

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ

к.т.н., професор

_____Петро ПЛІШКОВ

“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розробка системи електропостачання маслоекстракційного заводу»

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

_____Сергій КРИВЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук

_____Наталія ГАРАСЬОВА

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2024 р.

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

Кривенка Сергія Михайловича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання маслоекстракційного заводу

Development of a power supply system for an oil extraction plant

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

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

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2024 р.

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

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ. Коротка характеристика підприємства</i>	<i>08.04-11.04</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>12.04-22.04</i>	
3	<i>Побудова графіків електричних навантажень</i>	<i>23.04-25.04</i>	
4	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	<i>26.04-30.04</i>	
5	<i>Вибір напруги і електричних схем</i>	<i>1.05-4.05</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності</i>	<i>5.05-8.05</i>	
7	<i>Вибір трансформаторів</i>	<i>9.05-12.05</i>	
8	<i>Розрахунок струмів КЗ , вибір обладнання та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>13.05-15.05</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>16.05-27.05</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>28.05-29.05</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>30.05-1.06</i>	

Дата видачі завдання
«__08__» _квітня_2024 р.

Підпис керівника _____

Наталія ГАРАСЬОВА

Завдання прийнято до виконання
«__08__» _квітня_2024 р.

Підпис здобувача _____

Сергій КРИВЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 74 с. основної частини; 19 рис.; 25 табл.; 19 джерел, 1 додаток

Кривенко С.М. Розробка системи електропостачання маслоекстракційного заводу. – Рукопис.

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

В кваліфікаційній роботі виконано розрахунок системи електропостачання маслоекстракційного заводу. Робота складається з основної частини та спеціального розділу. В основній частині, що налічує 6 розділів, детально розраховано силові та освітлювальні навантаження заводу, визначено розрахункове навантаження, побудовані графіки електричних навантажень та картограма. На підставі цих розрахунків визначено баланс реактивної потужності на заводі, прийняті до встановлення конденсаторні батареї. Виконано техніко-економічне порівняння варіантів живлення маслоекстракційного заводу, що дозволило вибрати оптимальний варіант. Також вибрано трансформаторні підстанції, високовольтне обладнання та кабельні лінії.

У спеціальному розділі кваліфікаційної роботи розглянуто створення технічного обліку електроенергії на заводі. Крім системи ЛУЗОД, яка здійснює передачу даних комерційного обліку електроспоживання заводу, розроблена автоматизована система контролю та обліку електроспоживання підприємства, яка дозволяє суттєво підвищити енергоефективність маслоекстракційного заводу, за рахунок зниження витрат у собівартості продукції.

Ключові слова: система електропостачання, електричні навантаження, електричне обладнання, автоматизована система контролю та обліку електроспоживання, електричні лічильники

ABSTRACT

Qualification work: 74 p. main part; Fig. 19; 25 tables; 19 sources, 1 applications

Kryvenko S.M. Development of the power supply system of the oil extraction plant. - Manuscript.

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

In the qualifying work, the calculation of the power supply system of the oil extraction plant was performed. The work consists of the main part and a special section. In the main part, consisting of 8 sections, the power and lighting loads of the plant are calculated in detail, the calculated load is determined, electrical load graphs and a cartogram are constructed. On the basis of these calculations, the balance of reactive power at the plant was determined, and capacitor banks were accepted for installation. A technical and economic comparison of options for powering the oil extraction plant was performed, which made it possible to choose the optimal option. Transformer substations, high-voltage equipment and cable lines were also selected.

In a special section of the qualification work, the creation of technical accounting of electricity at the plant is considered. In addition to the LUZOD system, which transmits the data of commercial accounting of the plant's electricity consumption, an automated system of control and accounting of the enterprise's electricity consumption was developed, which allows to significantly increase the energy efficiency of the oil extraction plant, due to the reduction of costs in the cost of production.

Keywords: power supply system, electrical loads, electrical equipment, automated system of control and accounting of electricity consumption, electrical meters

З М І С Т

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
	ВСТУП. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА	
	МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ.....	9
1.	ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРО-ПОСТАЧАННЯ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ.....	11
1.1	Силові електричні навантаження МЕЗ у мережах до 1000 В	11
1.2	Освітлювальні навантаження МЕЗ.....	14
1.3	Електричні навантаження маслоекстракційного заводу для силових мереж вище 1000 В.....	14
1.4	Побудова графіків електричних навантажень МЕЗ.....	18
2.	ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРП.....	24
3.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО І ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ.....	27
3.1	Вибір схеми приєднання та напруги живлення МЕЗ.....	27
3.2	Вибір напруг та електричних схем внутрішнього електропостачання маслоекстракційного заводу.....	35
4.	КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА МЕЗ.....	36
4.1	Розрахунок балансу реактивної потужності МЕЗ та вибір пристроїв для її компенсації.....	36
4.2	Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв на маслоекстракційному заводі.....	37

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розробив		Кривенко С.			Розробка системи електропостачання маслоекстракційного заводу	Літ.	Арк.
Перевірів		Гарасьова Н.					Аркуші
							6
Н. контр.					Development of a power supply system for an oil extraction plant	ЦНТУ, гр.ЕЕ-20	
Затвердив		Плешков П.					
							78

