

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

канд. техн. наук, професор

Петро ПЛЄШКОВ

“ ____ ” ____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розробка системи енергетичного контролю споживання електроенергії в агропромисловому секторі с.м.т. Петрове»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ–21,

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

Максим ТИМОФЄЄНКО

« ____ » ____ 2025 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

Анатолій ОРЛОВИЧ

« ____ » ____ 2025 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2025 р.

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

Тимофєєнка Максима Вікторовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи енергетичного контролю споживання електроенергії в агропромисловому секторі с.м.т. Петрове

Development of an energy control system for electricity consumption in the agro-industrial sector of Petrovo

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

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

3. Строк подання роботи до захисту 03.06.2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка системи енергетичного контролю споживання електроенергії в агропромисловому секторі с.м.т. Петрове. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних навантажень. 2. Провести розрахунок картограми електричних навантажень. 3. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 4. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 5. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 6. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 7. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>03.02-19.02</i>	
2	<i>Картограма електричних навантажень</i>	<i>20.02-28.02</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>	<i>01.03-12.03</i>	
4	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>13.03-01.04</i>	
5	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	<i>2.04-12.04</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>13.05-01.05</i>	
7	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>02.05-20.05</i>	
8	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>21.05-26.05</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>27.05-02.06</i>	

Дата видачі завдання
«___» _____ 2025 р.

Підпис керівника _____ Анатолій ОРЛОВИЧ

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____ Максим ТИМОФЄЄНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 62 с.; 14 рис.; 21 табл.; 5 джерел

Тимофєєнко М. В. Розробка системи енергетичного контролю споживання електроенергії в агропромисловому секторі с.м.т. Петрове. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2025 рік.

Дане дослідження було спрямоване на створення комплексної системи моніторингу та контролю енергоспоживання електричної енергії для агропромислових підприємств с.м.т. Петрове.

У процесі проектування було виконано детальні розрахунки електричних навантажень із урахуванням специфіки сільськогосподарського виробництва, де характерні сезонні коливання споживання електроенергії. Проаналізовано параметри добових та сезонних графіків навантаження, що особливо важливо для агропромислового сектору, оскільки електроспоживання істотно змінюється залежно від періоду сільськогосподарських робіт.

Окрему увагу приділено аналізу режимів реактивної потужності, адже сільськогосподарські підприємства зазвичай використовують значну кількість асинхронних двигунів для приводу різноманітного обладнання – від вентиляційних систем до транспортерів та подрібнювачів кормів. Проведено розрахунки режимів короткого замикання мережі, що дозволило правильно підібрати захисну апаратуру та забезпечити селективність спрацювання захистів.

Ключові слова: розрахункові навантаження, електрична мережа, енергетичний контроль

ABSTRACT

Qualification work: 62 p.; 14 Fig.; 21 tables; 5 sources

Tymofieienko M. Development of an energy control system for electricity consumption in the agro-industrial sector of Petrovo. – Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025.

This study was aimed at creating a comprehensive system for monitoring and controlling electricity consumption for agro-industrial enterprises in the Petrove settlement.

During the design process, detailed calculations of electrical loads were performed, taking into account the specifics of agricultural production, which is characterized by seasonal fluctuations in electricity consumption. The parameters of daily and seasonal load schedules were analyzed, which is especially important for the agro-industrial sector, since electricity consumption varies significantly depending on the period of agricultural work.

Special attention was paid to the analysis of reactive power modes, since agricultural enterprises usually use a significant number of asynchronous motors to drive various equipment - from ventilation systems to conveyors and feed grinders. Calculations of network short-circuit modes were performed, which allowed the correct selection of protective equipment and the selectivity of protection operation.

Keywords: design loads, electrical network, energy control

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	8
1.1 Силові електричні навантаження до 1 кВ	8
1.2 Освітлювальні електричні навантаження.....	15
1.3 Силові електричні навантаження вище 1 кВ	16
1.4 Графіки електричних навантажень заводу	20
РОЗДІЛ 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	24
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ	26
3.1 Схема зовнішнього електропостачання.....	26
3.2 Схема внутрішнього електропостачання	28
РОЗДІЛ 4. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	30
4.1 Баланс реактивної потужності.....	30
4.2 Вибір кількості, потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв	31
РОЗДІЛ 5. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА	32
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ	33
6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень	33
6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ	36
6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги.....	38
6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб.....	39
РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ С.М.Т. ПЕТРОВЕ	40
7.1 Обґрунтування систем обліку і контролю електроенергії в системі електропостачання.....	40
7.2 Вибір систем обліку і контролю електроспоживання, електронних лічильників	45
7.3 Методи розрахунку енергетичного балансу та втрат потужності в електромережі	51
7.4 Встановлення реальних показників параметрів електроспоживання	57
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тимофєєнко М.В.			Розробка системи енергетичного контролю споживання електроенергії в агропромисловому секторі с.м.т. Петрове Development of an energy control system for electricity consumption in the agro-industrial sector of Petrovo	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Орлович А.Ю.					6	62
Н. контр.		Орлович А.Ю.			ЦНТУ зр. ЕЕ-21			
Затвер.		Плєшков П.Г.						

Таблиця 1.1. Силові ел. навант. в мережі до 1000 В

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл.	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за		Км	Розрахункова поужність,			
			Одного	Сум.					Рер	Qер		Pr	Qp	Sp	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<i>смт Петрово</i>														
	Райавтодор														
1	Адміністрація	6	1 - 10	50	10	0,65	0,8	0,75	32,5	24,38	6	1,33	43,26	26,81	50,9
2	Дорожній цех														
	Лінія завантаження	2	40 - 40	80		0,6	0,8	0,75	48	36					
	Компресори	4	15 - 15	60		0,65	0,75	0,882	39	34,39					
	Електронагрівачі	2	25 - 25	50		0,5	0,7	1,02	25	25,51					
	Технологічна установка Д-531	2	20 - 20	40		0,5	0,65	1,169	20	23,38					
	Насоси	2	20 - 20	40		0,7	0,8	0,75	28	21					
	Транспортери	1	20 - 20	20		0,6	0,8	0,75	12	9					
	Вентилятори	2	5 - 80	29		0,65	0,8	0,75	18,85	14,14					
	Разом	15	5 - 80	319	16	0,6	0,58	0,86	190,85	163,42	8	1,33	253,09	179,76	310,44
3	Столярний цех														
	Строгальні станки	4	30 - 30	120		0,6	0,6	1,333	72	96					
	Шліфувальні станки	4	20 - 20	80		0,45	0,6	1,333	36	48					
	Тепловентилятори	2	15 - 15	30		0,5	0,65	1,169	15	17,54					
	Лінія деревообробки	1	30 - 30	30		0,5	0,65	1,169	15	17,54					
	Вентилятори	5	1 - 20	52		0,65	0,8	0,75	33,8	25,35					
	Разом	16	1 - 30	312	30	0,55	0,36	1,19	171,8	204,42	16	1,25	214,02	204,42	295,97
4	Котельня														
	Водяні насоси	4	5 - 80	170		0,7	0,8	0,75	119	89,25					
	Дренажні насоси	2	20 - 20	40		0,7	0,8	0,75	28	21					
	Вентилятори	3	3 - 3	9		0,65	0,8	0,75	5,85	4,39					
	Разом	9	3 - 80	219	27	0,7	0,63	0,75	152,85	114,6	5	1,31	199,97	126,1	236,41
5	Гараж														
	Вентилятори	5	1 - 5	21		0,7	0,8	0,75	14,7	11,03					

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	Компресори	3	10 - 15	40		0,65	0,8	0,75	26	19,5						
	Зварювальні апарати	2	15 - 15	30		0,3	0,35	2,676	9	24,09						
	Лінія дрібного ремонту	1	20 - 20	20		0,35	0,5	1,732	7	12,12						
	Разом	11	1 - 20	111	20	0,51	0,37	1,18	56,7	66,74	11	1,34	76,04	66,74	101,18	
6	Склад															
	Транспортери	2	3 - 3	6		0,6	0,79	0,776	3,6	2,79						
	Вентилятори	4	3 - 3	12		0,65	0,8	0,75	7,8	5,85						
	Разом	6	3 - 3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,4	8,64	6	1,35	15,45	9,51	18,14	
	Всього Райавтодору	63	1 - 80	1029	80	0,63	0,8	0,75	616	582	26	1,15	706,31	582,24	915,36	
	Рудоуправління кар'єру №3															
1	Адміністрація	22	1 - 10	112	10	0,8	0,9	0,484	89,6	43,4	22	1,05	94,3	43,4	103,81	
2	Котельня															
	Водяні насоси	3	5 - 10	18	2	0,7	0,8	0,75	12,6	9,45						
	Дренажні насоси	2	3 - 6	10	2	0,7	0,8	0,75	7	5,25						
	Компресори	3	3 - 5	12	2	0,65	0,8	0,75	7,8	5,85						
	Вентилятори	2	3 - 3	16	1	0,65	0,8	0,75	10,4	7,8						
	Разом	10	3 - 10	56	3	0,68	0,63	0,75	37,8	28,35	10	1,22	46,03	31,19	55,6	
3	Майстерня-гараж															
	Підйомники	4	11 - 18	62	2	0,5	0,65	1,169	31	36,24						
	Металообробні верстати	12	0,3 - 5	58	17	0,75	0,8	0,75	43,5	32,63						
	Вентилятори	4	20 - 20	80	1	0,6	0,75	0,882	48	42,33						
	Зварювальні установки	3	10 - 10	30	1	0,6	0,75	0,882	18	15,87						
	Компресори	2	10 - 10	20	1	0,7	0,84	0,646	14	9,04						
	Сушильні камери	4	5 - 5	20	1	0,7	0,84	0,646	14	9,04						
	Разом	6	0,3 - 20	270	67	0,62	0,58	0,86	168,5	145,16	6	1,36	229,47	159,68	279,56	
4	Склад															
	Електрокари	2	3 - 3	6	1	0,6	0,8	0,75	3,6	2,7						
	Вентилятори	4	3 - 3	12	1	0,65	0,79	0,8	7,8	6,24						

