

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 ПЛЕШКОВ
“ ____ ” _____2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої
освіти
на тему
“Розроблення системи електропостачання
зернопереробного підприємства”

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи ЕЕ-20-ЗСК
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____Лагно І.В.
« ____ » _____2023р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____Андрій КОТИШ

« ____ » _____2023р.

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

Плешков П.Г.

«_____» _____ 2023 р.

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

Лагно Ігоря Вікторовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Розроблення системи електропостачання зернопереробного підприємства

Development of a power supply system for a grain processing enterprise

2. Керівник роботи (проекту)

Котиш Андрій Іванович, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Вступ; 1.Електричні навантаження; 2.Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки; 3.Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання; 4.Компенсація реактивної потужності; 5.Трансформаторні підстанції; 6.Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання; 7.Спеціальний розділ; Висновки; Перелік посилань.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>к.т.н., доц. Н. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>08.05.23</i>	
2	<i>Електричні навантаження</i>	<i>12.05.23.</i>	
3	<i>Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки</i>	<i>16.05.23.</i>	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	<i>19.05.23.</i>	
5	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>23.05.23.</i>	
6	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>25.05.23</i>	
7	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>27.05.23.</i>	
8	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>30.05.23.</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: с.; 13 рис.; 19 табл.; 10 джерел.

Лагно І.В. Розроблення системи електропостачання зернопереробного підприємства. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький, 2023 р.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування системи електропостачання. При цьому здійснюється вибір основного електрообладнання, вирішується питання компенсації реактивної потужності, різноманітні схемні рішення тощо.

У спеціальному розділі розглянуті процеси, що виникають при замиканнях на землю та запропоновано спеціальний пристрій, який здійснює захист людей чи тварин від небезпечних з точки зору уражень зазначених замикань.

Ключові слова: електричне навантаження, система електропостачання, електрична енергія, потужність, напруга, замикання на землю.

SUMMARY

Lagno I.V. Development of a power supply system for a grain processing enterprise. 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics" EPP, "Electric power, electrical engineering and electromechanics". Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi, 2023.

The purpose of the qualification work is the design of the power supply system. At the same time, the main electrical equipment is selected, the issue of reactive power compensation, various circuit solutions, etc. are resolved.

In a special section, the processes that occur during earth faults are considered and a special device is proposed that protects people or animals from dangerous damage from the mentioned faults.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Key words: electric load, power supply system, electric energy, power, voltage, ground fault.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Стор.

Вступ.....	
1. Електричні навантаження.....	
2. Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції).....	
3. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.....	
4. Компенсація реактивної потужності.....	
5. Трансформаторні підстанції.....	
6. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання	
7. Спеціальний розділ роботи.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	

					Випускна кваліфікаційна робота					
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис.	Дата						
Розроб.	Лагно				Розроблення системи електропостачання зернопереробного підприємства			Літ.	Аркуш	Аркушів
Переві	Котиш									
Н.контр.										
Затвер.	Плєшков									

ВСТУП

Зернопереробне підприємство, що розглядається в роботі представляє собою комплекс споруджень, до складу яких входять: робочі спорудження, пристрої для завантаження та розвантаження зерна, силосні корпуси, пристрої для сушки та інше. По суті це підприємство є сучасним елеватором.

Робоче спорудження представляє собою інженерну споруду, в якій зосереджено левову частку усіх виробничих механізмів, до складу яких входять: норії, конвеєри та візки конвеєрів, сушильні та очисні агрегати, поворотні круги, задвижне, клапанне, аспіраційне та інше обладнання.

За основу до проектування взято елеватор збірної конструкції типу ЛС-4×175-71 ємністю 73,3 тис. т., призначений для прийому зерна від зерноздатчиків, обробки, збереження і завантаження його на залізнодорожний транспорт.

Ємність елеватора складається із ємності чотирьох силосних корпусів СКС-3-96 по 18 тис.т, розположених по обидві сторони робочого спорудження, і накопичувальної ємності в робочому спорудженні - 5,3 тис.т.

Схемою технологічного процесу передбачено:

- прийом зерна із автомобілів та вагонів, очистка, сушка, погрузка зерна в вагони із його зважуванням;
- безперервне переміщення в складах і елеваторі (норії для піднімання в верх, стрічкові та інші транспонтери для горизонтального переміщення, самопливний транспорт і ін.);
- очистка від сторонніх домішок, сортування, калібрування по розмірам і покращення якості зерна, а для кукурузи ще й для обмолота початків;
- сушка зерна;
- визначення маси зерна;
- механізація відбору проб, виміри на відстанні температури, вологості та рівня насипу зерна, а також для передачі розпоряджень, документів, образців, дистанційного управління механізмами і машинами елеваторів;
- винищення шкідників хлібних запасів (стаціонарні установки для газування);

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- видалення пилю і запиленого повітря із машин, механізмів та приміщень і для очистки повітря (аспіраційні мережі з вентиляторами і пилевідокремлювачами).

Для прийому зерна з автомобільного транспорту передбачено приймальне спорудження на чотири проїзди, а для сушки зерна зерносушильний агрегат продуктивністю 70 т. за годину. Нещодавно встановлено дві зерноочисні машини нової конструкції продуктивністю 200 т. за годину кожна. Зерно на залізничний транспорт подають по двом лініям, що дає можливість одночасно завантажувати два вагони через люки в криші.

Управління електродвигунами та сигналізація про роботу машин, механізмів передбачено із центрального пульта, який розміщений на першому поверсі в з'єднувальній галереї між робочим спорудженням і силосним корпусом. У всіх корпусах діє дистанційний контроль температури зерна.

Зернопереробне підприємство належить до другої категорії по пожежо та вибухонебезпеці. Слід зазначити про безпеку праці на підприємстві, - вона налаштована на найвищий рівень. В обов'язковому порядку щонеділі керівництвом відводиться час на проведення занять по техніці безпечної експлуатації та ремонту електрообладнання та інших виробничих механізмів.

По безперебійності електропостачання підприємство відноситься до II категорії. Живлення може бути отримано від підстанції енергосистеми необмеженої потужності. На підстанції встановлено два трансформатори напругою 35/10 кВ. Трансформатори працюють окремо. Відстань від підстанції до підприємства 2500 м. В зв'язку із специфікою технологічного процесу підприємство працює в одну, дві та три зміни в залежності від сезону року та інших виробничих причин.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1. Визначення силових електричних навантажень в мережах до 1000 В.

При визначенні електричних навантажень в мережах напругою до 1000 В рекомендується застосовувати наступний порядок розрахунків:

а) по розрахунковому вузлу сумують кількість силових електроприймачів і їх номінальні потужності;

б) підсумовують середні активні і реактивні навантаження робочих електроприймачів;

в) визначають груповий коефіцієнт використання та його середньозважений коефіцієнт потужності;

г) визначають ефективну кількість електроприймачів вузла;

д) по кривим або ж по таблицям знаходять коефіцієнт максимуму і максимальне електричне навантаження силових електроприймачів;

е) при наявності в даному вузлі приймачів з постійним графіком визначають їх сумарну номінальну потужність і середнє навантаження;

ж) розрахункове силове навантаження по вузлу визначається як сума розрахункових навантажень електроприймачів із змінним графіком та середніх навантажень електроприймачів з постійним графіком.

Розрахункове активне навантаження групи ЕП або вузла навантаження визначають по формулі

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m, \quad (1.1)$$

де P_{cm} - середнє активне навантаження групи ЕП або вузла за найбільш завантажену зміну;

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_M - коефіцієнт максимуму навантаження.

Коефіцієнт K_M знаходимо по таблицям [1; 2] в залежності від значення групового коефіцієнта використання і ефективного числа ЕП в групі або в вузлі навантаження.

Груповий коефіцієнт використання визначаємо по формулі

$$K_H = \Sigma P_{cm} / \Sigma P_H, \quad (1.2)$$

де P_{cm} , P_H - відповідно середнє навантаження і встановлена потужність групи ЕП з однаковим режимом роботи, яке входить в склад розрахункового вузла; n - число груп ЕП з різними режимами роботи, які входять в склад навантажень розрахункового вузла.

Ефективне число ЕП в групі n_e визначається в залежності від значення K_H і відношення

$$m = P_{H \max} / P_{H \min}, \quad (1.3)$$

де $P_{H \max}$, $P_{H \min}$ - встановлена потужність відповідно найбільш і найменш потужного ЕП групи.

При $m \geq 3$, $K_H > 0,2$ значення n_e визначається по формулі

$$n_e = 2 \cdot \Sigma P_H / P_{H \max}, \quad (1.4)$$

Якщо знайдене по (1.4) число n_e виявиться більше дійсного числа ЕП групи n , то потрібно прийняти $n_e = n$.

Розрахункове реактивне навантаження групи ЕП або участка навантаження визначають по наступним формулам:

$$Q_p = Q_{cm}, \quad (1.5)$$

при $n_e > 10$;

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm}, \quad (1.6)$$

при $n_e \leq 10$,

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_{cm} - середнє реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну;

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.7)$$

Розрахунковий максимум навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.8)$$

При розрахунці навантажень ЕП тривалого режиму роботи, у яких $K_n > 0,6$ і коефіцієнт вмикання $K_v = 1$, значення K_m приймають рівним одиниці.

До таких ЕП можна віднести, наприклад, електродвигуни насосів водопостачання, вентиляторів, нерегульованих димососів, шарових мельниць, компресори, пічі опору та ін. В СЕПП вони утворюють цілу групу ЕП з практично постійним графіком навантаження.

Таким чином, маючи на увазі вищезазначене виконуємо розрахунок в мережі напругою до 1000 В табличним способом (таблиця 1.1).

1.2. Визначення освітлювальних навантажень.

На промислових підприємствах біля 10% спожитої енергії витрачається на електричне освітлення. Правильне виконання освітлювальних установок сприяє раціональному використанню електроенергії, покращує якість випускаючої продукції, підвищенні продуктивності праці, зменшені кількості аварій і випадків травматизму, зниженню стомлюваності робітників.

Проектування освітлювальних установок полягає в розробці світлотехнічного і електричного розділів проекту.

Електрична частина проекту включає в себе вибір схем живлення освітлювальних установок, раціональної напруги, переріз і марки проводів, спосіб прокладки мережі.

Розрахунок освітлювальних навантажень виконуємо по питомій потужності освітлювального навантаження на одиницю корисної площі виробничого приміщення.

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 1.1.

Розрахунок електричних навантажень в мережі до 1000 В.

Найменування вузла навантаження	Кількість ЕС	Устан. об'єктів	потужність ЕС, кВт	м	Кл	сов	tan	Середнє навантаження		п	Кл	Розрахунок навантаження, кВт				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Елеватор (8 поверх)																
Норія№4	4	30	120			0,68	0,82	0,70	81,60	56,96				62,65		
Аспирація№66	4	7,5	30			0,68	0,75	0,88	20,40	17,99				19,79		
Вентилятори	2	22	44			0,79	0,79	0,78	34,76	26,98				29,67		
Всього по 8 поверху	10	7,5-40	194	5		0,70495	0,80181	0,745	136,76	101,925	10	1,09	149,1	112,1 186,5		
Елеватор (7 поверх)																
Зерноочисна машина №1																
Привод барабана	2	4	8			0,79	0,74	0,91	6,32	5,74				6,32		
Пилосовий шнек	1	0,55	0,55			0,79	0,76	0,86	0,43	0,37				0,41		
Шнековий затвор	1	0,75	0,75			0,79	0,73	0,94	0,59	0,55				0,61		
Привод клапанних механізмів	4	0,25	1			0,79	0,66	1,14	0,79	0,90				0,99		
Зерноочисна машина №2																
Пилосовий шнек	1	0,55	0,55			0,79	0,76	0,86	0,43	0,37				0,41		
Шнековий затвор	1	0,75	0,75			0,79	0,73	0,94	0,59	0,55				0,61		
Всього по 7 поверху	10	0,55-4	11,6	16		0,79	0,73332	0,927	9,164	8,496235	10	1,09	9,2609	9,345859 13,157		
Елеватор (6 поверх)																
Поворотні круги	4	1,1	4,4			0,11	0,65	1,17	0,48	0,57				0,62		
Аспирація	2	7,5	15			0,79	0,73	0,94	11,85	11,09				12,20		
Компресор	1	2,2	2,2			0,40	0,77	0,83	0,88	0,73				0,80		
Центрі вхідних	1	2,2	2,2			0,83	0,69	1,05	1,83	1,92				2,11		
Всього по 6 поверху	8	1,1-7,5	23,8	3		0,63193	0,72459	0,951	15,04	14,30484	8	1,09	16,3936	15,73532 22,723		
Елеватор (5 поверх)																
Центрі	2	11	22			0,68	0,74	0,9089	14,96	13,60				14,957322		
Аспирація№66	2	7,5	15			0,68	0,75	0,88	10,20	9,00				9,90		
Норія 100	2	11	22			0,68	0,79	0,78	14,96	11,61				12,77		
Норія 450	1	40	40			0,68	0,79	0,78	27,20	21,11				23,22		
Конвеєри	3	15	45			0,68	0,77	0,83	30,60	25,36				27,69		
Аспирація	2	7,5	15			0,68	0,75	0,88	10,20	9,00				9,90		
Візок конвеєра	3	2,2	6,6			0,09	0,66	1,14	0,59	0,68				0,74		
Доп Конвеєр	3	15	45			0,68	0,77	0,83	30,60	25,36				27,69		
Візок доп. конвеєра	3	2,2	6,6			0,09	0,66	1,14	0,59	0,68				0,74		
Конвеєр№19	1	7,5	7,5			0,68	0,77	0,83	5,10	4,23				4,65		
Конвеєр№20	1	5	5			0,68	0,77	0,83	3,40	2,82				3,10		
Всього по 5 поверху	21	2,2-40	225,7	3		0,61767	0,77571	0,814	139,408	113,4161	24	1,11	154,74	113,42 191,86		
Підвал елеватора																
Конвеєр№5	5	7,5-15	44			0,31	0,77	0,83	13,64	11,30				12,43		
Конвеєр№12	1	3-4	7			0,31	0,67	1,11	2,17	2,40				2,64		
Всього по підвалу	4	3-15	47	3		0,33638	0,75557	0,867	15,81	13,70686	6	1,09	17,23	1,08 17,27		
Котельня																
Насоси	2	15	30			0,59	0,77	0,8286	17,7	14,67						
Всього по котельній	2	15	30	3		0,59	0,77	0,8286	17,7	14,66672	2	1,26	22,30	16,13 27,53		
Каналізація																
Насоси	2	7,5	15			0,41	0,77	0,8286	6,15	5,10						
Всього по каналізації	2	7,5	15	3		0,41	0,77	0,8286	6,15	5,10	2	1,26	7,75	5,61 9,56		
Насосна																
Центрі	1	11	11	3		0,59	0,82	0,698	6,49	4,530048	1	1,24	8,05	4,98 9,47		
Електроцех																
Зварювальний трансформатор	1	4	4			0,35	0,65	1,17	1,40	1,84				1,80		
Болгарка	2	2,2	4,4			0,15	0,73	0,94	0,66	0,62				0,68		
Дрель	2	0,75	1,5			0,15	0,67	1,11	0,23	0,25				0,27		
Всього по електроцеху	5	0,75-4	9,9	3		0,23081	0,67	1,096	2,285	2,503993	5	1,21	2,76	2,75 3,90		
Слюсарна майстерня																
Токарний станок	3	0,75-2,2	5,15			0,42	0,67	1,11	2,16	2,40				2,64		
Тошило	2	1,1-4	5,1			0,15	0,67	1,11	0,77	0,85				0,93		
Всього по майстерні	5	0,75-4	10,25	3		0,28566	0,67	1,108	2,928	3,244229	5	1,21	3,54	3,57 5,03		
Елеватор (автоприймю)																
Підвалі парі	4	11	44			0,52	0,79	0,78	22,88	17,76				19,53		
Конвеєри	5	7,5-22	49			0,78	0,74	0,91	38,22	34,74				38,21		
Центрі	4	2,5-5,5	25			0,78	0,72	0,96	19,50	18,80				20,67		
Аспирація№132	1	7,5	7,5			0,78	0,72	0,96	5,85	5,64				6,20		
Аспирація№123	1	7,5	7,5			0,78	0,72	0,96	5,85	5,64				6,20		
Всього по автоприймю	15	7,5-22	133	3		0,69398	0,74531	0,895	92,3	82,56826	14	1,09	100,61	82,57 130,15		
Сушарка ДСП-32																
Вентилятори гарячої зони	1	30	30			0,47	0,79	0,78	14,10	10,94				12,04		
Вентилятори холодної зони	1	55	55			0,47	0,82	0,70	25,85	18,04				19,85		
КЕП	1	1,1	1,1			0,47	0,64	1,20	0,52	0,62				0,68		
Норія 100	1	11	11			0,47	0,76	0,86	5,17	4,42				4,86		
ВВД	1	7,5	7,5			0,47	0,76	0,86	3,53	3,01				3,32		
Всього по сушарці	5	1,1-55	104,6	3		0,47	0,79886	0,753	49,162	37,04254	5	1,25	61,45	40,75 73,73		
Сушарка LAM																
Вентилятори верхні	1	22	22			0,63	0,79	0,78	13,86	10,76				11,83		
Вентилятори нижні	1	29	29			0,63	0,79	0,78	18,27	14,18				15,60		
Вентилятори газової установи	1	2,2	2,2			0,63	0,69	1,05	1,39	1,45				1,60		
Компресор	1	3	3			0,63	0,72	0,96	1,89	1,82				2,00		
Всього по сушарці	4	2,2-29	56,2	3		0,63	0,78209	0,797	35,406	28,21119	4	1,09	38,59	31,03 49,52		
Ліфт																
Всього по елеватору	97	0,25-40	868,05			0,6073	0,77558	0,813	527,183	428,787	86	1,12	590,4	428,79 729,71		
Склад №1																
Норія 100	1	30	30			0,54	0,79	0,78	16,20	12,57				13,83		
Стрічковий конвеєр	1	15	15			0,54	0,74	0,91	8,10	7,36				8,10		
ГУАР 30	1	22	22			0,54	0,77	0,83	11,88	9,84				10,83		
Всього по складу №1	3	15-30	67	3		0,53	0,7721	0,823	36,18	29,77899	3	1,18	42,7	32,8 53,8		
Склад №5																
Норія 100	1	30	30			0,54	0,79	0,7761	16,20	12,57				13,8		
Стрічковий конвеєр	1	15	15			0,54	0,74	0,9089	8,10	7,36				8,1		
ГУАР 30	1	22	22			0,54	0,77	0,8286	11,88	9,84				10,8		
Всього по складу №5	3	15-30	67	3		0,53	0,7721	0,823	36,18	29,77899	3	1,18	42,7	32,8 53,8		
Склад №6																
Норія 100	1	30	30			0,54	0,79	0,7761	16,20	12,57				13,8		
Стрічковий конвеєр	1	15	15			0,54	0,74	0,9089	8,10	7,36				8,1		
ГУАР 30	1	22	22			0,54	0,77	0,8286	11,88	9,84				10,8		
Всього по складу №6	3	15-30	67	3		0,53	0,7723	0,829	36,51	29,77899	3	1,18	41,9	32,8 53,2		
Склад №7																
Норія 100	1	30	30			0,54	0,79	0,7761	16,20	12,57				13,8		
Стрічковий конвеєр	1	15	15			0,54	0,74	0,9089	8,10	7,36				8,1		
ГУАР 30	1	22	22			0,54	0,77	0,8286	11,88	9,84				10,8		
Всього по складу №7	3	15-30	67	3		0,53	0,7721	0,823	36,18	29,77899	3	1,18	42,7	32,8 53,8		
Склад №8																
Норія 100	1	30	30			0,54	0,74	0,91	16,20	14,72				16,20		
Стрічковий конвеєр	1	15	15			0,54	0,73	0,94	8,10	7,58				8,34		
ГУАР 30	1	22	22			0,54	0,76	0,86	11,88	10,16				11,18		
ДКУ	2	30	60			0,48	0,77	0,83	28,80	23,81				26,25		
Всього по складу №8	5	15-30	127	3		0,51165	0,7556	0,867	64,98	56,33191	5	1,18	76,68	61,97 98,58		
Автоприймю участка №2																
Норія 100	1	30	30			0,54	0,79	0,78	16,20	12,57				13,83		
ГУАР 30	1	22	22			0,54	0,77	0,83	11,88	9,84				10,83		
Стрічковий конвеєр	1	7,5	7,5			0,54	0,77	0,83	4,05	3,36				3,69		
Центрі	1	7,5	7,5			0,54	0,77	0,83	4,05	3,36				3,69		
Всього по автоприймю №2	4	7,5-30	67	3		0,54	0,77893	0,805	36,18	29,12857	4	1,18	42,69	32,04 53,38		
Сушарка ДСП-32																
Вентилятори гарячої зони	1	30	30			0,47	0,79	0,78	14,10	10,94				12,04		
Вентилятори холодної зони	1	55	55			0,47	0,82	0,70	25,85	18,04				19,85		
КЕП	1	1,1	1,1			0,47	0,64	1,20	0,52	0,62				0,68		
Норія 100	1	11	11			0,47	0,76	0,86	5,17	4,42				4,86		
ВВД	1	7,5	7,5			0,47	0,76	0,86	3,53	3,01				3,32		
Всього по сушарці	5	1,1-55	104,6	3		0,47	0,79886	0,753	49,162	37,04254	5	1,25	61,45	40,75 73,73		
Механізми ПМ																
Транспортер бм	3	5,5	16,5			0,41	0,69	1,05	6,77	7,10				7,81		
Транспортер 10м	3	7,5	22,5			0,41	0,71	0,99	9,23	9,15				10,06		
Транспортер 15м	3	7,5	22,5			0,41	0,71	0,99	9,23	9,15				10,06		
Шнек 11м	3	2,2	6,6			0,41	0,77	0,83	27,06	22,42				24,00		
Шнек короткий	3	4	12			0,41	0,71									

