

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 ПЛІШКОВ

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розробка системи електропостачання переробного комплексу»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ-21-3СК,

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

_____ Єгор ЛЯШЕВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук

_____ Наталія ГАРАСЬОВА

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2024 р.

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

Ляшевського Єгора Олександровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання переробного комплексу

Development of a power supply system for a processing complex

2. Керівник роботи Гарасьова Наталія Юріївна, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 03.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи розрахунок електричних навантажень;
побудова графіків та картограм електричних навантажень; вибір напруги
і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання;
розрахунок режимів реактивної потужності; вибір трансформаторів;
розрахунок струмів КЗ, вибір обладнання та силових мереж; розрахунок
спеціального розділу кваліфікаційної роботи

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ. Коротка характеристика комплексу</i>	<i>09.04-12.04</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>13.04-23.04</i>	
3	<i>Побудова графіків електричних навантажень</i>	<i>24.04-26.04</i>	
4	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	<i>27.04-01.05</i>	
5	<i>Вибір напруги і електричних схем</i>	<i>02.05-5.05</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності</i>	<i>6.05-9.05</i>	
7	<i>Вибір трансформаторів</i>	<i>10.05-13.05</i>	
8	<i>Розрахунок струмів КЗ, вибір обладнання та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>14.05-17.05</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>18.05-28.05</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>01.06-03.06</i>	

Дата видачі завдання
«__08__»_квітня_2024 р.

Підпис керівника _____

Наталія ГАРАСЬОВА

Завдання прийнято до виконання
«__08__»_квітня_2024 р.

Підпис здобувача _____

Єгор ЛЯШЕВСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 73 с. основної частини; 13 рис.; 26 табл.; 11 джерел, 2 додатки

Ляшевський Є. О. Розробка системи електропостачання переробного комплексу. – Рукопис.

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

В роботі представлено розрахунок системи електропостачання переробного комплексу. Основні напрямки такого розрахунку: визначання електричних навантажень окремих груп електроприймачів, відділень, цехів та комплексу в цілому. Такі розрахунки дозволяють вибрати конфігурацію схем, як зовнішнього, так і внутрішнього електропостачання. Для обраної схеми визначаються графіки електричних навантажень з їх основними характеристиками. Будується картограма електричних навантажень та вибирається розподільчий пункт і все необхідне обладнання. Вирішується питання режимів реактивної потужності комплексу.

У спеціальному розділі роботи досліджено питання теплового стану адміністративно-побутового корпусу переробного комплексу. Розраховані основні теплові втрати в будівлі, додаткові теплові надходження та виявлені шляхи покращення енергоефективності корпусу. Запропоновані енергозберігаючі заходи дозволили отримати суттєву економію коштів.

Ключові слова: система електропостачання, активне та реактивне навантаження, режими реактивної потужності, тепловий баланс, теплові витрати та надходження, ефективність використання теплової енергії.

ABSTRACT

Qualification work: 73 p. main part; Fig. 13; 26 tables; 11 sources, 2 applications

Lyashevskiy Y. O. Development of a power supply system for a processing complex. – Manuscript.

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

The paper presents the calculation of the power supply system of the processing complex. The main directions of such calculation: determining the electrical loads of individual groups of electrical receivers, departments, shops and the complex as a whole. Such calculations allow you to choose the configuration of both external and internal power supply schemes. For the selected scheme, the graphs of electrical loads with their main characteristics are determined. A cartogram of electric loads is built and a distribution point and all necessary equipment are selected. The issue of reactive power modes of the complex is resolved.

In a special section of the work, the issue of the thermal condition of the administrative and household building of the processing complex is investigated. The main heat losses in the building, additional heat gains and ways to improve the energy efficiency of the building were identified. The proposed energy-saving measures made it possible to obtain significant cost savings.

Keywords: power supply system, active and reactive load, reactive power modes, heat balance, heat costs and receipts, efficiency of heat energy use.

З М І С Т

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
	ВСТУП. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСА	9
1.	ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ.....	11
1.1	Розрахунок освітлювальних навантажень ПРК	11
1.2	Електричні навантаження переробного комплексу в мережах до 1 кВ.....	14
1.3	Електричні навантаження переробного комплексу в мережах вище 1 кВ.....	15
1.4	Графіки електричних навантажень переробного комплексу	19
2.	ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ РП, ТРАНСФОРМА- ТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.....	25
3.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ ВИБІР СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ.....	29
4.	КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ	37
4.1	Баланс реактивної потужності переробного комплексу та вибір пристроїв компенсації.....	37
4.2	Вибір потужності, кількості та місця розташування КП переробного комплексу.....	37
5.	ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ПРК.....	41
5.1	Вибір цехових трансформаторних підстанцій ПРК, потужності та кількості.....	41
5.2	Розташування та компоновка КТП переробного комплексу.....	42

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Ляшевський Є.				Розробка системи електропостачання переробного комплексу	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів	Гарасьова Н.						6	83
Н. контр.					Development of a power supply system for a processing complex	ЦНТУ, гр.ЕЕ-21-ЗСК		
Затвердив	Плещков П.							

6.	СТРУМИ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРО-ПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ, ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ, ОБЛАДНАННЯ, ТС ТА ТН.....	43
6.1	Визначення струмів КЗ в системі електропостачання ПРК.....	43
6.2	Вибір струмопровідних пристроїв високовольтної мережі переробного комплексу.....	46
6.3	Вибір високовольтного обладнання переробного комплексу.....	47
6.4	Вибір трансформаторів струму та напруги, електричних схем підключення лічильників.....	48
7	ОЦІНКА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОРПУСУ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ.....	52
7.1	Витрати теплоти через огорожуючі конструкції АПК.....	52
7.1.1.	Розрахунок теплотехнічних та геометричних показників...	53
7.2	Додаткові теплові надходження.....	59
7.2.1.	Теплові надходження від людей.....	59
7.2.2.	Надходження теплоти від сонячної радіації.....	60
7.2.3.	Теплові надходження від електрообладнання.....	60
7.3	Розрахункове споживання теплової енергії системою опалення адміністративно-побутового корпусу.....	62
7.4	Заходи з енергозбереження.....	63
7.4.1.	МЕЗ №1 – Заміна вікон.....	63
7.4.2.	МЕЗ №2 – Встановлення теплоізоляційного матеріалу на зовнішні стіни будівлі.....	65
7.4.3.	МЕЗ №3 – Утеплення горища будівлі АПК теплоізоляційним матеріалом.....	67
7.4.4.	МЕЗ №4 Встановлення теплових завіс.....	69
	ВИСНОВКИ.....	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73
	Додаток А. Розрахунок силових електричних навантажень ПРК в мережі вище 1 кВ.....	74
	Додаток Б. Вибір кабельних ліній 10 кВ та високовольтного обладнання розподільчого пристрою.....	80

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПРК – переробний комплекс

АПК – адміністративно-побутовий корпус

ЦПОП – цех первинної обробки птиці

СЕП – система електропостачання

ЛЕП – лінія електропередач

ГЕН – графік електричних навантажень

КЛ – кабельна лінія

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

ГЗП – головна знижувальна підстанція

КРП – компенсація реактивної потужності

БСК – батареї статичних конденсаторів

КЕН – картограма електричних навантажень

ЦЕН - центр електричних навантажень

РП – розподільчий пристрій

КЗ – коротке замикання

ТС – трансформатори струму

ТН – трансформатори напруги

ТЕ – теплова енергія

ОК – огорожувальні конструкції

ЗС – зовнішні стіни

В, Д – вікна, двері

ТН – теплові надходження

МЕЗ – можливий енергозберігаючий захід

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

ВСТУП. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСА

Переробний комплекс (ПРК) входить до складу птахофабрики «Перемога Нова», яка являється дочірнім підприємством агрохолдингу Міронівський хлібопродукт (МХП). На підприємстві побудовані виробничі майданчики, що займаються вирощуванням курчат-бройлерів, сучасний інкубатор, переробний комплекс.

Підприємство постачає м'ясо птиці, курятину, курчат, курей, бройлерів та яйця птиці. На підприємстві втілені міжнародні стандарти ISO 9001:2008 та ISO 22000:2005, що забезпечують систему керування безпекою харчових продуктів. Підприємство застосовує інтегровану систему керування сільськогосподарським виробництвом Global G.A.P., що включає всі етапи вирощування птиці (від отримання яйця до переробки птиці). Цей стандарт базується на аналізі ризиків та критичних точок контролю - система HACCP. Крім того впроваджується належна сільськогосподарська практика - Good Agricultural Practice. Підприємство дбає про охорону навколишнього середовища.

В бакалаврській роботі розглядається розробка системи електропостачання саме переробного комплексу, де відбувається повний цикл переробки та упаковки м'яса свійської птиці.

До складу ПРК входять такі підрозділи: цех первинної обробки птиці, цех потрошіння, цех напівфабрикатів, цех ін'єктування м'ясопродуктів, виробнича ділянка по розробці напівфабрикатів, камери охолодження та допоміжні виробництва. Більш детальну характеристику електроспоживачів комплексу наведено у таблиці 1.

Графік роботи комплексу двозмінний. Комплекс отримує живлення від підстанції енергосистеми кабельними лініями напругою 10 кВ, що знаходиться на відстані 1100 м.

Побудова системи електропостачання комплексу повинна відповідати вимогам надійності живлення, економічності, безпеки та зручності експлуатації.

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

Таблиця 1- Дані по електроспоживачам переробного комплексу

№	Найменування підрозділів	Площа цеха, м ²	Кількість ЕП, шт	Встановлена потужність ЕП, кВт		
				Мінімальна	Максимальна	Сумарна
1	Цех первинної обробки птиці	450	54	0,16	15,0	258,27
2	Цех патрошіння	320	23	2,2	15,0	256,2
3	Вани охолодження	240	15	1,6	7,5	61,3
4	Приміщення камер охолодження	120	12	0,8-	7,5	56,2
5	Лабораторія	112	9	0,25	3,0	21,0
6	Цех інжектування продуктів	640	24	0,25	45,0	396,15
7	Компресорна	230	39	0,17	75,0	573,57
8	Адміністрація	504	106	0,025	3,0	96,31
9	Приміщення камер охолодження готової продукції	240	12	0,8	3,0	46,5
10	Їдальня	166	61	0,3	30	408,08
11	Санпропускник	228	2	0,75	0,75	1,5
12	Приміщення прийому птиці	280	26	0,75	17,0	158,5
13	Сепараторна	170	15	0,3	15,0	388,4
14	Приміщення збору лап	60	6	0,5	5,5	36,0
15	Приміщення зберігання тари та піддонів	460	5	0,31	1,5	4,2
16	Виробнича дільниця напівфабрикатів	472	92	0,25	3,0	91,84
17	Слюсарна майстерня	156	18	1,1	5,5	135,5
18	Камери шокової заморозки дільниці напівфабрикатів	220	7	0,84	2,2	12,42
19	Камери охолодження	160	12	0,8	3,0	22,2
20	Ремонтно-механічна майстерня	240	50	3,7	20,0	415,4
21	Приміщення відпуску готової продукції	172	11	0,16	7	27,43
22	Гараж	280	7	4,0	20,0	66,0
23	Склад готової продукції	240	5	0,31	1,5	4,2
24	Камери шокової заморозки готової продукції	160	8	0,84	7,5	46,4
25	Камери охолодження готової продукції	480	10	0,75	15,0	123,18

Перевага надається застосуванню сучасного комплектного обладнання, що дозволить зменшити термін монтажу та вводу в експлуатацію. Також важливо забезпечити можливість розвитку та розширення комплексу без значного подорожчання та ускладнення прийнятого варіанту. Саме ці вимоги були враховані в роботі при розробці теми завдання.

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

1 ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ

1.1 Розрахунок освітлювальних навантажень ПРК

Для визначення освітлювальних навантажень (ОН) ПРК в цілому, та окремих його підрозділів, застосовується метод питомої потужності ОН на одиницю корисної площі приміщення [1,2].

Розберемо приклад виконання такого розрахунку для цеху первинної обробки птиці (ЦПОП):

- визначення освітлювального активного розрахункового навантаження ЦПОП:

$$P_{p.o.} = P_{в.} \cdot K_1 \cdot K_n = 8,1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 = 8,748 \text{ кВт},$$

де $P_{в.} = F_{ц} \cdot p_0 \cdot 10^{-3} = 450 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 8,1 \text{ кВт}$ – встановлена потужність ОЕП,

$F_{ц} = 450 \text{ м}^2$ – площа цеху первинної обробки птиці;

$p_0 = 18 \text{ Вт/м}^2$ – питома потужність освітлювального навантаження для ЦПОП;

$K_1 = 1,2$ – враховуються втрати в ПРА для люмінесцентних ламп;

$K_n = 0,9$ – значення коефіцієнту попиту;

- визначення реактивного розрахункового навантаження цеху:

$$Q_{p.o.} = P_{p.o.} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 8,748 \cdot 0,48 = 4,2 \text{ кВАр},$$

де $\cos \varphi = 0,9$ ($\operatorname{tg} \varphi = 0,48$) – для люмінесцентних ламп;

- повне навантаження:

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.o.}^2 + Q_{p.o.}^2} = \sqrt{8,748^2 + 4,2^2} = 9,7 \text{ кВА}.$$

Для інших підрозділів ПРК результати проведених розрахунків представлено у таблиці 1.1.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1.1 – Освітлювальні навантаження переробного комплексу

№	Назва підрозділу	$F_{ц}$	P_0	$P_{в}$	K_1	$K_{п}$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{р.о.}$	$Q_{р.о.}$
		м ²	Вт/м ² ·10 ⁻³	кВт	-	-	-	-	кВт	кВАр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Цех первинної обробки птиці	450	18	8,1	1,2	0,9	0,9	0,48	8,748	4,20
2	Цех патрошіння	320	20	6,4	1,2	0,9	0,9	0,48	6,9	3,32
3	Вани охолодження	240	16	3,84	1,2	0,9	0,9	0,48	4,1	1,99
4	Приміщення камер охолодження	120	8	0,96	1,2	0,9	0,9	0,48	1,0	0,50
5	Адміністрація	504	20	10,08	1,2	0,8	0,5	1,73	9,7	16,74
6	Приміщення камер охолодж.готов. продукції	240	8	1,92	1,2	0,6	0,5	1,73	1,4	2,39
7	Їдальня	166	20	3,32	1,12	0,6	0,5	1,73	2,2	3,86
8	Лабораторія	112	20	2,24	1,2	0,6	0,9	0,48	1,6	0,77
9	Цех інжектування продуктів	640	20	12,8	1,2	0,8	0,9	0,48	12,3	5,90
10	Приміщення прийому птиці	280	16	4,48	1,12	0,6	0,5	1,73	3,0	5,21
11	Санпропускник	228	16	3,648	1,12	0,6	0,5	1,73	2,45	4,24
12	Приміщення зберігання тари та піддонів	460	16	7,36	1,2	0,6	0,9	0,48	5,30	2,54
13	Сепараторна	170	18	3,06	1,2	0,6	0,9	0,48	2,20	1,06
14	Приміщення збору лап	60	18	1,08	1,2	0,8	0,9	0,48	1,04	0,50
15	Компресорна	230	16	3,68	1,2	0,8	0,9	0,48	3,53	1,70

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	Слюсарна майстерня	156	20	3,12	1,2	0,6	0,9	0,48	2,25	1,08
17	Ремонтно-механічна майстерня	240	20	4,8	1,12	0,8	0,5	1,73	4,30	7,44
18	Виробнича діляниця напівфабрикатів	472	20	9,44	1,12	0,8	0,5	1,73	8,46	14,63
19	Камери охолодження	160	8	1,28	1,2	0,6	0,9	0,48	0,92	0,44
20	Камери шокової заморозки діляниці напівфабрикатів	220	8	1,76	1,2	0,6	0,9	0,48	1,27	0,61
21	Камери охолодження готової продукції	480	8	3,84	1,2	0,6	0,9	0,48	2,76	1,33
22	Камери шокової заморозки готової продукції	160	8	1,28	1,2	0,6	0,9	0,48	0,92	0,44
23	Гараж	280	16	4,48	1,12	0,6	0,5	1,73	3,01	5,21
24	Склад готової продукції	240	12	2,88	1,12	0,6	0,5	1,73	1,94	3,35
25	Приміщення відпуску готової продукції	172	16	2,752	1,12	0,8	0,5	1,73	2,47	4,27
	Освітлення території	28600	0,1	2,86	1,12	1	0,5	1,73	3,20	5,54
	Всього по переробному комплексу								97,06	99,25

1.2 Електричні навантаження переробного комплексу в мережах до 1 кВ

Розрахунок виконується за методом упорядкованих діаграм, детально методику розрахунку наведено в [2,3]. Результатом розрахунку є визначення розрахункових навантажень по комплексу в цілому: активного (P_p); реактивного (Q_p) та повного (S_p). Вихідними даними до розрахунків являються перелік електроприймачів по підрозділам комплексу та їх встановлена потужність (таблиця 1).

Спочатку розраховується потужність по групі споживачів. Наведемо приклад для цеху первинної обробки птиці:

- кількість електроспоживачів цеху:

$$n = 4 + 6 + 3 + 4 + 6 + 4 + 4 + 6 + 4 + 10 + 3 = 54 \text{ шт.};$$

- значення мінімальної, максимальної та загальної потужності по цеху:

$$P_{н.мін} = 0,16 \text{ кВт}; P_{н.мах} = 15 \text{ кВт}; P_{н.сум.} = 258,27 \text{ кВт};$$

- активне середньозмінне сумарне навантаження:

$$P_{зм.сум.} = 2,62 + 2,31 + 4,48 + 7,2 + 23,52 + 9,6 + 10,4 + 4,22 + 8,96 + 33 + 31,5 = 137,82 \text{ кВт};$$

- реактивне середньозмінне сумарне навантаження:

$$Q_{зм.сум.} = 2,68 + 3,08 + 5,23 + 5,4 + 31,36 + 7,2 + 6,45 + 3,96 + 15,52 + 57,16 + 23,63 = 161,7 \text{ квар};$$

- ефективне число електроприймачів по цеху:

$$n_{ef} = \frac{2P_{н.сум.}}{P_{н.мах}} = \frac{2 \cdot 258,27}{15} = 34,44, \text{ приймаємо } 34; \quad (1.1)$$

(розрахунок проводився за формулою (1.1), тому що

$$K_B = \frac{P_{зм.сум.}}{P_{н.сум.}} = \frac{137,82}{258,27} = 0,53 \geq 0,2; \quad m = \frac{P_{н.мах}}{P_{н.мін}} = \frac{15}{0,16} = 93,75 \geq 3);$$

- значення середньозваженого $tg \varphi$, $\cos \varphi$:

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{\text{зм.сум.}}}{P_{\text{зм.сум.}}} = \frac{161,7}{137,82} = 1,17 ; \cos \varphi = 0,649 ;$$

- розрахункові значення активного, реактивного та повного навантажень цеху ПОП:

$$P_p = K_p \cdot P_{\text{зм.сум.}} = 1,0 \cdot 137,816 = 137,816 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{\text{зм.сум.}} = 161,7 \text{ квар};$$

$$S_{p.} = \sqrt{P_{p.}^2 + Q_{p.}^2} = \sqrt{137,816^2 + 161,7^2} = 212,43 \text{ кВА.}$$

Подальші розрахунки для мережі 0,4 кВ комплексу зводимо до табл.1.2.

