

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ П. Плешков

“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування системи електропостачання автотранспортного підприємства з розробкою маркетингу управління споживання електроенергії

Designing a power supply system for a motor transport enterprise with the development of marketing for electricity consumption management»

Виконав здобувач IV курсу групи ЕЕ-19-ПЗ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ І.Савіцький
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проекту
професор, канд. техн. наук
_____ П.Плешков

« ____ » _____ 2023 р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Плешков П.Г.

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ Савіцького Ігоря Івановича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Проектування системи електропостачання**
автотранспортного підприємства з розробкою маркетингу управління
споживання електроенергії

2. Керівник роботи (проекту) Плешков Петро Григорович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 5.06.2023 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) _____
Вступ; Коротка характеристика технологічного процесу підприємства;
Коротка хар-ка автотранспортного підприємства; Розрахунок ел.
навантажень; Побудова картограми ел. навантажень; Вибір напруги і
електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання; Режими
реактивної потужності системи електропостачання; Вибір кількості та
потужності трансформаторів підприємства; Розрахунок струмів коротких
замикань і вибір обладнання, електроустановок та силових мереж системи
електропостачання; Маркетинг енергії та методи економічного управління
споживанням електроенергії

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Коротка характеристика автотранспортного підприємства</i>	1.05.23	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	5.05.23	
3	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	9.05.23	
4	<i>Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання</i>	12.05.23	
5	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	16. 05.23	
6	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	19. 05.23	
7	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання, електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	22. 05.23	
	<i>Маркетинг енергії та методи економічного управління споживанням електроенергії</i>	25. 05.23	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки ВКР</i>	29. 05.23	
9	<i>Оформлення презентаційної частини ВКР</i>	31. 05.23	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2023р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 66 с.; 9 рис.; 29 табл.; 15 джерел

Савіцький І.І. Проектування системи електропостачання автотранспортного підприємства з розробкою маркетингу управління споживання електроенергії – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електротехнічні системи електроживлення». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню системи електропостачання автотранспортного підприємства з розробкою маркетингу управління споживання електроенергії.

В роботі здійснено розрахунки силових та освітлювальних навантажень, обрано трансформаторні підстанції, струмоведучі частини, вимикачі, конденсаторні установки, інше електрообладнання.

В процесі роботи розроблені можливості для оптимізації та ефективного управління електроенергією на автопідприємстві. Це включає раціоналізацію енергетичних систем, використання енергоефективного обладнання та впровадження автоматизованих систем керування електроспоживанням.

Ключові слова: електричні навантаження, трансформаторні підстанції, конденсаторні установки, маркетинг електроенергії.

ABSTRACT

Qualification work: 66 p.; Fig. 9; 29 tables; 15 sources

Savitsky I.I. Designing the power supply system of a motor vehicle enterprise with the development of marketing management of electricity consumption - Manuscript.

Qualification work on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electrotechnical systems of electromotivation". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The qualification work is devoted to the design of the power supply system of the motor vehicle enterprise with the development of marketing management of electricity consumption.

In the work, power and lighting loads were calculated, transformer substations, current-carrying parts, circuit breakers, condenser units, and other electrical equipment were selected.

In the process of work, opportunities for optimization and effective management of electricity at the automotive industry have been developed. This includes the rationalization of energy systems, the use of energy-efficient equipment and the introduction of automated power consumption management systems.

Key words: electrical loads, transformer substations, capacitor units, electricity marketing.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМТВА.....	7
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	8
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В.....	8
2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень.....	8
2.3. Розрахунок електричних навантажень силових мережах вище 1000 В.....	8
2.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства.....	19
3. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕН.....	22
4. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	21
4.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	24
4.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання.....	29
5. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	30
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах	31
5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.....	37
6. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	39

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>				
Зм.	Арк.	Н докум.	Підпис	Дата					
		Савіцький			Проектування системи електропостачання автотранспортного підприємства з розробкою маркетингу управління споживання електроенергії				
Перевірив		Плешков І.Г							
Н.контр.									
Затв.									
					ЦНТУ, гр.ЕЕ-19ПЗ				

7.	РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	41
7.1.	Розрахунок струмів короткого замикання.....	41
7.2.	Вибір струмопровідних пристроїв високовольної мережі заводу.	45
7.3	Вибір електричних апаратів високої напруги	46
8	МАРКЕТИНГ ЕНЕРГІЇ ТА МЕТОДИ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	50
8.1	Розрахунки енергетичних балансів та втрат електроенергії в системі електропостачання.....	53
8.2	Вибір тарифної групи споживачів та розрахунок тарифів на електроенергію	55
8.3	Маркетингове управління споживанням електроенергії за рахунок оптимізації графіків електричних навантажень	61
8.4	Визначення фактичних значень параметрів споживання електроенергії по підприємству і окремо по підрозділах	62
	ВИСНОВКИ.....	64
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	65

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Структура системи електропостачання промислових підприємств повинна бути гнучкою, щоб враховувати постійний розвиток технологій, збільшення потужності підприємства та зміну виробничих умов.

Система електропостачання (СЕП) складається з комплексу пристроїв для виробництва, передачі та розподілу електроенергії. Промислові підприємства використовують системи електропостачання для забезпечення електроенергією промислових приймачів, таких як різні типи електродвигунів, електричні печі, устаткування для електролізу, апарати для електричної зварки, освітлювальне устаткування тощо.

Сучасні промислові підприємства, зокрема машинобудівні, характеризуються динамічним технологічним процесом, пов'язаним з постійним впровадженням нових методів обробки та устаткування, переналагодженням виробництва через постійні зміни та удосконалення продукції.

Проблема електропостачання промислових підприємств виникла разом із широким використанням електроприводу як основної сили для руху різних машин та механізмів на промислових об'єктах.

Більшість споживачів отримує електроенергію від централізованих енергосистем, але на деяких підприємствах продовжується будівництво власних теплових електростанцій.

Зі зростанням електроспоживання стає складнішою і система електропостачання промислових підприємств, яка включає мережі високої напруги та розподільчі мережі.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМТВА

Автотранспортне підприємство, яке входить до складу автотранспортного підприємства (АТП) області, займається перевезенням пасажирів і вантажів. Це підприємство підпорядковується обласному управлінню автомобільного транспорту, яке, у свою чергу, підпорядковується Міністерству транспорту України.

АТП знаходиться на земельній ділянці площею 9,2.

Для перевезення вантажів на автомобілях використовуються бортові автомобілі марки КАМАЗ різних модифікацій загальною вантажопідйомністю 322,4 тонни, а також автомобілі Шкода, ЗІЛ і МАЗ загальною вантажопідйомністю 139,4 тонни.

Сипучі вантажі перевозяться на самоскидах КАМАЗ-5511 і ЗІЛ-4502 загальною вантажопідйомністю 600 тонн. Підприємство має також 38 причепів, що дозволяє підвищити використання вантажопідйомності автомобілів і знизити вартість перевезень.

Підприємство здійснює міжміські та міжнародні перевезення, автомобілями марки Мерседес-бенц. Ці автомобілі мають велику вантажопідйомність (понад 20 тонн) і відповідають всім необхідним вимогам для забезпечення якості перевезень і транспортних послуг. Підприємство також надає автомобілі в оренду організаціям і приватним особам.

У рамках електротехнічного напрямку підприємство займається ремонтом і обслуговуванням електротехнічного обладнання автомобілів і автобусів, відновленням та ремонтом акумуляторів, а також ремонтом і технічною діагностикою автомобілів.

АТП має невелику щільність навантаження електричних споживачів і низьку питому потужність. Підприємство отримує електропостачання від силової мережі міста напругою 10 кВ через трансформаторну підстанцію ТР-263, розташовану на відстані 300 метрів.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Визначення розрахункових електричних навантажень електроприймачів виконується у відповідності з методом впорядкованих діаграм згідно [4].

Результати розрахунку навантажень в мережі до 1000 В приведені в таблиці 2.1.

2.2 Розрахунок освітлювального навантаження.

Розрахунок освітлювального навантаження виконується відповідно до питомої потужності освітлювального навантаження і здійснюється по методиці [2].

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.2.

2.3 Розрахунок електричного навантаження силових мереж вище 1000 В.

Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000В виконується по вказівкам [2] та формується у вигляді таблиці 2.3.

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

Табл.2.1 Розрахунок навантаження на шинах 0.4 кВ

№п /п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K _ε	cos φ	tg φ	Середнє навантаження,кВт		n _е	K _М	Розрахункове навантаження, кВт			
			Одного	Σ					P _{CM}	Q _{CM}			P _P	Q _P	S _P	
	Електроцех															
1	Зарядні агрегати	4	4,5	10	36	<3	0,7	0,85	0,62	25,20	15,62					
2	Зварювальні трансформатори	6	10	18	68	<3	0,4	0,5	1,732	27,20	47,11					
3	Індукційні печі	3	25	45	90	<3	0,7	0,4	2,291	63,00	144,35					
4	Компресори	8	1,5	25	98	>3	0,7	0,8	0,75	68,60	51,45					
5	Випробувальні стенди	18	0,5	8	40,5	>3	0,4	0,5	1,732	16,20	28,06					
6	Вентилятори	2	1	10	22	>3	0,6	0,8	0,75	13,20	9,90					
7	Всього	41	0,5	45	354,5	>3	0,60	0,58	1,39	213,4	296,49	16	1,22	259,96	296,49	394,31
	Столярний цех															
8	Деревообробні верстати	5	1	3	12	>3	0,5	0,8	0,75	6,00	4,50					
9	Сушильні камери	3	1	12	33	>3	0,4	0,7	1,02	13,20	13,47					
10	Фрезерний верстат	2	1,5	10	17	>3	0,7	0,8	0,75	11,90	8,93					
11	Присадочний верстат	3	3	5	11,1	<3	0,35	0,55	1,518	3,89	5,90					
12	Шліфувалка	4	1	5	18	>3	0,6	0,9	0,484	10,80	5,23					
13	Термоблок нагріву клею	4	0,5	5	18	>3	0,6	0,8	0,75	10,80	8,10					
14	Бункер стружки	7	0,2	1	4	>3	0,7	0,8	0,75	2,80	2,10					
	Всього	28	0,2	12	113,1	>3	0,53	0,78	0,81	59,39	48,22	19	1,24	73,82	48,22	88,18

Зм		Арк		№ докум.		Підпис		Дата		Арк.							
Продовження Табл.2.1																	
№п /п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K _ε	cos φ	tg φ	Середнє навантаження,кВт		n _е	K _М	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	Σ					P _{CM}	Q _{CM}			P _P	Q _P	S _P		
	Адміністративний корпус																
17	Комп"ютери	22	0,3	0,5	4,4	<3	0,8	0,45	1,985	3,52	6,99						
18	Кондиціонери	10	1,8	2,5	14	<3	0,6	0,7	1,02	8,40	8,57						
19	Оргтехніка	7	0,2	0,2	1,4	<3	0,6	0,35	2,676	0,84	2,25						
20	Холодильники	4	3	3	12	<3	0,6	0,805	0,737	7,20	5,31						
	Всього	43	0,2	3	31,8	>3	0,63	0,65	1,16	19,96	23,11	21	1,17	23,34	23,11	32,85	
	Гараж																
21	Підйомники	5	3	4	18	<3	0,1	0,5	1,732	1,80	3,12						
22	Повітряна завіса	3	5,5	6	17	<3	0,7	0,95	0,329	11,90	3,91						
23	Зварювальні тр-ри	4	4	4	16	<3	0,6	0,9	0,484	9,60	4,65						
24	Вентилятори	8	2,2	5	29	<3	0,6	0,8	0,75	17,40	13,05						
	Всього	20	2,2	6	80	<3	0,51	0,85	0,61	40,70	24,73	20	1,24	50,67	24,73	56,38	
	Виробничий корпус																
25	Металообробні станки	10	0,5	8	64	>3	0,2	0,5	1,732	12,80	22,17						
26	Преси	5	2	6	18	>3	0,2	0,5	1,732	3,60	6,24						
27	Насоси	5	5,5	25	99	>3	0,6	0,8	0,75	59,40	44,55						
28	Токарні верстати	10	5	5	50	<3	0,3	0,7	1,02	15,00	15,30						
29	Фрезерні верстати	6	4	4	24	<3	0,3	0,7	1,02	7,20	7,35						
30	Наждачний верстат	10	2	2	20	<3	0,25	0,7	1,02	5,00	5,10						
31	Свердлильний верстат	8	1,5	3	20	<3	0,12	0,7	1,02	2,40	2,45						
32	Всього	54	0,5	30	295	>3	0,36	0,71	0,98	105,40	103,15	20	1,36	143,24	103,15	176,52	