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Разом	6	3 - 3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,34	8,51	6	1,35	15,36	9,36	17,99
	Разом по Рудоуправлінню	44	0,3 - 20	456	67	0,67	0,64	0,73	307,24	225,41	44	1,09	335,7	225,41	404,36
	Агропромфінра «Лідер»														
1	Адміністрація	7	3 - 5	31	2	0,7	0,8	0,75	21,7	16,3	7	1,24	27	17,9	32,4
2	Гараж														
	Підйомники	5	1 - 10	22	10	0,7	0,8	0,75	15,4	11,6					
	Металообробні станки	4	10 - 15	40	2	0,65	0,8	0,75	26	19,5					
	Зварювальні апарати	2	15 - 15	30	1	0,7	0,8	0,75	21	15,8					
	Разом	11	1 - 15	92	15	0,68	0,63	0,75	62,4	46,8	11	1,2	75,06	46,8	88,45
3	Молокопріймальний пункт														
	Насоси	6	5 - 20	55	4	0,75	0,8	0,75	41,25	30,94					
	Пастеризатори	4	2 - 5	18	3	0,6	0,75	0,882	10,8	9,52					
	Охолоджуючі танки	3	10 - 10	30	1	0,6	0,75	0,882	18	15,87					
	Холодильники	2	10 - 10	20	1	0,7	0,84	0,646	14	9,04					
	Вентилятори витяжні	8	3 - 20	62	7	0,65	0,8	0,75	40,3	30,23					
	Разом	23	2 - 20	185	10	0,67	0,62	0,77	124,35	95,6	19	1,15	143,07	95,6	172,07
	Разом по Агропромфінра «Лідер»	41	1 - 20	308	20	0,68	0,63	0,76	208,45	158,68	31	1,11	231,7	158,68	280,83
	МТС ПП «Дружба														
1	Механічний цех														
	Металообробні станки	18	7 - 40	144	6	0,14	0,5	1,732	20,16	34,92					
	Компресори	4	15 - 15	60	1	0,65	0,75	0,882	39	34,39					
	Звар. трансформатори	6	10 - 25	50	3	0,7	0,75	0,882	35	30,87					
	Преси	6	3 - 6	32	2	0,5	0,7	1,02	16	16,32					
	Піч опору	2	5 - 20	25	4	0,5	0,8	0,75	12,5	9,38					
	Транспортери	1	20 - 20	20	1	0,6	0,8	0,75	12	9					
	Вентилятори	8	5 - 15	60	3	0,65	0,8	0,75	39	29,25					
	Разом	45	3 - 40	391	13	0,44	0,53	0,95	173,66	164,13	20	1,28	222,79	164,13	276,72
2	Столярний цех														

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Строгальні станки	4	30 - 30	120	1	0,6	0,6	1,333	72	96					
	Шліфувальні станки	4	20 - 20	80	1	0,45	0,6	1,333	36	48					
	Лінія деревообробки	1	30 - 30	30	1	0,5	0,65	1,169	15	17,54					
	Насоси технічної води	2	20 - 20	40	1	0,7	0,8	0,75	28	21					
	Вентилятори	5	1 - 20	52	20	0,65	0,8	0,75	33,8	25,35					
	Разом	16	1 - 30	322	30	0,57	0,41	1,12	184,8	207,89	16	1,23	227,37	207,89	308,08
3	<i>Автогараж</i>														
	Вентилятори	5	1 - 5	21	5	0,7	0,8	0,75	14,7	11,03					
	Компресори	3	10 - 15	40	2	0,65	0,8	0,75	26	19,5					
	Зварювальні апарати	2	15 - 15	30	1	0,3	0,35	2,676	9	24,09					
	Лінія дрібного ремонту	1	20 - 20	20	1	0,35	0,5	1,732	7	12,12					
	Разом	11	1 - 20	111	20	0,51	0,37	1,18	56,7	66,74	11	1,34	76,04	66,74	101,18
4	<i>Склад</i>														
	Транспортери	2	3 - 3	6	1	0,6	0,79	0,776	3,6	2,79					
	Вентилятори	4	3 - 3	12	1	0,65	0,8	0,75	7,8	5,85					
	Разом	6	3 - 3	18	1	0,63	0,8	0,75	11,4	8,64	6	1,35	15,45	9,51	18,14
	Всього по МТС ІІІ Дружба	78	1 - 40	842	40	0,51	0,46	1,05	426,56	447,4	42	1,16	494,26	447,4	666,68
	<i>Агрофірма «Колос»</i>														
1	<i>Млин</i>														
	Подрібноначі КДУ-2	2	10 - 10	20	1	0,4	0,6	1,333	8	10,67					
	Вентилятори	6	5,5 - 6	33	1	0,65	0,75	0,882	21,45	18,92					
	Лінія обробки зерна	7	1 - 12	33	12	0,35	0,75	0,882	11,55	10,19					
	Циклони	2	3 - 3	6	1	0,3	0,5	1,732	1,8	3,12					
	Всього	17	1 - 12	92	12	0,47	0,49	1	42,8	42,89	15	1,32	56,4	42,89	70,86
2	<i>Олійня</i>														
	Шнеки	3	3 - 3	9	1	0,54	0,8	0,75	4,86	3,65					
	Преси	2	11 11	22	1	0,5	0,7	1,02	11	11,2					
	електродуховки	3	1,8 12	21	7	0,55	0,9	0,484	11,39	5,51					

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	вентилятори	3	2 - 7	14	4	0,64	0,8	0,75	8,64	6,48						
	Разом	11	1,8 - 12	65,2	7	0,55	0,63	0,75	35,9	26,86	11	1,31	46,92	26,86	54,06	
3	Кормоцех															
	Подрібнювачі	4	3 - 12	30	4	0,45	0,6	1,333	13,5	18						
	Ваги ДМ-100	1	1,2 - 2	1	1	0,6	0,8	0,75	0,81	0,61						
	Живителі муки	2	1,1 - 4	5	4	0,2	0,45	1,985	1,02	2,02						
	Просіювачі	2	3 - 3	6	1	0,6	0,7	1,02	3,6	3,67						
	Силос мучний	2	3 - 11	14	4	0,15	0,5	1,732	2,1	3,64						
	Шлюзові затвори	1	3 - 3	3	1	0,3	0,7	1,02	0,9	0,92						
	Вентилятори	4	3 - 3	12	1	0,65	0,79	0,8	7,8	6,24						
	Разом	16	1,1 - 12	71,45	11	0,42	0,36	1,18	29,73	35,1	12	1,41	41,89	35,1	54,65	
4	Майстерня															
	Металорізальні верстати	4	3 - 15	30	5	0,12	0,4	2,291	3,6	8,25						
	Преси	2	3 - 10	8	3	0,34	0,55	1,518	2,72	4,13						
	Компресори	2	15 - 15	30	1	0,65	0,8	0,75	19,5	14,63						
	Зварювальна ділянка	2	15 - 15	30	1	0,3	0,35	2,676	9	24,09						
	Всього по агрофірмі "Колос"	44	1 - 40	228,65	40	0,47	0,52	0,97	108,4	104,8	11	1,37	148,98	104,85	182,17	
	Агрофірма ПП «Красюк»															
1	Адміністрація	20	1,5 - 20	245		0,7	0,8	0,75	171,5	128,63	20	1,13	193,73	128,63	232,54	
2	Виробничий цех															
	Лінія первинної обробки	12	2 - 15	48		0,8	0,75	0,882	38,4	33,87						
	Лінія автоматичного сортування	4	1 - 40	85		0,25	0,7	1,02	21,25	21,68						
	Сушильні шафи	4	2 - 20	44		0,85	0,75	0,882	37,4	32,98						
	Лінія завантаження	8	1,5 - 10	46		0,6	0,8	0,75	27,6	20,7						
	Хлібопекарські печі	2	80 - 80	160		0,7	0,85	0,62	112	69,41						
	Тестозамішувальні машини	4	8 - 22	60		0,3	0,8	0,75	18	13,5						
	Лінія розвантаж. готової продукції	4	1,5 - 15	47		0,6	0,8	0,75	28,2	21,15						
	Насоси	8	3 - 15	75		0,7	0,8	0,75	52,5	39,38						