1.3 Електричні навантаження переробного комплексу в мережах вище 1 кВ

За наведеною вище методикою приводимо приклад розрахунку визначення високовольтного навантаження ТП-1.

$$n=240; \quad P_{\text{н.мін}}=0,025 \text{ кВт}; \quad P_{\text{н.мак}}=75 \text{ кВт}; \quad P_{\text{н.сум}}=1494,19 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{зм.сум}}=828,632 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{зм.сум.}}=837,7 \text{ квар};$$

$$k_{\theta} = \frac{P_{\text{зм.сум.}}}{P_{\text{н.сум.}}} = \frac{828,632}{1494,19} = 0,55;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{\text{зм.сум.}}}{P_{\text{зм.сум.}}} = \frac{837,7}{828,632} = 1,011; \cos \varphi = 0,703;$$

$$m = \frac{P_{\text{н.мак}}}{P_{\text{н.мін}}} = \frac{75}{0,025} = 3000 \geq 3;$$

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \cdot P_{\text{н.сум.}}}{P_{\text{н.мак}}} = \frac{2 \cdot 1494,19}{75} = 39,85; \text{ уточнюємо } n_{\text{еф}}=40; \quad k_p=1,0$$

$$P_p = k_p \cdot P_{\text{зм.сум.}} = 1,0 \cdot 828,632 = 828,632 \text{ кВт};$$

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	ЗПідпис	Дата		

Таблиця 1.2 - Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

Найменування підрозділу	п	Потужність ЕП, кВт		m	K_B	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Середнє навантаження кВт		n_e	Км	Розрахункове навантаження, кВт		
		одного	всього					$P_{зм}$	$Q_{зм}$			P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Цех первинної обробки птиці														
Електротельфер	4	0,16-1,5	6,56		0,4	0,7	1,02	2,62	2,68					
Майданчик підйомно- опускний	6	1,1	6,6		0,35	0,6	1,33	2,31	3,08					
Електроталь	3	5,97	17,91		0,25	0,65	1,17	4,48	5,23					
Насос	4	3	12		0,6	0,8	0,75	7,20	5,40					
Конвейєр	6	7	42		0,56	0,6	1,33	23,52	31,36					
Транспортер	4	4	16		0,6	0,8	0,75	9,60	7,2					
Сепаратор	4	4	16		0,65	0,85	0,62	10,40	6,45					
Пила	6	2,2	13,2		0,32	0,73	0,94	4,22	3,95					
Лебідка	4	7	28		0,32	0,5	1,73	8,96	15,52					
Вентиляція	10	5,5	55		0,6	0,5	1,73	33,00	57,16					
Насос	3	15	45		0,7	0,8	0,75	31,50	23,63					
Всього по цеху	54	0,16-15	258,27	>3	0,53	0,649	1,17	137,82	161,65	34	1	137,82	161,654	212,426
2. Цех патрошіння	23	2,2-15	256,2	>3	0,62	0,529	1,602	158,473	253,9	23	1	158,473	253,923	299,317
3. Ванни охолодження	15	1,6-7,5	61,3	>3	0,58	0,673	1,099	35,54	39,08	15	1	35,540	39,079	52,823
4. Приміщення камер охолодження	12	0,8-7,5	56,2	>3	0,53	0,443	2,025	29,771	60,29	12	1,02	30,366	60,285	67,501
5. Лабораторія	9	0,25-3	21	>3	0,65	0,780	0,802	13,58	10,89	9	1,005	13,648	10,885	17,457
6. Цех інжектування продуктів	24	0,25-45	396,15	>3	0,55	0,75	0,88	209,96	184,8	18	1	209,960	184,764	279,680
7. Компресорна	39	0,17-75	573,57	>3	0,54	0,804	0,741	310,895	230,2	18	1	310,895	230,207	386,848
8. Адміністрація	106	0,025-3	96,305	>3	0,45	0,755	0,869	43,337	37,66	64	1	43,337	41,428	59,954

Продовження таблиці 1.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9. Приміщення камер охолодження готової продукції	12	0,8-3,0	46,5	>3	0,53	0,443	2,025	24,6324	23,81	31	1	24,632	23,814	34,262
10. Їдальня	61	0,3-30	408,08	>3	0,52	0,697	1,029	210,668	216,8	27	1	210,668	216,845	302,329
11. Санпропускник	2	0,75	1,5	1	0,6	0,75	0,882	0,9	0,794	2	1	0,9	0,794	1,2
12. Прийом птиці	26	0,75-17	158,5	>3	0,65	0,863	0,586	102,582	60,09	19	1	102,582	60,093	118,887
13. Сепараторна	15	0,3-15	388,4	>3	0,63	0,835	0,659	244,728	161,3	15	1,01	247,175	161,319	295,160
14.Приміщення збору лап	6	0,5-5,5	36	>3	0,68	0,814	0,713	24,54	17,49	6	1,01	24,785	17,488	30,334
15. Приміщення зберігання тари	5	0,31-1,5	4,2	>3	0,45	0,75	0,882	1,89	1,667	5	1,155	2,183	1,667	2,747
16. Виробнича дільниця напівфабрикатів (НФ)	92	0,25-3	91,84	>3	0,62	0,705	1,006	56,854	57,22	16	1	56,854	57,220	89,48
17. Слюсарна майстерня	18	1,1-5,5	135,5	>3	0,34	0,460	1,929	46,5	89,71	18	1	46,500	89,706	101,042
18. Камери шокової заморозки НФ	7	0,84-2,2	12,42	>3	0,71	0,620	1,265	8,88	11,23	7	1,21	10,745	12,356	16,374
19.Камери охолоджен. НФ	12	0,8-3	22,2	>3	0,53	0,443	2,025	11,76	23,81	12	1,03	12,113	23,814	26,717
20. Приміщення відпуску готової продукції	11	0,16-7	27,43	>3	0,47	0,7736	0,8191	12,9315	10,59	8	1,08	13,966	11,652	18,188
21 Гараж	7	4-20	66	>3	0,37	0,645	1,185	24,5	29,02	7	1,12	27,440	31,927	42,099
22. Склад готової продукції	5	0,31-1,5	4,2	>3	0,45	0,75	0,882	1,89	1,667	5	0,155	0,293	1,834	1,857
23. Камери шокової заморозки готової продукції	8	0,8-7,5	46,4	>3	0,69	0,732	0,932	32,016	29,84	8	1,01	32,337	32,824	46,077
24. Камери охолодження	10	0,75-15	123,18	>3	0,81	0,822	0,694	99,519	69,08	10	1,07	106,485	75,993	130,821
25. Ремонтно-механічна майстерня	50	3,7-20	415,4	>3	0,16	0,49	1,797	67,46	121,2	42	1,135	76,567	121,220	143,376
Всього по ПРК на 0,4 кВ	629	0,025-75	3693,71	>3	0,52	0,710	0,993	1914,07	1901	91	1	1914,07	1900,977	2697,66
Освітлення												97,06	99,249	138,823
Всього по комплексу												2011,131	2000,226	2836,47

$$Q_p = Q_{\text{зм.сум.}} = 837,716 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{828,632^2 + 837,716^2} = 1178,30 \text{ кВА};$$

З врахуванням освітлювального навантаження:

$$P_{\text{сум.}} = P_p + P_o = 828,632 + 40,589 = 869,221 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{сум.}} = Q_p + Q_o = 837,716 + 33,307 = 871,023 \text{ квар.}$$

Реактивне навантаження при встановленні батарей статичних конденсаторів на напругу 0,4 кВ (інформація визначається у 4 розділу):

$$Q_{\text{сум.ку}} = Q_{\text{сум.}} - Q_{\text{ку}} = 871,023 - 600 = 271,023 \text{ квар};$$

$$S_{\text{сум.ку}} = \sqrt{P_{\text{сум.}}^2 + Q_{\text{сум.ку}}^2} = \sqrt{869,221^2 + 271,023^2} = 910,493 \text{ кВА.}$$

Завантаження трансформаторів ТП1:

$$k_{з.мн1} = \frac{S_{\text{сум.ку}}}{n \cdot S_{н.тр.}} = \frac{910,493}{2 \cdot 630} = 0,723$$

Втрати активної та реактивної потужності в трансформаторах ТП1:

$$\Delta P_{\text{ТП1}} = n(\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2 \cdot (1,37 + 8,5 \cdot 0,723^2) = 11,617 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{мн1}} = n \left(\frac{I_X}{100} S_H + \frac{U_K}{100} S_H \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{1,8}{100} \cdot 630 + \frac{5,5}{100} \cdot 630 \cdot 0,723^2 \right) = 58,866 \text{ квар.}$$

Розрахункове навантаження на напрузі 10 кВ ТП1:

$$P_{\text{р.ТП1}} = P_{\text{сум.}} + \Delta P_{\text{ТП1}} = 869,221 + 11,617 = 880,837 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{р.ТП1}} = Q_{\text{сум.ку}} + \Delta Q_{\text{ТП1}} = 271,023 + 58,866 = 329,889 \text{ квар},$$

$$S_{\text{сум.ТП1}} = \sqrt{P_{\text{р.мн1}}^2 + Q_{\text{р.мн1}}^2} = \sqrt{880,837^2 + 329,889^2} = 940,586 \text{ кВА} \quad (1.2)$$

Інші навантаження ПРК у мережі вище 10 кВ та по комплексу в цілому, аналогічні, наведено в Додатку А, таблиця А1.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення загального розрахункового навантаження комплексу на шинах 10 кВ враховуємо коефіцієнт одночасності, $K_0=0,95$ [1]:

$$P_{p.k.10} = K_0 \cdot P_{p.10} = 0,95 \cdot 2040,52 = 1938,494 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.k.10} = K_0 \cdot Q_{p.10} = 0,95 \cdot 298,806 = 283,865 \text{ квар};$$

$$S_{p.k.10} = \sqrt{P_{p.k.10}^2 + Q_{p.k.10}^2} = \sqrt{1938,494^2 + 283,865^2} = 1959,17 \text{ кВА}.$$

1.4 Графіки електричних навантажень переробного комплексу

Для переробного комплексу розраховуються добові графіки електричних навантажень (ГЕН) всього підприємства по активній, реактивній та повній потужностям, з врахуванням КРП, певних періодів року, робочих та вихідних днів. За ГЕН визначається загальне споживання активної та реактивної енергії, мінімальні та максимальні навантаження. Для побудови добових графіків використовуються типові графіки для переробної промисловості.

Наведемо приклад розрахунку для 10-ї сходинки графіку, що відповідає часу з 9 по 10 годину:

- для добового графіку по активній потужності:

$$P_{з.р.} = 0,946 \cdot 1936,15 = 1831,60 \text{ кВт}; \quad P_{л.р.} = 0,804 \cdot 1936,15 = 1556,86 \text{ кВт};$$

$$P_{з.в.} = 0,258 \cdot 1936,15 = 499,53 \text{ кВт}; \quad P_{л.в.} = 0,219 \cdot 1936,15 = 424,60 \text{ кВт};$$

- по реактивній потужності без врахування КУ:

$$Q_{з.р.} = 0,978 \cdot 2136,51 = 2089,51 \text{ квар}; \quad Q_{л.р.} = 0,831 \cdot 2136,51 = 1776,08 \text{ квар};$$

$$Q_{з.в.} = 0,278 \cdot 2136,51 = 593,95 \text{ квар}; \quad Q_{л.в.} = 0,2363 \cdot 2136,51 = 504,86 \text{ квар};$$

- добовий графік реактивної потужності при встановленні БСК:

$$Q_{з.р.} = 0,978 \cdot 286,51 = 280,21 \text{ квар}; \quad Q_{л.р.} = 0,831 \cdot 286,51 = 238,18 \text{ квар};$$

$$Q_{з.в.} = 0,258 \cdot 286,51 = 79,65 \text{ квар}; \quad Q_{л.в.} = 0,219 \cdot 286,51 = 67,70 \text{ квар}.$$

Розрахунки по іншим сходинкам графіків зведено до таблиць 1.3-1.5, відповідно. Добові графіки активної та реактивної потужності наведено на рис.1.4-1.5, відповідно.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	ЗПідпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Розрахунок для побудови добового графіку активної потужності.

$t, \text{год}$	$P_{з.р.}, \%$	$P_{з.р.}, \text{кВт}$	$P_{л.р.}, \%$	$P_{л.р.}, \text{кВт}$	$P_{з.в.}, \%$	$P_{з.в.}, \text{кВт}$	$P_{л.в.}, \%$	$P_{л.в.}, \text{кВт}$
	Робочий день				Вихідний день			
0..1	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
1..2	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
2..3	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
3..4	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
4..5	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
5..6	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
6..7	64,5	1248,82	54,8	1061,49	29,8	576,97	25,3	490,43
7..8	94,5	1829,66	80,3	1555,21	29,8	576,97	25,3	490,43
8..9	100	1936,15	85,0	1645,73	25,8	499,53	21,9	424,60
9..10	94,6	1831,60	80,4	1556,86	25,8	499,53	21,9	424,60
10..11	77,1	1492,77	65,5	1268,86	25,8	499,53	21,9	424,60
11..12	72,5	1403,71	61,6	1193,15	25,8	499,53	21,9	424,60
12..13	94,5	1829,66	80,3	1555,21	25,8	499,53	21,9	424,60
13..14	85,1	1647,66	72,3	1400,51	25,8	499,53	21,9	424,60
14..15	80,2	1552,79	68,2	1319,87	25,8	499,53	21,9	424,60
15..16	75,7	1465,67	64,3	1245,82	25,8	499,53	21,9	424,60
16..17	83,9	1624,43	71,3	1380,77	25,8	499,53	21,9	424,60
17..18	83,9	1624,43	71,3	1380,77	29,8	576,97	25,3	490,43
18..19	72,1	1395,96	61,3	1186,57	29,8	576,97	25,3	490,43
19..20	72,1	1395,96	61,3	1186,57	29,8	576,97	25,3	490,43
20..21	59,9	1159,75	50,9	985,79	29,8	576,97	25,3	490,43
21..22	59,9	1159,75	50,9	985,79	29,8	576,97	25,3	490,43
22..23	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
23..24	34,8	673,78	29,6	572,71	29,8	576,97	25,3	490,43
		29989,03		25490,67		13150,33		11177,78

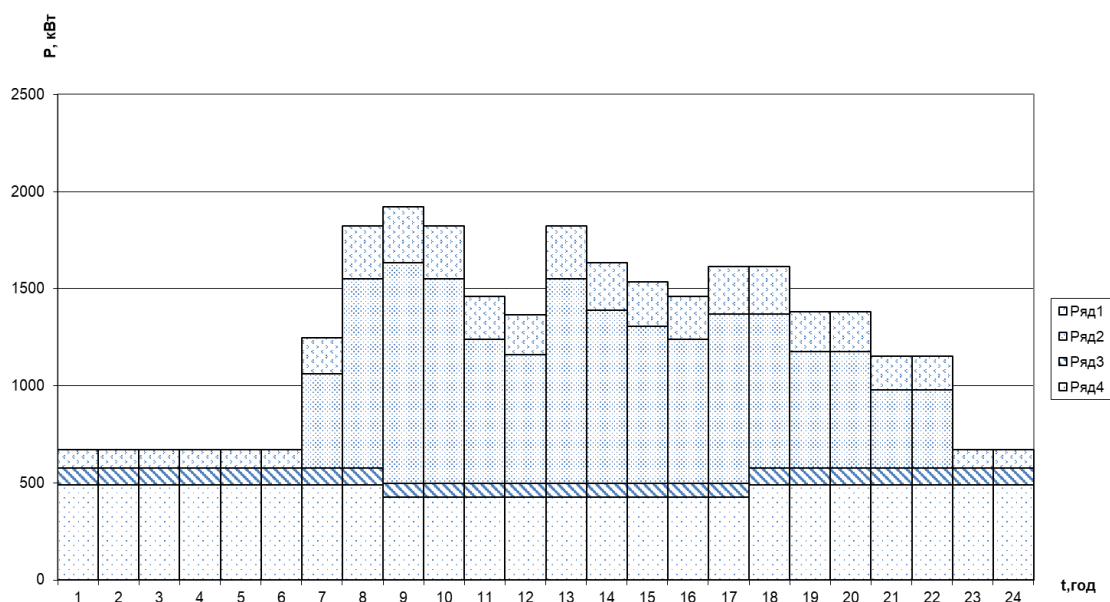


Рис. 1.1 - Активне навантаження ПРК (добові графіки):ряди 1та 2- робочі зимового і літнього періодів; ряди 3та 4- вихідні зимового і літнього періодів.

Таблиця 1.4 – Вихідна інформація для добових графіків по реактивній потужності зимового та літнього періодів (без компенсації).

t,год	Q _{з.р.} ,%	Q _{з.р.} ,квар	Q _{л.р.} ,%	Q _{л.р.} ,квар	Q _{з.в.} ,%	Q _{з.в.} ,квар	Q _{л.в.} ,%	Q _{л.в.} ,квар
0..1	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
1..2	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
2..3	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
3..4	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
4..5	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
5..6	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
6..7	71,2	1521,20	60,5	1293,02	31,7	677,27	26,945	575,68
7..8	96,5	2061,73	82,0	1752,47	31,7	677,27	26,945	575,68
8..9	100	2136,51	85,0	1816,03	27,8	593,95	23,63	504,86
9..10	97,8	2089,51	83,1	1776,08	27,8	593,95	23,63	504,86
10..11	80,1	1711,34	68,1	1454,64	27,8	593,95	23,63	504,86
11..12	72,8	1555,38	61,9	1322,07	27,8	593,95	23,63	504,86
12..13	97,8	2089,51	83,1	1776,08	27,8	593,95	23,63	504,86
13..14	89,9	1920,72	76,4	1632,61	27,8	593,95	23,63	504,86
14..15	81,3	1736,98	69,1	1476,44	27,8	593,95	23,63	504,86
15..16	77,8	1662,20	66,1	1412,87	27,8	593,95	23,63	504,86
16..17	84,9	1813,90	72,2	1541,81	27,8	593,95	23,63	504,86
17..18	84,9	1813,90	72,2	1541,81	31,7	677,27	26,945	575,68
18..19	73,7	1574,61	62,6	1338,42	31,7	677,27	26,945	575,68
19..20	73,7	1574,61	62,6	1338,42	31,7	677,27	26,945	575,68
20..21	61,8	1320,36	52,5	1122,31	31,7	677,27	26,945	575,68
21..22	61,8	1320,36	52,5	1122,31	31,7	677,27	26,945	575,68
22..23	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
23..24	39,8	850,33	33,8	722,78	31,7	677,27	26,945	575,68
		34705,47		29499,65		15504,65		13178,96

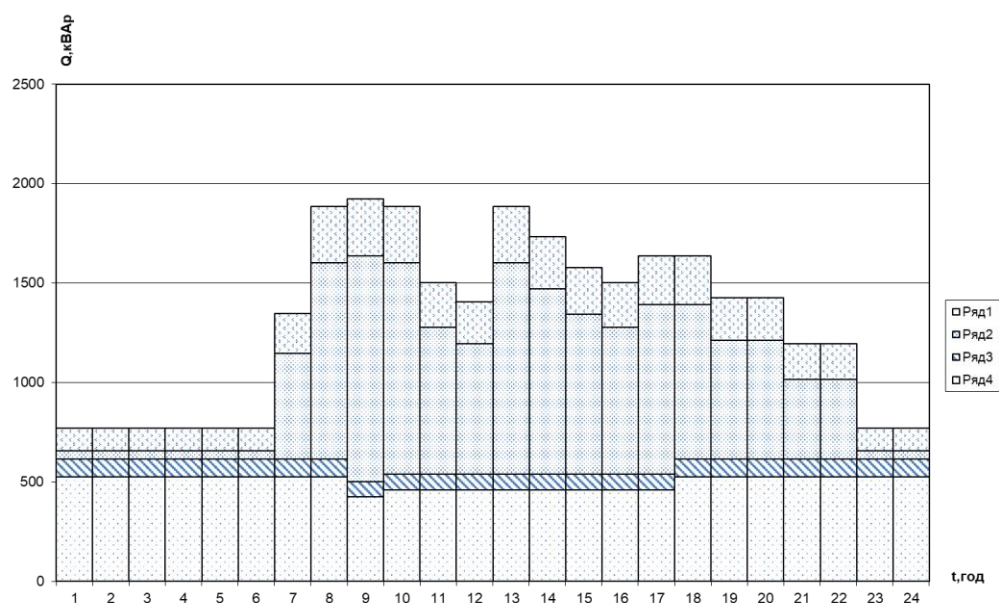


Рис. 1.2 – Реактивне навантаження ПРК (добові графіки): ряд 1- робочі зимові, ряд 2 – робочі літні; ряд 3 – вихідні зимові; ряд 4- вихідні літні (без компенсації).

