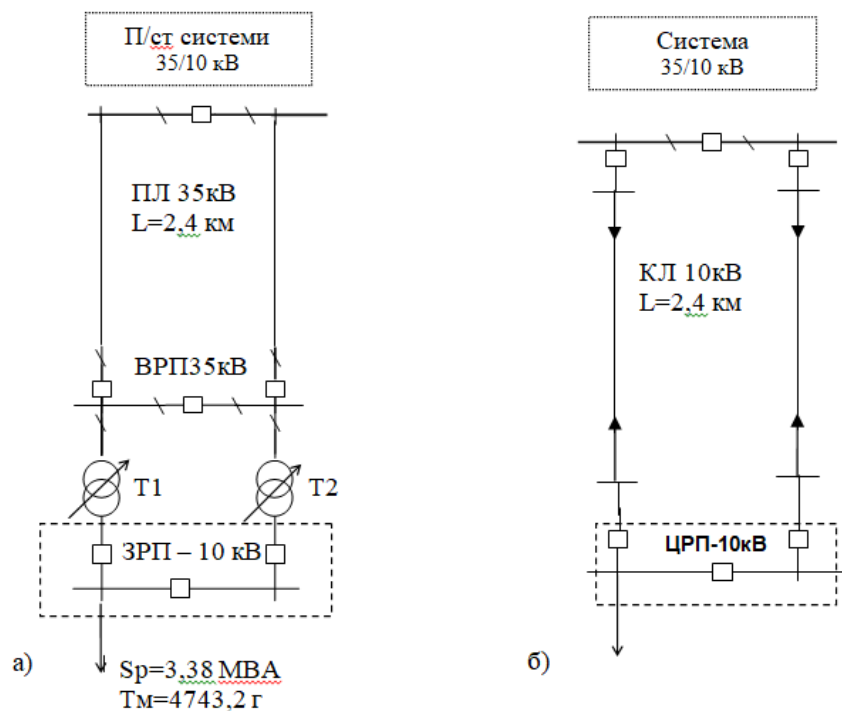


Рисунок 3.1 – Варіанти схем електропостачання (зовнішнього) заводу

Варіант №1. Електропостачання заводу хлібопродуктів здійснюється дволанцюговою ПЛ 35кВ зі спорудженням на території п/ст 35/10 кВ.

Розрахунковий струм лінії (на один ланцюг), А:

$$I_{\max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3880}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 35} = 32 \text{ А},$$

тоді розрахункове струмове навантаження лінії, А:

$$I_p = \alpha_i \alpha_T I_s = 1,05 \cdot 1 \cdot 35 = 32 = 33,6 \text{ А}$$

Вибір перерізу проводу проводимо на залізобетонних опорах (АС 35/6,2) і перевіримо за умовою перегріву в аварійному режимі:

$$I_{\text{ав}} = 2I_p = 2 \cdot 33,6 = 67,2 \text{ А} < I_{\text{дон}} = 175 \text{ А}.$$

Обраний провід АС 35/6,2 задовільняє умова перевірки. Тоді коефіцієнт завантаження лінії в нормальних умовах роботи

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{дон}} = \frac{33,6}{175} = 0,19.$$

Оберемо трансформатор ГЗП заводу хлібопекарських виробів, де розрахункова потужність

$$S_{p.T.} = \frac{S_{max} \cdot K_{1.2}}{1.4(n-1)} = \frac{3,88 \cdot 0,8}{1,4 \cdot (2-1)} = 2,22$$

Слід прийняти до встановлення 2 трансформатори ТМН-2500/35. Порахуємо коефіцієнт завантаження

$$K_3 = \frac{S_{max}}{n \cdot S_{ном}} = \frac{3,88}{2 \cdot 2,5} = 0,78$$

Прорахуємо втрати електроенергії згідно схеми варіанту 1.

Втрати потужності в лінії можна порахувати за наступним

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} l_{\Sigma} K_3^2 = 88 \cdot 4,8 \cdot 0,0361 = 15,25 \text{ кВт},$$

Тоді втрати електроенергії в лінії розраховуються за наступним

$$\Delta W_{л} = \Delta P_{л} \tau = 15,25 \cdot 3135,96 = 47823,39 \text{ кВт год.}$$

Слід порахувати і втрати в обраних трансформаторах:

$$\Delta W = n(\Delta P_x t + \Delta P_k K_3^2 \tau) = 2(5,1 \cdot 8760 + 23,5 \cdot 0,6 \cdot 3135,96) = 178106,79 \text{ кВт год}$$

Сумарні втрати

$$\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{л} + \Delta W_m = 47823,39 + 178106,79 = 225930,18 \text{ кВт год}$$

Вартість втрат ел.енергії визначаємо

$$C_{втр} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 225930,18 \cdot 6,56 \cdot 0,001 = 1482,1 \text{ тис. грн.}$$

Представимо розрахунок капітальних вкладень по 1 варіанту зовнішньої схеми електропостачання заводу хлібопекарських виробів в таблиці 3.1.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Капвкладення по 1 варіанту зовнішньої схеми електропостачання заводу хлібопекарських виробів

Назва	Одиниця	Кількість	Вартість	Всього
ЛЕП 35 кВ на з/б опорах	км	2,4	145,7	349,68
ВРП 35 кВ	шт	1	170	170
2 х ТМН-2550/35	шт	2	1100	2200
Всього				2719,68

Таблиця 3.2 – Поточні витрати по 1 варіанту

Назва	К _ж , тис.грн.	Р _{ај} , %	С _{ај} , тис.грн.	Р _{зј} , %	С _{ај} , тис.грн.	С _ж , тис.грн.
ЛЕП 35 кВ на з/б опорах	347	5	17,35	5	17,35	34,7
ВРП 35 кВ	150	15	22,5	5	7,5	30
2 х ТМН-2500/35	2200	15	330	5	110	440
Всього						504,7

Слід розрахувати збитки від перерви електропостачання. Врахуємо λ_a , T_e і K_n для запропонованих вимикачів 35 кВ, повітряної лінії та трансформатора.

Параметр потоку відмов ланцюга запропонованої схеми:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 0,0264 + 0,01 = 0,0404 \quad 1/\text{рік}$$

Середній час відновлення одноо ланцюга запропонованої схеми:

$$T_e = \frac{\sum \lambda_i T_{ei}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00065 + 0,0264 \cdot 0,00001392 + 0,01 \cdot 0,0017)}{0,0404} = 0,00049672 \text{ рік}$$

Коефіцієнт планового простою одного ланцюга (варіанту 1):

$$K_n = 1,2 K_{n \max} = 1,2 \cdot 0,006 = 0,0072$$

Коефіцієнт аварійного простою одного ланцюга (варіанту 1):

$$K_a = \lambda T_e = 0,0404 \cdot 0,00049672 = 0,000020067$$

Тоді як у випадку відімкнення 1 ланцюга, коефіцієнт планового простою:

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

3.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання

Внутрішнє електропостачання заводу виконаємо на прикладі ремонтного цеху. Живлення в цеху здійснюємо за допомогою магістральних та розподільчих шино проводів (рис. 3.2). Слід зазначити, що проліт живиться магістральним шино проводом від ТП в сусідньому цеху.

За магістральний шинопровід приймаємо ШМА 73 з номінальним струмом $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$. Перевіряємо обраний шинопровід: $I_{\text{ШМА}} \geq I_{\text{ном.тр}}$, отже $1000 \geq 958 \text{ А}$,

$$\text{де } I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 958 \text{ А}$$

та за електродинамічною стійкістю $i_{\text{уд.доп}} \geq i_{\text{уд}}$, тобто $90 \geq 35,41 \text{ кА}$.

Врахуємо опір системи живлення та опори цехового трансформатора:

$$x_c = U_n^2 / S_{\text{кз}} = 0,38^2 / 100,16 = 1,44 \text{ мОм},$$

$$\text{де } S_{\text{кз}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_{\text{кз}} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 5,79 = 100,16 \text{ МВА}.$$

$$r_{\text{тр}} = 2 \text{ мОм}; x_{\text{тр}} = 8,5 \text{ мОм}.$$

$$\text{Зазначемо опори ТС: } r_{\text{ТС}} = 0,05 \text{ мОм}, x_{\text{ТС}} = 0,07 \text{ мОм}.$$

$$\text{та опори апаратів: } r_{\text{кот}} = 0,03 \text{ мОм}, x_{\text{кот}} = 0,07 \text{ мОм}, r_{\text{к}} = 0,1 \text{ мОм}.$$

$$\text{Опір ШМА: } r_0 = 0,031 \text{ мОм/м}, x_0 = 0,017 \text{ мОм/м}.$$

Тоді:

$$r_{\text{ШМА}} = r_0 l = 0,031 \cdot 25 = 0,775 \text{ мОм}$$

$$x_{\text{ШМА}} = x_0 l = 0,017 \cdot 25 = 0,425 \text{ мОм}.$$

Сумарні опори:

$$r_{\Sigma 1} = r_{\text{тр}} + r_{\text{ТС}} + 2 r_{\text{кот}} + 2 r_{\text{к}} + r_{\text{ШМА}} = 3,4 + 0,05 + 2 \cdot 0,029 + 2 \cdot 0,1 + 0,78 = 5,128 \text{ мОм};$$

$$x_{\Sigma 1} = x_c + x_{\text{тр}} + x_{\text{ТС}} + 2 x_{\text{кот}} + x_{\text{ШМА}} = 1,44 + 13,5 + 0,07 + 2 \cdot 0,07 + 0,43 = 14,4 \text{ мОм};$$

$$z_1 = 15,29 \text{ мОм};$$

$$\text{Опір петлі фаза - нуль: } z_{\text{петлі ШМА}} = z_0 \text{ петлі ШМА} l = 0,123 \cdot 25 = 3,08 \text{ мОм}.$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					