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Таблиця 2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

№	Найменування	F,м ²	p _o ,Вт/м ²	P _в ,кВт	K _c	tgφ	P _p ,кВт	Q _p ,квар	Sp,кВА
1	Електроцех	880	12	10,56	0,85	1,73	8,98	15,53	17,94
2	Столярний цех	192	14	2,69	0,8	1,73	2,15	3,72	4,30
3	Адміністративний корпус	1344	10	13,44	0,8	1,73	10,75	18,60	21,48
4	Гараж	560	10	5,60	0,8	1,73	4,48	7,75	8,95
5	Виробничий корпус	400	12	4,80	0,9	1,73	4,32	7,47	8,63
6	Майстерня по ремонту ДВС	480	10	4,80	0,85	1,73	4,08	7,06	8,15
7	Столярний цех	144	8	1,15	0,85	1,73	0,98	1,69	1,96
8	Механічна майстерня КН	240	6	1,44	0,8	1,73	1,15	1,99	2,30
9	Склад шин	640	18	11,52	0,85	1,73	9,79	16,94	19,57
10	Мийка	704	10	7,04	0,8	1,73	5,63	9,74	11,25
11	Адміністративний корпус 2	384	12	4,61	0,82	1,73	3,78	6,54	7,55
12	Прохідна	96	6	0,58	0,8	1,73	0,46	0,80	0,92
13	Котельня	384	10	3,84	0,8	1,73	3,07	5,31	6,14
14	Склад ремфонду	384	6	2,30	0,6	1,73	1,38	2,39	2,76
15	Склад КН	768	8	6,14	0,6	1,73	3,69	6,38	7,37
15	Територія заводу	23936	0,2	4,79	0,5	0,48	2,39	1,15	2,66
	Всього						67,1	113,07	131,5

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

2.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства

Отримавши практичні заміри на підприємстві, будуємо добові зимовий і літній графік навантажень, враховуючі кількість робочих і вихідних днів [2].

Побудова графіків наведена нижче на рис. 2.1-2.5.



Рис. 2.1. Споживання активної потужності в робочий день.



Рис. 2.2. Споживання активної потужності в вихідний день.



Рис. 2.3. Споживання реактивної потужності в робочий день.



Рис. 2.4. Споживання реактивної потужності в вихідний день.

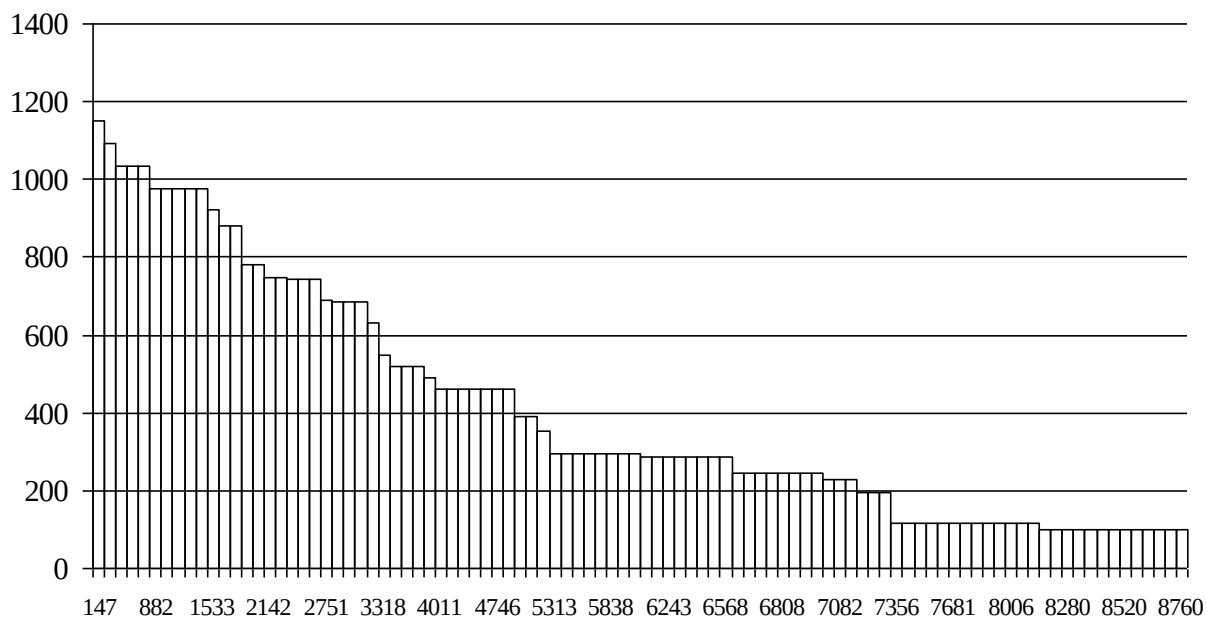


Рис. 2.5. Річний графік навантаження за тривалістю.

3. КАРТОГРАМА НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Картограма навантажень автопідприємства будується на генеральному плані у вигляді кіл, площі яких, у обраному масштабі, дорівнює розрахунковим навантаженням підрозділів. Розраховуємо згідно [2].

Радіуси кіл R_i площа πR_i^2 , яких в вибраному масштабі дорівнює повному навантаженню цеху P_i , кВА.

$$P_i = \pi R_i^2 m, \quad (3.1)$$

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}} = \sqrt{\frac{264,04}{3,14 * 0,25}} = 18,34 \text{ мм} \quad (3.2)$$

де m - масштаб кола, кВт/мм².

Координати їх центра (X , Y) для підприємства визначаються за формулами:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{342385,33}{1136} = 38 \text{ м} \quad (3.3)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{295674,51}{1136} = 33 \text{ м}, \quad (3.4)$$

де X_i та Y_i , - координати центру електричного навантаження i -го підрозділу.

Центральний кут α зображує площу, яка в обраному масштабі показує площу освітлюваного навантаження:

$$\alpha_i = \frac{P_{i.осв} * 360}{\pi R_i^2} = \frac{12,32 * 360}{3,14 * 18,34^2} = 16,8^\circ. \quad (3.5)$$

Для інших підрозділів розрахунок зводимо до таблиці 3.1.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм	
Адж	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Адж.	

Таблиця 3.1. Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного ЦЕН

№ по плану	Найменування	Ррсил, кВт	Рросв, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	a	x, м	y, м	P*x, кВт м	P*y, кВт м
1	Електроцех	251,7	10,56	262,28	0,25	18,27	14,49	200,0	232,0	52456,31	60849,32
2	Столярний цех	71,4	2,69	74,07	0,25	9,71	13,06	392,0	192,0	29034,12	14220,79
3	Адміністративний корпус	23,3	13,44	36,73	0,25	6,84	131,73	280,0	368,0	10284,36	13516,59
4	Гараж	50,70	5,60	56,30	0,25	8,47	35,81	400,0	128,0	22519,47	7206,23
5	Виробничий корпус	143,24	4,80	147,94	0,25	13,72	11,68	208,0	352,0	30772,01	52075,70
6	Майстерня по ремонту ДВС	184,46	4,80	189,02	0,25	15,51	9,14	176,0	320,0	33267,35	60486,09
7	Столярний цех	41,45	1,15	42,80	0,25	7,38	9,69	464,0	240,0	19860,70	10272,78
8	Механічна майстерня КН	129,74	1,44	130,91	0,25	12,91	3,96	456,0	136,0	59695,38	17803,88
9	Склад шин	20,29	11,52	32,29	0,25	6,41	128,43	200,0	128,0	6458,10	4133,19
10	Мийка	85,9	7,04	92,86	0,25	10,87	27,29	400,0	256,0	37143,06	23771,56
11	Адміністративний корпус 2	2,9	4,61	7,34	0,25	3,06	225,92	296,0	120,0	2173,51	881,15
12	Прохідна	2,95	0,58	3,31	0,25	2,05	62,63	344,0	88,0	1138,96	291,36
13	Котельня	113,06	3,84	117,28	0,25	12,22	11,79	328,0	328,0	38467,29	38467,29
14	Склад ремфонду	15,17	2,30	17,43	0,25	4,71	47,58	160,0	248,0	2789,05	4323,03
15	Склад КН	57,28	6,14	63,89	1,25	4,03	34,62	456,0	368,0	29132,46	23510,41
	Всього по заводу	1069,09	67,09	1136,18						346059,66	308298,97

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Правильний вибір напруги та схеми електропостачання великою мірою визначає раціональну структуру системи зовнішнього електропостачання промислового підприємства.

Кінцевий варіант вибирається за допомогою порівняння приведених витрат для різних схем.

4.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.

Користуючись теорією, приведеною в [2], виконуємо техніко-економічне порівняння варіантів схеми зовнішнього електропостачання (рис. 4.1-4.2).

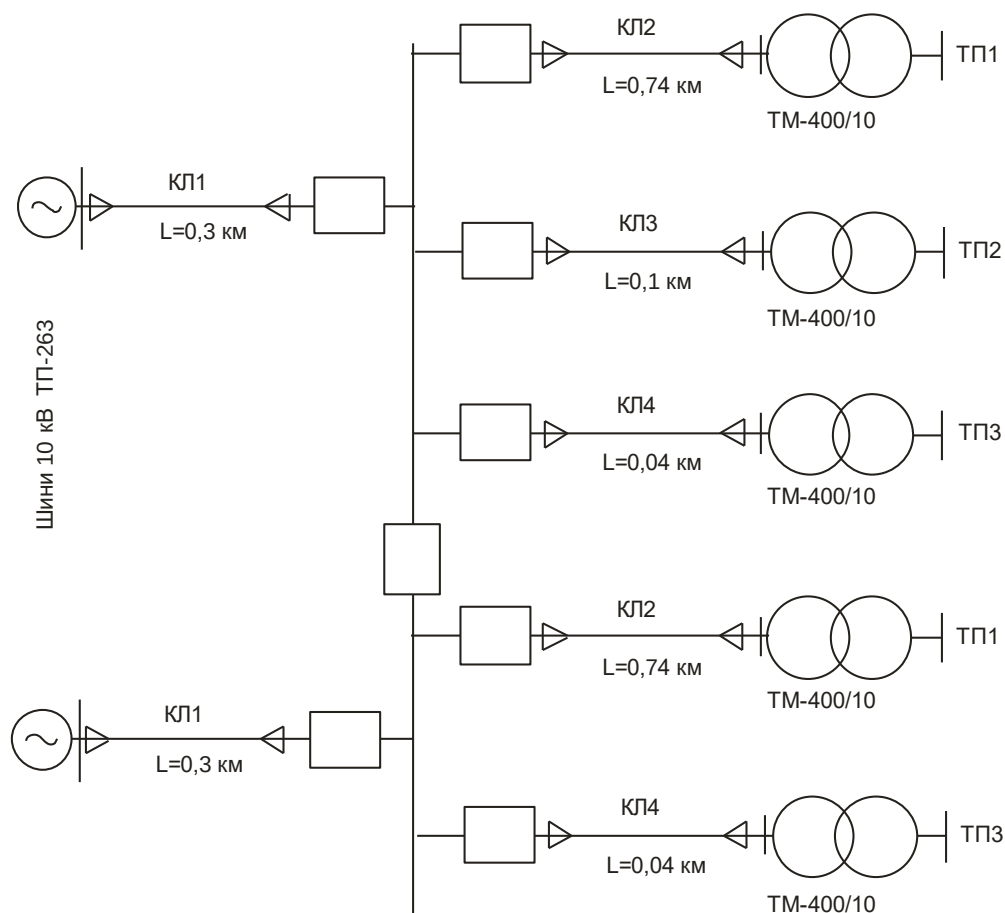


Рисунок 4.1. Схема електропостачання автопідприємства з РП

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

Віріант.1 Живлення виконується напругою 10 кВ (рис. 4.1) На території автопідприємства передбачається спорудження РП. Електропостачання автопідприємства виконується кабельною лінією 10 кВ, яка прокладається в траншеї.