Таблиця 1.5 – Вихідна інформація для добових графіків ПРК по реактивній потужності Q при встановленні БСК

t, год	Qз, %	Qз, квар	Qл, %	Qл, квар	Qз, %	Qз, квар	Qл, %	Qл, квар
	Робочий день				Вихідний день			
0-1	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
1- 2	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
2-3	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
3-4	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
4-5	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
5-6	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
6-7	71,2	204,00	60,5	173,40	31,7	90,82	26,9	77,20
7-8	96,5	276,49	82,0	235,01	31,7	90,82	26,9	77,20
8-9	100	286,51	85,0	243,54	27,8	79,65	23,6	67,70
9-10	97,8	280,21	83,1	238,18	27,8	79,65	23,6	67,70
10-11	80,1	229,50	68,1	195,07	27,8	79,65	23,6	67,70
11-12	72,8	208,58	61,9	177,29	27,8	79,65	23,6	67,70
12-13	97,8	280,21	83,1	238,18	27,8	79,65	23,6	67,70
13-14	89,9	257,58	76,4	218,94	27,8	79,65	23,6	67,70
14-15	81,3	232,94	69,1	197,99	27,8	79,65	23,6	67,70
15-16	77,8	222,91	66,1	189,47	27,8	79,65	23,6	67,70
16-17	84,9	243,25	72,2	206,76	27,8	79,65	23,6	67,70
17-18	84,9	243,25	72,2	206,76	31,7	90,82	26,9	77,20
18-19	73,7	211,16	62,6	179,49	31,7	90,82	26,9	77,20
19-20	73,7	211,16	62,6	179,49	31,7	90,82	26,9	77,20
20-21	61,8	177,07	52,5	150,51	31,7	90,82	26,9	77,20
21-22	61,8	177,07	52,5	150,51	31,7	90,82	26,9	77,20
22-23	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
23-24	39,8	114,03	33,8	96,93	31,7	90,82	26,9	77,20
		4654,117		3956		2079,225		1767,341

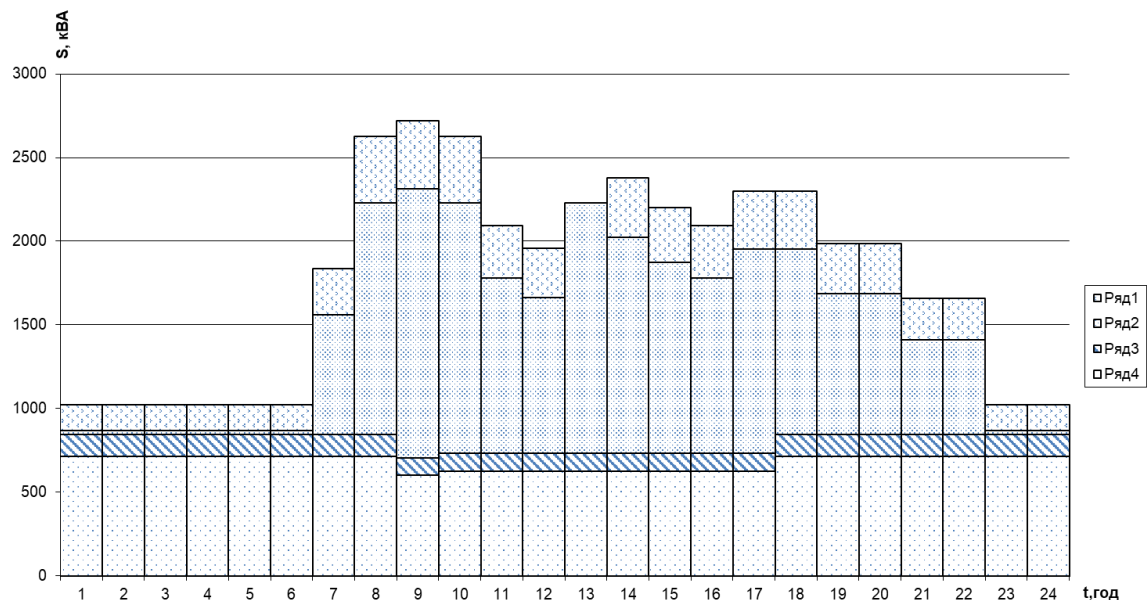


Рис. 1.3 - Реактивне навантаження ПРК (добові графіки з врахуванням компенсації): 1,2 - робочі зимові та літні; 3,4- вихідні зимові та літні.

Добовий графік повної потужності розраховується за формулою (1.2), дані розрахунків наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок добового графіку повної потужності ПРК

$t, \text{год}$	$S_{з.р}, \text{кВА}$	$S_{л.р}, \text{кВА}$	$S_{з.в}, \text{кВА}$	$S_{л.в}, \text{ВА}$	$t, \text{год}$	$S_{з.р}, \text{кВА}$	$S_{л.р}, \text{кВА}$	$S_{з.в}, \text{кВА}$	$S_{л.в}, \text{ВА}$
0..1	683,36	580,86	584,08	496,47	12..13	1850,99	1573,35	505,84	429,96
1.. 2	683,36	580,86	584,08	496,47	13..14	1667,68	1417,52	505,84	429,96
2..3	683,36	580,86	584,08	496,47	14..15	1570,17	1334,64	505,84	429,96
3..4	683,36	580,86	584,08	496,47	15..16	1482,52	1260,14	505,84	429,96
4..5	683,36	580,86	584,08	496,47	16..17	1642,54	1396,16	505,84	429,96
5..6	683,36	580,86	584,08	496,47	17..18	1642,54	1396,16	584,08	496,47
6..7	1265,37	1075,56	584,08	496,47	18..19	1411,84	1200,07	584,08	496,47
7..8	1850,43	1572,87	584,08	496,47	19..20	1411,84	1200,07	584,08	496,47
8..9	1957,23	1663,65	505,84	429,96	20..21	1173,19	997,21	584,08	496,47
9..10	1852,91	1574,97	505,84	429,96	21..22	1173,19	997,21	584,08	496,47
10..11	1510,31	1283,76	505,84	429,96	22..23	683,36	580,86	584,08	496,47
11..12	1419,12	1206,25	505,84	429,96	23..24	683,36	580,86	584,08	496,47

В роботі також виконується побудова річного графіку за тривалістю по активній потужності, який дозволяє визначити час найбільших втрат та час використання максимуму навантаження. Загальний вигляд графіку приведено на рис.1.4.

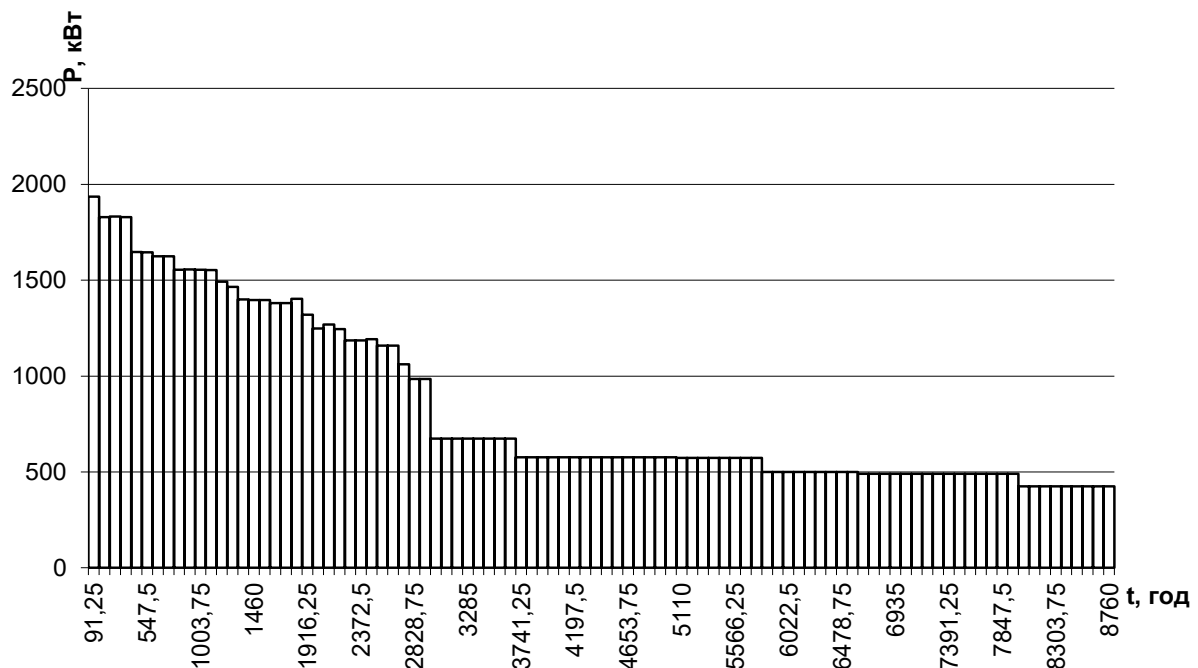


Рис. 1.4 - Річний графік за тривалістю для ПРК по активній потужності

При визначенні річної витрати активної та реактивної енергії приймаємо кількість зимових діб: 147 робочих та 65 вихідних; літніх діб: 105 робочих та 48 вихідних.

$$W_p = \Sigma (P_i \cdot t_i) = 29989,03 \cdot 147 + 25490,67 \cdot 105 + 13150,33 \cdot 65 + 11177,78 \cdot 48 = 8476212,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$V_p = \Sigma (Q_i \cdot t_i) = 4654,117 \cdot 147 + 3956 \cdot 105 + 2079,225 \cdot 65 + 1767,341 \cdot 48 = 1319517,2 \text{ квар} \cdot \text{год.}$$

Час використання максимуму навантаження:

$$T_M = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{(8476212,7^2 + 1319517,2^2)}}{1957,23} = 4382,88 \text{ год.}$$

Час найбільших втрат:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4382,88}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 2769,63 \text{ год.}$$

Визначені розрахункові навантаження по ПРК в цілому та по окремим підрозділам, розраховані основні показники графіків електричних навантажень.

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

2 ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ РП, ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

Картограма електричних навантажень (КЕН) переробного комплексу допомагає правильно розмістити розподільчий пункт на підприємстві та встановити цехові підстанції максимально наближено до головного навантаження комплексу. Це, в свою чергу, зменшує втрати електроенергії в мережі ПРК та підвищує ефективність роботи переробного комплексу.

Користуючись розрахунковими навантаженнями підрозділів ПРК, які були визначені у розділі 1, маємо змогу для кожного відділення визначити радіус кола, який пропорційний сумарному активному навантаженню (силовому та освітлювальному).

Крім того, освітлювальне навантаження вказується окремим сектором кола.

Вибираємо, для прикладу, цех первинної обробки птиці та визначаємо радіус кола та сектор освітлювального навантаження:

- радіус кола для ЦПОП:

$$R_{цпоп} = \sqrt{(P_{р.цпоп} + P_{осв.цпоп.}) / (\pi \cdot m)} = \sqrt{(137,816 + 8,748) / (\pi \cdot 10)} = 2,16 \text{ см}$$

де m – масштаб кола, вибирається з врахуванням зручності побудови картограми, кВт/см².

- значення кута сектора освітлювального навантаження цеху ПОП:

$$\alpha_{цпоп} = \frac{360 \cdot P_{осв.цпоп.}}{P_{заг.цпоп.}} = \frac{360 \cdot 8,748}{146,564} = 21,49^{\circ}$$

Повторюємо аналогічні розрахунки для других відділень та заносимо результати у таблицю 2.1.

Вже на цьому етапі можливо оцінити розподіл електричного навантаження на плані комплексу. Для більш точного визначення центру ЕН,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

знаходимо центр тяжіння плоских фігур, які позначають відділення на плані.

Для цього можливо скористатися наступними формулами:

$$x_0 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i; \quad (2.1)$$

$$y_0 = \sum_{i=1}^n y_i \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad (2.2)$$

де $n=25$ - кількість відділень або цехів переробного комплексу;

x_i, y_i – координати i -го підрозділу комплексу на плані, м;

P_i – загальне розрахункове навантаження підрозділу, кВт.

Координати ЦЕН переробного комплексу:

$\sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i = 82 \cdot 146,56 + 51 \cdot 105,59 + 82 \cdot 165,39 + 82 \cdot 39,69 + 7 \cdot 53,01 + 111 \cdot 31,4 +$
 $+ 48 \cdot 15,26 + 65 \cdot 222,25 + 35 \cdot 314,43 + 13 \cdot 16,32 + 9 \cdot 212,9 + 32 \cdot 3,35 + 203 \cdot 26,01 +$
 $+ 62 \cdot 249,38 + 82 \cdot 25,52 + 125 \cdot 7,48 + 132 \cdot 77,25 + 170 \cdot 86,88 + 165 \cdot 12,01 + 186 \cdot$
 $15,74 + 205 \cdot 80,87 + 182 \cdot 20,18 + 220 \cdot 30,45 + 198 \cdot 5,02 + 198 \cdot 16,34 = 151344,56$
 м·кВт;

$\sum_{i=1}^n y_i \cdot P_i = 86 \cdot 146,56 + 103 \cdot 105,59 + 75 \cdot 165,39 + 84 \cdot 39,69 + 28 \cdot 53,01 + 53 \cdot 31,4 +$
 $+ 55 \cdot 15,26 + 49 \cdot 222,25 + 54 \cdot 314,43 + 73 \cdot 16,32 + 101 \cdot 212,9 + 101 \cdot 3,35 + 19 \cdot 26,01 +$
 $+ 105 \cdot 249,38 + 98 \cdot 25,52 + 103 \cdot 7,48 + 75 \cdot 77,25 + 97 \cdot 86,88 + 78 \cdot 12,01 + 78 \cdot 15,74 +$
 $+ 80 \cdot 80,87 + 50 \cdot 20,18 + 56 \cdot 30,45 + 62 \cdot 5,02 + 43 \cdot 16,34 = 150670,95 \text{ м} \cdot \text{кВт};$

$$X_0 = \frac{151344,56}{1979,58} = 76,45 \text{ м},$$

$$Y_0 = \frac{150670,95}{1979,58} = 76,11 \text{ м},$$

Координати умовного ЦЕН $x_0 = 76,45 \text{ м}$, $y_0 = 76,11 \text{ м}$, знаходяться всередині корпусу, це унеможливилює спорудження там розподільчого пункту. У цьому випадку зміщуємо розташування РП у бік джерела живлення. Всі розрахунки по побудові картограми електричних навантажень приведені в таблиці 2.1. Сама КЕН представлена у презентаційній частині кваліфікаційної роботи.

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

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

Таблиця 2.1 – Розрахунок КЕН переробного комплексу.

п/п	Назва підрозділу	Рр.ц, кВт	Росв.ц.,кВт	Рзаг.ц,кВт	Хц, м	Уц, м	а	R, см	PX, м	PY, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Цех первинної обробки птиці	137,816	8,75	146,56	82	86	21,49	2,16	12018,21	12604,46
2	Приміщення прийому птиці	102,582	3,01	105,59	51	103	10,26	1,83	5385,22	10876,03
3	Цех патрошіння	158,473	6,91	165,39	82	75	15,05	2,30	13561,57	12403,88
4	Вани охолодження	35,54	4,15	39,69	82	84	37,62	1,12	3254,35	3333,72
5	Адміністрація	43,337	9,68	53,01	7	28	65,71	1,30	371,10	1484,39
6	Приміщення камер охолодження	30,366	1,04	31,40	111	53	11,89	1,00	3485,74	1664,36
7	Лабораторія	13,648	1,61	15,26	48	55	38,05	0,70	732,51	839,34
8	Цех інжектування продуктів	209,959	12,29	222,25	65	49	19,90	2,66	14446,09	10890,13
9	Компресорна	310,895	3,53	314,43	35	54	4,04	3,16	11004,97	16979,1
10	Приміщення камер охолодження готової продукції	14,935	1,38	16,32	13	73	30,50	0,72	212,13	1191,18
11	Їдальня	210,668	2,23	212,90	9	101	3,77	2,60	1916,09	21502,77
12	Санпропускник	0,9	2,45	3,35	32	101	263,33	0,33	107,25	338,50
13	Камери охолодження готової продукції	24,632	1,38	26,01	203	19	19,13	0,91	5281,01	494,28
14	Сепараторна	247,175	2,20	249,38	62	105	3,18	2,82	15461,47	26184,74

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	Приміщення збору лап	24,7854	1,04	25,82	82	98	14,45	0,91	2117,42	2530,58
16	Приміщення зберігання тари та піддонів	2,18295	5,30	7,48	125	103	254,97	0,49	935,27	770,66
17	Виробнича діляниця напівфабрикатів	68,79334	8,46	77,25	132	75	39,42	1,57	10197,21	5793,87
18	Слюсарна майстерня	84,63	2,25	86,88	170	97	9,31	1,66	14768,99	8427,01
19	Камери шокової заморозки діляниці напівфабрикатів	10,7448	1,27	12,01	165	78	37,98	0,62	1981,98	936,94
20	Камери охолодження	14,8176	0,92	15,74	186	78	21,08	0,71	2927,49	1227,66
21	РММ	76,5671	4,30	80,87	205	80	19,15	1,60	16577,92	6469,43
22	Приміщення відпуску готової продукції	17,71616	2,47	20,18	182	50	43,98	0,80	3673,11	1009,10
23	Гараж	27,44	3,01	30,45	220	56	35,59	0,98	6699,12	1705,23
24	Склад готової продукції	3,0807	1,94	5,02	198	62	138,90	0,40	993,18	311,00
25	Камери шокової заморозки готової продукції	15,4176	0,92	16,34	198	43	20,31	0,72	3235,16	702,59
	Всього			1979,58				7,94	151344,56	133691,85

З ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ ВИБІР СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ

Обґрунтування схеми зовнішнього електропостачання ПРК здійснюється шляхом техніко-економічних розрахунків доцільних варіантів. Тобто, спочатку приймається декілька можливих варіантів схем і виконується їх порівняння за показником зведених витрат. Цей показник визначається за формулою:

$$Z_{в.і} = E_{нор.} \cdot K_i + C_{п.в.і} + C_{в.е.і} + Z_{б.і}, \quad (3.1)$$

де $E_{нор.}$ – значення нормативного коефіцієнту, що показує ефективність капіталовкладень;

K – значення капіталовкладень у вибраний варіант;

$C_{п.в.}$ – значення вартості поточних витрат на амортизацію ($C_{п.в.а}$) та ремонт і експлуатацію ($C_{п.в.е}$): $C_{п.в.} = C_{п.в.а} + C_{п.в.е}$;

$C_{в.е.}$ - значення вартості витрат електроенергії;

$Z_{б.}$ – значення збитку від ймовірної перерви електропостачання переробного комплексу.

Враховуючи, що найближчим джерелом живлення ПРК являється підстанція енергосистеми на відстані 1,1 км, з напругою 35/10 кВ, у якості можливих варіантів живлення ПРК будемо розглядати напругу 35 кВ та напругу 10 кВ.

При виборі напруги 35 кВ, електропостачання переробного комплексу буде здійснюватися повітряною дволанцюговою лінією довжиною 1,1 км від шин 35 кВ підстанції енергосистеми. В такому варіанті буде встановлено ГЗП - 35/10 кВ. Схему зовнішнього електропостачання для першого варіанту наведено на рис.3.1 (варіант 1).

При виборі напруги 10 кВ, живлення буде здійснюватися кабельними лініями. Можливо встановлення розподільчого пункту на підприємстві (варіант 2, рис.3.2).

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

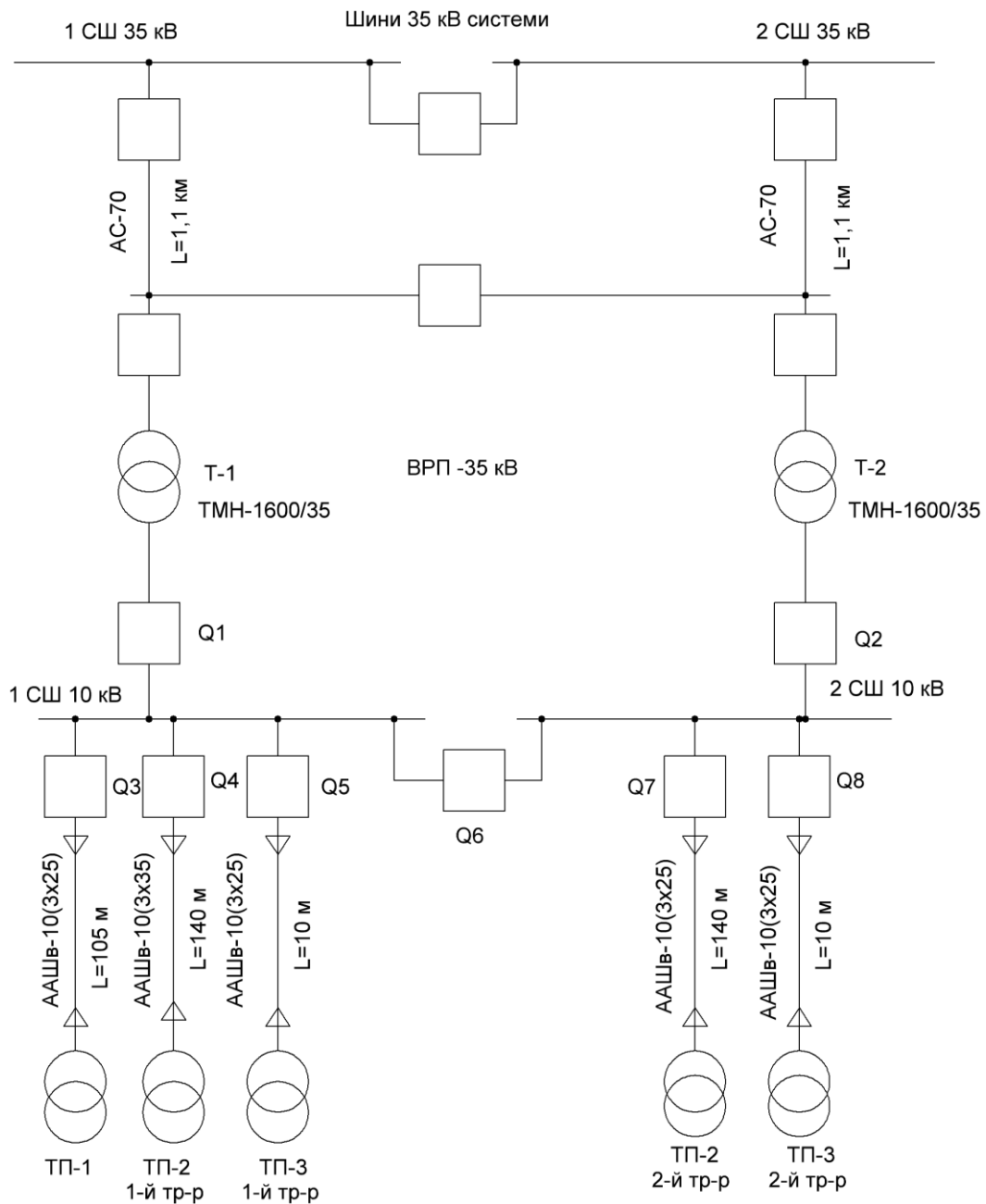


Рисунок 3.1 – Схема живлення ПРК на напругу 35 кВ (варіант 1).