Установлена потужність освітлювальних ЕП, кВт:

$$P_y = p_o \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (1.9)$$

де p_o - питома потужність освітлювального навантаження, Вт/м² ; F - площа виробничого приміщення, м².

Розрахункова потужність освітлювальних ЕП, кВт:

$$P_p = K_c \cdot P_y, \quad (1.10)$$

де K_c - коефіцієнт спросу освітлювального навантаження.

Для освітлювальних установок з газорозрядними лампами розрахункове реактивне навантаження визначаємо по формулі

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.11)$$

Для освітлення виробничих приміщень та території підприємства приймаємо газорозрядні лампи типу ДРЛ. Для освітлення адміністративного та побутового приміщень - люмінесцентні лампи типу ЛБУ-30 (тип світильника ЛБ/ЛД). По причині відносно невисоких виробничих приміщень приймаємо найменш потужну лампу ДРЛ, що випускається промисловістю.

Таким чином, користуючись вищезазначеним виконуємо розрахунок освітлювального навантаження табличним способом (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювального навантаження

№	Найменування	F, м ²	P _o , Вт/м ²	P _в , кВт	Q _в , квар	K _с	tgφ	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Елеватор	11594	10	115,91	200,53	0,8	1,73	92,74	160,42	185,3
2	Автоприйм	450	8	3,60	1,74	0,8	1,73	2,88	1,39	3,20
3	Котельня	131	8	1,04	1,80	0,8	1,73	0,83	1,44	1,66
										Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

4	Каналізація	32	10	0,31	0,54	0,8	1,73	0,25	0,43	0,50
5	Насосна	20	8	0,16	0,27	0,8	1,73	0,13	0,22	0,25
6	Електроцех	62	12	0,74	1,29	0,8	1,73	0,59	1,03	1,19
7	Слюсарна майстерня	74	12	0,88	1,53	0,8	1,73	0,70	1,22	1,41
8	Залізнодорожний прийм	480	8	3,85	6,67	0,8	1,73	3,08	5,32	6,14
9	Зерносклад №1	750	6	4,50	7,80	0,8	1,73	3,60	6,24	7,20
10	Зерносклад №5	750	6	4,50	7,81	0,8	1,73	3,61	6,24	7,20
11	Зерносклад №6	750	6	4,50	7,81	0,8	1,73	3,60	6,24	7,20
12	Зерносклад №7	900	6	5,40	9,35	0,8	1,73	4,31	7,48	8,65
13	Зерносклади №2-4,8	9600	6	57,6	99,75	0,8	1,73	46,08	79,81	92,16
14	Плотня	92	14	1,28	0,63	0,8	0,49	1,02	0,50	1,14
15	Важільня	215	6	1,28	2,21	0,8	1,73	1,03	1,78	2,05
16	Прохідна	27	10	0,26	0,46	0,85	1,73	0,23	0,39	0,45
17	Габаритне та прожекторне	824	12	9,9	17,15	0,8	1,73	7,92	13,72	15,84
18	Територія підприємства	81814	0,22	18,00	31,17	0,5	1,73	9,00	15,6	18,00
19	Пожежне депо	107	10	1,06	1,84	0,8	1,73	0,85	1,47	1,70
20	Побутовий корпус	515	14	7,20	3,47	0,85	0,48	6,12	2,96	6,80
21	Заводоуправління	660	14	9,22	4,45	0,85	0,48	7,83	3,79	8,70
	Всього							196,5	317,7	373,5

1.3. Визначення електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

При визначенні навантаження в мережі напругою вище 1000 в розрахунковими вузлами навантаження є шини 10 кВ ТП, тому перед початком розрахунку необхідно перш за все визначити кількість ТП, потужність трансформаторів і їх розміщення на території підприємства. Для визначення кількості ТП, числа і потужності їх трансформаторів та місця розміщення використовують картограму навантаження. На основі картограм навантаження визначають схеми живлення цехів де установка власних ТП вважається нераціональною і їх живлення може бути здійснено напругою 0,4 кВ від ТП сусідніх цехів при умові, що відхилення напруги на зажимах ЕП не перевищують значень, встановлених ДЕСТ-13109-67. Зазвичай до таких цехів відносять цехи з розрахунковим навантаженням не більше 250...300 кВА при їх віддаленості від ТП сусідніх цехів не більше чим на 50...80 м.

Втрати в трансформаторах приймають по розрахунковим кривим або визначають по формулам

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_x + \Delta P_k \cdot k_3^2); \quad (1.12)$$

$$\Delta Q = n \cdot (I_x \cdot S_{\text{ном}} / 100 + U_k \cdot S_{\text{ном}} \cdot k_3^2), \quad (1.13)$$

де n - число трансформаторів; ΔP_x , ΔP_k - втрати відповідно х.х. і КЗ, кВт; I_x - струм х.х., U_k - напруга КЗ, %; $S_{\text{ном}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА; k_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора, $k_3 = S_{\text{розрах}} / S_{\text{ном}}$; $S_{\text{розрах}}$ - розрахункове навантаження на трансформатор;

Навантаження в цілому по підприємству визначається таким самим чином як і навантаження окремих ТП. Якщо в склад вузла навантаження входять синхронні двигуни або батареї конденсаторів для підвищення коефіцієнта потужності, то їх реактивне навантаження при розрахунку приймаємо із знаком " - ".

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, виконуємо розрахунок табличним способом. Розрахунок
приведено в таблиці 1.3.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3.

Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою вище 1000 В.

Найменування вузлів навантаження	Кількість ЕС	Устан. потужність ЕС,кВт		м	Ки	cos	tan	Середнє навантаження,кВт		P _г	Km	Розрахункове навантаження, кВт													
		одного	сумарна					P _{ср}	Q _{ср}			P _p	Q _p	S _p											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15											
Елеватор																									
силове освітлення	92	0,25-40	1009,55		0,59	0,7738	0,81857	358,092	293,125	86	1,12	401,06	293,13												
Всього по елеватору												92,74	160,43												
												493,80	453,56	670,49											
Сушарка ДСП-32																									
силове	5	1,1-55	104,6		0,47	0,7987	0,75343	49,162	37,04	5	1,25	61,45	40,74	73,73											
Всього по сушарці												5	1,25	61,45	40,74	73,73									
Сушарка LAW																									
силове	4	2,2-29	56,2		0,63	0,7821	0,79676	35,406	28,21	4	1,25	44,26	31,03	54,05											
Всього по сушарці LAW												4	1,25	44,26	31,03	54,05									
Автоприйом																									
силове освітлення	14	7,5-22	192		0,59	0,7521	0,87618	126,88	111,17	12	1,15	145,91	111,17												
Всього по автоприймому												2,88	1,39												
												148,79	112,56	186,57											
Котельня																									
силове освітлення	2	15	30		0,59	0,7699	0,82881	17,7	14,67	2	1,15	20,36	14,67												
Всього по котельній												0,83	1,44												
												21,19	16,11	26,62											
Каналізація																									
силове освітлення	2	7,5	15		0,41	0,7704	0,82764	6,15	5,09	2	1,26	7,75	5,09												
Всього по каналізації												0,25	0,43												
												8,00	5,52	9,72											
Насосна																									
силове освітлення	1	11	11		0,59	0,82	0,698	6,49	4,53	1	1,32	8,57	4,53												
Всього по насосній												0,13	0,22												
												8,69	4,75	9,90											
Електроцех																									
силове освітлення	5	0,75-4	9,9		0,23	0,6747	1,09409	2,285	2,5	5	1,15	2,63	2,50												
Всього по електроцеху												0,59	1,03												
												3,22	3,53	4,78											
Слюсарна майстерня																									
силове освітлення	5	0,75-4	10,25		0,286	0,6709	1,10524	2,9315	3,24	5	1,15	3,37	3,24												
Всього по слюсарній майстерні												0,70	1,22												
												4,08	4,46	6,04											
Залізнодорожний прийом																									
силове освітлення	12	1,1-22	114,2		0,659	0,7617	0,85054	75,2578	64,01	12	1,1	82,78	64,01												
Всього по з. д. прийому												3,08	5,33												
												85,86	69,34	110,36											
Всього												879,34	669,82	1105,4											
Втрати в ТП 2*630												12,33	59,16												
КП 0,4 кВ													-100,00												
Всього на шинах 10кВ ТП №1												891,67	628,98	1091,2											
Зерносклад №1																									
силове освітлення	3	15-30	67		0,54	0,7722	0,82283	36,18	29,77	3	1,12	40,52	29,77												
Всього по зерноскладу №1												3,60	6,24												
												44,12	36,01	56,95											
Зерносклад №5																									
силове освітлення	3	15-30	67		0,54	0,7722	0,82283	36,18	29,77	3	1,12	40,52	29,77												
Всього по зерноскладу №5												3,60	6,24												
												44,12	36,01	56,95											
Зерносклад №6																									
силове освітлення	3	15-30	67		0,54	0,7722	0,82283	36,18	29,77	3	1,12	40,52	29,77												
Всього по зерноскладу №6												3,60	6,24												
												44,12	36,01	56,95											
Зерносклад №7																									
силове освітлення	3	15-30	67		0,54	0,7722	0,82283	36,18	29,77	3	1,12	40,52	29,77												
Всього по зерноскладу №7												3,60	6,24												
												44,12	36,01	56,95											
Зерносклад №8																									
силове освітлення	5	15-30	127		0,511	0,7552	0,86799	64,897	56,33	5	1,12	72,68	56,33												
Всього по зерноскладу №8												4,32	7,48												
												77,00	63,81	100,01											
Зерносклади №2-4																									
освітлення												46,08	79,81												
Всього по зерноскладах №2-4												46,08	79,81												
Сушилка ДСП-32																									
силове	5	1,1-55	104,6		0,47	0,7987	0,75343	49,162	37,04	5	1,25	61,45	40,74	73,73											
Всього по сушарці												5	1,25	61,45	40,74	73,73									
Механізми ПМ																									
силове	43	1,1-22	370,4		0,387	0,7392	0,91118	152,45	138,91	41	1,09	166,17	138,91	216,58											
Всього по механ. передв. механізації												166,17	138,91	216,58											
Сепаратор БЦС																									
силове	8	1,5-30	86		0,57	0,7482	0,88678	49,02	43,47	8	1,1	53,92	43,47	69,26											
Всього по сепаратору												53,92	43,47	69,26											
Плотня																									
силове освітлення	9	2,2-4	47,2		0,391	0,6807	1,07612	18,4552	19,86	9	1,15	21,22	21,85												
Всього по плотні												1,02	0,50												
												22,25	22,35	31,53											
Важільня																									
освітлення												1,03	1,78												
Всього по важільній												1,03	1,78	2,05											
Прохідна																									
освітлення												0,23	0,39												
Всього по прохідній												0,23	0,39	0,45											
Габаритне та прожекторне																									
освітлення												7,92	13,72												
Всього по габаритному та прожект. освітл.												7,92	13,72	15,84											
Територія підприємства																									
освітлення												9,00	15,59												
Всього по підприємству												9,00	15,59	18,00											
Пожежне депо																									
освітлення												0,85	1,47												
Всього по пожежному депо												0,85	1,47	1,70											
Побутовий корпус																									
освітлення												6,12	2,96												
Всього по побутовому корпусі												6,12	2,96	6,80											
Заводоуправління																									
освітлення												7,83	3,79												
Всього по заводууправлінні												7,8336	3,794	8,70401											
Всього												98	1,1-55	1184,4	3	0,49	0,71	0,985	577,759	568,847	79	1,1	629,76	568,847	848,63
Втрати в ТП 2*630												10	52												
КП 0,4 кВ													-100												
Всього на шинах 10кВ ТП №2												639	521	825											
Всього по підп-ву												1531	1150	1915											
силове освітлення	195	0,25-40	2045	160	0,542	0,7655	0,84051	1109,3	932,40	102	1,088	1207,0	932,4	1525,2											
Втрати в ТП 4*630												196,4	317,7												
												22,3	111,0												
												2	1100												
Всього по підприємству на шинах 10 кВ												1426	261	1449											

1.4 Графіки електричних навантажень

При виконанні ряду розрахунків кваліфікаційної роботи необхідні дані, які визначають по графікам електричних навантажень. Для цього в проекті виконуємо побудову добових графіків по активній та реактивній потужностях за різними сезонами навантаження за причинами технологічних особливостей підприємства (в нашому випадку це осінній та весняний). Також будуємо річний графік активного навантаження за тривалістю. Побудову графіків виконуємо на основі характерних графіків електричних навантажень які було досліджено та отримано за час проходження переддипломної практики на підприємстві.

На основі річного графіка визначаємо річну витрату активної енергії, час використання максимального навантаження і максимальних втрат.

Отже, річна витрата активної енергії, кВт · год:

$$W_p = \sum P_i \cdot t_i = 6609879 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (1.14)$$

де P_i - ордината i -ї ступені графіка, кВт; t_i - тривалість i -ї ступені, год. Значення W_p визначаємо за допомогою ПК в виду великої кількості P_i та t_i .

Час використання максимального навантаження, год:

$$T_m = W_p / P_p = 6609879 / 1533 = 3247,972 \text{ год}, \quad (1.15)$$

де P_p - розрахункове навантаження підприємства.

Визначимо час використання максимальних втрат, год:

$$\tau = (0,124 + T_m / 10^4)^2 \cdot 8760 = 1764,43 \text{ год} \quad (1.16)$$

На рис.1.1-1.5 побудовано графіки електричних навантажень активної та реактивної енергії за осінню та весняну добу і річний графік навантаження за тривалістю.

