

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
к.т.н., професор
_____ Петро ПЛЕСКОВ
“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка системи електропостачання
агропромислових споживачів смт. Устинівка»**
**«Development of the electricity supply system for agro-
industrial consumers of Ustynivka town»**

Виконав здобувач IV курсу
групи ЕЕ20-Зск
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ О. Прудиус
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____ Р. Телюта
« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ П. Плешков

«_____» _____ 2023 р.

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

Прудюса Олега Феофановича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи

Розробка системи електропостачання агропромислових споживачів смт.
Устинівка

Development of the electricity supply system for agro-industrial consumers of Ustynivka
town

2. Керівник роботи

Телюта Руслан Васильович, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 12.06.2022 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою роботи є розробка системи
електропостачання агропромислових споживачів. Завдання: дати коротку
характеристику агропромисловим споживачам. Розрахувати силові та
освітлювальні електричні навантаження. Побудувати графіки електричних
навантажень агропромислових споживачів. Побудувати картограму електричних
навантажень. Вибрати напруги і електричні схеми зовнішнього та внутрішнього
електропостачання. Розрахувати режими реактивної потужності системи елек-
тропостачання. Вибрати кількість та потужності трансформаторів. Розра-
хувати струми коротких замкнень та вибрати високовольтне обладнання і
високовольтні мережі системи електропостачання агропромислових споживачів.
Виконати спеціальний розділ. Привести висновки. Вказати перелік посилань.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Видача завдання</i>	<i>8.05.23</i>	
2	<i>Вступ</i>	<i>9.05.23</i>	
3	<i>Електричні навантаження в системі електропостачання</i>	<i>10.05.23</i>	
4	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	<i>15.05.23</i>	
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем електропостачання</i>	<i>17.05.23</i>	
6	<i>Вибір кількості, потужності та місця розташування трансформаторів</i>	<i>19.05.23</i>	
7	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>22.05.23</i>	
8	<i>Розрахунок струмів короткого замикання</i>	<i>24.05.23</i>	
9	<i>Вибір обладнання електропостачання</i>	<i>26.05.23</i>	
10	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>29.05.23</i>	
11	<i>Заключення</i>	<i>5.06.23</i>	
12	<i>Список літератури</i>	<i>7.06.23</i>	
13	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>9.06.23</i>	
14	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>12.06.23</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Підпис керівника

_____ (прізвище, ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__ р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище, ініціали)

Зміст

	Стор.
Вступ.....	5
1. Електричні навантаження в системі електропостачання підприємства	6
1.1. Розрахунок силових електричних навантажень агропідприємства в електричних мережах до 1000 В.....	6
1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень агропідприємства	14
1.3. Розрахунок електричних навантажень агропідприємства в силових мережах вище 1000 В.....	16
1.4. Побудова графіків електричних навантажень агропідприємства	23
2. Побудова картограми електричних навантажень та визначення місця розташування (ГЗП) центрального розподільного пристрою	28
3. Вибір напруги і електричних схем електропостачання агропідприємства зовнішнього та внутрішнього виконання	31
3.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання агропідприємства	31
3.2. Вибір напруг та схем для внутрішнього електропостачання агропідприємства	35
4. Вибір місця розташування трансформаторів, їх кількості і потужності	36
5. Режими реактивної потужності на агропідприємстві системи електропостачання	37
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності агропідприємства.....	37
5.2. Вибір потужності компенсуючих пристроїв їх потужності та місця розташування	38

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив		Прудіус О.Ф.			Розробка системи електропостачання агропромислових споживачів с.мт. Устинівка		Літ.	Аркуш
Перевірів		Телюта Р.В.						3
								83
Н. Контр.		Телюта Р.В.					ЦНТУ гр. ЕЕ20-Зск	
Затвердив		Плещков П.Г.						

6. Розрахунок струмів коротких замикань. Вибір для агропідприємства високовольтного обладнання і мереж системи електропостачання	49
6.1. Розрахунок струмів коротких замикань мережі електропостачання 10 кВ	49
6.2. Вибір кабелів напругою 10 кВ для агропідприємства	53
6.3. Вибір електричних апаратів високої напруги для агропідприємства	55
6.4. Вибір марки трансформаторів струму та напруги.....	59
7. Спеціальний розділ. Розрахунок та вибір сонячного колектора.....	63
7.1. Оцінка енергетичного потенціалу сонячної енергії на території держави Україна.....	63
7.2 Будова і функціонування геліосистем сонячної енергії.....	63
7.3 Геліотехнічні можливості місцевості.....	67
7.4 Розрахунок плоского сонячного колектора.....	70
7.4.1 Розрахунок основних параметрів плоских геліоколекторів	70
7.4.2 Розрахунок навантаження гарячого водопостачання для об'єкта	71
7.4.3 Розрахунок об'єму бака-акумулятора та його вибір для об'єкта	72
7.4.4 Визначення площі геліоколекторного поля	73
7.4.5 Визначення місячного теплового навантаження	75
7.4.6 Визначення параметрів геліоколекторів та елементів системи ...	76
7.5 Розрахунок проектних капіталовкладень	80
7.6 Висновки	81
Висновки	82
Перелік посилань.....	83

Вступ

На різних етапах розвитку цивілізації діяльність людини була пов'язана з постійним зростанням споживання енергії. Поява електрики здійснила революцію в усьому укладі життя людей. Немає жодної галузі виробництва, де б людина не використовувала електрику. Побудова високорозвиненого цивілізованого суспільства, в якому використовуватимуться досконалі, автоматично керовані машини, які замінять фізичну й нетворчу розумову працю, можлива за ще більш значного зростання споживання енергії та підвищення продуктивності праці.

У сільському господарстві споживачі електроенергії розосереджені на значній території, а потужності їх порівняно невеликі. Це зумовлює деякі особливості електропостачання. Сільські електричні мережі здебільшого протяжні і мають невелику потужність. Тому електропостачання виробничих підприємств і населених пунктів у сільській місцевості відрізняється від електропостачання промисловості і великих міст.

Головним завданням його є подача електроенергії до великої кількості порівняно малопотужних об'єктів, розосереджених на значній території. Як результат протяжність мереж (у розрахунку на одиницю потужності споживача) у багато разів перевищує цю величину в інших галузях народного господарства, а вартість електропостачання у сільському господарстві становить до 75% загальної вартості електроенергії, враховуючи витрати на придбання робочих машин.

Оскільки будівництво сільських електричних мереж можна вважати практично завершеним, основним завданням тепер є забезпечення якості електроенергії, що подається сільським споживачам, і високої надійності електропостачання.

Для забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання в електричних мережах здійснюється великий комплекс організаційних заходів та впроваджуються новітні техніка і технології: комутаційне обладнання нового покоління – вакуумні і елегазові вимикачі, мікропроцесорні засоби захисту і автоматики, спорудження повітряних ліній на базі самоутримувальних ізолюваних проводів, інформаційні системи тощо.

						Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Електричні навантаження в системі електропостачання підприємства

Визначення розрахункових електричних навантажень приймачів електричної енергії виконується у відповідності з методикою описаною в [1].

1.1 Розрахунок силових електричних навантажень агропідприємства в електричних мережах до 1000 В

В якості прикладу, для цеху випічки виконаємо розрахунок електричних навантажень. Середнє навантаження групи ЕП та ustalена їх потужність з однаковим режимом роботи:

$$P_{cp} = P_{\text{сум}} \cdot K_u = 622,1 \cdot 0,64 = 401,07 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp} = P_{cp} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 401,07 \cdot 0,75 = 300,8 \text{ кВар}.$$

Для всіх споживачів по корпусу середньозмінне навантаження:

$$P_{cm} = \sum P_{cpi} = 53,44 + 9,60 + 15,00 + 62,73 + 19,20 + 136,50 + 12,60 + 21,60 + 34,65 + 35,75 = 401,07 \text{ кВт}$$

$$\text{Аналогічно: } Q_{cm} = 300,8 \text{ кВар}$$

Ефективне число ЕП по корпусу

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{n, \max}} = \frac{2 \cdot 622}{65} = 19.$$

Використовуючи початкові дані знаходимо коефіцієнт m:

$$m = \frac{P_{n, \max}}{P_{n, \min}} = \frac{65}{3} = 21,7.$$

Коефіцієнт K_m знаходимо за таблицями [1] в залежності від існуючого значення групового коефіцієнта використання та встановленого ефективного числа ЕП у групі або у вузлі приймаємо навантаження $K_m = 1,231$.

Розрахункове для групи електроприймачів активне та реактивне навантаження

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m = 401,07 \cdot 1,231 = 469,47 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{cm} = 300,8 \text{ кВар (так як } n_e > 10).$$

Розрахункове значення максимум навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{469,47^2 + 300,8^2} = 557,57 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунок навантажень до 1000 В приведені в таблиці 1.1.

						Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ п/ п	Назва групи споживачів	Кіль кість ЕС	Р одного		Р сумарне	m	K _и	cosφ	tgφ	Середнє		n _{еф}	K _м	Розр навантаження		
			min	max						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , кВар	S _р , кВА
I	ЗАТ "Агродар"															
1	Адміністративна будівля	24	0,75	- 22	220	29,3	0,7	0,8	0,75	154	115,5	20	1,13	174,56	115,5	209,31
2	Цех випічки															
	Лінія обробки зерна	4	16,7	- 17	66,8	1	0,8	0,75	0,88	53,44	47,13					
	Борошнопросіювач	4	3	- 3	12	1	0,8	0,75	0,88	9,60	8,47					
	Лінія сортування	4	10	- 20	60	2	0,25	0,7	1,02	15,00	15,30					
	Сушильні шафи	3	24,6	- 24,6	73,8	1	0,85	0,75	0,88	62,73	55,32					
	Лінія завантаження продукції	4	8	- 8	32	1	0,6	0,8	0,75	19,20	14,40					
	Хлібопекарські печі	3	65	- 65	195	1	0,7	0,85	0,62	136,50	84,60					
	Тістозамішувачі	3	14	- 14	42	1	0,3	0,8	0,75	12,60	9,45					
	Лінія розвантаження продукції	3	12	- 12	36	1	0,6	0,8	0,75	21,60	16,20					
	Насоси	9	5,5	- 5,5	49,5	1	0,7	0,8	0,75	34,65	25,99					
	Вентилятори	10	5,5	- 5,5	55	1	0,65	0,8	0,75	35,75	26,81					
	Всього по цеху	47	3	- 65	622,1	21,7	0,64	0,8	0,75	401,07	300,8	19	1,17	469,47	300,8	557,57
3	Гараж															
	Вентилятори	2	3	- 3	6	1	0,7	0,8	0,75	4,20	3,15					
	Підйомник	1	5,5	- 5,5	5,5	1	0,1	0,5	1,73	0,55	0,95					
	Компресори	1	10	- 10	10	1	0,65	0,8	0,75	6,50	4,88					
	Зварювальні апарати	2	5,5	- 7,5	13	1	0,3	0,35	2,68	3,90	10,44					
	Разом	6	3	- 10	34,5	3,3	0,44	0,62	1,27	15,15	19,17	6	1,61	24,34	21,09	32,21
4	Склад сировини та матеріалів															
	Транспортери	3	3,0	- 4	11	1	0,6	0,79	0,78	6,60	5,12					
	Електротельфери	2	3	- 4	7	1	0,1	0,5	1,73	0,70	1,21					
	Електрокалорифери	3	12	- 12	36	1	0,65	0,8	0,75	23,40	17,55					
	Вентилятори	2	3,0	- 3	6	1	0,65	0,8	0,75	3,90	2,93					
	Разом	11	3	- 12	65,5	4	0,53	0,79	0,78	34,93	27,11	11	1,33	46,36	27,11	53,7

		Продовження таблиці 1.1.															
Зм		5	Склад виробничий														
Арк.			Транспортери		4	3	-	4	14	1	0,6	0,79	0,78	8,40	6,52		
% докум.			Електрокалорифери		3	12	-	12	36	1	0,65	0,8	0,75	23,40	17,55		
			Вентилятори		6	3	-	3	18	1	0,65	0,8	0,75	11,70	8,78		
Підпим			Разом		13	3	-	12	68	4	0,64	0,8	0,75	43,5	32,62	11	1,24
			Разом по ЗАТ "Агродар"		101	0,75	-	65	1010,1	86,7	0,64	0,79	0,78	646,46	501,71	31	1,13
Дата			ПСК "Кооператор														
			1 Кормоприготувальний цех														
			Подрібнювачі зернових		4	3	-	12	30	4	0,45	0,6	1,33	13,50	18,00		
			Ваги ДМ-100		1	1,2	-	2	2,2	2	0,6	0,8	0,75	1,32	0,99		
			Живителі муки		2	1,1	-	4	5,1	4	0,2	0,45	1,98	1,02	2,02		
			Просіювачі		2	3	-	3	6	1	0,6	0,7	1,02	3,60	3,67		
			Силос мучний		2	3	-	11	14	4	0,15	0,5	1,73	2,10	3,64		
			Шлюзові затвори		1	3	-	3	3	1	0,3	0,7	1,02	0,90	0,92		
			Вентилятори		4	3	-	3	12	1	0,65	0,79	0,78	7,80	6,05		
			Всього		16	1,1	-	12	72,3	10,9	0,42	0,65	1,17	30,24	35,35	12	1,41
			2 Млин														
			Подрібнювачі КДУ-2		2	11	-	11	22,0	1	0,75	0,89	0,51	16,50	8,45		
			Вентилятори		4	3,0	-	3,0	12	1	0,9	0,83	0,67	10,80	7,26		
			Лінія обробки зерна		4	7,2	-	11,1	36,6	2	0,9	0,83	0,67	32,94	22,14		
			Борошнопросіювач		2	1,1	-	1,1	2,2	1	0,8	0,75	0,88	1,76	1,55		
			Транспортери		2	3	-	3	6	1	0,8	0,75	0,88	4,80	4,23		
			Циклони		2	5,5	-	5,5	11	1	0,9	0,85	0,62	9,90	6,14		
			Всього млину		16	1,1	-	11	89,8	10	0,85	0,84	0,65	76,7	49,54	16	1
			3 Склад зерновий														
			Транспортери		2	3	-	4	8	1	0,6	0,79	0,78	4,80	3,73		
			Вентилятори		2	3	-	3	6	1	0,65	0,8	0,75	3,90	2,93		
			Разом		4	3	-	4	14	1,3	0,62	0,79	0,78	8,7	6,75	4	1,49
		4 Олійня															
		Шнеки		3	3,0	-	3	9	1	0,54	0,8	0,75	4,86	3,65			
8	Арх.ш																

	Преси	2	11,0	-	11	22	1	0,5	0,7	1,02	11,00	11,22					
	Транспортери	2	3	-	3	6	1	0,8	0,75	0,88	4,80	4,23					
	Електродуховки	3	1,8	-	12,0	21	7	0,55	0,9	0,48	11,55	5,59					
	Вентилятори	3	2,0	-	7	14	4	0,64	0,8	0,75	8,96	6,72					
	Разом	13	1,8	-	12	72	6,7	0,57	0,79	0,78	41,17	31,95	12	1,28	52,69	31,95	61,62
5	Ремонтна майстерня																
	Прес	2	10	-	10	20	1	0,12	0,4	2,29	2,40	5,50					
	Фрезерний верстат	8	4	-	4	32	1	0,34	0,75	0,88	10,88	9,60					
	Візок	2	0,55	-	0,55	1,1	1	0,7	0,6	1,33	0,77	1,03					
	Тельфер	6	2,2	-	17,5	47,4	8	0,65	0,7	1,02	30,81	31,43					
	Вертикально-сверл верстат	6	4	-	4	24	1	0,7	0,7	1,02	16,80	17,14					
	Кран	2	4	-	4	8	1	0,3	0,7	1,02	2,40	2,45					
	Токарний верстат	11	5,5	-	5,5	60,5	1	0,35	0,75	0,88	21,18	18,67					
	Разом	37	0,55	-	17,5	193	31,8	0,44	0,7	1,02	85,23	86,95	22	1,27	108,57	86,95	139,1
	Разом ПСК"Кооператор"	86	0,55	-	17,5	441,1	32	0,55	0,76	0,86	242,61	214,0	50	1,13	274,30	213,96	347,88
III	III "Каска"																
1	Адміністративна будівля	6	1		10	40	10	0,7	0,8	0,75	28	21	6	1,28	35,79	23,1	42,6
2	Молокообробний цех																
	Насоси	6	5,0	-	17,5	55	4	0,75	0,8	0,75	41,25	30,94					
	Пастеризатори	4	4,4	-	4,4	17,6	1	0,6	0,75	0,88	10,56	9,31					
	Охолоджувачі молока	3	8,6	-	8,6	25,8	1	0,6	0,75	0,88	15,48	13,65					
	Холодильники	2	11	-	11	22,4	1	0,7	0,84	0,65	15,68	10,13					
	Вентилятори	8	5,5	-	18,5	59	3	0,65	0,8	0,75	38,35	28,76					
	Всього	23	4,4	-	18,5	179,8	4,2	0,67	0,79	0,78	121,32	94,15	19	1,15	139,86	94,15	168,6
3	Ремонтна майстерня																
	Вентилятори	3	1	-	5	15	5	0,7	0,8	0,75	10,50	7,88					
	Компресори	2	10	-	15	25	2	0,65	0,8	0,75	16,25	12,19					
	Підйомники	5	1	-	10	22	10	0,7	0,8	0,75	15,40	11,55					
	Зварювальні апарати	2	7,5	-	15	22,5	2	0,3	0,35	2,68	6,75	18,07					
	Лінія дрібного ремонту	1	20	-	20	20	1	0,35	0,5	1,73	7,00	12,12					

	Всього	13	1	-	20	104,5	20	0,53	0,67	1,11	55,9	61,94	10	1,35	75,2	68,13	101,47
	Разом по ПП "Каска"	42	1,0	-	20	324,3	20	0,63	0,76	0,86	204,31	174,7	32	1,13	231,45	174,72	289,99
IV	<u>ЗАТ "Агростар"</u>																
1	<i>Цех виробничий</i>																
	Вентилятори	6	2	-	11	50	6	0,85	0,75	0,88	42,50	37,48					
	Сепаратори	4	15	-	25	80	2	0,25	0,7	1,02	20,00	20,40					
	Лінія сушарки	3	6	-	10	26	2	0,7	0,8	0,75	18,20	13,65					
	Шнеки	2	2	-	40	42	20	0,85	0,75	0,88	35,70	31,48					
	Транспортери	4	1	-	8	18	8	0,65	0,8	0,75	11,70	8,78					
	Норії	8	1,5	-	10	46	7	0,6	0,8	0,75	27,60	20,70					
	Насоси	4	15	-	15	30	1	0,25	0,7	1,02	7,50	7,65					
	Водяни помпи	2	6	-	11	16,5	2	0,7	0,8	0,75	11,55	8,66					
	Всього по цеху	33	1	-	40	308,5	40	0,57	0,76	0,86	174,75	149,44	15	1,25	218,22	149,44	264,48
2	<i>Склад сировини</i>																
	Конвейер	2	4	-	4	8	1	0,6	0,79	0,78	4,80	3,73					
	Транспортери	2	3	-	3	6	1	0,8	0,75	0,88	4,80	4,23					
	Ветиллятори	6	3	-	5,5	23	2	0,65	0,8	0,75	14,95	11,21					
	Всьго по складу	10	3	-	5,5	37	1,8	0,66	0,79	0,78	24,55	19,05	10	1,23	30,28	20,96	36,83
	Разом по ЗАТ "Агростар"	43	1,0	-	40	345,5	40	0,58	0,76	0,84	200,39	171,4	17	1,22	244,99	171,37	298,97
V	<u>ТОВ "Агрокомплект"</u>																
1	<i>Ремонтний цех</i>																
	Металообробні верстати	16	5,5	-	22	98	4	0,14	0,5	1,73	13,72	23,76					
	Компресори	3	15	-	15	45	1	0,65	0,75	0,88	29,25	25,80					
	Зварювальні трансформато	4	7	-	12,5	39	2	0,7	0,75	0,88	27,30	24,08					
	Преси різноманітні	4	5,5	-	7,5	26	1	0,5	0,7	1,02	13,00	13,26					
	Піч опору	2	12	-	12	24	1	0,5	0,8	0,75	12,00	9,00					
	Транспортери	2	14	-	17	31	1	0,6	0,8	0,75	18,60	13,95					
	Вентилятори	8	3,0	-	3,0	24	1	0,65	0,8	0,75	15,60	11,70					