5.	ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ МЕЗ.....	39
5.1	Вибір трансформаторних підстанцій МЕЗ, їх кількості та потужності	39
5.2	Розташування та компоновка трансформаторних підстанцій маслоекстракційного заводу	41
6.	ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МЕЗ, ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	43
6.1	Визначення струмів КЗ в системі електропостачання МЕЗ.....	43
6.2	Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж маслоекстракційного заводу.....	46
6.3	Вибір високовольтного обладнання маслоекстракційного заводу.....	48
7	РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ, ОБЛІКУ ТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОВИКОРИСТАННЯМ ЗАВОДУ.....	51
7.1	Впровадження ЛУЗОД на маслоекстракційному заводі.....	51
7.2	Створення серверу АСКОЕ заводу	53
7.2.1.	Структура АСКОЕ.....	55
7.2.2.	Лічильники електричної енергії.....	56
7.2.3.	Трансформатори струму й напруги.....	58
7.2.4.	Пристрої передачі даних.....	60
7.2.5.	Сервер збору даних.....	60
7.2.6.	Синхронізація часу ЛЧ.....	60
7.2.7.	Вибір лічильників та організація каналів зв'язку.....	61
	ВИСНОВКИ.....	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73
	Додаток А. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі вище 1 кВ.....	75

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

МЕЗ – маслоекстракційний завод

СЕП – система електропостачання

ГЗП – головна знижувальна підстанція

ЛЕП – лінія електропередач

КЛ – кабельна лінія

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

КРП – компенсація реактивної потужності

БСК – батареї статичних конденсаторів

ЦЕН - центр електричних навантажень

ЦРП – центральний розподільчий пристрій

КЗ – коротке замикання

ЛУЗОД – локальне устаткування збору і обробки даних

АСКОЕ – автоматизована система контролю та обліку електричної енергії

ПТК – програмно-технічний комплекс

АРМ - автоматизоване робоче місце

ПЗ – програмне забезпечення

БД – база даних

ЗВТ – засоби вимірювальної техніки

ТС – трансформатори струму

ТН – трансформатори напруги

СЗД - сервер збору даних

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

ВСТУП. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ

МЕЗ (маслоекстракційний завод) випускає такі головні види продукції як олія соняшникова та соєва, шрот соняшниковий та соєвий. Основними підрозділами підприємства являються маслоекстракційний (МЕ) та підготовчий (ПГ) цеха. Сировиною для виготовлення продукції є насіння соняшника, сої чи рапсу, яке надходить на підприємство автотранспортом або з/д. На приймальному пункті проводиться лабораторний аналіз цієї сировини та перевірене насіння надходить до елеватору.

У підготовчому цеху здійснюється попередня обробка насіння, технологічний процес якої включає приймання, сушіння, очищення насіння, відділення лузги, подрібнення ядра, теплову та вологову обробку отриманої м'ятки насіння, розділення олії та макухи з подальшою фільтрацією олії та охолодженням макухи.

У екстракційному цеху зі жмихової ракушки шляхом екстракції вилучають залишки олії, після чого, шрот відправляється на елеватор шроту, де здійснюється його грануляція. Вже підготовлена олія насосами закачується у маслобаки, з яких здійснюється відвантаження замовникам.

Крім основних цехів, для забезпечення технологічного процесу на заводі встановлені насосна станція (для забезпечення виробництва водою) та повітряна компресорна станції (для забезпечення технологічних потреб підприємства у стиснутому повітрі), котельня (забезпечує технологічні потреби підприємства у парі та гарячій воді). У якості палива для котельної застосовується мазут та лузга, що отримується після роботи насіннерушок. Градирня використовується для охолодження відпрацьованого пару та гарячої води, які повторно використовуються у котельні після станції конденсату.

На підприємстві також передбачені допоміжні служби та цеха, такі як адміністративний корпус, майстерня, автоприйм, вагова, елеватори насіння та

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

шроту, зерносховище та сушарка зерна. Загальний вигляд маслоекстракційного заводу наведено на рис.1.



Рис.1 – Зображення маслоекстракційного заводу.

Завод працює у дві зміни, кожна з яких триває по 12 годин. Найближчим джерелом живлення заводу є підстанція енергосистеми «Еллада» 35/10 кВ, яка знаходиться на відстані 1,2 км.

Електроспоживачі заводу відносяться до II-ї та III-ї категорій безперебійності електропостачання. На заводі встановлено дві комплектні трансформаторні підстанції (КТП) : КТП- 618 та КТП – 618-2. Номінальна потужність трансформаторів становить 2500 кВА.

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

1 ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ

1.1 Силові електричні навантаження МЕЗ у мережах до 1000 В

Для розрахунку використано метод упорядкованих діаграм [1,4].
Приклад розрахунку наведено для окремих споживачів маслоекстракційного цеху, а саме для групи гвинтових конвеєрів першої лінії:

$$n_{\text{ел}}=12; \quad P_{\text{н.маx}}=7,5 \text{ кВт}; \quad P_{\text{н.мін}}=0,75 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{н}\Sigma}=43,4 \text{ кВт}; \quad K_{\text{в}}=0,5; \quad \cos\varphi=0,7;$$

$$\text{tg}\varphi=1,02; \quad P_{\text{зм}}=K_{\text{в}} \cdot P_{\text{н}\Sigma}=0,5 \cdot 43,4=21,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{зм}}=P_{\text{зм}} \cdot \text{tg}\varphi=21,7 \cdot 1,02=22,134 \text{ квар.}$$