Таблиця 1.4. Дані для побудови зимових добових графіків

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Години	P, %	P _p	P _в	Q, %	Q _p	Q _в
1	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2
2	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2
3	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2
4	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2
5	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2
6	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2
7	33	202,3	172,0	30	162,3	138,0
8	22	134,9	114,6	21	113,6	96,6
9	89	539,6	458,6	96	519,5	441,6
10	100	613,2	521,2	91	492,4	418,6
11	44	269,8	229,3	96	519,5	441,6
12	67	404,7	344,0	46	248,9	211,6
13	89	539,6	458,6	64	346,3	294,4
14	100	613,2	521,2	86	460,0	391,0
15	78	472,1	401,3	100	541,2	460,0
16	67	404,7	344,0	79	422,1	358,8
17	61	374,0	317,9	64	346,3	294,4
18	61	374,0	317,9	68	362,6	308,2
19	44	269,8	229,3	61	324,7	276,0

20	67	404,7	344,0	46	248,9	211,6
21	72	441,5	375,2	64	346,3	294,4
22	61	374,0	317,9	68	362,6	308,2
23	74	459,9	390,9	61	324,7	276,0
24	56	337,2	286,6	57	308,4	262,2

Таблиця 1.5. Дані для побудови літніх добових графіків

Години	P, %	Pp	Pв	Q, %	Qp	Qв
1	47	286,6	243,7	49	262,2	222,9
2	47	286,6	243,7	49	262,2	222,9
3	47	286,6	243,7	49	262,2	222,9
4	47	286,6	243,7	49	262,2	222,9
5	47	286,6	243,7	49	262,2	222,9
6	47	286,6	243,7	49	262,2	222,9
7	28	172,0	146,2	26	138,0	117,3
8	19	114,6	97,5	18	96,6	82,1
9	76	458,6	389,9	82	441,6	375,4
10	85	521,2	443,0	78	418,6	355,8
11	38	229,3	194,9	82	441,6	375,4

12	57	344,0	292,4	39	211,6	179,9
13	76	458,6	389,9	55	294,4	250,3
14	85	521,2	443,0	73	391,0	332,4
15	66	401,3	341,1	85	460,0	391,0
16	57	344,01	292,4	67	358,82	305,0
17	52	317,9	270,3	55	294,4	250,3
18	52	317,9	270,3	58	308,2	262,0
19	38	229,3	194,9	52	276,0	234,6
20	57	344,0	292,4	39	211,6	179,9
21	61	375,2	319,0	55	294,4	250,3
22	52	317,9	270,3	58	308,2	262,0
23	63	390,9	332,3	52	276,0	234,6
24	48	286,6	243,7	48	262,2	222,9

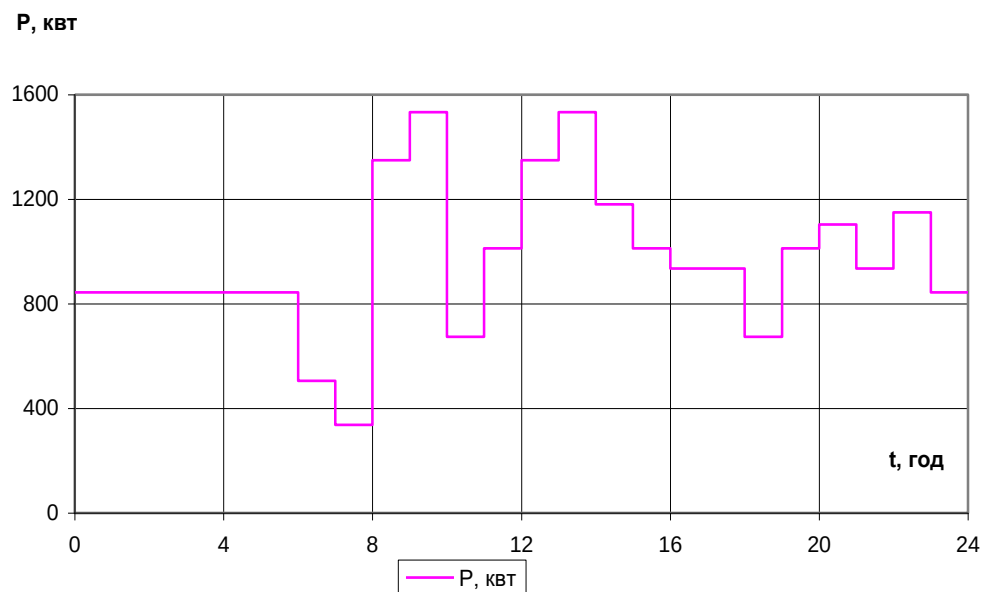


Рис.1.1. Добовий графік навантаження по активній потужності за осінній робочий день

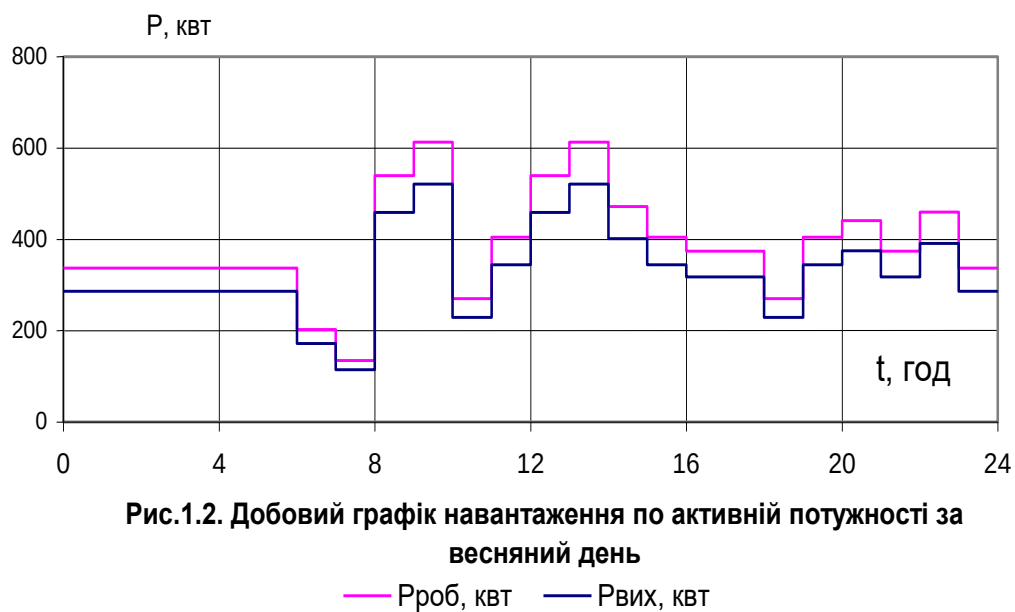


Рис.1.2. Добовий графік навантаження по активній потужності за весняний день

Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Арк.

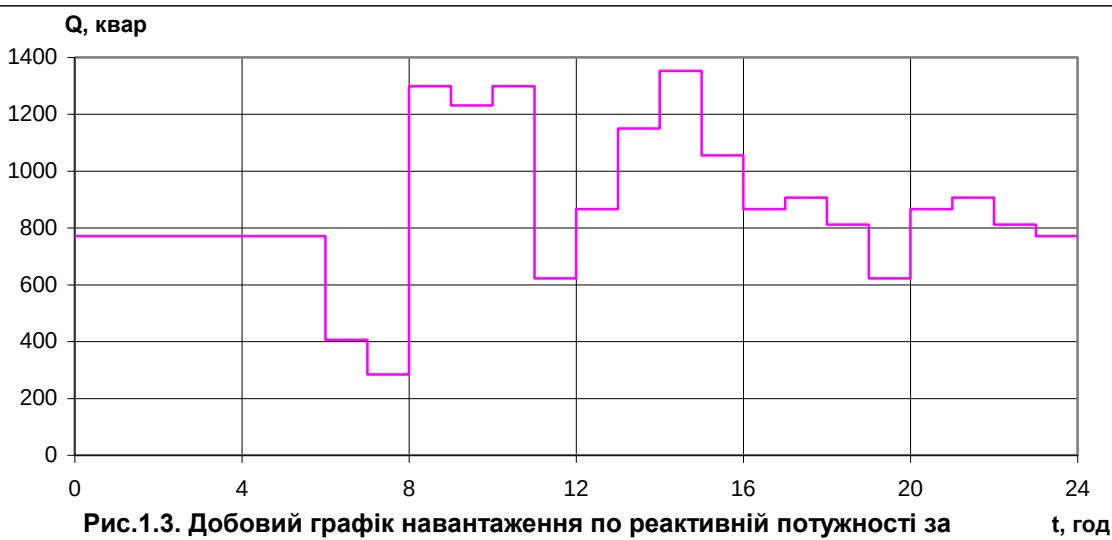


Рис.1.3. Добовий графік навантаження по реактивній потужності за осінній робочий день

— Q,квар

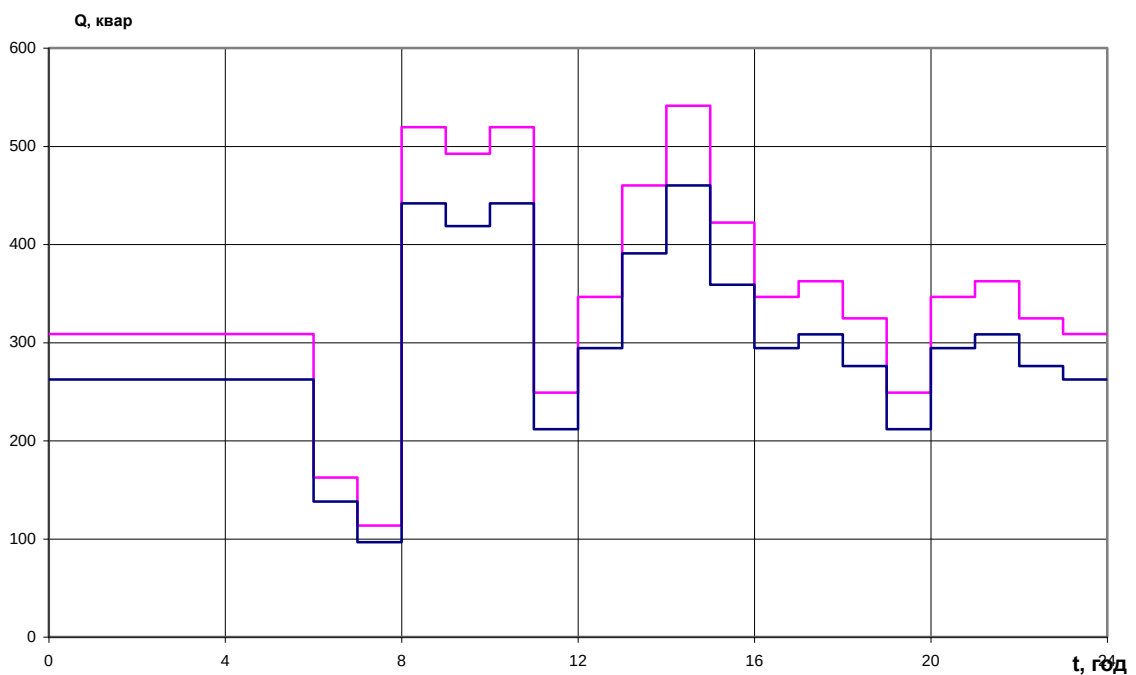


Рис.1.4. Добовий графік навантаження по реактивній потужності за весняний день

— Qроб,квар — Qвих,квар

Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Арк.

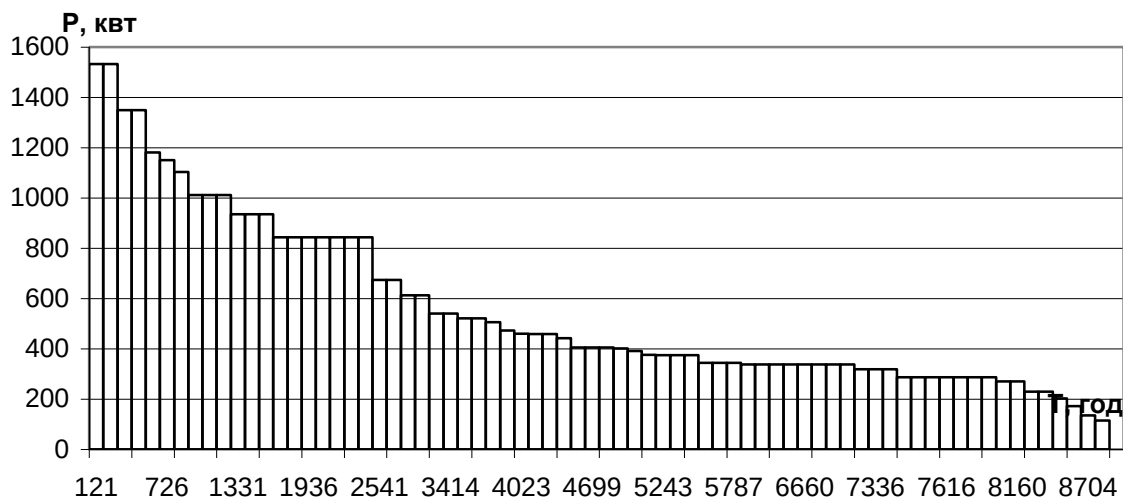


Рис.1.5. Річний графік навантаження за тривалістю

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

У зв'язку з відносно невеликою потужністю розглянутого підприємства приходимо до висновку про недоцільність встановлення головної понижувальної підстанції, а тому надалі будемо використовувати результати побудови картограм електричних навантажень для двох КТП 10/0,4 кВ. Картограму електричних навантажень наносимо на генеральний план для визначення їх місця розташування. При побудові картограми для кожного енергоємнісного об'єкту визначаємо радіус кола, площа якого у вибраному масштабі рівна розрахунковому навантаженню об'єкту P_p .

Радіус кола визначаємо по виразу

$$R = \sqrt{P_o \cdot \pi \cdot m}, \quad (2.1)$$

де m - масштаб кола, кВт/мм².

Зазвичай ГПП (в даному випадку РП) доцільно розміщувати в умовному центрі електричних навантажень (ЦЕН). Координати ЦЕН визначають як центр ваги плоских фігур по формулам

$$X_0 = \sum x_i \cdot P_i / \sum P_i, \quad (2.2)$$

$$Y_0 = \sum y_i \cdot P_i / \sum P_i, \quad (2.3)$$

де n - кількість цехів підприємства; x_i , y_i - координати i -го цеха на генеральному плані; P_i - розрахункове навантаження i -го цеха.

Отже, визначаємо ЦЕН

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$X_0 = 5,2 \cdot 8 + 4,6 \cdot 8,7 + 4,3 \cdot 4,1 + 2,2 \cdot 21 + 2 \cdot 3 + 6 \cdot 148,8 + 6 \cdot 493,8 + 6,2 \cdot 85,9 + 6 \cdot 44,3 + 12 \cdot 140 + 11,5 \cdot 63 + 10 \cdot 36 + 4 \cdot 36 + 4 \cdot 36 + 3,5 \cdot 36 + 1 \cdot 22,3 + 7 \cdot 61 / 1305 = 11,6 \text{ см.}$$

$$Y_0 = 1,6 \cdot 8 + 2,5 \cdot 8,7 + 2,7 \cdot 4,1 + 2,8 \cdot 21 + 3,1 \cdot 3 + 2,6 \cdot 148,8 + 3,8 \cdot 493,8 + 4,4 \cdot 85,9 + 3,5 \cdot 44,3 + 6,2 \cdot 140 + 5 \cdot 63 + 5 \cdot 36 + 7,5 \cdot 36 + 7,5 \cdot 36 + 6,2 \cdot 36 + 5,8 \cdot 22,3 + 6 \cdot 61 + 6 \cdot 166 / 1305 = 9,2 \text{ см}$$

Таким чином, розраховані координати (11,6; 9,2) вказують на місце розташування центру електричних навантажень.

Так, як левовими споживачами на підприємстві є асинхронні двигуни майже з однаковим $\cos \varphi$, тому й ЦЕН по реактивній енергії буде збігатися з ЦЕН по активній. Таким чином компенсуючі пристрої слід встановлювати біля місця встановлення КТП. Реальні дані по картограмі електричних навантажень наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру електричних навантажень.

№ по плану	Найменування	Ррсил, кВт	Ррсов, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	a	x, м	y, м	P*x, кВт м	P*y, кВт м
1	Елеватор	445,43	92,74	538,17	0,1	41,39	62,04	140,0	440,0	75344,03	236795,52
2	Автоприйм	100,61	2,88	103,49	0,1	18,15	10,02	170,0	210,0	17592,79	21732,27
3	Котельня	22,30	0,83	23,13	0,1	8,58	12,92	470,0	60,0	10872,04	1387,92
4	Каналізація	7,75	0,25	8,00	0,1	5,05	11,25	290,0	75,0	2319,71	599,93
5	Насосна	8,05	0,13	8,18	0,1	5,10	5,72	470,0	130,0	3843,47	1063,09
6	Електроцех	2,76	0,59	3,35	0,1	3,27	63,31	320,0	200,0	1073,55	670,97
7	Слюсарна майстерня	3,54	0,70	4,24	0,1	3,67	59,39	420,0	130,0	1782,01	551,57
8	Залізнодорожний прийом	73,95	3,08	77,03	0,1	15,66	14,39	450,0	270,0	34664,46	20798,68
9	Зерносклад №1	42,69	3,60	46,29	0,1	12,14	28,00	605,0	195,0	28006,90	9027,02
10	Зерносклад №5	42,69	3,60	46,29	0,1	12,14	28,00	600,0	400,0	27775,44	18516,96
11	Зерносклад №6	41,90	3,60	45,50	0,1	12,03	28,48	280,0	440,0	12740,50	20020,79
12	Зерносклад №7	42,69	4,32	47,01	0,1	12,23	33,08	610,0	300,0	28677,56	14103,72
13	Зерносклади №2-4,8	76,68	46,08	122,76	0,1	19,77	135,14	480,0	430,0	58923,07	52785,25
14	Деревообробне відділення	21,22	1,02	22,24	0,1	8,41	16,51	320,0	335,0	7117,91	7451,57
15	Важільня		1,03	1,03	0,1	1,81	360,00	530,0	410,0	545,90	422,30
16	Прохідна		0,23	0,23	0,1	0,86	360,00	350,0	410,0	80,50	94,30
17	Габаритне та прожекторне		7,92	7,92	0,1	5,02	360,00	430,0	460,0	3405,60	3643,20
18	Територія підприємства		9,00	9,00	0,1	5,35	360,00	445,0	497,5	4005,00	4477,50
19	Пожежне депо		0,85	0,85	0,1	1,64	360,00	460,0	535,0	391,00	454,75
20	Побутовий корпус		6,12	6,12	0,1	4,41	360,00	475,0	572,5	2907,00	3503,70
21	Заводоуправління		7,83	7,83	0,1	4,99	360,00	490,0	610,0	3836,70	4776,30
	Всього по заводу	1206,97	1403,37								

$$X_0 = 11,6 \text{ см} = 365 \text{ м}$$

$$Y_0 = 9,2 \text{ см} = 293 \text{ м}$$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.

Раціонально побудована схема електропостачання промислового підприємства великим чином визначається правильним вибором напруги і схеми зовнішнього електропостачання.

На вибір напруги і схеми зовнішнього електропостачання підприємства впливає велика кількість різних факторів. Серед них такі основні: розрахункове навантаження підприємства; можливі значення напруг джерел живлення; відстань між джерелом живлення і споживачем; рівень надійності електропостачання, який характерний даному підприємству та ін.

Вибір напруги системи зовнішнього електропостачання зводиться до визначення такого його стандартного значення, яке задовольняє всім технічним вимогам і є найбільш економічним.

Для даного підприємства можливе живлення від п/ст системи 35/10 кВ повітряними лініями 35 кВ із спорудженням на підприємстві ГПП 35/10 кВ потужністю $S_n = 1600$ кВА (рис. 3.1 (а)) або повітряними лініями 10 кВ із спорудженням на елеваторі ЦРП (рис.3.1 (б)) Відстань між підстанцією і підприємством 2500 м.