		Продовження таблиці 1.1.																					
Зм	Арк.	% докум.																					
		Підпим																					
		Дата																					
13			Архш			3	Деревообробний цех																
						Верстат для очищення		4	20	-	24	88	1	0,6	0,6	1,33	52,80	70,40					
						Токарно-шліфувальні верст		4	20	-	20	80	1	0,45	0,6	1,33	36,00	48,00					
						Тепловентилятори		2	15	-	15	30	1	0,5	0,65	1,17	15,00	17,54					
						Техн. лінія обробки деревин		2	30	-	30	60	1	0,5	0,65	1,17	30,00	35,07					
						Вентилятори		6	6	-	11	55	2	0,65	0,8	0,75	35,75	26,81					
						Всього по цеху		18	5,5	-	30	313	5,4	0,54	0,65	1,17	169,55	198,23	18	1,24	210,09	198,23	288,85
						4	Опалювальне приміщення																
						Насоси подачі води		4	30	-	40	140	1	0,7	0,8	0,75	98,00	73,50					
						Насоси дренажні		2	20	-	20	40	1	0,7	0,8	0,75	28,00	21,00					
						Електроводонагрівачі		2	20	-	25	45	1	0,7	0,75	0,88	31,50	27,78					
						Вентиляція		4	5,5	-	5,5	22	1	0,65	0,8	0,75	14,30	10,73					
						Всього		12	5,5	-	40	247	7,3	0,7	0,79	0,78	171,8	133,33	12	1,18	203,39	133,33	243,2
						5	Гараж																
						Вентилятори		4	3	-	4	14	1	0,7	0,8	0,75	9,80	7,35					
						Компресори		3	10	-	15	40	2	0,65	0,8	0,75	26,00	19,50					
						Підйомник		3	5	-	10	25	2	0,1	0,5	1,73	2,50	4,33					
						Зварювальні апарати		2	15	-	15	30	1	0,3	0,35	2,68	9,00	24,09					
						Ремонтний вузол		1	20	-	20	20	1	0,35	0,5	1,73	7,00	12,12					
						Всього		13	3	-	20	129	6,7	0,42	0,63	1,23	54,3	66,94	13	1,39	75,57	66,94	100,95
						6	Складське приміщення																
						Транспортери		2	3,0	-	3	6	1	0,6	0,3	3,18	3,60	11,45					
						Вентилятори		4	3	-	3	12	1	0,65	0,35	2,68	7,80	20,88					
кран ПВ=25%		2	1,1	-	5,5	6,6	5	0,06	0,45	1,98	0,40	0,79											
Всього		8	1,1	-	5,5	24,6	5	0,48	0,34	2,77	11,8	32,64	8	1,46	17,19	35,9	39,8						
Всього по атодору		75	1	-	40	1088,6	40	0,59	0,71	0,99	642,27	637,02	54	1,11	714,13	637,02	956,96						
Всього на 0,4 кВ по спожтв		503	0,55	-	65	4358	118,2	0,59	0,75	0,88	2571,2	2267,6	134	1,07	2744,65	2267,6	3560,21						

1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень агропідприємства

Розрахунок освітлювальних навантажень виконується по питомій потужності освітлювального навантаження, згідно методики, на одиницю корисної площі розрахункового приміщення, що наведена в [1].

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень.

№ п/ п	Найменування підрозділу	F, м ²	P _о , Вт/м ²	P _в , кВт	cos φ	K ₁	K _с	tgφ	Q _{см} , квар	Розрахункове навантаження		
										P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
	ЗАТ "Агродар"											
1	Адміністративна будівля	524	14	7,34	0,9	1,2	0,9	0,48	3,5	7,9	3,8	8,8
2	Цех випічки	902	12	10,82	0,9	1,2	0,9	0,48	5,1	11,7	5,7	13,0
3	Гараж	196	6	1,18	0,9	1,2	0,8	0,48	0,5	1,1	0,5	1,3
4	Склад сировини та матеріалів	384	6	2,30	0,9	1,2	0,8	0,48	1,0	2,2	1,1	2,5
5	Склад виробничий	648	8	5,18	0,9	1,2	0,85	0,48	2,3	5,3	2,6	5,9
6	ТериторіяЗАТ"Агродар"	11258	0,2	2,25	0,5	1,12	0,5	1,73	1,1	1,3	2,2	2,5
	Всього	13912,0		29,1					13,4	29,5	15,9	33,9
	ПСК "Кооператор"											
1	Кормоприготувальний цех	378	8	3,02	0,9	1,2	0,90	0,48	1,4	3,3	1,6	3,6
2	Млин	384	8	3,07	0,9	1,2	0,9	0,48	1,4	3,3	1,6	3,6
3	Склад зерновий	582	6	3,49	0,9	1,2	0,85	0,48	1,6	3,6	1,7	4,0
4	Олійня	388	8	3,10	0,9	1,2	0,90	0,48	1,5	3,4	1,6	3,7
5	Ремонтна майстерня	256	10	2,56	0,9	1,2	0,85	0,48	1,1	2,6	1,3	2,9
6	Територія ПСК "Кооператор"	26214	0,2	5,24	0,5	1,12	0,50	1,73	2,5	2,9	5,1	5,9
	Всього по споживачам	28202,0		20,5					9,5	19,0	12,9	23,7
	ПП "Каска"											
1	Адміністративна будівля	756	14	10,58	0,9	1,2	0,9	0,48	5,0	11,4	5,5	12,7
2	Молокообробний цех	648	8	5,18	0,9	1,2	0,85	0,48	2,3	5,3	2,6	5,9
3	Ремонтна майстерня	524	8	4,19	0,9	1,2	0,85	0,48	1,9	4,3	2,1	4,8
4	Територія ПП "Каска"	32126	0,2	6,43	0,5	1,12	0,50	1,73	3,1	3,6	6,2	7,2
	Всього	34054,0		26,4					12,3	24,6	16,4	30,5
	ЗАТ "Агростар"											
1	Цех виробничий	1522	10	15,22	0,9	1,20	0,90	0,48	7,2	16,4	8,0	18,3
2	Склад сировини	396	8	3,17	0,9	1,20	0,85	0,48	1,4	3,2	1,6	3,6
3	ТериторіяЗАТ"Агростар"	16201	0,2	3,24	0,5	1,12	0,50	1,73	1,6	1,8	3,1	3,6

Продовження таблиці 1.2.

№ п/п	Найменування підрозділу	F , м ²	p_o , Вт/м ²	P_v , кВт	$\cos$ φ	K_1	K_c	$\operatorname{tg}\varphi$	Q_{cm} , квар	Розрахункове навантаження		
										P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
	Всього	18119,0		21,6					10,1	21,5	12,7	25,5
1	ТОВ "Агрокомплект"											
2	Ремонтний цех	772	12	9,26	0,9	1,12	0,95	0,48	4,3	9,9	4,8	11,0
3	Гараж автотракторний	624	8	4,99	0,9	1,2	0,8	0,48	4,3	4,8	2,3	11,0
4	Склад сировини	378	6	2,27	0,9	1,2	0,85	0,48	1,0	2,3	1,1	2,6
5	Деревообробний цех	956	14	13,38	0,9	1,12	0,85	0,48	5,6	12,7	6,2	14,2
6	Тер ТОВ "Агрокомплект"	32144	0,2	6,43	0,5	1,12	0,50	1,73	3,1	3,6	6,2	7,2
	Всього	34874,0		36,3					18,3	33,3	20,6	45,8
	Телевізійний центр											
1	Адміністративна будівля	990	14	13,86	0,9	1,2	0,9	0,48	6,5	15,0	7,2	16,6
2	Склад сировини	752	6	4,51	0,9	1,2	0,9	0,48	2,1	4,9	2,4	5,4
3	Диспетчерська	998	14	13,97	0,5	1,12	0,9	1,73	12,2	14,1	24,4	28,2
4	Котельня	264	8	2,11	0,5	1,12	0,85	1,73	1,7	2,0	3,5	4,0
5	Територ Телевізійн центр	36120	0,2	7,22	0,5	1,12	0,5	1,73	3,5	4,0	7,0	8,1
	Всього	39124,0		41,7					26,1	40,0	44,5	62,3
	Автодор											
1	Адмінбудівля	1980	14	27,72	0,9	1,2	0,9	0,48	13,0	29,9	14,5	33,3
2	Ремонтний цех	1040	10	10,40	0,5	1,12	0,9	1,73	9,1	10,5	18,2	21,0
3	Деревообробний цех	148	12	1,78	0,9	1,2	0,85	0,48	0,8	1,8	0,9	2,0
4	Опалювальне приміщення	390	8	3,12	0,9	1,2	0,9	0,48	1,5	3,4	1,6	3,7
5	Гараж	902	6	5,41	0,9	1,2	0,95	0,48	2,7	6,2	3,0	6,9
6	Складське приміщення	524	6	3,14	0,9	1,2	0,95	0,48	1,6	3,6	1,7	4,0
7	Територія Автодор	63120	0,2	12,62	0,5	1,12	0,5	1,73	6,1	7,1	12,2	14,1
	Всього	68104,0		64,2					34,8	62,4	52,1	85,0
	Всього по споживачам	234471,0		239,8					124,5	230,3	175,1	306,7

1.3 Розрахунок електричних навантажень агропідприємства в силових мережах вище 1000 В

При визначенні навантаження в мережі $U > 1000$ В розрахунковими вузлами навантаження шини 10 кВ ТП, тому перед початком розрахунку необхідно перш за все визначити кількість ТП, потужність трансформаторів і їх місце розміщення на території розрахункового підприємства. Для визначення кількості ТП, потужності та числа і місця розміщення досить зручно використати картограму навантаження. На основі картограм навантаження наглядно визначають схеми живлення розрахункових цехів, де установка власних ТП вважається нераціональною. А їх енергоспоживання можна здійснити напругою 380 В від ТП близьких сусідніх цехів за умови, що відхилення напруги не перевищують значень прийнятих у ДЕСТ-13109-67, на затискачах ЕП.

Загальне навантаження по підприємству визначається так само, як і навантаження по окремим ТП.

Потім визначаються втрати у трансформаторах для кожної ТП чи групи.

Згідно [1] номінальні параметри трансформатора ТМ-630/10/0,4:

Потужність: $S_n = 630 \text{ кВ}\cdot\text{А}$; втрати: $\Delta P_{xx} = 1,42 \text{ кВт}$; напруга: $U_n = 10 \text{ кВ}$;

струм х.х.: $I_{xx} = 2\%$; втрати: $\Delta P_{кз} = 7,6 \text{ кВт}$; напруга к.з.: $U_{кз} = 5,5\%$

Розрахунок електричних навантажень для силових електромереж, що вище значення 1000 В, зводиться у вигляді таблиці 1.3.

						Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	Назва групи споживачів	Кількість ЕС	Р одного		Р сумарна	m	K _и	cosφ	tgφ	Середнє		п _{еф}	K _м	Розр. навантаження		
			min	max						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
	ТП-1															
1	ЗАТ "Агродар". Адмін. будівля															
	силове:	24	0,8	22	220	29,3	0,7	0,8	0,75	154	115,5	20	1,13	174,56	115,5	209,31
	освітлювальне:									7,34				7,9	3,8	
	Всього:									161,34	115,5			182,46	119,3	218
2	Цех випічки															
	силове:	47	3	65	622,1	21,7	0,645	0,8	0,75	401,07	300,8	19	1,17	469,47	300,8	557,57
	освітлювальне:									10,82				11,7	5,7	
	Всього:									411,89	300,8			481,17	306,5	570,5
3	Гараж															
	силове:	6	3	10	34,5	3,3	0,439	0,62	1,27	15,15	19,17	6	1,61	24,34	21,09	32,21
	освітлювальне:									1,18				1,1	0,5	
	Всього:									16,33	19,17			25,44	21,59	33,37
4	Склад сировини та матеріалів															
	силове:	11	3	12	65,5	4	0,533	0,79	0,78	34,93	27,11	11	1,33	46,36	27,11	53,7
	освітлювальне:									2,3				2,2	1,1	
	Всього:									37,23	27,11			48,56	28,21	56,16
5	Склад виробничий															
	силове:	13	3	12	68	4	0,64	0,8	0,75	43,5	32,62	11	1,24	53,93	32,62	63,03
	освітлювальне:									5,18				5,3	2,6	
	Всього:									48,68	32,62			59,23	35,22	68,91
6	Територія ЗАТ "Агродар"															
	освітлювальне:									2,25				1,3	2,2	
	Всього:									2,25	0			1,3	2,2	2,56
5	Ремонтна майстерня															
	силове:	37	0,6	17,5	193	31,8	0,442	0,7	1,02	85,23	86,95	22	1,27	108,57	86,95	139,1
	освітлювальне:									2,56				2,6	1,3	

		продовження таблиці 1.3																
Зм											87,79	86,95			111,17	88,25	141,94	
Арк.																		
% докум.											5,24				2,9	5,1		
											5,24	0			2,9	5,1	5,87	
	1	ПП "Каска".Адмін. будівля																
		силове:	6	1	10	40	10	0,7	0,8	0,75	28	21	6	1,28	35,79	23,1	42,6	
Підпим		освітлювальне:									10,58				11,4	5,5		
Дата		Всього:									38,58	21			47,19	28,6	55,18	
	2	Молокообробний цех																
		силове:	23	4,4	18,5	179,8	4,2	0,675	0,79	0,78	121,32	94,15	19	1,15	139,86	94,15	168,6	
		освітлювальне:									5,18				5,3	2,6		
		Всього:									126,5	94,15			145,16	96,75	174,45	
	3	Ремонтна майстерня																
		силове:	13	1	20	104,5	20	0,535	0,67	1,11	55,9	61,94	10	1,35	75,2	68,13	101,47	
		освітлювальне:									4,19				4,3	2,1		
		Всього:									60,09	61,94			79,5	70,23	106,08	
	4	Територія ПП "Каска"																
		освітлювальне:									6,43				3,6	6,2		
		Всього:									6,43	0			3,6	6,2	7,17	
	1	ЗАТ"Агростар".Цех виробничий																
		силове:	33	1	40	308,5	40	0,566	0,76	0,86	174,75	149,44	15	1,25	218,22	149,44	264,48	
		освітлювальне:									15,22				16,4	8		
		Всього:									189,97	149,44			234,62	157,44	282,55	
	2	Склад сировини																
		силове:	10	3	5,5	37	1,8	0,664	0,79	0,78	24,55	19,05	10	1,23	30,28	20,96	36,83	
		освітлювальне:									3,17				3,2	1,6		
	Всього:									27,72	19,05			33,48	22,56	40,37		
3	Територія ЗАТ "Агростар"																	
	освітлювальне:									3,24				1,8	3,1			
18	Архуш																	

Апрель	19
--------	----

		продовження таблиці 1.3																	
Зм																			
Арк.																			
% докум.																			
Підпим																			
Дата																			
Архуш 21			Всього:									7,22	0			4	7	8,06	
			Всього по ТП-4:																
			силове:		76	0,6	18	476	32,7	0,68	0,8	0,75	323,68	242,76	53	1,08	350,71	242,76	426,53
			освітлювальне:										41,67				40	44,5	
			Всього на шинах 0.4 кВ ТП-4:										365,35	242,76			390,71	287,26	484,95
			Втрати в трансформаторах:														6,77	33,13	
			Кількість трансформаторів: 1																
			Номінальна потужність, кВА: 630																
			Коефіцієнт завантаження: Кз=0,77																
			Всього на шинах 10 кВ ТП-4:														397,48	320,39	510,53
			ТП-5																
		1	Автодор. Адмінбудівля																
			силове:		7	1	10	48	10	0,65	0,8	0,75	31,2	23,4	7	1,31	40,76	25,74	48,21
			освітлювальне:										27,72				29,9	14,5	
			Всього:										58,92	23,4			70,66	40,24	81,31
		2	Ремонтний цех																
			силове:		17	11	40	327	3,6	0,612	0,75	0,88	200	176,38	16	1,21	241,99	176,38	299,45
			освітлювальне:										10,4				10,5	18,2	
			Всього:										210,4	176,38			252,49	194,58	318,77
		3	Деревообробний цех																
			силове:		18	5,5	30	313	5,4	0,542	0,65	1,17	169,55	198,23	18	1,24	210,09	198,23	288,85
			освітлювальне:										1,78				1,8	0,9	
			Всього:										171,33	198,23			211,89	199,13	290,78
		4	Опалювальне приміщення																
			силове:		12	5,5	40	247	7,3	0,696	0,79	0,78	171,8	133,33	12	1,18	203,39	133,33	243,2
			освітлювальне:										3,12				3,4	1,6	
			Всього:										174,92	133,33			206,79	134,93	246,92
		5	Гараж																
			силове:		13	3	20	129	6,7	0,421	0,63	1,23	54,3	66,94	13	1,39	75,57	66,94	100,95

		продовження таблиці 1.3															
Зм	Арк.	% докум.															

1.4 Побудова графіків електричних навантажень агропідприємства

На підставі здійснених замірів будується добовий зимовий і літній графік $P(t)$, $Q(t)$, $S(t)$ навантажень з урахуванням кількості вихідних і робочих днів.

На основі добового графіка будується річний графік за тривалістю. Згідно даних добового графіка визначається навантажувальні можливості трансформаторів. Для розрахунку рівнів напруг в електричній мережі, визначають необхідне значення максимального та мінімального навантаження.

Для побудови графіків використаний прикладний пакет Mathcad 15.

1. Активне максимальне розрахункове навантаження: $P_{\max} = 3031,2$ кВт;
2. Реактивне максимальне розрахункове навантаження: $Q_{\max} = 2716,6$ квар;
3. Для кожної ступені графіка задамося графіками навантаження (y %).

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Р,кВт	Q, квар	Р,кВт	Q, квар
1	50,0	45,0	50,0	55,0
2	49,0	45,0	50,0	55,0
3	48,0	45,0	50,0	55,0
4	49,0	45,0	50,0	55,0
5	50,0	45,0	50,0	55,0
6	52,0	55,0	50,0	55,0
7	60,0	64,0	40,0	48,0
8	93,0	90,0	40,0	48,0
9	100,0	100,0	40,0	48,0
10	96,0	98,0	40,0	48,0
11	82,0	77,0	40,0	48,0
12	85,0	83,0	40,0	48,0
13	91,0	97,0	40,0	48,0
14	91,0	97,0	40,0	48,0
15	84,0	80,0	40,0	48,0
16	84,0	80,0	40,0	48,0
17	84,0	80,0	40,0	48,0
18	82,0	73,0	50,0	55,0
19	75,0	63,0	50,0	55,0
20	76,0	70,0	50,0	55,0
21	75,0	70,0	50,0	55,0
22	73,0	60,0	50,0	55,0
23	64,0	50,0	50,0	55,0
24	49,0	45,0	50,0	55,0

Таблиця 1.4. Обчислення сходинок графіка навантаження.