						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Вибір перерізу КЛ для цехової мережі

№	Пот. Спож.	I_p , А	$F_{розр, 2}$ мм ²	$F_{ст, 3}$ мм ³	n	$I_{доп}$, А	$K_z * I_z$	$K_{пр} * I_{доп}$	$F_{мін}$, мм ³
1, 2, 3, 4	13	17,8	14,83	16	1	200	44	240	4,0
5	2	2,7	2,28	2,5	1	22	27,5	26,4	3,0
6	10,1	13,9	11,55	16	1	200	27,5	240	3,0
7	1	1,4	1,14	2,5	1	22	27,5	26,4	3,0
8	14	19,2	15,97	16	1	200	44	240	4,0
9	3	4,113	3,42	4	1	29	27,5	34,8	3,0
10	7,125	9,74	8,13	10	1	60	27,5	72	3,0
11	1	1,38	1,14	2,5	1	22	27,5	26,4	3,0
12	17,5	23,95	19,97	25	1	105	44	126	4,0
13	15,8	21,62	18,03	25	1	105	44	126	4,0
14	2	2,74	2,28	2,5	1	22	27,5	26,4	3,0
15	2,2	3,01	2,51	4	1	29	27,5	34,8	3,0
16	2,9	3,98	3,31	4	1	29	27,5	34,8	3,0
17, 18	0,6	0,83	0,68	2,5	1	22	27,5	26,4	3,0
19	7	9,59	7,99	10	1	60	27,5	72	3,0
20	10	13,69	11,41	16	1	200	27,5	240	3,0
21	7	9,58	7,99	10	1	60	27,5	72	3,0
22	0,5	0,68	0,57	2,5	1	22	27,5	26,4	3,0
23, 24	4,5	6,16	5,13	4	2	29	27,5	69,6	3,0
25	14,1	19,30	16,09	10	2	60	44	144	4,0
26	14	19,17	15,97	10	2	60	44	144	4,0
27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34	10	13,69	11,41	6	2	35	27,5	84	3,0
35	13	17,80	14,83	10	2	60	44	144	4,0
36	11	15,06	12,55	10	2	60	44	144	4,0
37	7	9,58	7,99	4	2	29	27,5	69,6	3,0
38	8	10,95	9,13	6	2	35	27,5	84	3,0
39	10	13,69	11,41	6	2	35	27,5	84	3,0
40, 41	8	10,95	9,13	6	2	35	27,5	84	3,0
42	12	16,43	13,69	10	2	60	44	144	4,0
43, 44	8	10,95	9,13	6	2	35	27,5	84	3,0

					Арк.				
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Розрахунок струмів КЗ

Визначимо трифазний струм та ударний струми КЗ ШМА :

$$I_{к1}^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} z_1) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 16,62) = 13,19 \text{ кА.}$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} K_{уд} I_{к1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 13,2 = 18,59 \text{ кА.}$$

Струм однофазного КЗ:

$$I_{к1}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{z_m^{(1)}}{3} + z_{\text{петлішма}}} = \frac{220}{\frac{27}{3} + 3,07} = 12,79 \text{ кА}$$

Визначимо трифазний струм та ударний струми КЗ ШРА:

$$I_{к2}^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} z_2) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 40,7) = 5,38 \text{ кА.}$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} K_{уд} I_{к2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 5,4 = 7,57 \text{ кА.}$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{z_m^{(1)}}{3} + z_{\text{петлішра}}} = \frac{220}{\frac{27}{3} + 69,08} = 2,8 \text{ кА}$$

Виконаємо аналогічні розрахунки для К16 :

$$I_{к3}^{(3)} = U_H / (\sqrt{3} z_3) = 380 / (\sqrt{3} \cdot 59,45) = 3,7 \text{ кА.}$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} K_{уд} I_{к3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,7 = 5,2 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{z_m^{(1)}}{3} + z_{н3}} = \frac{220}{\frac{27}{3} + 94,359} = 2,16 \text{ кА}$$

Аналогічні розрахунки по точкам зручно виконати в вигляді табл. 4.4.

Вибір автоматичних вимикачів

Для точки **К1**, тобто на входних лініях приймаємо автомат АВМ – 20Н з ном.струм ввідного апарата з номінальним струмом розчеплювача $I_{н.розч.} = 1500 \text{ А}$

$$I_{H.A} = \frac{1,4 \cdot S_{H.TP}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1341$$

Отже струм уставки спрацювання у зоні струмів перевантаження:

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		Арк.

Приведемо розрахунок для прикладу металообробного станка $P_n = 10$ кВт з номінальним струмом розцеплювача $I_{н.розц} = 20$ А, струмом уставки спрацювання у зоні струмів перевантаження:

$$I_{у\text{ тепл}} = 1,25 I_{н\text{ розц}} = 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ А}$$

Струм уставки спрацювання в зоні КЗ:

$$I_{у\text{ розц}} = 3 I_{р\text{ ном}} = 3 \cdot 20 = 60 \text{ А.}$$

Перевіряємо вимикач за надійністю спрацювання при КЗ:

$$I_{к2}^{(3)} = 3,7 \text{ кА} \geq I_{у\text{ розц}} = 0,06 \text{ кА}$$

$$I_{к1}^{(1)} = 2,13 \text{ кА} \geq (1,3 - 1,5) I_{у\text{ розц}} = 0,09 \text{ кА}$$

Всі подальші розрахунки робимо аналогічно і результати розрахунків зводимо до таблиці 3.4. та таблиці 3.5.

Таблиця 3.4 – Розрахунок струмів КЗ в цеховій мережі

Точка КЗ	Параметри						
	R_s , мОм	X_s , мОм	Z_s , мОм	$I_{кз(3)}$, кА	K_v	i_{vd}	$I_{кз(1)}$, кА
1	2	3	4	5	6	7	8
K48	44,88	41,18	60,90	3,61	1,0	5,16	2,12
K47	44,51	40,81	60,39	3,64	1,0	5,21	2,13
K46	44,15	40,45	59,88	3,67	1,0	5,25	2,13
K45	44,6	41,9	61,93	3,55	1,0	5,08	2,14
K44	44,24	41,54	61,41	3,58	1,0	5,12	2,15
K43	44,88	41,18	60,90	3,61	1,0	5,16	2,16
K42	44,51	40,81	60,39	3,64	1,0	5,21	2,18
K41	44,15	40,45	59,88	3,67	1,0	5,25	2,19
K40	43,79	40,09	59,37	3,70	1,0	5,30	2,21
K39	43,43	39,73	58,85	3,73	1,0	5,34	2,23
K38	43,06	39,36	58,34	3,76	1,0	5,39	2,24
K37	42,70	39,00	57,83	3,80	1,0	5,44	2,26
K36	42,34	38,64	57,32	3,83	1,0	5,48	2,27
K35	41,98	38,28	56,81	3,87	1,0	5,53	2,29
K34	41,61	37,91	56,29	3,90	1,0	5,58	2,31
K33	41,25	37,55	55,78	3,94	1,0	5,64	2,32
K32	40,89	37,19	55,27	3,97	1,0	5,69	2,34
K31	40,53	36,83	54,76	4,01	1,0	5,74	2,35
K30	40,16	36,46	54,25	4,05	1,0	5,80	2,37
K29	39,80	36,10	53,73	4,09	1,0	5,85	2,39
K28	39,44	35,74	53,22	4,13	1,0	5,91	2,40