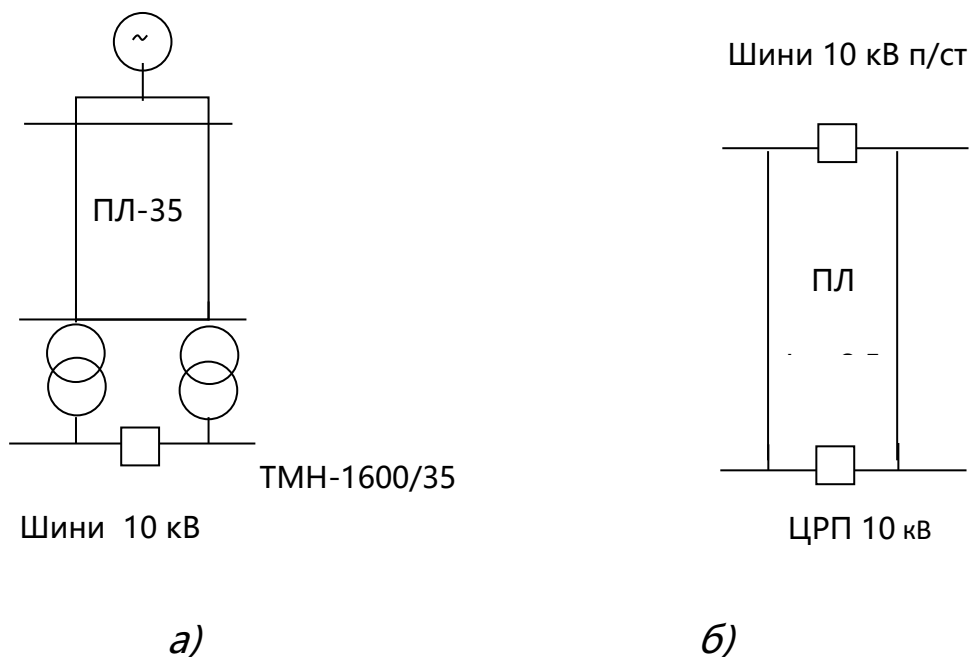


Рис. 3.1. Схема зовнішнього електропостачання

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Варіант №1.

Живлення споживачів здійснюється повітряними лініями безпосередньо від шин підстанції напругою $U_H = 10$ кВ рис 3.1(б); віддаленість від підприємства $l = 2,5$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3}U_H} = \frac{1449}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = 42 \text{ A};$$

Площа перерізу повітряної лінії:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 42 / 1,1 = 38 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму приймається по табл. 1.3.36 [9] при $T_m = 3247$ год

Приймаємо стандартний переріз 35 мм^2 Приймаємо провід марки АС–35. Для даного проводу допустимий тривалий струм $I_{доп} = 175 \text{ А}$, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 88 \text{ кВт/км}$, вартістю

$$K_0 = 29,5 \text{ тис.грн/км.}$$

Коефіцієнт попереднього завантаження лінії

$$K_3 = I_p / I_{доп} = 42 / 175 = 0,24$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 25,34 \cdot 1764 = 44707 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \times K_3^2 = 88 \cdot 5 \cdot 0,24^2 = 25,34 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{л} = 0,25 \cdot 2 = 5 \text{ км}$$

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{втрат}} = \Delta \mathcal{E}_1 \times C_0 = 44707 \cdot 5,54 \cdot 10^{-3} = 247,7 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт×год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 5,54$ грн/кВт×год (II клас напруги).

Варіант №2.

Живлення заводу напругою 35 кВ від двох окремо працюючих трансформаторів. Відстань до заводу 2,5 км. Схема зображена на рисунку 3.1(а)

Розрахунковий струм в лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} = \frac{1449}{2 \cdot 1,73 \cdot 35} = 12 \text{ А}$$

Площа перерізу проводів повітряної лінії, вибрана по економічній щільності струму:

$$F_{\text{ек}} = I_p / j_{\text{ек}} = 12 / 1,1 = 11 \text{ мм}^2$$

де $j_{\text{ек}} = 1,1$ А/мм² – економічна щільність струму приймається по $T_m = 3247$ год

Достатньо ЛЕП з проводами АС, лінія перерізом 50 мм² Обираємо провід марки АС, з перерізом $F = 50 \text{ мм}^2$

Параметри на один ланцюг: $P_{1\text{км}} = 113$ кВт/км; $I_{\text{доп}} = 210$ А; Для 2-х цепної ЛЕП $K_0 = 273,5$ тис.грн/км [11].

На ГПП передбачаємо встановити двох трансформаторів потужністю $S_n = 1600$ кВА кожен, напругою 35 /10 кВ.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираємо трансформатор типу ТМН-1600/35-73У1 з параметрами:

$$P_K = 16,5 \text{ кВт}; P_{xx} = 3,7 \text{ кВт}; U_{K3} = 6,5 \text{ \%}.$$

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_3 = 1449 / (2 \cdot 1600) = 0,45$$

При відключенні одного трансформатора інший, працюючи з допустимим перевантаженням, зможе забезпечити живлення

навантаження

$$S = 1,4 \cdot S_{н.тр.} = 1,4 \cdot 1600 = 2240 \text{ кВА}$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_L \times \tau = 5,65 \cdot 1764 = 9967 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_L = \Delta P_{1км} \times l_{\Sigma} \times K_3^2 = 113 \cdot 5 \cdot 0,1^2 = 5,65 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина кабельної лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_L = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ км}$$

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta \mathcal{E}_{тр} = 2 \cdot (P_x \cdot t_{вкл} + P_K \cdot t \cdot K_3^2) = 2 (3,7 \cdot 8760 + 16,5 \cdot 1764 \cdot 0,45^2) = 76612 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Сумарні втрати енергії:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_L + \Delta \mathcal{E}_{тр} = 9967 + 76612 = 86579 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість втрат енергії:

$$C_{пот} = \Delta \mathcal{E} \cdot C_0 = 86579 \cdot 4,47 \cdot 10^{-3} = 387 \text{ тис. грн}$$

де C_0 – вартість 1 кВт×год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 4,47$ грн/кВт×год (І клас напруги).

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок збитків по варіантах електропостачання розраховувати немає сенсу по причині того, що обидва варіанта живляться повітряними лініями різних напруг. Тому можливо знехтувати збитками в обох приведених варіантах.

Таблиця 3.1. Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис грн	Вартість всього, т. грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	шт	2	300,16	600,32
	Повітряна лінія типу АС-50	км	5	29,5	147,5
	Всього				747,82
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ	км	2,5	273,5	683,75
	Відкритий розподільчий пристій	шт	1	450	450,00
	Трансформатори ГЗП ТМН- 1600/35	шт	2	520	1040,00
	Всього				2173,75

Таблиця 3.2. Розрахунок поточних витрат

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

№ п/п	Найменування об'єкту	K _i , тис грн	P _a , %	C _a , %	P _e , %	C _e , %	C _п , тис грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	600,32	15	90,0	5	30,0	120,0
	Повітряна лінія типу АС-50	147,5	5	7,37	5	7,37	14,74
	Всього			97,37		37,37	134,74
II варіант	Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ	683,75	5	34,2	5	34,2	68,4
	Відкритий розподільчий пристій	450,0	15	67,5	5	22,5	90,0
	Трансформатори ГЗП						
	ТМН-1600/35	1040,0	15	156,0	5	52,0	208,0
	Всього			257,7		108,7	366,4

Таблиця 3.3. Приведені витрати по варіантам СЕПП (тис. грн.)

№ п/п	Найменування статті	Варіант I	Варіант II
1	Капіталовкладення у варіанти	747,82	2173,75
2	Поточні витрати	134,74	366,4
3	Вартість втрат електроенергії	247,7	387
4	Приведені витрати	472,2	1014,2

Таким чином більш раціональною є схема електропостачання

підприємства повітряними лініями напругою 10 кВ.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Одним з основних напрямків скорочення втрат електроенергії і підвищення ефективності електроустановок промислових підприємств є компенсація реактивної потужності з одночасним підвищенням якості електроенергії безпосередньо в мережах підприємств. Передача реактивної потужності по лініям і трансформатори не вигідна, так як знижує ККД систем електропередачі і якість електропостачання по наступним причинам:

- а) збільшення втрат активної потужності в лініях, трансформаторах, генераторах, пов'язані з протіканням реактивних струмів;
- б) зниження пропускної здібності елементів мережі, включаючи трансформатори;
- в) підвищення втрат напруги в елементах мережі і зниження рівнів напруг у споживачів.

4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

На першому рівні для електричної мережі енергосистеми розраховується економічно обгрунтоване значення реактивної потужності $Q_{\text{еф}}$, яка може бути передана із енергосистеми підприємству, і сумарна потужність компенсуючих пристроїв (КП):

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{ф}} - Q_{\text{еф}}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{ф}}$ - фактичне реактивне навантаження в максимальному режимі;

$Q_{\text{еф}}$ - економічно обгрунтована реактивна потужність системи, яка по технічним умовам може бути передана споживачеві в режимі найбільших реактивних навантажень.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При установці на крупних підприємствах групи цехових трансформаторів їх потужність визначається густиною навантаження, конструктивним міркуванням та вибирається, як правило, для всієї групи однакової в діапазоні потужностей 630...2500 кВА.

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв, які належать установці в системі електропостачання підприємства:

$$Q_{\text{кy}\Sigma} = Q_p - Q_c, \quad (4.2)$$

де Q_p - фактичне реактивне навантаження в максимальному режимі;

Q_c - реактивна потужність, яка за технічними умовами може бути передана споживачу в режимі найбільших реактивних навантажень:

$$Q_c = P_p \cdot \text{tg}\varphi_c, \quad (4.3)$$

Оптимальне розподілення потужності КП високої та низької напруги пов'язане з затратами на установку комутаційного обладнання і додаткових трансформаторів ТП, вартістю втрат енергії.

При проектуванні системи електропостачання необхідно розглядати декілька можливих варіантів розміщення КП з метою вибору найбільш економічного. Критерієм економічності є мінімум приведених затрат.

Розрахункові затрати на компенсацію реактивної потужності визначаємо за формулою:

$$З = E_n \cdot (\kappa_{\text{кн}} + \kappa_{\text{кв}} + \kappa_{\text{кtp}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{кtp}}) \cdot c_0 \cdot \tau, \quad (4.4)$$

де $E_n = 0,12$ - нормативний коефіцієнт капіталовкладень;

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

K_{KH} , K_{KB} , $K_{КТП}$ - вартість відповідно високовольтних, низьковольтних комплектних конденсаторних установок і цехових КТП; $\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{КТП}$ - втрати активної потужності відповідно в високовольтних, низьковольтних установках і в трансформаторах цехових ТП;

c_0 - вартість втрат електроенергії;

τ - час максимальних втрат.

При виборі засобів компенсації вирішуюче значення має кількість N трансформаторів, які встановлюються. При проектуванні розглядають варіанти компенсації з встановленням мінімального $N = N_0$, збільшеного на один $N = N_0 + 1$ і збільшеного на два $N = N_0 + 2$ числа трансформаторів. Мінімально можливе число трансформаторів визначають за формулою:

$$N_0 = P_{ном} / (k_3 \cdot S_{ном}), \quad (4.5)$$

де $P_{ном}$ - сумарне споживання активної потужності в мережі напругою до 1000 В;

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

$S_{ном}$ - номінальна потужність одного трансформатора.

Значення N_0 , отримане за формулою (6.4), округлюється до найближчого більшого цілого значення.

Найбільша реактивна потужність, яка може бути передана із мережі 10 кВ в мережу 0,4кВ при установці N трансформаторів, визначаємо за формулою:

$$Q_{п} = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{тр. ном})^2 - P_{нав}^2}, \quad (4.6)$$

Потужність КП, які встановлюються в мережі до 1000 В визначаємо із умови балансу реактивної потужності на шинах ТП:

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Q_{кн} = Q_{к} - Q_{п} , \quad (4.7)$$

Тоді потужність КП, які встановлюються в мережі 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_{к} - Q_{кн} , \quad (4.8)$$

Знайдемо значення $Q_{еф}$ для підприємства

Знайдемо значення $Q_{еф}$ для підприємства

$$Q_{еф} = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1328 \cdot 0,15 = 199 \text{ квар.}$$

Визначимо потужність компенсуючих пристроїв:

$$Q_{к} = Q_{ф} - Q_{еф} = 1360 - 199 = 1161 \text{ квар.}$$

При виборі засобів компенсації вирішальне значення має кількість трансформаторів ТП.

$N_0 = P_{\text{нав}} / (k_3 \cdot S_{\text{ном}}) = 1328 / (0,7 \cdot 630) = 3,17$. Приймаємо $N_0 = 4$. Розглянемо варіанти компенсації при числі трансформаторів $N = N_0$, $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$.

Варіант 1. $N = N_0 = 4$. Визначимо реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори із сторони системи 10кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{\text{тр. ном}})^2 - P_{\text{нав}}^2} = \sqrt{(4 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 1328^2} = 1162 \text{ квар}$$

$P_{\text{нав}}$ - активне навантаження трансформатора, кВт.

Визначимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні НН трансформаторів:

$$Q_{кн} = Q_p - Q_1 = 1360 - 1162 = 198 \text{ квар.}$$

де $Q_p = 1360$ квар - визначаємо із таблиці 2.3

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Визначимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні ВН трансформаторів:

$$Q_{\text{КВ}} = Q_{\text{К}} - Q_{\text{КН}} = 1161 - 198 = 963 \text{ квар.}$$

Розраховуємо витрати на компенсацію за формулою 4.4, розрахувавши попередньо

$$K_{\text{КН}} = \sum N_{\text{КН}} \cdot K_{\text{КН}}^{0,4} = 2 \cdot 8,33 = 16,66 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{КВ}} = \sum N_{\text{КВ}} \cdot K_{\text{КВ}}^{10} = 2 \cdot 15,19 = 30,38 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{КТП}} = 0$$

$$\Delta P_{\text{КН}} = p_{\text{пит}} \cdot Q_{\text{КН}} = 4,5 \cdot 0,198 = 0,89 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{КВ}} = p_{\text{пит}} \cdot Q_{\text{КВ}} = 2,5 \cdot 0,963 = 2,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{ТП}} = \frac{Q_1^2}{U_{\text{н}}^2} \cdot R_{\text{СК}}$$

$$R_{\text{СК}} = \frac{\Delta P_{\text{К}} \cdot U_{\text{н}}^2}{N \cdot S_{\text{н}}^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{4 \cdot 630^2} = 0,48 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{\text{ТП}} = \frac{1162^2}{10^2} \cdot 0,48 \cdot 10^{-3} = 6,46 \text{ кВт}$$

$$3_1 = 0,12(16,66 + 30,38 + 0) + (0,89 + 2,4 + 6,46) \cdot 5,54 \cdot 1764 \cdot 10^{-3} = 100,92 \text{ тис.грн.}$$

Варіант 2. $N = N_0 + 1 = 5$. Визначимо реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори із сторони системи 10кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{\text{тр. ном}})^2 - P_{\text{нав}}^2} = \sqrt{(5 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 1328^2} = 1760 \text{ квар}$$

$P_{\text{нав}}$ - активне навантаження трансформатора, кВт.

Визначимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні НН трансформаторів:

$$Q_{\text{КН}} = Q_{\text{р}} - Q_1 = 1360 - 1760 = -400 \text{ квар. Тобто } Q_{\text{КН}} = 0$$

Визначимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні ВН трансформаторів:

$$Q_{\text{КВ}} = Q_{\text{К}} - Q_{\text{КН}} = 1161 - 0 = 1161 \text{ квар.}$$

Розраховуємо витрати на компенсацію за формулою 4.4, розрахувавши попередньо

$$K_{\text{КН}} = \sum N_{\text{КН}} \cdot K_{\text{КН}}^{0,4} = 0.$$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$K_{KB} = \sum N_{KB} \cdot K_{KB}^{10} = 1 \cdot 34,02 = 34,02 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{КТП} = 24,4 \text{ тис.грн.}$$

$$\Delta P_{KH} = p_{пит} \cdot Q_{KH} = 0$$

$$\Delta P_{KB} = p_{пит} \cdot Q_{KB} = 2,5 \cdot 1,161 = 2,9 \text{ кВт}$$

$$R_{СК} = \frac{\Delta P_K \cdot U_H^2}{N \cdot S_H^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{5 \cdot 630^2} = 0,38 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{III} = \frac{1760^2}{10^2} \cdot 0,38 \cdot 10^{-3} = 11,86 \text{ кВт}$$

$$З_2 = 0,12(0+34,02+24,4)+(0+2,9+11,86) \cdot 5,54 \cdot 1764 \cdot 10^{-3} = 151,2 \text{ тис.грн.}$$

Варіант 3. $N = N_0 + 2 = 6$. Визначимо реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори із сторони системи 10кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{тр. ном})^2 - P_{нав}^2} = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 1328^2} = 2288 \text{ квар}$$

$P_{нав}$ - активне навантаження трансформатора, кВт.

Визначимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні НН трансформаторів:

$$Q_{KH} = Q_p - Q_1 = 1360 - 2288 = -928 \text{ квар. Тобто } Q_{KH} = 0$$

Визначимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні ВН трансформаторів:

$$Q_{KB} = Q_K - Q_{KH} = 1161 - 0 = 1161 \text{ квар.}$$

Розраховуємо витрати на компенсацію за формулою 4.4, розрахувавши попередньо

$$K_{KH} = \sum N_{KH} \cdot K_{KH}^{0,4} = 0.$$

$$K_{KB} = \sum N_{KB} \cdot K_{KB}^{10} = 1 \cdot 34,02 = 34,02 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{КТП} = 2 \cdot 24,4 = 48,8 \text{ тис.грн.}$$

$$\Delta P_{KH} = p_{пит} \cdot Q_{KH} = 0$$

$$\Delta P_{KB} = p_{пит} \cdot Q_{KB} = 2,5 \cdot 1,161 = 2,9 \text{ кВт}$$

$$R_{СК} = \frac{\Delta P_K \cdot U_H^2}{N \cdot S_H^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{6 \cdot 630^2} = 0,32 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{III} = \frac{2288^2}{10^2} \cdot 0,32 \cdot 10^{-3} = 16,7 \text{ кВт}$$

$$З_3 = 0,12(0+34,02+48,8)+(0+2,9+16,7) \cdot 5,54 \cdot 1764 \cdot 10^{-3} = 201,47 \text{ тис.грн.}$$

					Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До засобів компенсації приймо батареї статичних конденсаторів марки КРМ. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв.