По всьому маслоекстракційному цеху:

$$n_{\text{ел}}=176; P_{\text{н.мін}}=0,55 \text{ кВт}; \quad P_{\text{н.маx}}=132 \text{ кВт}; P_{\text{н}\Sigma}=2363,20 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{зм}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{зми}} = 1467,547 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{зм}\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{зми}} = 1295,844 \text{ квар};$$

$$K_{\text{в}} = \frac{P_{\text{зм}\Sigma}}{P_{\text{н}\Sigma}} = \frac{1467,547}{2363,20} = 0,621;$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q_{\text{зм}\Sigma}}{P_{\text{зм}\Sigma}} = \frac{1295,844}{1467,547} = 0,883;$$

$$\cos \varphi = 0,750;$$

$$m = \frac{P_{\text{н.маx}}}{P_{\text{н.мін}}} = \frac{132}{0,55} = 240;$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{2P_{\text{н}\Sigma}}{P_{\text{н.маx}}} = \frac{2 \cdot 2363,20}{132} = 36; \text{ тоді}$$

$$n_{\text{эф}}=36; \quad K_{\text{р}}=1,12;$$

$$P_{\text{р}} = K_{\text{р}} \cdot P_{\text{зм}\Sigma} = 1,12 \cdot 1467,547 = 1643,653 \text{ кВт}; \quad Q_{\text{р}} = Q_{\text{зм}\Sigma} = 1295,844 \text{ квар};$$

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2} = \sqrt{1643,653^2 + 1295,844^2} = 2093,038 \text{ кВА.}$$

Електричні навантаження інших споживачів та підрозділів розраховуються аналогічно та їх результати представлено в таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1-Визначення електричних навантажень МЕЗ у мережах нижче 1000 В.

[illegible]

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.3	<i>Відділення пресів</i>													
	транспортер	3	5,5	16,5		0,7	0,7/1,02	11,55	11,78					
	конвеєр	5	2,5-7,5	27,0		0,5	0,7/1,02	13,5	13,77					
	електроталь	3	2,85	8,55		0,3	0,5/1,73	2,57	4,44					
	масловіджимний агрегат	7	132,0	924,0		0,6	0,75/0,88	554,4	488,94					
	насос масла	6	15,0	90,0		0,8	0,85/0,62	72	44,62					
	дробарка	4	30,0	120,0		0,7	0,75/0,88	84,0	74,08					
	фузовловлювач	2	2,2	4,4		0,8	0,85/0,62	3,52	2,18					
	норія	2	11,0	22,0		0,5	0,75/0,88	11,0	9,70					
	Всього по МЕЦ	176	0,55-132,0	2363,2	>3	0,62	0,75/0,88	1467,5	1295,8	36	1,12	1643,653	1295,844	2093,038
2	Підготовчий цех	109	1,1-275,4	2319,63	>3	0,56	0,77/0,84	1299	1091,2	17	1,21	1571,781	1091,154	1913,404
3	Елеватор насіння	40	2,0-22	458	>3	0,49	0,68/1,09	224,42	244,62	40	1,17	262,571	244,618	358,862
4	Склад шроту	12	1,1-22	178	>3	0,57	0,74/0,91	101,46	92,43	16	1,19	120,737	92,431	152,055
5	Зерносховище	151	0,27-75	2391,3	>3	0,64	0,73/0,95	1518,5	1442,6	64	1,065	1617,176	1442,552	2167,075
6	Сушарка зерна	10	5.50-37	136,0	>3	0,6	0,78/0,80	79,424	63,698	8	1,4	111,194	70,067	131,429
7	Компресорна станція	12	5,0-75,0	350,0	>3	0,67	0,65/1,17	235,9	274,82	10	1,18	278,362	302,306	410,943
8	Котельня	40	1,5-250	987,7	>3	0,59	0,81/0,73	584,72	426,84	8	1,3	760,134	469,529	893,454
9	Насосна станція	12	3,0-30,0	136,5	>3	0,8	0,8/0,75	109,2	81,9	9	1,08	117,936	90,090	148,409
10	Автоприйм	4	5,0-75	160,0	>3	0,41	0,62/1,28	66,08	84,582	4	1,56	103,085	93,041	138,863
11	Адміністративний корпус	30	0,5-5	30,0	>3	0,63	0,82/0,69	18,99	13,179	30	1,14	21,649	13,179	25,345
12	Вагова	4	0.5-2	5,0	>3	0,58	0,8/0,76	2,9	2,2011	4	1,48	4,292	2,421	4,928
13	Гради́рня	9	3,5-11	180	>3	0,77	0,82/0,7	138,06	96,642	9	1,08	149,105	106,306	183,121
	Всього по заводу на 0,4 кВ	442	0,5-275,4	9695,33	>3	0,6	0,75/0,89	5846,2	5210,5	70	1,09	6343,092	5210,468	8208,763
	Освітлення											137,702	204,725	
	Всього по заводу											6480,795	5415,193	8445,414

1.2 Освітлювальні навантаження МЕЗ

Розрахунок освітлювальних навантажень (ОН) для окремих цехів МЕЗ та загалом по заводу здійснюється за методом питомої потужності [2].

Для маслоекстракційного цеху:

$$P_{встан.} = F_{ц} \cdot p_{0.ц} \cdot 10^{-3} = 1070 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 19,26 \text{ кВт},$$

де $F_{ц} = 1070 \text{ м}^2$ – площа маслоекстракційного цеху; $p_{0.ц} = 18 \text{ Вт/м}^2$ – питома потужність для ОН МЕЦ.

Активне розрахункове навантаження:

$$P_{р.освіт.} = P_{встан.} \cdot K_1 \cdot K_c = 19,26 \cdot 1,12 \cdot 0,95 = 20,493 \text{ кВт},$$

де $K_1 = 1,12$ – врахування втрат в пускорегулюючій апаратурі для газорозрядних ламп; $K_c = 0,95$ – коефіцієнт попиту.

Реактивне розрахункове навантаження:

$$Q_{р.освіт.} = P_{р.освіт.} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 20,493 \cdot 1,73 = 35,452 \text{ кВАр},$$

де $\cos \varphi = 0,5$ – для ДРЛ без конденсаторів.