					Арк.	
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

K27	39,08	35,38	52,71	4,17	1,0	5,96	2,42
K26	38,71	35,01	52,20	4,21	1,0	6,02	2,43
K25	38,35	34,65	51,69	4,25	1,0	6,08	2,45
K24	37,99	34,29	51,17	4,29	1,0	6,14	2,47
K23	37,63	33,93	50,66	4,34	1,0	6,21	2,48
K22	37,26	33,56	50,15	4,38	1,0	6,27	2,50
K21	36,90	33,20	49,64	4,43	1,0	6,33	2,51
K20	36,54	32,84	49,13	4,47	1,0	6,40	2,53
K19	36,18	32,48	48,61	4,52	1,0	6,47	2,55
K18	35,81	32,11	48,10	4,57	1,0	6,54	2,56
K17	35,45	31,75	47,59	4,62	1,0	6,61	2,58
K16	35,09	31,39	47,08	4,67	1,0	6,68	2,59
K15	34,73	31,03	46,57	4,72	1,0	6,75	2,61
K14	34,36	30,66	46,05	4,77	1,0	6,83	2,63
K13	34,00	30,30	45,54	4,82	1,0	6,90	2,64
K12	33,64	29,94	45,03	4,88	1,0	6,98	2,66
K11	33,28	29,58	44,52	4,93	1,0	7,06	2,67
K10	32,91	29,21	44,01	4,99	1,0	7,14	2,69
K9	32,55	28,85	43,50	5,05	1,0	7,23	2,71
K8	32,19	28,49	42,98	5,11	1,0	7,31	2,72
K7	31,83	28,13	42,47	5,17	1,0	7,40	2,74
K6	31,46	27,76	41,96	5,23	1,0	7,49	2,75
K5	31,10	27,40	41,45	5,30	1,0	7,58	2,77
K4	30,74	27,04	40,94	5,37	1,0	7,68	2,79
K3	30,38	26,68	40,43	5,43	1,0	7,78	2,80

Таблиця 3.5 – Вибір автоматичних вимикачів ремонтного цехову

Найменування захисного елементу	Ін, А	Ір, А	Іп, А	Ін.авт., А	Тип автомата	Ін.розц., А	Іу.тепл, А	Іу.розц., А
2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	19,77	17,8	124,6	25	A3120	40	50,0	150,0
13	19,77	17,8	124,6	25	A3120	40	50,0	150,0
2	3,042	2,738	19,17	15	A3120	25	31,3	93,8
10,125	15,4	13,86	97,03	15	A3120	25	31,3	93,8
1	1,521	1,369	9,583	15	A3120	25	31,3	93,8
14	21,3	19,17	134,2	25	A3120	40	50,0	150,0
3	4,563	4,107	28,75	15	A3120	25	31,3	93,8
7,125	10,84	9,754	68,28	15	A3120	25	31,3	93,8
1	1,521	1,369	9,583	15	A3120	25	31,3	93,8
17,5	26,62	23,96	167,7	25	A3120	40	50,0	150,0
15,8	24,03	21,63	151,4	25	A3120	40	50,0	150,0
2	3,042	2,738	19,17	15	A3120	25	31,3	93,8
2,2	3,347	3,012	21,08	15	A3120	25	31,3	93,8
2,9	4,411	3,97	27,79	15	A3120	25	31,3	93,8

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

0,6	0,913	0,821	5,75	15	A3120	25	31,3	93,8
7	10,65	9,583	67,08	15	A3120	25	31,3	93,8
10	15,21	13,69	95,83	15	A3120	25	31,3	93,8
7	10,65	9,583	67,08	15	A3120	25	31,3	93,8
0,5	0,761	0,685	4,792	15	A3120	25	31,3	93,8
4,5	6,845	6,161	43,12	15	A3120	25	31,3	93,8
4,5	6,845	6,161	43,12	15	A3120	25	31,3	93,8
1	21,45	19,3	135,1	25	A3120	40	50,0	150,0
14	21,3	19,17	134,2	25	A3120	40	50,0	150,0
10	15,21	13,69	95,83	15	A3120	25	31,3	93,8
2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	19,77	17,8	124,6	25	A3120	40	50,0	150,0
11	16,73	15,06	105,4	25	A3120	40	50,0	150,0
7	10,65	9,583	67,08	15	A3120	25	31,3	93,8
10	15,21	13,69	95,83	15	A3120	25	31,3	93,8
8	12,17	10,95	76,67	15	A3120	25	31,3	93,8
12	18,25	16,43	115	25	A3120	40	50,0	150,0

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Застосуємо методику [1] і виконаємо розрахунок балансу потужності реактивної з подальшим вибором необхідних компенсуючих пристроїв.

4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв проводимо для хлібозавод, при цьому враховуємо попередні розрахунки розділ 1):

$$P_n = \sum P_{ТП} = 3155,1 \text{ кВт}$$

$$Q_n = \sum Q_{ТП} = 1619,01 \text{ кВар}$$

Сумарні втрати в цехових ТП:

$$\Delta P_m = \sum \Delta P_{ТП} = 36 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = \sum \Delta Q_{ТП} = 214 \text{ кВар}$$

Сумарне споживання активної та реактивної потужностей:

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_{\epsilon} + P_{\text{сд}} = 3155 + 36 + 0 + 0 = 3192 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 1619 + 214,4 + 0 - 0 = 1833 \text{ кВар}$$

Реактивна потужність споживана від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \tan \varphi_c = 3007 \cdot 0,15 = 451,05 \text{ кВар}$$

При вирішенні питань компенсації визначають оптимальне і мінімально можливе число трансформаторів. Визначимо його за формулою:

$$N_o = \frac{P}{K_3 \cdot S_{\text{НОМ}}} = \frac{3155}{0,73 \cdot 0,63} = 6,86, \text{ тобто } N_o = 7$$

Розрахункова схема представлена на рис. 4.1.

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		Арк.

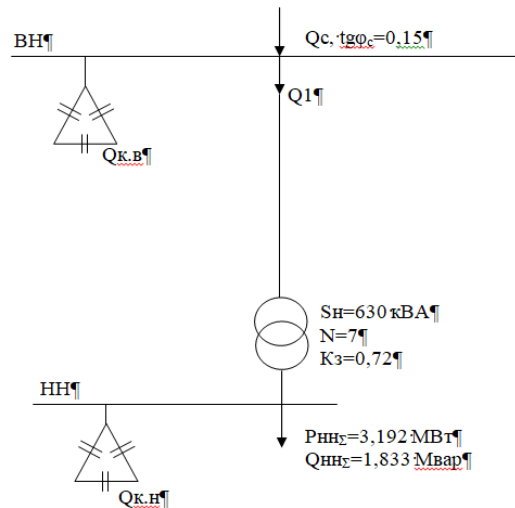


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема компенсації для заводу хлібовиробів

Розглянемо варіанти кількістю трансформаторів 10/0,4 кВ: $N_T = N_0$, $N_T = N_0 + 1$, $N_T = N_0 + 2$.

Варіант 1. Кількість трансформаторів 10/0,4 кВ $N = N_0 = 7$ шт.

Передана реактивна потужність в мережу 0,4 кВ напругою:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном})^2 - P_n^2} = \sqrt{(7 \cdot 0,73 \cdot 630)^2 - 3192^2} = 418,29 \text{ кВар}$$

Отже потужність ком пенс.пристроїв в мережі до 1000 В визначається умовою балансу:

$$Q_{KH} = Q_n - Q_1 = 1833 - 418 = 1415 \text{ кВар}$$

Визначимо потужність для встановлення в мережі високої напруги 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_p - Q_{KH} - Q_e = 1354 - 1415 = -60,1 \text{ кВар}$$

Розрахунок компенсації реактивної потужності для хлібозаводу для варіанту #+1 та #+2 зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Потужність компенсуючи пристроїв для запропонованих варіантів

Вар.	$N \text{ тр}$	$Q_1, \text{кВар}$	$Q_{KH}, \text{кВар}$	$Q_{KB}, \text{кВар}$
1	7	418	1415	-60,
2	8	1829	0	1354
3	9	2635	0	1354

4.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності

Батареї компенсації для запропонованих варіантів наводимо в наступних табл. 4.2-4.4.

Таблиця 4.2 – Вибір БК при кількості цех. ТР $N_T=7$

№ КТП	N	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	N та БКит., потужність кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп}-Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1,2,3	3	2766	1421	0	1421	2·150; 4·200;	1100	321	0,74	2785
4	4	451	411	85,25	326	2·150	300	26	0,74	465

Сумарна потужність на стороні 0.4 кВ 1400 кВАр, БК 10 кВ – 0 кВАр.

Таблиця 4.3 – Вибір БК при кількості цех. ТР $N_T=8$

№ КТП	N	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	N та БКит., потужність кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп}-Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1,2,3	6	2766	1421	0	1421	4·150; 4·200	1400	21,68	0,73	2766
4	2	451	411	801	0		0	0	0,49	611

Сумарна потужність на стороні 0.4 кВ 1400 кВАр, БК 10 кВ – 0 кВАр.

Таблиця 4.4 – Вибір БК при кількості цех. ТР $N_T=9$

№ КТП	N	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	N та БКит., потужність кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп}-Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1,2,3	6	2766	1421	0	1421	2·150 ; 2·200;	700	721	0,76	2859
4	3	451	411	1303	0	0	0	0	0,32	64

БК 0,4 кВ: 700 квар. БК 10 кВ: 0 кВАр.

Розрахунок ПВ для варіанту 1 $N_T = 7$ приведено нижче.