Показники	Одиниця	№ варіанта		
		I	II	III
Потужність компенсуючих пристроїв, які встановлені в мережі 0,4 кВ	квар	198	0	0
Потужність компенсуючих пристроїв, які встановлені в мережі 10 кВ	квар	963	1161	1161
Споживання реактивної потужності із системи	квар	199	199	199
Всього по умові балансу	квар	1360	1360	1360
Затрати на компенсацію	тис.грн.	100,92	151,2	201,47

4.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Вибір кількості, типу, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв повинен забезпечувати найбільшу економічність при дотриманні допустимих режимів напруг в живлячих і розподільчих мережах і допустимих

					Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струмах навантаження у всіх елементах мережі. Компенсуючі пристрої сумарною потужністю можуть бути встановлені як в мережі напругою 0,4 кВ, так і в мережі 10 кВ.

Оптимальне розміщення потужності компенсуючих пристроїв по мережам 0,4 кВ і 10 кВ визначається питомою вартістю КП високої та низької напруги, затратами на установку комутаційного обладнання і додаткових трансформаторів ТП, вартістю втрат енергії.

Таким чинним, при проектуванні системи електропостачання необхідно розглядати декілька можливих варіантів розміщення КП з метою вибору найбільш економічного.

Критерієм економічності є мінімум приведенених розрахункових затрат, при визначенні яких потрібно враховувати:

- а) затрати на установку КП і додаткове обладнання до них;
- б) зниження вартості обладнання трансформаторних підстанцій і спорудження живлячих і розподільчих мереж;
- в) зниження втрат енергії в елементах електричних мереж при установці КП.

Таким чином вибір кількості і місця розташування КП зводимо в табл. 4.2

Таблиця 4.2 Вибір кількості та місця розташування КП

Номер КТП	К-сть трансформ.	Сном, кВА	Тип КП	К-сть КП	QΣ, квар	Місце встановлення
КТП1	2	630	УКБН-0,38- 100-50УЗ	1	100	0,4 кВ КТП1
КТП2	2	630	УКБН-0,38- 100-50УЗ	1	100	0,4 кВ КТП2
-	-	-	УКЛ-10- 450УЗ	2	900	10 кВ ЦРП

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

5. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

5.1 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

Основними вимогами при виборі кількості трансформаторів є надійність електропостачання споживачів, а також мінімум зведених витрат на трансформатори з врахуванням динаміки росту електричних навантажень.

Сучасні цехові ТП виконуються комплектними (КТП). Правильне визначення кількості КТП та потужності трансформаторів на них можливе тільки на основі техніко-економічних розрахунків. Число та потужність трансформаторів залежать від розподілення навантажень по площі цеха, наявності місця для розташування цехових підстанцій, характеру та режимів роботи електроприймачів.

Вибір кількості трансформаторів цехових ТП проводиться по величині розрахункового навантаження із врахуванням категорійності споживачів, по надійності електропостачання і умові компенсації реактивної потужності. Вибір КТП здійснюється одночасно з вирішенням задачі компенсації реактивної потужності (розділ 4).

Одинична потужність трансформаторів ТП приймається у відповідності з питомою густиною навантаження цеха. При густині навантаження до 0,2 кВА/м² зазвичай приймають трансформатори потужністю 630...1000 кВА. При густині навантаження 0,2 кВА/м² і більше доцільно застосовувати трансформатори потужністю 1600...2500 кВА.

При проектуванні цехові трансформатори вибираємо без техніко-економічних розрахунків; користуючись коефіцієнтом завантаження трансформаторів та розрахунковим навантаженням цехів. На двох трансформаторних цехових підстанціях при переважанні навантажень І категорії К_з приймається в межах 0,65 - 0,7; при переважанні навантажень ІІ категорії 0,7 - 0,8, а при навантаженнях ІІІ категорії - 0,9-0,95 [4].

Цехові підстанції звичайно розташовуються всередині виробничих корпусів або прибудовуються до них, якщо це не перешкоджає виробничим або архітектурним вимогам. КТП в середині цехів можуть розташовуватися на перших та других поверхах в основних та допоміжних приміщеннях

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

виробництв, які згідно протипожежних вимог віднесені до категорії Г або ДІ або ІІ ступеню вогнестійкості.

Таким чином, встановлення КТП №1 приймаємо всередині робочої башти елеватору на першому поверсі в окремій кімнаті від виробничого приміщення. КТП №2 розташовуємо в оремо збудованому приміщенні, розташованому в центрі електричних навантажень участка групи споживачів №2 з врахуванням зміщення його зміщення в сторону живлення.

Результати вибору трансформаторів зводимо у таблицю 5.1 із зазначенням всіх відповідних факторів.

Таблиця 5.1 Вибір потужності та місця розташування цехових ТП.

№ ТП	Р _р , кВт	Q, кВар		S, кВА		NхS _{тр} , кВА	K _з в норм. Режимі	K _з ав	Вид ТП	Місце розташування ТП	Х-ка приміщ по пожежі	Категорія ЕС по безпереб. живл.
		Без КП	З КП	Без КП	З КП							
ТП-1	879	669	569	1105	1047	2х630	0,71	1,4	Вбудов.	елеватор	Д	ІІ, ІІІ
ТП-2	629	568	468	848	784	2х630	0,63	1,4	Окр. ст.	участок 2	Д	ІІ, ІІІ

								Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

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

6.1. Розрахунок струмів короткого замикання.

Для розрахунку струмів короткого замикання складається розрахункова схема в однолінійному зображенні. В неї вводяться всі джерела, які приймають участь в живленні місця КЗ, та всі елементи системи електропостачання (трансформатори, лінії, реактори), які розташовані між ними та місцем КЗ. Синхронні компенсатори, синхронні та асинхронні двигуни враховуються як джерела живлення.

По розрахунковій схемі складається схема заміщення, де всі елементи замінюються опорами, приведеними до базових умов. Потім схема заміщення перетворюється й спрощується в еквівалентну схему.

В відповідності зі схемою заміщення, приведеною до найпростішого вигляду з результируючою ЕРС та результируючим опором, початкове значення періодичної складової струму КЗ визначається за формулою:

$$I_{\text{по}} = I'' = E''_{\Sigma} / (\sqrt{3} \cdot x_{\text{рез}}), \quad (6.1)$$

де E''_{Σ} - результируюча надперехідна ЕРС, кВ;

$x_{\text{рез}}$ - результируючий опір, Ом.

У випадку великої віддаленості точки КЗ від джерел вважається, що точка КЗ живиться від джерела нескінченної потужності; це означає, що $S = \infty$; $x_c \approx 0$; $E''_{\Sigma} = U_c = \text{const}$.

Ударний струм КЗ визначається за формулою:

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I'', \quad (6.2)$$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

де $\kappa_y = 1 + e^{-(0,01/T)}$ - ударний коефіцієнт ; T_a - постійна часу ланцюга КЗ ;
 $T_a = x_k / \omega \cdot r_k$; x_k, r_k - індуктивний та активний опір ланцюга КЗ.

Опори різних елементів схеми електропостачання визначають за формулами:

— енергосистема:

$$x_c = U_c / S_k ; \quad (6.3)$$

— двохобмоточні трансформатори :

$$x_T = (U_{k.\%} \cdot U_{T-ра ном}) / (100 \cdot S_{T-ра.ном}) ; \quad (6.4)$$

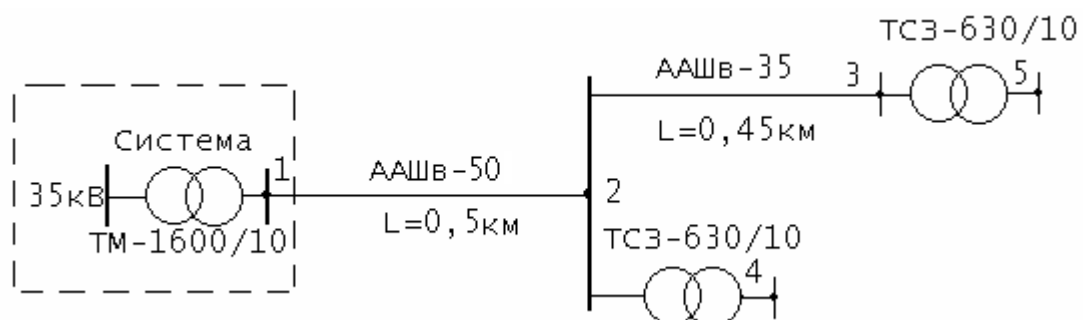
— повітряні та кабельні лінії електропередачі:

$$x_L = x_0 \cdot l ; \quad (6.5)$$

де $S_{ном}$ - номінальна потужність даного елемента, МВА, S_k - потужність КЗ системи, МВА, $U_{k.\%}$ - напруга КЗ трансформатора ; x_0 - питомий реактивний опір лінії, Ом ; l - довжина лінії, км.

Для розрахунку струмів КЗ складаємо розрахункову схему (рис. 6.1) на якій намічуємо точки, в яких потрібно розрахувати струми короткого замикання.

По розрахунковій схемі складаємо схему заміщення, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів.



						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Рис. 6.1. Розрахункова схема для розрахунку струмів КЗ.

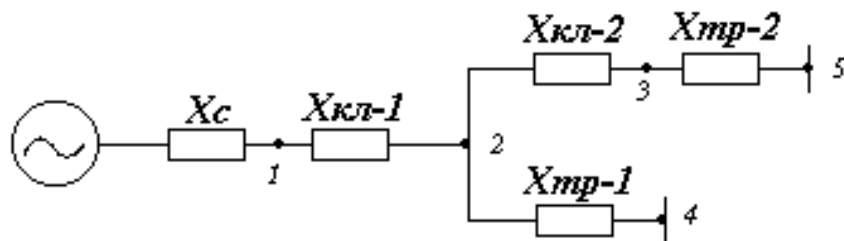


Рис.6.2. Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ.

Відомо, що потужність КЗ на високій стороні трансформатора системи марки рівний безкінечності, тому знаючи його технічні параметри і проводячи нескладні розрахунки визначаємо опір у точці 1, який рівний опору трансформатора системи.

$$x_c = x_{тр-ра} = (U_{k\%} \cdot U_{ном.тр-ра}) / (100 \cdot S_k) = 5,5 \cdot 35^2 / 100 \cdot 1,6 = 42,1 \text{ Ом}$$

Приводимо опір $x_{тр-ра}$ до сторони 10 кВ

$$x_1 = x_{тр-ра} \cdot (1/K_m)^2 = 42,1 \cdot (10,5/37)^2 = 3,39 \text{ Ом.}$$

Визначимо опір в точці 2:

$$x_2 = x_1 + x_{кл-1},$$

де $x_{кл-1}$ — опір кабельної лінії 1 марки ААШВ - 50.

$$x_{кл-1} = x_0 \cdot l = 0,34 \cdot 0,5 = 0,17 \text{ Ом,}$$

де $x_0 = 0,34 \text{ Ом/км}$ - питомий опір кабельної лінії 1 марки ААШВ - 50.

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Отже, $x_2 = x_1 + x_{кл-1} = 3,39 + 0,17 = 3,56 \text{ Ом.}$

Визначимо опір в точці 3: $x_3 = x_2 + x_{кл-2}$,

де $x_{кл-2}$ — опір кабельної лінії 1 марки ААШв - 35.

$$x_{кл-2} = x_0 \cdot l = 0,92 \cdot 0,45 = 0,414 \text{ Ом,}$$

де $x_0 = 0,92 \text{ Ом/км}$ - питомий опір кабельної лінії 1 марки ААШв - 35.

Отже,

$$x_3 = x_2 + x_{кл-2} = 3,56 + 0,414 = 3,974 \text{ Ом.}$$

Визначимо опір в точці 4:

$$x_4 = x_3 + x_{тр-ра1},$$

де $x_{тр-ра1}$ - опір трансформатора 1 марки ТСЗ - 630/10

$$x_{тр-ра1} = (U_k\% \cdot U_{ном.тр-ра}) / (100 \cdot S_k) = 5,5 \cdot 10^2 / 100 \cdot 0,63 = 8,73 \text{ Ом.}$$

Отже,

$$x_4 = x_3 + x_{тр-ра1} = 3,974 + 8,73 = 12,704 \text{ Ом.}$$

Приводимо опір x_4 до низької сторони трансформатора 0,4 кВ:

$$x_{4прив.} = x_4 \cdot (l/K_m)^2 = 12,704 \cdot (0,4/10,5)^2 = 0,0178 \text{ Ом.}$$

Визначимо опір в точці 5:

$$x_5 = x_4 + x_{тр-ра2},$$

де $x_{тр-ра2}$ - опір трансформатора 2 марки ТСЗ - 630/10

$$x_{тр-ра2} = (U_k\% \cdot U_{ном.тр-ра}) / (100 \cdot S_k) = 5,5 \cdot 10^2 / 100 \cdot 0,63 = 8,75 \text{ Ом.}$$

Отже,

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_5 = x_3 + x_{\text{тр-ра2}} = 3,974 + 8,75 = 12,724 \text{ Ом.}$$

Приводомо опір x_4 до низької сторони трансформатора 0,4 кВ:

$$x_{5\text{прив.}} = x_5 \cdot (1/K_m)^2 = 12,724 \cdot (0,4/10,5)^2 = 0,0257 \text{ Ом.}$$

Виходячи з формули (6.1.) визначаємо струми КЗ в вище згаданих точках. Отже,

$$I_1 = U_{\text{ном.мер}}/\sqrt{3} \cdot x_1 = 10/1,73 \cdot 3,39 = 1,7 \text{ кА.}$$

$$I_2 = U_{\text{ном.мер}}/\sqrt{3} \cdot x_2 = 10/1,73 \cdot 3,56 = 1,62 \text{ кА.}$$

$$I_3 = U_{\text{ном.мер}}/\sqrt{3} \cdot x_3 = 10/1,73 \cdot 3,974 = 1,45 \text{ кА.}$$

$$I_4 = U_{\text{ном.тр-ра1}}/\sqrt{3} \cdot x_{4\text{прив.}} = 0,4/1,73 \cdot 0,0178 = 12,95 \text{ кА.}$$

$$I_5 = U_{\text{ном.тр-ра2}}/\sqrt{3} \cdot x_{5\text{прив.}} = 0,4/1,73 \cdot 0,0257 = 8,98 \text{ кА.}$$

По формулі (6.2.) визначаємо ударні струми КЗ в точках 1-5:

$$i_{y1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_1,$$

$$\text{де } k_y = 1 + e^{-(0,01/T)} = 1 + e^{-(0,01/0,065)} = 2,627.$$

Отже,

$$i_{y1} = 2,627 \cdot 1,7 = 4,47 \text{ кА}$$

$$i_{y2} = 2,627 \cdot 1,62 = 4,26 \text{ кА}$$

$$i_{y3} = 2,627 \cdot 1,45 = 3,82 \text{ кА}$$

$$i_{y4} = 2,627 \cdot 12,95 = 34,02 \text{ кА}$$

$$i_{y5} = 2,627 \cdot 8,98 = 23,59 \text{ кА.}$$

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2. Вибір струмопроводних пристроїв силових мереж

Вибір кабелів 10 кВ

Згідно з ПУЕ перерізи кабелів повинні перевірятися по економічній щільності струму. Економічно доцільний переріз визначається зі співвідношення:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} , \quad (6.6)$$

де I_p - розрахунковий струм, А; $j_{ек}$ - нормоване значення економічної щільності струму А/мм², визначається по довідниках.

Переріз, отриманий в результаті розрахунку, приймається як найближчий стандартний переріз.

Прийнята площа перерізу повинна задовільняти вимогам перевірки по допустимому струмовому навантаженню по нагріву:

$$I_p \leq K_{п} \cdot I_{доп} , \quad (6.7)$$

де $I_{доп}$ - тривало допустимий струм по умовам нагріву; $K_{п}$ - поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поруч в землі (1.3.26 [9]).

Площа перерізу кабеля перевіряється по умові роботи в аварійному режимі:

$$I_{p.ав} \leq K_{ап} \cdot K'_{п} \cdot I_{доп} , \quad (6.8)$$

де $K'_{п}$ - поправочний коефіцієнт на кількість кабелів в післяаварійному режимі; $K_{ап}$ - допустимий коефіцієнт аварійного перевантаження; $I_{p.ав}$ - розрахунковий струм в кабелі в аварійному режимі.

Мінімальна площа перерізу кабеля, що відповідає вимогам термічної стійкості:

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\min} = \sqrt{B_k/C}, \quad (6.9)$$

де C - розрахунковий термічний коефіцієнт; для кабелів з алюмінієвими жилами в бумажній ізоляції $C = 92$, $C = 94 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ при напрузі відповідно 6 і 10 кВ; B_k - тепловий імпульс.

$$B_k = I_{\text{п.о.}}^2 \cdot (t_{\text{відк.}} + T_a), \quad (6.10)$$

Перерізи кабелів вибираємо для розрахункової схеми, зображеної на рис.6.1.

КЛ-1 (ЦРП - ТП-1)

Розрахунковий струм в кабелі:

$$I_p = S_p / n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} = 1047/2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 = 30,2 \text{ А}$$

Розрахунковий струм в кабелі в аварійному режимі:

$$I_{p.\text{ав}} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 30,2 = 60,4 \text{ А}$$

Економічно доцільний переріз за формулою (8.6):

$$F_{\text{ек}} = I_p / j_{\text{ек}} = 30,2/1,25 = 24,2 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}} = 1,25$ визначене по табл. 1.3.36 [9] при кількості годин використання максимуму навантаження $T_m < 5000 \text{ год/рік}$.

Приймаємо кабель ААШв (3х35): $F = 35 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$. При роботі двох кабелів, прокладених в одній траншеї $k_n = 0,92$ (1.3.26 [9]).

Перевіряємо вибраний переріз по допустимому струму навантаження в нормальному режимі по (8.7):

$$I_p \leq k_n \cdot I_{\text{доп}} \quad : \quad 30,2 \text{ А} < 0,92 \cdot 115 = 105,8 \text{ А}$$

Перевіряємо кабель по умові роботи в аварійному режимі по (8.8):

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$I_{p.ав} \leq K_{ап} \cdot K'_п \cdot I_{доп} \quad : \quad 60,4 \text{ А} < 1,25 \cdot 1 \cdot 115 = 143,7 \text{ А},$$

де $K_{ап} = 1,25$ - коефіцієнт аварійного перевантаження при попередньому завантаженні $K_з = I_p / (K_п \cdot I_{доп}) = 30,2 / (0,92 \cdot 115) = 0,29$;

$K'_п = 1$ - коефіцієнт, що враховує кількість працюючих кабелів в аварійному режимі, при двох кабелях.