Віріант. 2 Живлення виконується магістральною кабельною лінією напругою 10 кВ (рис. 4.2).

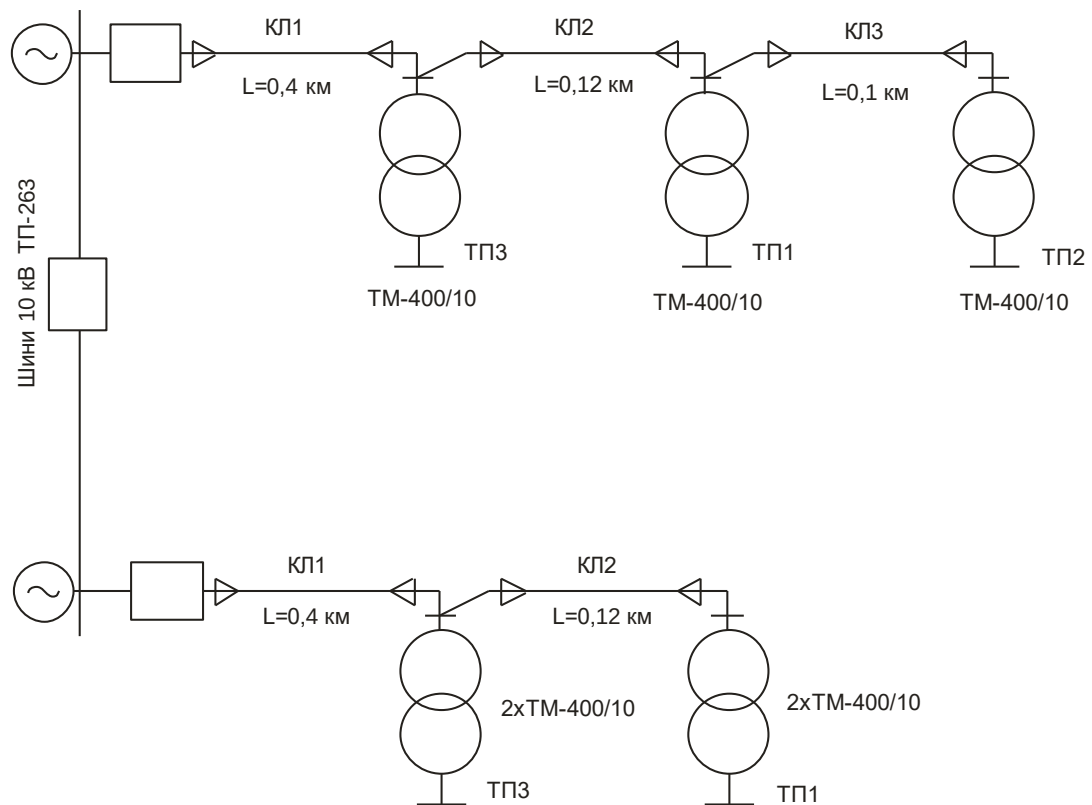


Рисунок 4.2. Схема електропостачання автопідприємства без РП

Розрахуємо втрати електроенергії для КЛ1 для варіанту №1 (з РП), так як розрахунок для інших ліній виконується аналогічно, то приводимо його в таблицях, що приведені нижче.

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

Варіант №1.

Живлення споживачів виконується за кабельними лініями 10 кВ безпосередньо від шин п/ст.

$U_H = 10$ кВ; віддаленість від заводу $l = 0,3$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3}U_H} = \frac{1073}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 31,5 \text{ А}$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 46,13 / 1,4 = 22,5 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,4$ А/мм² – економічна щільність струму [5] при $T_m = 3801$ год

Приймаємо стандартний перетин 35 мм² кабеля. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3 х 35). Кількість $n = 1$

Для даного кабеля $I_{доп} = 115$ А, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 8$ кВт/км, вартість $K_0 = 175$ тис.грн/км.

Допустимий довготривалий струм з врахуванням кількості кабелів, які працюють в одній траншеї:

$$I_{доп}' = I_{доп} \cdot K_{п} = 115 \cdot 1 = 115 \text{ А};$$

де $K_{п}$ – поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів в одній траншеї [5], для $n_{кл} = 1$ $K_{п} = 1$

Коефіцієнт попереднього завантаження $K_3 = I_p / (n \cdot I_{доп}') = 31,5 / (1 \cdot 115) = 0,40$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження

$$I_{авар}' = n \cdot I_{доп}' \cdot K_{а.п} = 1 \cdot 115 \cdot 1,35 = 155,3 > I_{р.ав} = 92 \text{ А}$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta E_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 0,772 \cdot 2226 = 1719,08 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 8 \cdot 0,6 \cdot 0,4^2 = 0,7723 \text{ кВт}$$

Загальна довжина кабельної лінії

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

$$l_{\Sigma} = 1 \cdot n_{\text{л}} = 2 \cdot 0,3 = 0,60 \text{ км}$$

$n_{\text{л}}$ - кількість кабельних ліній, шт

$$C_{\text{втр}} = \Delta E_1 \cdot C_0 = 1719,08 \cdot 2,77 = 4,7 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – ціна 1 кВт·год електроенергії;

Таблиця 4.1. Розрахунок параметрів кабелів для першого варіанту

№ КЛ	Sp, кВА	n	Ip,	Ip.ав, А	Fек, мм ²	Fст, мм ²	Марка кабеля	Ідоп, А	Кз
КЛ1	1073	2	31,5	92,25	32,9	35	ААШв(3х35)	115	0,401
КЛ2	696,5	2	20,1	40,20	18,3	35	ААШв(3х35)	115	0,175
КЛ3	397,3	1	22,9	22,91	20,8	35	ААШв(3х35)	115	0,199
КЛ4	512,8	2	14,8	29,58	9,2	35	ААШв(3х35)	115	0,129

Таблиця 4.2. Розрахунок параметрів кабелів для другого варіанту

№ КЛ	Sp, кВА	n	Ip,	Ip.ав, А	Fек, мм2	Fст, мм2	Марка кабеля	Ідоп, А	Кз
КЛ1	1596	2	31,5	92,25	32,9	35	ААШв(3х 35)	115	0,401
КЛ2	1092,00	2	31,5	63,1	28,7	35	ААШв(3х 35)	115	0,274
КЛ3	396,30	1	22,9	22,91	20,8	35	ААШв(3х 35)	115	0,199

Таблиця 4.3. Розрахунок вартості втрат електричної енергії для першого варіанту

№ КЛ	Sp, кВА	n	Ip,	Кз	l,км	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт*год	Со, грн/кВт	С _{втр} , т. грн
КЛ1	1073	2	31,5	0,40	0,3	0,77	1719,1	2,77	4761,907
КЛ2	695,5	2	20,10	0,17	0,774	0,38	842,3	2,77	2333,171
КЛ3	396,25	1	22,92	0,20	0,1	0,03	70,66	2,77	195,7282
КЛ4	511,81	2	14,8	0,13	0,04	0,01	23,57	2,77	65,2889
Всього							2655,6		7356,095

Таблиця 4.4. Розрахунок вартості втрат електричної енергії для другого варіанту

№ КЛ	Sp, кВА	n	Ip,	Кз	l,км	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт*год	Со, грн/кВт	С _{втр} , т. грн
КЛ1	1073	2	31,5	0,40	0,4	1,030	2292,1	2,77	6349,117
КЛ2	1091,00	2	31,53	0,27	0,12	0,144	321,32	2,77	890,0564
КЛ3	396,30	1	22,91	0,20	0,1	0,032	70,663	2,77	195,7365
Всього									7434,91

Таблиця 4.1. Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах

№ вар.	Найменування елемента схеми	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис.грн	Вартість всього, тис.грн
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на РП	шт	8	25	200
	Кабельні лінії:				
	Трансформатори напруги на РП	шт.	2	85,0	170
	ААШВ (3х35)	км	1,028	175	179,9
	Траншея	км	1,04	28	29,12
	Всього				579,02
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на ТП	шт.	2	55	110
	Вимикачі навантаження	шт.	5	64,0	320
	Кабельна лінія:				
	ААШВ (3х35)	км	1,14	175	199,5
	Траншея	км	1,15	28	32,2
	Всього				661,7

Таблиця 4.2. Розрахунок поточних витрат

№	Найменування елемента схеми	К _і , тис. грн.	Р _{аі} , %	С _{аі} , тис. грн.	Р _{эі} , %	С _{эі} , тис. грн.	С _і , тис. грн.
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на РП	200	15	30	5	10	40
	Трансформатори напруги	170	15	25,5	5	8,5	34
	Кабельні лінії з врахуванням траншеї	209,02	5	10,5	5	10,5	21
	Всього						95
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на ТП	110	15	16,5	5	5,5	22
	Вимикачі навантаження	320	15	48	5	16	64
	Кабельні лінії з врахуванням траншеї	231,7	5	11,6	5	11,6	23,2
	Всього						109,2

Таблиця 4.3. Приведені витрати по варіантам СЕПП

Показники	Варіант	
	1	2
Капіталовкладення, тис.грн	579,02	661,7
Поточні затрати, тис.грн	95	109,2
Вартість втрат електроенергії, тис.грн	7,36	7,4
Збиток, тис.грн	2,36	27,90
Приведені затрати, тис.грн	683,74	778,3

Як видно з розрахунків економічних показників варіант живлення 10 кВ з встановленням РП є більш доцільним, тому приймаємо для подальшого проектування варіант живлення напругою 10 кВ з встановленням РП.

4.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання

Для внутрішніх розподільчих мереж використовуємо напругу 10 кВ.

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

Розподілення електроенергії на промисловому підприємстві виконується за радіальною, магістральною чи змішаною схемою в залежності від територіального розміщення навантажень, споживаємої потужності, надійності електропостачання.

Заводську розподільчу мережу виконуємо кабелями 10 кВ з застосуванням радіальної схеми електропостачання, що має кращу надійність.

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

5. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Для компенсації реактивної потужності можуть використовуватися наступні методи і пристрої:

1. Конденсатори встановлюють для компенсації реактивної потужності шляхом надання реактивного струму, який майже повністю компенсує реактивний струм споживачів. Конденсатори можуть бути підключені паралельно до споживачів або встановлені у вигляді батарей конденсаторів у пунктах розподілу електроенергії.

2. Синхронні компенсатори, які працюють в режимі компенсації реактивної потужності. Вони генерують реактивну потужність, яка компенсує реактивну потужність споживачів.

3. Статичні компенсатори використовують напівпровідникові елементи, такі як тиристори або транзистори, для компенсації реактивної потужності. Вони здатні швидко реагувати на зміни реактивної потужності і автоматично регулювати компенсацію.

4. Активні фільтри, що використовують електроніку для компенсації реактивної потужності та фільтрації гармонік. Вони аналізують характеристики електричної мережі і генерують струм, який компенсує реактивну потужність та поглинає гармоніки.

Ці методи та пристрої дозволяють компенсувати реактивну потужність, зменшуючи споживання електроенергії та покращуючи ефективність систем електропостачання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

5.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах.

Баланс реактивної потужності відноситься до стану, коли реактивна потужність в електричній системі збалансована або компенсована. Реактивна потужність є компонентою потужності, яка не виконує реальної корисної роботи, але необхідна для підтримки індуктивних та ємнісних навантажень в системі.

У збалансованій системі реактивної потужності сума реактивних потужностей споживачів узгоджується з компенсаційною реактивною потужністю, яку надають компенсаційні пристрої (наприклад, конденсатори, синхронні компенсатори тощо). Це означає, що реактивні струми та потужності в системі майже повністю нейтралізуються, що дозволяє знизити загальну реактивну потужність системи.

Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв включає наступні кроки:

1. Вимірювання реактивної потужності. Це можна зробити за допомогою вимірювальних приладів, таких як варметри або реактивні прилади.
2. Аналіз даних. Оцінюється розподіл реактивної потужності серед різних споживачів та визначається, які з них є основними джерелами реактивної потужності.
3. Вибір компенсуючих пристроїв.
4. Розрахунок компенсаційної потужності.
5. Встановлення компенсуючих пристроїв в системі відповідно до розрахунків і проектних вимог.
6. Перевірка балансу. Після встановлення компенсуючих пристроїв перевіряють баланс реактивної потужності шляхом повторного вимірювання реактивної потужності.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Розрахуємо потужність та кількість КП, які встановлюються в мережі до 1000 В.

Даний розрахунок треба провести для кількох варіантів з різним числом трансформаторів (N_0 ; N_{0+1} ; N_{0+2}).

$$P_B = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 0 \text{ квар}$$

Активне та реактивне навантаження в мережі до 1000 В:

$$P_H = 1150,23 \text{ кВт}$$

$$Q_H = 1106,4 \text{ квар}$$

Сумарне споживання по автопідприємству:

$$P_p = P_B + P_H + \Delta P_{\text{тр}} = 0 + 1150,2 + 14,1 = 1164 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_B + Q_H + \Delta Q_{\text{тр}} = 0 + 1106,4 + 93,3 = 1199,7 \text{ квар}$$

Економічно доцільна потужність, яка може бути передана від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 1164,3 \cdot 0,15 = 174,6 \text{ квар}$$

Тоді сумарна потужність КП обчислюється з умови балансу реактивної потужності:

$$Q_{\text{ку}} = Q_p - Q_e = 1199,7 - 174,6 = 1025,1 \text{ квар}$$

Визначаємо мінімальне число трансформаторів по (5.4):

$$N_0 = P_H / (K_3 \cdot S_{H \text{ тр}}) = 1150,2 / (0,7 \cdot 400) = 4,11$$

Приймаємо $N_0 = 5$

Прорахуємо варіанти компенсації при кількості трансформаторів $N = N_0$, $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$

Варіант I: $N = N_0 = 5$

Визначаємо реактивну потужність, передану з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові трансформатори по (5.5):

$$Q_{\text{н}} = \sqrt{(r S_m \cdot K_3)^2 - P_{\text{н}}^2} = \sqrt{(5 \cdot 400 \cdot 0,7)^2 - 704,8^2} = 1092,39 \text{ квар}$$

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

Потужність КУ, які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ обчислюємо з умови балансу реактивної потужності на шинах ТП по (5.6), наводимо приклад розрахунку для ТП1:

$$Q_{\text{кн}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{п}} = 463,8 - 301 = 163,2 \text{ квар}$$

Уточнюємо значення $Q_{\text{кн}}$ відповідно навантаженням по кожному ТП окремо, результати розрахунку приводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Вибір потужності компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ

№ ТП	N _{тр}	P _{нн}	Q _{нн}	Q _п	Q _{бк}	N _{бк}	Q _{кн}	Тип батареї конденсат.	K _з	Sp
1	2	472,5	463,8	300,6	163,2	2	100	УКМ58-0,4-100-33	0,68	541,2
2	1	289,5	245,1	0,0	245,1	1	112,5	УКМ 58-0,4-112,5-37,5	0,72	289,5
						1	133	УКМ58-0,4-133-33		
3	2	387,6	294,7	404,2	-	-	-	-	0,61	486,9

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кн}} = 445,5$ квар, з них :

КУ потужністю 133 квар приймаємо 1 шт.

КУ потужністю 112,5 квар приймаємо 1 шт.

КУ потужністю 100 квар приймаємо 2 шт.

Уточнюємо $Q_{\text{п}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{кн}} = 1106,4 - 445,5 = 660,9$ квар

Потужність КП, що встановлюються на шинах 10 кВ:

Потужність компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити в мережі 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{кн}} - Q_{\text{е}} = 1199,7 - 445,5 - 174,645 = 579,56 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кв}} = 450$ кВар

КУ потужністю 450 квар приймаємо 1 шт.

Активні втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори ТП:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{п}}^2 * R_{\text{ек}} / U_{\text{н}}^2 = 660,9^2 * 725 / 10 = 3,17 \text{ кВт}$$

де $R_{ек} = (\Delta P_{кз} \cdot U_H^2) / (N_{тр} \cdot S_{нтр}^2) = (5,8 \cdot 10^2 / (5 \cdot 400)) = 725,000 \cdot 10^{-6} \text{ кОм}$

Втрати активної потужності в низьковольтних БК:

$$\Delta P_{кв} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{кв} = 0,0045 \cdot 450 = 2,03 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{пит} = 0,0045 \text{ кВт/квар}$ – питома втрата потужності в низьковольтних КУ.

Втрати активної потужності у високовольтних БК:

$$\Delta P_{кн} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{кн} = 0,003 \cdot 445,5 = 1,337 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{пит} = 0,003 \text{ кВт/квар}$ – питома втрата потужності в низьковольтних БК.

Вартість низьковольтних БК:

$$K_{кн} = N_{БК}^{0,4} \cdot K_{кку}^{0,4} = 1 \cdot 40,1 + 1 \cdot 30,9 + 2 \cdot 30,67 + 0 \cdot 30,53 + 0 \cdot 30,28 = 132,34 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{кв} = N_{БК}^{10} \cdot K_{кку}^{10} = 1 \cdot 100,1 = 100,065 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

$$K_{ктп} = N_{тп(1)} \cdot K_{тп(1)} + N_{тп(2)} \cdot K_{тп(2)} = 1 \cdot 470,5 + 2,0 \cdot 980,50 = 2431,5 \text{ тис. грн.}$$

де $N_{тп(1)}$, $N_{тп(2)}$ – кількість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій;

$K_{тп(1)}$, $K_{тп(2)}$ – вартість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z_1 = E_H \cdot (K_{кн} + K_{кв} + K_{ктп}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{тп}) \cdot C_o \cdot \tau = 0,12 \cdot (132,34 + 100,07 + 2431,50) + (1,3365 + 2,03 + 3,17) \cdot 2,7 \cdot 2226 = 358,9 \text{ тис. грн.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Варіант II: $N = N_0 + 1 = 6$

Визначаємо реактивну потужність, яка може бути передана з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через ТП:

$$Q_{\pi} = \sqrt{(n S_m \cdot K_3)^2 - P_{\pi}^2} = \sqrt{(6 \cdot 400 \cdot 0,7)^2 - 1150,2^2} = 1224,52 \text{ кВар}$$

Потужність компенсуючих пристроїв, що потрібно встановити в мережі 0,4 кВ визначаємо з умови балансу реактивної потужності на шинах ТП:

$$Q_{\text{кн}} = Q_{\text{н}} - Q_{\pi} = 1106,4 - 1224,5 = -118,12 \text{ квар}$$

Уточнюємо значення $Q_{\text{кн}}$ враховуючі навантаження по кожному ТП окремо, результати розрахунку приводимо в таблиці 5.2, приведеної нижче:

Таблиця 5.2. Вибір потужності компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ

№ ТП	$N_{\text{тр}}$	$P_{\text{нн}}$	$Q_{\text{нн}}$	Q_{π}	$Q_{\text{БК}}$	$N_{\text{БК}}$	$Q_{\text{кн}}$	Тип батареї конденсат.	K_3	S_p
1	2	472,5	463,8	300,6	163,2	2	100	УКМ58-0,4-100-33	0,68	541,2
2	2	289,5	245,1	479,4	0				0,47	379,3
3	2	387,6	294,7	404,2	0				0,61	486,9

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кн}} = 312,5$ квар, з них :

БК потужністю 112,5 квар приймаємо 1 шт.

БК потужністю 100 квар приймаємо 2 шт.

Уточнюємо значення $Q_{\pi} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{кн}} = 1106,4 - 312,5 = 793,9$ квар

Потужність компенсуючих пристроїв, що треба встановити в мережі 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{кн}} - Q_{\pi} = 1199,7 - 312,5 - 174,645 = 712,6 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кв}} = 900$ кВар

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					35

КУ потужністю 450 квар приймаємо 2 шт.

$$Q_{\text{кв}} = 900 \text{ кВар}$$

Активні втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори ТП:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{п}}^2 * R_{\text{ек}} / U_{\text{н}}^2 = 793,9^2 * 604 / 10^2 = 3,808 \text{ кВт}$$

$$\text{де } R_{\text{ек}} = (\Delta P_{\text{кз}} * U_{\text{н}}^2) / (N_{\text{тр}} * S_{\text{нтр}}^2) = (5,8 * 10^2 / (6 * 400)) = 604,167 * 10^{-6} \text{ кОм}$$

Втрати активної потужності у високовольтних БК:

$$\Delta P_{\text{кв}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кв}} = 0,0045 * 900 = 4,05 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{\text{пит}} = 0,0045 \text{ кВт/квар}$ – питомі втрати потужності в високовольтних БК.

Втрати активної потужності у низьковольтних БК:

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{пит}} * Q_{\text{кн}} = 0,003 * 312,5 = 0,9375 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{\text{пит}} = 0,003 \text{ кВт/квар}$ – питомі втрати потужності в низьковольтних БК.

Вартість низьковольтних БК:

$$K_{\text{кн}} = N_{\text{БК}}^{0,4} * K_{\text{кку}}^{0,4} = 1 * 30,9 + 2 * 30,67 = 92,24 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних БК:

$$K_{\text{кв}} = N_{\text{БК}}^{10} * K_{\text{кку}}^{10} = 2 * 100,1 = 200,2 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних ТП:

$$K_{\text{ТП}} = N_{\text{ТП}(1)} * K_{\text{ТП}(1)} + N_{\text{ТП}(2)} * K_{\text{ТП}(2)} = 3,0 * 980,00 = 2940 \text{ тис. грн.}$$

де $N_{\text{ТП}(1)}$, $N_{\text{ТП}(2)}$ – кількість відповідно одно- та дво- ТП;

$K_{\text{ТП}(1)}$, $K_{\text{ТП}(2)}$ – вартість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності по 5.3:

$$Z_2 = E_{\text{н}} * (K_{\text{кн}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{ТП}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{ТП}}) * C_{\text{о}} * \tau = 0,12 * (92,24 + 200,2 + 2940) + (0,9375 + 4,05 + 3,8079) * 2,7 * 2226 = 440,7 \text{ тис. грн.}$$

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

Виконувати розрахунок третього варіанту немає необхідності, тому що, вже другий варіант має більші витрати на компенсацію.

Таблиця 5.3. Баланс реактивної потужності

Показники	Варіант I	Варіант II
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	445	312,5
Потужність КП в мережі 10 кВ	450	900
Споживання реактивної потужності	175	175
Затрати на компенсацію	358,9	440,7

Приймаємо для подальшого проектування перший варіант, який має нижчі техніко-економічні показники.

5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.

Для забезпечення найбільшої економічності при дотриманні допустимих режимів напруги в живлячих і розподільчих мережах, а також допустимих струмових навантажень у всіх елементах мережі, необхідно вибрати тип, потужність, місце розташування і режим роботи комутаційного пункту (КП).

КП з сумарною потужністю $Q_{\text{кп}}$ можуть бути встановлені як в мережі 0,4 кВ, так і в мережі 10 кВ. Оптимальне розподілення потужності КП між мережами 0,4 кВ і 10 кВ визначається шляхом урахування питомої вартості КП для високої та низької напруги, витрат на встановлення комутаційного обладнання та додаткових трансформаторів КТП, а також вартості втрат енергії.

Для обраного варіанту обчислюємо реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори ТП, та уточнюємо потужність компенсуючих пристроїв, які встановлюються в цехових мережах.