Повне розрахункове навантаження:

$$S_{р.освіт.} = \sqrt{P_{р.освіт.}^2 + Q_{р.освіт.}^2} = \sqrt{20,493^2 + 35,452^2} = 40,949 \text{ кВА}.$$

Для інших цехів результати виконаних розрахунків зведено до таблиці 1.2.

1.3 Електричні навантаження маслоекстракційного заводу для силових мереж вище 1000 В

Кількість трансформаторних підстанцій на МЕЗ (попередньо визначена):

$$N_0 = P_{р.н} / (K_3 \cdot S_n) = 6480,79 / (0,7 \cdot 2500) = 3,70 \text{ шт.}$$

Приймаємо дві двотрансформаторні комплектні підстанції (КТП) з трансформаторами номінальною потужністю $S_n = 2500 \text{ кВА}$ кожна.

Методику визначення силового навантаження в мережах 10 кВ наведено в [1]. Розрахунок виконуємо на прикладі КТП – 618 -2.

$$n_{ел} = 316; \quad P_{н.мах} = 275,4 \text{ кВт}; \quad P_{н.мін} = 0,27 \text{ кВт}; \quad P_{н\Sigma} = 5506,93 \text{ кВт};$$

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

Таблиця 1.2 - Розрахунок освітлювальних навантажень підрозділів маслоекстракційного заводу

№	Найменування	$F_u, \text{м}^2$	$P_{0.ц}, \text{Вт/м}^2$	$P_{\text{встан.}}, \text{кВт}$	K_1	K_c	$\text{tg}\varphi$	$P_{\text{р.освіт.}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р.освіт.}}, \text{квар}$	$S_{\text{р.освіт.}}, \text{кВА}$
1	Маслоекстракційний цех	1070	18	19,26	1,12	0,95	1,73	20,493	35,452	40,949
2	Підготовчий цех	1581	18	28,458	1,12	0,95	1,73	30,279	52,383	60,505
3	Елеватор насіння	420	6	2,52	1,12	0,9	1,73	2,540	4,394	5,076
4	Склад шроту	92	6	0,552	1,12	0,95	1,73	0,587	1,016	1,174
5	Зерносховище	7800	6	46,8	1,12	0,95	1,73	49,795	86,146	99,502
6	Сушарка зерна	60	6	0,36	1,12	0,9	1,73	0,363	0,628	0,725
7	Компресорна станція	160	12	1,92	1,12	0,8	1,73	1,720	2,976	3,438
8	Котельня	920	16	14,72	1,2	0,8	0,48	14,131	6,783	15,675
9	Насосна станція	156	16	2,496	1,2	0,9	0,48	2,696	1,294	2,990
10	Автоприйм	250	6	1,5	1,12	0,9	1,73	1,512	2,616	3,021
11	Адміністративний корпус	620	20	12,4	1,2	0,6	0,48	8,928	4,285	9,903
12	Вагова	242	6	1,452	1,2	0,6	0,48	1,045	0,502	1,160
13	Градиня	220	6	1,32	1,12	0,6	1,73	0,887	1,535	1,773
	Освітлення території	94100	0,1	9,41	1,12	1	1,73	10,539	18,233	21,060
	Разом			143,168				145,516	218,243	262,307

$$P_{3M\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{3Mi} = 3209,43 \text{ кВт};$$

$$K_B = \frac{P_{3M\Sigma}}{P_{H\Sigma}} = \frac{3209,43}{5506,93} = 0,58;$$

$$Q_{3M\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{3Mi} = 2955,34 \text{ квар};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{3M\Sigma}}{P_{3M\Sigma}} = \frac{2955,34}{3209,43} = 0,921;$$

$$\cos \varphi = 0,74;$$

$$m = \frac{P_{H.\max}}{P_{H.\min}} = \frac{275,4}{0,27} = 1020 > 3;$$

$$n_{ef} = \frac{2P_{H\Sigma}}{P_{H.\max}} = \frac{2 \cdot 5506,93}{275,4} = 39,99;$$

приймаємо $n_{ef}=40$; $K_p=1,12$

$$P_p = K_p \cdot P_{3M\Sigma} = 1,12 \cdot 3209,43 = 3591,35 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{3M\Sigma} = 2955,34 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{3591,35^2 + 2955,34^2} = 4651,00 \text{ кВА};$$

$$P_{p.\text{освіт.}} = 84,71 \text{ кВт}; \quad Q_{p.\text{освіт.}} = 146,56 \text{ квар}.$$

Повне активне та реактивне навантаження:

$$P_{\Sigma} = P_p + P_{\text{освіт.}} = 3591,35 + 84,71 = 3676,06 \text{ кВт};$$

$$Q_{\Sigma} = Q_p + Q_{\text{освіт.}} = 2955,34 + 146,56 = 3101,89 \text{ квар}.$$

Повне реактивне навантаження при врахуванні встановлення БСК (вказується після розрахунку 4 розділу):

$$Q_{\Sigma\text{кп}} = Q_{\Sigma} - Q_{\text{кп}} = 3101,89 - 3000 = 101,89 \text{ квар};$$

$$S_{\Sigma\text{кп}} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma\text{кп}}^2} = \sqrt{3676,06^2 + 101,89^2} = 3677,48 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора КТП:

$$k_3 = \frac{S_{\Sigma\text{кп}}}{n \cdot S_{H.\text{тр.}}} = \frac{3677,48}{2 \cdot 2500} = 0,735.$$

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати активної та реактивної потужності в КТП1:

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2 \cdot (1,75 + 22 \cdot 0,735^2) = 35,89 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q = n \left(\frac{I_X}{100} S_H + \frac{U_K}{100} S_H \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{1,0}{100} 2500 + \frac{6}{100} 2500 \cdot 0,735^2 \right) = 212,29 \text{ кВАр.}$$