Мінімальна площа перерізу за вимогами термічної стійкості:

$$F_{min} = \sqrt{B_k / C} = \sqrt{8,12 \cdot 10^6 / 94} = 30,31 \text{ мм}^2$$

$$\text{де } B_k = I_{п.о.}^2 \cdot (t_{відк.} + T_a) = 1,7^2 \cdot (2,55 + 0,26) = 8,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Інші кабелі системи електропостачання підприємства обираємо аналогічно, розрахунки зводимо до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 Вибір кабелів 10 кВ.

№ КЛ	S _p , кВА	n	I _p , А	I _{p.ав} , А	F _{ек} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _п	K _п · I _{доп} , А	K _з	K _{ап}	K' _п	K _{ап} · K' _п · I _{доп} , А	B _k , кА ² ·с	F _{min} , мм ²
КЛ-1	1047	2	30,2	60,4	24,2	ААШв(3х35)	115	0,92	105,8	0,29	1,25	1	143,7	8,12	30,31
КЛ-2	784	2	22,7	45,4	18,9	ААШв(3х35)	115	0,92	105,8	0,23	1,25	1	143,7	7,37	28,9

6.3 Вибір електрообладнання

Вибір вимикачів.

Вибір вимикачів виконується по важливішим параметрам:

$$\text{- по напрузі встановлення : } U_{вст} \leq U_{ном} \quad (6.11)$$

$$\text{- по тривалому струму : } I_{ном} \leq I_{ном} ; I_{max} \leq I_{ном} \quad (6.12)$$

- по відключаючій здатності.

В першу чергу перевірка виконується на симетричний струм відключення по умові :

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$I_{п.τ} \leq I_{відк.ном} \quad (6.13)$$

Потім перевіряється можливість відключення аперіодичної складової струму К.З.:

$$i_{a.τ} \leq i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{відк.ном} , \quad (6.14)$$

де $i_{a.ном}$ - номінальне допустиме значення періодичної складової в струмі відключення для часу τ ; β_n - нормоване значення аперіодичної складової в струмі відключення; $i_{a.τ}$ - аперіодична складова струму к.з. в момент розходження контактів τ ; τ - найменший час від початку к.з. до моменту розходження дугогасильних контактів:

$$\tau = t_{з.мин} + t_{в.в} , \quad (6.15)$$

де $t_{з.мин} = 0,01$ с - мінімальний час дії релейного захисту [10]; $t_{в.в}$ - власний час відключення вимикача.

Якщо умова (6.13) виконується, а (6.14) не виконується, то дозволяється перевірку по відключаючій здатності проводити по повному струму к.з.:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{п.τ} + i_{a.τ}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{відк.ном} (1 + \beta_n) \quad (6.16)$$

По включаючій здатності перевірка виконується за умовою :

$$i_y \leq i_{вкл} ; I_{п.о} \leq I_{вкл} , \quad (6.17)$$

де i_y - ударний струм к.з. ланцюга вимикача; $I_{п.о}$ - початкове значення періодичної складової струму к.з.; $I_{вкл}$ - номінальний струм включення; $i_{вкл}$ - найбільший пік струму включення.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється по граничним наскрізним струмам к.з.:

$$I_{п.о} \leq I_{гр.ск} ; i_y \leq i_{гр.ск} \quad (6.18)$$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

На термічну стійкість вимикач перевіряється по тепловому імпульсу струму к.з.:

$$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}, \quad (6.19)$$

де B_k - тепловий імпульс струму к.з.; $I_{\text{тер}}$ - струм термічної стійкості; $t_{\text{тер}}$ - час протікання струму термічної стійкості.

На вводах 10 кВ ЦРП обираємо вакуумні вимикачі типу ВР1. Розрахунки по вибору та перевірці вимикача приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 Вибір вимикачів 10 кВ.

Параметри мережі	Умови вибору	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{\text{вст}} \leq U_{\text{ном}}$	10 кВ
45,61 А	$I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}$	630 А
91,21 А	$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	630 А
1,71 кА	$I_{\text{п.т}} \leq I_{\text{відк.ном}}$	20 кА
$i_{\text{а.т}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о}} \cdot e^{-\tau/T} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot e^{-0,065/0,045} = 0,56 \text{ кА}$	$i_{\text{а.т}} \leq i_{\text{а.ном}}$	$i_{\text{а.ном}} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{\text{відк.ном}} = \sqrt{2} \cdot 0,4 \cdot 20 =$
4,46 кА	$i_y \leq i_{\text{вкл.}}$	$= 11,31 \text{ кА}$
1,71 кА	$I_{\text{п.о}} \leq I_{\text{вкл.}}$	52 кА
4,46 кА	$i_y \leq i_{\text{гр.ск.}}$	20 кА
1,71 кА	$I_{\text{п.о}} \leq I_{\text{гр.ск.}}$	52 кА
$B_k = I_{\text{п.о.}}^2 \cdot (t_{\text{відк.}} + T_a) = 1,7^2 \cdot (2,55 + 0,26) = 8,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$	20 кА
		$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Очевидно, що вибрані вимикачі будуть задовольняти усім умовам, якщо будуть встановлені на фідерах ЦРП 10 кВ

Всі вимикачі встановлені в комірках комплектних розподільчих пристроїв внутрішньої установки типу КРЗ - 10 виробництва РЗВА.

					Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри шафи з вакуумними вимикачами ВР1 -20/630 УЗ:

- номінальна напруга 10 кВ;
- номінальний струм головних кіл 630 А;
- стійкість головних кіл при наскрізних струмах:
 - термічна на протязі 3с. 20 кА
 - електродинамічна 52 кА
- номінальний струм відключення вимикачів 20 кА

Вибір вимикачів навантаження

Вимикачі навантаження вибирають по номінальному струму та напрузі, по струмам відключення і включення в робочому режимі, перевіряють на стійкість при наскрізних струмах к.з. Основні умови вибору вимикача навантаження такі ж самі, як і для вимикачів.

Вибираємо вимикач навантаження ВНВПз-17УЗ

Таблиця 6.3 Вибір вимикачів навантаження.

Параметри мережі	Умови вибору	Параметри вимикача навантаження
10 кВ $I_{\max} = 1,6 \cdot S_{\text{ном.тр.}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}})$ $= 1,4 \cdot 630 / (1,73 \cdot 10) = 50,92 \text{ А}$ 50,91 1,61 4,25 $B_k = I_{\text{п.о.}}^2 \cdot (t_{\text{відк.}} + T_a) =$ $1,62^2 \cdot (1,3 + 0,045) = 3,53 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_{\text{вст}} \leq U_{\text{ном}}$ $I_{\max} \leq I_{\text{ном}}$ $I_{\max} \leq I_{\text{відк.ном}}$ $I_{\text{п.о.}} \leq I_{\text{вкл.}}$ $i_y \leq i_{\text{вкл.}}$ $B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$	10 кВ 400 А 400 А 10 кА 25 кА $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 10^2 \cdot 1 = 10 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Вибираємо запобіжники серії ПКТ, тип плавкої вставки ПКТ-103 10-50-31,5 УЗ.

Вибір розрядників

Захист трансформаторів від перенапруг досягається встановленням вентельних розрядників.

Обираємо розрядники типу РВО-10 для захисту трансформаторів напруги.

Вибір трансформаторів власних потреб

Потужність трансформаторів власних потреб обирається по навантаженням власних потреб з урахіванням коефіцієнтів завантаження та одночасності.

Навантаження власних потреб визначається по орієнтовним даним Для двигунів приймається $\cos\varphi = 0,84$, визначається $Q_{\text{вст}}$ та розрахункове навантаження:

$$S_{\text{розр}} = k_c \cdot \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2}, \quad (6.20)$$

де k_c - коефіцієнт спросу, що враховує коефіцієнти одночасності та завантаження ($k_c = 0,8$).

Потужність трансформаторів власних потреб обирається:

$$S_{\text{тр}} \geq S_{\text{розр}} / 1,4 \quad (6.21)$$

Таблиця 6.4 Навантаження власних потреб

	Встановлена потужність
--	------------------------

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вид споживача	Одиниці кВт х кількість	Всього, кВт
Підігрів комірок	1×5	5
Навантаження, що споживають оперативні ланцюги	2	2
Всього		7

Потужність трансформаторів власних потреб по (6.21):

$$S_{\text{тр}} \geq S_{\text{розр}} / 1,4 : 25 \text{ кВА} > 4 \text{ кВА}$$

$$\text{де } S_{\text{розр}} = K_c \cdot \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{7^2 + 0^2} = 5,6 \text{ кВА.}$$

Обираємо трансформатор ТМ-25/10 з такими параметрами: $S_{\text{ном}} = 25$ кВА; $U_{\text{ВН}} = 10$ кВ; $U_{\text{НН}} = 0,4$ кВ; $\Delta P_x = 0,13$ кВт; $\Delta P_k = 0,13$ кВт; $U_k = 4,5\%$; $I_x = 3,2\%$.

При підключенні одного трансформатора $K_3 = 7/25 = 0,28$.

Вибір трансформаторів струму

На вводі 10 кВ передбачаємо встановлення вимірювальних трансформаторів струму типу ТЛК-10 з такими параметрами: $K_T = 200/5$, $Z_{2 \text{ ном}} = 0,4$ Ом в класі точності 0,5.

Перевіряємо обраний трансформатор по нормальному та максимальному струму:

$$I_{\text{норм}} \leq I_{1 \text{ ном}} : 30,2 \text{ А} < 100 \text{ А}$$

$$I_{\text{max}} \leq I_{1 \text{ ном}} : 60,4 \text{ А} < 100 \text{ А}$$

по електродинамічній стійкості:

$$i_y < i_{\text{дин}} : 4,47 \text{ кА} < 52 \text{ кА}$$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

по термічній стійкості:

$$B_k \leq I_{\text{тер.}}^2 \cdot t_{\text{тер.}} \quad : \quad 8,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 10^2 \cdot 3 = 300 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

по вторинному навантаженню:

$$Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}}$$

Визначимо навантаження по фазах на трансформатор струму (табл.6.5.).

Таблиця 6.5.

Прилад	Тип	Навантаження фази, В•А		
		А	В	С
Амперметр	Э377	0,1	-	-
Бгатофункціональний лічильник типу "Альфа"	A1R-3-OL-C2-T	3,6	-	3,6
Всього		3,7	0	3,6

Як видно з таблиці 6.5, найбільш завантажений трансформатор струму фази А.

Загальний опір приладів:

$$r_{\text{прил.}} = S_{\text{прил.}} / I_2^2 = 3,7 / 5^2 = 0,148 \text{ Ом.}$$

Допустимий переріз проводів:

$$r_{\text{пр.}} = Z_{2 \text{ ном}} - r_{\text{прил}} - r_{\text{к}} = 0,4 - 0,148 - 0,1 = 0,152 \text{ Ом}$$

де $r_{\text{к}} = 0,1 \text{ Ом}$ - опір контактів.

Приймаємо кабель з мідними жилами ($\rho = 0,0175$) орієнтовною довжиною 6 м (10). Трансформатори струму з'єднані в неповну зірку, тому

$$l_{\text{розр.}} = \sqrt{3} \cdot 6 = 10,39 \text{ м, тоді переріз проводу:}$$

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q=(\rho \cdot l_{\text{розр.}})/r_{\text{пр.}}=(0,0175 \cdot 10,39)/0,152=1,2 \text{ мм}^2.$$

За умовою міцності мідні провода повинні бути перерізом не менше 2,5 мм², тому приймаємо $q=2,5 \text{ мм}^2$. Тоді опір проводів:

$$r_{\text{пр.}}=(\rho \cdot l_{\text{розр.}})/q=0,0175 \cdot 10,39/2,5=0,073 \text{ Ом.}$$

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{прил.}} + r_{\text{пр.}} + r_{\text{к}} = 0,148 + 0,073 + 0,1 = 0,321 \text{ Ом.}$$

$$Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}} : 0,321 \text{ Ом} < 0,4 \text{ Ом}$$

На лініях, що відходять від шин підстанції до споживачів встановлюємо трансформатори струму ТЛК-10 з параметрами: $k_T = 100/5$; $Z_{2 \text{ ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

$$i_y \leq i_{\text{дин.}} : 1,7 \text{ кА} < 52 \text{ кА}$$

$$B_k \leq I_{\text{тер.}}^2 \cdot t_{\text{тер.}} : 8,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 10^2 \cdot 3 = 300 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Визначимо навантаження по фазам на трансформатор струму (табл.6.6.).

Таблиця 6.6 Вторинне навантаження трансформатора струму на відходячих лініях.

Прилад	Тип	Навантаження фази, В•А		
		А	В	С
Амперметр	ЭЗ77	0,1	-	-
Ватметр	ДЗ65	0,5	-	0,5
Варметр	ДЗ65	0,5	-	0,5
Лічильник активної енергії	САЗУ-5009	1,5	-	1,5
		1,5	-	1,5
Лічильник реактивної енергії	СР4У-5003			
Всього		4,1	0	4,0

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Найбільш завантаженою фазою є фаза А. Для неї загальний опір приладів:

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

Допустимий переріз проводів:

$$r_{\text{пр.}} = Z_{2 \text{ ном}} - r_{\text{прил}} - r_{\text{к}} = 0,4 - 0,164 - 0,1 = 0,136 \text{ Ом}$$

де $r_{\text{к}} = 0,1 \text{ Ом}$ - опір контактів.

$$q = (\rho \cdot l_{\text{розр.}}) / r_{\text{пр.}} = (0,0175 \cdot 10,39) / 0,136 = 1,34 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо кабель з мідними жилами ($\rho = 0,0175$) орієнтовною довжиною 6 м (10). Трансформатори струму з'єднані в неповну зірку, тому

$$l_{\text{розр.}} = \sqrt{3} \cdot 6 = 10,39 \text{ м. Приймаємо } q = 2,5 \text{ мм}^2, \text{ тоді}$$

$$r_{\text{пр.}} = (\rho \cdot l_{\text{розр.}}) / q = 0,0175 \cdot 10,39 / 2,5 = 0,073 \text{ Ом.}$$

$$Z_2 \approx r_2 = r_{\text{прил}} + r_{\text{пр.}} + r_{\text{к}} = 0,164 + 0,073 + 0,1 = 0,337 \text{ Ом.}$$

$$Z_2 \leq Z_{2 \text{ ном}} : 0,337 \text{ Ом} < 0,4 \text{ Ом.}$$

Вибір трансформаторів напруги

Вибираємо для встановлення трансформатор напруги типу НАМИ-10 66УЗ, який має номінальну потужність 75 В·А в класі точності 0,5. Перевіримо його по вторинному навантаженню. Розрахунок навантаження основної обмотки трансформатора напруги приведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7. Вторинне навантаження трансформатора напруги.

Прилад		Тип	S обмотки, В·А	Кількість обмоток	Cosφ	Sinφ	Кількість приладів	P _Σ , кВт	Q _Σ , квар
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Вольтметр	Э377	2	1	1	0	1	2	0
Лічильник типу "Альфа"	A1R-3-OL-C2- Т	1,8	2	0,9	0,3	1	3,31	1,4
Ватметр	Д365	1,5	2	2	9	2	6	0
Варметр	Д365	1,5	2	1	0	2	6	0
Лічильник активної енергії	СА3У-5009	3	2	0,2	0,9	3	4,5	17,46
Лічильник реактивної енергії	СР4У-5003	3	2	5	7	3	4,5	17,46
				0,25	0,97			
Всього							26,3	36,32

Вторинне навантаження трансформатора напруги:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2)} = \sqrt{(26,3^2 + 36,32^2)} = 44,81 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}} : 44,81 \text{ В} \cdot \text{А} < 75 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Таким чином, обраний трансформатор напруги може робити в класі точності 0,5.

7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.

СЕЛЕКТИВНИЙ ЗАХИСТ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ З ТОЧКИ ЗОРУ УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ ЗАМИКАНЬ ФАЗИ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖАХ 6-10 КВ

Замикання на землю в розподільних мережах 6-10-35 кВ є досить розповсюдженим явищем і складають біля 80% загальної кількості пошкоджень [7]. В мережі з ізольованою нейтраллю замикання однієї фази на землю само по собі не є аварією [8]. Однак із збільшенням довжини електричних мереж збільшується їх ємність, а як наслідок і струми замикання на землю. При проходженні через місце пошкодження, струм виділяє багато тепла, руйнуючи при цьому струмопровідячі частини та ізоляцію. Однофазне замикання може перейти в аварійне двох або трьохфазне, порушуючи електропостачання споживачів. Крім того, струм однофазного замикання є причиною збільшення напруги непошкоджених фаз відносно землі в $\sqrt{3}$ разів. Тривалий режим сприяє виниканню подвійних замикань на землю, котрі навіть при відмінному стані заземляючих пристрійів призводять до появи небезпечних потенціалів на металевих корпусах обладнання, створюють підвищену небезпеку для обслуговуючого персоналу.

Замикання фази на землю відбуваються в мережах з малим струмом замикання, наприклад, у мережах з ізольованою нейтраллю. Посеред багатьох різновидів існують замикання, пов'язані з більшою вірогідністю ураження людини і тварин. Із них особливо небезпечні, наперед за все, безпосередньо через тіло людини. Обрив провода та замикання фази на корпус установки із порушенням ланцюгом заземлення створюють ситуацію з високою вірогідністю дотику і ураження. Всі ці різновиди замикань найкраще вимикати з погляду безпеки.

Якщо в мережах з підвищеною вірогідністю ураження людини (мережі кар'єрів, торфодобувних місць) ця проблема вирішується за рахунок швидкодіючого відключення будь-яких замикань на землю, то в промислових мережах 6-10 кВ релейний захист є дією на відключення при замиканнях на землю практично відсутній. Захист від замикань на землю в ланцюгах

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужних двигунів та генераторів, хоч і діє на відключення, але у відповідності до чутливості вона захищає лише машини, та питання безпеки практично не вирішує. Ця категорія є найбільш поширеною та електромагнетизм у ній, в тому числі з летальним випадком, дуже значущий, не дивлячись на твердження про його малу вірогідність. Можна також зауважити, що в процесі експлуатації таких мереж зафіксовані багаторазові випадки, коли приєднання до людини, що потрапила під напругу, вимикається вручну і людина залишається жива, не дивлячись на дію великих струмів протягом декількох хвилин. Це вказує на практичну спрямованість до автоматичного відключення, що сприяє підвищенню кількості добрих наслідків.