Год ини	Літні робочі дні			Зимові робочі дні			Літні вихідні дні			Зимні вихідні дні		
	Р, кВт	Q, квар	S, кВА	Р, кВт	Q, квар	S, кВА	Р, кВт	Q, квар	S, кВА	Р, кВт	Q, квар	S, кВА
1	1288,25	1039,1	1655	1515,59	1222,5	1947	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
2	1262,49	1039,1	1635	1485,28	1222,5	1924	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
3	1236,72	1039,1	1615	1454,97	1222,5	1900	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
4	1262,49	1039,1	1635	1485,28	1222,5	1924	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
5	1288,25	1039,1	1655	1515,59	1222,5	1947	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
6	1339,78	1270,0	1846	1576,21	1494,1	2172	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
7	1545,9	1477,8	2139	1818,71	1738,6	2516	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
8	2396,15	2078,2	3172	2819	2444,9	3732	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
9	2576,5	2309,1	3460	3031,18	2716,6	4070	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
10	2473,44	2262,9	3352	2909,93	2662,3	3944	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
11	2112,73	1778,0	2761	2485,57	2091,8	3249	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
12	2190,03	1916,6	2910	2576,5	2254,8	3424	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
13	2344,62	2239,8	3243	2758,37	2635,1	3815	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
14	2344,62	2239,8	3243	2758,37	2635,1	3815	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
15	2164,26	1847,3	2845	2546,19	2173,3	3348	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
16	2164,26	1847,3	2845	2546,19	2173,3	3348	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
17	2164,26	1847,3	2845	2546,19	2173,3	3348	1030,6	1108,4	1513	1212,47	1304,0	1781
18	2112,73	1685,6	2703	2485,57	1983,1	3180	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
19	1932,38	1454,7	2419	2273,39	1711,5	2846	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
20	1958,14	1616,4	2539	2303,7	1901,6	2987	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
21	1932,38	1616,4	2519	2273,39	1901,6	2964	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
22	1880,85	1385,5	2336	2212,76	1630,0	2748	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
23	1648,96	1154,6	2013	1939,96	1358,3	2368	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128
24	1262,49	1039,1	1635	1485,28	1222,5	1924	1288,25	1270,0	1809	1515,59	1494,1	2128

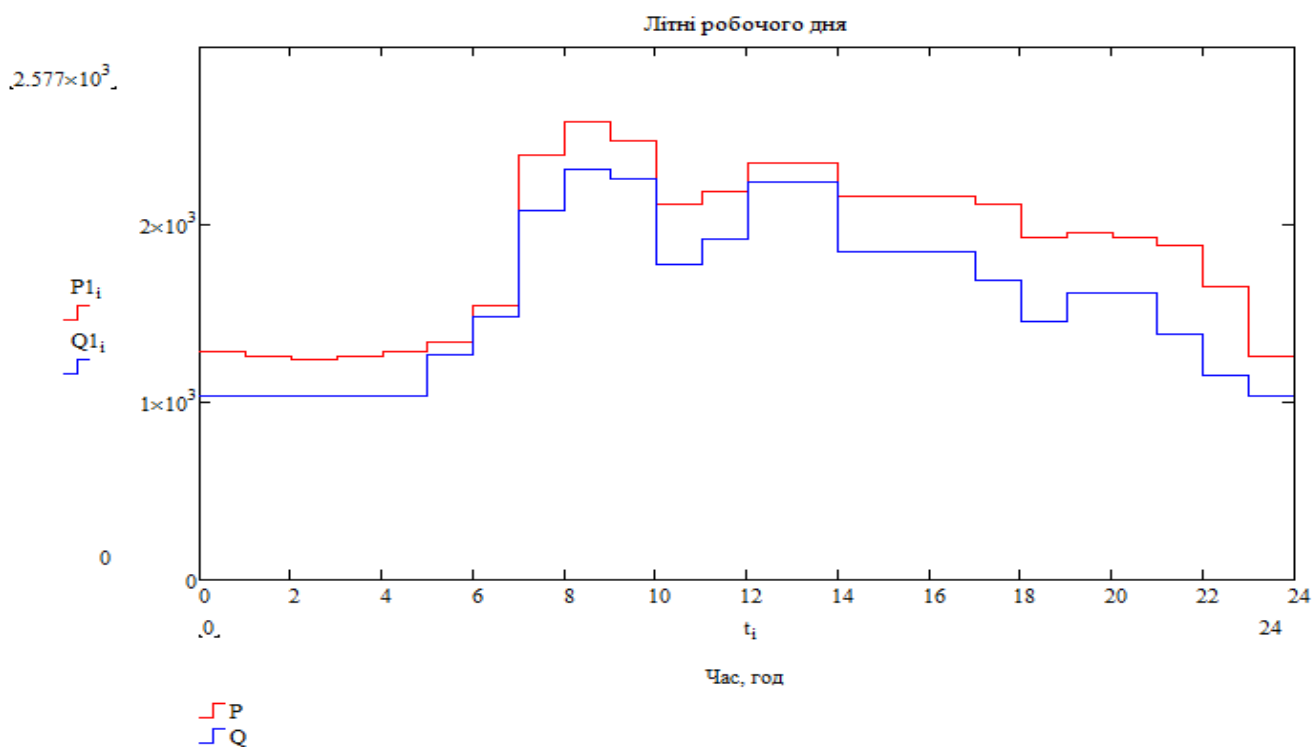


Рисунок 1.4.1 - Добовий графік (літні робочі дні) активного P та реактивного Q навантажень

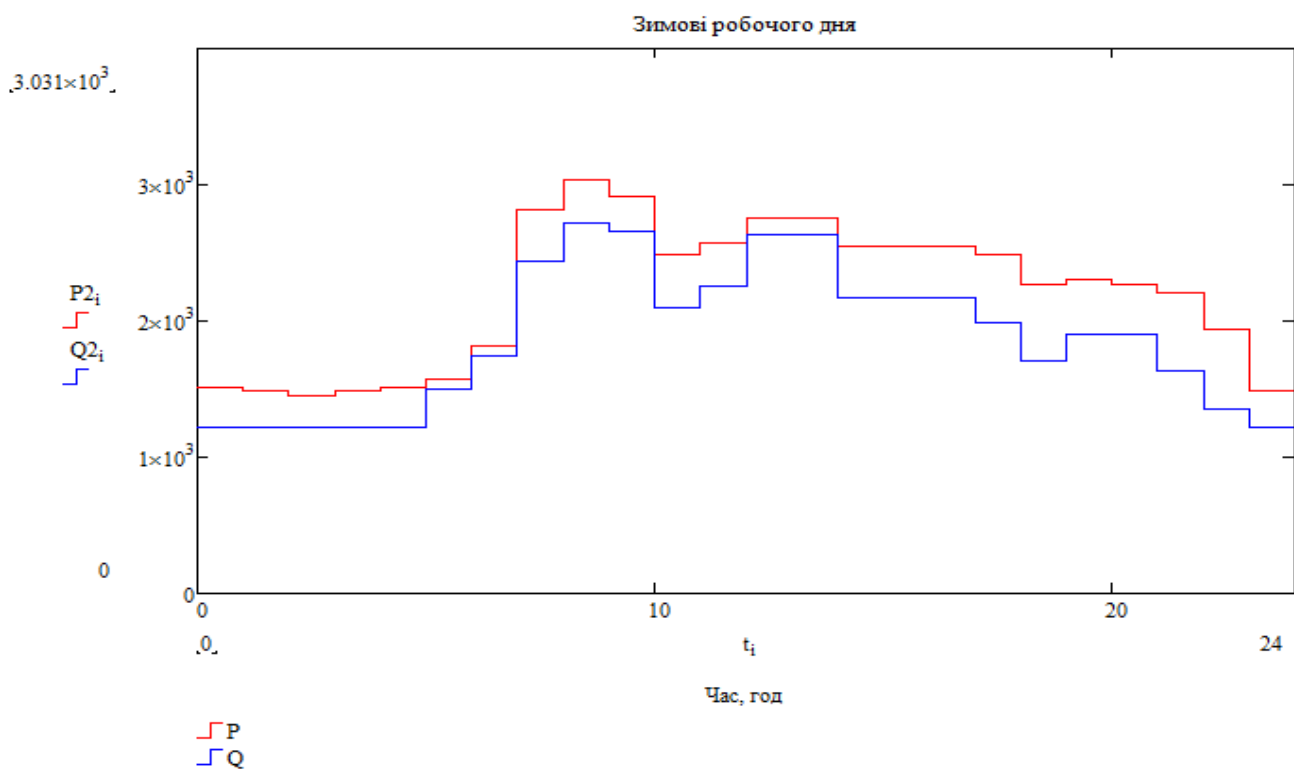


Рисунок 1.4.2 - Добовий графік (зимові робочі дні) активного P та реактивного Q навантажень

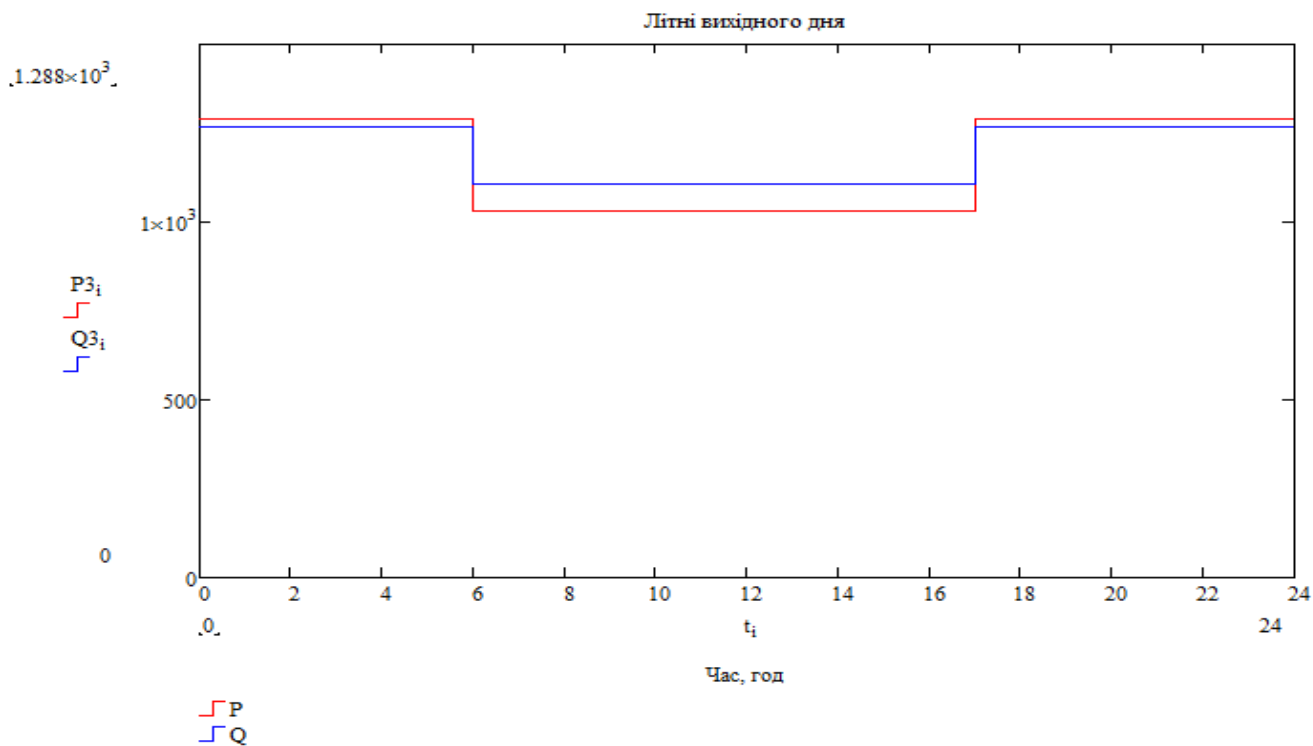


Рисунок 1.4.3 - Добовий графік (літні вихідні дні) активного P та реактивного Q навантажень

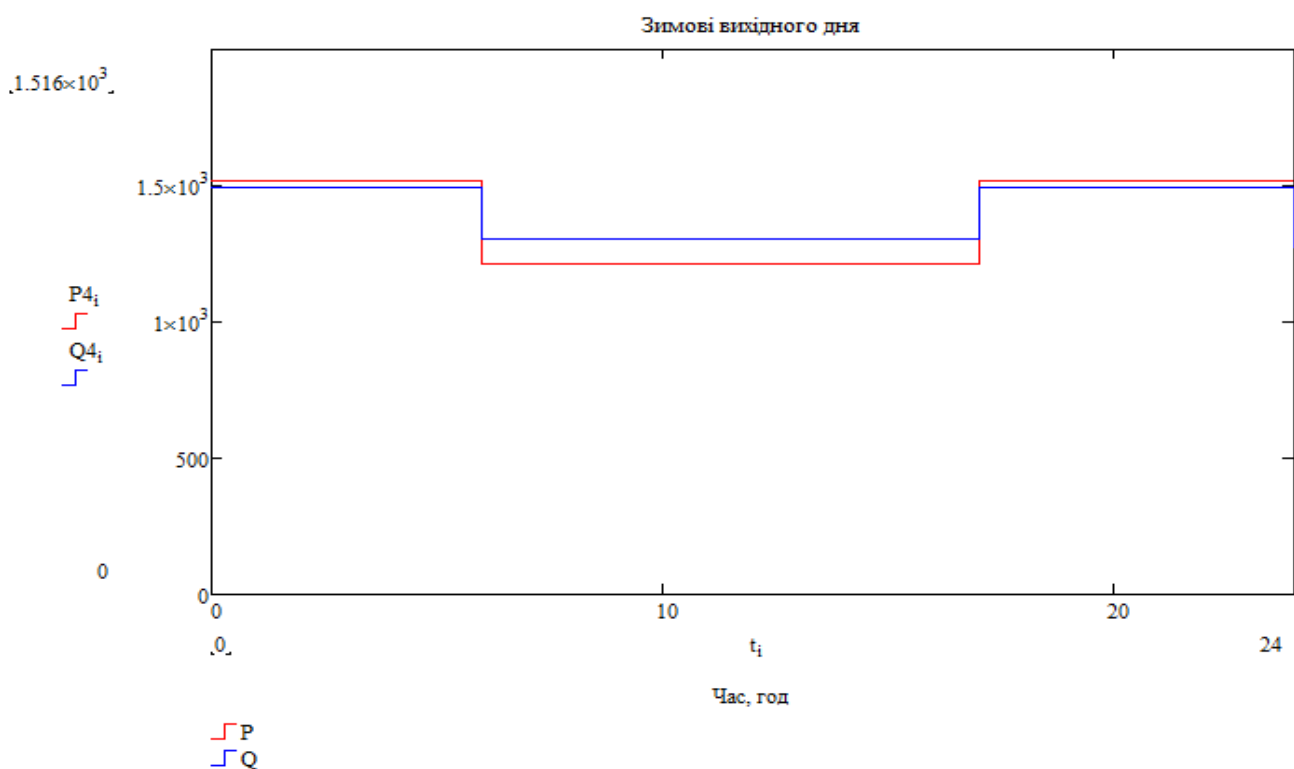


Рисунок 1.4.4 - Добовий графік (зимові вихідні дні) активного P та реактивного Q навантажень

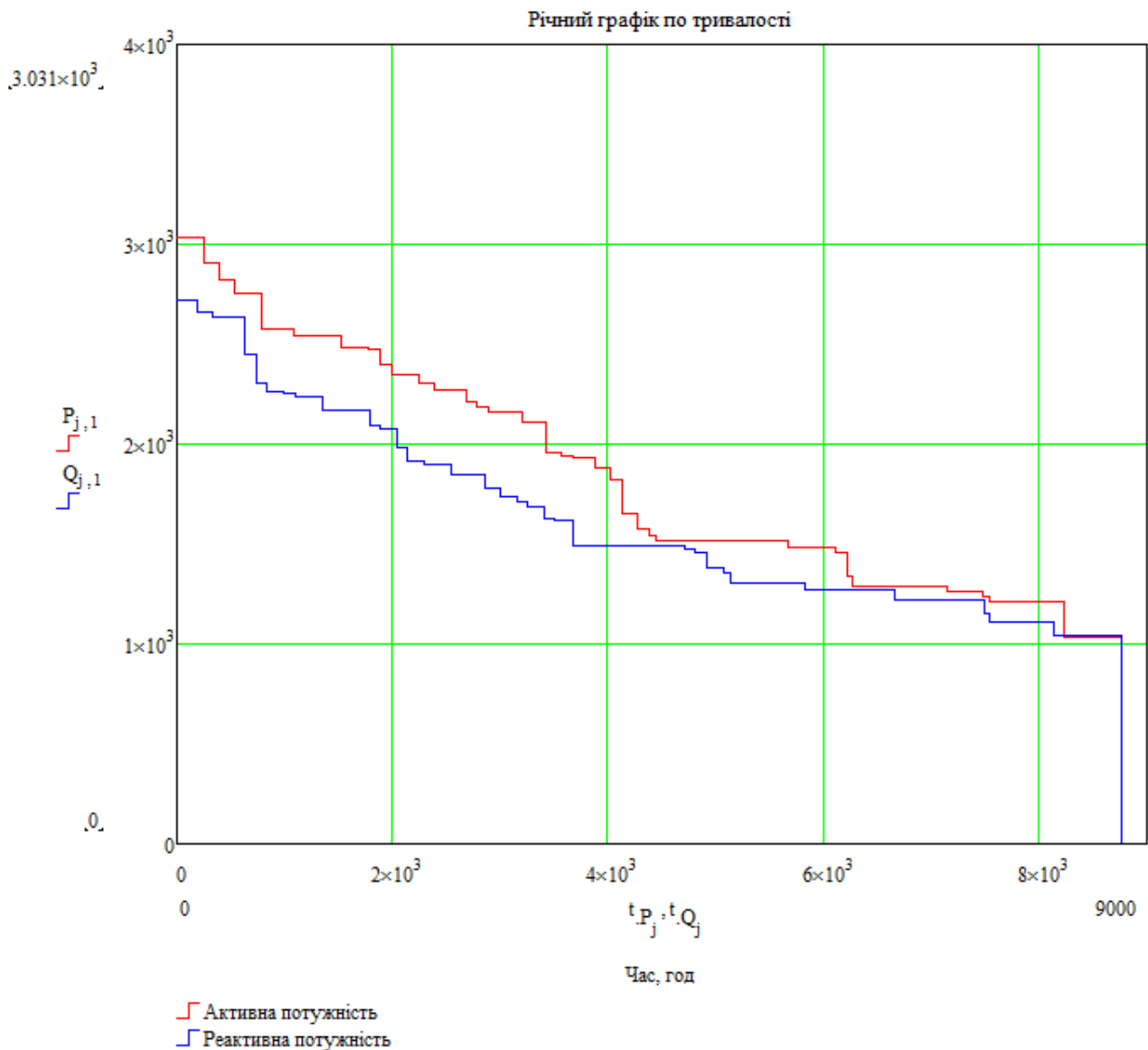


Рисунок 1.4.5 - Річний графік активного P споживання за тривалістю

Розрахункові значення для підприємства величин графіків електричного навантаження:

Річне споживання на підприємстві активної енергії: $W_r = 15970468 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

Річне споживання на підприємстві реактивної енергії: $V_r = 14207157 \text{ квар} \cdot \text{год}$

Кількість годин використання максимуму потужності на підприємстві: $T_{\max} = 5251,39 \text{ год}$

Річний час максимальних втрат на підприємстві: $\tau = 3435,53 \text{ год}$

2. Побудова картограми електричних навантажень та визначення місця розташування (ГЗП) центрального розподільного пристрою

Для визначення місця розташування ЦЕН та ТП на генеральний план наносяться зображення картограми електричних навантажень.

Для побудови картограми навантажень приміщень та всіх споживачів визначаються для кожного розрахункового цеху радіуси кіл R_i площа πR_i^2 , яких у обраному масштабі буде дорівнювати повному навантаженню цеху P_i , кВА.

$$R_i = R = \sqrt{\frac{P_0}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{182,46}{3,14 \cdot 0,25}} = 15,24_{мм},$$

Проводячи аналогію між масами і електричними навантаженнями цехів P_i , координати їх центра (X, Y) для підприємства можна знайти з формулами:

$$x_0 = \sum_{i=1}^n x_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 836928,75 / 836928,75 = 231,21 м;$$

$$y_0 = \sum_{i=1}^n y_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 588805,6 / 3619,6 = 162,67 м,$$

На картограмі крім силового навантаження (високовольтного та низьковольтного) наноситься і освітлювальне, у секторальному вигляді з центральним кутом α .

Центральний кут α відповідає площі, яка у прийнятому масштабі дорівнює площі освітлюваного навантаження:

$$\alpha_i = \frac{P_{i.осв} \cdot 360}{\pi R_i^2} = \frac{11,7 \cdot 360}{3,14 \cdot 24,75^2} = 2,19^\circ.$$

Для інших цехів розрахунок зводимо до таблиці 2.1.