Втрати активної потужності в КП 0,4 кВ:

$$\Delta P_{KH} = P_{ПІТ}^{KH} \cdot Q_{KH} = 0,0045 \cdot 1400 = 6,3 \text{ кВт}$$

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

$$\Delta P_{KB} = P_{ПТТ}^{KB} \cdot Q_{KB} = 0 \text{ кВар}$$

$$\Delta P_{ПТ} = \frac{P_{НН}^2 + Q_1^2}{U_H^2} R_T \cdot 10^{-3} = \frac{3155^2 + 418^2}{10^2} \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} = 27,35 \text{ кВт}$$

де врахували, що

$$R_{екв} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{ном}^2}{N \cdot S_{ном}^2} \cdot 10^3 = \frac{7,6 \cdot 10^2}{7 \cdot 630^2} \cdot 1000 = 0,27 \text{ Ом}$$

Вартість КП на стороні НН:

$$K_{KH} = \sum_{i=1}^n N_{KH i} \cdot K_{KH i} = 4 \cdot 16,49 + 4 \cdot 23,8 = 161,16 \text{ тис. грн}$$

Вартість КП 10 кВ:

$$K_{KB} = \sum_{i=1}^n N_{KB i} \cdot K_{KB i} = 0 \text{ тис.грн}$$

Врахуємо тепер вартість ТП:

$$K_{КП} = N_{КП(2)} \cdot K_{КП(2)} + N_{КП(1)} \cdot K_{КП(1)} = 3 \cdot 638 + 1 \cdot 337,5 = 2251,5 \text{ тис. грн}$$

Загальні витрати по вар.1:

$$Z = E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КП}) + C_0 \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{ПТ} + \Delta P_{СД}) =$$

$$= 0,12 \cdot (161 + 0 + 2251,5) + 5,29 \cdot 3135 (6,3 + 0 + 27,35 + 0) = 848 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку приведених витрат на компенсацію РП

№	Q _{кв} , кВАр	ΔP _{кн} , кВт	Q _{кв} , кВАр	P _{кв} , кВт	N _{тр} , шт.	R _{екв} , Ом	S _{пр} , кВА	ΔP _{тп} , кВт	K _{кн} , тис грн	K _{кв} , с. грн	K _{кп} , тис.грн	З, тис грн
1	1400	6,3	0	0	7	0,27	3182	27,35	161,2	0	2251,5	847
2	1400	6,3	0	0	8	0,24	3647	31,93	161,2	0	2552	959
3	700	3,15	0	0	9	0,21	4110	35,49	80,6	0	2889	997

За проведеними результатами розрахунків видно, що варіант з найменшими приведеними витратами (тис.грн) його й приймаємо до подальшого встановлення.

												Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата								

Таблиця 4.6 – Розрахунок електричних навантажень в мережі вище 1000 В

Назва групи споживачів	Кіль-ть ЕС	Родного, кВт			Рсум, кВт	m	K _n	cosφ	tgφ	Середнє навантаження		п _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min		max						P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
ТП№1,2,3																
силова	346	0,4		75	3426,94	188	0,7	0,9	0,47	2438,7	1153,98	91	1,05	2565,38	1153,98	2812,98
освітлювальна														169,65	83,26	
БК 0,4 кВ															-1100	
Всього на шинах 0,4 кВ														2735,03	137,24	2738,47
Втрати в трансформаторі														31,79	184,72	
N	6															
P, кВА:	630															
K _з =	0,72															
Всього на шинах 10кВ ТП№3														2766,82	321,95	2785,49
ТП№4																
силова	69	0,5		33	829,15	66	0,4	0,7	1,01	371,36	375,1	50	1,166	433,02	375,1	572,89
освітлювальна														13,78	6,67	
БК 0,4 кВ															-300	
Всього на шинах 0,4 кВ														446,8	81,78	454,22
Втрати в трансформаторі														5,26	30,61	
N	1															
P, кВА:	630															
K _з =	0,72															
Всього на шинах 10 кВ														452,06	112,39	465,82
Всього по заводу																
силова	415	0,4	-	75	4256,09	187	0,66	0,88	0,54	2810,06	1529,08	113	1,058	2971,71	1529,08	3342,03
освітлювальна														183,43	89,93	
Всього														3155,14	1619,01	3546,28
БК 0,4 кВ															-1400	
Втрати в трансформаторі														37,05	215,33	
Всього по хлібозаводу												tgφ=	0,136	3192,19	434,34	3221,61

РОЗДІЛ 5

ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

В даному розділі бакалаврського проекту з електропостачання заводу хлібопекарських виробів виконано вибір типу і потужності силових трансформаторів за зазначеною методикою [1].

Наприклад, для ТП №1 обираємо потужність силових трансформаторів:

$$S_{TP} = \frac{S_p}{1,4(n-1)} = \frac{928,5}{1,4} = 663,2 \text{ кВА}$$

За розрахунком рекомендовано обрати трансформатор з найближчою потужністю. До встановлення запропоновано прийняти трансформатор ТМН - 630/10 та КТП 10/0,4 вітчизняного виробництва.

Визначимо коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$\kappa_3 = \frac{S_p}{1,4S_{TP}} = \frac{928,5}{1,4 \cdot 630} = 0,74$$

Аналогічно проводимо розрахунки для інших ТП. Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Кількість та потужність цехових трансформаторів

№ ТП	Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА	Вид ТП	N	S _{TP}	Кз	Категорія за ПБ	Місце розташування	Категорія споживачів
ТП1	922,27	107,32	928,50	вбуд.	2	630	0,74	Д	цех хлібопекарських виробів	I,II,III
ТП2	922,27	107,32	928,50	вбуд.	2	630	0,74	Д	цех хлібопекарських виробів	I,II,III
ТП3	922,27	107,32	928,50	вбуд.	2	630	0,74	Д	цех хлібопекарських виробів	I,II,III
ТП4	452,06	112,39	465,82	вбуд.	1	630	0,74	Д	ремонтний цех	I,II,III

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 6

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

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра передбачає вибір кабельних ліній, електричних апаратів в мережах високої напруги, вибір потужності ТВП. Тому, в цьому розділі виконуємо розрахунки струмів КЗ за [1] і обираємо обладнання заводу хлібопекарських виробів.

6.1. Розрахунок струмів КЗ та вибір струмопровідних пристроїв силових мереж заводу хлібопекарських виробів

Вихідними даними для розрахунку струмів КЗ є значення струму КЗ на шинах 10 кВ п/ст 35/10 кВ ($I_c''=2,5$ кА) та схема мережі.

$$X_c = \frac{U_{CP}}{\sqrt{3} \cdot I_c''} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,5} = 2,42 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{2,42}{25} = 0,096 \text{ Ом}$$

Кабельна лінія, яка живить завод (ГЗП-ЦРП) ААШв(3х120)

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

$$R_L=0,258 \cdot 2,4=0,619 \text{ Ом} \quad X_L=0,081 \cdot 2,4=0,194 \text{ Ом}$$

Опір до шин РП заводу хлібопекарських виробів

$$R_{K1}=R_c+R_{KL}=0,096+0,619=0,715 \text{ Ом}$$

$$X_{K1}=X_c+X_{KL}=2,42+0,194=2,614 \text{ Ом}$$

Струм КЗ в точці К1, шини 10 кВ РП

$$I_K'' = \frac{U_{CP}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,715^2 + 2,614^2}} = 2,23 \text{ кА}$$

Вим	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		Арк.

$$T_a = \frac{X_{K1}}{\omega \cdot R_{K1}} = \frac{2,614}{314 \cdot 0,715} = 0,0116 \text{ с}$$

Ударний струм в точці K₁

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 2,23 \cdot (1 + e^{-0,01/0,0116}) = 4,48 \text{ кА}$$

Визначимо мінімальний переріз кабелю по термічній стійкості

$$t_{отк} = t_{p.з} + t_{o.в} + \Delta t = 0,1 + 0,057 + 1,2 = 1,357 \text{ с}$$

$$B_K = 2,23^2 (1,357 + 0,0116) = 6,806 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$F_{MIN} = \frac{\sqrt{6,806 \cdot 10^3}}{94} = 27,75 \text{ мм}^2$$

Мінімальний переріз кабеля по термічній стійкості ААШв(3х35), I_{доп}=115А. Вибір кабелів заводу хлібопекарських виробів наведений в табл. 6.1. Розрахунок струмів КЗ для всієї мережі 10 кВ зведений в табл. 6.2.

Таблиця 6.1– Вибір кабелів 10 кВ мережі заводу хлібопекарських виробів

Найменування КЛ	№ тр	Sp, кВА	Ip, А	Fp, мм ²	Fст, мм ²	Fмин Т.У., мм ²	Iдоп, А	Iав.р, А	Iдоп', А
ЦРП-ТП1	2	928,5	26,835	19,168	25	35	115	53,67	132,02
ЦРП-ТП2	2	928,5	26,835	19,168	25	35	115	53,67	132,02
ЦРП-ТП3	2	928,5	26,835	19,168	25	35	115	53,67	132,02
ЦРП-ТП4	1	465,82	26,926	19,233	25	35	115	53,85	132,02

Таблиця 6.2 – Струми КЗ в мережі 10 кВ заводу хлібопекарських виробів

Точка КЗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Iк'',кА	2,23	2,21	0,542	2,211	0,542	2,212	0,541	2,213	0,542

6.2. Вибір електрообладнання

В кваліфікаційній роботі необхідно обрати електричні апаратів: вимикачі в розподільчих пристроях усіх класів використаних напруг, високовольтні роз'єднувачі, трансформатори струму і напруги заводу хлібопекарських виробів.