Розрахункове навантаження на шинах 10 кВ КТП - 618-2:

$$P_{p.КТП} = P_{\Sigma} + \Delta P = 3676,06 + 35,89 = 3711,96 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.КТП} = Q_{\Sigma} + \Delta Q = 101,89 + 212,29 = 314,18 \text{ кВАр},$$

$$S_{\Sigma.КТП} = \sqrt{P_{\Sigma.КТП}^2 + Q_{\Sigma.КТП}^2} = \sqrt{3711,96^2 + 314,18^2} = 3725,23 \text{ кВА}$$

Розрахунки навантажень в мережі МЕЗ вище 1 кВ для КТП - 618 та по всьому заводу аналогічні і приведено в Додатку А, таблиці А.1.

В залежності від кількості приєднань до збірних шин 10 кВ та коефіцієнту використання враховуємо коефіцієнт одночасності, $K_0=1$ [1]:

$$P_{p.10к0} = K_0 \cdot P_{p.10} = 1 \cdot 6559,91 = 6559,91 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.10к0} = K_0 \cdot Q_{p.10} = 1 \cdot 850,71 = 850,71 \text{ кВАр};$$

$$S_{p.10к0} = \sqrt{P_{p.10к0}^2 + Q_{p.10к0}^2} = \sqrt{6559,91^2 + 850,71^2} = 6614,85 \text{ кВА.} \quad (1.1)$$

Розрахункове навантаження маслоекстракційного заводу складас:

- $P_p = 6559,91 \text{ кВт};$
- $Q_p = 850,71 \text{ кВАр};$
- $S_p = 6614,85 \text{ кВА.}$

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Побудова графіків електричних навантажень МЕЗ

При виконання кваліфікаційної роботи досліджуємо графіки активного, реактивного та повного навантаження маслоекстракційного заводу. Графіки активного та реактивного навантаження підприємства будуються на підставі типових графіків, в яких заданий погодинний процент потужності підприємства. Детальні розрахунки представлені у таблиці 1.3, а сам вид добових графіків наведено на рис.1.1-1.2.

При виконанні розрахунків враховуються окремо зимові та літні періоди, робочі та вихідні дні. Наприклад, активна потужність заводу в зимовий період робочого дня з 0 годин до 1 години складає (табл.1.3): $P_{\text{зим.}} = 0,65 \cdot 6559,9 = 4263,9$ кВт. Розрахунки за інший час виконуються аналогічно.

Побудований графік реактивної потужності уточняється з врахуванням встановлення компенсуючих пристроїв на підприємстві (розділ 4). Наприклад, якщо реактивна потужність заводу в зимовий період робочого дня о 10 годині (таблиця 1.3) складає $Q_{\text{зим.}} = 5850,7$ кВАр, то з врахуванням компенсації: $Q_{\text{зим.комп.}} = 5850,71 - 5000 = 850,71$ кВАр (таблиця 1.4). Добовий графік реактивної потужності заводу з врахуванням компенсації наведено на рис. 1.3.

Значення повної потужності добових графіків навантажень визначаються відповідно до формули (1.1). На рис.1.3 представлено добовий графік по повній потужності.

В роботі будується також річний графік за тривалістю по активній потужності (рис.1.4), який дозволяє визначити такі важливі параметри, як час максимальних втрат та час використання максимуму навантаження. Для побудови цього графіку використовуються значення активної потужності, що була розрахована в табл.1.3. При визначенні споживання активної електроенергії приймається кількість діб зимового робочого та вихідного періодів 147 та 65 діб відповідно, для літнього – 105 та 48 діб. Всі розрахунки зведено до таблиці 1.5.

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

Таблиця 1.5 – Розрахунок добових графіків активної та реактивної потужності для зимового і літнього періодів.