						Аркуш
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ по плану	Найменування	Ррсил, кВт	Рросв, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	α	х, м	у, м	Р·х, кВт м	Р·у, кВт м
	ЗАТ "Агродар"										
1	Адміністративна будівля	174,6	7,9	182,46	0,25	15,24	15,59	16,3	178,4	2968,62	32550,86
2	Цех випічки	469,5	11,7	481,17	0,25	24,75	8,75	13,6	156,4	6539,10	75264,61
3	Гараж	24,3	1,1	25,44	0,25	5,69	15,57	27,0	173,5	686,63	4413,59
4	Склад сировини та матеріалів	46,4	2,2	48,56	0,25	7,86	16,31	7,2	162,7	351,09	7899,74
5	Склад виробничий	53,9	5,3	59,23	0,25	8,68	32,21	19,1	165,7	1133,66	9816,78
6	Територія ЗАТ "Агродар"		1,3	1,30	0,25	1,29	360,00	20,0	167,7	26,02	218,01
	ПСК "Кооператор"										
1	Кормоприготувальний цех	42,8	3,3	46,05	0,25	7,66	25,80	267,1	63,4	12298,57	2917,73
2	Млин	76,7	3,3	80,00	0,25	10,09	14,85	265,4	48,4	21235,20	3872,80
3	Склад зерновий	13,0	3,6	16,59	0,25	4,60	78,12	255,1	78,2	4232,11	1297,84
4	Олійня	52,7	3,4	56,09	0,25	8,45	21,82	282,4	58,2	15839,82	3266,57
5	Ремонтна майстерня	108,6	2,6	111,17	0,25	11,90	8,42	247,7	62,3	27538,59	6921,44
6	Територія ПСК "Кооператор"		2,9	2,90	0,25	1,92	360,0	266,1	58,8	771,60	170,52
	ПП "Каска"										
1	Адміністративна будівля	35,8	11,4	47,19	0,25	7,75	86,97	301,3	88,5	14218,02	4174,85
2	Молокообробний цех	139,9	5,3	145,16	0,25	13,59	13,14	286,1	109,4	41530,42	15875,42
3	Ремонтна майстерня	75,2	4,3	79,50	0,25	10,06	19,47	285,6	76,6	22706,87	6087,47
4	Територія ПП "Каска"		3,6	3,60	0,25	2,14	360,00	287,8	98,3	1035,91	354,02
	ЗАТ "Агростар"										
1	Цех виробничий	218,2	16,4	234,62	0,25	17,28	25,16	326,7	135,1	76639,09	31692,94
2	Склад сировини	30,3	3,2	33,48	0,25	6,53	34,41	319,1	136,6	10683,80	4572,97
3	Територія ЗАТ "Агростар"		1,8	1,80	0,25	1,51	360,00	325,4	135,5	585,76	243,99

продовження таблиці 2.1.

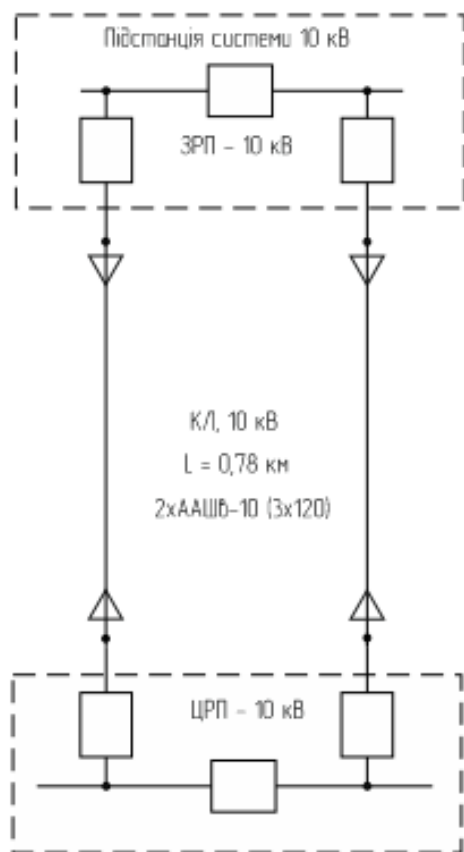
№ по плану	Найменування	Ррсил, кВт	Рросв, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	α	х, м	у, м	Р·х, кВт м	Р·у, кВт м
	ТОВ "Агрокомплект"										
1	Ремонтний цех	160,9	9,9	170,84	0,25	14,75	20,86	338,7	244,3	57861,12	41737,75
2	Гараж автотракторний	54,0	4,8	58,84	0,25	8,66	29,37	346,4	218,5	20382,71	12857,01
3	Склад сировини	34,7	2,3	36,98	0,25	6,86	22,39	351,1	253,7	12982,90	9382,23
4	Деревообробний цех	164,3	12,7	177,03	0,25	15,01	25,83	364,7	229,9	64556,82	40695,13
5	Територія ТОВ "Агрокомплект"		3,6	3,60	0,25	2,14	360,00	359,6	233,5	1294,73	840,62
	Телевізійний центр										
1	Адміністративна будівля	78,4	15,0	93,40	0,25	10,91	57,82	427,9	74,9	39962,96	6991,08
2	Склад сировини	30,3	4,9	35,18	0,25	6,69	50,14	431,2	54,5	15170,88	1917,38
3	Диспетчерська	198,6	14,1	212,68	0,25	16,46	23,87	409,9	37,1	87173,49	7884,26
4	Котельня	52,6	2,0	54,61	0,25	8,34	13,18	414,3	60,8	22626,89	3321,11
5	Територія Телевізійний центр		4,0	4,00	0,25	2,26	360,00	428,8	61,2	1715,21	244,95
	Автодор										
1	Адмінбудівля	40,8	29,9	70,66	0,25	9,49	152,34	683,8	43,7	48315,19	3086,50
2	Ремонтний цех	242,0	10,5	252,49	0,25	17,93	14,97	668,2	68,4	168704,22	17282,44
3	Деревообробний цех	210,1	1,8	211,89	0,25	16,43	3,06	686,5	81,9	145466,30	17346,37
4	Опалювальне приміщення	203,4	3,4	206,79	0,25	16,23	5,92	706,9	61,8	146170,75	12789,75
5	Гараж	75,6	6,2	81,77	0,25	10,20	27,30	701,1	9,4	57328,95	769,62
6	Складське приміщення	17,2	3,6	20,79	0,25	5,14	62,34	652,4	51,8	13564,00	1077,84
7	Територія Автодор		7,1	7,10	0,25	3,01	360,00	682,7	46,0	4847,50	326,33
				2975,05						1169145,50	390162,52

3. Вибір напруги і електричних схем електропостачання агропідприємства зовнішнього та внутрішнього виконання

Проектне рішення обирається порівнянням зведених витрат, що приведені в табл. 3.3, по варіантам наведених у відповідності з методикою описаною в [1].

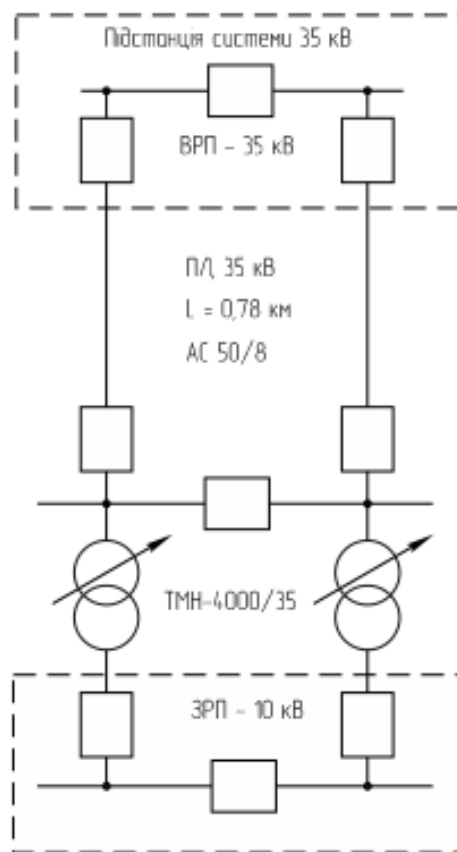
3.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання підприємства

Користуючись наведеною теорією [1] виконуємо техніко-економічні розрахунки та порівняння варіантів схем зовнішнього електропостачання (рисунок 3.1). На рис. 3.1а зображена схема зовнішнього електропостачання, яке здійснюється напругою 10 кВ, а на рис. 3.1б зображена схема, як живиться напругою 35 кВ.



Зовнішнє електропостачання здійснюється U 10 кВ

а



Зовнішнє електропостачання здійснюється U 35 кВ

б

Рисунок 3.1 - Схема зовнішнього електропостачання агропідприємства.

Згідно з вихідними даними до роботи, підприємство може отримувати живлення від підстанції 35/10 кВ, що знаходиться на відстані 0,78 км: кабельними лініями КЛ напругою 10 кВ та повітряними лініями напругою 35 кВ. Тому доцільно буде розглянути два варіанти виконання схеми зовнішнього електропостачання:

Варіант 1. Живлення споживачів КЛ напругою 10 кВ.

Варіант 2. Живлення здійснюється ПЛ напругою 35 кВ із встановленням головної знижувальної підстанції 35/10 кВ.

Варіант 1. Електропостачання здійснюється кабельними лініями номінальною напругою 10 кВ (рис. 3.1 а).

Розрахунковий струм, А:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4070}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 117,5 \text{ А}$$

Обираємо до встановлення 2 каб.лінії марки ААШВ-10(3х120). Паспортні дані кабельної лінії: $I_{доп} = 295 \text{ А}$, $\Delta P_{1км} = 54 \text{ кВт/км}$, $K_{КЛ} = 448,37 \text{ тис. грн./км}$.

Перевірка вибраних каб.лінії за умовою нагріву в нормальному режимі:

$$I_p = 58,75 \text{ А} \leq K_n I_{доп} = 0,92 \cdot 295 = 271,4 \text{ А}$$

Перевірка вибраних КЛ за умовою нагріву в аварійному режимі:

$$I_{p.ав} = 2I_p = 2 \cdot 58,75 \text{ А} \leq K_{ан} K_n I_{доп} = 1,25 \cdot 1 \cdot 295 = 368,75 \text{ А}$$

Таким чином, кабельної лінії марки ААШВ-10(3х120) задовольняють умовам перевірки. Коефіцієнт завантаження кабельної лінії в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{доп}} = \frac{58,75}{295} = 0,2$$

Втрати потужності в кабельній лінії:

$$\Delta P_{кл} = \Delta P_{1кл} l_{\Sigma} K_3^2 = 54 \cdot 1,56 \cdot 0,04 = 3,37 \text{ кВт}$$

Втрати електроенергії в кабельній лінії:

$$\Delta W_{л} = \Delta P_{л} \tau = 3,37 \cdot 1598,08 = 5385,53 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість втрат електроенергії:

$$C_{втр} = \Delta W_{\Sigma} C_o = 5385,53 \cdot 5,5478 \cdot 0,001 = 29,88 \text{ тис.грн}$$

						Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку капітальних вкладень в зовнішню схему електропостачання для варіанту № 1 наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати розрахунку капітальних вкладень для варіанту схеми № 1

Номер	Назва схемного елемента	Од. виміру	Кільк.	Ціна	Загалом
1	КЛ 10 кВ	км	1,56	488,3	761,75
2	Траншея	км	0,78	124,5	97,11
3	Шафи КРП серії КУ-10	шт.	2	457,8	915,6
Всього					1774,458

Результати розрахунку поточних витрат для варіанту 1 наведено в табл.3.2.

Таблиця 3.2. Результати розрахунку поточних витрат для варіанту схеми № 1

№ з/п	Назва елемента схеми	K_j , тис.грн.	P_{aj} , %	C_{aj} , тис.грн.	P_{ej} , %	C_{aj} , тис.грн.	C_j , тис.грн.
1	КЛ 10 кВ	761,748	5	38,0874	5	38,0874	76,1748
2	Траншея	97,11	5	4,8555	5	4,8555	9,711
3	Шафи КРП серії КУ-10	915,6	15	137,34	5	45,78	183,12
Всього							269,006

Розрахункова схема одного ланцюга живлення містить вимикач напругою 10 кВ, кабельної лінії сумарною довжиною $l_{кл1} = 0,78$ км. Параметри надійності даних елементів наступні:

- вимикач: $\lambda_a = 4 \cdot 10^{-3}$ 1/рік, $T_b = 0,45 \cdot 10^{-3}$ рік, $K_n = 2 \cdot 10^{-3}$;
- КЛ: $\lambda_a = 0,0624$ 1/рік, $T_b = 0,0546 \cdot 10^{-3}$ рік, $K_n = 0,702 \cdot 10^{-5}$.

Параметр потоку відмов ланцюга:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 0,0624 = 0,0664 \text{ 1/рік}$$

Середній час відновлення одного ланцюга:

$$T_e = \frac{\sum \lambda_i T_{ei}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 0,0624 \cdot 0,0000546)}{0,0664} = 0,00007842 \text{ рік}$$

Коефіцієнт планового простою одного ланцюга:

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

Коефіцієнт аварійного простою одного ланцюга:

$$K_a = \lambda T_e = 0,0664 \cdot 0,00007842 = 0,0000052$$

						Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт планового простою для випадку, коли один ланцюг відімкнений для планового ремонту, а другий в цей час відмикається через пошкодження:

$$K_{an} = 0.5\lambda K_n^2 = 0,5 \cdot 0,0664 \cdot 0,00000576 = 0,000000191$$

Коефіцієнт аварійного простою обох ланцюгів:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2K_{an} = 0,00000000002711 + 2 \cdot 0,00000019 = 0,0000003825$$

Середньорічний час аварійного простою:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 = 0,0000003825 \cdot 8760 = 0,00335$$

Середньорічне активне навантаження підприємства:

$$P_{cp} = \frac{P_p T_{max}}{8760} = \frac{3031,18 \cdot 5251,39}{8760} = 1817 \text{ кВт}$$

Очікуваний збиток від аварійного недовідпуску електроенергії, тис. грн.:

$$V = V_0 P_{cp} T_a = 23 \cdot 1,82 \cdot 0,00335 = 0,14$$

Зведені витрати для варіанту №1, тис. грн./рік:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{exp,i} + V_i = 0,12 \cdot 1774,458 + 269,0058 + 29,88 + 0,14 = 511,96$$

Аналогічним чином розраховується зведені витрати і для варіанту живлення напругою 35 кВ повітряними лініями електропередачі. Результати техніко-економічного порівняння варіантів живлення схем зовнішнього електропостачання наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Результати техніко-економічних розрахунків для вибору схеми живлення зовнішнього електропостачання

Показники	Варі	
	1	2
Капітальні вкладення в ел.схему	1774,46	2131,50
Поточні витрати на обслуговування	269,01	424,45
Вартість втрат електроенергії	29,88	54458,84
Збиток від аварійного недовідпуску	0,14	0,51
Зведені витрати	511,96	1235,58

З таблиці 3.3 видно, що приведені витрати на варіант схеми зовнішнього електропостачання № 1 (повітряними лініями 10 кВ) є значно менші. Його і приймаємо для подальших розрахунків.

3.2. Вибір напруг та схем агропідприємства для внутрішнього електропостачання

Для внутрішніх розподільчих мереж використовуємо напругу 10 кВ.

В цехових розподільчих мережах для живлення силових і освітлювальних електроприймачів використовуємо напругу 380/220 В.

Розподілення електроенергії на промисловому підприємстві виконується за радіальною, магістральною чи змішаною схемою в залежності від територіального розміщення навантажень, споживаємої потужності, надійності електропостачання. Схеми електропостачання виконуються одно- чи двохсходиновими. Схеми з кількістю сходинок більш двох дозволяється використовувати при розвитку діючої системи електропостачання підприємства у випадках їх техніко-економічної доцільності.

Трансформаторні підстанції розташовані навколо місця розташування РП. Для розподілення електроенергії на території підприємства приймаємо радіальну схему електропостачання, яка є найбільш надійною. Схематичне зображення внутрішнього електропостачання приведено на рис. 3.1.

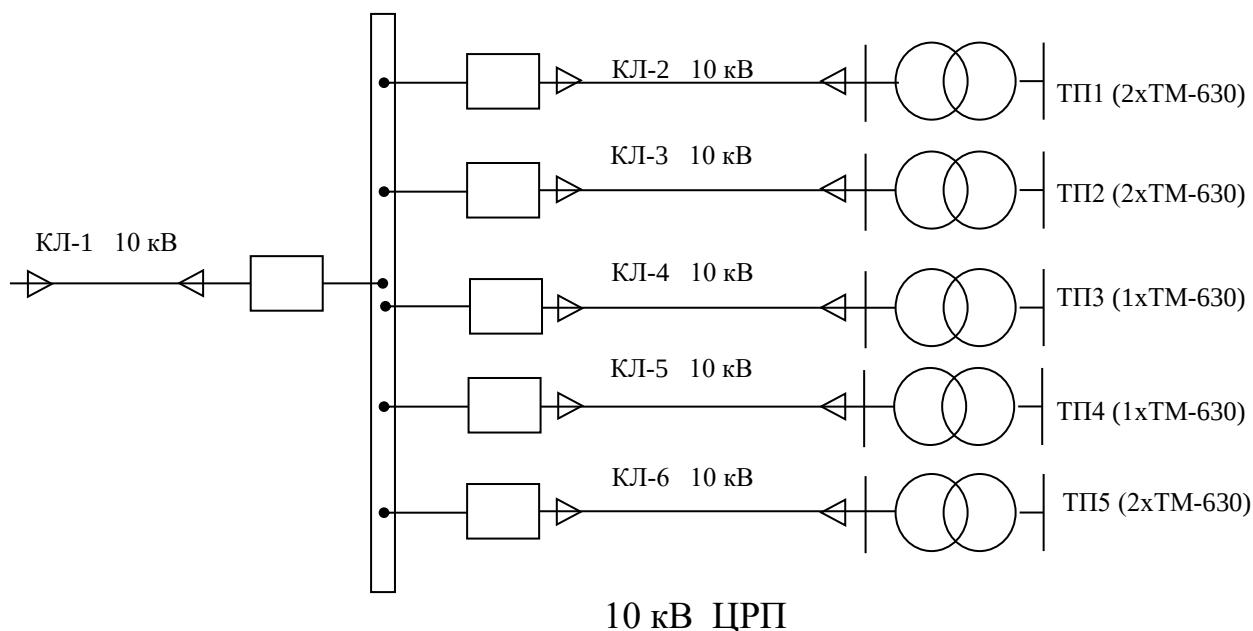


Рисунок 3.2 - Схема внутрішнього електропостачання споживачів агропідприємства

4. Вибір місця розташування трансформаторів, їх кількості і потужності

Кількість і потужність цехових трансформаторних підстанцій взаємно пов'язані між собою, оскільки при заданому розрахунковому S_p навантаженні цеху число (кількість) трансформаторів буде змінюватись в залежності від прийнятої одиничної потужності КТП. При виборі цехових трансформаторів для промислових підприємств необхідно зазвичай порівнювати трансформатори (КТП) одиничною потужністю 630; 1000; 1600; 2500 кВ·А. Кількість і потужність трансформаторів залежать від розподілення навантажень по площі цеху, наявності місця для розташування цехових ТП, характеру і режиму роботи електроприймачів. Доцільні цехові ТП з розміщенням розподільчого пристрою низької напруги (РПН) в середині цеху, а трансформатора - зовні, біля живлячих ним виробничих споруд. Такий тип підстанції займає менше площі цеху, чим повністю вбудована. Але слід враховувати, що, згідно ПУЕ (п. 4.2.69.), відкрите встановлення масло наповнених трансформаторів допускається лише біля стін будівель з виробництвами категорій Г і Д.

Потужність трансформаторів підстанції однозначно визначається із системи нерівностей вказаних у відповідності з методикою описаною в [1].

Приймаються до встановлення комплектні трансформаторні підстанції КТП - 10/0,4кВ вбудованого типу (внутрішнього встановлення).

Для спрощення і наочності, вибір буде проводитись у вигляді таблиці 4.

Таблиця 4. Вибір кількості потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій (ТП).