										Арк.
Вим	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

Таблиця 6.3 – Вибір вимикачів шин 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
		ВР1-20/630
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
2. $I_{раб.макс} \leq I_{ном}$	$I_{раб.макс} = 186,2 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
3. $I_{нт} \leq I_{отк.ном}$	$I_{нт} = I'' = 2,23 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$
4. $\sqrt{2}I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{отк.ном}(1 + \beta_n)$	$\sqrt{2}I_{нт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 2,23 + 0 = 3,15 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 40/100) = 39,48 \text{ кА}$
5. $I'' \leq I_{дин}$	$I'' = 2,23 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$
6. $i_y \leq i_{дин}$	$i_y = 4,48 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
7. $B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_k = 6,806 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$

$$S_p = 3221,61 \text{ МВА, тоді } I_{\text{роб. макс}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{3221,61}{\sqrt{3} \cdot 10} = 186,17 \text{ А}$$

$$i_{gr} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 2,23 \cdot e^{-0,1/0,0116} = 0 \text{ kA}$$

$$t = t_{p.3 \text{ МНН}} + t_{c.B} = 0,01 + 0,07 = 0,08 \text{ с}$$

$$B_K = 2,23^2(1,357 + 0,0116) = 6,81 \text{ кА}^2\text{с}$$

где $t_{\text{отк}} = t_{\text{p.3}} + t_{\text{о.в}} = 0,1 + 0,057 + 1,2 = 1,357 \text{ с}$

Вибираємо вимикач на лініях до КТП-4:

$$I_{роб. макс} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{465,82}{\sqrt{3} \cdot 10} = 26,95 \text{ A}$$

Приймаємо вимикач *ВР1-20/630*

						Арк.
Вим	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Секиййний вимикач цієї ж серії ВР

$$I_{PAБ.МАКС} = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{3221,59}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 92,9 \text{ А}$$

Приймаємо вимикач *ВРІ-20/630* з вбудованим електромагнітний приводом

Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Ще одним з відповідальних споживачів підстанції є власні потреби (ВП), тому що їх робота визначає нормальну і надійну роботу всієї підстанції, і як наслідок, надійність споживачів підстанції.

Таблиця 6.4 – Вибір трансформаторів власних потреб

Електроприймачі	Встановлена потужність, кВт	Кіл-ть	P, кВт	Q, кВар
1. Опалення та освітлення приміщення підстанції	6,5	1	6,5	-
2. Зовнішнє освітлення п/ст	4,5	1	4,5	-
3. Навантаження оперативних ланц.	2,0	1	2,0	-
Всього			13,0	-

Р=13 кВт. Приймаємо два трансформатора ТМ25/10. Завантаження трансформаторів складає $K_z=13/50=0,3$.

Вибір трансформаторів струму (ТС)

Оскільки мережі 10-35 кВ працює з ізольованою нейтраллю (згідно ПУЕ), то трансформатори струму встановлюються в фазах А і С. Багатожильні кабелі з рез. Ізоляцією використовуються як з'єднувальні проводи перерізом не меншим 1,6 мм² для мідних жил і 2,5 мм² для алюмінієвих жил за умови міцності.

На ввіді 10 кВ заводу хлібопекарських виробів встановимо трансформатори струму типу ТЛК-10-300УЗ. Перелік приладів на ввіді 10 кВ наведемо в таблиці 6.5.

Найбільш завантажена фаза А.

Загальний опір приладів: $Z_{прил} = S_{прил} / I^2_{2HOM} = 1,2 / 5^2 = 0,048 \text{ Ом}$.

						Арк.
Вим	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вторинне навантаження ТС в класі точності 0,5 складає 0,4 Ом, номінальний вторинний струм $I_{2ном}=5\text{А}$.

Таблиця 6.5 – Вимірювальні прилади на вводі КРП 10 кВ

Найменування приладу	Тип приладу	Навантаження фази, В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е 377	0,1	–	–
Ватметр	Д-335	0,5	–	0,5
Варметр	Д-335	0,5	–	0,5
Лічильник	V3 AR 2-00 P0 ND	0,1		0,1
Всього		1,2	–	1,1

Опір з'єднувальних проводів :

$R_{np} = Z_{2ном} - R_{прил} - R_k = 0,4 - 0,048 - 0,1 = 0,252 \text{ Ом}$, тоді переріз з'єднувальних проводів:

$$F = (\rho \cdot l_{розр}) / R_{np} = (0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 6) / 0,252 = 1,118 \text{ мм}^2$$

де $\rho = 0,0283 \text{ Ом/м}$ – зазначений каталожний питомий опір алюмінію.

Приймаємо контрольний кабель АКВГ з жилами перерізом $2,5 \text{ мм}^2$, тоді опір проводів складатиме:

$$R_{np} = (\rho \cdot l_{розр}) / F = (0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 6) / 2,5 = 0,118 \text{ Ом}$$

Вторинне навантаження ТС:

$$Z_2 = Z_{прил} + R_{np} + R_k = 0,048 + 0,118 + 0,1 = 0,266 \text{ Ом}$$

Перевірка ТС за умовами вибору приведена в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Перевірка ТС за умовами вибору на вводі до КРП 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
		ТЛК 10-УЗ
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
2. $I_{раб.макс} \leq I_{ном}$	$I_{раб.макс}=186,2 \text{ А}$	$I_{ном}=300 \text{ А}$

3. $i_y \leq i_{\text{дин}}$	$i_y = 4,48 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
4. $B_k \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_k = 6,806 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 16^2 \cdot 3 = 768 \text{ кА}^2\text{с}$
5. $Z_2 \leq Z_{2H}$	$Z_2 = 0,266 \text{ Ом}$	$Z_{2H} = 0,4 \text{ Ом}$

$$I_{\text{РАБ.МАКС}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{3221,61}{\sqrt{3} \cdot 10} = 186,2 \text{ А}$$

На фідерах 10 кВ до ТП1 прийемо до проектного встановлення трансформатори струму типу ТЛК-10-100У3. Перелік приладів на відхідних лініях 10 кВ приведений в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Перелік вимірювальних приладів на фідерах КРУ 10 кВ

Найменування приладу	Тип приладу	Навантаження фази, В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е 377	0,1	–	–
Лічильник	V3 AR T2-00 P0 ND	0,1		0,1
Всього		0,2	–	0,1

Загальний опір приладів фази А:

$$Z_{\text{прил}} = S_{\text{прил}} / I_{2\text{ном}}^2 = 0,2 / 5^2 = 0,008 \text{ Ом.}$$

Опір з'єднувальних проводів:

$$R_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - R_{\text{прил}} - R_{\text{к}} = 0,4 - 0,008 - 0,1 = 0,092 \text{ Ом}$$

Тоді переріз з'єднувальних проводів:

$$F = (\rho \cdot l_{\text{розр}}) / R_{\text{пр}} = (0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 6) / 0,092 = 3,23 \text{ мм}^2$$

Приймаємо контрольний кабель АКВГ з жилами перерізом 4 мм²

Тоді опір проводів складатиме:

$$R_{\text{пр}} = (\rho \cdot l_{\text{розр}}) / F = (0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 6) / 4 = 0,074 \text{ Ом}$$

Вторинне навантаження ТС:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{к}} = 0,008 + 0,074 + 0,1 = 0,182 \text{ Ом.}$$

									Арк.
Вим	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Таблиця 6.8 – Перевірка ТС за умовами вибору на фідерах 10 кВ від КРП до ТП

Умова вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані ТС типу ТЛК-10-100УЗ
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$I_{роб.форс} = 26,92 \text{ А}$	$I_{ном} = 100 \text{ А}$
$i_{y\partial} \leq i_{дин}$	$i_{y\partial} = 4,48 \text{ кА}$	$i_{дин.см} = 74,5 \text{ кА}$
$B_k \leq I_{TH}^2 \cdot t_{TH}$	$B_k = 6,806 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{TH}^2 \cdot t_{TH} = 4,72^2 \cdot 3 = 66,84 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_2 \leq Z_{2ном}$	$Z_2 = 0,182 \text{ Ом}$	$Z_{2ном} = 0,4 \text{ Ом}$

За звідними таблицями вибору робимо висновок, що попередньо прийняті трансформатори струму задовольняють умовам вибору і можуть працювати в заданому класі точності. Їх і залишаємо для подальшого проектування.