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	Вентилятори	6	10 - 11	61		0,65	0,8	0,75	39,65	29,74						
	Разом	52	1 - 80	626		0,65	0,8	0,75	406,9	305,18	16	1,18	480,52	305,18	569,24	
3	Склад готової продукції															
	Транспортери	10	1 - 15	21		0,5	0,7	1,02	10,5	10,71						
	Вентилятори	12	1,2 - 8	28		0,65	0,75	0,882	18,2	16,05						
	Машини мікроклімату	1	7 - 7	7		0,5	0,8	0,75	3,5	2,63						
	Разом	23	1 - 15	56		0,55	0,75	0,882	30,8	27,16	7	1,41	43,35	29,88	52,65	
4	Склад сировини															
	Конвеєр	12	1 - 3	22		0,6	0,75	0,882	13,2	11,64						
	Машини мікроклімату	8	2 - 5	30		0,65	0,75	0,882	19,5	17,2						
	Разом	20	1 - 5	52		0,63	0,75	0,882	32,76	28,89	20	1,17	38,34	28,89	48,01	
5	Гараж	27	1,2 - 14	27		0,39	0,69	1,049	10,53	11,05	4	1,89	19,9	12,15	23,32	
	Всього по Агрופірма ІІІ «Красюк»	142	1 - 80	1006		0,63	0,624	0,768	652,49	500,9	25	1,15	750,2	500,9	902,05	
1	СФГ "Роксолана"															
	Зерновий тік															
	Очисні сепаратори	4	1 - 40	85		0,25	0,7	1,02	21,25	21,68						
	Зерносушилки	3	6 - 10	28		0,7	0,8	0,75	19,6	14,7						
	Шнеки	2	2 - 40	42		0,85	0,75	0,882	35,7	31,48						
	Транспортери	4	1 - 8	18		0,65	0,8	0,75	11,7	8,78						
	Норії	8	1,5 - 10	46		0,6	0,8	0,75	27,6	20,7						
	Калорифер	4	1 - 15	30		0,25	0,7	1,02	7,5	7,65						
	Силоси	2	6 - 10	22		0,7	0,8	0,75	15,4	11,55						
	Вентилятори	6	2 - 11	50		0,85	0,75	0,882	42,5	37,48						
	Всього по СФГ "Роксолана"	59	1 - 80	321		0,63	0,583	0,85	181,25	154,02	8	1,29	234,7	169,42	289,46	
	Всього на 0,4 кВ	488	0,3 - 80	4283	267	0,59	0,57	0,87	2543	2216	107	1,07	2731,8	2216,5	3517,8	

1.2 Освітлювальні електричні навантаження

Приклад розрахунку освітлювальних ел. навант. адміністрації наведено нижче.

$$P_{\text{вст}} = FP_0 \cdot 10^{-3} = 1992 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 27,89 \text{ кВт}$$

$$P_p = K_{\text{п}} K_1 P_{\text{вст}} = 0,9 \cdot 1,12 \cdot 27,89 = 28,11 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \text{tg}\varphi = 28,11 \cdot 0,484 = 31,18 \text{ квар}$$

Результати розрахунків для інших цехів приведені в таб. 1.2.

Таблиця 1.2. Освітлювальні ел. навант.

№	Найменування	F, м ²	p _{ос} , Вт/ м ²	P _в , кВт	K _с	K ₁	tgφ	P _p , кВт	Q _p , ква р	S _p , кВ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Райавтодор										
1	Адміністрація	1992	14	27,89	0,9	1,12	0,48	28,11	13,49	31,18
2	Дорожний цех	1080	10	10,8	0,9	1,2	1,73	11,66	20,18	23,31
3	Столярний цех	144	12	1,73	0,85	1,2	1,73	1,76	3,05	3,52
4	Котельня	384	8	3,07	0,9	1,12	0,48	3,1	1,49	3,43
5	Гараж	896	6	5,38	0,95	1,12	0,48	5,72	2,75	6,34
6	Склад	512	6	3,07	0,95	1,12	0,48	3,27	1,57	3,63
7	Територія підприємства	62720	0,2	12,54	0,5	1,12	0,48	7,02	3,37	7,79
	Всього							60,65	45,89	76,06
Рудоуправління кар'єру №3										
1	Адміністрація	1152	14	16,13	0,8	1,12	0,48	14,45	6,94	16,03
2	Котельня	256	8	2,05	0,85	1,2	1,73	2,09	3,61	4,17
3	Зал керування	1024	14	14,34	0,9	1,2	1,73	15,48	26,79	30,94
4	Склад	768	6	4,61	0,9	1,2	1,73	4,98	8,61	9,94
4	Територія підприємств	35840	0,2	7,17	0,5	1,12	0,48	4,01	1,93	4,45
	Всього							101,66	93,77	138,3

Таблиця 1.3. Силові ел. навант. в мережі вище 1000 В

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну, кВт			Км	Розрахункова потужність		
			Одного	Сум					Рер	Qер	Рр		Qр	Sp	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТП№1														
	Райавтодор														
	сілова	63	1 - 80	1029	80	0,6	0,7	0,9	616,1	582,237	26	1,2	706,727	582,24	922,641
	освітлювальна												60,6476	45,894	
	Всього												776,375	628,13	998,653
	БСК													-200	
	З урахуванням БСК												776,4	428,1	
	Втрати в трансформаторі Sn.гр=	2		Kз=0,83									2,7	25,2	
	Всього на шинах 10 кВ												779	453,3	901,3
	ТП№ 2														
	Рудоуправління кар'єру №3														
	сілова	44	0 - 20	456	66,7	0,67	0,8	0,7	307,24	225,411	44	1,1	335,699	225,41	404,356
	освітлювальна												101,661	93,766	
	Всього												437,36	319,18	541,44
	БСК													-200	
	З урахуванням БСК												437,4	119,2	
	Втрати в трансформаторі Sn.гр=	1		Kз= 0,9									1,5	12,6	
	Всього на шинах 10 кВ												438,9	131,8	458,2
	ТП№ 3														
	СФГ Роксолана														
	сілова	144	1 - 80	857,65	80	0,58	0,8	0,8	498,12	417,55	21	1,2	594,152	417,55	726,199
	освітлювальна												144,384	63,176	
	Всього												738,536	480,73	881,211
	БСК														
	З урахуванням БСК												738,5	480,7	
	Втрати в трансформаторі Sn.гр=	2		Kз=0,73									2,8	25,2	

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього на шинях 10 кВ	ТПП№3											741,4	505,9	897,5
	ТПП№ 4														
	МТС ПП «Дружба»	ТПП№ 4													
	силова	78	1 - 40	842	40	0,51	0,7	1	426,56	447,396	42	1,2	494,262	447,4	666,677
	освітлювальна												33,5094	25,339	
	Всього												527,772	472,74	708,535
	БСК													-469	
	З урахуванням БСК												527,8	3,7	
	Врати в трансформаторі Sn.тр=	630		Kз= 1,18									1,3	12,6	
	Всього на шинях 10 кВ	ТПП№ 4											529,1	16,3	529,4
	ТПП№ 5														
	Агрофірма ПП «Красюк»														
	силова	142	1 - 80	1006		0,63	0,6	0,8	652,49	500,901	25	1,1	750,198	500,9	902,052
	освітлювальна												27,9419	46,763	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по	ТПП№ 5													
	силова	142	1 - 80	1006	80	0,65	0,8	0,8	652,49	500,901	25	1,1	744,115	500,9	897
	освітлювальна												27,9419	46,763	
	Всього												772,057	547,66	946,576
	БСК													-112	
	З урахуванням БСК												772,1	435,7	
	Врати в трансформаторі Sn.тр=	630		Kз= 0,79									2,6	25,2	
	Всього на шинях 10 кВ	ТПП№ 5											774,7	460,9	901,4
	Всього														
	силова	488	0 - 80	4282,65	267	0,59	0,6	0,9	2543,3	2216,38	107	1,1	2731,86	2216,4	3517,87
	освітлювальна												368,144	503,11	
	Всього												3100	2719,5	4123,8
	Компенсуючі пристрої													-981	
	Всього з урахуванням КП-0,4												3100	1738,5	3554,2
	Врати в трансформаторах	8											10,9	100,8	

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього												3110,9	1839,3	3614
	Компенсуючі пристрої 10 кВ													-1800	
	Всього на шинях 10 кВ												3110,9	39,3	3111,2
													$\text{tg}\varphi_{\text{вск}}=$	0,15	
													$\text{tg}\varphi=$	0,01	