№ ТП	N, шт	$S_{роз},$ кВ·А	Місце розташування КТП	Марка КТП	K_3	$S_{мон} > S_p/K_1$	$S_{мон} > S_p/K_2$	Тип КТП
ТП-1	2	966,41	ЗАТ "Агродар"	ТМ-630-10/0,4	0,64	894,8	690,3	Вбудована
ТП-2	2	1034,1	ЗАТ "Агростар"	ТМ-630-10/0,4	0,66	957,5	738,7	Вбудована
ТП-3	1	583,69	ТОВ "Агрокомплект"	ТМ-630-10/0,4	0,69	540,5	416,9	Вбудована
ТП-4	1	510,53	Телевізійний центр	ТМ-630-10/0,4	0,66	472,7	364,7	Вбудована
ТП-5	2	1098,25	Автодор	ТМ-630-10/0,4	0,67	1016,9	784,5	Вбудована

5. Режими реактивної потужності на агропідприємстві системи електропостачання

5.1 Розрахунок балансу реактивної потужності агропідприємства.

Вихідні дані до розрахунку балансу реактивної потужності у мережі:

Сумарне низьковольтне електричне навантаження:

$$P_n = \sum P_{ТП} = 2975 \text{ кВт} \quad Q_n = \sum Q_{ТП} = 2442,7 \text{ кВАр}$$

Сумарні втрати в цехових ТП:

$$\Delta P_m = \sum \Delta P_{ТП} = 56,13 \text{ кВт} \quad \Delta Q_m = \sum \Delta Q_{ТП} = 273,89 \text{ кВАр}$$

Сумарне високовольтне навантаження:

$$P_e = \sum P_{ВН} = 0 \text{ кВт} \quad Q_e = \sum Q_{ВН} = 0 \text{ кВАр}$$

Сумарне споживання активної потужності:

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_e = 2975,05 + 56,13 + 0 = 3031,18 \text{ кВт}$$

Сумарне споживання реактивної потужності:

$$Q_p = Q_n + \Delta Q_m + Q_e = 2442,7 + 273,89 + 0 = 2716,59 \text{ кВт}$$

Реактивна потужність, що споживається від системи:

$$Q_p = Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 3031,18 + 0,15 = 454,68 \text{ кВАр}$$

Потужність компенсуючих пристроїв:

$$Q_{КП} = Q_p - Q_e = 2716,59 - 454,68 = 2261,91 \text{ кВАр}$$

Мінімальна кількість трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_n}{\beta \cdot S_{ном}} = \frac{2975,05}{0,67 \cdot 630} = 7,05 \approx 8 \text{ шт.}$$

Розглянемо варіанти з різною кількістю цехових трансформаторів: $N_T = N_0$,

$$N_T = N_0 + 1, N_T = N_0 + 2.$$

Варіант 1. Кількість цехових трансформаторів $N = N_0 = 8$ шт.

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

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном})^2 - (P_n + \Delta P_m)^2} = \sqrt{(8 \cdot 0,67 \cdot 630)^2 - (3031)^2} = 1488,2 \text{ кВАр}$$

Потужність КП, що встановлюються в мережі до 1 кВ:

$$Q_{KH} = (Q_n + \Delta Q_m) - Q_1 = 2716,59 - 1488,2 = 1228,39 \text{ кВАр}$$

Потужність КП, що встановлюються в мережі 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_{KP} - Q_{KH} = 2261,91 - 1228,39 = 1033,52 \text{ кВАр}$$

Розрахунок потужності КП для варіантів з кількістю трансформаторів $N_T = N_0 + 1$, $N_T = N_0 + 2$ виконується аналогічно.

Таблиця 5.1. Результати розрахунку потужності компенсуючих пристроїв

Номер варіанту	Кількість комплектих тр-торів	Q_1 , квар	Q_{KH} , кВАр	Q_{KB} , квар
1	8	1488,2	1228,39	1033,52
2	9	2289,89	426,7	1835,21
3	10	2937,48	0	2261,91

5.2 Вибір потужності компенсуючих пристроїв їх потужності та місця розташування.

Вибір місця розташування компенсуючих пристроїв, їх кількості та потужності проводиться на основі економічного порівняння вказуваних варіантів.

Критерієм економічності для цього приймемо мінімум приведених витрат.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності можна визначити за наступним виразом:

$$Z = E_H(K_{KH} + K_{KB} + K_{KTP}) + (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{KTP}) \cdot C_0 \cdot \tau$$

Втрати активної потужності у конденсаторних установках визначаються за наступним виразом:

$$\Delta P_K = P_{\text{пит}} Q_K$$

Втрати активної потужності при передачі на відстань реактивної енергії через комплектні трансформатори цехових ТП визначаються таким чином:

$$\Delta P_{TP} = \frac{Q_{TP}^2}{U_{\text{ном}}^2} R_{CK}$$

Необхідно зазначити, що в таблицях 5.2.1-5.2.4. потужність КП наведена, враховуючи кількість і номінальну потужність попередньо нами обраних стандартних батарей конденсаторів.

Результати проведених нами розрахунків потужності високовольтних та низьковольтних БСК для варіантів з кількістю трансформаторів $N_T = N_0$, $N_T = N_0 + 1$, $N_T = N_0 + 2$ наведені в табл. 5.2 – 5.4.

Таблиця 5.2.1 Вибір типу та потужності БК за кількістним складом комплектних трансформаторів $N_T = N_0 = 8$

№ КТП	К-сть КТП	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	Потужність, кількість БК, шт. кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1	2	773,19	579,75	338,9	240,85	1·100; 1·110;	210	30,85	0,68	857,052
2	2	795,88	660,25	281,51	378,74	1·140; 1·150;	290	88,74	0,7	877,787
3	1	417,68	407,72	60,92	346,8	1·140; 1·150;	290	56,8	0,69	433,952
4	1	397,48	320,39	142,05	178,34	1·120;	120	58,34	0,71	445,136
5	2	791,49	761,38	293,63	467,75	2·200;	400	67,75	0,69	870,087

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ $Q_{кн} = 1310$ квар.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ $Q_{кв} = 2 \times 450 = 900$ квар.

Таблиця 5.2.2 Вибір типу та потужності БК за кількістним складом комплектних трансформаторів $N_T = N_0 + 1 = 9$

№ КТП	К-сть т-рів	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	Кількість та потужність БК, шт. кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1	2	773,19	579,75	338,9	240,85	1·240;	240	0,85	0,67	844,543
2	2	795,88	660,25	281,51	378,74	1·360;	360	18,74	0,68	850,632
3	2	417,68	407,72	733,63	0		0	0	0,46	583,688
4	1	397,48	320,39	142,05	178,34	1·180;	180	-1,66	0,67	421,544
5	2	791,49	761,38	293,63	467,75	2·240;	480	-12,25	0,67	840,019

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ $Q_{кн} = 1260$ квар.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ $Q_{кв} = 2 \times 450 + 2 \times 150 = 2100$ квар.

Таблиця 5.2.3. Вибір типу та потужності БК за кількістним складом комплектних трансформаторів $N_t = N_0 + 2 = 10$

№ КТП	К-сть т-рів	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	Кількість та потужність БК, шт. кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_z	S_p , кВА
1	2	773,19	579,75	338,9	240,85	1·240;	240	0,85	0,67	844,543
2	2	795,88	660,25	281,51	378,74	1·360;	360	18,74	0,68	850,632
3	2	417,68	407,72	733,63	0	0	0	0	0,46	583,688
4	2	397,48	320,39	744,77	0	0	0	0	0,41	510,529
5	2	791,49	761,38	293,63	467,75	2·240;	480	-12,25	0,67	840,019

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ $Q_{кн} = 1080$ квар.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ $Q_{кв} = 0$ квар.

Розрахунок приведених витрат на компенсацію для варіанту з кількістю трансформаторів $N_t = N_0$ наведено нижче.

Втрати активної потужності в низьковольтних батареях КП:

$$\Delta P_{KH} = P_{ПИТ}^{KH} \cdot Q_{KH} = 0,0045 \cdot 1310 = 5,9 \text{ кВт}$$

Втрати активної потужності в високовольтних КП:

$$\Delta P_{KB} = P_{ПИТ}^{KB} \cdot Q_{KB} = 0,003 \cdot 900 = 2,7 \text{ кВт}$$

Втрати активної потужності в комплектних ТП, що викликані передачею на відстань реактивної потужності:

$$\Delta P_{ТП} = \frac{P_{HH}^2 + Q_1^2}{U_H^2} R_T \cdot 10^{-3} = \frac{2975,05 + 1488,2}{10^2} \cdot 0,2 \cdot 0,001 = 22,13 \text{ кВт}$$

де $R_{екв}$ – еквівалентний активний опір цехових комплектних ТП:

$$R_{екв} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{ном}^2}{N \cdot S_{ном}^2} \cdot 10^3 = \frac{6,5 \cdot 10^2}{8 \cdot 630^2} \cdot 1000 = 0,2 \text{ Ом}$$

Вартість вибраних КП на низьковольтній стороні 0,4 кВ:

						Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{KH} = \sum_{i=1}^n N_{KH i} \cdot K_{KH i} =$$

$$= 1 \cdot 25,74 + 1 \cdot 27,0804 + 1 \cdot 29,2164 + 2 \cdot 31,6536 = 299,08 \text{ тис.грн.}$$

Вартість КП на високовольтній стороні 10 кВ:

$$K_{KB} = \sum_{i=1}^n N_{KB i} \cdot K_{KB i} = 2 \cdot 53,124 = 106,25 \text{ тис.грн.}$$

Вартість цехових комплектних ТП, тис. грн.:

$$K_{КТП} = N_{КТП(2)} \cdot K_{КТП(2)} + N_{КТП(1)} \cdot K_{КТП(1)} =$$

$$= 3 \cdot 963,16 + 2 \cdot 562,2 = 4013,88 \text{ тис.грн.}$$

Приведені загальні витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$З = E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + C_0 \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{ТП}) =$$

$$= 0,12 \cdot (299,08 + 106,25 + 4013,88) + 5,5478 \cdot 3435,53 \cdot (5,9 + 2,7 + 22,13) \cdot 10 =$$

$$= 1116,01 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок приведених загальних витрат на компенсацію реактивної потужності для варіантів з кількістю комплектних трансформаторів $N_T = N_0 + 1 = 10$ шт., $N_T = N_0 + 2 = 11$ шт. проводиться за аналогічною методикою. Результати розрахунків представлено в табл. 5.2.4.

Таблиця 5.2.4. Результати проведених розрахунків загальних приведених витрат на компенсацію реактивної потужності

№ вар.	Q_{KB} , квар	ΔP_{KB} , кВт	Q_{KH} , квар	ΔP_{KH} , кВт	N_{TP} , шт.	$R_{екв}$, Ом	$S_{пр}$, кВА	$\Delta P_{ТП}$, кВт	K_{KB} , тис. грн.	K_{KH} , тис. грн.	$K_{ТП}$, тис. грн.	$З$, тис. грн.
1	900	2,7	1310	5,9	8	0,2	3326,5	22,13	106,25	299,08	4013,9	1116
2	900	2,7	1260	5,67	9	0,18	3754,3	25,37	106,25	253,09	4414,8	1216
3	0	0	1080	4,86	10	0,16	4180,9	27,97	0	213,64	4815,8	1229

Таблиця 5.2.5 Розрахунок з урахуванням компенсації електричних навантажень у високовольтній мережі понад 1000В

№ п/п	Назва групи споживачів	Кільк ЕС	Р одного		Р сумар	m	K _и	cosφ	tgφ	Середнє		п _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
			min	max						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
	ТП-1															
	ЗАТ "Агродар".Адміністративна буд															
	силове:	24	0,8	22	220	29,3	0,7	0,8	0,75	154	115,5	20	1	174,56	115,5	209,31
	освітлювальне:									7,34				7,9	3,8	
	Всього:									161,34	115,5			182,46	119,3	218
	Цех випічки															
	силове:	47	3	65	622,1	21,7	0,645	0,8	0,75	401,07	300,8	19	1	469,47	300,8	557,57
	освітлювальне:									10,82				11,7	5,7	
	Всього:									411,89	300,8			481,17	306,5	570,5
	Гараж															
	силове:	6	3	10	34,5	3,3	0,439	0,62	1,27	15,15	19,17	6	2	24,34	21,09	32,21
	освітлювальне:									1,18				1,1	0,5	
	Всього:									16,33	19,17			25,44	21,59	33,37
	Склад сировини та матеріалів															
	силове:	11	3	12	65,5	4	0,533	0,79	0,78	34,93	27,11	11	1	46,36	27,11	53,7
	освітлювальне:									2,3				2,2	1,1	
	Всього:									37,23	27,11			48,56	28,21	56,16
	Склад виробничий															
	силове:	13	3	12	68	4	0,64	0,8	0,75	43,5	32,62	11	1	53,93	32,62	63,03
	освітлювальне:									5,18				5,3	2,6	
	Всього:									48,68	32,62			59,23	35,22	68,91
	Територія ЗАТ "Агродар"															
	освітлювальне:									2,25				1,3	2,2	
	Всього:									2,25	0			1,3	2,2	2,56
	Всього по ТП-1:															
	силове:	101	0,8	65	1010,1	86,7	0,64	0,79	0,78	646,46	501,71	31	1	731,05	501,71	886,65
	освітлювальне:									29,07				29,5	15,9	

		Продовження таблиці 5.2.5.																
Зм			БК 0,4 кВ													-210		
Арк.			Всього на шинах 0.4 кВ ТП-1:							675,53	501,71			760,55	307,61	820,4		
% докум.			Втрати в трансформаторах:											10,98	54,58			
			Кількість трансформаторів: 2															
			Номінальна потужність, кВА: 630															
			Коефіцієнт завантаження: Кз = 0,63															
			Всього на шинах 10 кВ ТП-1:											771,53	362,19	852,32		
Підпим			ТП-2															
			ПСК "Кооператор.Кормоприготувальний ц															
Дата			силове:	16	1,1	12	72,3	10,9	0,418	0,65	1,17	30,24	35,35	12	1	42,75	35,35	55,47
			освітлювальне:									3,02			3,3	1,6		
43			Всього:									33,26	35,35			46,05	36,95	59,04
			Млин															
			силове:	16	1,1	11	89,8	10	0,854	0,84	0,65	76,7	49,54	16	1	76,7	49,54	91,31
			освітлювальне:									3,07			3,3	1,6		
			Всього:									79,77	49,54			80	51,14	94,95
			Склад зерновий															
			силове:	4	3	4	14	1,3	0,621	0,79	0,78	8,7	6,75	4	1	12,99	7,42	14,96
			освітлювальне:									3,49			3,6	1,7		
			Всього:									12,19	6,75			16,59	9,12	18,93
			Олійня															
			силове:	13	1,8	12	72	6,7	0,572	0,79	0,78	41,17	31,95	12	1	52,69	31,95	61,62
			освітлювальне:									3,1			3,4	1,6		
			Всього:									44,27	31,95			56,09	33,55	65,36
			Ремонтна майстерня															
			силове:	37	0,6	17,5	193	31,8	0,442	0,7	1,02	85,23	86,95	22	1	108,57	86,95	139,1
			освітлювальне:									2,56			2,6	1,3		
			Всього:									87,79	86,95			111,17	88,25	141,94
			Територія ПСК "Кооператор"															
			освітлювальне:									5,24			2,9	5,1		
			Всього:									5,24	0		2,9	5,1	5,87	

Зм			продовження таблиці 5.2.5.																	
Арк.			ПП "Каска".Адміністративна будівля																	
% докум.			силове:	6	1	10	40	10	0,7	0,8	0,75	28	21	6	1	35,79	23,1	42,6		
44	Архш		освітлювальне:									10,58				11,4	5,5			
		Всього:										38,58	21			47,19	28,6	55,18		
		Молокообробний цех																		
		силове:	23	4,4	18,5	179,8	4,2	0,675	0,79	0,78	121,32	94,15	19	1	139,86	94,15	168,6			
		освітлювальне:									5,18				5,3	2,6				
		Всього:									126,5	94,15			145,16	96,75	174,45			
		Ремонтна майстерня																		
		силове:	13	1	20	104,5	20	0,535	0,67	1,11	55,9	61,94	10	1	75,2	68,13	101,47			
		освітлювальне:									4,19				4,3	2,1				
		Всього:									60,09	61,94			79,5	70,23	106,08			
		Територія ПП "Каска"																		
		освітлювальне:									6,43				3,6	6,2				
		Всього:									6,43	0			3,6	6,2	7,17			
		ЗАТ "Агростар".Цех виробничий																		
		силове:	33	1	40	308,5	40	0,566	0,76	0,86	174,75	149,44	15	1	218,22	149,44	264,48			
		освітлювальне:									15,22				16,4	8				
		Всього:									189,97	149,44			234,62	157,44	282,55			
		Склад сировини																		
		силове:	10	3	5,5	37	1,8	0,664	0,79	0,78	24,55	19,05	10	1	30,28	20,96	36,83			
		освітлювальне:									3,17				3,2	1,6				
		Всього:									27,72	19,05			33,48	22,56	40,37			
		Територія ЗАТ "Агростар"																		
		освітлювальне:									3,24				1,8	3,1				
		Всього:									3,24	0			1,8	3,1	3,58			
		Всього по ТП-2:																		
		силове:	171	0,6	40	1110,9	72,7	0,58	0,76	0,86	644,32	551	56	1	717,02	551	904,28			
		освітлювальне:									68,49				65,1	42				
		БК 0,4 кВ														-290				
					Всього на шинах 0.4 кВ ТП-2:									712,81	551			782,12	303	838,76

Апрель	46
--------	----

		Продовження таблиці 5.2.5.																
Зм																		
Арк.																		
% докум.																		
Підпим																		
Дата																		
47	Арх	Номінальна потужність, кВА: 630																
		Коефіцієнт завантаження: Кз = 0,66																
		Всього на шинах 10 кВ ТП-4:													396,44	195,63	442,08	
		ТП-5																
		Автодор.Адмінбудівля																
		силове:		7	1	10	48	10	0,65	0,8	0,75	31,2	23,4	7	1	40,76	25,74	48,21
		освітлювальне:										27,72				29,9	14,5	
		Всього:										58,92	23,4			70,66	40,24	81,31
		Ремонтний цех																
		силове:		17	11	40	327	3,6	0,612	0,75	0,88	200	176,38	16	1	241,99	176,38	299,45
		освітлювальне:										10,4				10,5	18,2	
		Всього:										210,4	176,38			252,49	194,58	318,77
		Деревообробний цех																
		силове:		18	5,5	30	313	5,4	0,542	0,65	1,17	169,55	198,23	18	1	210,09	198,23	288,85
		освітлювальне:										1,78				1,8	0,9	
		Всього:										171,33	198,23			211,89	199,13	290,78
		Опалювальне приміщення																
		силове:		12	5,5	40	247	7,3	0,696	0,79	0,78	171,8	133,33	12	1	203,39	133,33	243,2
		освітлювальне:										3,12				3,4	1,6	
		Всього:										174,92	133,33			206,79	134,93	246,92
		Гараж																
		силове:		13	3	20	129	6,7	0,421	0,63	1,23	54,3	66,94	13	1	75,57	66,94	100,95
		освітлювальне:										5,41				6,2	3	
		Всього:										59,71	66,94			81,77	69,94	107,6
		Складське приміщення																
		силове:		8	1,1	5,5	24,6	5	0,48	0,34	2,77	11,8	32,64	8	1	17,19	35,9	39,8
		освітлювальне:										3,14				3,6	1,7	
Всього:										14,94	32,64			20,79	37,6	42,96		
Територія Автодор																		
освітлювальне:										12,62				7,1	12,2			
Всього:										12,62	0			7,1	12,2	14,12		

[illegible]

6. Розрахунок струмів коротких замикань. Вибір для агропідприємства високовольтного обладнання і мереж системи електропостачання

6.1. Розрахунок струмів коротких замикань у високовольтній електромережі 10 кВ

Розрахунок струмів коротких замикань в мережі 10 кВ виконується у відповідності з методикою описаною в [1]. По розробленій розрахунковій схемі складають схему заміщення, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів (рис. 6.1.1). Проведемо для елементів системи електропостачання агроспоживачів розрахунок опорів активних та реактивних.