Захист нульової послідовності при реально можливій чутливості та швидкодії вимикачів здатні виявити деяку частину замикань фази на землю навіть через тіло людини та забезпечити відповідну частку добрих наслідків. Але у звичайних мережах такий захист не знайшов використання з ціллю захисту людини не лише з-за недостатньої чутливості та швидкодії, а й головним чином внаслідок зниження надійності електроспоживання за необхідністю відключення будь-яких замикань. Представляється, що цю суперечність можна хоча б частково вирішити за рахунок розробки захисту, що вибірково буде відключати особливо небезпечні замикання [9]. В цьому випадку, переважна більшість замикань на землю, як і нині на практиці, буде залишатись не відключеними (захист діє на сигнал), і надійність електропостачання суттєво не зменшиться.

Ціль даного дослідження – оцінка сучасних технічних можливостей у побудові захисту, що вибірково реагує на особливо небезпечні замикання фаз на землю, наперед за все в мережах сільського електропостачання та інших, окрім мереж кар'єрів.

Характерною особливістю усіх перерахованих вище небезпечних замикань є замикання фази на землю через великий перехідний опір, так як навіть у випадку замикання через тіло людини цей опір перевищує 500 Ом.

Посиланням до досліджень стало припущення про те, що вільні складові перехідного процесу в контурах при замиканнях на землю через великий і малий опір повинні мати відповідно аперіодичний і періодичний характер. Це

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

означає, що для оцінки умов, за яких можливий той чи інший випадок, потрібні дослідження перехідного процесу замикання. На сучасному етапі найбільш ефективним є метод чисельного аналізу, основні методичні посилання якого стосовно перехідних процесів при замиканні фази на землю показані у [10].

На рис. 7.1 приведена схема заміщення мережі з ізольованою нейтраллю, що складається при загальновідомих допущеннях: розподілені індуктивності і ємності мережі є зосередженими; не враховуються навантаження, активні провідності ізоляції та міжфазні ємності мережі. Трансформатор напруги типу НТМИ відображений у схемі заміщення у вигляді нелінійної індуктивності $\psi=f(i)$. Крива намагнічування апроксимована чотирма поліномами [10]. Математична модель такої мережі являє собою систему диференціальних рівнянь.

$$L_e \frac{di_1}{dt} + R_e i_1 + L_c \frac{d(i_1 - i_3)}{dt} + R_c (i_2 - i_3) + \frac{1}{C_0} \int (i_1 - i_3) dt + \frac{1}{C_0} \int (i_1 + i_4 - i_2) dt + \\ + L_c \frac{d(i_1 + i_4 - i_2)}{dt} + R_c (i_1 + i_4 - i_2) + R_e (i_1 + i_2) + L_e \frac{d(i_1 - i_2)}{dt} = e_A - e_B \quad (7.1)$$

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

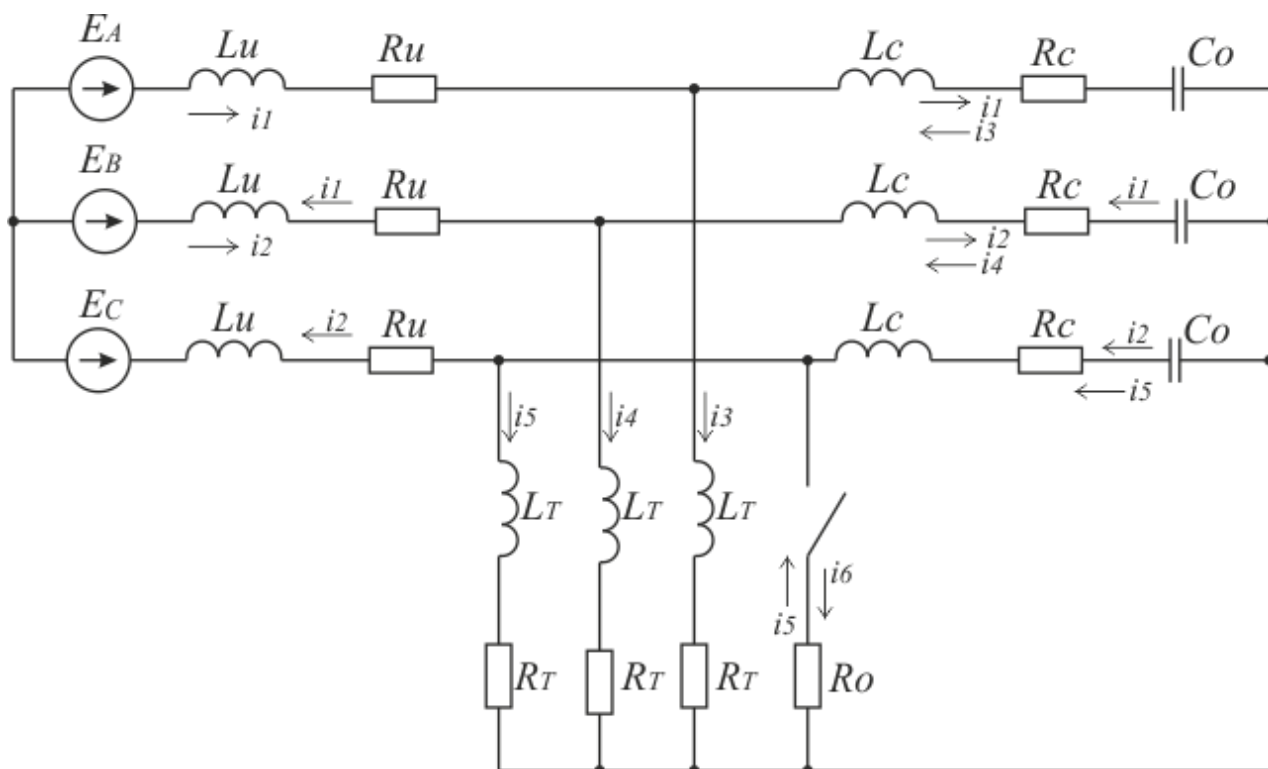


Рис. 7.1. Схема заміщення мережі в режимі замикання фази на землю

$$\begin{aligned}
 &L_e \frac{d(i_2 - i_1)}{dt} + R_e(i_2 - i_1) + L_c \frac{d(i_2 - i_1 - i_4)}{dt} + R_c(i_2 - i_1 - i_4) + \frac{1}{C_0} \int (i_2 - i_1 - i_4) dt + \\
 &+ \frac{1}{C_0} \int (i_2 + i_6) dt + L_c \frac{d(i_2 + i_6)}{dt} + R_c(i_2 + i_6) + R_e i_2 + L_e \frac{di_2}{dt} = e_B - e_C
 \end{aligned} \quad (7.2)$$

$$\frac{d\psi_A}{dt} + R_T i_3 + L_c \frac{d(i_3 - i_2)}{dt} + R_c(i_3 - i_1) + \frac{1}{C_0} \int (i_3 - i_1) dt = 0 \quad (7.3)$$

$$\frac{d\psi_B}{dt} + R_T i_4 + L_c \frac{d(i_4 + i_1 - i_2)}{dt} + R_c(i_4 + i_1 - i_2) + \frac{1}{C_0} \int (i_4 + i_1 - i_2) dt = 0 \quad (7.4)$$

					Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{d\psi_c}{dt} + R_T i_5 + R_0 (i_5 - i_6) = 0 \quad (7.5)$$

$$L_c \frac{d(i_2 + i_6)}{dt} + R_c (i_2 + i_6) + \frac{1}{C_0} \int (i_2 + i_6) dt + R_0 (i_6 - i_5) = 0 \quad (7.6)$$

Ця система рівнянь вирішена відносно похідних контурних струмів, тобто приведена до канонічного виду і за допомогою комп'ютерної техніки пакету програм Mactcad, яка базується на методі Рунге-Кутта 4-го порядку. В якості базової буда прийнята мережа, що живиться від трансформатора ТДН-16000/150/10 ($L_n = 1,45 \cdot 10^{-3}$ Гн, $R_n = 0,026$ Ом.). Еквівалентні параметри мережі, що складається з 10 кабельних приєднань довжиною 1 км кожне $L_c = 2,42 \cdot 10^{-5}$ Гн, $R_c = 0,068$ Ом. Опір R_0 являє собою перехідний опір у місці замикання, мінімальне значення якого $R_0 = 4$ Ом, враховує тільки опір розтікання струму з заземлювача на землю; облік додаткових перехідних опорів здійснюється шляхом додаткового збільшення R_0 .

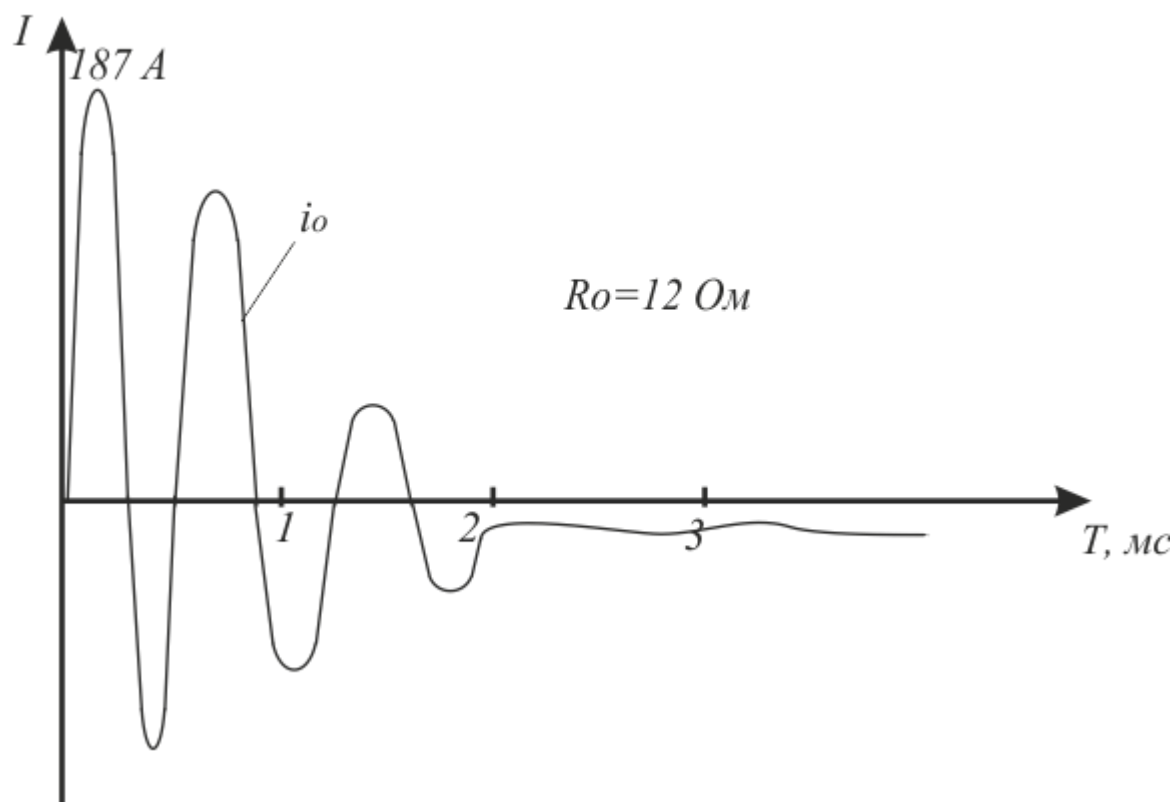
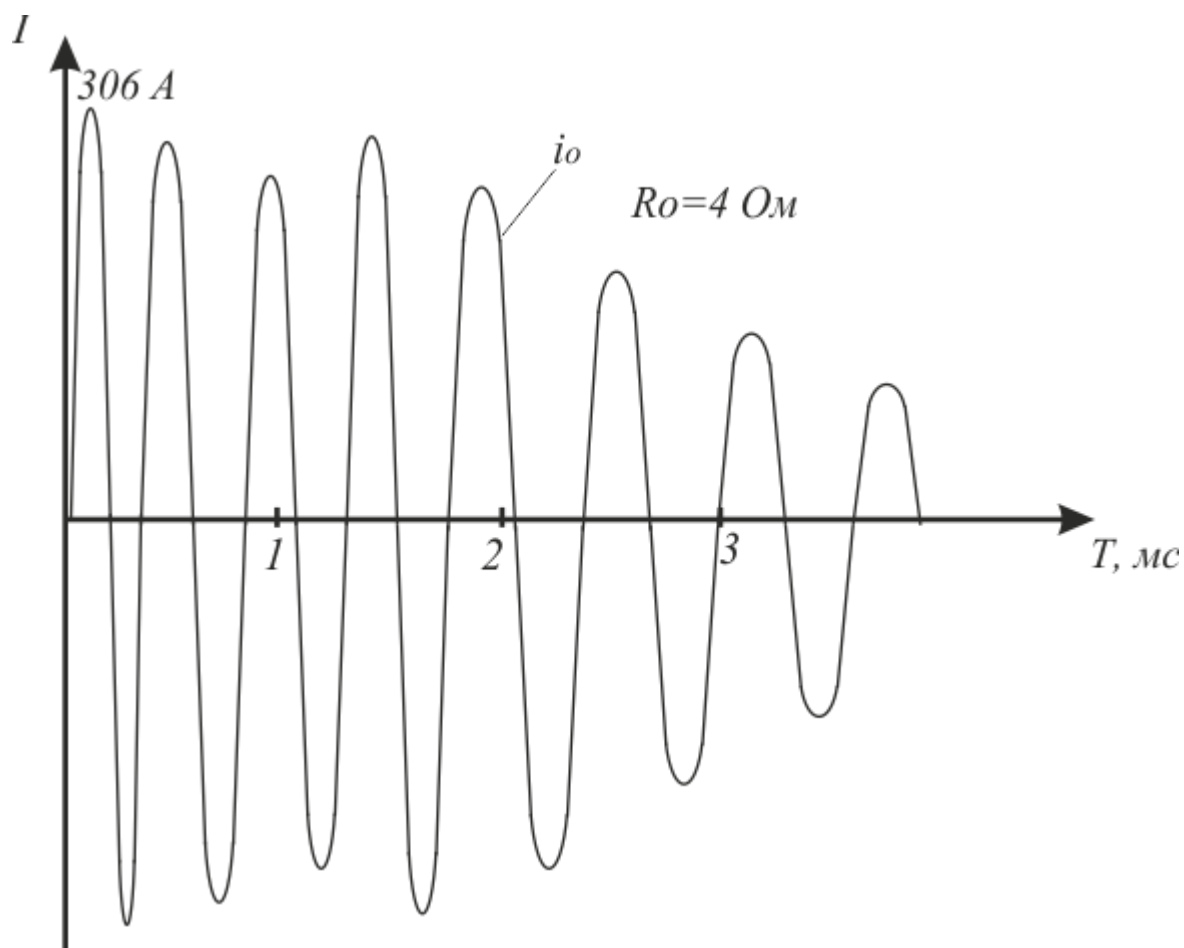
На рис. 7.2 а) приведені розрахункові криві струму і напруги нульової послідовності в момент максимуму напруги фази С на землю в базовій мережі з $C_0 = 1 \cdot 10^{-5}$ Ф, $R_0 = 4$ Ом. Як видно з цих кривих, у струмі i_0 міститься явно виражена високочастотна періодична складова, яка обумовлює багаторазову зміну напрямлення струму, тобто високочастотний струм багаторазово переходить через 0. На рис. 11,2 б) показана розрахункова крива струму i_0 на випадок замикання через $R_0 = 12$ Ом. При співставленні цієї кривої струму з кривою на рис. 7.2 а) видно що із збільшенням перехідної напруги зменшується не тільки амплітуда струму, але й число переходів високочастотного струму через 0. Криві струму i_0 на рис. 7.3 а) і б) свідчать про те, що при збільшенні перехідного опору до $R_0 = 50$ Ом виявляється та ж тенденція, при цьому високочастотний струм переходить через 0 лише 1 раз, при $R_0 = 500$ Ом і більше (рис. 7.3 б) періодична складова затухає швидко і перший перехід струму через 0 відбувається при переході через 0 вимушеної складової.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З викладеного слідує, що в кожній мережі існує деяке граничне значення перехідного опору, який в подальшому буде називатись критичним. Для даної мережі цей опір складає приблизно 80 Ом. При перехідних опорах більших ніж критичний, процес можна умовно вважати аперіодичним, так як, хоча в струмі все ще міститься деяка періодична складова, однак вона не викликає зміну його напрямку.

Граничне значення перехідного опору суттєво залежить від значення ємності мережі, потужності живлячого джерела і кута комутації ψ , тобто від моменту виникнення замикання. Роздивимось вплив цих факторів.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Арк.