Знаходимо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати в мережі НН ТП 1 (I варіант):

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_z)^2 - P_n^2} = \sqrt{(2 \cdot 400 \cdot 0,7)^2 - 475,5^2} = 296 \text{ кВар}$$

$$Q_{кп} = Q_n - Q_{п} = 464 - 296 = 168 \text{ кВар}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{кп} = 200$ квар

2 шт КРМ – 0,4 – 100 – 25У3

Аналогічно здійснюємо інші розрахунки. Результати зводимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4. Вибір потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв в мережі 0,4 кВ

№ ТП	N _{тр}	P _{нн}	Q _{нн}	Q _п	Q _{БК}	N _{БК}	Q _{кн}	Тип батареї конденсат.	Kз	Sp
1	2	472,5	463,8	300,6	163,2	2	100	УКМ58-0,4-100-33	0,68	541,2
2	1	289,5	245,1	0,0	245,1	1	112,5	УКМ 58-0,4-112,5-37,5	0,72	289,5
						1	133	УКМ58-0,4-133-33		
3	2	387,6	294,7	404,2	-	-	-	-	0,61	486,9

6 ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА

6.1 Вибір кількості та потужності трансформаторів, та місця розташування цехових підстанцій (ТП)

Вибір кількості та потужності трансформаторів, та місця розташування цехових підстанцій обираємо відповідно до методики, викладеній в [2].

Вибір трансформаторів представлено у вигляді таблиці таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Вибір кількості потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій (ТП).

№ ТП	Рр, кВт	Qp, кВар		Sp, кВА		NxСтр	Кз	Місце розташува ння ТП	Хар. приміщення
		без КП	з КП	без КП	з КП				
ТП№1	465,94	447,3	310,6	645,9	527,5	2хТМ-400	0,66	Вбудов.	Електроце х
ТП№2	300,393	264,0	0,0	399,9	327,7	1хТМ-400	0,82	Вбудов.	Механічна майстерня КН
ТП№ 3	380,082	281,6	281,6	473,0	473,0	2хТМ-400	0,59	Вбудов.	Столярний цех

Приймаються до встановлення комплектні трансформаторні підстанції КТП - 10/0,4кВ вбудованого типу (внутрішнього встановлення). Приймається також, що трансформатори завантажені рівномірно.

Перевірка умов вибору трансформаторів представлена в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 Перевірка умови вибору трансформаторів

№	N, шт	$S_{роз},$ кВ·А	Марк а	K_3	$S_{ном} > S_p / K_1$	$S_{ном} > S_p / K_2$	Тип КТП	Місце розташуван ня
1	2	527, 5	ТМ- 400	0,7	244	188	Вбудована	Електроцех
2	1	327,73	ТМ- 400	0,8	303	234	Вбудована	Механічна майстерня КН
3	2	473,05	ТМ- 400	0,6	219	169	Вбудована	Столярний цех

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

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

7.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Для розрахунку струмів короткого замикання, створюється розрахункова схема у вигляді однолінійного зображення. У цій схемі включаються всі джерела живлення, які беруть участь у живленні місця короткого замикання, а також всі елементи системи електропостачання, такі як трансформатори, лінії, реактори, які розташовані між ними та місцем короткого замикання. Синхронні компенсатори, синхронні та асинхронні двигуни розглядаються як джерела живлення.

Розрахункова схема перетворюється в схему заміщення, де всі елементи замінюються опорами, що відповідають базисним умовам. Далі, ця схема заміщення піддається перетворенню та спрощенню для отримання еквівалентної схеми.

Перед розрахунком струмів короткого замикання складається розрахункова схема, на якій визначаються точки, в яких необхідно розрахувати струми короткого замикання.

На основі розрахункової схеми (рис. 7.1) створюється схема заміщення (рис. 7.2), де всі елементи представлені у вигляді опорів.

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

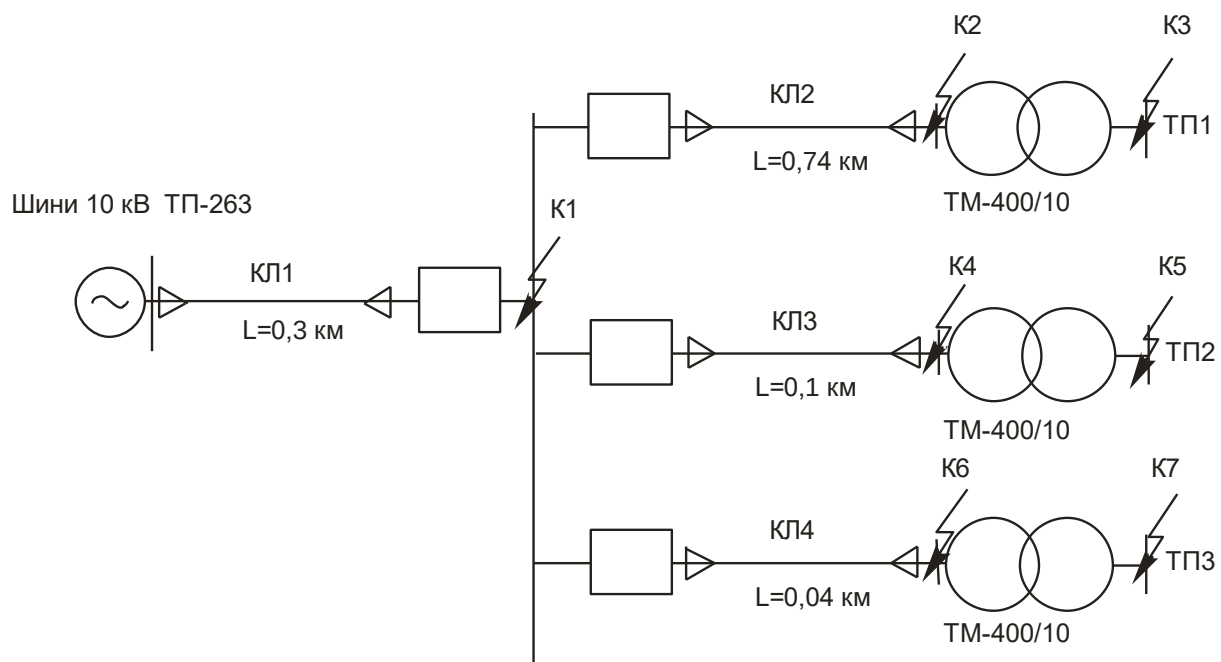


Рис. 7.1. Схема для розрахунку струмів короткого замикання

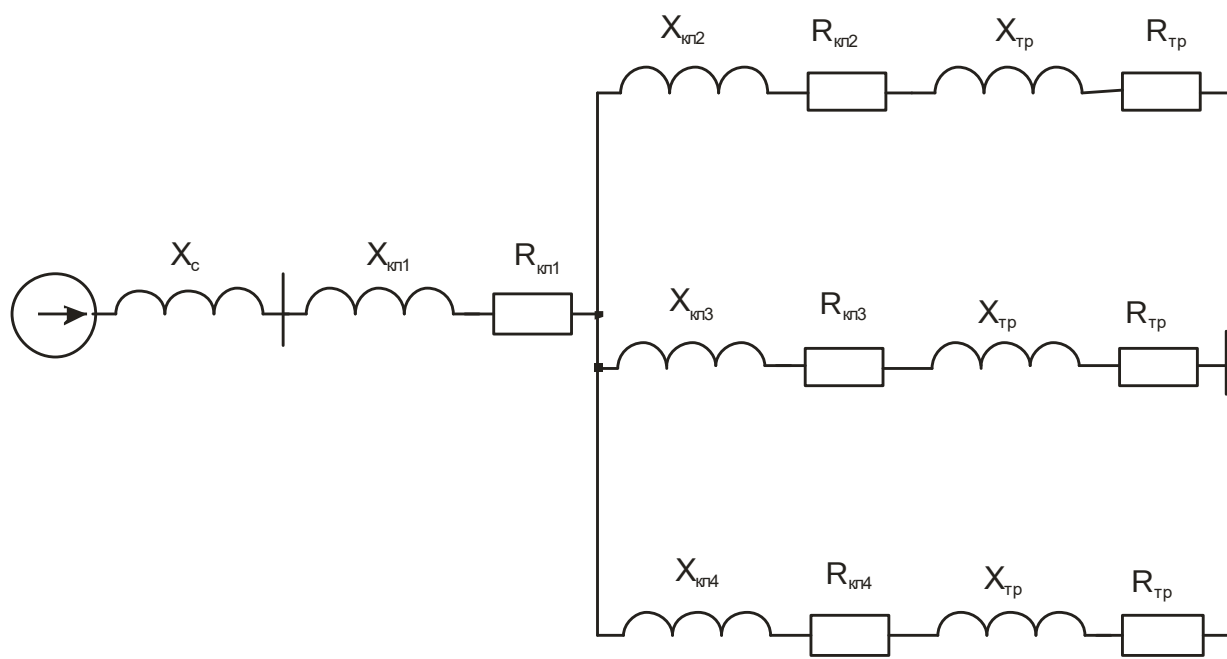


Рис. 7.2. Схема заміщення

Номінальна напруга кабельної лінії до РП становить $U_n = 10$ кВ. Лінія зроблена з використанням проводу марки ААШв з довжиною $L_1 = 0,3$ км та перерізом $F = 35$ мм².

Параметри лінії від ЦРП до цехової ТП1 також мають номінальну напругу кабельної лінії $U_n = 10$ кВ. Ця лінія складається з кабелю марки ААШв-10 з площею перерізу $F_{ст} = 35$ мм² та довжиною $L_{кл} = 0,74$ км. Номінальна потужність трансформатора ТП становить $S_{тр} = 400$ кВА. На ТП встановлений трансформатор типу ТМ-400 з наступними параметрами: втрати потужності у холостому ході $\Delta P_{хх} = 0,95$ кВт, короткозамкнуті втрати потужності $\Delta P_{кз} = 5,5$ кВт, відсоток короткого замикання $U_k\% = 5,5\%$.

За схемою електропостачання створюємо схему заміщення, де всі елементи замінюються еквівалентними опорами. Ми нехтуємо активним опором системи через його мале значення. Розрахунок проводимо у відносних величинах. Ми приймаємо базисну потужність $S_б = 100$, базисну напругу в точці К1 $U_{б1} = 10,5$ кВ, в точці К2 $U_{б2} = 10,5$ кВ, а в точці К3 $U_{б3} = 0,4$ кВ. Визначаємо відносні опори елементів схеми К3:

Реактивний опір системи:

$$X_c = S_б / S_{кз} = 100 / 183 = 0,5$$

Реактивний опір лінії 10 кВ до РП :

$$X_{л1} = X_o * L * S_б / U_{б1}^2 = 0,95 * 0,3 * 100 / 11^2 = 0,26$$

Активний опір лінії 10 кВ до РП :

$$R_{л1} = R_o * L * S_б / U_{б1}^2 = 0,06 * 0,3 * 100 / 11^2 = 0,02$$

Для кабельної лінії 10 кВ визначаємо:

Реактивний опір лінії 10 кВ від РП до ТП:

$$X_{кл1} = X_o * L * S_б / U_{б2}^2 = 0,95 * 0,74 * 100 / 11^2 = 0,64$$

Активний опір лінії 10 кВ:

$$R_{кл1} = R_o * L * S_б / U_{б2}^2 = 0,06 * 0,74 * 100 / 11^2 = 0,040$$

Опір трансформатора 10/0,4 кВ

$$R_{ТП} = \sqrt{\Delta P_{м} * S_б / S_{н.тр}^2} = 5,50 * 100000 / 400^2 = 3,4$$

$$X_{тр} = \sqrt{(U_k/100)^2 - (\Delta P_{м} / S_{н.тр})^2} * S_б / S_{н.тр} =$$

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= \sqrt{(5,45 / 100)^2 - (5,50 / 400)^2} * 100000 / 400 = 13,2$$

Обчислюємо результуючий еквівалентний опір до розрахункової точки КЗ. Спростуємо схему заміщення в такій послідовності:

1) результуючий опір до точки К1

$$R_{K1} = R_{Л1} = 0,02$$

$$X_{K1} = X_c + X_{Л1} = 0,55 + 0,26 = 0,80$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{Л1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,02^2 + 0,8^2} = 0,80$$