Вибір трансформаторів напруги (ТН)

Таблиця 6.9 – Розрахунок вторинного навантаження трансформатора напруги секції шин 10 кВ

Прилад	Тип приладу	Кількість	Загальна потужність			
			Р, кВт	Σ Р, кВт	Q, кВар	Σ Q, вар
Збірні шини 10 кВ:						
Вольтметр для вимірювання міжфазних напруг	Е 377	1	2	2		
Лічильник	V3 AR T2-00 P0 ND	4	2	8	9,7	38,8
Всього				10		38,8

Вторинне навантаження трансформатора напруги:

$$S_{2H} = 10 - j 38,8 \text{ ВА}$$

$$|S_{2H}| = 40,06 \text{ ВА}$$

Обираємо трансформатор напруги типу НАМИ-10-66-УЗ з потужністю $S_{2ном} = 120 \text{ В} \cdot \text{А}$ в класі точності 0,5.

Як показує розрахунок вторинне навантаження менше номінального, тому трансформатори будуть працювати в обраному класі точності. І для другої секції вибір трансформаторів здійснюється аналогічно.

									Арк.
Вим	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАВОДУ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ
ВИРОБІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ
СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ**

7.1 Використання системи гарячого водопостачання на базі вакуумного сонячного колектора

В комплект типової системи геліоколекторного водо- чи теплопостачання для забезпечення побутових потреб виробництва входить: 2-сонячний колектор; 3,8 - датчики температури; 4-розширювальний бак; 5-насосна станція; 6-контролер; 7- електронагрівач (тобто ТЕН); 9-запірний клапан; 10-вхідний отвір холодної води; 11-вихідний отвір гарячої води; 12-накопичувальний резервуар (бойлер) з одним/двома мідними теплообмінниками; 13-основна система опалення на основі газового, електричного або твердопаливного котла.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

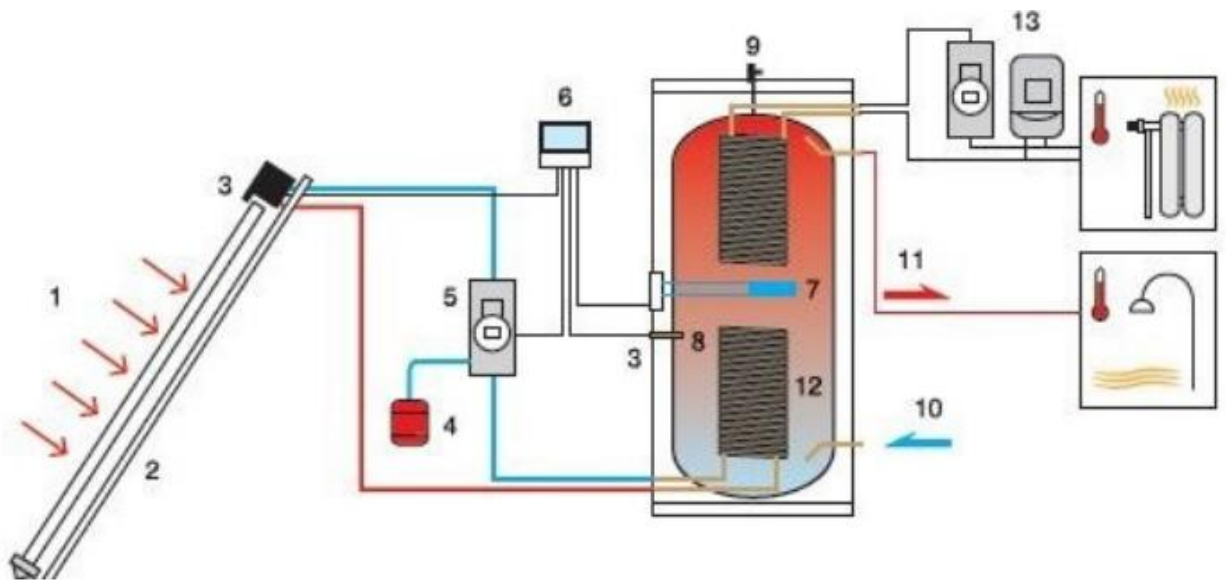


Рисунок 7.1 – Схема системи гарячого водопостачання на базі вакуумного сонячного колектора

При плануванні і виборі гідравлічної схеми враховуємо, що існує їх дві. Одноконтурна використовується сезонно або в місцинах, де нема низьких температур протягом року. Тоді застосовуються м'яка вода і колектор без тиску, тобто вакуумний колектор з прямою теплопередачею воді. Двоконтурні ж можна використовувати – цілорічно при різних типах вод і температур навколишнього середовища.

Режим роботи виробничого цеху хлібопекарського виробництва – протягом року стабільний. На об'єкті в виробничому процесі є потреба в гарячому водопостачанні для кожної лінії виробництва. Для даного проекту була обрана двоконтурна схема гарячого водопостачання, в першому контурі циркулює теплоносій на основі пропіленгліколю, що виключає можливість замерзання при короткочасно раптових і сильних морозах.

В пропонуємій схемі геліоустановки паралельне підключення колекторів, що спрощує монтаж, також скорочує довжину трубопроводів та зменшує сумарний гідравлічний опір системи. Теплоносій подається у колектори по схемі підключення знизу-вверх, це забезпечує більш рівномірний прогрів теплоносія вздовж колектора.

В системі слід встановити насос з регулюванням витратою теплоносія, це

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

значно підвищить ефективну температуру теплоносія в ті дні, коли мала щільність потоку сонячної радіації. Для цілорічної і безвідмовної роботи системи до неї мають ще входити розповітрувач контуру теплоносія та розширювальний бак. Бак акумулятор має достатню ємність для запасу теплової, що так необхідна на споживання впродовж 2-3 днів.

7.1.1. Розрахунок кліматичні характеристики для об'єкту проєктування

Завод хлібопекарських виробів, що розглядається в бакалаврській роботі, знаходиться в центральній частині України. Зима м'яка, з частими відлигами, а літо частіше спекотне. Середня температура липня + 21°C, січня — 5,5°C. Опади частіше влітку та восени у вигляді дощів. Їх середньорічна кількість становить від 450 до 520 мм. В табл. 7.1 показані основні кліматичні характеристики заводу за геолокацією.

Таблиця 7.1 – Основні кліматичні характеристики м. Кіровоград

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
середня денна температура, °C	-5,5	-4,1	0,8	9,4	16,0	19,6	21,3	20,6	15,4	8,4	2,5	-2,1
амплітуда коливання температури, °C	5	5	5	8	10	9	9	10	11	7	3	3
тривалість світового дня, год	8,8	10,35	11,8	13,6	15,17	16,0	15,66	14,4	12,63	10,93	9,30	8,40
коефіцієнт сонячного випромінювання	0,2	0,24	0,39	0,45	0,55	0,61	0,67	0,71	0,61	0,47	0,29	0,18
швидкість повітряних мас, м/с	5,4	5,7	5,2	5,0	4,4	3,8	3,7	3,8	4,1	4,6	4,9	5,2

								Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				

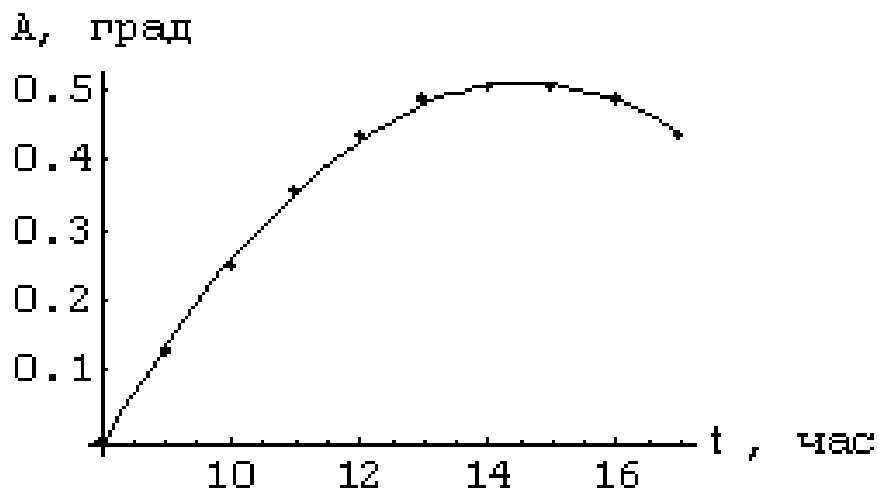


Рисунок 7.2 – Графік залежності амплітуди коливання температури від часу

Таблиця 7.2 – Коефіцієнт перерахунку для і-тої години згідно [2]

	Години									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
K_i	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,97	1	1	0,97	0,87

Розрахунок можливого встановлення гарячого водопостачання виконується за погодинними сумами прямої та розсіяної сонячної радіації і температурою зовнішнього повітря. Приведемо інформацію про інтенсивність сонячної радіації при безхмарному небі в Таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Базова інтенсивність сонячної радіації за геолокацією заводу на обідні години (11.00-12.00)

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_{мб}, \text{Вт/м}^2$	330	513	686	801	906	922	886	823	707	535	372	293

Кількість отриманої енергії на 1 м² на місяць

Для обчислення щомісячного кількості отриманої енергії на 1 м² використовується емпірична формула [2], результати розрахунків наведемо у таблиці 7.4.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot E_{\text{мр}} \cdot \tau_c \cdot \psi_c \cdot n_{\text{міс}} \quad (7.1.)$$

де $E_{\text{мр}}$ – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, Дж/(м²міс). τ_c – тривалість світового дня, год; ψ_c – це коефіцієнт сонячного випромінювання і $n_{\text{міс}}$ – кількість днів у місяці.