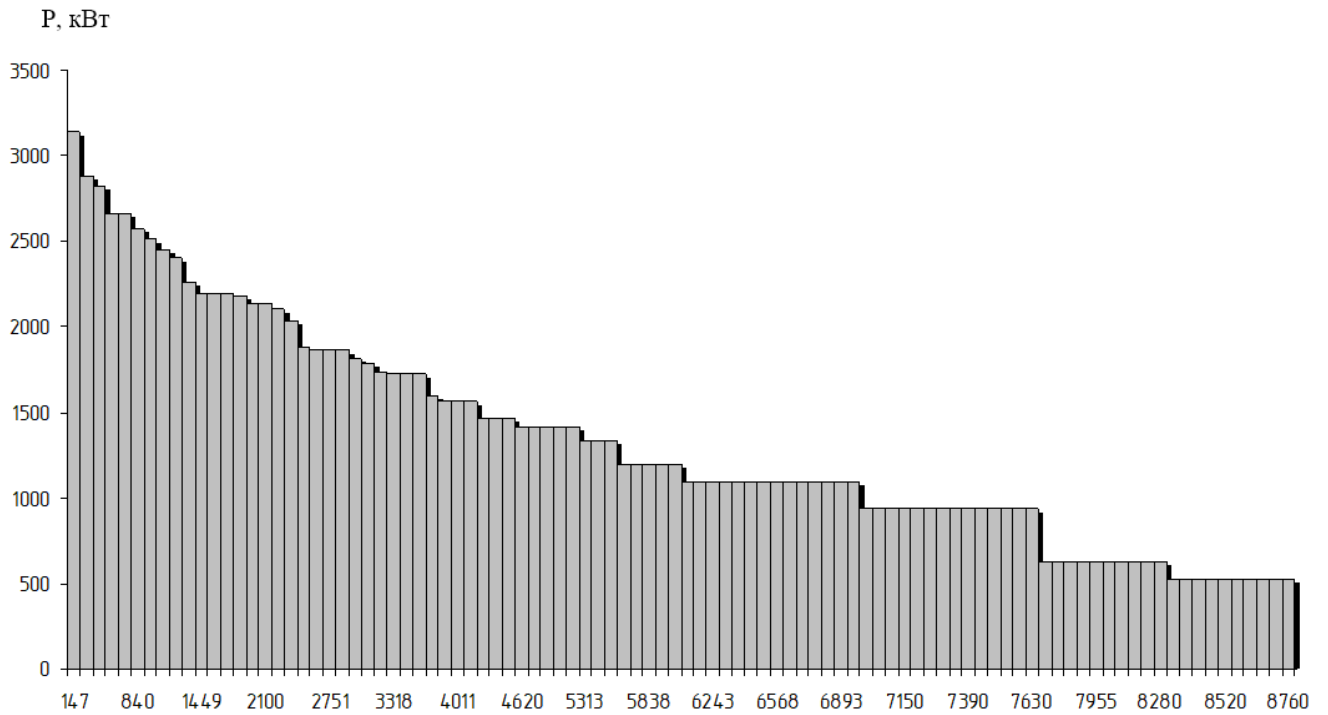


Рис. 1.5. Річн. графік за тривалістю

$$W_p = \sum P^{\text{роб}}_{3,i} \cdot 147 + \sum P^{\text{вих}}_{3,i} \cdot 65 + \sum P^{\text{роб}}_{л,i} \cdot 105 + \sum P^{\text{вих}}_{л,i} \cdot 48 = 48265,9 \cdot 147 + 21639,7 \cdot 63 + 41026,0 \cdot 63 + 18393,7 \cdot 48 = 13692290 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$V_p = \sum Q^{\text{роб}}_{3,i} \cdot 147 + \sum Q^{\text{вих}}_{3,i} \cdot 63 + \sum Q^{\text{роб}}_{л,i} \cdot 105 + \sum Q^{\text{вих}}_{л,i} \cdot 50 = 39948,8 \cdot 147 + 15895,6 \cdot 63 + 33956,5 \cdot 105 + 13511,2 \cdot 48 = 11119663 \text{ кВар}\cdot\text{год}$$

$$T_m = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{13692290^2 + 11119663^2}}{4339} = 4064,8 \text{ год}$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10^4}\right)^2 8760 = \left(0,124 + \frac{4064,8}{10000}\right)^2 8760 = 2465,1 \text{ год.}$$

РОЗДІЛ 2

КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок картограми адміністрації:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_{\text{осв}} + P_{\text{сил}}}{\pi t}} = \sqrt{\frac{43,26 + 28,11}{3,14 \cdot 0,25}} = 9,53 \text{ мм},$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360}{P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}}} = \frac{28,11 \cdot 360}{43,26 + 28,11} = 141,79^\circ.$$

Центр електричних навантажень:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 1736634, / 6111,7 = 284 \text{ м}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = 1741870 / 6111,7 = 285 \text{ м}$$

Таблиця 2.1. Картограма електричних навантажень

№ по плану	Найменування	Ррсил, кВт	Рросв, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	α	x, м	y, м	P*x, кВт м	P*y, кВт м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Райавтодор											
1	Адміністрація	43,26	28,11	71,37	0,25	9,53	141,79	1440	304	102774,67	21696,87
2	Дорожний цех	253,09	11,66	264,76	0,25	18,36	15,86	1456	448	385485,64	118610,97
3	Столярний цех	214,02	1,76	215,79	0,25	16,58	2,94	1520	408	327995,76	88040,97
4	Котельня	199,97	3,1	203,07	0,25	16,08	5,49	1536	320	311908,69	64980,98
5	Гараж	76,04	5,72	81,76	0,25	10,2	25,18	600	200	49058,98	16352,99
6	Склад	15,45	3,27	18,71	0,25	4,88	62,88	576	416	10779,17	7784,96
Рудоуправління кар'єру №3											
1	Адміністрація	94,3	14,45	108,75	0,25	11,77	47,84	920	976	100052,1	106142,23
2	Котельня	46,03	2,09	48,12	0,25	7,83	15,63	64	976	3079,92	46968,85
3	Зал керування	229,47	15,48	244,96	0,25	17,66	22,75	784	928	192046,17	227319,96
4	Склад	15,36	4,98	20,34	0,25	5,09	88,08	80	920	1627,25	18713,34
Агропромфірма «Лідер»											
1	Адміністрація	27	10,51	37,51	0,25	6,91	100,84	656	1288	24605,1	48310,01
2	Автогараж-майстерня	75,06	4,42	79,48	0,25	10,06	20,04	600	1312	47689,79	104281,67
3	Молокоприймальний пункт	143,07	3,69	146,75	0,25	13,67	9,04	680	1360	99790,96	199581,93

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	МТС ПП "Дружба"										
1	Механічний цех	222,79	9,81	232,6	0,25	17,21	15,18	1104	1560	256785,99	362849,77
2	Столярний цех	227,37	12,04	239,41	0,25	17,46	18,11	1160	1560	277718,77	373483,87
3	Автогараж	76,04	4,92	80,96	0,25	10,15	21,86	1136	1472	91970,68	119173,28
4	Склад	15,45	2,49	17,93	0,25	4,78	49,95	1080	1512	19368,24	27115,53
	Агрофірма «Колос»										
1	Млин	56,4	3,32	59,72	0,25	8,72	20	504	896	30099,62	53510,44
2	Олійня	46,92	3,32	50,23	0,25	8	23,78	560	904	28130,76	45411,09
3	Кормоцех	41,89	3,32	45,21	0,25	7,59	26,42	560	928	25316,31	41952,74
4	Майстерня	148,98	2,76	151,74	0,25	13,9	6,56	528	936	80118,88	142028,93
	Агрофірма ПП «Красюк»										
1	Адміністрація	193,73	7,74	201,47	0,25	16,02	13,83	224	2160	45128,86	435171,11
2	Виробничий цех	480,52	9,68	490,2	0,25	24,98	7,11	176	2112	86274,99	1035299,9
3	Склад готової продукції	43,35	5,53					200	2120		
4	Склад сировини	38,3	2,49	40,83	0,25	7,21	21,94	168	2144	6858,87	87532,27
5	Гараж	19,9	1,24	21,15	0,25	5,19	21,18	240	2128	5075,77	45005,15
	СФГ «Роксолана»										
1	Зерновий тік	234,7	104,45	339,15	0,25	20,78	110,87	832	1344	282171,01	455814,7
	Всього			3512						2891913	4293135