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{КЛ1} = 0,02 + 0,0 = 0,1$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{КЛ1} = 0,8 + 0,64 = 1,44$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,1^2 + 1,44^2} = 1,44$$

3) результуючий опір до точки К3

$$R_{K3} = R_{тр} + R_{K2} = 3,4 + 0,1 = 3$$

$$X_{K3} = X_{тр} + X_{K2} = 13,2 + 1,4 = 14,6$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{3,5^2 + 14,6^2} = 15,0$$

Визначаємо базисні струми в точках КЗ:

В точці К1

$$I_{61} = S_6 / \sqrt{3} * U_{61} = 100 / (1,73 * 10,5) = 5,5 \text{ кА}$$

В точці К2

$$I_{62} = S_6 / \sqrt{3} * U_{62} = 100 / (1,73 * 10,50) = 5,5 \text{ кА}$$

В точці К3

$$I_{63} = S_6 / \sqrt{3} * U_{63} = 100 / (1,73 * 0,40) = 144,5 \text{ кА}$$

Визначаємо трифазні струми КЗ. В точці К1 діюче значення періодичної складової струму становить:

$$I_{K1} = I_{61} / Z_{K1} = 5,5 / 0,80 = 6,8 \text{ кА.}$$

Діюче значення усталеного струму КЗ:

$$I'' = I_{K1} = 6,8 \text{ кА;}$$

Амплітудне значення струму на шинах напругою 10 кВ

$$i_{y1} = \sqrt{2} * k_y * I_{K1} = 1,4 * 1,2 * 6,85 = 11,6 \text{ кА}$$

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

Визначаємо струм двохфазного КЗ за формулою:

$$I_{к1}^2 = 0,87 \cdot I_{к1} = 0,87 \cdot 6,85 = 6,0 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок схеми зводимо до таблиці 7.1

Таблиця 7.1. Результати розрахунку струмів КЗ

Точка схеми	R_{Σ}	X_{Σ}	Z_{Σ}	$I''=I_0/Z_{\Sigma}$	$i_{уд}=2 \cdot k_y \cdot I''$	$I_{кн}^2=0,87 \cdot I''$
ТП1(К2)	0,020	0,868	0,868	6,34	10,66	5,52
ТП1 _{нн} (К3)	3,458	14,052	14,471	9,99	20,97	8,69
ТП1(К4)	0,022	0,890	0,890	6,18	10,39	5,38
ТП1 _{нн} (К5)	3,459	14,074	14,493	9,97	20,94	8,67
ТП1(К6)	0,019	0,838	0,839	6,57	11,03	5,71
ТП1 _{нн} (К7)	3,456	14,023	14,442	10,01	21,01	8,71

7.2. Вибір кабелів напругою 10 кВ для високовольтної мережі

Обираємо кабель, що іде до РП.

Площа поперечного перерізу кабелю :

$$F_e = I_p / (n J_{ек}) = 34,3 / (1 \cdot 1,4) = 24,4 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Де } I_p = \frac{S_p}{N \sqrt{3} U_n} = \frac{1080}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 34,3 \text{ А}$$

Попередньо приймаємо кабель ААШв - 35 мм² з допустимим струмом $I_{доп} = 115 \text{ А}$

Превірка кабелю за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_{ав} = K_{п} K_{ав} I_{доп} = 1 \cdot 1,15 \cdot 115 = 132,2 > I_p = 65,$$

де $K_{п}$ - коефіцієнт прокладки кабелів [5];

$K_{ав}$ - допустимий коефіцієнт аварійного перевантаження, приймаємо рівним 1,15.

Мінімальна площа поперечного перетину кабеля по умовам термічної стійкості:

$$F_{min} = 1/K \sqrt{B_k} = 1/94 \sqrt{48,69} = 69,8 \text{ мм}^2,$$

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

де K - термічний коефіцієнт; для алюмінієвих кабелів $K=94 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$;

B_K - тепловий імпульс:

$$B_K = I''^2 (t_B + t_{pz \max}) = 6,8^2 (0,023 + 1,025) = 48,69 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

де I'' - надперехідний струм;

t_B - повний час роботи виключеного вимикача;

$t_{pz \max}$ - максимальний час спрацювання РЗ.

За умовою термічної стійкості обираємо кабель ААШв - 70 мм^2 із допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$.

Результати вибору кабельних ліній представлені в таблиці 7.2

Таблиця 7.2: Вибір кабелів 10 кВ в автопідприємства

№КЛ	S_p , кВА	n	I_p	$I_{p.ав}$	$F_{ек}$, мм	Марка кабеля	$I_{доп,А}$	$K_{п}$	$I_{ав}$	B_K	F_{min}	I'' , кА
КЛ1	1180,7	2	34,1	65,0	24,4	ААШв(3×35)	115	1	132,3	48,69	69,8	6,81
КЛ2	568,2	2	16,4	31,3	11,2	ААШв(3×35)	115	1	132,3	48,69	69,8	6,81
КЛ3	294,0	1	17,0	16,2	12,1	ААШв(3×35)	115	1	132,3	48,69	69,8	6,81
КЛ4	511,8	2	14,8	28,2	10,1	ААШв(3х35)	115	1	152,9	48,69	69,8	6,81

7.3. Вибір електричних апаратів високої напруги

Вибір вимикачів напругою 10 кВ.

На стороні 10 кВ обираємо вакуумні вимикачі типу ВР0 – 10 Вибір параметрів вимикача представлені в таблиці 7.3.

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

Таблиця 7.3. Вибір вводних вимикачів 10 кВ

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
92,3 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
6,81 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	12,5 кА
$\sqrt{2} \cdot 6,81 e^{-0,06/0,03} = 1,3$ кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 12,5(1 + 0,4) = 24,8$ кА
6,81 кА	$I'' \leq I_{дин}$	12,5 кА
11,6 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	32 кА
$53,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$12,5^2 \cdot 3 = 468 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

$$\tau = t_{pz \min} + t_b = 0,01 + 0,09 = 0,1 \text{ с.}$$

$$t_{откл} = t_{pz} + t_{відкл} = 1,0 + 0,057 = 1,057 \text{ с}$$

$$B_k = I''^2 (t_{отк} + T_a) = 6,81^2 (1,057 + 0,1) = 53,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

На лініях що відходять до ТП встановлюються вимикачі типу ВРО –10 – 12,5/630УЗ. Вибір параметрів вимикача представлений в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4. Вибір вимикачів 10 кВ для відходящих ліній до ТП.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
66,8 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
6,61 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	12,5 кА
$\sqrt{2} \cdot 6,61 e^{-0,1/0,01} = 1,26$ кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 12,5(1 + 0,4) = 62,37$ кА
6,61 кА	$I'' \leq I_{дин}$	12,5 кА
11,1 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	32 кА
$24,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$12,5^2 \cdot 3 = 468 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

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

$$\tau = t_{p3 \min} + t_B = 0,01 + 0,09 = 0,1 \text{ с.}$$

$$t_{откл} = t_{p3} + t_{відкл} = 0,5 + 0,057 = 0,557 \text{ с}$$

$$B_K = I''^2 (t_{отк} + T_a) = 6,61^2 (0,557 + 0,01) = 24,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Всі вимикачі 10 кВ встановлені в типові шафи КРП внутрішньої установки серії КУ-10Ц ШВВ – Е – 10 – 20 – 630 УЗ з такими параметрами:

- номінальна напруга 10 кВ;
- максимальна робоча напруга 12 кВ;
- номінальний струм 630 А;
- номінальний струм вимикання вимикачів 12,5 кА;
- термічна стійкість головних ланцюгів на протязі 3 с 12,5 кА;
- електродинамічна стійкість головних ланцюгів 32 кА;
- номінальна напруга допоміжних ланцюгів 220 В.

Вибір розрядників

На стороні 10 кВ (ЦРП) встановлюємо розрядник типу РВО-10У1. Технічні дані: $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$, $U_{наиб} = 12,7 \text{ кВ}$. При $f = 50 \text{ Гц}$ $26 \text{ кВ} < U_{проб} < 30,5 \text{ кВ}$, $t = 8 \text{ мкс}$, $I = 3000 \text{ А}$.

Вибір трансформаторів власних потреб

Розрахункове навантаження трансформаторів власних потреб визначається:

$$S_{розр} = k_c \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = 0,8 \sqrt{21^2} = 16,8 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

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

Таблиця 7.5 - Навантаження трансформатора власних потреб РП

пп/ п	Вид споживача	Встановлена потужність		$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Навантаження	
		кВт х кількість	Всього, кВт			$P_{\text{уст}},$ кВт	$Q_{\text{уст}},$ кВар
1	Обігрів шафи КРПЗ	0,7 х 10	7	1	0	7	-
2	Опалення і освітлення приміщення	-	7	1	0	7	-
3	Зовнішнє освітлення	-	4	1	0	4	-
4	Споживання оперативними колами	-	3	1	0	3	-
	Всього					21	

Приймаємо 2 трансформатора ТМ-25/10.

При відключенні одного трансформатора, інший буде завантажений на $16,8/25 = 0,678$, тобто на 67,8%, що допускається. Технічні дані: $U_{\text{BH}} = 10$ кВ, $U_{\text{HH}} = 0,4$ кВ, $\Delta P_x = 0,13$ кВт, $\Delta P_{\text{кз}} = 0,6$ кВт, $U_k = 4,5\%$, $I_x = 3,2\%$.

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

8 МАРКЕТИНГ ЕНЕРГІЇ ТА МЕТОДИ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Специфіка електроенергетичної галузі та виробництва електроенергії визначає особливості управління попитом на електроенергію. Ця сфера маркетингової діяльності енергетичних підприємств повинна включати два взаємопов'язані процеси. З одного боку, це ширше впровадження ефективних електротехнологій, а з іншого - енергозбереження і регулювання попиту на електроенергію, що допоможе забезпечити стабільне енергозабезпечення країни в цілому та окремих регіонів.

Перший напрямок пов'язаний з тим, що впровадження електротехнологій у виробництві дозволяє економити ресурси, підвищувати якість робіт та послуг і отримувати екологічний ефект, який ґрунтується на безпечності та чистоті електроенергії як енергоносія. У майбутньому передбачається, насамперед, впровадження нових соціально-орієнтованих технологій у промисловості, сільському господарстві, побуті та сфері послуг з метою поліпшення умов праці та життя.

Маркетингова стратегія складається з планування, регулювання та контролю з боку енергетичних компаній щодо використання електроенергії споживачами. Проте, для стимулювання енергетичних компаній до розробки та реалізації програм управління попитом необхідна спеціальна державна політика, спрямована на коригування бази, за якою розраховуються тарифи; збільшення рентабельності, яка встановлюється законодавством; отримання гарантій від уряду, що чистий прибуток енергетичних компаній (після оподаткування) не зменшиться від зниження обсягу продажу електроенергії; надання додаткових пільг при отриманні державних позик та кредитів на енергозберігаючі заходи.

Сьогодні, через недостатність палива збільшилося зацікавлення в ефективному використанні енергії з боку виробників і споживачів. Оскільки

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

споживання електроенергії на одиницю промислової продукції, яка виробляється в Україні, є в 2,8-3,5 рази вищим, ніж в розвинених країнах, це робить вітчизняні товари не конкурентоспроможними на світовому і внутрішньому ринках, незважаючи на низьку споживчу вартість, і стимулює імпорт товарів з меншою вартістю. На сьогоднішній день найбільш енергоємними галузями є чорна металургія (22,5% від загального споживання електроенергії промисловістю), машинобудування і металообробка (10%), нафтохімічна промисловість (8%), паливна промисловість (8%), кольорова металургія (3,2%), виробництво будівельних матеріалів (3%).

Основні маркетингові зусилля енергетичних підприємств повинні бути спрямовані на управління попитом на електроенергію, з урахуванням специфіки енергетичного виробництва. В сучасній українській електроенергетиці рекомендується застосовувати синхромаркетинг (для вирівнювання нерівномірного попиту) та демаркетинг (з метою зниження попиту). У майбутньому для стимулювання споживання електроенергії в побутовому секторі з метою поліпшення умов життя населення України або для сприяння розвитку окремих галузей виробництва може використовуватись ремаркетинг (для широкого використання електроенергії в побуті та виробництві).