Рис. 7.2 Розрахункові криві струму нульової послідовності при ЗНЗ в момент максимуму пошкодженої фази

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

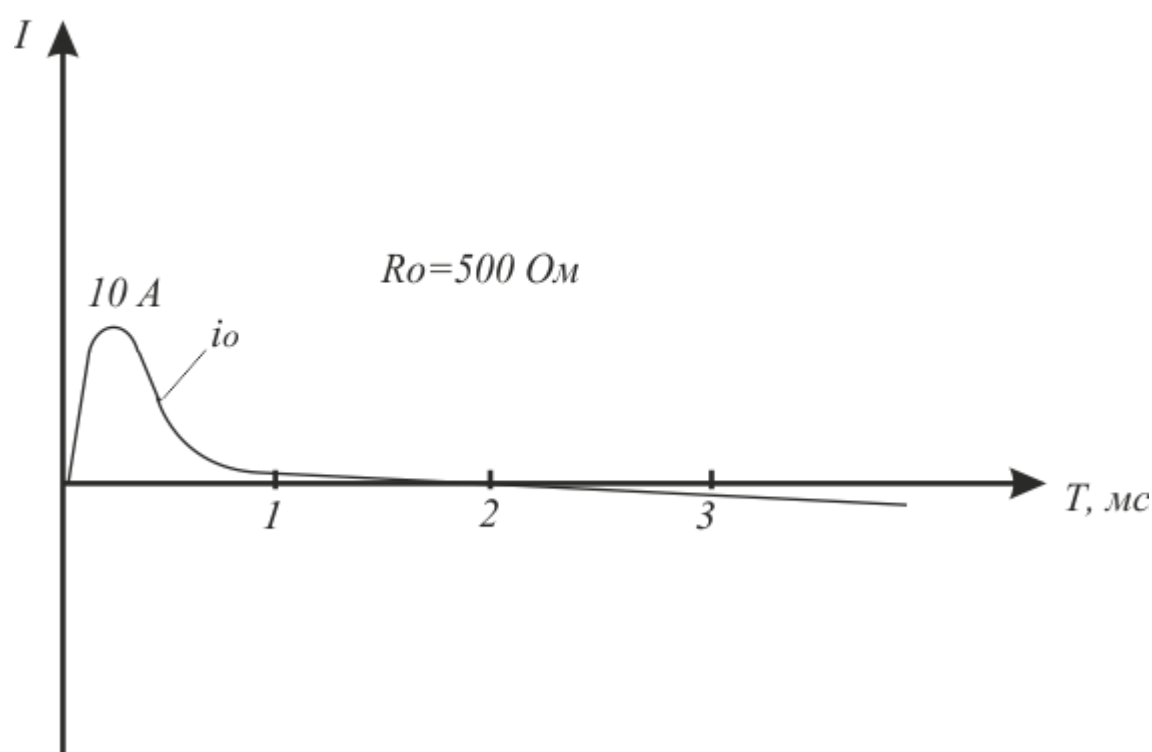
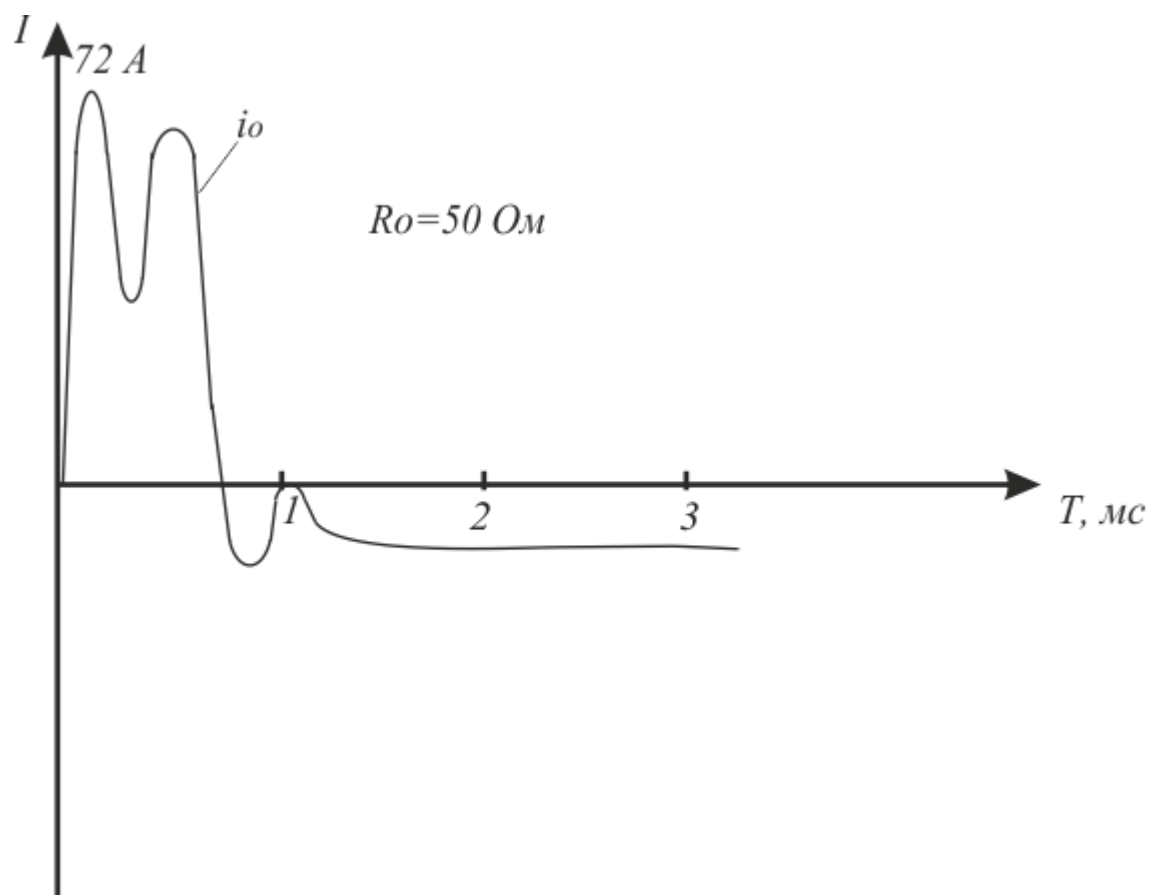


Рис. 7.3 Розрахункові криві струму нульової послідовності при ЗНЗ в момент максимуму пошкодженої фази

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

На рис. 7.4 відображені розрахункові залежності критичного перехідного опору від ємності мережі при різних потужностях трансформаторів, що живлять мережу. Криві отримані при замиканнях в момент максимуму напруги пошкодженої фази. Ці залежності показують, що із збільшенням ємності мережі значення $R_{кр}$ знижується, при цьому криві асимптотично наближаються до деякого значення $R_{кр}$, що залишається незмінним при подальшому збільшенні ємності. Такими значеннями виявились 80, 30 та 20 Ом, при трансформаторах, що живляться від 2,5, 16 та 63 МВА відповідно. Це значить, що в реальних мережах, навіть з великою ємністю можна, контролюючи характер перехідного процесу, вибірково фіксувати замикання через перехідні опори 20 Ом і вищі.

Відомо, що замикання на землю частіше за все починаються з пробою ізоляції, який відбувається при напрузі на пошкодженій фазі, близькому к максимальному. Однак при підключенні до мережі за допомогою вимикача приєднання з вже існуючим замиканням фази на землю, у тому числі і при наявності людини, що доторкнулась до фази, замикання може виникнути при будь-якій напрузі на цій фазі, аж до 0. В цьому випадку амплітуди вільних складових будуть менше розглянутих вище і відповідно число переходів струму через 0 також зменшиться, тобто значення критичного опору зміниться, так як аперіодичний процес у прийнятому тут розумінні буде наступати при менших значення перехідного опору.

Розрахункові криві струму i_0 при різних кутах комутацій для випадку $R_0=4$ Ом, представлені в графічній частині проекту. Вони підтверджують вказані припущення. При замиканнях, що відбуваються в моменти, коли напруга пошкодженої фази близька до 0, амплітуда вільної складової стає настільки малою, що високочастотний струм не змінює знаку, навіть при замиканнях через $R_0=4$ Ом. Це означає, що при наявності достатньої чутливості захист, що будується на контролі характеру перехідного процесу буде сприймати і такі замикання як небезпечні. Однак це буде призводити лише до необґрунтованих відключень, але не до зниження рівня безпеки.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практична реалізація вибіркової фіксації особливо небезпечних замикань може бути здійснена, наприклад, за допомогою пристрою, функціональна схема якого представлена на рис. 7.5.

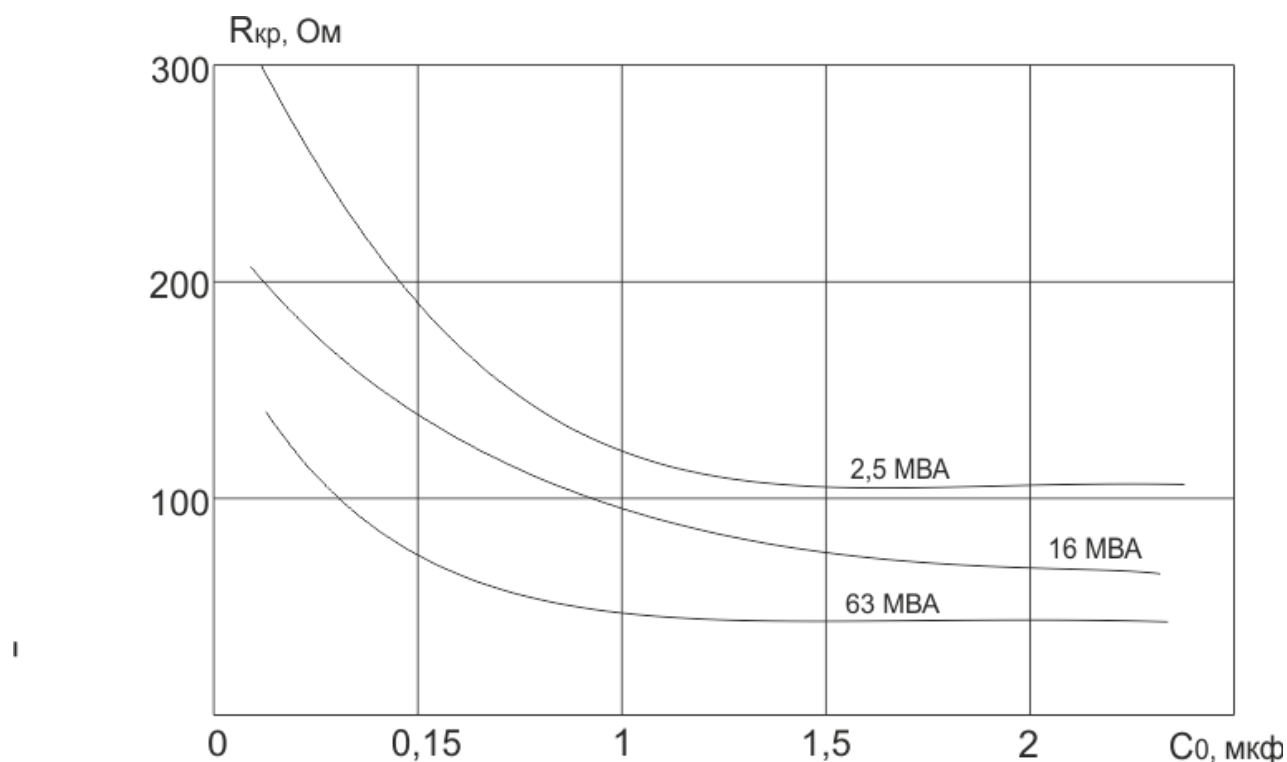


Рис. 7.4 Розрахункові залежності критичного перехідного опору в залежності від ємності мережі при різних потужностях живлячих трансформаторів

В основу цього пристрою покладено захист від замикань на землю, вимірювальний орган (виділений штрих-пунктиром) якої фіксує полярності перших на півхвиль перехідного струму і напруги нульової послідовності. Тут використана закономірність відмінностей цих полярностей для пошкодженого і непошкодженого приєднань. Вільні складові перехідного процесу струму на декілька порядків перевищують встановлені значення, тому чутливість такого захисту суттєво вища, ніж захист, що реагує на вимушені струми. Практично реалізований захист, що базується на прийнятому принципі, перевірений в достатньо тривалій експлуатації, мікросхемний варіант такого захисту чітко і надійно фіксує в мережі 6 – 10 кВ замикання на землю через перехідний опір 18

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

кОм. Це вказує на те, що такий захист має в декілька разів більшу чутливість в порівнянні з серійними захистами.

У вказаний вище пристрій введений додатковий канал, який оцінює значення перехідного опору і виділяє особливо небезпечні замикання. Додатковий фільтр 3F подавляє першу гармоніку, вільно пропускає високочастотні складові. Порогові органи 5,6 з пам'яттю реагують на різні полярності, тому при замиканнях через малі перехідні опори, коли високочастотний струм змінює напрям, спрацьовують обидва порогових органи. При замиканнях через перехідний опір, більший критичного, спрацьовує лише один з них, тому на виході логічного елементу ТА-НІ з'являється одиниця. Таким чином, при співпаданні двох умов замикання на землю на даному приєднанні, і це замикання – небезпечне, на виході додаткового логічного елементу ТА з'являється сигнал, що призводить до спрацьовування виводного органу 2ВО, тобто до вибіркового відключення. При замиканні через малі перехідні опори спрацьовує тільки орган 1ВО з дією на сигнал.

						Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

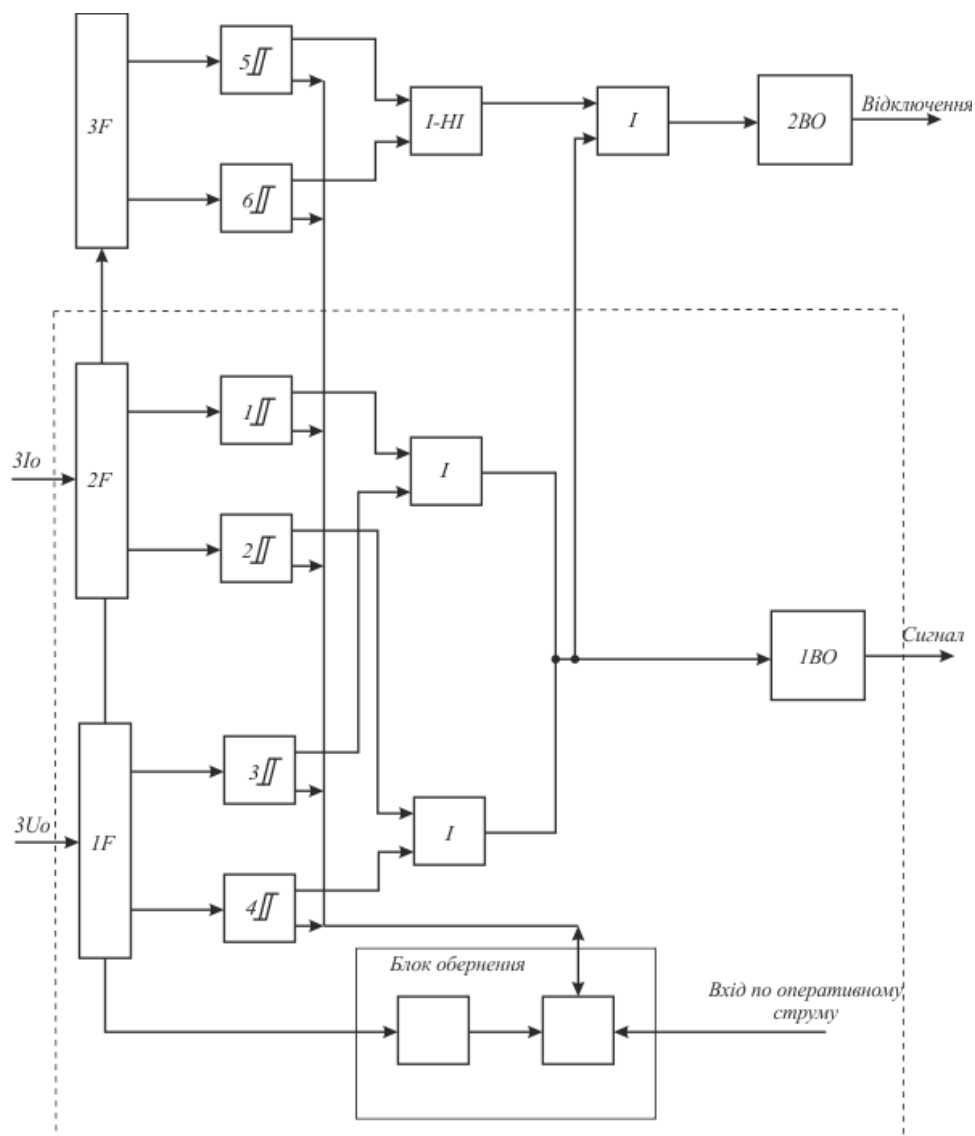


Рис. 7.5 Функціональна схема пристрою

На рис. 7.4 показані теоретично можливі граничні значення перехідного опору. Наявність порогових елементів з кінцевою чутливістю (в реалізованих зразках приблизно 0,5-1 А по первинному струму при частоті 1000 Гц) може декілька зсувати граничні значення в бік менших перехідних опорів. Однак навіть з урахуванням цього фактору, а також зміщення граничних значень внаслідок впливу кута комутації розглянутий принцип дозволяє побудувати практично корисний селективний захист. В теперішній час є технічні

					Арк.
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливості для розробки захисту, що вибірково відключає більшість небезпечних замикань.

Експериментальний зразок селективного захисту, підтвердив правильність посилань, що буди покладені в основу розробки. Розширення і поглиблення досліджень в області захистів від замикань на землю дозволить прискорити вирішення проблеми безпеки при експлуатації високовольтних установок.

Висновки по розділу:

1. Особливо небезпечні замикання фази на землю, тобто замикання через великі перехідні опори, в тому числі і через тіло людини, можна вибірково фіксувати по факту аперіодичності перехідного процесу, що дозволить збільшити рівень безпеки без суттєвого зниження надійності електропостачання.
2. Практична реалізація селективного захисту може бути досягнута на базі вимірювальних органів, що реагують на початкові параметри перехідного процесу замикання.

						Арк.
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота з проектування системи електропостачання зернопереробного підприємства базувалася на вимогах надійності, економічності та працездатності з урахуванням перспектив розвитку навантаження підприємства.

В ході дослідження було розраховано електричне навантаження споживачів підприємства, побудовано графік електричного навантаження, на основі техніко-економічних розрахунків обрано оптимальну систему електропостачання та режим її роботи. Для центрального розподільчого пристрою підприємства було підібрано сучасне високовольтне обладнання та проведено вимірювання споживання електроенергії. Також були обрані цехові підстанції та компенсуюче обладнання. Спроектована система електропостачання була перевірена на відхилення напруги і розрахунки показали, що допустимі відхилення не перевищуються.

В спеціальному розділі роботи було розглянуто питання присвячене селективному захисту від небезпечних з точки зору електроуражень замикань на землю.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плєшков П.Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н.Ю., Котиш А.І., Величко Т.В.]; – М.-во освіти і науки України, Центральнoукр. Нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив –Систем», 2021. – 209 с.

2. Шкрабець Ф.П., Плєшков П.Г. Основи електропостачання. Навчальний посібник –Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2010. – 408 с.

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

4. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків: ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.

5. Плєшков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. - Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007. – 386 с.

6. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А.Ю., Плєшков 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.

7. Черемісін М. М., Мороз О. М., Єгоров О. Б., Швець С. В. Перехідні процеси в системах електропостачання: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. — Харків: ТОВ "В справі", 2016. — 260 с.

8. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І.Несен / За ред. академіка НАН України Г.Г.Півняка. - Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2000. - 597 с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с.

10. Теоретичні основи електротехніки. Перехідні процеси в лінійних колах. Синтез лінійних кіл. Електричні та магнітні нелінійні кола: підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев; за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 530 с

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		