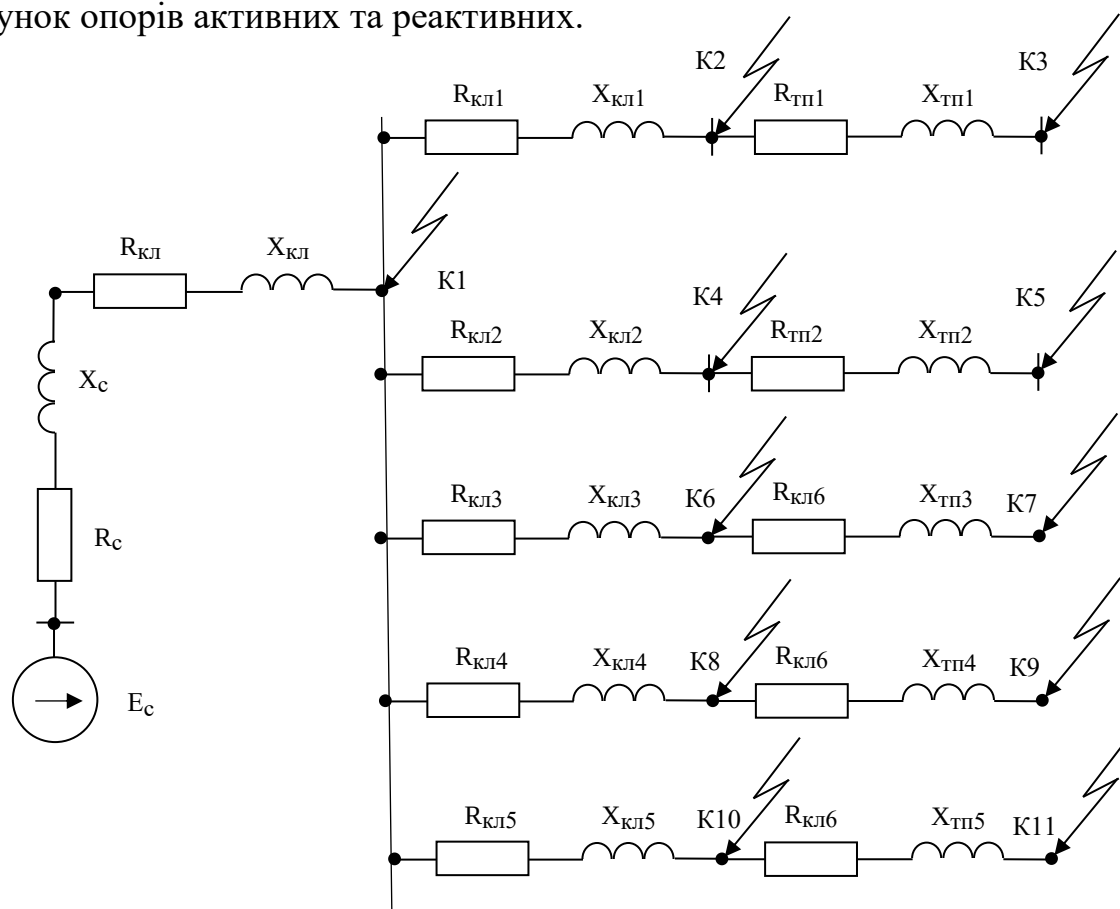


Рисунок 6.1.2 - Розрахункова схема заміщення для визначення струмів короткого замикання

Активний та індуктивний опори системи:

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{к.з.}} = \frac{10,5^2}{49,7} = 2,218 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{R_c}{25} = \frac{2,218}{25} = 0,089 \text{ Ом}$$

Активний та індуктивний опори для високовольних ЛЕП 10 кВ (провід марки ААШВ (3х120) загальною довжиною 0,78 км):

$$R_{кл} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,258 \cdot 0,78}{2} = 0,1006 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,081 \cdot 0,78}{2} = 0,03 \text{ Ом}$$

Кабельна лінія для 2 х ААШВ (3х120):

$$R_{кл} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,258 \cdot 0,78}{2} = 0,1006 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,081 \cdot 0,78}{2} = 0,03 \text{ Ом}$$

Результуючі індуктивний, активний, а також повний опори до точки К1:

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 2,218 + 0,03 = 2,248 \text{ Ом}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{кл} = 0,089 + 0,1006 = 0,19 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,19^2 + 2,248^2} = 2,256 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм від системи в точці К1:

$$I_{K1(c)}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{2,248}{\sqrt{3} \cdot 2,256} = 2,69 \text{ кА}$$

Стала часу в точці К1:

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{2,248}{314 \cdot 0,19} = 0,0377 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в точці К1:

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0377}} = 1,0767$$

Ударний струм в точці К1 від системи:

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial}I_{K1(c)}'' = \sqrt{2} \cdot 1,0767 \cdot 2,69 = 6,72 \text{ кА}$$

Для подальшого розрахунку струмів к.з. необхідно вибрати кабелі до комплектних підстанцій та визначеного високовольтного навантаження. Виконаємо вибір силового кабеля від шин 10 кВ до ТП-1 від ЦРП. Інші силові кабелі вибираються аналогічно. Результати вибору кабельних ліній 10 кВ електромережі агропромислового підприємства приведені нами в таблиці 6.1.1.

Розрахунковий струм для кабельної лінії КЛ1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{852,32}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 23,43 \text{ А}$$

Площа поперечного перерізу даної кабельної лінії:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{23,43}{1,2} = 19,53 \text{ мм}^2$$

Тепловий імпульс від струму кор. замик.:

$$B_k = I_{K1}^2 (t_{п.з.мин} + T_a) = 2,69(1,365 + 0,0377) = 10,15 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз кабельної лінії за умовою термічної стійкості:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{10,15 \cdot 10^3} = 33,98 \text{ мм}^2$$

Обираємо до встановлення кабель марки ААШв-10(3х35) з такими паспортними даними: $r_0 = 0,89 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$, $I_{доп кл} = 115 \text{ А}$.

Опори активний та індуктивний даної кабельної лінії:

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл} = 0,89 \cdot 1,52 = 1,353 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл} = 0,095 \cdot 1,52 = 0,144 \text{ Ом}$$

Параметри інших обраних нами каб. ліній напругою 10 кВ зведені в табл. 6.1.1.

Таблиця 6.1.1. Параметри кабельних ліній 10 кВ

№ КЛ	l, км	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	R, Ом	X, Ом
КЛ 1	0,780	0,258	0,081	0,101	0,032
2,3	1,520	0,890	0,095	1,353	0,144
4,5	0,580	0,890	0,095	0,516	0,055
6	0,620	0,890	0,095	0,552	0,059
7	0,870	0,890	0,095	0,774	0,083
8,9	1,370	0,890	0,095	1,219	0,130

Опори активний, індуктивний та повний до точки К2:

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{кл} = 2,248 + 0,144 = 2,392 \text{ Ом}$$

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{кл} = 0,19 + 1,353 = 1,543 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{1,543^2 + 2,392^2} = 2,846 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в точці К2:

$$I_{K2}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,846} = 2,13 \text{ кА}$$

Стала, в точці К2, часу:

$$I_{K2}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,846} = 2,13 \text{ кА}$$

Ударний, в точці К2, коефіцієнт:

$$k_{y\partial 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0049}} = 1,13$$

Ударний, в точці К2, струм:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2}k_{y\partial}I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1,13 \cdot 2,13 = 3,4 \text{ кА}$$

Опори активний та індуктивний комплектного трансф-ра ТП1 (ТМ-630/10):

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{ср.ном}^2}{S_{ном}^2} = \frac{6,5 \cdot 10,5^2}{630^2} \cdot 10^3 = 1,806 \text{ Ом}$$

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa, \%} U_{ср.ном}^2}{S_{ном}} = \frac{5,5 \cdot 10,5^2}{630} \cdot 10 = 9,625 \text{ Ом}$$

Опори повний, активний та індуктивний до точки К3:

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left(\frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right)^2 = (2,392 + 9,625) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0174 \text{ Ом}$$

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left(\frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right)^2 = (1,543 + 1,806) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0049 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0049^2 + 0,0174^2} = 0,0181 \text{ Ом}$$

Надперехідний, в точці К3, струм:

					Аркуш
					52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$I_{K3}'' = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0181} = 12,76 \text{ кА}$$

Стала, в точці КЗ, часу:

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0174}{314 \cdot 0,0049} = 0,0113 \text{ с}$$

Ударний, в точці КЗ, коефіцієнт:

$$k_{y\partial 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0113}} = 1,413 \text{ с}$$

Таблиця 6.1.2. Результати розрахунку струмів к. з. в системі електропостачання

№ точки к.з.	R, Ом	X, Ом	I _к '', кА	T _а , с	k _{уд}	i _{уд} , кА
1	0,1900	2,2480	2,69	0,0377	1,767	6,72
2	1,5430	2,3920	2,13	0,0049	1,130	3,40
3	0,0049	0,0174	12,76	0,0113	1,413	25,50
4	0,7060	2,3030	2,52	0,0104	1,382	4,93
5	0,0036	0,0173	13,05	0,0153	1,520	28,05
6	0,7420	2,3070	2,50	0,0099	1,364	4,82
7	0,0037	0,0173	13,05	0,0149	1,511	27,89
8	0,9640	2,3310	2,40	0,0077	1,273	4,32
9	0,0040	0,0174	12,90	0,0139	1,487	27,13
10	1,4090	2,3780	2,19	0,0054	1,157	3,58
11	0,0047	0,0174	12,83	0,0118	1,429	25,93

Ударний струм в точці КЗ:

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2}k_{y\partial}I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,413 \cdot 12,76 = 25,5 \text{ кА}$$

Струми к. з. для інших точок системи електропостачання аналогічно розраховуються. Результати розрахунку приведені в табл. 6.1.2.

6.2. Вибір кабелів напругою 10 кВ для агропідприємства

Згідно з Правил улаштування електроустановок переріз струмопроводів > 1 кВ слід вибирати за тривало допустимою силою струму з урахуванням очікуваного (можливого) зростання навантажень.

						Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому нижче наведено розрахунок з вибору кабельної лінії КЛ1.

Розрахунковий струм кабельної лінії КЛ1 буде:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{852,32}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 23,43 \text{ кА}$$

Площа поперечного перерізу КЛ-1 (при $T_{max}=5251,3$ год., $j_{ек}=1,2$ А/мм²).

Обираємо до встановлення алюмінієвий кабель ААШВ-10(3х35) з наступними паспортними даними: $r_{0кл1} = 0,89$ Ом/км, $x_{0кл1} = 0,095$ Ом/км, $I_{доп кл} = 115$ А.

Перевірка кабельної лінії за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_p = 23,43 \text{ А} \leq K_n \cdot I_p = 0,9 \cdot 115 = 103,5 \text{ А}$$

Перевірка при виборі кабельної лінії за умови в аварійному режимі:

$$I_{ав} = 46,86 \text{ А} \leq K_{ан} \cdot K'_n \cdot I_p = 1,35 \cdot 1 \cdot 115 = 155,25 \text{ А}$$

Тепловий імпульс від струму корот. замикання:

$$B_k = I_{K1}^2 (t_{p.з. min} + T_a) = 2,69^2 (1,365 + 0,0377) = 33,89 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Мінімальний переріз при виборі КЛ за умови термічної стійкості:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{10,15 \cdot 10^3} = 33,89 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Результати розрахунків вибору інших використаних КЛ наведено в табл.6.2.

Таблиця 6.2.Результати розрахунків із вибору кабельних ліній напругою 10 кВ

№ КЛ	n, шт	S _p , МВА	I _p , А	I _{p.ав.} , А	F _{ек} , мм ²	B _к , кА ² с	F _{min} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _n	K _n I _{доп} , А	K _{ан}	K' _n	K _{ан} K' _n I _{доп} , А
КЛ 1	2	3053,7	83,96	167,9	69,97	10,15	33,89	2 х ААШВ- 10(3х120)	240	0,9	216	1,35	1	324
2,3	2	852,32	23,43	46,86	19,53	10,15	33,89	2 х ААШВ- 10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25
4,5	2	870,8	23,94	47,88	19,95	10,15	33,89	2 х ААШВ- 10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25
6	1	428,62	23,57	-	19,64	10,15	33,89	1 х ААШВ- 10(3х35)	115	1	115	-	-	-
7	1	442,08	24,31	-	20,26	10,15	33,89	1 х ААШВ- 10(3х35)	115	1	115	-	-	-
8,9	2	859,7	23,64	47,28	19,7	10,15	33,89	2 х ААШВ- 10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25

6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги для агропідприємства

В даному розділовому підпункті випускної бакалаврської роботи було проведено вибір електричних апаратів напруги 10 кВ, а саме: високовольтних вимикачів на 10 кВ, роз'єднувачів на 10 кВ; ОПН та розрядників. Розрахунки проводились згідно методики, описаної в [1].

Результати вибору ввідного вимикача напругою 10 кВ наведено в табл. 6.3.1.

Таблиця 6.3.1. Результати вибору ввідного вимикача напругою 10 кВ

Параметр обраного апарата	Умови вибору	Розрахунок апарата
Номінальна напруга апарата, В	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Номінальний довготривалий струм апарата, А	$I_{роб.форс.} \leq I_{ном}$	$176,31 \leq 630$
Відключаюча здатність апарата		
- симетричний струм, А	$I''_{K0} \leq I_{дин.ст}$	$2,69 \leq 20$
- асиметрична складова, А	$i_{ат} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$	$0 \leq 11,31$
- повний струм, А	$\sqrt{2}I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл} (1 + \beta_n)$	$1,41 \cdot 2,69 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $3,8 \leq 39,6$
Динамічна стійкість апарата:		
- симетричний струм, А	$I_{пт} \leq I_{дин.ст.}$	$2,69 \leq 52$
- ударний струм, А	$i_{уд} \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст.}$	$6,72 \leq 132,37$
Термічна стійкість апарата	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$7,81 \leq 1200$

Час від моменту початку кор. замикання до моменту розходження контактної групи вимикача:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{c.в} = 1 + 0,042 = 1,042 \text{ с}$$

Аперіодична складова струму к. з. для моменту розходження контактної групи:

$$i_{ат} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 2,69 \cdot e^{\frac{-1,042}{0,0377}} = 0 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Тепловий імпульс від струму к. з.:

$$B_k = I''^2 (t_{c.в.} + t_{pz.max} + T_a) = 2,69^2 \cdot (0,042 + 1 + 0,0377) = 7,81 \text{ кА}^2 \text{с}$$

На основі цього обираємо вакуумний вимикач типу ВР1-10-20/630 У1.

Технічні характеристики вимикача ВР1-10-20/630 У1 наведено в табл. 6.3.2.

Таблиця 6.3.2. Технічна характеристика вимикача ВР1-10-20/630 У2.

$T_{уп}$	$U_{ном},$ кВ	$U_{тах},$ кВ	$I_{відкл},$ кА	$I_{ном},$ А	$I_{тн},$ кА	$I_{д.с.},$ кА	$t_{відкл.в},$ мс	$t_{відкл.з},$ мс	β_n	$T_{уп}$
ВР1-10-20/630 У2	10	12	20	630	20	52	42	57	0,4	вакуумний

Результати вибору секційного вимикача на напругу 10 кВ приведені в табл. 6.3.3

Таблиця 6.3.3. Умови вибору секційного вимикача на напругу 10 кВ

Параметр обраного апарата	Умови вибору	Розрахунок апарата
Номінальна напруга апарата, В	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Номінальний довготривалий струм апарата, А	$I_{роб.форс.} \leq I_{ном}$	$88,15 \leq 630$
Відключаюча здатність апарата:		
- симетричний струм, А	$I_{к0}'' \leq I_{дин.ст}$	$2,69 \leq 20$
- асиметрична складова, А	$i_{ат} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$	$0 \leq 11,31$
- повний струм, А	$\sqrt{2}I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл} (1 + \beta_n)$	$1,41 \cdot 2,69 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $3,8 \leq 39,6$
Динамічна стійкість апарата:		
- симетричний струм, А	$I_{пт} \leq I_{дин.ст.}$	$2,69 \leq 52$
- ударний струм, А	$i_{уд} \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст.}$	$6,72 \leq 132,37$
Термічна стійкість апарата	$B_k \leq I_{тн}^2 t_{тн}$	$4,19 \leq 1200$

Найменший час від моменту початку к. з. до моменту розходження контактної групи вимикача:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{c.с} = 0,5 + 0,042 = 0,542 \text{ с}$$

Аперіодична складова струму к. з. за момент розходження контактної групи:

$$i_{ат} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 2,69 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0377}} = 0 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Тепловий імпульс від струму к. з.:

$$B_k = I''^2 (t_{c.с.} + t_{pz.max} + T_a) = 2,69^2 \cdot (0,042 + 0,5 + 0,0377) = 4,19 \text{ кА}^2 \text{с}$$

На основі цього приймаємо вакуумний вимикач типу ВР1-10-20/630 У2. Технічна характеристика апарата ВР1-10-20/630 У2 наведено в табл. 6.3.2. Розрахункові данні вибору відхідних кабельної лінії до ТП наведено в табл. 6.3.4.

						Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3.4. Результати вибору відхідних кабельних ліній до ТП.

Параметр обраного апарата	Умови вибору	Розрахунок апарата
Номинальна напруга апарата, В	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Номинальний довготривалий струм апарата, А	$I_{роб.форс.} \leq I_{ном}$	$99,21 \leq 630$
Відключаюча здатність апарата:		
- симетричний струм, А	$I_{K0}'' \leq I_{дин.ст.}$	$2,69 \leq 20$
- асиметрична складова, А	$i_{ат} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$	$0,09 \leq 11,31$
- повний струм, А	$\sqrt{2}I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл.} (1 + \beta_n)$	$1,41 \cdot 2,69 + 0,09 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $3,89 \leq 39,6$
Динамічна стійкість апарата:		
- симетричний струм, А	$I_{пт} \leq I_{дин.ст.}$	$2,69 \leq 52$
- ударний струм, А	$i_{уд} \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст.}$	$6,72 \leq 132,37$
Термічна стійкість апарата	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$1,3 \leq 1200$

Час від моменту початку к. з. до моменту розходження контактної групи вимикача:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{c.в} = 0,1 + 0,042 = 0,142 \text{ с}$$

Аперіодична складова струму к. з. для моменту розходження контактної групи:

$$i_{ат} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 2,69 \cdot e^{\frac{-0,142}{0,0377}} = 0,09 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Тепловий імпульс від струму к. з.:

$$B_k = I''^2 (t_{c.в.} + t_{pz.max} + T_a) = 2,69^2 \cdot (0,042 + 0,1 + 0,0377) = 1,3 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Обираємо вакуумний вимикач типу ВР1-10-20/630У2. Технічні дані ВР1-10-20/630 У2 наведено в табл. 6.3.2.

Таблиця 6.3.4. Результати вибору вимикачів навантаження.

Параметр вимикачів навантаження	Умови вибору	Розрахунок апарата
Номинальна напруга вим. навантаження	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10,5 \leq 10,5$
Довготривалий ном. струм вим. навантажен	$I_{роб.форс.} \leq I_{ном}$	$0 \leq 400$
Динамічна стійкість вим. навантаження:		
- симетричний струм	$I_{пт} \leq I_{дин.ст.}$	$2,69 \leq 10$
- ударний струм	$i_{уд} \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст.}$	$6,72 \leq 25,46$
Термічна стійкість вим. навантаження	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$1 \leq 100$

Тепловий імпульс від струму к. з.:

					Аркуш
					57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$B_k = I^2 (t_{pz, \max} + T_a) = 2,69^2 \cdot (0,1 + 0,0377) = 1 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Обираємо вимикач навантаження типу ВНР-10/400-10зУЗ.

Таблиця 6.3.5. Технічна характеристика вимикача навантаження ВНР-10/400-10зУЗ.

T_{un}	$U_{ном}, \text{кВ}$	$U_{max}, \text{кВ}$	$I_{ном}, \text{А}$	$I_{д.с.}, \text{кА}$	$I_{тн}, \text{кА}$	$t_{м.с.}, \text{с}$
ВНР-10/400-10зУЗ	10,5	12	400	10	10	1

Здійснено вибір плавких запобіжників від струмів к.з. для захисту ТП.