Спочатку визначаємо всі елементи схеми живлення. Вибираємо повітряну лінію на напругу 35 кВ та кабельні лінії 10 кВ.

Більш детально розберемо 1-й варіант. Вибір перерізу повітряної лінії здійснюється за тривало допустимим струмом [1]:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1957,23}{2\sqrt{3} \cdot 35} = 16,14 \text{ А,}$$

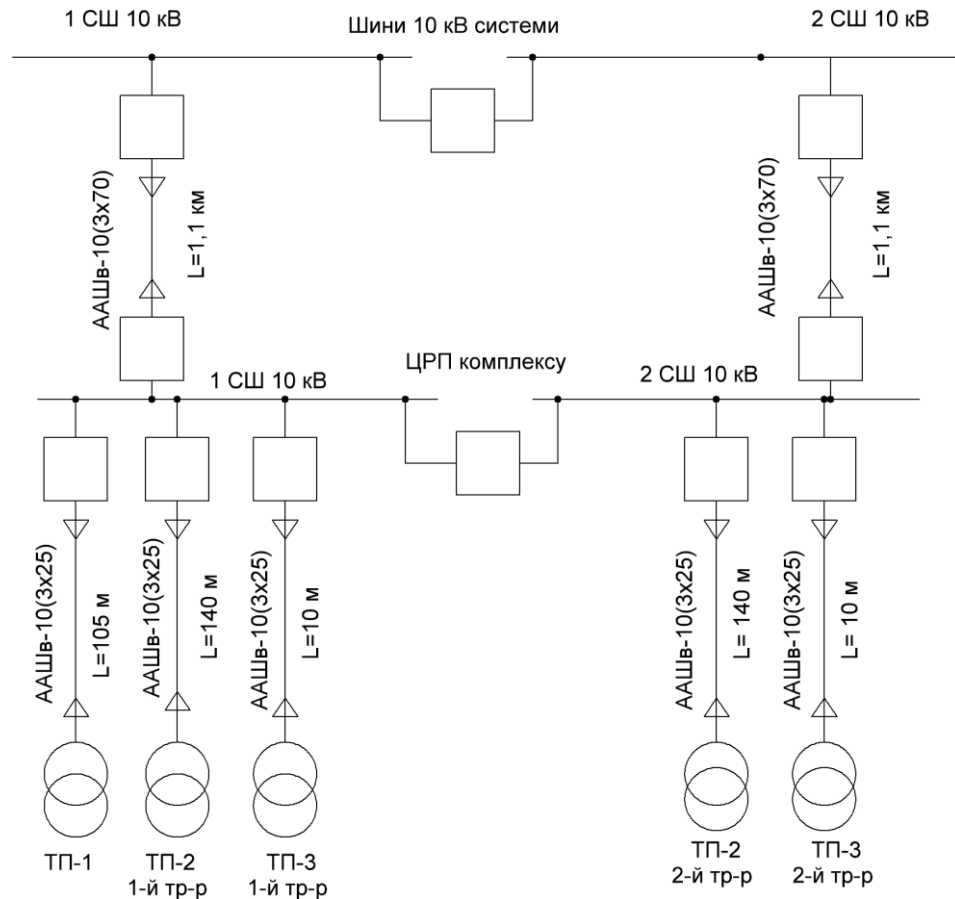


Рисунок 3.2 – Схеми живлення ПРК на напругу 10 кВ.

де S_p – значення розрахункового навантаження ПРК;

U_n – номінальна напруга ПЛ.

Приймаємо дволанцюгову ЛЕП з мінімально можливим перерізом ПЛ на напругу 35 кВ з проводами АС-95/16, площею перерізу 95 мм² з такими параметрами: допустимо тривалий струм - 265 А, питомі втрати на 1 км дволанцюгової лінії - 125 кВт/км.

Перевіряємо перегрів проводу в аварійному режимі:

$$I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 16,14 = 32,29 \text{ А} \leq I_{доп} = 265 \text{ А}.$$

Визначаємо завантаження ПЛ у нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{I_p}{2 \cdot I_{доп.}} = \frac{16,14}{265} = 0,06.$$

На ГЗП комплексу встановлюємо 2 трансформатори потужністю $S_H = 1,6$ МВА. Вибираємо трансформатори з масляною системою охолодження ТМН-1600/35 з параметрами: втрати холостого ходу - $\Delta P_{xx} = 2,9$ кВт, втрати короткого замикання - $\Delta P_{кз} = 16,5$ кВт; струм холостого ходу - $I_{xx} = 1,3$ %; напруга короткого замикання - $U_k = 6,5$ %.

Завантаження трансформаторів ГЗП ПРК у нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{1957,23}{2 \cdot 1600} = 0,61.$$

З допустимим перевантаженням трансформатор забезпечить живлення переробного комплексу:

$$S = 1,4 \cdot S_H = 1,4 \cdot 1600 = 2240 \text{ кВА} \geq 1957,23 \text{ кВА}.$$

Тобто, в аварійному режимі не відключаються споживачі третьої категорії.

Вибір КЛ для живлення переробного комплексу на напругу 10 кВ виконується аналогічно. Всі параметри обраних ліній за варіантами зведено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір ліній живлення для доцільних варіантів зовнішнього електропостачання ПРК.

№ вар.	I_p , А	U_n , кВ	Марка та переріз лінії	$I_{\text{доп}}$, А	$I_{\text{ав}}$, А
I	16,14	35	ПЛ АС-95/16	265	32,29
II	53,80	10	КЛ ААШв-10 (3х50),	140	107,6

Визначимо вартість втрат електроенергії для обраних варіантів. Для першого варіанту визначаємо втрати енергії в повітряній лінії та в трансформаторі:

$$\Delta E_{\text{нл.ПРК}} = \Delta P_{1\text{км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot k_3^2 \cdot \tau_m = 125 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 0,06^2 \cdot 2769,63 = 2741,934 \text{ кВт·год.};$$

$$\Delta E_{\text{тр}} = 2 \cdot (\Delta P_x \cdot t_{\text{вкл}} + \Delta P_k \cdot \tau \cdot K_{\frac{2}{3}}) = 2 \cdot (2,9 \cdot 8760 + 16,5 \cdot 2769,63 \cdot 0,61^2) = ;$$

$$= 84817,12 \text{ кВт·год}$$

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E_{\text{прк}} = \Delta E_{\text{пл.прк}} + \Delta E_{\text{тр}} = 2741,93 + 84817,12 = 87559,05 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

З врахуванням питомої вартості електроенергії для першого класу напруги:

$$C_{\text{втр.прк}} = \Delta E_{\text{прк}} \cdot C_{\text{о.І}} = 326081,87 \cdot 4,009 \cdot 10^{-3} = 1307,26 \text{ тис грн.}$$

При визначенні вартості втрат електроенергії для II-го варіанту розраховуємо тільки КЛ та вибираємо питому вартість електроенергії для другого класу напруги. Всі розрахунки зведені до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість втрат електроенергії при живленні ПРК на напругу 10 кВ та 35 кВ.

№ вар.	$\Delta P_{\text{І км}}$, кВт/км	L , км	$K_{\text{з.л}}$, -	$K_{\text{тр.}}$, -	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год	$\Delta E_{\text{тр}}$, кВт·год	ΔE_{Σ} , кВт·год	C_0 , Грн/кВт·год	$C_{\text{втр.}}$, тис.грн
I	125	1,1	0,06	0,61	2741,93	84817,12	87559,05	4,009	351,02
II	44	1,1	0,384	-	39532,98	-	39532,98	5,217	206,24

Визначаємо збитки від перерви в електропостачанні комплексу. Методика розрахунків та довідникові дані наведено в [1,2].

Для I-го варіанту розрахунковий ланцюг складається з повітряної лінії та вимикача 35 кВ і трансформатора 35/10 кВ:

$$\lambda_{a1} = 0,02 \text{ 1/рік}; \quad \lambda_{a2} = \frac{2,2 \cdot 1,1}{100} = 0,042 \text{ 1/рік}; \quad \lambda_{a3} = 0,018 \text{ 1/рік};$$

для II-го варіанту – кабельної лінії та вимикача на напругу 10 кВ:

$$\lambda_{a1} = 0,02 \text{ 1/рік}; \quad \lambda_{a2} = \frac{2,51 \cdot 1,1}{100} = 0,028 \text{ 1/рік.}$$

Розрахунки надані у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення збитків від можливої перерви в електропостачанні переробного комплексу для двох варіантів схем живлення.

Розрахункова формула	Одиниці виміру	Варіант I. Значення параметру	Варіант II. Значення параметру
1	2	3	4
$\lambda_a = \sum_1^n \lambda_{ai}$	1/рік	0,1	0,048

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4
$T_{\theta} = \frac{\sum \lambda_{ai} \cdot T_{vi}}{\lambda_a}$	рік	$18,69 \cdot 10^{-3}$	$5,43 \cdot 10^{-3}$
$K_{\Pi} = 1,2 \cdot K_{\text{пм}}$	в.о.	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$3,24 \cdot 10^{-3}$
$K_{\text{ап}} = 0,5 \cdot \lambda_a \cdot K_{\Pi}^2$	в.о.	$2,59 \cdot 10^{-6}$	$0,39 \cdot 10^{-6}$
$K_a = \lambda_a \cdot T_{\text{в}}$	в.о.	$1,869 \cdot 10^{-3}$	$0,408 \cdot 10^{-3}$
$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2 \cdot K_{\text{ап}}$	в.о.	$8,67 \cdot 10^{-6}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$
$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760$	в.о.	0,76	0,083
$P_{\text{ср}} = \frac{P_p \cdot T_{\text{max}}}{8760}$	кВт	610,54	610,54
$З_6 = З_{6.0.} \cdot P_{\text{ср}} \cdot T_a \cdot 10^{-3}$	тис.грн.	19,43	2,122

Розраховуємо капіталовкладення в варіанти схем електропостачання ПРК.
Дані розрахунків зводимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Капітальні вкладення в варіанти схем живлення ПРК

Варіант	Елемент схеми живлення	Одиниця вимірювання	Кількість	Вартість одного, тис. грн.	Вартість всього, тис. грн.
I	ЛЕП-35 кВ 2хАС-95/16	км	1,1	173,5	190,85
	ВРУ-35 кВ з трьома вимикачами	шт.	1	675,45	675,45
	Трансформатори ТМ-1600/35	шт.	2	848,042	1696,08
	Шафи 10 кВ з вакуумними вимикачами	шт.	8	120	960
	Всього				3522,38
II	Шафи 10 кВ з вакуумними вимикачами	шт.	10	120	1200
	Кабель ААШВ-(3х50) в траншеї	км	2,2	1076,64	2368,61
	Всього				3568,61

При визначенні поточних витрат враховуємо укрупнено дві складові:
витрати, що пов'язані з експлуатацією (Е) та відрахування на амортизацію (А):

$$C = A + E = \frac{K_i \cdot H_a}{100} + \frac{K_i \cdot H_e}{100},$$

де H_e та H_a – норми відрахувань на експлуатаційне обслуговування та амортизацію.

Результати розрахунків поточних витрат за варіантами живлення ПРК наведено в таблиці.3.5.

Таблиця 3.5 - Розрахунок поточних витрат

Варіант	Найменування елементів схеми	K_j , т.грн.	H_{aj} , %	H_{ej} , %	$H_{a.ej}$, %	C_j , т.грн.
I	ПЛ-35 кВ	190,85	5	5	10	19,085
	ОРУ-35 кВ	675,45	15	5	20	135,09
	Трансформатори	1696,1	15	5	20	339,217
	Шафа 10 кВ з вимикачем	960	5	5	8	76,8
	Всього	3522,4				570,192
II	Шафа 10 кВ з вимикачем	1200	5	5	10	120
	Кабельна лінія в траншеї	2368,6	15	5	20	473,722
	Всього	3568,6				593,722

Зведені витрати (табл.3.6):

$$Z_{I.прк} = E_H \cdot K_{I.прк} + C_{I.прк} + C_{ВТР1.прк} + Y_{1.прк} = 0,12 \cdot 3522,4 + 570,192 + 351,02 + 19,43 = 1363,33 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_{II.прк} = E_H \cdot K_{II.прк} + C_{II.прк} + C_{ВТР2.прк} + Y_{2.прк} = 0,12 \cdot 3568,6 + 593,722 + 206,24 + 2,122 = 1230,32 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 3.6 -Техніко-економічні показники варіантів живлення ПРК

№	Показники схеми	№ варіанту	
		№ 1	№ 2
1	Капіталовкладення	3522,4 тис.грн.	3568,6 тис.грн.
2	Поточні витрати	570,192 тис.грн.	593,722 тис.грн.
3	Вартість втрат електроенергії	351,02 тис.грн.	206,24 тис.грн.
4	Збитки	19,43 тис.грн.	2,122 тис.грн.
5	Зведені витрати	1363,33 тис.грн.	1230,32 тис.грн.

Можна зробити висновок, що за економічними показниками 2-й варіант живлення $U_{\text{ном}} = 10$ кВ є більш доцільним. Він вибирається для подальшого проектування.

Внутрішні розподільчі мережі ПРК мають напругу $U_{\text{ном}} = 10$ кВ, що дозволяє зменшити втрати в розподільчих мережах, порівняно з напругою $U_{\text{ном}} = 6$ кВ. Цехові розподільчі мережі комплексу, що призначені для живлення силових та освітлювальних електроприймачів виконуються на напругу 380 / 220 В.

Розподільчу мережу ПРК виконуємо кабельними лініями напругою 10 кВ з прокладанням радіальної схеми електропостачання. Цехові розподільчі мережі теж виконуються за радіальною схемою з живленням електроприймачів від силових пунктів.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Баланс реактивної потужності переробного комплексу та вибір пристроїв компенсації

При розрахунку балансу РП для ПРК враховуємо, що її частина передається від системи (при забезпеченні показника $\operatorname{tg} \varphi_c = 0,15$):

$$Q_{\text{сист.}} = P_{p,10} \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 1936.145 \cdot 0,15 = 290,42 \text{ квар.}$$

Мінімальна кількість трансформаторів, яку потрібно встановити в комплексі:

$$n_{\text{мін.прк}} = P_{p,0,4} / (K_z \cdot S_{\text{ТР}}) = 1908,25 / (0,7 \cdot 630) = 4,33 \text{ шт.}$$

Вибираємо дві двотрансформаторні підстанції та одну однострансформаторну, всього встановлюємо п'ять трансформаторів потужністю 630 кВА.

Для 1-го варіанту: реактивна потужність, яку можливо передати в мережу ПРК 0,4 кВ:

$$Q_{\text{п1}} = \sqrt{(n \cdot S_{\text{мп}} \cdot k_z)^2 - P_{p,0,4}^2} = \sqrt{(5 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 1908,25^2} = 1104,8 \text{ квар.}$$

Встановлена потужність БСК у мережі 0,4 кВ ПРК визначається за формулою:

$$Q_{\text{ку } 0,4} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{п}} = 1902,97 - 1104,8 = 803,45 \text{ квар.}$$

Враховуючи стандартні потужності конденсаторних устаткувань, приймаємо до встановлення 950 квар: 2х300 квар, 1х200 квар, 2х75 квар.

Уточнюємо значення передаваної потужності:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{н},0,4} - Q_{\text{ку},0,4,\text{ст}} = 1902,87 - 950 = 952,97 \text{ квар.}$$

Доцільна потужність компенсуючих пристроїв в мережі ПРК 10 кВ:

$$Q_{\text{ку},10} = Q_{p,10} - Q_{\text{ку},0,4,\text{ст}} - Q_{\text{сист.}} = 2136,51 - 950 - 290,42 = 896,09 \text{ квар}$$

					Арк.
					37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Планується встановити нерегульовані високовольтні БСК: 6 х УКРМ-10,5-150 квар, всього 900 квар.

Визначаємо втрати активної потужності (ΔP) на компенсацію:

- у низьковольтних БСК:

$$\Delta P_{\text{ку.0,4}} = \Delta P_{\text{пит.0,4}} \cdot Q_{\text{ку.0,4}} = 0,0045 \cdot 950 = 4,275 \text{ кВт.}$$

- у високовольтних конденсаторних установках:

$$\Delta P_{\text{ку.10}} = \Delta P_{\text{пит.10}} \cdot Q_{\text{ку.10}} = 0,003 \cdot 900 = 2,7 \text{ кВт.}$$

- в цехових трансформаторних підстанціях ПРК:

$$\Delta P_{\text{тп.прк}} = Q_{\text{п}}^2 \cdot R_{\text{екв.}} / U_{\text{ном.}}^2 = 952,97^2 \cdot 382,97 \cdot 10^{-6} / 10^2 = 3,48 \text{ кВт,}$$

$$\text{де } R_{\text{екв}} = (\Delta P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{ном.}}^2) / (N_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном. тр.}}^2) = (7,6 \cdot 10^2) / (5 \cdot 630^2) = 382,97 \cdot 10^{-6} \text{ кОм.}$$

Визначаємо вартість КТП та конденсаторних батарей:

- для низьковольтних БСК:

$$K_{\text{ку.0,4}} = \sum n_{\text{ку.0,4.i}} \cdot K_{\text{ку0,4.i}} = 2 \cdot 81,829 + 1 \cdot 64,5 + 2 \cdot 29,2 = 286,558 \text{ тис. грн;}$$

- для високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{ку.10.}} = \sum n_{\text{ку.10.i}} \cdot K_{\text{ку10.i}} = 6 \cdot 236,5 = 1419 \text{ тис. грн;}$$

- для трьох комплектних трансформаторних підстанцій комплексу:

$$K_{\text{кТП}} = n_{\text{тп(1)}} \cdot K_{\text{тп(1)}} + n_{\text{тп(2)}} \cdot K_{\text{тп(2)}} = 1 \cdot 375,18 + 2 \cdot 644,24 = 1663,66 \text{ тис. грн.,}$$

де $n_{\text{кТП(1)}}$, $K_{\text{кТП(1)}}$ – кількість та вартість КТП з одним трансформатором;

$n_{\text{кТП(2)}}$, $K_{\text{кТП(2)}}$ – кількість та вартість двотрансформаторних підстанцій.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$\begin{aligned} Z_{1\text{крп}} &= E_{\text{ном.}} \cdot (K_{\text{кТП}} + K_{\text{ку.10.}} + K_{\text{ку.0,4}}) + (\Delta P_{\text{ку.10.}} + \Delta P_{\text{ку.0,4.}} + \Delta P_{\text{тп.прк}}) \cdot C_0 \cdot \tau_{\text{max}} = \\ &= 0,12 \cdot (1663,66 + 1419 + 286,558) + (2,7 + 4,275 + 3,48) \cdot 5,217 \cdot 10^{-3} \cdot 2769,63 = \\ &= 567,61 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для 2-го варіанту компенсації РП ПРК зі збільшеною кількістю трансформаторів (6 штук) виконуємо аналогічні розрахунки та зводимо їх до таблиць 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1- Розрахунок варіантів КРП для переробного комплексу.