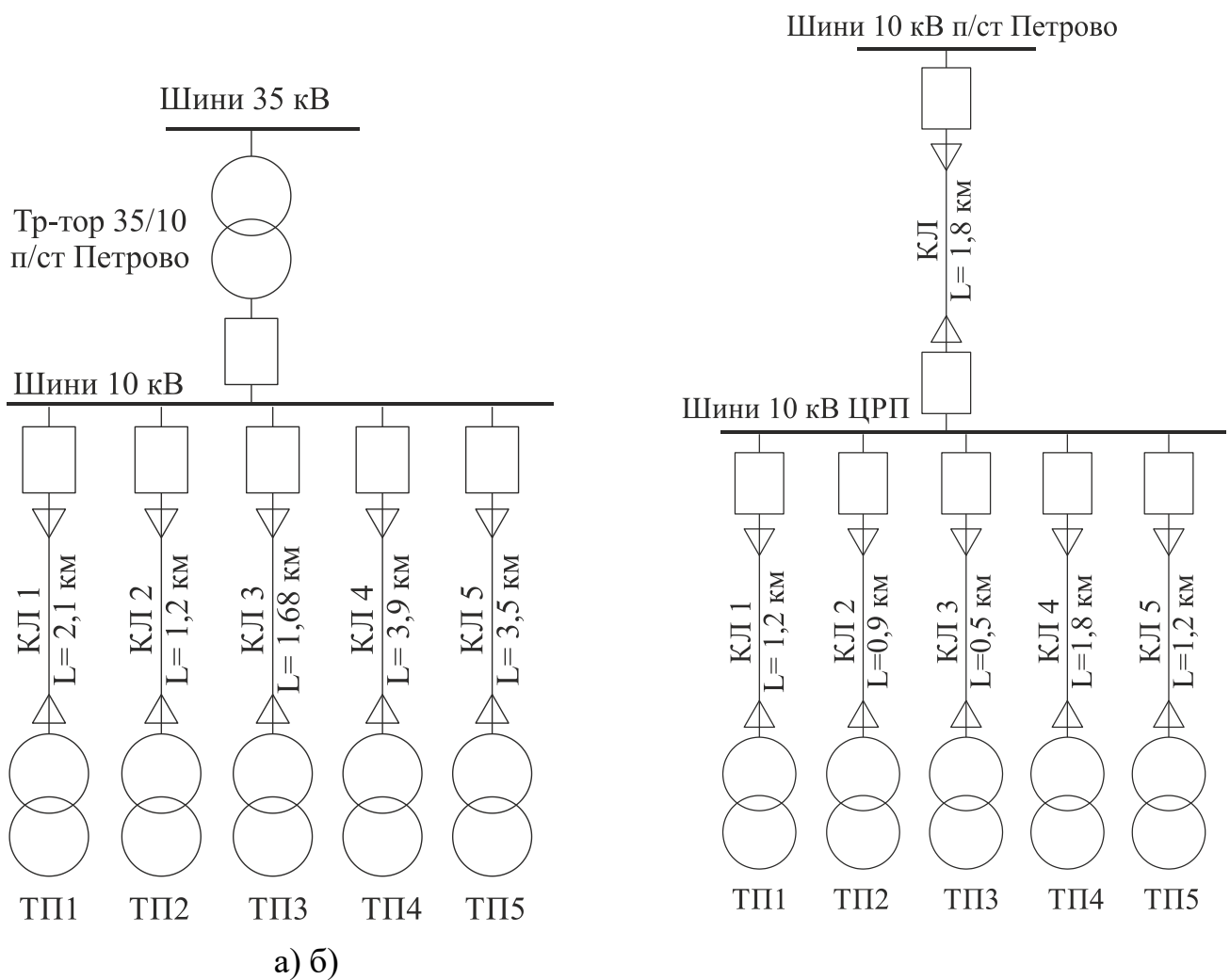


Рис. 3.1. Схеми зовн. електропостач.

$$K_3 = I_p / (n \cdot I_{\text{доп}}) = 13,6 / (1 \cdot 112,7) = 0,06$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{1\text{км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 5 \cdot 4,2 \cdot 0,06^2 = 0,16 \text{ кВт}$$

$$\Delta W_1 = \Delta P_{\text{л}} \cdot \tau = 0,48 \cdot 2465 = 398,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$C_{\text{втрат}} = \Delta W_1 \cdot C_0 = 389,9 \cdot 8,87 = 726,05 = 0,73 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 4.1. Розрахунки балансу реакт. потужн. підприємства

Показники	I	II	III
КП 0,4 кВ	1048	579,5	312,5
КП 10 кВ	1800	1800	2250
Споживання реактивної потужності	470	470	470
Всього	3318	2850	3033
Затрати на компенсацію	299,5	325	361

4.2 Вибір кількості, потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв

Розрахунки з вибору КП наведені нижче.

Таблиця 4.2. Результати вибору КП

№ ТП	Nтр	P _{НН}	Q _{НН}	Q _П	Q _{БК}	N _{БК}	Q _{КН}	Тип БК	Kз	Sp
1	2	766,4	628,1	436,5	191,6	2	100	КРМ-0,4-100-33	0,7	877,9
2	1	437,4	319,2	56,2	263	2	100	КРМ-0,4-100-33	0,7	440,5
						1	67	КРМ-0,4-67-67		
3	2	738,5	480,7	482,2	0				0,7	881,2
4	1	527,8	472,7	0	472,7	1	402	КРМ 0,4-402,67	0,84	527,8
						1	67	КРМ-0,4-67-67		
5	2	772,1	547,7	426,4	121,3	1	112	КРМ-0,4-100-33	0,7	886,6
Всього по варіанту					1048,6					
1	2	766,4	628,1	436,5	191,6	2	100	КРМ-0,4-100-33	0,7	877,9
2	1	437,4	319,2	56,2	262,966	2	100	КРМ-0,4-100-33	0,7	440,5
						1	67	КРМ-0,4-67-67		
3	2	738,5	480,7	482,2	0				0,7	881,2
4	2	527,8	472,7	706,6	0				0,56	708,5
5	2	772,1	547,7	426,4	121,337	1	112,5	КРМ-0,4-112,5-37,5	0,7	886,3
Всього по варіанту					575,9					
1	2	766,4	628,1	436,5	191,6	2	100	КРМ-0,4-100-33	0,7	877,9
2	2	437,4	319,2	765,9	0				0,43	541,5
3	2	738,5	480,7	482,2	0				0,7	881,2
4	2	527,8	472,7	706,6	0				0,56	708,5
5	2	772,1	547,7	426,4	121,337	1	112,5	КРМ-0,4-112,5-37,5	0,7	886,3
Всього по варіанту					312,9					

РОЗДІЛ 6
РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ
ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень

Розрахункова схема та схема заміщення мережі наведені на рис. 6.1, 6.2.

Опори елементів мережі:

$$X_c = S_6 / S_{K3} = 100 / 138 = 0,7$$

$$X_{л1} = X_o * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,35 * 0,7 * 100 / 11^2 = 0,23$$

$$R_{л1} = R_o * L * S_6 / U_{61}^2 = 0,06 * 0,7 * 100 / 11^2 = 0,04$$

$$X_{кл1} = X_o * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,95 * 0,89 * 100 / 11^2 = 0,77$$