Таблиця 6.3.6. Результати вибору запобіжників 10 кВ.

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10,5 \leq 10,5$
Номінальний струм п.в.	$2I_{т.ном} \leq I_{п.в.}$	$84,86 \leq 100$
Чутливість захисту	$K_{\text{ч}} = \frac{I_{к.з. \min}}{I_{п.в}} \geq 3$	$\frac{2690}{100} = 26,9 \geq 3$
Відключаюча здатність	$I_{к.з.}^{(3)} \leq I_{п.відкл.}$	$2,69 \leq 12,5$

Результати розрахунку та вибору електричного навантаження ТВП наведено в табл. 6.3.7.

Таблиця 6.3.7 Результати розрахунку електричного навантаження ТВП

№ з/п	Вибрані споживачі	$P_{ном}, \text{кВт}$	$n, \text{шт.}$	$P_{сум}, \text{кВт}$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	$P_{уст}, \text{кВт}$	$Q_{уст}, \text{квар}$
1	Пристрої у КРП підігріву комірок	0,6	10	6	0,97	0,25	6	2
2	Опалення приміщення персоналу та його освітлення	6	3	18	0,97	0,25	18	5
3	Освітлення зовнішнє	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
4	Електроспоживання оперативними колами	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
Всього							60	17

Сумарне навантаження встановлене для ТВП:

$$S_{уст} = \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = \sqrt{60^2 + 17^2} = 62,36 \text{ кВА}$$

Розрахункова встановлена потужність ТВП:

						Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_p = K_c S_{уст} = 0,8 \cdot 62,36 = 49,89 \text{ кВА}$$

Обираємо для монтажу 2 трансформатори власних потреб типу ТМ-40/10.

Технічні його дані: ТМ-40/10: $S_{ном} = 40 \text{ кВА}$; $U_{ВН} = 10 \text{ кВ}$; $U_{НН} = 0,4 \text{ кВ}$.

Коефіцієнт його завантаження ТВП:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{49,89}{2 \cdot 40} = 0,62$$

6.4. Вибір марки трансформаторів струму та напруги

В табл. 6.4.1 наведено результати розрахунку параметрів по вибору трансформаторів струму, призначені для приєднання приладів релейного захисту та комерційного обліку, що встановлюються на вводах 10 кВ і.

Таблиця 6.4.1. Результати вибору параметрів по вибору трансформаторів струму на вводах 10 кВ.

№ з/п	Параметр ТС	Умова вибору ТС	Розрахунок ТС
1	Номінальна напруга ТС	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
2	Довготривалий номінальний струм ТС	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$176,31 \leq 300$
3	Динамічна стійкість ТС	$i_{уд} \leq i_{дин} = \sqrt{2} k_{ед} I_{1ном}$	$6,72 \leq 52$
4	Термічна стійкість ТС	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$10,15 \leq 768$
5	Вторинне навантаження ТС	$Z_2 \leq Z_{ном}$	$0,35 \leq 0,4$

Вторинне навантаження для трансформатора струму, Ом:

$$Z_2 = Z_{прил} + R_{пров} + R_{конт}$$

Опір, послідовно приєднаних до вторинних кіл ТС, приладів, Ом:

$$Z_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_{ном}^2} = \frac{4,1}{5^2} = 0,16$$

Обираємо до монтажу трансформатор струму ТЛК-10/300 У1. Його технічні характеристики наведено в табл. 6.4.2.

Таблиця 6.4.2. Технічні дані трансформатора струму ТЛК-10/300 У1

Тип ТС	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{д.с.}$	$Z_{2ном}$	$I_{тн}$	t_n
ТЛК-10/300 У1	10	300	52	0,4	16	3

Результати вибору, на вводах 10 кВ, вторинного навантаження ТС наведено в табл. 6.4.3.

Таблиця 6.4.3. Результати розрахунку та вибору вторинного навантаження ТС

Назва обладнання	Тип обладнання	$S_{прил}, \text{ВА}$		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е 377	0,1		0,1
Прилад обліку	Меркурій 230ART2	0,1	0,1	0,1
Всього на вводі		0,2	0,1	0,2

Умова роботи ТС в заданому класі точності визначається:

$$Z_{прил} + R_{пров} + R_{конт} \leq Z_{2ном}$$

Опір проводів коли ТС буде працювати в заданому класі точності, Ом:

$$R_{пров} = Z_{2ном} - Z_{прил} - R_k = 0,4 - 0,16 - 0,1 = 0,14 \text{ Ом}$$

Переріз проводів для обладнання, мм²:

$$F = \frac{\rho \cdot l_{розр}}{R_{пров}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{0,14} = 4,04$$

Обираємо до монтажу контрольний кабель типу АКРВГ-6.

Опір контрольного кабелю для обладнання, Ом:

$$R_{пров.ст.} = \frac{\rho \cdot l_{розр}}{F_{пр.ст}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{6} = 0,09$$

Розрахуємо вторинне навантаження трансформатора струму, Ом:

$$Z_2 = Z_{прил} + R_{пров.ст} + R_{конт} = 0,16 + 0,09 + 0,1 = 0,35$$

Результати розрахунку параметрів вибраних трансформаторів струму наведено табл. 6.4.4. і 6.4.5, що встановлюються на відгалуженнях 10 кВ. ТС призначені для комерційного обліку та приєднання приладів релейного захисту.

Таблиця 6.4.4. Трансформатор струму на відхідних КЛ 10 кВ.

№ з/п	Параметр ТС	Умова вибору ТС	Розрахунок ТС
1	Номінальна напруга ТС	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
2	Довготривалий номінальний струм ТС	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$49,21 \leq 200$
3	Динамічна стійкість ТС	$i_{уд} \leq i_{дин} = \sqrt{2}k_{ед} I_{1ном}$	$6,71 \leq 52$
4	Термічна стійкість ТС	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$10,15 \leq 300$
5	Вторинне навантаження ТС	$Z_2 \leq Z_{ном}$	$0,32 \leq 0,4$

Таблиця 6.4.5. Вторинне навантаження ТС на відхідних КЛ 10кВ

Назва обладнання	Тип обладнання	$S_{прил}, \text{ВА}$		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Ватметр	Д335	0,5	-	0,5
Варметр	Д304	0,5	-	0,5
Амперметр	Е 377	0,1	-	0,1
Лічильник	Меркурій 230AR	0,5	-	0,5
Всього		1,6		1,6

Вторинне навантаження трансформатора струму становить, Ом:

$$Z_2 = Z_{прил} + R_{пров} + R_{конт}$$

Опір встановлених приладів послідовно приєднаних до вторинних кіл ТС, Ом:

$$Z_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_{ном}^2} = \frac{4,1}{5^2} = 0,16$$

Обираємо для монтажу трансформатор струму ТЛК-10/200 У1. Його технічні характеристики наведено в табл. 6.4.6.

Таблиця 6.4.6. Технічні характеристики трансформатора струму ТЛК-10/200 У1

Тип	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{д.с.}$	$Z_{2ном}$	$I_{тн}$	t_n
ТЛК-10/200 У1	10	200	52	0,4	10	3

Опір проводів необхідний ТС для роботи в заданому класі точності, Ом:

$$R_{пров} = Z_{2ном} - Z_{прил} - R_k = 0,4 - 0,16 - 0,1 = 0,14 \text{ Ом}$$

Переріз проводів становитиме, мм²:

					Аркуш 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$F = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{R_{\text{пров}}} = \frac{0,0283 \cdot 12}{0,14} = 2,43$$

Обираємо до встановлення контрольний кабель марки АКРВГ-4.

Опір для контрольного кабелю становитиме, Ом:

$$R_{\text{пров.ст.}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{F_{\text{пр.ст}}} = \frac{0,0283 \cdot 12}{4} = 0,06$$

Вторинне навантаження трансформатора струму становитиме, Ом:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{пров.ст}} + R_{\text{конт}} = 0,16 + 0,06 + 0,1 = 0,32$$

Вибираємо трансформатори напруги по умовам зазначеним в [1].

1. По номінальній напрузі ТН, кВ:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}} \quad 10 \leq 10$$

2. По класу точності ТН: 0,5

3. По вторинному навантаженню ТН:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{2\text{ном}}$$

Таблиця 6.4.7. Результати вибору вторинного навантаження трансформатора напруги

Прилад	Тип обладнання	S, ВА	К-сть обмоток	К-сть прил.	S _{2□} , ВА
Вольтметр	Е 377	2	1	1	2
Лічильник «Альфа»	AIR-3-OL-C2-T	1,8	2	1	3,6
Ватметр	Д-335	1,5	1	1	1,5
Варметр	Д-304	2	1	1	2
Багатофункц. лічильн.	Меркурій 230ART2	3	2	2	12
Багатофункц. лічильн.	Меркурій 230AR	3	2	2	12
Всього					33,1

Приймаємо до монтажу два трансформатори напруги типу НАМИ-10-66-У3 з наступними його технічними характеристиками:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}, S_{\text{ном}} = 200 \text{ ВА}, \text{ клас точності} - 0,5.$$

7. Спеціальний розділ. Розрахунок та вибір сонячного колектора.

7.1 Оцінка енергетичного потенціалу сонячної енергії на території держави Україна

У результаті обробки детальних статистичних метеорологічних даних з надходження сонячної радіації загалом визначено питомі енергетичні показники з надходження сонячної енергії в межах країни та розподіл енергетичного потенціалу сонячного випромінювання для кожної з областей України. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, загалом що поступає на 1 м² поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт·год/м² в північній зоні України до 1400 кВт·год/м² і вище в частині АР Крим. [4]

Потенціал сонячної енергії в Україні загалом є достатньо високим для широкого впровадження його як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях країни. Термін ефективної експлуатації геліоенергетичного обладнання в південних областях України в межах – 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях в межах 5 місяців (з травня по вересень). Фотоенергетичне впроваджене обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися впродовж всього року.

У кліматометеорологічних умовах на території України для сонячного теплопостачання, загалом ефективним є застосування плоских сонячних колекторів, які використовують як пряму, так і розсіяну радіацію Сонця. Концентруючи на певній території сонячні колектори можуть бути достатньо ефективними за розрахунками переважно тільки в південних регіонах України.

7.2 Будова і функціонування геліосистем сонячної енергії

Геліосистема – це система використання сонячної енергії для нагріву теплоносія (води), яка складається з наступних основних компонентів:

- колектор (оптимально встановлюється на покрівлі,);
- бак накопичувач (акумулятор тепла об'ємом в межах 150-600 л);

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

- рама для кріплення колектора (до будівельних конструкцій).

Існує на ринку безліч різних сонячних колекторів, призначених для нагрівання теплоносія (води). Все різноманіття сонячних колекторів можна розділити на наступні типи: плоскі сонячні колектори і вакуумні трубчасті колектори. [4]

Плаский сонячний колектор. Досить простим і найбільш дешевим способом використання сонячної енергії є нагрів, для потреб, побутової води в так званих плоских сонячних колекторах. Плаский сонячний колектор (рис. 7.1) являється теплоізовльованим з тильного боку і боків ящиком, всередині якого проектно розміщена теплопоглинальна металева або пластикова панель, забарвлена вона в темний колір (або покрита спеціально розробленим оптичним селективним покриттям, який забезпечує добре поглинання сонячного випромінювання і при цьому досить мало випромінює в інфрачервоному тепловому спектрі).



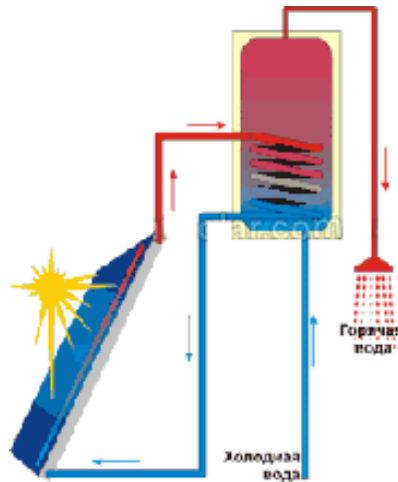
Рисунок 7.1 – Плаский сонячний колектор

Абсорбер закритий згори світлопрозорим обгороджуванням (один або два шари скла або прозорого, стійкого від впливу ультрафіолету пластика). Панель є теплообмінником, по каналах якого прокачується вода, що нагрівається. Вода прямує в тепло ізовльований бак, гідравлічно-сполучений з сонячним колектором.

Вакуумний трубчастий колектор. Як і плоскі сонячні колектори, вакуумні трубчасті колектори перетворюють сонячну енергію, що падає, на тепло . Сонячне випромінювання потрапляє всередину вакуумної скляної трубки, тут і

Системи з природною циркуляцією теплоносія. Принцип роботи даних систем з природною циркуляцією теплоносія: розігрітий теплоносій (маючи нижчу щільність) спрямовується у верхню частину колектора, внаслідок чого виникає різниця гідростатичних тисків; при цьому якщо колектор підключити до бака, який знаходиться вище за нього, то виникне мимовільна природна

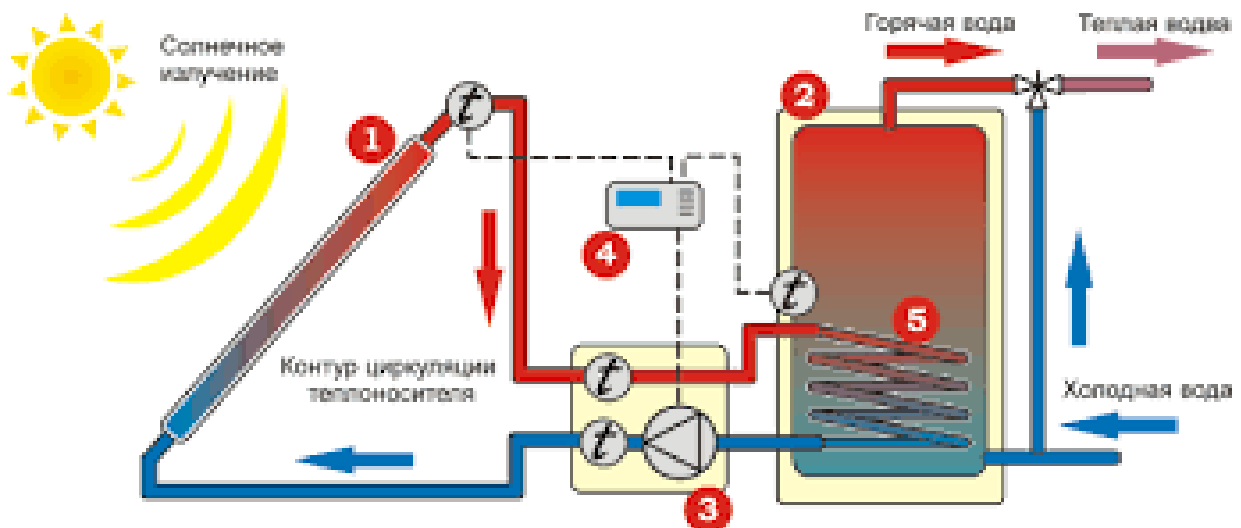
циркуляція теплоносія, швидкість якої залежить від конструктивних особливостей колектора, інтенсивності деного сонячного випромінювання і швидкості охолодження (споживання) в теплообміннику (рис. 7.3).



1 – колектор; 2 – бак-акумулятор (бак-бойлер)

Рисунок 7.3 – Системи з природною циркуляцією теплоносія.

Системи з примусовою циркуляцією теплоносія. У системах з примусовою циркуляцією (автоматизовані) в контур колекторного круга включається малопотужний циркуляційний насос, який примушує циркулювати теплоносій. Його роботою управляє спеціально розроблений контролер. Споживана потужність насоса, незрівняно мала з тепловою енергією, яка виробляється системою (рис. 7.4).



1 – колектор; 2 – бак-акумулятор (бак- бойлер); 3 – циркуляційний насос;

4 – контролер (блок управління); 5 – датчики температури

Рисунок 7.4 – Системи з примусовою циркуляцією теплоносія:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ключовими чинниками при виборі необхідної системи є: можлива температура повітря в найхолодніший період року (географічне розміщення) і кількість ясних сонячних днів у році. Системи з природною циркуляцією набули поширення в країнах з теплим кліматом (Азія).

Переваги геліосистем: сонячна енергія безкоштовна; тривалий термін експлуатації практично до 25 років; автономність (для літніх сонячних систем без використання електроенергії); відносно низька собівартість отриманої теплової енергії; використовується екологічно чиста невичерпна енергія сонця.

7.3 Геліотехнічні можливості місцевості

При проектуванні геліоенергетичних систем необхідно враховувати геліотехнічні можливості проектної місцевості. Під цим розуміють кількісні встановлені характеристики потоків прямої та розсіяної сонячної інсоляції та можливість їхнього подальшого використання для роботи різних типів сонячних установок. Радіаційний режим території України, особливо південних регіонів, сприятливий для практичного використання сонячної енергії.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем як теплоенергетичного, так і фотоелектроенергетичного обладнання практично на всій території.

Кількість годин сонячного сяння для 4 – х зон України коливається у межах 1740 – 2400 [5]. Найбільший при цьому показник має узбережжя Чорного і Азовського морів.

Відомо, що використання сонячної енергії доцільне при сумарній радіації за добу, більшій ніж $15 \text{ МДж/м}^2 = 4 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$, або $120 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2$ у місяць [5]. Максимальні розрахункові значення добової сумарної радіації характерні для Південного берега Криму а також Півдня Причорноморської низини.

Енергія сонця використовується у таких теплових технологіях, як теплопостачання, отримання прісної води, сушіння матеріалів та ін. На

сьогоднішній день, я вважаю, що найбільш прийнятний перетворювач сонячної енергії для сільськогосподарського виробництва - сонячний колектор.

В цілому територія України відноситься до зон із середнім значення інтенсивності сонячної радіації. У реальних умовах величина густини прямої та дифузійної, сонячної радіації значним чином залежить від широти місцевості, прозорості атмосфери, характеристик земної поверхні, а також від часу доби та пори року. З цієї причини, можна вважати, що величина річного потрапляння сонячної радіації на 1 м² з поверхні землі суттєво варіюється для різних громад та областей України та має статичний характер розподілу.

Існують сьогодні на ринку плоскі колектори, колектори із вигнутою поверхнею концентратора енергії сонячних променів та об'ємні. Основним елементом більшості, що є на ринку установок сонячного гарячого водопостачання є плоский сонячний колектор (СК) Теплоенергетична ефективність такого СК визначається наступними факторами:

- високою пропускною здатністю саме світлопроникного елемента для коротко-хвильового потоку сонячної радіації і в цей же момент низькою здатністю власного інфрачервоного випромінювання абсорбера;

- високою поглинальною здатністю використаного абсорбера для короткохвильового сонячного видимого випромінювання.

Більшість плоских СК складаються з чотирьох основних елементів:

- поглинальної панелі з каналами для теплоносія, за проектом на поверхню якої нанесено спеціальне покриття, що забезпечує поглинання не менше 90% (залежно від виробника) падаючого сонячного випромінювання;

- прозорої ізоляції, яка складається (залежно від виробника), як правило, з одного або двох шарів застібання;

- теплової ізоляції, яка зменшує втрати теплоти в навколишнє середовище (залежно від рішень виробника) через днище колектора і його бокові грані;

- корпусу, де розташовані поглинальна панель і тепла ізоляція (залежно від рішень виробника), і який закритий зверху прозорою ізоляцією.

У колекторі сонячне випромінювання перетворюється в теплоту, яка відводиться теплоносієм (яким є вода, повітря, антифриз та ін.), що протікає в каналах використаної поглинальної панелі. Прозора ізоляція зменшує конвекційні та променеві втрати теплоти (залежно від рішень виробника) від поглинальної панелі в атмосферу, внаслідок чого зростає теплопродуктивність колектора. Звичайне віконне скло наприклад пропускає до 87% сонячного випромінювання, але практично не прозоре до власного теплового випромінювання панелі. Перехід від одинарного до подвійного застосування приводить до зменшення теплових втрат через прозору ізоляцію, що і використовується, але одночасно зменшується і щільність потоку випромінювання, яке падає при цьому на поглинальну панель.