№ варіанту	Кількість ТР	$S_{тр}$, кВА	$Q_{пер}$, квар	$Q_{ку.10}$, квар	$Q_{ку.0,4}$, квар
1	5	630	953	900	950
2	6	630	1833	1800	50

Таблиця 4.2 – Визначення втрати потужності, вартості обладнання та зведених витрати.

№ вар.	Кіл-ть ТР	$\Delta P_{ку.0,4}$, кВт	$\Delta P_{ку.10}$, кВт	$R_{екв}$, Ом	$\Delta P_{тп.прк}$, кВт	$K_{ку.0,4}$, тис. грн.	$K_{ку.10}$, тис. грн.	$K_{кпп}$, тис. грн.	Z_i , тис. грн.
1	5	4,275	2,7	0,383	3,48	286,6	1419	1663,7	567,37
2	6	0,225	5,4	0,319	10,72	18,6	2838	1935,72	888,1

Третій варіант виконання компенсації РП не розраховуємо, так як вже у другому варіанті практично вся потужність може бути передана з боку 10 кВ.

Остаточню приймаємо 1-й варіант розрахунків, оскільки:

$$Z_1 = 567,37 \text{ тис.грн.} \leq Z_2 = 888,1 \text{ тис.грн.}$$

Встановлений рівень компенсації реактивної потужності ($Q_{ку.10} = 900$ квар. та $Q_{ку.0,4} = 950$ квар) задовольняє вимогам системи, що висувуються до переробного комплексу:

$$\tan \varphi_{прк} = \frac{P_{р.прк}}{Q_{р.прк}} = \frac{286,513}{1936,145} = 0,148 \leq \tan \varphi_c = 0,15 \text{ кВАр.}$$

4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування КРП переробного комплексу

Далі розглянемо розрахунок одиничної потужності низьковольтних конденсаторів та їх розміщення по ТП.

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

Для прикладу визначимо РП низьковольтних конденсаторів, які необхідно встановити на КТП-2 ПРК:

$$Q_{n,кмп2} = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_{з,кмп2})^2 - P_{н,кмп2}^2} = \sqrt{(2 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 751,307^2} = 462,02$$

квар;

$$Q_{ку,0,4.кмп2} = Q_n - Q_{п} = 647,01 - 462,02 = 184,99 \text{ квар.}$$

На шинах 0,4 кВ КТП-2 ПРК встановлюємо $Q_{ку,0,4.кмп2} = 150$ квар., вибираємо дві БСК по 75 квар, тип: КРМ 0,4-75-2,5-54УЗ. Для КТП-1 та КТП-3 виконуємо подібні розрахунки та їх результати зводимо у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок КП 0,4 кВ КТП ПРК.

№ КТП	$N_{тр}$	$P_{р,кмп.і}$ кВт	$Q_{р,кмп.і}$, квар	$Q_{пi}$, квар	$Q_{ку,розр.}$, квар	$Q_{ку,дійсн.}$, квар
1	2	866,777	873,926	0,000	873,926	600
2	2	751,307	647,007	462,020	184,988	150
3	1	390,603	482,196	204,719	277,476	200

Продовження таблиці 4.3.

№ ТП	$N_{бск}$	Марка БСК	$Q_{р,кмпі з ку}$, квар	$S_{р,кмп і з ку}$, кВА	$K_{з,кмп.і}$
1	2	УКРМ 0,4-300/7-25	273,926	909,031	0,7215
2	2	КРМ 0,4-75-2,5-54УЗ	497,0075	900,821	0,7149
3	1	УКРМ 0,4-200/6-20	282,1956	481,877	0,7649

5 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ПРК

5.1 Вибір цехових трансформаторних підстанцій ПРК, потужності та кількості

Так як на підприємстві встановлено розподільчий пункт, проводимо вибір тільки цехових трансформаторних підстанцій. Для переробного комплексу застосовуємо, переважно, двотрансформаторні підстанції, з врахуванням більшої частини споживачів II категорії за умовами безперебійності електропостачання.

Орієнтовно, у попередніх розділах для ПРК були прийняті трансформатори потужністю $S_{\text{ном.тр.}} = 630$ кВА. На вибір вплинуло розрахункове навантаження споживачів, питома густина навантаження, розміщення виробничих приміщень, умови навколишнього середовища, наявність місця для розміщення ТП. Оскільки, весь комплекс складається з окремих невеликих ділянок та приміщень, з переважною питомою густиною розрахункового навантаження $S_{\text{пит.}} \leq 0,2$ кВА/м², розглядаємо саме потужність 630 кВА. Крім того, це надає можливість максимального наближення цехових ТП до електроприймачів.

Перевіримо на прикладі ТП-1 ПРК вибір цехових трансформаторів.
Умови вибору:

- за систематичним навантаженням:

$$S_{\text{ном.тр.тп-1}} = 630 \text{ кВА} \geq S_{\text{р.тп-1}} / n / k_1 = 939,26 / 2 / 1,08 = 434,84 \text{ кВА},$$

де коефіцієнт $k_1 = 1,08$ застосовується для двозмінного режиму роботи;

- за допустимим аварійним перевантаженням:

$$S_{\text{ном.тр.тп-1}} = 630 \text{ кВА} \geq S_{\text{р.тп-1}} / n / k_2 = 939,26 / 2 / 1,4 = 335,45 \text{ кВА},$$

де коефіцієнт $k_2 = 1,4$ застосовується при тривалості аварійного перевантаження від 8 годин до 24 годин.

Умови перевірки виконуються.

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

Коефіцієнт завантаження ТР ТП-1 у нормальному режимі:

$$k_{з.тп-1} = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{939,26}{2 \cdot 630} = 0,745.$$

Вибір ще двох цехових ТП виконано аналогічно, з наведенням результатів у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вибір трансформаторів цехових ТП комплексу.

№ ТП	S _{розр.тп} , кВА	n, шт	Марка ТР	k _{з.тп}	Систем. навантаження	Аварійне перевантаження
1	939,26	2	ТМ-630/10/0,4	0,745	434,840	335,448
2	943,35	2	ТМ-630/10/0,4	0,749	436,737	336,911
3	506,01	1	ТМ-630/10/0,4	0,803	468,524	361,432

5.2 Розташування та компоновка КТП переробного комплексу

При вирішенні питання розташування трансформаторних ПС, потрібно керуватися міркуваннями максимального наближення цехових ТП до електроприймачів, всередині цеху або прибудованими. Виходячи з картограми електричних навантажень (2 розділ) виявлено найбільш потужні СЕЕ. Тоді доцільно виконати розміщення ТП-1 поряд з компресорної та цеху інжектування продуктів, ТП-2 – в сепараторній та ТП - 3 розмістити поряд з блоком охолодження, заморозки та відпуску готової продукції.

Для встановлення вибираються комплектні трансформаторні підстанції (КТП). Конструктивно, КТП компонуються із розподільних пристроїв високої та низької напруги та відсіку самого трансформатору. В роботі прийняті трансформатори марки ТМ-630/10/0,4. КТП дозволяють встановлення лічильників активної та реактивної енергії (за необхідністю) та обладнані захистами: насамперед, встановлений газовий захист ТР; від коротких замикань; від замикань ланцюгів освітлення; атмосферних перенапруг, перевантаження ліній 0,4 кВ. На стороні низької напруги встановлені автоматичні вимикачі і ввідний рубильник.

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

6 СТРУМИ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕРОБНОГО КОМПЛЕКСУ, ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ, ОБЛАДНАННЯ, ТС ТА ТН

6.1 Визначення струмів КЗ в системі електропостачання ПРК

На розрахунок струмів КЗ системи електропостачання переробного комплексу базується вибір провідників, електричних апаратів, уставок автоматики та релейного захисту. Насамперед, потрібно розрахувати струм трифазного короткого замикання: діюче значення періодичної складової струму за перший період та ударний струм.

Розрахункова схема системи електропостачання ПРК наведена на рис.6.1. В схемі вибрані наступні точки, в яких визначається струм КЗ: K_1 – шини 10 кВ РП, K_2 – шини 10 кВ ТП – 1; K_3, K_4 – шини 10 кВ для ТП-2 та ТП – 3, відповідно.

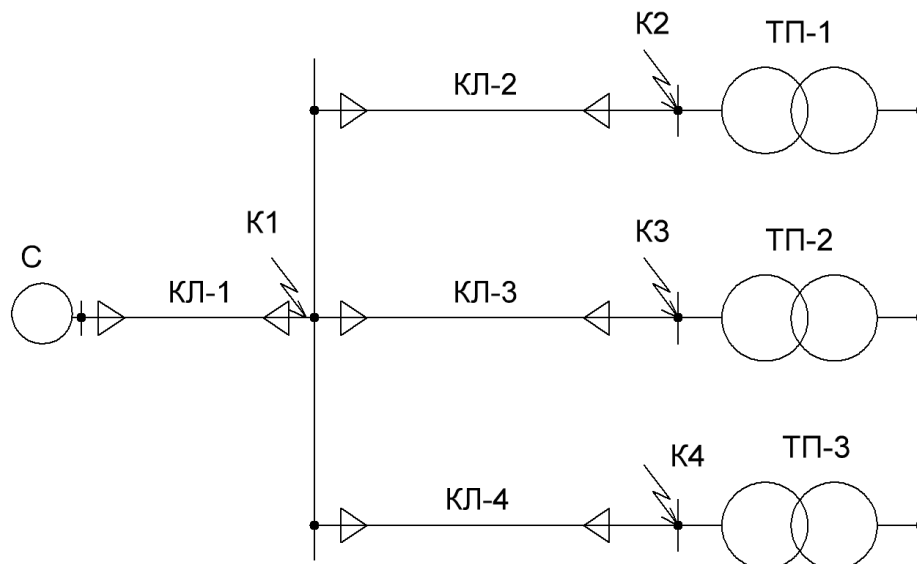


Рис. 6.1 - Розрахункова схема системи електропостачання ПРК.

За цією схемою складається схема заміщення (рис.6.2).

Методику розрахунку наведено у [1], вибираються базові умови, сам розрахунок ведеться у відносних одиницях (в.о.). У якості базової потужності приймається $S_{б.р.}=100$ МВА; $U_{б.р.}=U_{ном}=10,5$ кВ.

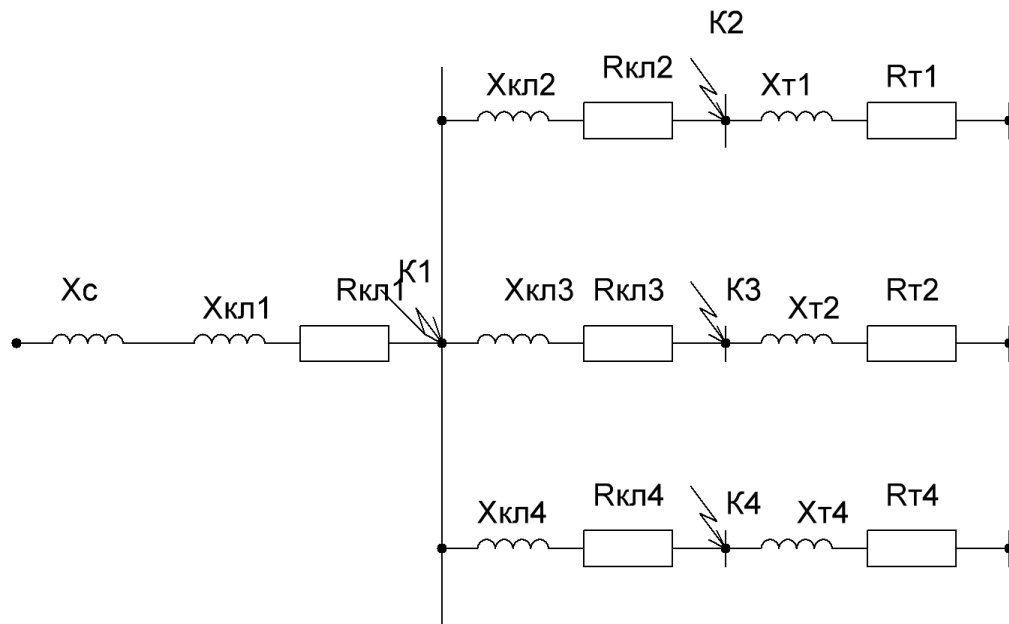


Рис. 6.2 – Схема заміщення системи електропостачання ПРК.

Базисний струм:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,49 \text{ кА.}$$

Опір системи у в.о., що приведений до базисних умов:

$$x_c = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I''} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 8,2} = 0,671$$

Опір КЛ у в.о, який приведений до базисних умов:

- КЛ-1:

$$x_{кл-1} = x_o \cdot \ell_1 \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,086 \cdot 1,1 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,086;$$

- КЛ-2:

$$x_{кл-2} = x_o \cdot \ell_2 \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,09 \cdot 0,105 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0086;$$

$$r_{кл-2} = r_o \cdot \ell_2 \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,64 \cdot 0,105 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0610;$$

- КЛ-3:

$$x_{кл-3} = x_o \cdot \ell_3 \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,09 \cdot 0,14 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0114;$$

$$r_{кл-3} = r_o \cdot \ell_3 \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,64 \cdot 0,14 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0813;$$

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

- КЛ-4:

$$x_{\text{кл-4}} = x_o \cdot \ell_4 \cdot \frac{S_6}{U_{\text{cp}}^2} = 0,09 \cdot 0,02 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0016;$$

$$r_{\text{кл-4}} = r_o \cdot \ell_4 \cdot \frac{S_6}{U_{\text{cp}}^2} = 0,64 \cdot 0,02 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0116.$$

Результуючий опір до точок K_1 та K_2 :

$$x_{\text{к1}} = x_c + x_{\text{кл-1}} = 0,671 + 0,086 = 0,757;$$

$$r_{\text{к1}} = r_{\text{кл-1}} = 0,459;$$

$$z_{\text{к1}} = \sqrt{(x_{\text{к1}}^2 + r_{\text{к1}}^2)} = \sqrt{0,757^2 + 0,459^2} = 0,8851;$$

$$x_{\text{к2}} = x_{\text{к1}} + x_{\text{кл-2}} = 0,7568 + 0,0086 = 0,7654;$$

$$r_{\text{к2}} = r_{\text{к1}} + r_{\text{кл-2}} = 0,459 + 0,0610 = 0,520;$$

$$z_{\text{к2}} = \sqrt{(x_{\text{к2}}^2 + r_{\text{к2}}^2)} = \sqrt{0,7654^2 + 0,520^2} = 0,9254.$$

Для точок K_3 та K_4 розрахунок наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1- Розрахунок опорів КЛ СЕП переробного комплексу.

№ КЛ	Від-до	l ,	R_o ,	X_o ,	$R_{\text{кл.i}}$,	$X_{\text{кл.i}}$,	$R^*_{\text{б}}$	$X^*_{\text{б}}$
		км	Ом/км	Ом/км	Ом	Ом	В.о.	В.о.
КЛ1	С-РП	1,1	0,46	0,086	0,506	0,095	0,459	0,086
КЛ2	РП-ТП1	0,105	0,64	0,09	0,067	0,009	0,061	0,009
КЛ3	РП-ТП2	0,14	0,64	0,09	0,090	0,013	0,081	0,011
КЛ4	РП-ТП3	0,02	0,64	0,09	0,013	0,002	0,012	0,002

Надперехідні струми для точок K_1 та K_2 :

$$I''_{\text{к1}} = \frac{I_6}{z_{\text{к1}}} = \frac{5,49}{0,8851} = 6,203 \text{ кА};$$

$$I''_{\text{к2}} = \frac{I_6}{z_{\text{к2}}} = \frac{5,49}{0,9254} = 5,933 \text{ кА}.$$

Для точок K_3 та K_4 розрахунки аналогічні та знаходяться в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2- Результати розрахунку струмів КЗ.

№ ТКЗ	$X_{\text{сум.к.i}}$	$R_{\text{сум.к.i}}$	$Z_{\text{сум.к.i}}$	$I''_{\text{к.i}}$, кА	$i_{\text{уд.к.i}}$, кА
1	0,757	0,459	0,885	6,20	11,99
2	0,765	0,520	0,925	5,93	11,48
3	0,768	0,540	0,939	5,85	11,31
4	0,758	0,471	0,893	6,15	11,89

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

$$T_{ак1} = x_{рез.к1} / \omega \cdot r_{рез.к1} = 0,7568/(314 \cdot 0,459) = 0,011;$$

$$T_{ак2} = x_{рез.к2} / \omega \cdot r_{рез.к2} = 0,7654/(314 \cdot 0,520) = 0,0086;$$

$$T_{ак3} = x_{рез.к3} / \omega \cdot r_{рез.к3} = 0,7682/(314 \cdot 0,540) = 0,0063;$$

$$T_{ак4} = x_{рез.к4} / \omega \cdot r_{рез.к4} = 0,7584/(314 \cdot 0,471) = 0,0063.$$

Ударні струми для точок K_1 та K_2 :

$$i_{y.к1} = \sqrt{2} \cdot I_{к1}'' \cdot \left(1 + \ell \frac{-0,01}{T_{a1}} \right) = \sqrt{2} \cdot 6,203 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,011}} \right) = 11,999 \text{ кА};$$

$$i_{y.к2} = \sqrt{2} \cdot I_{к2}'' \cdot \left(1 + \ell \frac{-0,01}{T_{a2}} \right) = \sqrt{2} \cdot 5,933 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,0086}} \right) = 11,478 \text{ кА}.$$

6.2 Вибір струмопровідних пристроїв високовольтної мережі переробного комплексу

Вибираємо та перевіряємо кабельну лінію 10 кВ, що прокладена від системи до розподільчого пункту переробного комплексу:

$$I_{р.кл1} = \frac{S_{р.прк.}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1957,23}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 53,80 \text{ А}.$$

Розглядаємо для прокладання дві кабельні лінії марки ААШв-10 (3х50), тривало допустимий струм – $I_{тр.доп.} = 140 \text{ А}$.

Завантаження КЛ 1 в нормальному режимі:

$$k_{з.кл1.} = \frac{I_{р.кл1}}{I_{тр.доп.}} = \frac{53,8}{140} = 0,38.$$

Виконуємо наступні перевірки:

- За допустимим струмовим перевантаженням:

$$I_{р.кл-1} = 53,80 \text{ А} \leq K_{пр} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 140 = 126 \text{ А};$$

- За перевантаженням в аварійного режиму:

$$I_{ав.кл-1} = 2 \cdot I_{р.кл-1} = 2 \cdot 53,80 = 107,6 \text{ А} \leq$$

$$\leq K_{ап} \cdot K'_{пр} \cdot I_{доп} = 1,25 \cdot 1 \cdot 140 = 175 \text{ А}.$$

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

Обидві умови виконуються.

- За умовою термічної стійкості КЛ-1:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{K} = \frac{\sqrt{25,684}}{94} \cdot 10^3 = 53,9 \text{ мм}^2,$$

де $K=94$ – значення термічного коефіцієнту для алюмінієвих кабелів;

B_k – значення теплового імпульсу:

$$B_k = I''^2 (t_{\text{відкл.}} + T_{\text{ак1}}) = 6,203^2 (0,6125 + 0,011) = 25,684 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$t_{\text{відкл.}} = t_{\text{р.з.}} + t_{\text{о.в.}} + \Delta t = 0,1 + 0,0125 + 0,5 = 0,6125 \text{ с},$$

де $t_{\text{відкл.}}$ - повний час відключення вимикача;

$t_{\text{рз max}}$ - спрацювання релейного захисту (максимальний час).

Отримане значення мінімальної площі перерізу КЛ-1 за умовою термічної стійкості більше 50 мм², тому остаточно приймаємо КЛ-1 : ААШв -10 (3х70).

Вибір кабельних ліній до цехових підстанцій аналогічний та зведений в таблицю Б1, додатку Б.

6.3 Вибір високовольтного обладнання переробного комплексу

В роботі вибираються вакуумні вимикачі на напругу 10 кВ, шафи комплектного розподільчого пристрою, трансформатори власних потреб (ТВП), запобіжники та обмежувачі перенапруги (ОПН).