$$R_{кл1} = R_o * L * S_6 / U_{62}^2 = 0,06 * 0,89 * 100 / 11^2 = 0,048$$

$$R_{к1} = R_{л1} = 0,04$$

$$X_{к1} = X_c + X_{л1} = 0,72 + 0,23 = 0,95$$

$$R_{к2} = R_{к1} + R_{кл1} = 0,04 + 0,0 = 0,1$$

$$X_{к2} = X_{к1} + X_{кл1} = 0,95 + 0,77 = 1,72$$

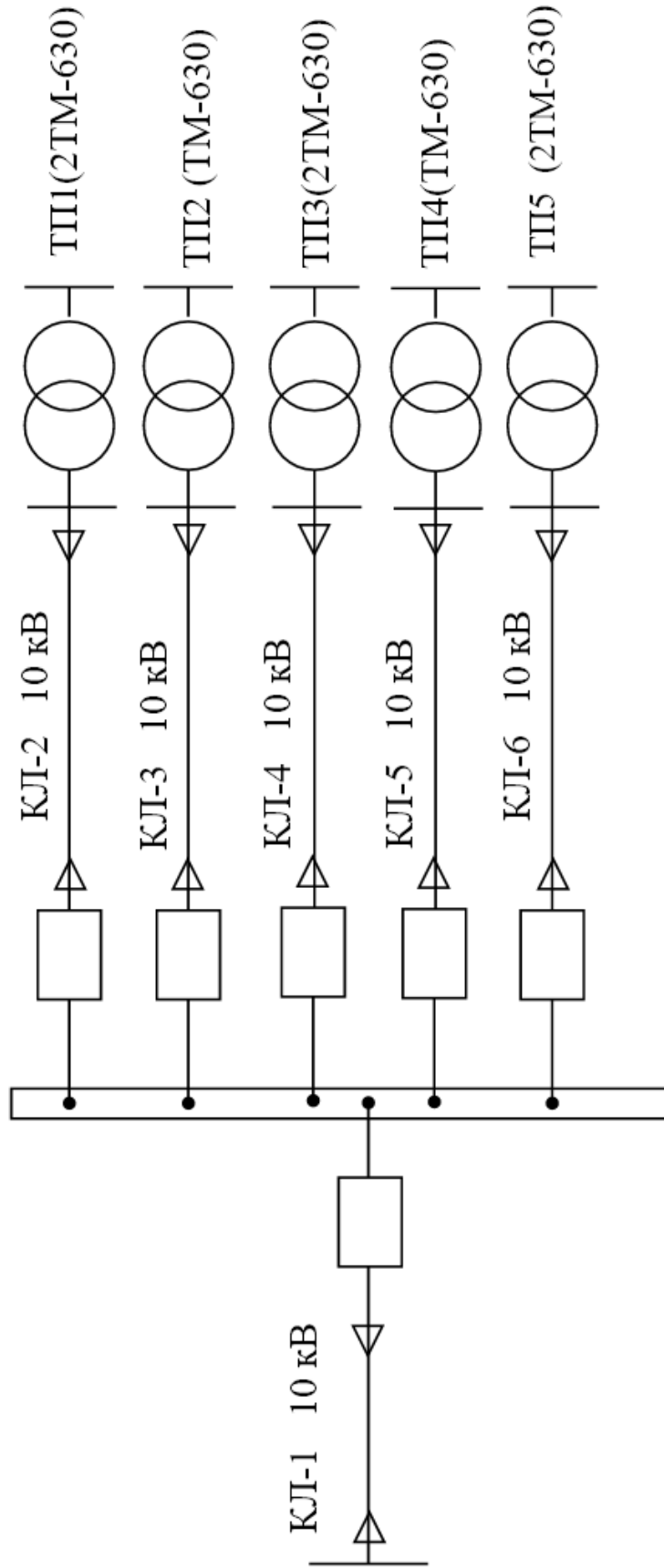


Рис. 6.1. Розрахункова схема

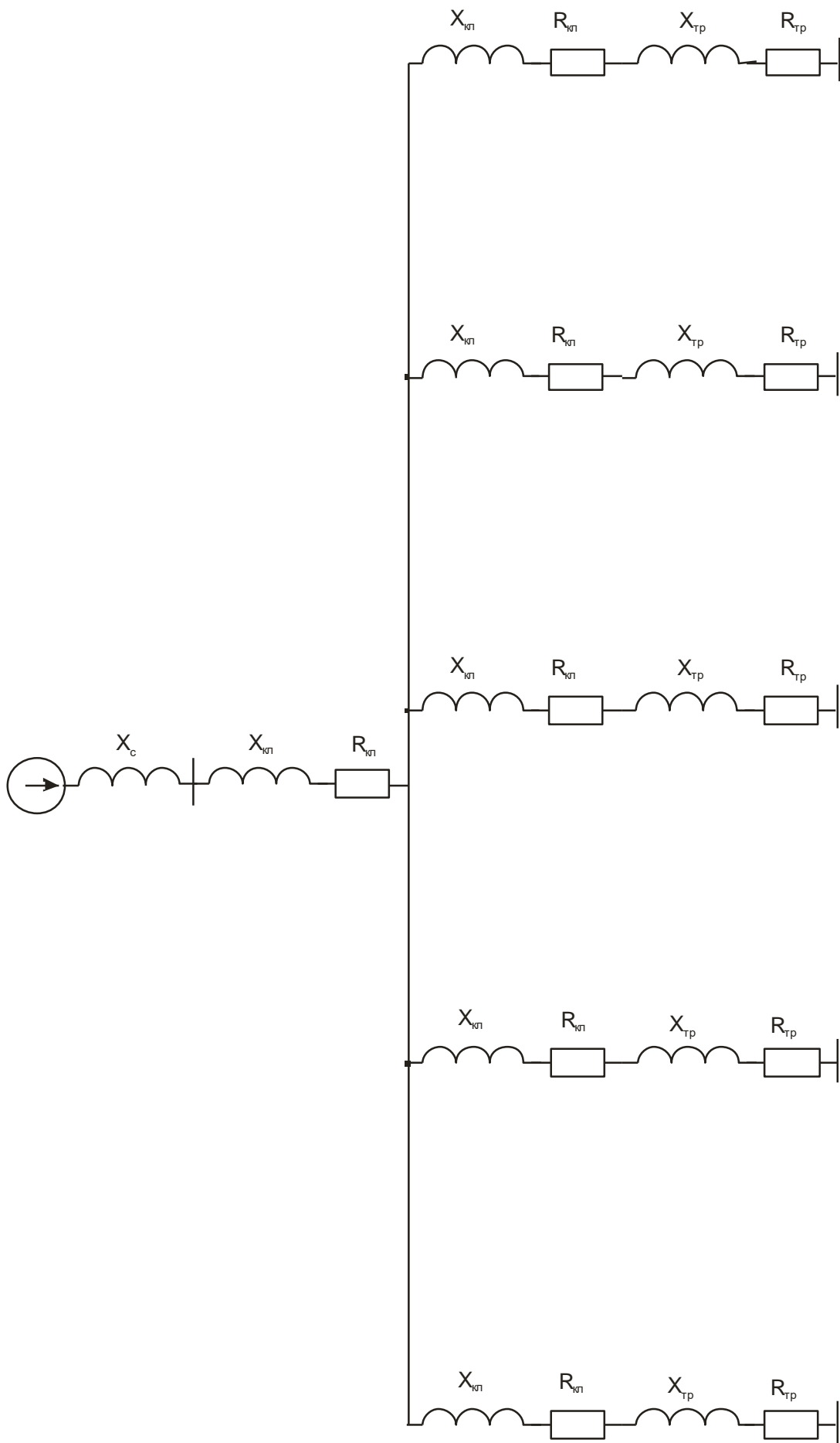


Рис. 6.2. Схема заміщення

$$R_{к3} = R_{Tp} + R_{к2} = 2,5 + 0,1 = 3$$

$$X_{к3} = X_{Tp} + X_{к2} = 8,4 + 1,7 = 10,2$$

$$I_{к1} = I_{G1}/Z_{к1} = 5,5 / 0,95 = 5,78 \text{ кА.}$$

$$I_{\infty 1} = I_{к1} = 5,78 \text{ кА;}$$

$$i_{y1} = 1,41 \cdot k_y \cdot I_{к1} = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 5,78 = 9,8 \text{ кА}$$

Таблиця 6.1. Результати розрахунку струмів к.з.

Точка схеми	R_{Σ}	X_{Σ}	Z_{Σ}	$I''=I_G/Z_{\Sigma}$	$i_{yd}=2 \cdot k_y \cdot I''$	$I_{к3}^2=0,87 \cdot I''$
(К2)	0,088	1,718	1,720	3,20	5,38	2,78
(К3)	2,607	10,160	10,489	13,78	28,93	11,99
(К4)	0,074	1,503	1,504	3,66	6,15	3,18
(К5)	2,594	9,944	10,277	14,06	29,53	12,23
(К6)	0,087	1,709	1,712	3,22	5,40	2,80
(К7)	2,607	10,151	10,480	13,79	28,96	12,00
(К8)	0,070	1,434	1,435	3,84	6,44	3,34
(К9)	2,589	9,875	10,209	14,16	29,73	12,31
(К10)	0,131	2,399	2,402	2,29	3,85	1,99
(К11)	2,650	10,840	11,160	12,95	27,19	11,27

6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ

Параметри вибору КЛ до ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = 901,3/2(1,73 \cdot 10) = 26,1 \text{ А}$$

Обираємо 2 х ААШВ-10(3х35).

$$I_p = K_{п} I_{доп} = 26,1 < 1 \cdot 115 \text{ А}$$

$$I_{ав} = K_{п} K_{ав} I_{доп} = 1 \cdot 1,25 \cdot 115 = 132 \text{ A} > I_{ф.р} = 52,2 \text{ A}$$

$$B_{к} = I_{п.о.}^2 \cdot (t_{отк} + T_{а}) = 5,78^2 \cdot (1,05 + 0,05) = 35,08 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_{к}} = \frac{1}{94} \sqrt{35,08} = 63 \text{ мм}^2,$$

В табл. 6.2 наведено результати вибору КЛ.

Таблиця 6.2. Вибір КЛ

№КЛ	S _p , кВА	n	I _p	I _{p.ав}	F _{ск} , мм	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _п	I _{ав}	B _к	F _{min}	I'', кА
ЦРП-ТП1	901,3	2	26,1	104,2	18,6	ААШВ(3×35)	115	1	132,3	35,08	63	5,78
ЦРП-ТП2	443,6	1	25,6	51,3	18,3	ААШВ(3×35)	115	1	132,3	35,08	63	5,78
ЦРП-ТП3	897,5	2	25,9	103,8	23,6	ААШВ(3×35)	115	1	132,3	35,08	63	5,78
ЦРП-ТП4	529,4	1	30,6	61,2	21,9	ААШВ(3×35)	115	1	142,4	35,08	63	5,78
ЦРП-ТП5	901,4	2	26,1	104,2	18,6	ААШВ(3×35)	115	1	97,1	35,08	63	5,78

6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги

Розрахункові параметри вибору ввідного вимикача наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3. Вибір ввідного вимикача

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
125,4 А	$I_{норм} \leq I_{ном}$	630 А
250,8 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
5,78 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 5,78 \cdot e^{-0,065/0,045} =$ 1,07 кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_H)$	$\sqrt{2} \cdot 0,4 \cdot 20 = 11,31$ кА
5,789 кА	$i_y \leq i_{вкл}$	52 кА
5,79 кА	$i_{н.о.} \leq I_{вкл}$	20 кА
9,8 кА	$i_y \leq i_{зр.ск.}$	52 кА
5,79 кА	$I_{н.о.} \leq I_{зр.ск.}$	20 кА
$B_k = 5,78^2(2,05 + 0,045)$ $= 70,1$ кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 = 1200$ кА ² · с

$$I_{норм} = \frac{S_{розр}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{4339}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 125,4 \text{ А}$$

Обираємо ВР2-10-20/630.