t, год	За робочий день								За вихідний день							
	$P_{зим.,}$ %	$P_{літн.,}$ %	$P_{зим.,}$ кВт	$P_{літн.,}$ кВт	$Q_{зим.,}$ %	$Q_{літн.,}$ %	$Q_{зим.,}$ кВАр	$Q_{літн.,}$ кВАр	$P_{зим.,}$ %	$P_{літн.,}$ %	$P_{зим.,}$ кВт	$P_{літн.,}$ кВт	$Q_{зим.,}$ %	$Q_{літн.,}$ %	$Q_{зим.,}$ кВАр	$Q_{літн.,}$ кВАр
1	65	55,3	4263,9	3624,4	70	59,5	4095,5	3481,2	60	51	3935,9	3345,6	4095,5	3481,2	3803,0	3232,5
2	65	55,3	4263,9	3624,4	70	59,5	4095,5	3481,2	60	51	3935,9	3345,6	4095,5	3481,2	3803,0	3232,5
3	65	55,3	4263,9	3624,4	70	59,5	4095,5	3481,2	60	51	3935,9	3345,6	4095,5	3481,2	3803,0	3232,5
4	65	55,3	4263,9	3624,4	70	59,5	4095,5	3481,2	60	51	3935,9	3345,6	4095,5	3481,2	3803,0	3232,5
5	65	55,3	4263,9	3624,4	70	59,5	4095,5	3481,2	60	51	3935,9	3345,6	4095,5	3481,2	3803,0	3232,5
6	65	55,3	4263,9	3624,4	70	59,5	4095,5	3481,2	60	51	3935,9	3345,6	4095,5	3481,2	3803,0	3232,5
7	65	55,3	4263,9	3624,4	85	72,3	4973,1	4227,1	70	59,5	4591,9	3903,1	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
8	80	68	5247,9	4460,7	85	72,3	4973,1	4227,1	70	59,5	4591,9	3903,1	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
9	80	68	5247,9	4460,7	85	72,3	4973,1	4227,1	75	63,75	4919,9	4181,9	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
10	92	78,2	6035,1	5129,8	100	85	5850,7	4973,1	80	68	5247,9	4460,7	5850,7	4973,1	4973,1	4227,1
11	100	85	6559,9	5575,9	90	76,5	5265,6	4475,8	75	63,75	4919,9	4181,9	5265,6	4475,8	4973,1	4227,1
12	92	78,2	6035,1	5129,8	90	76,5	5265,6	4475,8	70	59,5	4591,9	3903,1	5265,6	4475,8	4973,1	4227,1
13	80	68	5247,9	4460,7	85	72,3	4973,1	4227,1	70	59,5	4591,9	3903,1	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
14	80	68	5247,9	4460,7	90	76,5	5265,6	4475,8	75	63,75	4919,9	4181,9	5265,6	4475,8	4973,1	4227,1
15	90	76,5	5903,9	5018,3	90	76,5	5265,6	4475,8	80	68	5247,9	4460,7	5265,6	4475,8	4973,1	4227,1
16	100	85	6559,9	5575,9	100	85	5850,7	4973,1	80	68	5247,9	4460,7	5850,7	4973,1	4973,1	4227,1
17	95	80,75	6231,9	5297,1	90	76,5	5265,6	4475,8	75	63,75	4919,9	4181,9	5265,6	4475,8	4973,1	4227,1
18	90	76,5	5903,9	5018,3	82	69,7	4797,6	4077,9	70	59,5	4591,9	3903,1	4797,6	4077,9	4680,6	3978,5
19	75	63,8	4919,9	4181,9	82	69,7	4797,6	4077,9	70	59,5	4591,9	3903,1	4797,6	4077,9	4680,6	3978,5
20	75	63,8	4919,9	4181,9	85	72,3	4973,1	4227,1	70	59,5	4591,9	3903,1	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
21	75	63,8	4919,9	4181,9	85	72,3	4973,1	4227,1	70	59,5	4591,9	3903,1	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
22	75	63,8	4919,9	4181,9	85	72,3	4973,1	4227,1	70	59,5	4591,9	3903,1	4973,1	4227,1	4680,6	3978,5
23	65	55,3	4263,9	3624,4	82	69,7	4797,6	4077,9	60	51	3935,9	3345,6	4797,6	4077,9	4680,6	3978,5
24	65	55,3	4263,9	3624,4	82	69,7	4797,6	4077,9	60	51	3935,9	3345,6	4797,6	4077,9	4680,6	3978,5
			122276,7	103935,2							108238,5	92002,7				

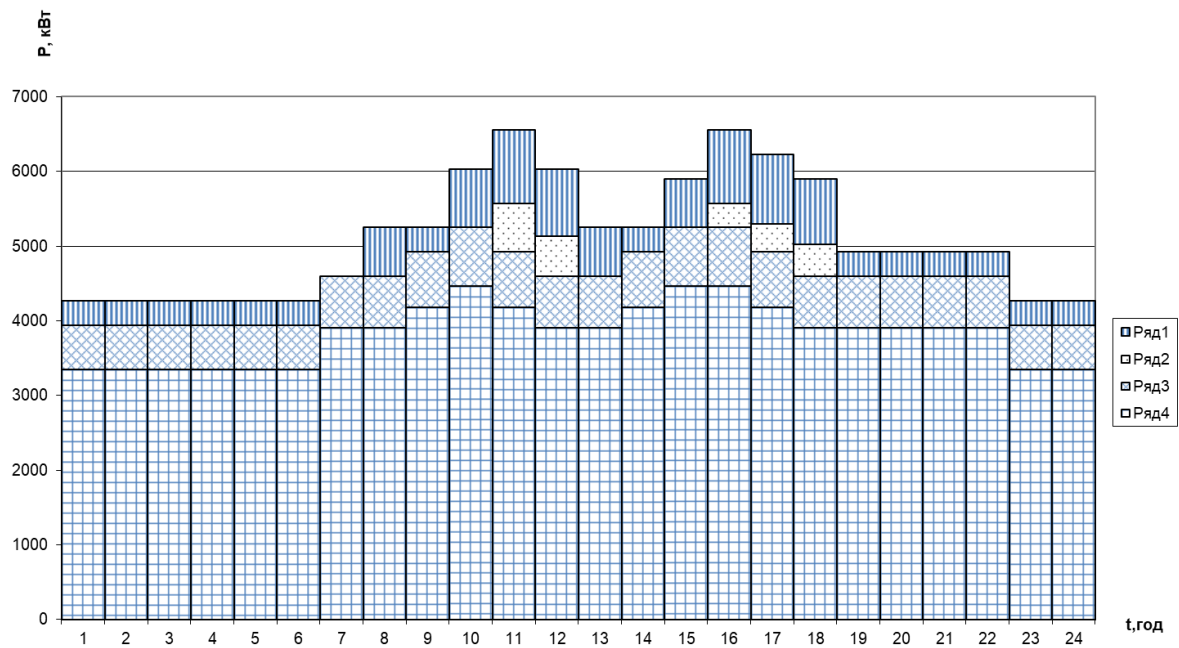


Рис. 1.1 - Графіки добового активного навантаження МЕЗ: 1- робочі зимові; 2 - робочі літні; 3- вихідні зимові та 4 - вихідні літні.