У якості високовольтних вимикачів приймаємо: ВР-1-10/630. Розглянемо вибір та перевірку такого вимикача на прикладі ввідного вимикача розподільчого пристрою.

Умови вибору:

- за номінальними параметрами: по напрузі $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ} \leq U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$;
- по струму: $I_{\text{мах.кл-1}} = 107,6 \text{ А} \leq I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$.

Умови перевірки:

- $I_{\text{пт}} = 6,203 \text{ кА} \leq I_{\text{відкл.ном}} = 20 \text{ кА}$;
- $\sqrt{2} I_{\text{пт}} + i_{\text{ат}} = 9,13 \text{ кА} \leq \sqrt{2} I_{\text{відкл.}} (1 + \beta_{\text{н}}) = 39,6 \text{ кА}$;
- $I'' = 6,203 \text{ кА} \leq I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$;

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

- $i_{уд} = 11,999 \text{ кА} \leq i_{дин} = 52 \text{ кА};$
- $B_k = 25,684 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq I_{терм}^2 t_{терм} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір секційних вимикачів та вимикачів відхідних ліній до ТП-1 – ТП-3 зведено до таблиці Б2, додатку Б.

Вимикачі ВР-1-10/630 встановлені у типові шафи КРП внутрішньої установки КР - 10. Технічну характеристику таких шаф наведено у таблиці Б3, додатку Б.

Для визначення потужності ТВП розраховуємо навантаження власних потреб (таблиця Б4, додатку Б), враховуючи коефіцієнти одночасності та завантаження. За отриманими значеннями активної та реактивної потужності, що йде на споживання власними потребами ($P_{вл.потр.} = 27,6 \text{ кВт}$ та $Q_{вл.потр.} = 13,38 \text{ квар}$), знаходимо повне розрахункове навантаження:

$$S_{р.вл.потр.} = k_n \cdot \sqrt{P_{вл.потр.}^2 + Q_{вл.потр.}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{27,6^2 + 13,38^2} = 24,54 \text{ ВА},$$

де k_n – коефіцієнт, прийнятий для врахування одночасності та завантаження.

Потужність трансформатора обирається за умовою:

$$S_{тр.вл.потр.} = 25 \text{ кВА} \geq S_{р.вл.потр.}/2 = 24,54/2 = 12,27 \text{ кВА}.$$

У цьому випадку приймаємо трансформатор власних потреб: $S_{ном.тр.вл.потр.} = 25 \text{ кВА}$.

У якості обмежувачів перенапруги вибираємо ОПН-10, які будуть виконувати в комірках захист від комутаційних перенапруг.

6.4 Вибір трансформаторів струму та напруги, електричних схем підключення лічильників

Для комерційного та технічного обліку встановлюємо лічильники типу МТХ3G, які підключаються через ТН та ТС. Схему підключення лічильника наведено на рис.6.3.

Встановлюємо трансформатори струму в фазах А і С, так як мережа 10 кВ ПРК працює із ізольованою нейтралю.

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

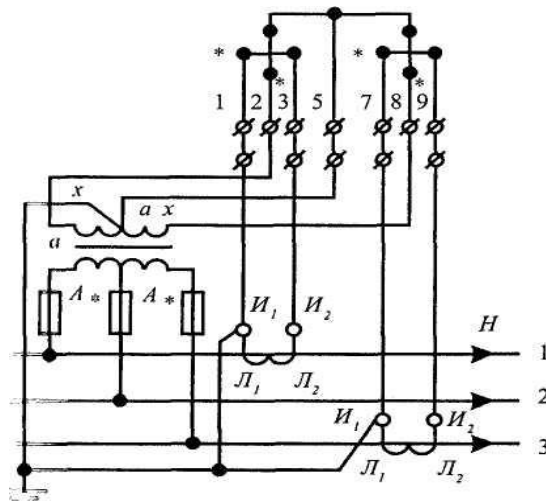


Рис. 6.3 - Підключення лічильника електроенергії MTX3G через вимірювальні трансформатори.

Вибір трансформаторів струму на вводі РП на стороні 10 кВ.

Приймаємо трансформатори струму (ТС) ТПЛ –10 – 1 У3, $K_T = 100/5$, перевіряємо умови вибору та перевірки:

- $U_{\text{ТС.В.}} = 10 \text{ кВ} \leq U_{\text{НОМ.}} = 10 \text{ кВ};$
- $I_{\text{ТС.В.}} = 53,8 \text{ А} \leq I_{\text{НОМ}} = 100 \text{ А};$
- $i_{\text{уд.к1}} = 11,999 \text{ кА} \leq i_{\text{дин}} = 128 \text{ кА};$
- $B_{\text{к.к1}} = 25,68 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Умови вибору ТС в інших комірках РП такі ж самі та наведені в таблиці Б5, додатку Б.

Обраний ТС ТПЛ –10 – 1 У3 перевіряємо по вторинному навантаженню. Для цього знаходимо навантаження за фазами, з врахуванням схеми включення трансформаторів струму у «неповну зірку». Схему включення ТС наведено на рис. 6.4.

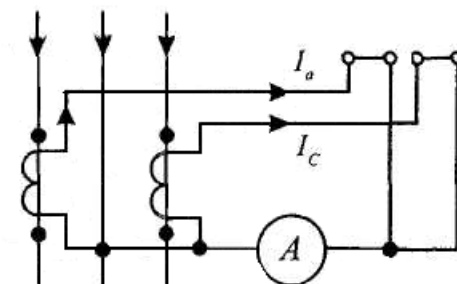


Рис. 6.4 – Схема підключення ТС на вводі у «неповну зірку».

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

Навантаження у фазах А та С наведено у таблиці Б.6 (додаток Б). Найбільш завантажена фаза А: $S_{\text{прил.А}} = 4,1 \text{ ВА}$. Визначаємо загальний опір підключених приладів (лічильник МТХ3Г та амперметр Е335):

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

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

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

$l_{\text{розрах.}} = \sqrt{3} \cdot l = \sqrt{3} \cdot 12 = 10,76 \text{ м}$ – величина розрахункової довжини проводів для схеми включення ТС в «неповну зірку»;

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

Вибираємо активний опір контактних з'єднань: $r_{\text{к}} = 0,05 \text{ Ом}$. Тоді, вторинний опір ТС у ввідній комірці:

$$z_2 = z_{\text{прил}} + r_{\text{к}} + r_{\text{пров}} = 0,164 + 0,05 + 0,075 = 0,39 \text{ Ом} \leq z_{2 \text{ ном}} = 0,4 \text{ Ом}.$$

Умова $z_2 \leq z_{2 \text{ ном}}$ виконується.

На лініях, що живлять ТП1 – ТП3, встановлюємо трансформатори струму ТПЛ-10- 1 У3 ($K_{\text{т}} = 50/5$).

Розрахунковий струм в лінії до ТП:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,64 \text{ А}.$$

Вибір та перевірку цих трансформаторів струму виконуємо аналогічно та наводимо в таблиці Б7, додатку Б.

На шинах 10 кВ РП ПРК встановлюємо трансформатор напруги (ТН) типу НАМИ-1-10, клас точності 0,5S; $S_{\text{ном.}} = 120 \text{ В} \cdot \text{А}$. Схему підключення наведено на рис. 6.5.

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

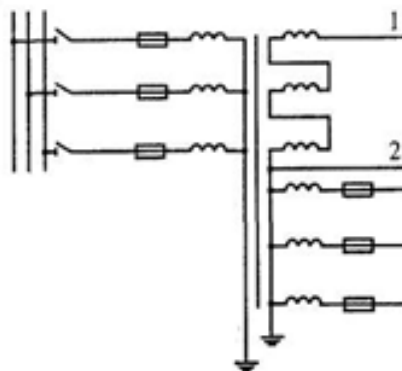


Рис. 6.5 - Схеми підключення трансформаторів напруги НАМИ-1-10, дві обмотки - за схемою "зірка", обмотка 1-2 - за схемою "розімкнутий трикутник".

Розрахунок вторинного навантаження ТН зводимо до таблиці Б8, додатку Б. Відповідно до розрахунків значення вторинного навантаження ТН:

$$P_{\text{тн.}} = 12,29 \text{ кВт та } Q_{\text{тн.}} = 2,55 \text{ квар.}$$

Перевіряємо обрані трансформатори напруги по вторинному навантаженню:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma P^2 + \Sigma Q^2)} = \sqrt{(12,29^2 + 2,55^2)} = 13,14 \text{ В}\cdot\text{А.}$$

Так як, номінальна потужність ТН у класі точності 0,5:

$S_{2 \text{ ном}} = 120 \text{ ВА} > 13,14 \text{ ВА}$, то цей трансформатор напруги задовольняє умові вибору.

7 ОЦІНКА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВОГО КОРПУСУ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

7.1 Витрати теплоти через огорожуючі конструкції АПК

Оцінимо витрати теплової енергії (ТЕ) через огорожуючі конструкції (ОК) АПК. Адміністративна будівля – 3-х-поверхова, 42м х 12м, висота поверху з перекриттям - 2,6 м . В таблиці 7.1 наведений перелік конструктивних елементів будівлі адміністрації ПРК.

Таблиця 7.1 - Опис конструктивних елементів будівлі АПК.

№	Елементи конструкції будівлі корпусу	Опис конструктивних елементів
1	Виконання фундаменту	Виконано з монолітних залізобетонних панелей під цегляні стіни
2	Виконання перегородок	Оштукатурені та цегляні
3	Виконання стін	Виконано покриття цементно-піщаним розчином, цегляні, загіпсовані, оштукатурені,
4	Дах будівлі корпусу	Вентильований, із керамзитобетону та залізобетону
5	Міжповерхові перекриття	Монолітні залізобетонні панелі
6	Сходи будівлі корпусу	Збірні сходові марші та залізобетонні площадки
7	Встановлені вікна	Однокамерні пластикові

Конструктивно, будівля утворена цегляними поздовжніми стінами з вікнами, глухими цегляними поперечними стінами та монолітними залізобетонними перекриттями .

Перший, другий, та третій поверхи: підлога з лінолеуму на бетонній основі по коридорах та робочих приміщеннях. Стеля: в робочих приміщеннях та коридорах підвісна, гіпсово-волокнисті плити по металевій решітці «Армстронг». Стіни : з порожнистої цегли, товщиною 0,6 м, штукатурка з фактурним шаром та мастичним пофарбуванням. Туалети: підлога та стіни - керамічна плитка, стеля – клейова побілка. Перекриття над підвалом та міжповерхові – залізобетонні.

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

Горищне перекриття: плити з керамзитобетону. Покрівля: плоска, рулонна. Вікна: металопластикові, однокамерні. Вхідні двері: металопластикові з тамбуром.

7.1.1. Розрахунок теплотехнічних та геометричних показників.

Теплотехнічний розрахунок є детальним розрахунком втрат теплоти через зовнішні ОК (огорожувальні конструкції) з врахуванням втрат теплоти за рахунок інфільтрації. Розрахунок базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконаний корпус, орієнтації відповідно до сторін світу, витрат теплоти на вентиляцію тощо [8].

Усі геометричні розміри, що використовуються у розрахунках, є проектними та такими, що відповідають дійсності. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкової літератури.

Втрати теплоти через ОК адміністративної будівлі будемо визначати за формулою:

$$Q = FK(t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta)n, \quad (7.1)$$

де F – величина площі огорожувальних конструкцій, м^2 ;

K – значення коефіцієнту теплопередачі, який визначає кількість теплоти, що переходить за одиницю часу від більш нагрітого теплоносія до менш нагрітого через 1 м^2 теплообмінної поверхні при різниці температур між теплоносіями в 1 К , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$t_{\text{п.о.}}$ – значення розрахункової температури зовнішнього повітря, яка дорівнює температурі найхолоднішої п'ятиденки. Вибираємо для І-ї температурної зони, у якій перебуває Кропивницький $t_{\text{п.о.}} = -22^\circ\text{C}$;

$t_{\text{вн.}}$ – значення температури усередині приміщення, $t_{\text{вн.}} = 18^\circ\text{C}$;

$\Sigma\beta$ – величина сумарних додаткових втрат теплоти у частках від основних тепловтрат;

n – значення коефіцієнту, що враховує зміну розрахункової різниці температур, у залежності положення зовнішньої поверхні ОК по відношенню до зовнішнього повітря.

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

Розраховуємо опір теплопередачі для стін. Опір теплопередачі [8], $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, для зовнішньої стіни знайдемо за формулою:

$$R_{\text{ст.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.}}}{\lambda_{\text{ц.}}} + \frac{\delta_{\text{ц-п.}}}{\lambda_{\text{ц-п.}}} + \frac{\delta_{\text{г.}}}{\lambda_{\text{г.}}} + \frac{\delta_{\text{шт.}}}{\lambda_{\text{шт.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}}, \quad (7.2)$$

де $\alpha_{\text{вн.}}$ – значення коефіцієнту тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі,

$$\alpha_{\text{вн.}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$\delta_{\text{ц.}} – \text{величина товщини шару цегли, } \delta_{\text{ц.1}} = 0,75 \text{ м}; \delta_{\text{ц.2}} = 0,5 \text{ м};$$

$$\delta_{\text{ц-п.}} – \text{товщина шару цементно-піщаного розчину, } \delta_{\text{ц-п.}} = 0,03 \text{ м};$$

$$\delta_{\text{г.}} – \text{товщина шару гіпсу, } \delta_{\text{г.}} = 0,037 \text{ м};$$

$$\delta_{\text{шт.}} – \text{товщина шару штукатурки, } \delta_{\text{шт.}} = 0,013 \text{ м};$$

$$\lambda_{\text{ц.}} – \text{значення коефіцієнту теплопровідності цегли, } \lambda_{\text{ц.}} = 0,41 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$\lambda_{\text{ц-п.}} – \text{значення коефіцієнту теплопровідності цементно-піщаного розчину, } \lambda_{\text{ц-п.}} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$\lambda_{\text{г.}} – \text{значення коефіцієнту теплопровідності гіпсу, } \lambda_{\text{г.}} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$\lambda_{\text{шт.}} – \text{коефіцієнт теплопровідності штукатурки, } \lambda_{\text{шт.}} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$\alpha_{\text{з.}} – \text{значення коефіцієнту тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, } \alpha_{\text{з.}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Підставимо відповідні значення у формулу (7.2) та розрахуємо опір теплопередачі:

- для головного фасаду (Пд, Сх) :

$$R_{\text{ст.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,75}{0,41} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{1}{23} = 2,212 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни розраховуємо за формулою, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

$$K_{\text{ст.}} = \frac{1}{R_{\text{ст.}}},$$

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

Таким чином:

$$K_{\text{ст.}} = \frac{1}{2,212} = 0,452 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

- для дворового фасаду (Пн, Зах) :

$$R_{\text{ст.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,41} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{1}{23} = 1,57 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$K_{\text{ст.}} = \frac{1}{1,57} = 0,637 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Опір теплопередачі для вікон. Вікна у будинку АБК однокамерні у металопластикових склопакетах.

Опір теплопередачі для цього типу вікон:

$$R_{\text{в}} = 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Знайдемо коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

$$K_{\text{в.і}} = \frac{1}{R_{\text{в.і}}}.$$

Підставимо у формулу відповідні значення:

$$K_{\text{в}} = \frac{1}{0,32} = 3,125 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}};$$

Результати розрахунків тепловтрат показані у табл. 7.1 та 7.2.

Опір теплопередачі для даху. Дах будівлі АБК складається із залізобетону та керамзитбетону.

Визначаємо опір теплопередачі даху [8], $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$,:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \frac{\delta_{\text{зб.}}}{\lambda_{\text{зб.}}} + \frac{\delta_{\text{кб.}}}{\lambda_{\text{кб.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з.}}},$$

де $\delta_{\text{зб.}}$ – товщина залізобетонної плити, $\delta_{\text{зб.}} = 0,22 \text{ м}$;

$\delta_{\text{кб.}}$ – товщина шару керамзитбетону, $\delta_{\text{кб.}} = 0,25 \text{ м}$;

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

$\lambda_{зб.}$ – значення коефіцієнту теплопровідності залізобетону,
 $\lambda_{зб.} = 1,69 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

$\lambda_{кб.}$ – значення коефіцієнт теплопровідності керамзитбетону,
 $\lambda_{кб.} = 0,66 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

Підставимо відповідні значення у формулу (7.2):

$$R_{дах} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,25}{0,66} + \frac{1}{23} = 0,667 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі даху, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, розраховуємо за формулою:

$$K_{дах} = \frac{1}{R_{дах}}.$$

Таким чином:

$$K_{дах} = \frac{1}{0,667} = 1,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для дверей. Двері будівлі металопластикові з тамбуром, $K_{д2} = 3,226 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Результати розрахунків також наведено у таблиці.

7.1.

Для підлоги:

- бетон на щебні товщиною $\delta=0,07 \text{ м}$ $\lambda=1,86 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
- лінолеум з $\lambda=0,33 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ товщиною $\delta=0,01 \text{ м}$;
- керамзит з $\lambda=0,075 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ товщиною $\delta=0,1 \text{ м}$;

α_1, α_2 - значення внутрішнього та зовнішнього коефіцієнтів тепловіддачі повітря для підлоги: $\alpha_1=7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $\alpha_2=20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Опір теплопередачі:

$$R_{підлоги} = 1/\alpha_1 + \delta_{бетон}/\lambda_{бетон} + \delta_{керам}/\lambda_{керам} + \delta_{лінол}/\lambda_{лінол} + 1/\alpha_2 ;$$

$$R_{підлоги} = 1/7 + 0,07/1,86 + 0,2/0,075 + 0,01/0,33 + 1/20 = 1,593 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

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

Коефіцієнт теплопередачі підлоги:

$$K_{\text{підлоги}} = 1 / R_{\text{підлоги}} = 1 / 1,593 = 0,628 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Розрахунок тепловтрат через підлогу надано в табл. 7.1 та 7.2.

Знаходимо додаткові витрати теплоти. Витрати теплоти, що витрачаються на підігрів зовнішнього повітря, яке надходить у приміщення через нещільності огорож при роботі витяжної вентиляції в кількості, відповідній санітарним нормам [9] визначаються за формулою:

$$Q_{\text{в}} = 0,337 \cdot V \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}),$$

де V – величина вентилязованого об'єму будівлі, $V = 5241,6 \text{ м}^3$.

Підставимо значення в формулу:

$$Q_{\text{в}} = 0,337 \cdot 5241,6 \cdot (18 - (-22)) = 70\,648 \text{ Вт.}$$

Порахуємо максимальні витрати теплоти:

$$Q_{\text{max}} = Q_{\Sigma \text{ок}} + Q_{\text{в}};$$

$$Q_{\text{max}} = 93\,413,68 + 70\,648 = 164\,061,68 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{о}}^{\text{оп}} = Q_{\text{о}}^{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} n_{\text{о}} \cdot 24;$$

$$Q_{\text{о}}^{\text{оп}} = 93\,413,68 \cdot (18 - (-0,1)) / (18 - (-22)) \cdot 176 \cdot 24 = 148\,547 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$Q_{\text{в}}^{\text{оп}} = Q_{\text{в}}^{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} n_{\text{о}} \cdot \tau_{\text{роб}}$$

$$Q_{\text{в}}^{\text{оп}} = 70\,648 \cdot (18 - (-0,1)) / (18 - (-22)) \cdot 176 \cdot 9 = 45\,011,25 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Всі значення, використані та отримані під час розрахунків коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій, для наочності наведено у табл. 7.2.

Всі прийняті значення, коефіцієнти, проміжні результати та значення втрат теплоти через конкретні огорожувальні конструкції наведені в табл. 7.3.