Інші вимикачі обираються аналогічно.

Для обмеження перенапруг обираємо ОПН-10/420/12-УХЛ1.

6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Схема приєднання ТВП до мережі наведена на рис. 6.3.

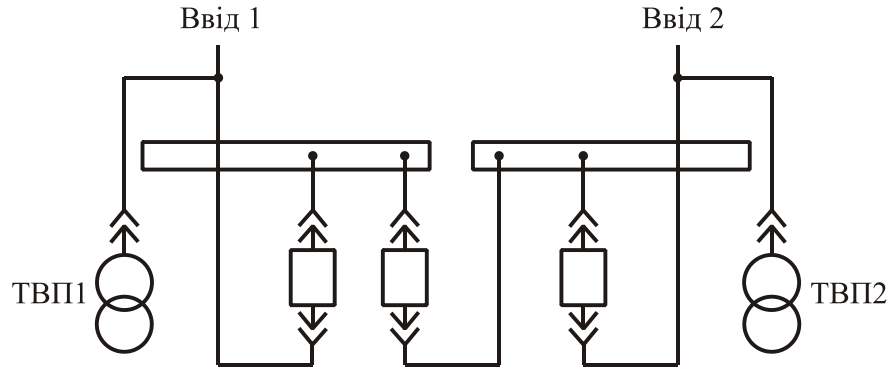


Рис. 6.3. Схема приєднання ТВП до мережі

Таблиця 6.4. Розрахунок електр. навант. ТВП

Вид споживача	Встановлена потужність		cos φ	tg φ	Навантаження	
	кВт х кількість	Всього, кВт			P _{вст} , кВт	Q _{вст} , кВт
Підігрів комірок КРП – 10 кВ	1х15	15	1	-	15	-
Освітлення, венти-ляція приміщення КРП	8	8	1	0	8	-
Навантаження, що споживають оперативні ланцюги	2	2	1	0	2	-
Всього:					25	

Розрахункове електр. навант. ТВП:

$$S_{розр} = K_c \sqrt{P_{вст}^2 + Q_{вст}^2} = 0,8 \sqrt{25^2 + 0^2} = 21,2 \text{ кВА}$$

Обираємо ТМ-25/10.

$$K_3 = \frac{S_p}{S_{ном}} = \frac{21,2}{25} = 0,84$$

РОЗДІЛ 7

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ с.м.т. ПЕТРОВЕ

7.1 Обґрунтування систем обліку і контролю електроенергії в системі електропостачання

Комерційний облік електричної енергії представляє собою процес вимірювання та реєстрації виробленої електроенергії, а також енергії, що відпускається кінцевим споживачам з метою здійснення фінансових розрахунків. Цей вид обліку є основою для визначення вартості спожитої електроенергії та формування тарифів.

Прилади, які використовуються для ведення розрахункових операцій, отримали назву розрахункових лічильників електроенергії. Вони характеризуються високою точністю вимірювань та відповідають встановленим метрологічним стандартам.

Порівняння типів обліку електроенергії наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1. Порівняння типів обліку електроенергії

Характеристика	Комерційний облік	Технічний облік
Призначення	Фінансові розрахунки з споживачами	Контроль витрат всередині об'єктів
Клас точності	0,5S; 1,0	1,0; 2,0
Місце встановлення	На межі балансової належності	Усередині підприємств, будівель
Вимоги до захисту	Високі (пломбування, захист даних)	Середні
Періодичність повірки	8-16 років	8-16 років
Вартість	Висока	Середня

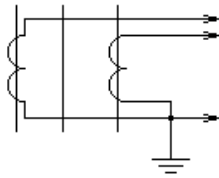


Рис. 7.1. Схема з'єднання трансформаторів струму

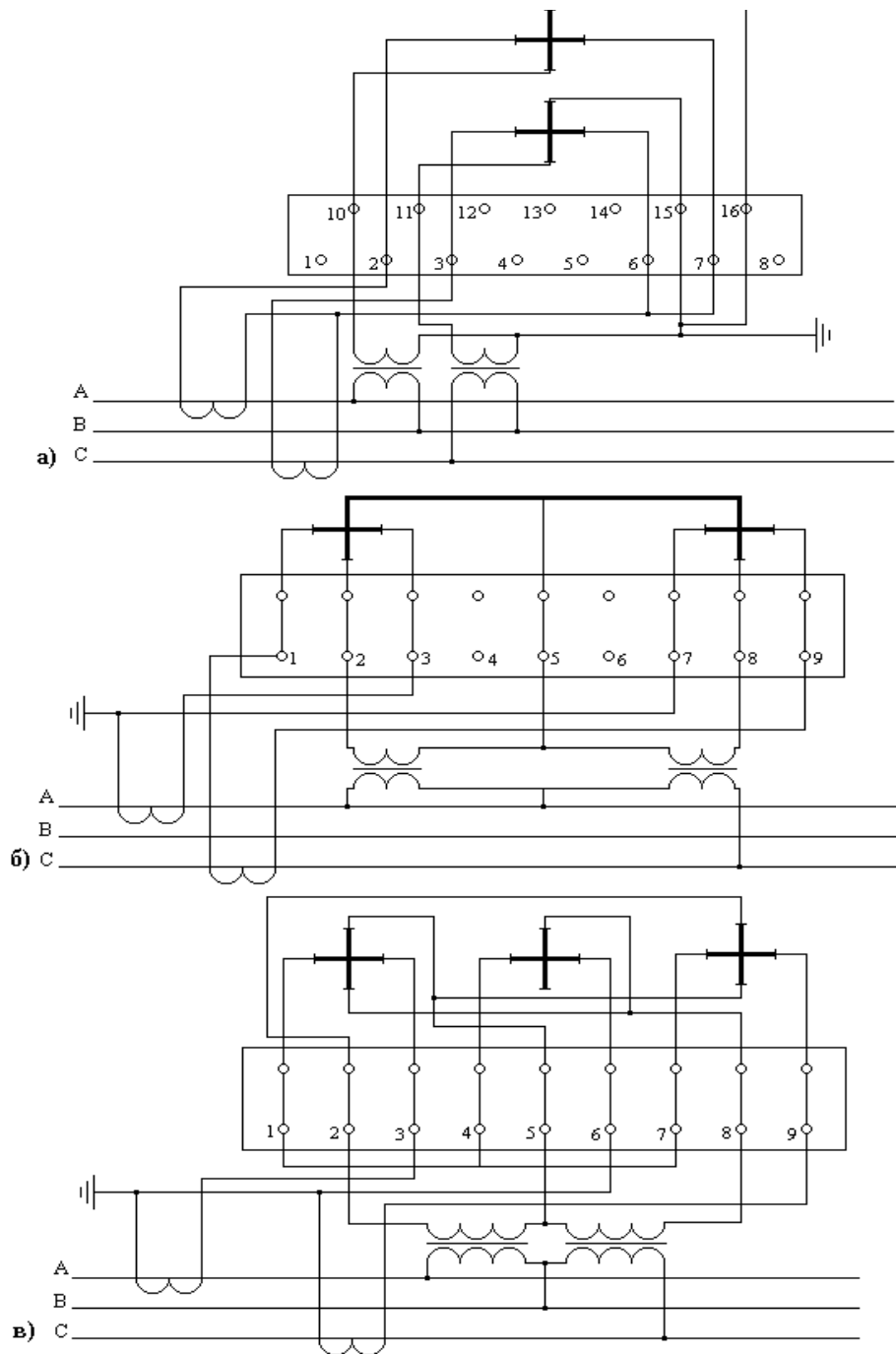


Рис. 7.2. Трансформаторні схеми включення:

а) типу Нік-2303АТ; б) Нік-2303РТ

$$\Delta W_{\text{кл}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} R_{\text{кл}} \tau \cdot 10^{-3} \quad (7.6)$$

$$\Delta V_{\text{кл}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{н}}^2} X_{\text{кл}} \tau \cdot 10^{-3} \quad (7.7)$$

$$\Delta V_{\text{клген}} = Q_{\text{клген}} t_{\text{вкл}} \quad (7.8)$$

Результати розрахунку втрат електроенергії приведено в таблицях 7.3- 7.5.