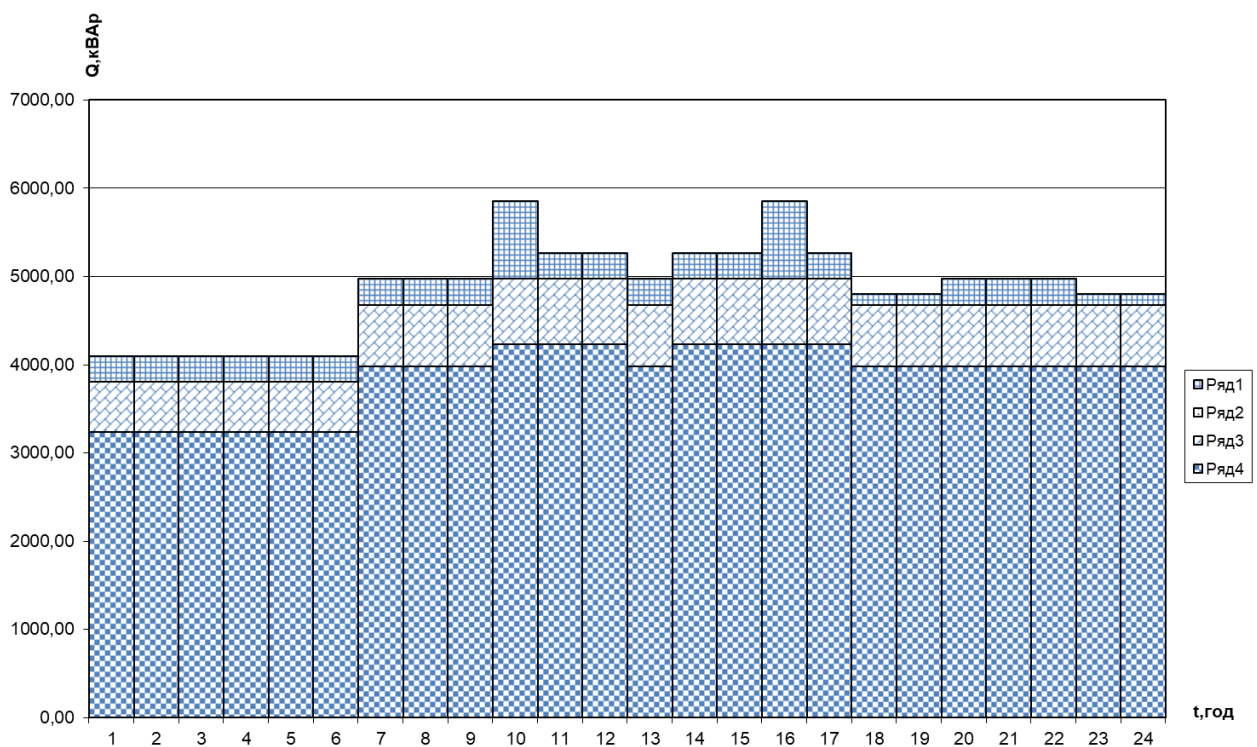


Рис. 1.2 - Графіки добового реактивного навантаження МЕЗ (без врахування компенсації): 1- робочі зимові та 2 - робочі літні; 3 - вихідні зимові та 4 - вихідні літні.

Таблиця 1.4 – Розрахунок добового графіку по реактивній потужності зимового та літнього періодів (з компенсацією) та добового графіку повної потужності заводу

t, год	Q _{зим.} , кВАр	Q _{літн.} , кВАр	S _{зим.} , кВА	S _{літн.} , кВА	Q _{зим.} , кВАр	Q _{літн.} , кВАр	S _{зим.} , кВА	S _{літн.} , кВА
	Робочий день				Вихідний день			
1	595,50	506,17	5912,22	5025,38	552,96	470,02	5473,04	4652,09
2	595,50	506,17	5912,22	5025,38	552,96	470,02	5473,04	4652,09
3	595,50	506,17	5912,22	5025,38	552,96	470,02	5473,04	4652,09
4	595,50	506,17	5912,22	5025,38	552,96	470,02	5473,04	4652,09
5	595,50	506,17	5912,22	5025,38	552,96	470,02	5473,04	4652,09
6	595,50	506,17	5912,22	5025,38	552,96	470,02	5473,04	4652,09
7	723,10	614,64	6550,80	5568,18	680,57	578,48	6556,95	5573,41
8	723,10	614,64	7229,97	6145,48	680,57	578,48	6556,95	5573,41
9	723,10	614,64	7229,97	6145,48	680,57	578,48	6790,69	5772,09
10	850,71	723,10	8405,56	7144,73	723,10	614,64	7229,97	6145,48
11	765,64	650,79	8411,86	7150,08	723,10	614,64	6995,53	5946,20
12	765,64	650,79	8009,34	6807,94	723,10	614,64	6768,87	5753,54
13	723,10	614,64	5297,51	6145,48	680,57	578,48	6556,95	5573,41
14	765,64	650,79	7434,23	6319,09	723,10	614,64	6995,53	5946,20
15	765,64	650,79	7910,96	6724,31	723,10	614,64	7229,97	6145,48
16	850,71	723,10	8789,95	7471,46	723,10	614,64	7229,97	6145,48
17	765,64	650,79	8158,66	6934,86	723,10	614,64	6995,53	5946,20
18	697,58	592,94	7607,43	6466,32	680,57	578,48	6556,95	5573,41
19	697,58	592,94	6871,87	5841,09	680,57	578,48	6556,95	5573,41
20	723,10	614,64	6995,53	5946,20	680,57	578,48	6556,95	5573,41
21	723,10	614,64	6995,53	5946,20	680,57	578,48	6556,95	5573,41
22	723,10	614,64	6995,53	5946,20	680,57	578,48	6556,95	5573,41
23	697,58	592,94	6418,57	5455,78	680,57	578,48	6115,50	5198,18
24	697,58	592,94	6418,57	5455,78	680,57	578,48	6115,50	5198,18