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

Таблиця 7.2 - Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі ОК

ОК	Шар	δ , м	λ , Вт/м·°C	R , м²·°C/Вт	$\alpha_{вн}$, Вт/м²·°C	α_3 , Вт/м²·°C	R_o , м²·°C/Вт	K_o , Вт/м²·°C
ЗС	Цегла	0,6	0,41	1,83	8,7	23	2,212	0,452
	Цементно-піщаний розчин	0,03	0,93	0,032				
	Гіпс	0,037	0,21	0,176				
	Штукатурка	0,013	0,81	0,016				
В, Д					8		0,32	3,125
Дах	Залізобетонні плити	0,22	1,69	0,13	8,7	23	0,667	1,5
	Керамзит-бетон	0,25	0,66	0,38				
Підлога	Керамзит, бетон, лінолеум	0,1 0,07 0,01	0,75 1,86 0,33		7	20	1,275	0,784

Таблиця 7.3 - Втрати теплоти через ОК

ОК	Огорожа	Орієнтація ОК	Площа ОК, м2	Ко, Вт/(м² · °С)	Δt, °С	n	1+Σβ	Qо, Вт	
ЗС	Цегляні	Пд	388,8	0,452	40	1	1,05	7380,97	
		Зх	136,8	0,637		1	1,1	3834,23	
		Пн	364,4	0,637		1	1,15	10677,65	
		Сх	136,8	0,452		1	1,15	2844,34	
В Д	Метало-Пластикові	Пд	90,0	3,125	40	1	1,05	11812,5	
		Зх				1	1,1		
		Пн	114,4			1	1,15	16445	
		Сх				1	1,15		
	Метало-Пластикові	Пд	5,72	3,226		0,7	1,05	542,51	
Дах		504	1,5	0,9		1	27216		
Підлога	Лінолеум на бетонній основі	-	504	0,628		1	1	12660,48	
						QΣOK = 93 413,68 Вт			

Покажемо всі результати тепловитрат у вигляді кругової діаграми:

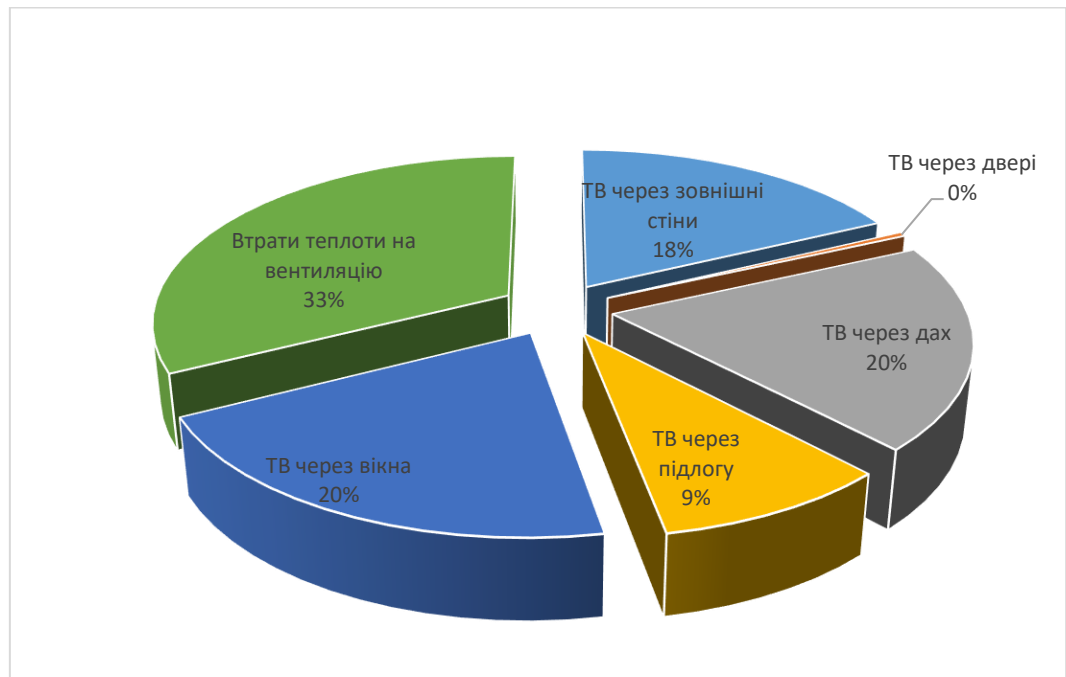


Рис.7.1 – Теплові втрати адміністративної будівлі .

7.2 Додаткові теплові надходження

7.2.1. Теплові надходження від людей.

Врахуємо теплові надходження (ТН) від людей. Одночасно в будівлі знаходиться приблизно 75 чоловік. Таким чином, враховуючи, що кількість теплоти, яка виділяється з людини складає приблизно 100 Вт , то сумарні тепловиділення людей складатимуть:

$$Q_{\text{л.}} = Nq_{\text{л.}}\tau_{\text{роб.}},$$

де $\tau_{\text{роб.}}$ – кількість робочих годин в опалювальний період,

$$\tau_{\text{роб.}} = n_{\text{о}} \cdot \tau = 125 \cdot 9 = 1125 \text{ год / ОП},$$

$q_{\text{л.}}$ – кількість теплоти, яка виділяється з людини, $q_{\text{л.}} = 100 \text{ Вт}$:

$$Q_{\text{л}} = 75 \cdot 100 \cdot 1125 = 8432 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

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

7.2.2. Надходження теплоти від сонячної радіації.

Враховуємо теплові надходження в приміщення від сонячної радіації, що проходять через світлові отвори зовнішніх огорож. Розрахуємо кількість цієї теплоти за формулою, кВт:

$$Q_{\text{с.р.}} = \zeta_{\text{в.}} \cdot \varepsilon_{\text{в.}} \cdot (F_{\text{Пн}} I_{\text{Пн}} + F_{\text{Сх}} I_{\text{Сх}} + F_{\text{Пд}} I_{\text{Пд}} + F_{\text{Зх}} I_{\text{Зх}}),$$

де $\zeta_{\text{в.}}$ – значення коефіцієнту, що враховує затінення світлового прорізу вікон непрозорими елементами, $\zeta_{\text{в.}} = 0,6$ [8];

$\varepsilon_{\text{в.}}$ – значення коефіцієнту відносного проходження сонячної радіації для світлопропускаючих заповнень вікон, $\varepsilon_{\text{в.}} = 0,63$ [8];

$F_{\text{нн}}, F_{\text{нд}}$ – величина площі світлових прорізів у фасадах будинків, які орієнтовані у двох напрямках світу: $F_{\text{нн}} = 126,56 \text{ м}^2$; $F_{\text{нд}} = 90,72 \text{ м}^2$;

$I_{\text{Пн}}, I_{\text{Сх}}, I_{\text{Пд}}, I_{\text{Зх}}$ – усереднене значення величини сонячної радіації, що прийнята за опалювальний період і надходить на вертикальні поверхні, що відповідно орієнтовані у напрямку двох фасадів будинку. Вибираємо для міста Кропивницький [8]: $I_{\text{нн}} = 140 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$; $I_{\text{нд}} = 332 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Підставимо відповідні значення у формулу:

$$Q_{\text{с.р.}} = 0,6 \cdot 0,63 \cdot (126,56 \cdot 140 + 90,72 \cdot 332) = 18\,082,55 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

7.2.3. Теплові надходження від електрообладнання

Електричне обладнання є також джерелом ТН в приміщення [8]. Визначатимемо ці теплонадходження від побутових приладів за опалювальний період за формулою, Вт:

$$Q_{\text{ел.}} = NP_{\text{одн.}} k_{\text{в.}} k_{\text{т.}} \tau_{\text{роб.}},$$

де N – кількість електричних приладів з однаковою потужністю, шт.;

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

$P_{\text{одн.}}$ – встановлена потужність одного приладу, Вт;

$k_{\text{в.}}$ – значення коефіцієнту використання встановленої потужності;

$k_{\text{т.}}$ – значення коефіцієнту, що вказує на частку електроенергії, яка перейшла у теплоту.

$\tau_{\text{роб.}}$ – кількість робочих годин за опалювальний період.

Результати розрахунків теплових надходжень від побутового електричного обладнання зведені у таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Теплові надходження від електричного обладнання

Електричне обладнання		N , шт.	$P_{\text{одн.}}$, Вт	$k_{\text{в.}}$	$k_{\text{т.}}$	$\tau_{\text{роб.}}$, год/ОП	$Q_{\text{ел.}}$, кВт·год
Лампи	Люмінесцентна	432	18	0,5	0,5	1260	9797,66
	Розжарювання	25	75	0,3	0,7	1260	495,56
	LED	50	6	0,5	0,5	1260	94,49
	Світлодіодний сітильник	38	16,8	0,5	0,5	1260	200,74
Комп'ютер		65	250	0,3	0,1	738	259,77
Принтер та копіювальна техніка		45	350	0,1	0,1	123	19,37
Факс		13	25	0,05	0,01	123	0,02
Побутове обладнання	Чайник	30	2000	0,1	0,3	58	104,4
	Холодильник	7	650	0,35	0,5	4185	3332,3
	НВЧ піч	11	1200	0,25	0,3	35	34,65
	Телевізор	2	65	0,1	0,1	58	0,075
Кліматичне обладнання	Обігрівач	6	2000	0,2	1	242	580,8
	Кондиціонер	36	1500	0,3	0,1	309	500,45
Вентилятор		8	100	0,7	0,5	241	134,96
Повітряна завіса		1	3000	0,7	0,3	241	151,83
						$Q_{\text{ел.}} \Sigma = 15\,707,075 \text{ кВт·год}$	

Покажемо всі результати теплонадходжень у круговій діаграмі на рисунку 7.2:

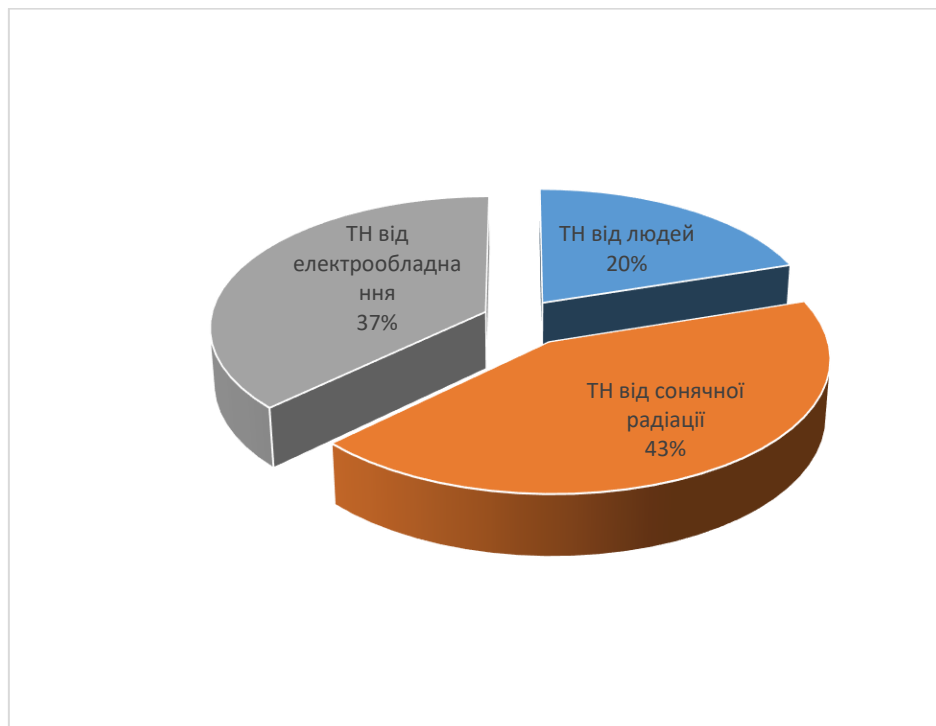


Рис. 7.2 – Теплові надходження у будівлі АПК.

7.3 Розрахункове споживання теплової енергії системою опалення адміністративно-побутового корпусу

Визначимо розрахункове споживання системи опалення за опалювальний період з врахуванням всіх тепловтрат та теплонадходжень за формулою:

$$Q_{\max}^{\text{оп}} = Q_o^{\text{оп}} + Q_b^{\text{оп}} - \sum Q_{\text{тн}}^{\text{оп}} = Q_o^{\text{оп}} + Q_b^{\text{оп}} - (Q_{\text{л.}}^{\text{оп}} + Q_{\text{с.р.}}^{\text{оп}} + Q_{\text{ел.}}^{\text{оп}}), \quad (7.3)$$

де $Q_o^{\text{оп}} = 173\,619,3$ кВт.год. - тепловтрати через огорожувальні конструкції;

$Q_b^{\text{оп}} = 45\,011,25$ кВт.год. - тепловтрати на інфільтрацію;

$Q_{\text{л.}}^{\text{оп}} = 8\,432$ кВт.год - теплонадходження від людей;

$Q_{\text{с.р.}}^{\text{оп}} = 18\,082,55$ кВт.год. - теплонадходження від сонячної радіації;

$Q_{\text{ел.}}^{\text{оп}} = 15\,707,075$ кВт.год. - теплонадходження від електричного обладнання.

Підставимо відповідні значення у формулу:

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	62

$$Q_{\text{розр}} = 173\,619,3 + 45\,011,25 - (8\,432 + 18\,082,55 + 15\,707) = \\ = 176\,409,55 \text{ кВт.год}$$

7.4 Заходи з енергозбереження

7.4.1. МЕЗ №1 – Заміна вікон.

Провівши огляд будівлі АПК та розрахувавши тепловтрати через вікна, можна зробити висновок, що є доцільним провести їх заміну на більш нові та більш енергоефективні, щоб зменшити тепловтрати та підвищити загальну енергоефективність будинку. Таким чином, пропонується замінити однокамерні вікна на двокамерні [10]. В таблиці 7.5 наведені технічні характеристики вікон марки «Віконда».

Таблиця 7.5 – Технічні характеристики вікон марки «Віконда»

Тип склопакету	Формула склопакету	Коефіцієнт опору теплопередачі, м²/С·Вт	Світлопроникна здатність, %	Сонячний фактор, %	Індекс звукоізоляції, дБ	Ціна за м², грн
Склопакети двокамерні «Віконда»:						
TERMO tech euro	4i-16Ar-4-16Ar-4i*	1.37	70,9	52,7	34	1213

Економію теплоти, при заміні існуючих вікон на нові, знаходитимемо за формулою:

$$\Delta Q = (K_{\text{ст.в.}} - K_{\text{н.в.}}) F_{\text{в.}} (t_{\text{вн.}} - t_{\text{ср.о}}) n_{\text{о}} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \text{ кВт.год},$$

де $K_{\text{ст.в.}}$, $K_{\text{н.в.}}$ – значення коефіцієнтів теплопередачі старих та нових вікон відповідно:

$$K_{\text{ст.в.}} = 3,125 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}), K_{\text{н.в.}} = 0,73 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$F_{\text{в.}}$ – площа вікон, що замінюються, $F_{\text{в.}} = 204,4 \text{ м}^2$;

$t_{\text{ср.о}}$ – середня температура за опалювальний період в м. Кропивницький,

					Арк.
					63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$t_{\text{ср.о}} = -0,1^{\circ}\text{C};$$

n_0 – тривалість опалювального періоду, для м. Кропивницький $n_0 = 176$ діб.

Знайдемо економію теплоти при заміні металопластикових однокамерних вікон на енергоефективні двокамерні:

$$\Delta Q_{\text{в}} = (3,125 - 0,73) \cdot 204,4 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 42,13 \text{ Гкал.}$$

Економію коштів знайдемо за формулою:

$$\Delta E = \Delta Q \cdot B,$$

де B – вартість 1 Гкал теплової енергії, $B = 1515,3$ грн/Гкал.

Таким чином:

$$\Delta E = 42,13 \cdot 1515,3 = 63\,842 \text{ грн.}$$

Знайдемо простий термін окупності за формулою:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{K}{\Delta E}, \text{ років.}$$

Оскільки проводиться заміна склопакету, фірма постачальник погодилася купити старі склопакети за ціною 360 грн/ м², що дозволило отримати кошти для компенсації вартості нових склопакетів: $360 \cdot S_{\text{вікон}} = 360 \cdot 204 = 73\,440$ грн.

Капітальні витрати складаються з:

- вартості склопакетів – 247 937 грн;
- зміна документації – 1000 грн;
- витрат на встановлення та монтаж – 40 843 грн.

Тоді сумарні капіталовкладення становлять:

$$K = 247\,937 + 40\,843 + 1000 - 73\,440 = 216\,340 \text{ грн.}$$

Підставимо значення у формулу:

$$T_{\text{ок}} = 216\,340 / 63\,842 = 3,38 \text{ роки.}$$

За даними розрахунків можемо зробити висновок про доцільність застосування даного МЕЗу, у зв'язку з порівняно низьким простим терміном окупності та значним впливом на загальну енергоефективність будівлі.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

7.4.2. МЕЗ №2 – Встановлення теплоізоляційного матеріалу на зовнішні стіни будівлі.

Стіни АПК мають малий опір теплопередачі, що призводить до втрати значної частини теплової енергії, яка використовується від системи опалення [8].

Пропонуємо накласти теплоізоляцію ззовні будівлі. Таке виконання дозволить провести утеплення не тільки стіни, а також і вузлів прилягання перекриттів; не зменшується корисна площа будівлі, не виникає необхідності у відсуванні радіаторів, попереджається руйнування стін, яке може бути викликане атмосферною вологою та коливаннями температур.

При зовнішньому утепленні рекомендується приймати величину товщини ізоляції від 10 см до 12 см.

Приймаємо до використання мінераловатні плити виробника «Термолайф» (ТЛ). Фасад з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{із.}} = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ товщиною $\delta_{\text{із.}} = 0,1 \text{ м}$.

Мінеральна вата з допомогою клейової суміші прикріплюється до несучої стіни, на неї накладається склосітка ($\delta_{\text{с.}} = 0,005 \text{ м}$, $\lambda_{\text{с.}} = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$) з метою подальшого закріплення на ній шару штукатурки ($\delta_{\text{шт.}} = 0,015 \text{ м}$, $\lambda_{\text{шт.}} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$).

Схема утеплення стін мінеральною ватою показана на рис.7.3.

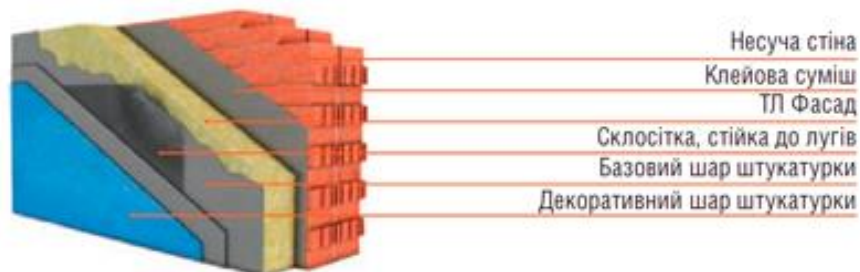


Рис. 7.3 – Схема утеплення стін мінеральною ватою.

Розрахунок річної економії енергії.

При використанні теплоізоляції зміниться коефіцієнт теплопередачі:

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{y.c.} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн.}} + \frac{\delta_{ц.}}{\lambda_{ц.}} + \frac{\delta_{шт.}}{\lambda_{шт.}} + \frac{\delta_{пл.}}{\lambda_{пл.}} + \frac{\delta_{із.}}{\lambda_{із.}} + \frac{\delta_{с.}}{\lambda_{с.}} + \frac{1}{\alpha_{з.}}},$$

$$K_{y.c.(Пд.,Сх)} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,75}{0,41} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{1}{23}} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$K_{y.c.(пн,зх)} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,41} + \frac{0,037}{0,21} + \frac{0,013}{0,81} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,005}{0,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{1}{23}} = 0,233 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Проведення заходу дозволяє зменшити втрати крізь стіни:

$$\Delta Q = (K_{ст.} - K_{ут.ст.}) \cdot F_{ст.пд.} \cdot (t_{вн.} - t_{ср.о}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta Q_{пд.} = (0,452 - 0,202) \cdot 388,8 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 7803 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 6,71 \text{ Гкал/рік};$$

$$\Delta Q_{пн.} = (0,637 - 0,233) \cdot 364,4 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 12\,943,7 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 11,129 \text{ Гкал/рік};$$

$$\Delta Q_{зх} = (0,637 - 0,233) \cdot 136,8 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 4\,648 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 3,996 \text{ Гкал/рік};$$

$$\Delta Q_{сх} = (0,452 - 0,202) \cdot 136,8 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 3\,007 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 2,585 \text{ Гкал/рік}.$$

Розрахунок річної економії витрат:

$$E = \Delta Q \cdot B,$$

$$E = 24,2 \cdot 1513,3 = 36\,621 \text{ грн.}$$

Розглянемо витрати на введення в експлуатацію.

Ціна 1 м² мінераловатної плити складає 150 грн., вартість склосітки на 1 м² становить 19,6 грн., а вартість штукатурки стін – 60 грн/м². Витрати на додаткові матеріали та вартість робіт становитиме 100 грн./м².

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	66

Загальна площа стін $F = 1\,026\text{ м}^2$. Тоді загальні витрати по впровадженню заходу дорівнюють:

$$K = (150 + 19,6 + 60 + 100) \cdot 1026 = 338169\text{ грн.}$$

Термін окупності заходу становить:

$$T_{\text{ок}} = 338169 / 36\,621 = 9,24\text{ року.}$$

Даний захід має досить великий термін окупності, але може бути рекомендованим для покращення умов праці у найбільш холодні місяці року.