Таблиця 7.3. Розрахунок втрат електроенергії в трансформаторах

№ з/п	Тип тр-ра	S_p , кВА	$n_{\text{тр}}$, шт.	K_3	$\Delta W_{\text{тр.хх}}$, кВт·год	$\Delta W_{\text{тр.кз}}$, кВт·год	$\Delta V_{\text{тр.хх}}$, квар·год	$\Delta V_{\text{тр.кз}}$, квар·год
1.	ТМ-630	901,3	2	0,72	39770,40	19174,16	220752,00	87419,02
2.	ТМ-630	458	1	0,73	19885,20	9902,36	110376,00	45146,92
3.	ТМ-630	897	2	0,71	39770,40	18991,64	220752,00	86586,88
4.	ТМ-630	529	1	0,84	19885,20	13210,49	110376,00	60229,40
5.	ТМ-630	1133	2	0,90	39770,40	30299,63	220752,00	138142,41
Всього:					119311,20	61278,60	662256,00	279382,20

Таблиця 7.4. Результати розрахунку втрат електроенергії в КЛ

№ з/п	P , кВт	Q , квар	$\Delta W_{\text{кл}}$, кВт·год	$\Delta V_{\text{кл}}$, квар·год	$\Delta V_{\text{клген}}$, квар·год
КЛ1	334,06	102,45	800,05	155,31	283824,00
КЛ2	389,14	71,88	1539,23	298,81	106434,00
КЛ3	240,44	60,39	335,61	65,15	59130,00
КЛ4	130,41	16,14	169,72	32,95	425736,00
КЛ5	130,41	16,14	169,72	32,95	425736,00
Всього:			2844,60	552,20	875124,00

Таблиця 7.5. Мапа потоків електроенергії по вузлах енергосистеми

№ з/п	Назва підрозділу	P_p , кВт	Q_p , квар	W , кВт·год	V , квар·год	W , %	V , %
1.	ТП1	779	453	3166635	1841445	31,3	41
2.	ТП2	439	132	1784535	536580	17,6	11,9
3.	ТП3	741	505	3012165	2052825	29,8	45,7
4.	ТП4	529	16,3	2150385	66259,5	21,3	1,47
5.	ТП5	1005	483	4085325	1963395	40,4	43,7
				10113720	4497109,5	100	100

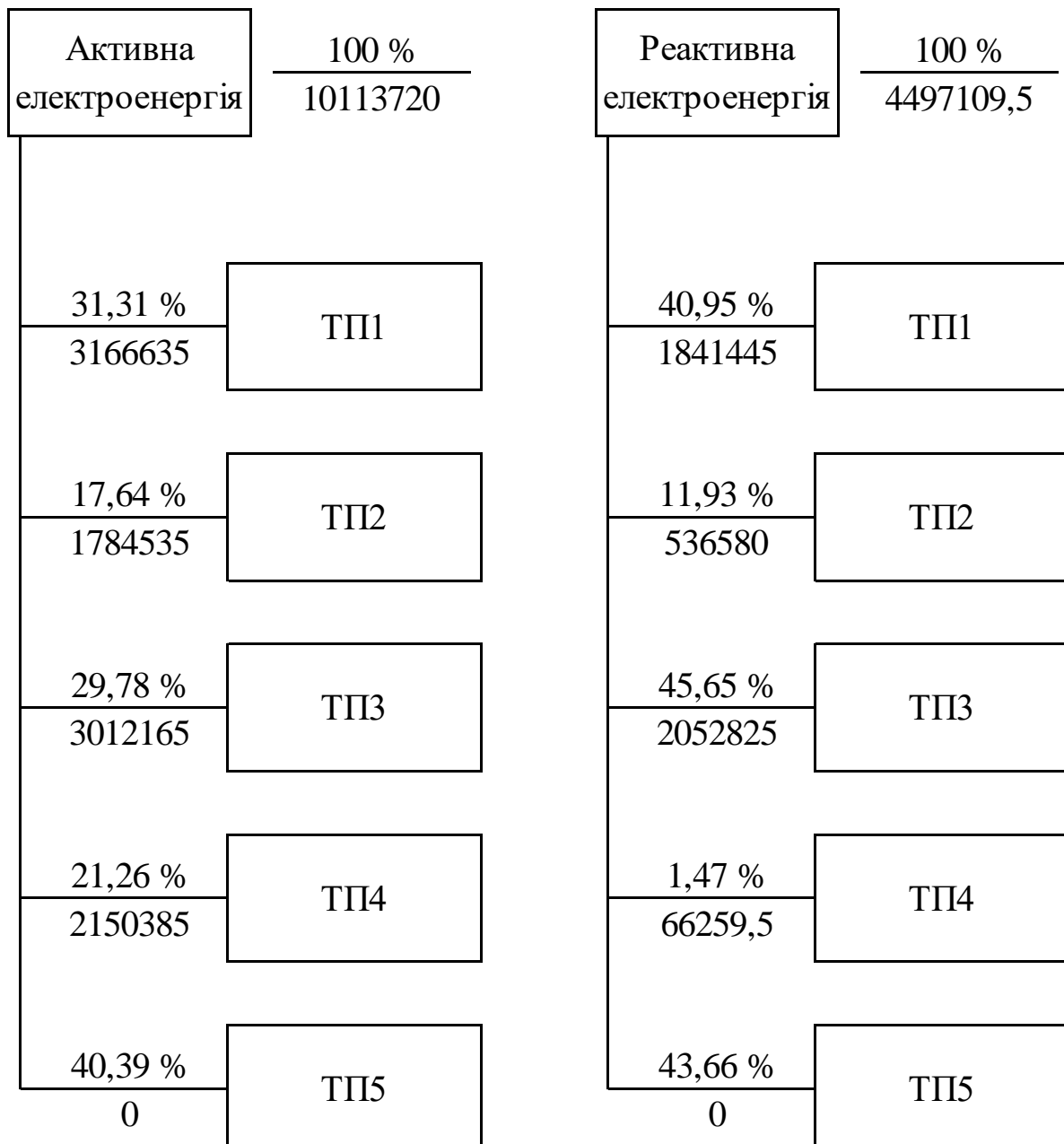


Рис. 7.3. Структура розподілу потоків електроенергії по агропромисловим підприємствам с.м.т. Петрово.

7.4. Встановлення реальних показників параметрів електроспоживання

Основною ціллю створення представленої методології служить надання можливостей для органів контролю у сфері енергетики проводити регулярний моніторинг, а споживачам електричної енергії забезпечувати постійний нагляд за ключовими характеристиками використання електроенергії згідно з даними, що отримуються від облікових пристроїв, встановлених у електромережі.

Розширена характеристика методики:

Дана методика включає комплексний підхід до аналізу електроспоживання, який охоплює наступні аспекти:

Технічні параметри контролю:

- Вимірювання активної та реактивної потужності в режимі реального часу
- Фіксація коефіцієнта потужності ($\cos \phi$) для оцінки ефективності використання електроенергії
- Моніторинг напруги та частоти в точках підключення споживачів
- Реєстрація максимальних навантажень протягом розрахункових періодів

Нормативно-правове забезпечення: Методика розроблена відповідно до вимог Кодексу систем розподілу електричної енергії України та Правил користування електричною енергією. Вона враховує стандарти точності вимірювальних приладів класу 0,5S та 1,0 згідно з ДСТУ EN 62053-22.

Практичне застосування: Органи державного енергетичного нагляду використовують дану методику для:

- Перевірки дотримання договірних зобов'язань щодо електропостачання
- Виявлення несанкціонованого підключення до електромереж
- Контролю якості електричної енергії згідно з ДСТУ EN 50160

Споживачі електроенергії застосовують методику для:

- Оптимізації режимів електроспоживання та зниження витрат
- Планування енергоефективних заходів
- Ведення внутрішнього енергетичного аудиту підприємства

Сучасні тенденції розвитку: З впровадженням "розумних" лічильників (Smart

мереж, аналіз навантажувальних характеристик обладнання та визначення втрат електроенергії в розподільних мережах підприємства. Такі обстеження проводяться атестованими енергоаудиторськими організаціями.

Програмне забезпечення АСКОЕ виконує автоматичне коригування показань з урахуванням класу точності лічильників, температурних коефіцієнтів, старіння датчиків та інших факторів похибки. Сучасні системи забезпечують загальну похибку вимірювання не більше 1-2%.

Метрологічне забезпечення АСКОЕ передбачає періодичну повірку засобів вимірювальної техніки згідно з державними стандартами. Інтервали повірки становлять: для електронних лічильників - 8-16 років, для трансформаторів струму - 5-8 років.

Результати розрахунку фактичних значень споживання та небалансу електричної енергії приведені в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6. Фактичні значення споживання в точках обліку АСКОЕ

Номер ВК	За даними ПО W, кВт·год	Систематична похибка $\Delta_{ВК}$, %	Випадкова похибка $\delta_{ВК}$, %	Фактичне, тис.кВт·год
				$+W_{генер.} (-W_{спож.})$
КО1	12645809	-0,14	0,955	$+12627,85145193 \pm 111,756$
ТО1	3012165	-0,59	1,52	$-2994,4534698 \pm 42,3505$
ТО2	1784535	-0,31	1,525	$-4559,28743331 \pm 63,09$
ТО3	2150385	-0,55	1,492	$-2138,6008902 \pm 29,6794$
ТО4	4086951	-0,68	1,503	$-4059,36408075 \pm 56,8345$
ТО5	3166635	-0,42	1,521	$-3153,3984657 \pm 44,548$
Небаланс системи за рік				$-1497,0576 \pm 86,8335$