Таблиця 7.4 – Щомісячний прихід енергії на 1 м², горизонтальної поверхні

Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_{\text{мр}}, \text{Дж} / \text{м}^2 \text{міс}^2$	330	514	686	802	907	922	886	823	707	535	372	293
$\tau_c, \text{ГОД}$	8,76	10,4	11,8	13,6	15,17	16	15,7	14,4	12,63	10,9	9,3	8,4
ψ_c	0,18	0,24	0,39	0,45	0,55	0,61	0,67	0,71	0,61	0,47	0,3	0,18
$n_{\text{міс}}, \text{ШТ}$	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$E_{\text{міс}}, 10^8 \text{Дж} / (\text{м}^2 \text{день})$	0,37	0,82	2,25	3,37	5,37	6,19	6,60	5,98	3,75	1,95	0,7	0,32

Детальний розрахунок для 1 місяць:

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot 330,1 \cdot 8,76 \cdot 0,18 \cdot 31 = 0,37 \cdot 10^8, \text{ Дж}$$

Прихід енергії на 1 м² горизонтальної поверхні протягом всього року дорівнює:

$$E_{\text{року}} = \sum_1^{12} E_{\text{міс}} = 10^8 \cdot (0,370 + 0,819 + 2,245 + 3,374 + 5,375 + 6,190 + 6,603 + 5,977 + 3,748 + 1,951 + 0,690 + 0,315) = 3,766, \frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{рік}}$$

Оберемо кут установки геліоколектора для геолокації заводу

Щоб збільшити потенційний вихід тепла в зимовий період рекомендовано встановлення колектора на кут 15° - 20° більше, ніж відповідна широта. Саме таке встановлення дає максимальну площу колектора, яка зустрічається з сонцем протягом зимового дня і зменшують цю область протягом літніх місяців. Це не добре для літніх місяців. Взимку крутіший кут був би ефективніше, але Кута

												Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата								

менше 20 градусів, навпаки, слід уникати, так як в цьому випадку збільшується ступінь забруднення колектора. Визначимо кут схилу за 7.3 [3], результати внесемо до табл. 7.5.

$$\delta_c = 23.45 \cdot \sin\left(\frac{284 + n}{365} \cdot 360\right) \quad (7.2)$$

Отже, для 1 місяця (n -порядковий номер дня):

$$\delta_c = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{284 + 15}{365} \cdot 360\right) = -21,27^\circ$$

Таблиця 7.5 – Розрахунок кута схилення Сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6
δ_c , град	-21,27	-13,29	-2,82	9,41	18,79	23,31
Місяці	7	8	9	10	11	12
δ_c , град	21,52	13,78	2,22	-9,60	-18,79	-23,34

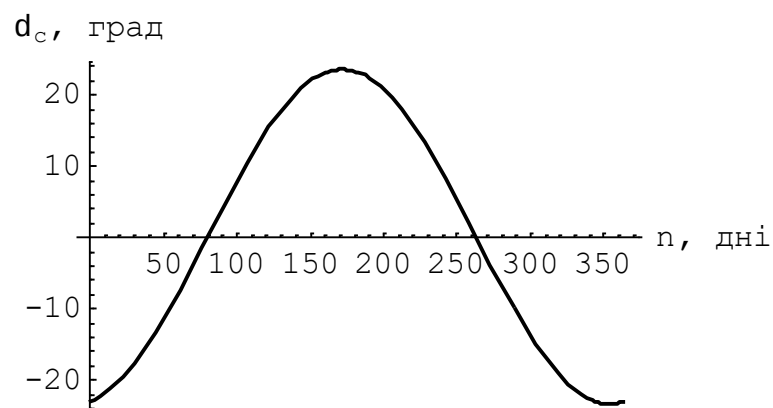


Рисунок 7.3 – Кут нахилу Сонця

Остаточно, із врахуванням рекомендацій приймемо $\beta = 45^\circ$.

Визначення теплового навантаження за місяць

Місячне теплове навантаження $Q_{\text{міс}}$ визначається за формулою:

$$Q_{\text{міс}} = G \cdot C \cdot \Delta t \cdot z \quad (7.3)$$

де $Q_{\text{міс}}$ – розрахункове місячна потреба в теплоті, Дж/(м² міс),

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

G – витрати теплоносія в день, кг/день;

C – теплоємність робочого тіла у зазначеному діапазоні температур, Дж/(кг град).;

Δt – різниця температур теплоносія, град.С;

z – це кількість днів у зазначеному місяці.

задаємося:

$t_1 = 8^\circ\text{C}$,

$t_2 = 60^\circ\text{C}$ [3],

$C = 4190$ Дж/(кг град) [3],

$G = 800$ кг/день

Прорахуємо 1 Місяць, наприклад квітень:

$$Q_{\text{міс}_1} = 800 \cdot 4190 \cdot 55 \cdot 31 = 5,715 \cdot 10^9, \frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{міс}}$$

Результати подібних розрахунків середньомісячного теплового навантаження покажемо в вигляді таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Середньомісячне теплове навантаження

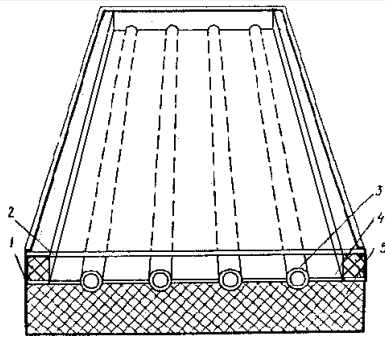
Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{\text{міс}},$ ГДж/ ($\text{м}^2 \cdot \text{міс}$)	5,7	5,2	5,7	5,5	5,7	5,5	5,7	5,7	5,5	5,72	5,53	5,72

Розрахунок параметрів геліоколекторів

Розрахунок системи ведеться за наведених рекомендацій [5] для прикладу на місяць квітень. В зимові місяці для отримання необхідної температури додається за рахунок дублюючого джерела енергії. Влітку є залишкова енергія і може використовуватись на господарські інші потреби.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 7.7 – Параметри геліоколектор прийнятого до встановлення

Матеріал поглинальної пластини	мідь
Число прозорих покриттів	2
Товщина скла, м	0,004
Товщина зазору склопакету	0,016
Товщина теплопоглинаючого елемента, м	0,001
Товщина ізоляції, м	0,050
Ширина ГК, м	1,14
Довжина ГК, м	1,74
Товщина, м	0,104
Площа теплоприймальної пластини ГК, м ²	1,6
Ступінь чорноти приймальної пластини	0,95
Зовнішній діаметр трубок ГК, м	0,012
Крок трубок, м	0,06
 Зовнішній вигляд сонячного колектору	Позначення: 1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія; 4 – поглинаюча панель; 5 – теплова ізоляція

В якості теплоносія геліосистеми будемо використовувати водний розчин пропіленгліколю. Теплоносії, виготовлені на його основі – є нетоксичними та екологічним і безпечними. Тому для харчового виробництва його повністю безпечно використовувати. Для даного виробничого заводу, враховуючи кліматичні особливості та режими роботи геліосистеми було обрано холодоносії марки ХНТ-30.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 7.8 – Основні характеристики теплоносіїв марок ХНТ-30

Марка теплоносія	Темп-ра початку кристалізації, С	Темп-ра випаров, С	густина, кг/м ³ *	теплоємність, Дж/(кг·К)*	Теплопровідність, Вт/(м·К)*	Динамічна в'язкість , мПа·с*
ХНТ-30	-30	102	1037	3615	0.368	6.00

* Примітка: значення приведені для температури + 20 С

Визначення площі геліоколекторного поля на прикладі місяця квітня за наступною формулою:

$$F_{\varepsilon K} = \frac{Q_{mic}}{E_{mic} \cdot \eta} = \frac{5,53 \cdot 10^9}{3,81 \cdot 10^8 \cdot 0,4} = 36,28 \text{ M}^2$$

де η – ефективність сонячної системи беремо з досвіду подібних установок.

Для інших місяців робимо подібний розрахунок і результати зобразимо у вигляді графіку рисунок 7.4.