7.4.3. МЕЗ №3 – Утеплення горища будівлі АПК теплоізоляційним матеріалом

В перекритті над неопалювальним горищем адміністративної будівлі є значні пошкодження, що призводить до протягів. Тому, пропонується утеплити горище теплоізоляційним матеріалом[8].

В якості теплової ізоляції пропонується використати мінераловатні плити двох видів виробника «Термолайф»: ТЛ Покрівля-В з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{із.}} = 0,038 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}$ товщиною $\delta_{\text{із.}} = 0,04\text{ м}$ та ТЛ Покрівля-Н з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{із.}} = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}$ товщиною $\delta_{\text{із.}} = 0,1\text{ м}$.

Схема утеплення перекриття над неопалювальним горищем мінеральною ватою показана на рис. 7.4.



Рис.7.4 – Схема утеплення плоскої покрівлі мінеральною ватою

Розрахунок річної економії енергії.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	67

За рахунок встановлення теплової ізоляції горища будівлі, коефіцієнт теплопередачі змінюється:

$$K_{у.д.} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн.}} + \frac{\delta_{зб.}}{\lambda_{зб.}} + \frac{\delta_{кб.}}{\lambda_{кб.}} + \frac{\delta_{із1.}}{\lambda_{із2.}} + \frac{\delta_{із2.}}{\lambda_{із2.}} + \frac{1}{\alpha_{з.}}},$$

$$K_{у.д.} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,25}{0,66} + \frac{0,04}{0,038} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{1}{23}} = 0,226 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Нові втрати через перекриття над неопалювальним горищем становитимуть:

$$\Delta Q_{д.} = (K_{д.} - K_{у.д.}) F_{д.} (t_{вн.} - t_{ср.о}) (1 + \Sigma \beta) n \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta Q_{д.} = (1,5 - 0,226) \cdot 504 \cdot (18 - (-0,1)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 44\,181 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} = 37,987 \text{ Гкал/рік}$$

Розрахунок річної економії витрат:

$$E = \Delta Q B,$$

$$E = 37,987 \cdot 1513,3 = 57\,485 \text{ грн.}$$

Витрати на введення в експлуатацію:

Ціна 1 м² мінераловатної плити ТЛ Покрівля-В складає 83,97 грн., а ТЛ Покрівля-Н – 130,81 грн. Витрати на додаткові матеріали та вартість робіт становитиме 150 грн./м².

Загальна площа даху F = 504 м². Тоді загальні витрати по впровадженню заходу дорівнюють:

$$K = (83,97 + 130,81 + 150) \cdot 504 = 183\,852 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності заходу:

$$T_{ок} = 183\,852 / 57\,485 = 3,2 \text{ роки.}$$

Даний МЕЗ є доцільним з достатньо невеликим терміном окупності.

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4.4. МЕЗ №4 - Встановлення теплових завіс.

У холодну пору року в приміщення крізь входні двері виробничих й інших будівель комплексу уривається холодне зовнішнє повітря. Це повітря охолоджує приміщення, викликає у працюючих захворювання, заважає виробничому процесу, вимагає додаткових витрат на опалення будівель. Для запобігання цьому, влаштовують повітряні теплові завіси.

Теплова завіса представляє собою повітряно-нагрівальний пристрій, призначення якого головним чином полягає у забезпеченні нормованої температури повітря у робочій зоні приміщення, в районі дверей або технологічних прорізів. Таку завісу можливо використовувати навіть влітку – повітряний струмінь допомагає утримувати прохолодне повітря, захищає від попадання комах та пилу.

Додаткові втрати теплової енергії крізь входні двері, що постійно відкриваються, складають до 8% витрат на обігрів приміщень, або:

$$Q_d = 248,058 \cdot 0,08 \cdot 0,2388 = 4,774 \text{ Гкал/рік.}$$

Зменшення величини теплових витрат через відкривання дверей внаслідок встановлення теплових завіс приймаємо на рівні 30% від загального обсягу додаткових витрат:

$$Q' = 4,774 \cdot 0,3 = 1,42 \text{ Гкал/рік}$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta W = 1,42 \cdot 1513,3 = 2151,4 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на введення в експлуатацію. Теплові завіси підключаються до центрального водяного опалення. Вартість теплових завіс «Тепломаш КЕВ - П5160А» з монтажними роботами для дверей АБК – 10 000 грн,

Тоді загальні витрати на введення в експлуатацію:

$$B = 10000 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T = 10000 / 2151,4 = 4,64 \text{ року.}$$

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зважаючи на середній термін окупності та позитивний вплив від встановлення теплових завіс на санітарні умови в приміщеннях, вважаємо проведення даного заходу доцільним.

В таблиці 7.6 наведені дані про економію теплової енергії в корпусі, яка може бути отримана в результаті впровадження розглянутих заходів.

Таблиця 7.6 – Можливі заходи з теплозбереження в будівлі АПК.

№	Назва заходу з теплозбереження	Вартість впровадження, тис.грн.	Річна економія, тис. грн.	Термін окупності, років
1	Заміна вікон	216,34	63,842	3,38
2	Встановлення утеплення на зовнішні стіни будівлі	338,169	36,621	9,24
3	Теплова завіса	10,0	2,15	4,64
4	Утеплення даху будівлі АПК теплоізоляційним матеріалом	183,852	57,485	3,2
	Всього	748,361	160,098	

Висновок.

Аналіз ефективності використання теплової енергії в будівлі АПК переробного комплексу дозволив виявити істотні резерви її підвищення та розробити конкретні заходи з економії теплової енергії, з річною економією 160 тис.грн.

ВИСНОВКИ

Розробка системи електропостачання переробного комплексу виконувалася виходячи з вимог безпечності експлуатації, надійності, економічності, зручності та забезпечення можливості подальшого розширення виробництва.

Виходячи з розрахункового максимуму навантаження, особливості розташування підприємства та враховуючи порівняння варіантів живлення комплексу на напругу 35 кВ та 10 кВ, було вирішено встановити на території підприємства РП напругою 10 кВ. Електропостачання ТП-1 - ТП-3 виконується по радіальній схемі від РП комплексу.

Побудовані графіки та картограма електричних навантажень, визначені основні показники системи електропостачання та місце встановлення розподільчого пункту. Досліджені режими реактивної потужності, що дозволило встановити на підприємстві конденсаторні устаткування ($Q_{\text{ку.10}} = 900$ квар; $Q_{\text{ку.0,4}} = 950$ квар.) для забезпечення вимог системи.

Виконано вибір потужності цехових ТП ($S_{\text{ном}} = 630$ кВА), прийняті до установки дві двотрансформаторні та одна одно трансформаторна підстанції.

Виконано розрахунок струмів КЗ. На базі цього вибрано високовольтне обладнання, кабельні лінії до цехових ТП, трансформатори струму та напруги.

У СР роботи проведено дослідження теплового стану будівлі адміністративно-побутового корпусу. Для оцінки ефективності використання теплової енергії виконані теплотехнічні розрахунки втрат теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, до яких відносяться такі конструктивні елементи будівлі, як стіни, фундамент, міжповерхові перекриття, перегородки, вікна, сходи та дах. Втрати теплоти через ОК склали 93,413 кВт.

Для визначення теплового балансу були також розраховані додаткові надходження теплоти, складовими яких є теплові надходження від людей, електрообладнання та сонячної радіації. Тоді, розрахункове споживання в АПК теплової енергії системою опалення склало 176,409 тис.кВт·год.

					Арк.
					71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

На підставі проведеного аналізу використання ТЕ в адміністративній будівлі ПРК, запропоновані певні теплозберігаючі заходи, впровадження яких дозволило отримати економічний ефект.

Серед запропонованих теплозберігаючих заходів: встановлення утеплення теплоізоляційним матеріалом зовнішніх стін та даху корпусу, заміна однокамерних вікон на двокамерні, встановлення теплової завіси.

Аналіз зазначених заходів показує, що найменший термін окупності (3,2 року) має утеплення даху будівлі та заміна вікон (3,38 року). Загальна річна економія при впровадженні цих заходів склала близько 160 тис.грн.

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / [Плешков П. Г., Орлович А. Ю., Серебренніков С. В., Бегун А. П., Різуненко А. О., Гарасьова Н. Ю., Зінзура В. В.] ;– Харків: ТОВ «Цифра Принт», 2018.– 242с.
2. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П. Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А.І., Величко Т.В., Плешков С.П.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т.- Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2021.-209 с.
3. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування.- Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2007.
4. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В. Навчальний посібник.Видавець Лисенко В.Ф.,м.Кропивницький, 2020р.–272 с.
5. 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.
6. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017 . -617 с.
7. Трансформатори ТМ-630/10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elektro-zavod.com.ua/>
8. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283
10. Вікна «Віконда» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vikonda.ua/>
- 11.Базальтова вата Termolife [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trivita.ua/ua/uteplyuvachi/bazaltovaya-vata/bazal-tovaja-vata-termolife>

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

ДОДАТОК А

Розрахунок силових електричних навантажень ПРК в мережі вище 1 кВ

Таблиця А.1 - Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ

Найменування підрозділу	п	Потужність ЕП, кВт		m	K_B	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Середнє навантаження кВт		n_e	КМ	Розрахункове навантаження, кВт		
		одного	всього					P_{3M}	Q_{3M}			P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>ТП-1</i>														
<i>1.Цех патрошіння</i>														
силове	23	2,2-15	256,2	>3	0,62	0,529	1,602	158,473	253,9	23	1	158,473	253,923	299,317
освітлювальне												6,912	3,318	
Всього по 0,4 кВ												165,385	257,241	305,818
<i>2.Вани охолодження</i>														
силове	15	1,6-7,5	61,3	>3	0,58	0,673	1,099	35,54	39,08	15	1	35,540	39,079	52,823
освітлювальне												4,147	1,991	
Всього по 0,4 кВ												39,687	41,069	57,112
<i>3. Приміщення камер охолодження</i>														
силове	12	0,8-7,5	56,2	>3	0,53	0,443	2,025	29,771	60,29	12	1,02	30,366	60,285	67,501
освітлювальне												1,037	0,498	
Всього по 0,4 кВ												31,403	60,783	68,416
<i>4. Лабораторія</i>														
силове	9	0,25-3	21	>3	0,65	0,780	0,802	13,58	10,89	9	1,005	13,648	10,885	17,457
освітлювальне												1,613	0,774	
Всього по 0,4 кВ												15,261	11,659	19,205
<i>5. Цех інжектування продуктів</i>														
силове	24	0,25-45	396,15	>3	0,55	0,75	0,88	209,96	184,8	18	1	209,960	184,764	279,680
освітлювальне												12,288	5,898	
Всього по 0,4 кВ												222,248	190,663	292,824
<i>6. Компресорна</i>														
силове	39	0,17-75	573,57	>3	0,54	0,804	0,741	310,895	230,2	18	1	310,895	230,207	386,848

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
освітлювальне												3,533	1,696	
Всього по 0,4 кВ												314,428	231,903	390,697
<i>7. Адміністрація</i>														
силове	106	0,025-3	96,305	>3	0,45	0,755	0,869	43,337	37,662	64	1	43,337	41,428	59,954
освітлювальне												9,677	16,741	
Всього по 0,4 кВ												53,014	58,169	78,703
<i>8. Камери охолодження готової продукції</i>														
силове	12	0,8-3,0	46,5	>3	0,53	0,443	2,025	24,6324	23,81	31	1	24,632	23,814	34,262
освітлювальне												1,382	2,392	
Всього по 0,4 кВ												26,015	26,205	36,926
Ітого по ТП-1														
силове	240	0,025-75	1507,23	>3	0,55	0,701	1,017	826,188	840,6	40	1	826,188	840,619	1178,66
освітлювальне												40,589	33,307	52,505
Всього на шинах 0,4 кВ												866,777	873,926	1230,87
<i>КУ 0,4 кВ</i>													-600	
<i>З врахуванням КУ 0,4 кВ</i>												866,777	273,926	909,031
<i>Втрати в ТР ТП-1</i>												11,588	58,750	
<i>Всього на шинах 10 кВ ТП-1</i>												878,365	332,676	939,255
<i>ТП-2</i>														
<i>9. Цех первинної обробки птиці</i>														
силове	54	0,16-15	258,27	>3	0,53	0,649	1,173	137,816	161,7	34	1	137,816	161,654	212,43
освітлювальне												8,748	4,199	
Всього по 0,4 кВ												146,564	165,853	221,332
<i>10. Їдальня</i>														
силове	61	0,3-30	408,08	>3	0,52	0,697	1,029	210,668	216,8	27	1	210,668	216,845	302,329
освітлювальне												2,231	3,860	
Всього по 0,4 кВ												359,462	386,558	527,864
<i>11. Санпропускник</i>														

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

76

Арк.

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
силове	2	0,75	1,5	1	0,6	0,75	0,882	0,9	0,794	2	1	0,9	0,794	1,2
освітлювальне												2,451	4,241	
Всього по 0,4 кВ												3,351	5,035	6,048
<i>12. Прийом птиці</i>														
силове	26	0,75-17	158,5	>3	0,65	0,863	0,586	102,582	60,09	19	1	102,582	60,093	118,887
освітлювальне												3,011	5,208	
Всього по 0,4 кВ												105,593	65,301	124,153
<i>13. Сепараторна</i>														
силове	15	0,3-15	388,4	>3	0,63	0,835	0,659	244,728	161,3	15	1,01	247,175	161,319	295,160
освітлювальне												2,203	1,058	
Всього по 0,4 кВ												249,378	162,376	297,583
<i>14.Приміщення збору лап</i>														
силове	6	0,5-5,5	36	>3	0,68	0,814	0,713	24,54	17,49	6	1,01	24,785	17,488	30,334
освітлювальне												1,037	0,498	
Всього по 0,4 кВ												25,822	17,986	31,469
<i>15.Приміщення збері- гання тари та піддонів</i>														
силове	5	0,31-1,5	4,2	>3	0,45	0,75	0,882	1,89	1,667	5	1,155	2,183	1,667	2,747
освітлювальне												5,299	2,544	
Всього по 0,4 кВ												7,482	4,210	8,585
Освітлення території												3,203	5,542	
<i>Ітого по ТП-2</i>														
силове	169	0,16-30	1254,95	>3	0,58	0,759	0,857	723,123	619,9	83	1	723,123	619,859	952,435
освітлювальне												28,183	27,148	
Всього на шинах 0,4 кВ												751,3067	647,007	991,504
КУ 0,4 кВ													-150	
З врахуванням КУ												751,307	497,007	900,821
Втрати в ТР ТП-2												11,429	58,102	
Всього на шинах 10 кВ ТП-2												762,736	555,109	943,352
<i>ТП-3</i>														
<i>16. РММ</i>														

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
силове	50	3,7-20	415,4	>3	0,16	0,49	1,797	67,46	121,2	42	1,135	76,567	121,220	143,376
освітлювальне												4,301	7,440	
Всього по 0,4 кВ												80,868	128,660	151,964
17. Гараж														
силове	7	4--20	66	>3	0,37	0,645	1,185	24,5	29,02	7	1,12	27,440	31,927	42,099
освітлювальне												3,011	5,208	
Всього по 0,4 кВ												30,451	37,135	48,024
18. Склад готової продукції														
силове	5	0,31-1,5	4,2	>3	0,45	0,75	0,882	1,89	1,667	5	0,155	0,293	1,834	1,857
освітлювальне												1,935	3,348	
Всього по 0,4 кВ												2,228	5,182	5,640
19. Камери охолодження														
силове														
освітлювальне	10	0,75-15	123,18	>3	0,81	0,822	0,694	99,519	69,08	10	1,07	106,485	75,993	130,821
Всього по 0,4 кВ												2,765	1,327	
20. Камери ШЗ 1												109,250	77,320	133,843
силове														
освітлювальне	8	0,8-7,5	46,4	>3	0,69	0,732	0,932	32,016	29,84	8	1,01	32,337	32,824	46,077
Всього по 0,4 кВ												16,339	12,417	20,522
21. Відпуск готової продукції														
силове	11	0,16-7	27,43	>3	0,47	0,773	0,819	12,932	10,59	8	1,08	13,966	11,652	18,188
освітлювальне												2,466	4,266	
Всього по 0,4 кВ												16,432	15,918	22,878
22. Виробнича дільниця напівфабрикатів														
силове	92	0,25-3	91,84	>3	0,62	0,705	1,006	56,854	57,22	16	1,21	68,793	57,220	89,48
освітлювальне												8,46	14,63	
Всього по 0,4 кВ												77,253	71,85	105,502
23. Камери ШЗ 2														
силове	7	0,84-2,2	12,42	>3	0,71	0,620	1,265	8,88	11,23	7	1,21	10,745	12,356	16,374

Apk.	79
------	----

ДОДАТОК Б

**Вибір кабельних ліній 10 кВ та високовольтного обладнання
розподільчого пристрою**

Таблиця Б.1 - Вибір кабельних ліній 10 кВ.

№ п/ч	Призначення кабелю, від-до	Навантаження				N	K _{ав}	K _п
		Нормальний режим		Аварійний режим				
		I _p ,А	S _p , кВА	I _p , А	S _p ,кВА			
1	С-РП	53,81	978,615	107,620	1957,2	2	1,25	0,9
2	РП-ТП 1	25,82	469,6275	51,646	939,26	1	1,25	0,9
3	РП-ТП 2	25,94	471,676	51,871	943,35	2	1,25	0,9
4	РП-ТП 3	27,823	506,01	27,823	506,01	2	1,25	0,9

Продовження таблиці Б.1.

Переріз, мм ²			Марка та переріз кабелю	Доп. струм, А	I _{ав} =K _{пх} K _{ав} I _{доп}	L, км
Фек.розр	Фек.станд.	F _{ту}				
38,436	50	70	ААШВ (3х70)	165	185,625	1,1
18,445	25	50	ААШВ (3х50)	140	157,5	0,105
18,525	25	50	ААШВ (3х50)	140	157,5	0,14
19,874	25	50	ААШВ (3х50)	140	157,5	0,02

Таблиця Б.2 - Вибір ввідних, секційних вимикачів.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
107,62 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
6,203 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
9,13 кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	39,6 кА
6,203 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
11,999 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
25,684 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	1200 кА ² · с

Таблиця Б.3 - Вибір вимикачів 10 кВ для відхідних ліній.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
34,64 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
6,203 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
9,13 кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 0,4) = 39,60$ кА
6,203 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
11,999 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
$21,562 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця Б.4 - Технічна характеристика КРП КУ-10.

Параметри	Каталожні дані
Номинальна напруга	10 кВ
Номинальний струм, А: Збірних шин	1000 А
Шафи	630А
Кількість і переріз силових кабелів, мм ²	4 (3x240)
Номинальний струм відключення, кА	31,5
Електродинамічна стійкість, кА	81
Тип привода до вимикача	Електромагнітний
Тип вимикача	ВР-1

Таблиця Б.5 - Розрахунок потужності споживачів власних потреб.

№ п/п	Споживач	n, шт	Встановлена потужність, кВт		cosφ/tgφ	P _{вст.}	Q _{вст.}
			P _{ном}	P _Σ			
1	Підігрів шаф КП	16	0,6	9,6	1/0	9,6	0
2	Опалення та освітлення приміщення	1	6	6	0,97/0,25	6	1,5
3	Навантаження оперативних ланцюгів	2	3	6	0,97/0,25	6	1,5
4	Зовнішнє освітлення	2	3	6	0,5/1,73	6	10,38
	Ітого					27,6	13,38

Таблиця Б.6 - Вибір трансформатора струму на вводах 10 кВ.

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри ТР
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
53,18 А	$I_{max} \leq I_{I ном}$	100 А
11,999 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	128 кА
$25,684 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	82

Таблиця Б.7 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник МТХ3G	0,2	3,6	-	3,6
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		4,1	-	3,6

Таблиця Б.8 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник активної та реактивної енергії МТХ3	2	6,0	-	6,0
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		12,5	-	12,0

Таблиця Б.9 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	Кількість	S, В·А	Загальна потужність	
				ΣP , Вт	ΣQ , вар
Вольтметр (шини 10кВ)	Е335	1	2	2	-
Лічильник на вводі	МТХ3G	1	3,6	3,3	1,4
Лічильник на відхідних лініях	МТХ3	3	2,4	6,99	1,15
Всього:				12,29	2,55