Застосування демаркетингу в електроенергетиці може бути обумовлене недостатністю генеруючих потужностей або палива. На сьогоднішній день в Україні більш актуальним є обмеження попиту з другої причини, оскільки значний спад виробництва призвів до зниження споживання електроенергії та максимального навантаження промислових споживачів, що тимчасово вирішило проблему недостатності генеруючих потужностей.

Промисловість, яка є найбільшим споживачем енергії і визначає науково-технічний рівень енергозберігаючих заходів і обладнання, має значні можливості для економії енергії. Ускладнює ситуацію той факт, що в Україні

					Арк.
					51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

сконцентровані енергоємні виробництва. Рівень енергоємності перевищує аналогічні показники розвинених країн світу в 5-12 разів, а російських і білоруських - в 1,5-2 рази. За останні сім років енергозатрати на виробництво одиниці валового національного продукту зросли на 37%.

використання демаркетингу і синхромаркетингу може мати значний соціально-економічний вплив. Економічна проблема, пов'язана з варіюванням електричного навантаження, полягає у наступному:

- Зменшення годин використання встановленої потужності.
- Зниження резервної потужності в ОЕНС України, що призводить до зниження надійності енергопостачання.
- Погіршення умов експлуатації обладнання через часті пуски та зупинки, роботу в змінних режимах, що спричиняє зношення, скорочення міжремонтного періоду і зростання витрат на ремонт.
- Погіршення якості постачаної електроенергії, зокрема відхилення частоти, що може негативно вплинути на обладнання споживачів.
- Збільшення паливних витрат на виробництво електроенергії через пуски і зупинки обладнання та неефективну роботу енергоблоків при зменшеному навантаженні.
- Збільшення умовно-постійної складової у собівартості електроенергії, що залежить від виробітку і зменшується в нерівномірних режимах.
- Зниження споживання електроенергії вночі та збільшення надлишків реактивної потужності у високовольтних мережах, що призводить до підвищення рівня напруги і може мати негативні наслідки, такі як пошкодження обладнання, збільшення втрат електроенергії, перешкоди в зв'язку та необхідність відімкнення ліній електропередач.

Вищезазначені фактори підкреслюють важливість впровадження методів демаркетингу і синхромаркетингу як для енергетичних підприємств,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

52

окремих споживачів, так і суспільства в цілому. Ці стратегії можуть мати вагомий вплив на ефективність, надійність та економічну стійкість енергетичної системи. Демаркетингові підходи, спрямовані на регулювання споживання електроенергії, можуть допомогти зменшити навантаження в пікові години і розподілити його більш рівномірно протягом доби. Це сприятиме оптимальному використанню енергетичних ресурсів, зниженню зносу обладнання, покращенню якості електропостачання та зменшенню залежності від надлишкових потужностей.

Синхромаркетинг, у свою чергу, дозволить розумно керувати енергопотоками, сприяючи оптимальному використанню відновлюваних джерел енергії та децентралізованих систем виробництва. Це сприятиме зменшенню викидів шкідливих речовин, збереженню природних ресурсів та створенню стійкого енергетичного ландшафту.

Реалізація демаркетингу і синхромаркетингу також може позитивно позначитися на окремих споживачах, дозволяючи їм активніше управляти своїм споживанням електроенергії, знижувати витрати та сприяти створенню більш сталого енергетичного середовища. У цілому, впровадження цих стратегій має потенціал покращити якість життя громади та забезпечити більш стабільну та ефективну енергетичну систему для майбутніх поколінь.

8.1. Розрахунки енергетичних балансів та втрат електроенергії в системі електропостачання

Основна мета формування паливно-енергетичного балансу полягає у визначенні оптимальних співвідношень:

- а) між різними типами енергоспоживаючих установок та пристроїв;
- б) між різними типами енергогенеруючих установок;
- в) між різними видами паливно-енергетичних ресурсів, які використовуються.

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

Таким чином, при розробці раціонального паливно-енергетичного балансу вирішуються три основні питання енергетичного сектору:

- правильний вибір типів енергії та палива для різних категорій виробничих і побутових процесів з урахуванням всіх технічних і економічних показників, які впливають на ефективність технології виробництва при зміні типу енергії або палива, що використовується;
- раціональний вибір типу енергогенеруючих установок та установок, які використовують паливо;
- вибір паливно-енергетичних ресурсів для різних типів енергетичних установок.

Основною метою складання звітного паливно-енергетичного балансу для підприємства є встановлення відносної ваги споживання різних енергоносіїв у відсотках від загального обсягу енергії та палива. Один з підходів до цього полягає в використанні загальної вартості всіх видів енергії та палива за звітний період, яка відображається у бухгалтерському звіті, а також у визначенні відносної вартості кожного виду енергії у відсотках до загальних витрат на енергію.

Альтернативним методом складання загального паливно-енергетичного балансу є конвертація всіх видів енергії до еквівалентного палива та визначення відносної ваги кожного виду енергії відносно загального енергоспоживання, вираженої у відсотках.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Табл. 8.1. Частковий електробаланс споживання по автопідприємству.

Статті витрат енергії				
Стаття витрат активної енергії	КТП1	КТП2	КТП3	Всього по КТП
Силове навантаження	23,7	12,5	7,8	100
Освітлювальне навантаження	12,3	8,2	4,6	100
Втрати в тра-рах ТП	6,5	6,3	4,3	100
Всього	46,7	44,55	8,8	100
Статті витрат реактивної енергії				
Силове навантаження	23,7	12,5	7,8	100
Освітлювальне навантаження	12,3	8,2	4,6	100
Генерація РМ	4,2	2,3	4,2	100
Втрати в тра-рах ТП	6,5	6,3	4,3	100
Всього	42,5	42,25	4,6	100
Стаття витрати повної потужності	46,3	44,55	8,8	100

Табл. 8.2. Розподілення навантаження

Показник	КТП1	КТП2	КТП3	Всього по заводу
Кількість споживачів	189	97	75	361
Питома щільність S	56	11,59	11,59	19,88
% об'єднання	49,1	31,5	19,4	100,00

8.2. Вибір тарифної групи споживачів та розрахунок тарифів на електроенергію.

Тарифна система відіграє важливу роль як комерційного, так і режимного регулятора взаємовідносин між енергосистемою та споживачами. Оптимізація режимів роботи енергосистеми залежить від різних факторів, але при аналізі графіків навантаження та використанні багатозонних тарифів слід розглядати кілька аспектів.

Перший фактор полягає в компенсації витрат, пов'язаних з виробництвом, передачею та розподілом електроенергії, а також отриманням

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

прибутку. Другий фактор спрямований на стимулювання споживачів до регулювання графіків навантаження, що призводить до покращення техніко-економічних показників роботи енергосистеми.

У енергосистемі традиційно застосовуються такі типи тарифів: однотарифний, двотарифний та однотарифний з диференціюванням за періодами часу. Останні є найбільш прогресивними для досягнення цілей оптимізації.

Диференційовані за періодами часу тарифи можуть використовуватися для розрахунків споживаної електроенергії замість однотарифних або двотарифних тарифів, якщо є відповідні технічні засоби комерційного обліку електроенергії. Однотарифні тарифи, диференційовані за періодами часу, можуть бути встановлені для всіх груп споживачів.

Головне завдання енергетичного контролю полягає у відповідному визначенні показників тарифного сезону року, днів тижня та тарифних зон доби для кожного споживача окремо.

Визначення тарифних сезонів року базується на класифікації планових добових графіків навантаження енергосистеми для середньостатистичного дня кожного місяця календарного року, починаючи з моменту введення диференційованих за періодами часу тарифів на електричну енергію. Під час класифікації визначаються групи схожих добових графіків навантаження енергосистеми за місяцями. Таким чином, місяці року групуються у сезони, для яких режими роботи енергосистеми майже не відрізняються один від одного, тому для них встановлюються однакові рівні тарифів на електричну енергію.

Ефективність введення різних тарифів на електроенергію в залежності від днів тижня (робочі, вихідні або святкові) у визначених тарифних сезонах року встановлюється шляхом виявлення ступеня подібності або відмінності між плановими добовими графіками електричного навантаження енергосистеми для середнього робочого, вихідного (святкового) дня кожного тарифного сезону за допомогою статистичних критеріїв.

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

Тарифні зони доби визначаються для кожного тарифного сезону на основі аналізу планових добових графіків електричного навантаження енергосистеми для середньостатистичного дня відповідного сезону. У разі врахування тарифів за днями тижня, тарифні зони доби встановлюються на основі аналізу окремих планових добових графіків навантаження енергосистеми для середньостатистичних робочих та вихідних днів сезону.

Основою для встановлення тарифних зон доби є визначення меж довірчого інтервалу для середньогодинного електричного навантаження енергосистеми за будь-яким аналізованим добовим графіком з використанням статистичних методів.

Цей довірчий інтервал дозволяє розподілити години доби на дві групи: години, коли електричне навантаження енергосистеми майже не відрізняється випадково від середньогодинного навантаження протягом доби, і години, коли електричне навантаження систематично відхиляється від середньостатистичного рівня на добу.

Перша група годин складає зону середнього (напівпікового) навантаження енергосистеми, тоді як друга група об'єднує години з екстремальним електричним навантаженням. З цих годин формуються дві інші зони - зона пікового навантаження та зона провалу електричного навантаження енергосистеми.

Одноставочний тариф

Плата за споживання активної енергії за рік по одноставочному тарифу обчислюється за формулою:

$$\Pi = W_r C_0$$

де W_r – річне споживання активної енергії $W_r = 4424145,9$ кВт·год із пункту 2,4, C_0 – вартість електроенергії за одноставочним тарифом $C_0 = 1,295$ грн./кВт·год

Обраховуємо плату по одноставочному тарифу:

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

$$П = W_{\varepsilon} C_0 = 4424145,9 \cdot 1,295 = 5729,3 \text{ т. грн.}$$

Діапазони тарифних зон наведено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1. Двозонні та тризонні тарифи, диференційовані по періодам часу.

Двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу:	
денний період	7.00 - 23.00
нічний період	23.00 - 7.00
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу:	
<u>січень, лютий, листопад та грудень:</u>	
пікова зона	8.00 - 10.00; 17.00 - 21.00
напівпікова зона	6.00 - 8.00; 10.00 - 17.00; 21.00 - 23.00
нічна зона	23.00 - 6.00
<u>березень, квітень, вересень та жовтень:</u>	
пікова зона	8.00 - 10.00; 18.00 - 22.00
напівпікова зона	6.00 - 8.00; 10.00 - 18.00; 22.00 - 23.00
нічна зона	23.00 - 6.00
<u>травень, червень, липень та серпень:</u>	
пікова зона	8.00 - 11.00; 20.00 - 23.00
напівпікова зона	7.00 - 8.00; 11.00 - 20.00; 23.00 - 24.00
нічна зона	24.00 - 7.00

Триставочний тариф

Таблиця 8.2. Тарифні коефіцієнти по періодам доби.

Період часу	нічний	денний	напівпіковий	піковий
Двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35	1,8	-	-
Тривалість періоду, год.	8	16	-	-
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,25	-	1,02	1,8
Тривалість періоду, год.	7	-	11	6

					Арк. 58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Результати розрахунку плати по диференційованому тарифу зведені в таблиці 8.3. і 8.4. за зимовий робочий і вихідний день та за літній робочий і вихідний день.

Плата за споживання активної енергії за рік по трьохставочному тарифу:

$$\Pi = \Pi_{з.р} n_{з.р} + \Pi_{з.в} n_{з.в} + \Pi_{л.р} n_{л.р} + \Pi_{л.в} n_{л.в}$$

де $\Pi_{з.р}, \Pi_{з.в}, \Pi_{л.р}, \Pi_{л.в}$ – відповідно плата за зимовий робочий і вихідний день і плата за літній робочий і вихідний день по трьохставочному тарифу.