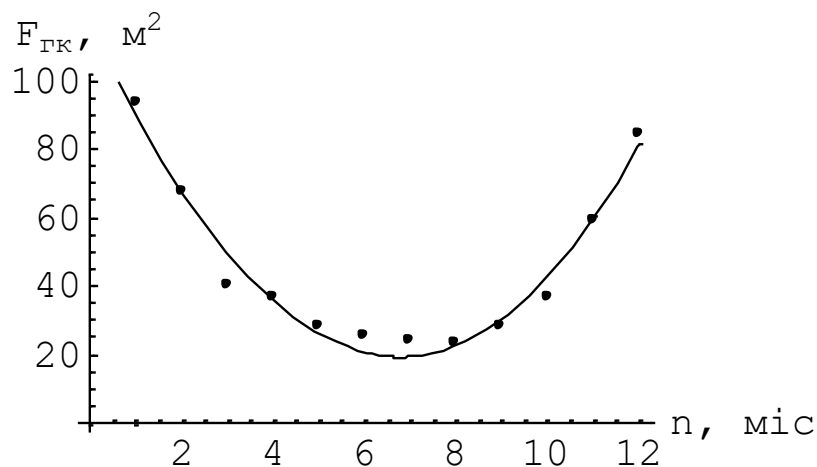


Рисунок 7.4 – Площа необхідного геліоколекторного поля по місяцях

За графічними результатами рисунку 7.4 видно доцільність застосування сонячного устаткування для гарячої водопостачання з квітня по жовтень при мінімальних капвкладення. В інші місяці слід застосовувати дублюючі прилади, бойлери і т.д.

Кількість геліоколекторів заданого типу можемо розрахувати за наступною формулою:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$N_{зк} = \frac{F_{міс}}{b_{ГК} \cdot l_{ГК}} = \frac{36,28}{1 \cdot 1,6} = 23 \text{ шт.}$$

$$\text{Тоді для квітня місяця } F_{\Sigma} = 23 \cdot 1 \cdot 1,6 = 36,28 \text{ м}^2$$

Ця цифра суттєво відрзняється для інших місяців. Беручи до уваги кап затрати приймемо до подальшого встановлення кількість пороховану трубок для найбільш сонячного місяця за геолокацією заводу і вона складатиме 24 трубки. Наприклад RUCELF® Модель SCV-1800 , кількість трубок, шт -24.

7.1.2 Розрахунок розширювального бака

При розгляді системи водопостачання основним елементом також є розширювальний бак. В двоконтурній системі в першому контурі черех геліоколектори проходе теплоносій. В системі ще може бути повітря. Саме розширювальний бак виконує функцію видалення цього повітря та компенсацію термічного розширення теплоносія при нагнітанні води в геліоколекторі. Повітря виводиться черех розширювальний бак в атмосферу. При проектуванні системи водопостачання необхідно розрахувати об'єм розширювального бака. Зазвичай він складає близько 10-15% теплоносія першого контуру геліосистеми. Тому порахуємо об'єм одного теплоприймального елемента, враховуючи кількість та діаметр трубок з теплоносієм:

$$V_1 = L \cdot n_{тр} \cdot \frac{\pi \cdot d_{тр}^2}{4} = 1,6 \cdot 15 \cdot \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 0,00188 \text{ м}^3$$

Тоді об'єм всіх елементів має дорівнювати:

$$V_{ГК} = N \cdot V_1 = 24 \cdot 0,00188 = 0,0433 \text{ м}^3$$

Врахуємо діаметр труб і визначимо об'єму трубопроводів:

$$V_T = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,0363^2}{4} \cdot 70 = 0,0724 \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм теплоносія в першому контурі складає з врахуванням насосу і теплообмінника:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Delta t = \frac{Q \cdot 3600 \cdot 24}{c \cdot (V \cdot \rho)} = \frac{Q \cdot 3600 \cdot 24}{c \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot H \cdot \rho\right)}$$

$$\Delta t_{\text{БА}} = \frac{Q_{\text{БА}} \cdot 3600 \cdot 24}{c \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot H \cdot \rho\right)} = \frac{253,34 \cdot 3600 \cdot 24}{4190 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} \cdot 2 \cdot 1000\right)} = 2,31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{БОР}} = \frac{Q_{\text{БОР}} \cdot 3600 \cdot 24}{c \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h \cdot \rho\right)} = \frac{42,45 \cdot 3600 \cdot 24}{4190 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 1000\right)} = 7,43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отримані втрати теплоти в баках за добу задовольняють потребам виробництва.

7.2 Розрахунок економічної ефективності від запропонованих заходів

Проведемо оцінку економічної ефективності при встановленні на заводі сонячної електростанції та вакуумного сонячного колектору. Перелік і вартості обладнання, що підлягає встановленню зазначимо в табл. 7.9 за прайсами.

Таблиця 7.9 – Розрахунок вартості обладнання та матеріалів для проекту заводу хлібопекарських виробів

Назва	К-ть	Ціна од., грн	Всього, грн
<u>Панель сонячна полікристалічна PSM4 150W</u>	14	5333	74662
<u>Контролер заряду акумуляторної батареї ACM5048</u>	1	2988	2988
<u>Акумуляторна батарея Alva Battery AS12-200 GEL</u>	5	10320	51600
<u>Джерело безперебійного живлення Altek AEP-5048 5000W / 48V</u>	1	20530	20530
Металлоконструкції	компл.	3250	3250
Всього по сонячній електростанції			153030

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Очікуємий термін окупності капіталовкладень при врахуванні грошових надходжень за реалізацію проекту складає :

$$T_{ок} = \frac{K}{ГН_p} = \frac{269342}{78081} = 3,5 \text{ років}$$

Дисконтований термін окупності інвестицій (за результатами таблиці 7.10) складе:

$$ДТ_{ок} = 5 + \frac{19534}{30439} = 5,6 \text{ років}$$

Слід зазначити, що навіть не використовуючи пільгового «зеленого» тарифу, постійних відключень електричної енергії, постійно зростаючої ціни на електроенергії, зменшення вартості капітальних вкладень на проект запропонований варіант є економічно вигідним для заводу хлібопекарських виробів і більшості споживачів.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дана випускна кваліфікаційній робота є присвячена розробленню системи електропостачання заводу хлібопекарських виробів. Розроблена система задовольняє вимогам економічності та надійності роботи заводу.

В проекті виконаний розрахунок електричних навантажень заводу хлібопекарських виробів з розрахунковим навантаженням 3681,1 кВА. На основі техніко-економічного розрахунку обрана схема зовнішнього електропостачання: живлення кабельними лініями довжиною 2,4 км від підстанції 35/10 кВ зі споруджується ЦРП 10 кВ на території заводу. Заводу повністю задовольняє попит споживачів району, при цьому працює у 2 зміни. Виробниче обладнання розташовується на трьох ділянках, кожна на окремому поверсі.

Важливим питанням при проектуванні є компенсація реактивної потужності. В даній роботі це питання вирішено за рахунок встановлення батарей конденсаторів на 0,4 кВ (1400 квар). До встановлення прийняті стандартні БСК, регулювання потужності яких здійснювалося по часу доби. В системі електропостачання заводу хлібопекарських виробів прийнято до встановлення 4 комплектні трансформаторні підстанції з трансформаторами потужністю 630 кВА. Електропостачання цехових підстанцій виконується по радіальній схемі з використанням кабелів ААШв (3х35).

На основі розрахунків струмів короткого замикання було обрано та пройшли перевірку високовольтне обладнання ЦРП. До встановлення прийняти вакуумні вимикачі ВР1-20 на номінальний струм 630 А.

Спеціальний розділ випускної кваліфікаційної роботи носить дослідницький характер з елементами творчого рішення технічної задачі. Останній рік ведення бізнесу на Україні в умовах постійний відключень електропостачання, показав необхідність впровадження незалежного джерела живлення електропостачання. В цьому проекті мова піде про впровадження на заводі сонячної електростанції та вакуумного сонячного колектору. Запропоновані і зазначені в роботі параметри геліоколектор прийнятого до встановлення. За розрахуванням заводу пораховано

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

оптимальну кількість трубок геліосистеми для забезпечення гарячого водопостачання. Виконано розрахунок розширювального баку та баку акумулятора. Та проведено оцінку економічної ефективності при встановленні на заводі сонячної електростанції та вакуумного сонячного колектору. Показник чистої теперішньої вартості за результатами впровадження проекту на заводі хлібопекарських виробів по встановленню сонячної електростанції та сонячного вакуумного колектора є виправданим, і економічно вигідним. На позитивне сальдо завод виходить вже на шостий рік експлуатації встановленого обладнання.

При виконанні випускної бакалаврської роботи були використані діючі нормативні документи та інструкції. Всі технічні рішення мають економічне обґрунтування.

Слід відмітити, що спроектована система електропостачання заводу хлібопекарських виробів задовольняє вимогам надійності, економічності та безпеки обслуговування.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград: КДТУ, 2004. – 133 с.
2. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
3. Кваліфікаційна робота бакалавра: метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 80 с.
4. Електропостачання: підручник / П. О. Васи́лега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
5. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
6. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
7. Адаменко О., Височанський В., Лютко В. Під ред. Вінцентія Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії.- Івано-Франківськ.: Полум'я, 2000 – 256 с.
8. Будова сонячної електростанції <https://sonceprom.com/tpost/kr4laoejb9-skladov-komponenti-ses-ta-detalotrimann>
9. Типи сонячних панелей <http://tehnonovator.com.ua/ua/energy-ua/sunbattery-ua/types-sun-battery-ua.html>

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		