К.к.д. колектора загалом визначається як відношення теплопродуктивності до падаючого потоку сонячної радіації. Більшість (залежно від виробника) установок мають середній експлуатаційний к.к.д. 40 – 50%, а сучасні – досягають уже 60 – 70%.

Як теплоносієм в системах сонячного теплопостачання, як найбільш доступна використовується вода. Однак її суттєвим недоліком є відносно висока температура замерзання. Тому при експлуатації установок сонячного теплопостачання взимку, на даному агропідприємстві рекомендується використовувати тосол, розчин етиленгліколю або водно-сольові розчини.

Дані колектори, в порівнянні призначені для виробництва низькопотенційної теплоти, однак повітря в них можуть нагріватись до 120 °С.

Економія від впровадження СК на 1 м² складає за попередніми розрахунками: електроенергії 1050 – 1450 кВт.год на рік, природного газу – 110 – 145 м³ на рік [5].

Переваги і недоліки використання сонячного випромінювання як джерела енергії наступні.

Переваги:

- доступність на всій земній кулі;
- безкоштовна на даний момент енергія;

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

створення колекторів з поліпшеними характеристиками (використання в більшості на продаж) при підвищених значеннях температур.

Задачі першого напрямку вирішуються шляхом заміни міді іншими матеріалами для теплоприймальної поверхні геліоколектора (такими металами, як сталь, алюміній, пластмаси) і використання замість трудомістких часових методів виготовлення теплоприймальних елементів із труб і пластин більш дешевої і простої технології. Зараз промисловість випускає більш-менш вдалі штамповані колектори зі сталі, прокатно-зварені з алюмінію і литі з пластмаси.

З другим напрямком зв'язані наступні проблеми:

Забезпечення необхідного максимального пропущення через прозоре покриття, наприклад, за рахунок використання скла з низьким змістом заліза чи використання створення на поверхні скла невідбиваючого світло шару.

Зниження до мінімуму теплових втрат, що виникають від колектора, втрати з тильної і бічної сторін можуть бути зменшені за рахунок поліпшення ізоляції. Радіаційну і конвективну складові втрат з лицьової сторони колектора, проектно зменшують вакуумуванням простору між теплоприймальною поверхнею і прозорою ізоляцією. Проте, практично не завжди вдається забезпечити абсолютно непроникне з'єднання різнорідних матеріалів, і в подальшому вакуум через якийсь час погіршується.

Інший шлях – використання багат шарового скляного покриття (дорого вартісна технологія), або використання склопластиків матеріалів з поліпшеними теплоізоляційними властивостями. [5]

7.4.2 Розрахунок навантаження гарячого водопостачання об'єкта

Навантаження гарячого водопостачання для підприємства визначаємо [6]:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$

де N - число днів даного місяця,

n – кількість людей на підприємстві, приймаємо – 5 працівників,

$T_{сер}$ - середня температура гарячої води протягом робочої зміни- 55°C,

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Дані навантаження гарячого водопостачання по місяцях зводимо в табл. 7.1.

Таблиця 7.1. – Навантаження гарячого водопостачання

Місяць	Кількість днів	Навантаження ГВП, МДж	Навантаження ГВП, кВт год.	Навантаження ГВП, Гкал.
1	31	23,380	6,495	0,00558
2	29	21,118	5,866	0,00504
3	31	23,380	6,495	0,00558
4	30	22,626	6,285	0,00540
5	31	23,380	6,495	0,00558
6	30	22,626	6,285	0,00540
7	31	23,380	6,495	0,00558
8	31	23,380	6,495	0,00558
9	30	22,626	6,285	0,00540
10	31	23,380	6,495	0,00558
11	30	22,626	6,285	0,00540
12	31	23,380	6,495	0,00558
Σ	365	275,283	76,468	0,06575

7.4.3 Розрахунок об'єму бака-акумулятора та його вибір для об'єкта

Тепловий акумулятор – це сталеві ємність, циліндричної форми, в якій накопичується і зберігається гаряча вода. Наявність тепло-акумулятора мінімізує втрату теплової енергії і значно знижує споживання енергоресурсів, такий акумулятор є невід'ємною частиною сучасної комплексної системи опалення, і несе в собі економічну вигоду. Залежно від модифікації, теплові акумулятори можуть працювати спільно з сонячними колекторами, твердопаливними котлами, газовими котлами, тепловими насосами, електричними нагрівачами та іншими джерелами енергії. Підключати до тепло-акумулятора можна відразу кілька таких джерел. [6]

У системах з природною і примусовою циркуляцією пропонуємо використовувати баки-акумулятори тепла. Така акумулююча ємність в найбільш простій конфігурації являє собою простий сталевий вертикальний бак, висота якого в 3-5 разів перевищує його діаметр. Таким чином забезпечується температурне розшарування води і підвищується загальов ефективність використання бака-акумулятора тепла.

Визначення, на скільки градусів має підвищитися температура води і її обсяг. Адміністративний персонал - 5 людей. За емпіричними даними на середньої людини витрачається в день 30 літрів води. Сумарний обсяг ємнісного нагрівача треба розраховувати з розрахунку 1,5...2 добової потреби.

$$\text{Відповідно } (30 \cdot 5) \cdot 1,5 = 225 \text{ л.}$$

Середня температура вхідної води приймаємо = 15 °С. Вона повинна бути нагріта до 50 °С.

$$50 - 15 = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо кількість енергії необхідної для нагрівання цієї кількості води. Враховуємо, що для нагрівання одного літра води на один градус треба нам затратити енергію рівну 1 ккал.

$$225 \text{ л} \cdot 35 \text{ }^{\circ}\text{C} = 7875 \text{ калл}$$

Для перекладу цієї енергії в кВт · год скористаємося такою формулою:

$$7875 \text{ калл} / 859,8 = 9,129 \text{ кВт}$$

Вибираємо бак зі змійовиком з нержавіючої сталі для гарячого водопостачання та нижнім змійовиком з чорної сталі для підключення сонячних колекторів на 250 л.

7.4.4 Визначення площі геліоколекторного поля

Необхідну площу геліоколекторів можна визначити за формулою: [6]

$$F_{\text{зк}} = \frac{Q_{\text{міс}}}{E_{\text{міс}} \eta}$$

де η – ефективність використаної геліосистеми, $\eta = 0,2$.

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

Для обчислення щомісячного приходу енергії на 1 м² для даного об'єкту використовується емпірична формула:

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} E_{\text{мр}} \cdot \tau_c \cdot \psi_c \cdot n_{\text{міс}}$$

де $E_{\text{мр}}$ – максимальне розрахункове значення, для даної місцевості інтенсивності сонячної радіації, Вт/м².

τ_c – тривалість світового дня для даної місцевості, год.

ψ_c – коефіцієнт сонячного випромінювання, для даної місцевості.

$n_{\text{міс}}$ – кількість прийнятих днів у місяці.

для січня

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot 1200 \cdot 8.51 \cdot 0.18 \cdot 31 = 0.131 \text{ ГДж/м}^2$$

Для наступних місяців розрахунок проводиться аналогічно, результати розрахунку наведено у табл. 7.2.

Таблиця 7.2. – Щомісячний прихід енергії на 1 м², горизонтальної поверхні

Місяці	Кількість днів	$E_{\text{мр}}$, Вт/м ²	τ_c , год	ψ_c	$n_{\text{міс}}$, шт	$E_{\text{міс}}$, ГДж/м ²
1	31	1200	8,51	0,18	31	0,131
2	28	1950	10,14	0,24	28	0,305
3	31	2960	11,56	0,39	31	0,948
4	30	4070	13,43	0,45	30	1,691
5	31	5470	15,16	0,55	31	3,240
6	30	5490	16,03	0,61	30	3,691
7	31	5570	15,38	0,67	31	4,078
8	31	4920	14,16	0,71	31	3,514
9	30	3570	12,33	0,61	30	1,846
10	31	2240	10,47	0,47	31	0,783
11	30	1140	9,12	0,29	30	0,207
12	31	960	8,22	0,18	31	0,101

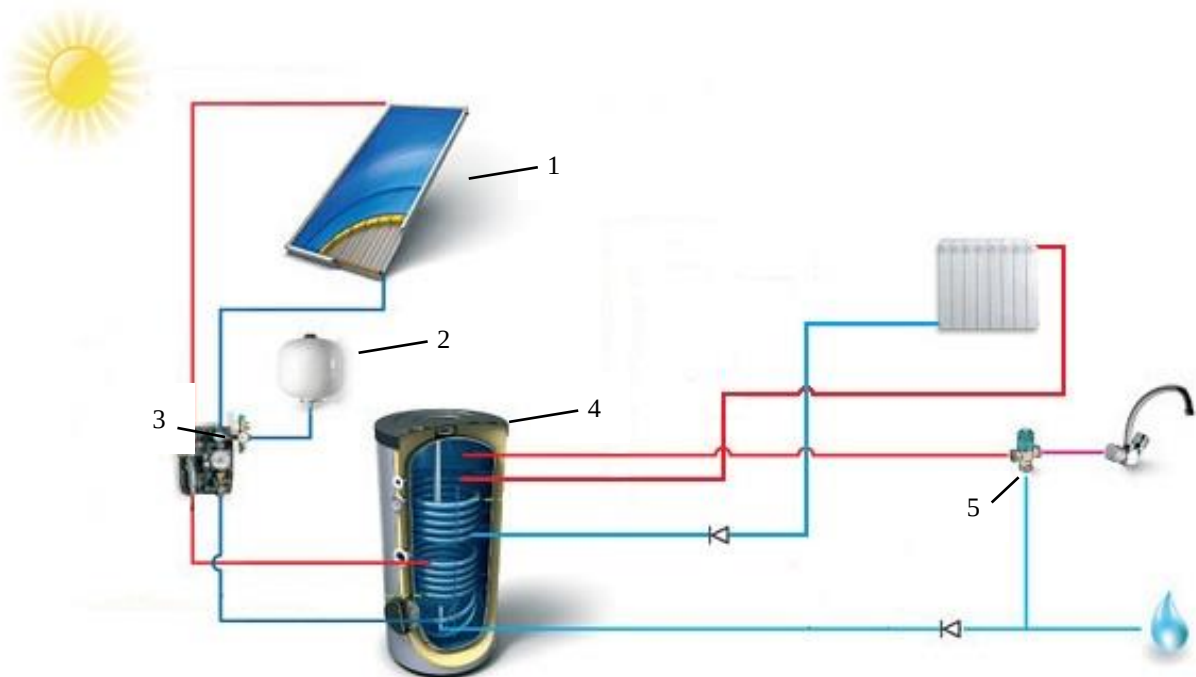
$$N_{\text{зк}} = \frac{F_{\text{зк}}}{S_{\text{зк}}} \text{ шт}$$

для лютого:

$$N_{\text{зк}2} = \frac{F_{\text{зк}2}}{S_{\text{зк}}} = \frac{43,51}{1,87} = 9 \text{ шт}$$

Таблиця 7.4. – Необхідна кількість колекторів.

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$F_{\text{зк}}, \text{ м}^2$	43,51	16,85	5,99	3,25	1,75	1,49	1,39	1,62	2,98	7,26	26,53	56,31
$N_{\text{зк}}, \text{ шт}$	23,3	9,0	3,2	1,73	0,9	0,8	0,7	0,9	1,6	3,9	14,2	30,1



1 – сонячний плоский колектор, 2 – розширювальний бак, 3 – контролер, 4 – бак-акумулятор, 5 - змішувач

Рисунок 7.5 - Двоконтурна система гарячого водопостачання з плоским колектором

7.4.6 Визначення параметрів геліоколекторів та елементів системи

Приймаємо сонячні колектори Plus Term (рис. 7.6) українського виробництва, що встановлюють на відкритих просторах де є безперешкодне потрапляння сонячних променів на сонячний колектор протягом світлового дня.

Сонячний колектор Plus Term, встановлюються під 45 кутом до горизонту. Кут установки колекторів залежить від географічної широти наявного об'єкта. Як відомо сонце проходячи один світловий годину по небосхилу, змінює своє місце розташування від попереднього на 15 градусів. Протягом усього світлового дня похилий кут падіння променевої енергії сонця на сонячні колектори постійно змінюється, що неоднозначно впливає на енергетичну складову продуктивності сонячних колекторів. Оскільки зі зміною падіння світлового потоку відмінного від прямого кута частина світлового потоку відбивається і йде в атмосферу. [6]



Рисунок 7.6 - Обраний сонячний плоский колектор Plus Term SK1 [7]

При використанні встановлених плоских сонячних колекторів Plus Term кут зміни світлового потоку від часу доби, для нас дуже впливає на продуктивність сонячного колектора. Найбільша ефективність у плоских колекторів Plus Term практично спостерігається при прямому попаданні світлового потоку на поглинаючу поверхню сонячного колектора. Максимальна продуктивність можлива опівдні, при безхмарній погоді, коли прямі сонячні промені, практично безперешкодно потрапляють на площину сонячного колектора. Після цього і до цього продуктивність плоского сонячного колектора зменшується зі збільшенням відхилення сонячних променів від 90 градусів.

Плоскі колектори Plus Term представляють собою цілісну конструкцію без просвітів. Корпус колектора виготовлений з алюмінієвого профілю. У середині корпусу встановлено два абсорбери з тонколистової нержавіючої сталі. Задня стінка виконана з вологостійкої бакелітової фанери товщиною 9 мм. Зверху

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			77

Можливі способи установки на плоскі дахи або вертикальній стіні, на землі за допомогою установки на спеціальну конструкцію уніфікованої або зварної формиформи. Для монтажу, бажано професіоналу, колектор на поверхню в алюмінієвому профілі передбачені пази для установки закладних елементів і затискних болтових з'єднань. Конструкція колектора дозволяє зібрати колекторное поле необхідної для замовника апертурними площі.

Країна виробник колектора	Україна
Тип використаного колектора	плоский
Режим використання колектора	цілорічне
Товщина скла, що використовується мм	3,2
Площа теплоприймальної пластини колектора, м ²	2,12
Площа абсорбера в колекторі, м ²	2,0
Площа апертури колектора, м ²	1,87
Спосіб монтажу колектора	похилий
Кут нахилу колектора	45°
Коефіцієнт поглинання, %	95
Коефіцієнт розсіювання, %	8
ККД колектора не менше, %	81,6
Максимальна потужність колектора, Вт	2000
Ширина ГК колектора, мм	2070
Довжина ГК колектора, мм	1070
Товщина колектора, мм	120

Термостатичний змішувач, що використовуємо (рис. 7.7) - прилад, необхідний для підтримки постійного напору та рівня нагріву води. Він дозволяють встановлювати операційну температуру в діапазоні від 38 °С до 54 °С.



Рисунок 7.7 - Термостатичний змішувальний клапан BRV

Сонячний контролер, що використовуємо (рис. 7.8) - обов'язковий елемент геліосистеми з примусовою циркуляцією теплоносія. Сонячний контролер призначений для керування процесом нагріву від сонця і контролю стану геліосистеми, а також, залежно від сонячного контролера, може управляти і іншими теплотехнічними процесами в системі опалення і ГВП (тепловим насосом, електричним ТЕНом, газовим котлом, твердопаливним котлом). Сонячний контролер отримує інформацію від датчиків температури (один з яких обов'язково знаходиться в сонячному колекторі), інший в баку-акумуляторі геліосистеми та вибирає необхідний режим роботи.



Рисунок 7.8 - Контролер управління.

Також вибираємо (рис. 11.8) розширювальний бачок та бак (накопичувач).
 Вибираємо розширювальний бак для систем опалення з максимальним робочим тиском 8 бар, початковим тиском 1,5 бар, підключенням $\frac{3}{4}$, максимальною робочою температурою + 99 °С.



Рисунок 7.8 - Розширювальний бак.

Вибираємо акумулюючий бак (рис. 7.9), який спеціально розроблений з внутрішнім сталевим емальованим резервуаром на 250 л, призначеним для нагріву води в опалювальних системах, а також сталевим спіральним теплообмінником для підключення наступного джерела енергії.



Рисунок 7.9 - Акумулюючий бак.

7.5 Розрахунок проектних капіталовкладень

Визначаємо величину проектних капіталовкладень ($K_{пр}$): [6]

$$K_{пр} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^n C_i \right) + Z_{мс} + Z_{мпп} + Z_{ін} = 137597 + 1980 + 7800 + 980 = 148357 \text{ грн.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

де $K_{об}(\sum C_i)$ – вартість придбання електрообладнання табл. 7.5;

n – кількість необхідних елементів для системи;

$З_{мс}$ – передбачені транспортно-складські витрати, 1980 грн;

$З_{м}$ – витрати, проектні на монтажні та пуско-налагоджувальні роботи 7800 грн;

$З_{ін}$ – інші непередбачувані витрати 980 грн;

Розрахунок капітальних витрат зводимо до таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Капітальні витрати для системи ГВС та опалення.

№ п/п	Найменування технічних засобів системи	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
	Плоский колектор	15	7800	117 000
	Контролер	1	4350	4 350
	Змішувач	1	1230	1 230
	Бак-акумулятор	1	12 870	12 870
	Розширювальний бак	1	2147	2 147
Всього:				137597

7.6 Висновки

Було проведено загальний огляд сонячних колекторів, їх ефективності, плюси і мінусу того чи іншого сонячного колектора стосовно їхньої експлуатаційних параметрів. А так розглянуті можливості використання різних колекторів у різних сферах.

Був проведений розрахунок та вибраний плоский сонячного колектора для побутових потреб та як допоміжної системи опалення вибраного об'єкту. Були вибрані комплектуючі для впровадження даної системи згідно проведених розрахунків. Вибір колектора здійснювався на основі технічних параметрів.

Також була проведений розрахунок капітальних витрат на придбання, монтажу та налагодження вибраного обладнання.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Висновки

З розрахунків проведених в роботі можна зробити висновок, що використання високої напруги недоцільне через значні втрати в капіталовкладення. Для живлення агропромислових споживачів смт. Устинівка необхідне встановлення окремого розподільчого пункту.

Економічно доцільною є максимальна компенсація реактивної потужності, оскільки плата за реактивну енергію в більшості випадків перевищує плату за активну енергію, а також перетоки реактивної потужності викликають додаткові втрати активної потужності, що також веде до збільшення плати за споживання електроенергії. Небажаною є також перекомпенсація реактивної енергії, оскільки в цьому випадку плата за генеровану в мережу енергосистему реактивну потужність збільшується майже в три рази в порівнянні з платою за споживання реактивної потужності.

При виконанні роботи розглянуті питання розробки та проектування системи електропостачання агропромислових споживачів смт Устинівка, в якості виділеної частини системи електропостачання смт. Устинівка. Для неї були виконані електротехнічні розрахунки та вибране сучасне електрообладнання.

В спецрозділі проведено огляд різних типів сонячних колекторів, плюси і мінусу їхнього використання. Був проведений розрахунок плоского сонячного колектора для забезпечення гарячого водопостачання та обігріву частини адміністративної будівлі. Були вибрані комплектуючі для впровадження даної системи згідно проведених розрахунків. Також була обґрунтована економічна доцільність впровадження даного рішення на основі розрахунку капітальних витрат на придбання та монтаж та налагодження обладнання.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Перелік посилань

1. Навчальний посібник для виконання кваліфікаційного проекту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укл.: П.Г.Плешков, В.В.Зінзура, Н.Ю.Гарасьова, А.І. Котиш. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021 - 196 с.
2. 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.
3. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту електропостачання промислових підприємств. Кіровоград: КНТУ, 2004.
4. Екологічні проблеми енергетики. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт (частина 2) студентами спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» А. Г. Рудченко. – Дніпро: Національний гірничий університет, 2017. – 55 с.
5. Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії: Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” / Ю. О. Стьопін, В. Б. Гулевський, Н. П. Перова – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – 60 с.
6. Свинарчук М.Є. Порівняльний аналіз експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів: дис. магістра. Дніпро. 2018. 77 с.
7. Сонячний колектор. Режим доступу: https://avante.com.ua/ua/catalog/kollektor_solnechnyy_plusterm_sk-1-01149/

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83