$n_{з.р}, n_{з.в}, n_{л.р}, n_{л.в}$ – відповідно кількість зимових робочих і вихідних днів і кількість літніх робочих і вихідних днів.

$$n_z = n_{з.р} + n_{з.в} = 147 + 65 = 212 \text{ днів}$$

$$n_l = n_{л.р} + n_{л.в} = 105 + 48 = 153 \text{ дня}$$

Плата за електроенергію по триставочному тарифу:

$$\Pi = 22022,68 \cdot 147 + 8532,677 \cdot 65 + 17360,78 \cdot 105 + 7165,015 \cdot 48 = 4958,6 \text{ т.грн.}$$

Табл. 8.3. Розрахунок плати за зимовий день по диференційованому тарифу.

Час, год.	Робочий день				Вихідний день	
	Потужність, кВт	α	C_0 , грн./кВтгод	Плата, грн	Потужність, кВт	Плата, грн
1	312,2	0,4	1,295	161,7196	364,3	188,7074
2	364,3	0,4	1,295	188,7074	364,3	188,7074
3	312,2	0,4	1,295	161,7196	364,3	188,7074
4	312,2	0,4	1,295	161,7196	364,3	188,7074
5	312,2	0,4	1,295	161,7196	364,3	188,7074
6	364,3	0,4	1,295	188,7074	364,3	188,7074
7	468,3	1	1,295	606,4485	364,3	471,7685
8	624,5	1	1,295	808,7275	208,2	269,619
9	936,7	1,5	1,295	1819,54	208,2	404,4285
10	1040,8	1,5	1,295	2021,754	208,2	404,4285
11	988,7	1	1,295	1280,367	208,2	269,619
12	832,6	1	1,295	1078,217	208,2	269,619
13	884,6	1	1,295	1145,557	208,2	269,619

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

Продовження табл. 8.3.

14	936,7	1	1,295	1213,027	208,2	269,619
15	936,7	1	1,295	1213,027	208,2	269,619
16	884,6	1	1,295	1145,557	208,2	269,619
17	884,6	1	1,295	1145,557	208,2	269,619
18	832,6	1,5	1,295	1617,326	364,3	707,6528
19	780,6	1,5	1,295	1516,316	364,3	707,6528
20	676,5	1,5	1,295	1314,101	364,3	707,6528
21	707,7	1,5	1,295	1374,707	364,3	707,6528
22	676,5	1	1,295	876,0675	364,3	471,7685
23	468,3	1	1,295	606,4485	364,3	471,7685
24	416,3	0,4	1,295	215,6434	364,3	188,7074
Всього				22022,68		8532,677

Таблиця 8.4. Розрахунок плати за літній день по диференційованому тарифу.

Час, год.	Робочий день				Вихідний день	
	Потужність, кВт	α	C_0 , грн./кВтгод	Плата, грн	Потужність, кВт	Плата, грн
1	2	3	4	5	6	7
1	265,4	0,4	1,295	137,4772	309,6	160,3728
2	265,4	0,4	1,295	137,4772	309,6	160,3728
3	265,4	0,4	1,295	137,4772	309,6	160,3728
4	265,4	0,4	1,295	137,4772	309,6	160,3728
5	265,4	0,4	1,295	137,4772	309,6	160,3728
6	265,4	0,4	1,295	137,4772	309,6	160,3728
7	318,5	0,4	1,295	164,983	309,6	160,3728
8	495,4	1	1,295	641,543	176,9	229,0855
9	796,2	1,5	1,295	1546,619	176,9	343,6283
10	884,6	1,5	1,295	1718,336	176,9	343,6283
11	884,6	1,5	1,295	1718,336	176,9	343,6283
12	672,3	1	1,295	870,6285	176,9	229,0855
13	707,7	1	1,295	916,4715	176,9	229,0855
14	796,2	1	1,295	1031,079	176,9	229,0855
15	672,3	1	1,295	870,6285	176,9	229,0855
16	672,3	1	1,295	870,6285	176,9	229,0855
17	619,3	1	1,295	801,9935	176,9	229,0855
18	619,3	1	1,295	801,9935	309,6	400,932
19	530,8	1	1,295	687,386	309,6	400,932
20	619,3	1	1,295	801,9935	309,6	400,932
21	619,3	1,5	1,295	1202,99	309,6	601,398
22	442,3	1,5	1,295	859,1678	309,6	601,398
23	353,9	1,5	1,295	687,4508	309,6	601,398
24	265,4	1	1,295	343,693	309,6	400,932
Всього				17360,78		7165,015

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

Розрахунок оплати за споживання активної енергії показав, що при одноставочному тарифі плата складе 5729,3 т. грн., а при трьохставочному 4958,6 т. грн., що дозволяє зробити висновок про доцільність переходу на дифереційований тариф тарифу при розрахунках з енергопостачаючою організацією.

8.3. Маркетингове управління споживанням електроенергії за рахунок оптимізації графіків електричних навантажень

Регулювання споживання електроенергії не завжди має економічне обґрунтування. Їх практичне застосування виявляється неоптимальним, особливо щодо визначення можливого зниження максимального навантаження підприємства в години пікового навантаження енергосистеми.

Під регулюванням електроспоживання розуміється вирівнювання добових графіків навантаження енергосистеми шляхом контролю потужності споживачів, зокрема промислових підприємств. У зв'язку з цим можна виділити фактори, які сприяють зниженню навантаження підприємства протягом певного періоду часу. До них відносяться організаційні, електричні та технологічні чинники.

Організаційні чинники включають розподіл вихідних днів промислових підприємств, розклад початку роботи, обідні та міжзмінні перерви у цехах промислових підприємств, а також систему переходу на зимовий та літній час.

Регулювання електроспоживання шляхом впливу на електричні фактори передбачає переважно контроль напруги у мережах енергосистеми, системи електропостачання та компенсацію реактивної потужності.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До технологічних чинників, які сприяють концентрації графіків навантаження енергосистеми, належать: оптимізація графіків роботи технологічних агрегатів та установок промислових підприємств, відключення вторинного обладнання та проведення планового технічного обслуговування технологічного обладнання під час пікового навантаження енергосистеми, створення запасів напівфабрикатів для можливості призупинення деяких проміжних етапів технологічного процесу тощо.

8.4. Визначення фактичних значень параметрів споживання електроенергії по підприємству і окремо по підрозділах

Метою розробки вказаних методів є забезпечення можливості органам енергетичного контролю періодично проводити перевірку, а користувачам електроенергії систематично контролювати основні параметри споживання електроенергії, враховуючи встановлені в електричній мережі прилади обліку. Ці параметри включають:

1. Фактична активна потужність споживача протягом 30-хвилинного періоду в години максимального навантаження енергосистеми за розрахунковий квартал (Рф).
2. Максимальна реактивна потужність, яка передається споживачеві з мережі енергосистеми протягом 30 хвилин у періоди максимального активного навантаження енергосистеми.
3. Середня реактивна потужність, яка передається споживачеві з мережі або генерується в мережі енергосистеми протягом періоду її мінімального навантаження (0ф2).

Зміст методів визначення фактичних значень цих параметрів режимів електроспоживання на підприємстві залежить від варіантів устаткування підприємств приладами обліку. На підприємстві буде встановлена

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

інформаційно-вимірювальна система обліку електроспоживання, а для комерційного обліку будуть використовуватися електронні лічильники.

При наявності інформаційно-вимірювальних систем обліку та контролю електроспоживання на промислових підприємствах, збір статистичних даних щодо фактичних значень поєднаних максимальних активних навантажень (P_f) і реактивних (Q_f) навантажень значно спрощується. Це досягається автоматичним реєстрацією поєднаних 30-хвилинних максимальних навантажень підприємства під час добових максимальних навантажень енергосистеми за допомогою АСКОЕ. В цьому випадку значення P_f і Q_f визначаються для періодів максимального та мінімального активного навантаження енергосистеми.

Таблиця 5. Фактичні значення активних і реактивних потужностей автопідприємства за періоди максимальних та мінімальних активних навантажень енергосистеми.

Дата, число, місяць, рік	Період максимального активного навантаження енергосистеми			Дата, число, місяць, рік	Період мінімального активного навантаження енергосистеми	
	період	P_f , кВт	Q_f , Квар		P_f , кВт	Q_f , Квар
27.12.2022(10 ⁰⁰)	Зимовий денний	679,8	503,2	1.01.2022 (8 ⁰⁰)	407,9	239,5
31.12.2022 (22 ⁰⁰)	Зимовий нічний	441,9	251,6	31.12.2022 (3 ⁰⁰)	203,9	151
30.06.2022 (10 ⁰⁰)	Літній денний	577,8	427,7	30.06.2022 (8 ⁰⁰)	323,6	239,5
30.06.2022 (1 ⁰⁰)	Літній нічний	288,9	213,9	30.06.2022 (1 ⁰⁰)	173,3	128,3

Фактичні значення споживання електроенергії отримуються шляхом збору інформації від системи комерційного та технічного обліку, а також за допомогою проведення енергетичних досліджень у різних цехах підприємства. Усі дані з цих джерел збираються системою ІТЕК-210, яка обробляє цю інформацію та здійснює розрахунки щодо споживання електроенергії, а також аналізує режимні графіки.

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

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі виконано проектування системи електропостачання автотранспортного підприємства з розробкою маркетингу управління споживання електроенергії, що дало змогу проводити ефективне управління електроспоживанням даного автопідприємства. Проектування електроспоживання дозволило виявити можливості для оптимізації та ефективного управління енергією на автопідприємстві. Це включає раціоналізацію енергетичних систем, використання енергоефективного обладнання та впровадження автоматизованих систем керування електроспоживанням.

Встановлено оптимальний режим навантаження на електричну мережу автопідприємства. Це включає розподіл електроприладів та машин на різні фази, раціональне використання потужності та уникнення одночасного підключення великої кількості електричних приладів, що може призвести до перевантаження системи.

Розроблена система електроспоживання забезпечує надійність енергетичної системи. Вона включає резервне живлення, встановлення захисних пристроїв та інші заходи, що забезпечують стабільну роботу електричних систем на автопідприємстві.

Враховані питання впливу на економіку автопідприємства. Шляхом оптимізації та ефективного управління енергією можна зменшити витрати на електроенергію, збільшити продуктивність та покращити економічні показники підприємства.

Узагальнюючи, спроектоване електроспоживання на автопідприємстві має значний потенціал для покращення ефективності, надійності, економічних показників та екологічної сталості підприємства.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.

2. Шкрабець, Ф. П. Плешков П.Г. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.

3. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку / Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоенергозбереження, Держстандарту. Держбуду та Держкомпромполітики України № 32/28/28/276/75/54 від 17.04.2000 р. — М. Київ.

4. Електропостачання промислових підприємств: навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. П.Г. Плешков, А.Ю Орлович, А.І. Котиш.

5. Оптовий та роздрібний ринок електричної енергії: розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.В. Блінов, Є.В. Парус – Електронні текстові дані (1 файл: 1,1 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 44 с.

6. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с.

7. Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Величко Т.В. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання. Навчальний посібник для напряму підготовки 6.050701 «Електроенергетика та електротехнології». – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2009. – 334 с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

65

8. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / [Орлович А.Ю, Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Величко Т.В., Котиш А.І.] - М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 272

9. Технічні та. організаційні вимоги до побудови автоматизованих систем обліку електроенергії на об'єктах НЕК "Укренерго" / Затв. наук.-техн. радою НЕК "Укренерго", протокол № 5 від 29.03.2000 р.

10. Технічні вимоги до Автоматизованої системи комерційного обліку Оптового ринку електричної енергії України / Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол № 7 від 09.01.2003р.

11. Типова методика виконання вимірювань кількості електричної енергії. РД 34.11.333-97.

12. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – Х.: Форт, 2017 – 376 с.

13. Маркетинг в електроенергетиці України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://necin.com.ua/marketing-energozabezpechennya/226-marketing-v-elektroenergetic-ukrayini.html>

14. Державний комітет енергозбереження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://necin.com.ua/marketing-energozabezpechennya/page/3>

15. Методичні рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 80 с

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