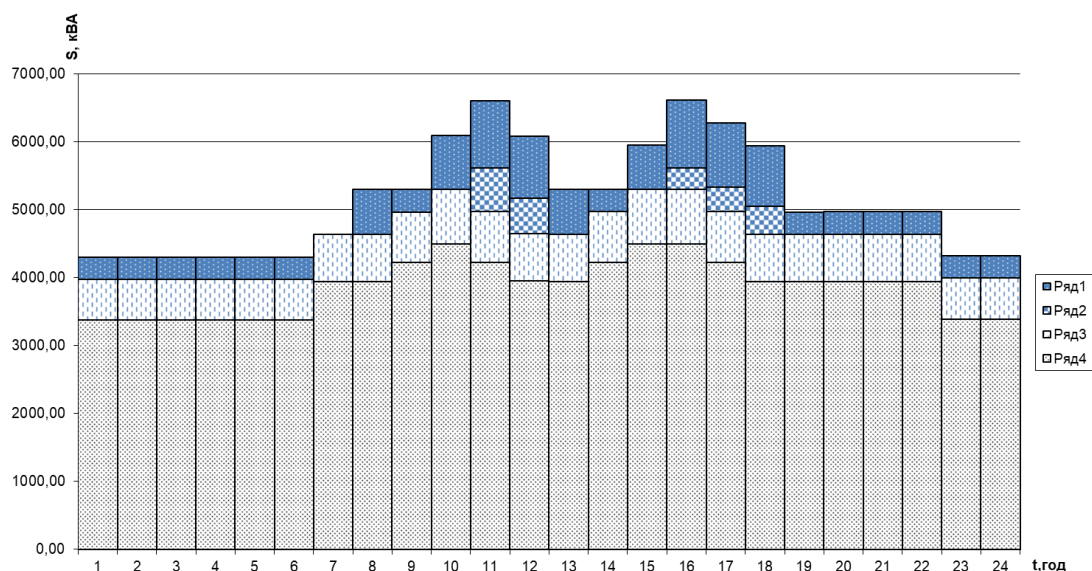


Рис. 1.3 - Добові графіки повного навантаження: 1,2- робочі зимового та літнього періодів; 3,4- вихідні зимового та літнього періодів (з компенсацією)

Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	22

Таблиця 1.5 –Вихідна інформація для річного графіка за тривалістю по активній потужності *P* заводу

№	<i>P</i> , кВт	<i>T</i> , год.	<i>P* T</i> , кВт*год	<i>T</i> _{заг} , год	№	<i>P</i> , кВт	<i>T</i> , год.	<i>P* T</i> , кВт*год	<i>T</i> _{заг} , год	№	<i>P</i> , кВт	<i>T</i> , год.	<i>P* T</i> , кВт*год	<i>T</i> _{заг} , год
1	6559,9	147	964307	147	33	4591,9	65	298476	3655	65	3935,9	65	255836	6674
2	6559,9	147	964307	294	34	4591,9	65	298476	3720	66	3935,9	65	255836	6739
3	6231,9	147	916091	441	35	4591,9	65	298476	3785	67	3935,9	65	255836	6804
4	6035,1	147	887162	588	36	4591,9	65	298476	3850	68	3935,9	65	255836	6869
5	6035,1	147	887162	735	37	4591,9	65	298476	3915	69	3935,9	65	255836	6934
6	5903,9	147	867876	882	38	4591,9	65	298476	3980	70	3935,9	65	255836	6999
7	5903,9	147	867876	1029	39	4460,7	105	468378	4085	71	3903,1	48	187351	7047
8	5575,9	105	585472	1134	40	4460,7	105	468378	4190	72	3903,1	48	187351	7095
9	5575,9	105	585472	1239	41	4460,7	105	468378	4295	73	3903,1	48	187351	7143
10	5297,1	105	556198	1344	42	4460,7	105	468378	4400	74	3903,1	48	187351	7191
11	5247,9	147	771445	1491	43	4460,7	48	214115	4448	75	3903,1	48	187351	7239
12	5247,9	147	771445	1638	44	4460,7	48	214115	4496	76	3903,1	48	187351	7287
13	5247,9	147	771445	1785	45	4460,7	48	214115	4544	77	3903,1	48	187351	7335
14	5247,9	147	771445	1932	46	4263,9	147	626799	4691	78	3903,1	48	187351	7383
15	5247,9	65	341115	1997	47	4263,9	147	626799	4838	79	3903,1	48	187351	7431
16	5247,9	65	341115	2062	48	4263,9	147	626799	4985	80	3624,4	105	380557	7536
17	5247,9	65	341115	2127	49	4263,9	147	626799	5132	81	3624,4	105	380557	7641
18	5129,8	105	538634	2232	50	4263,9	147	626799	5279	82	3624,4	105	380557	7746
19	5129,8	105	538634	2337	51	4263,9	147	626799	5426	83	3624,4	105	380557	7851
20	5018,3	105	526925	2442	52	4263,9	147	626799	5573	84	3624,4	105	380557	7956
21	5018,3	105	526925	2547	53	4263,9	147	626799	5720	85	3624,4	105	380557	8061
22	4919,9	147	723230	2694	54	4263,9	147	626799	5867	86	3624,4	105	380557	8166
23	4919,9	147	723230	2841	55	4181,9	105	439104	5972	87	3624,4	105	380557	8271
24	4919,9	147	723230	2988	56	4181,9	105	439104	6077	88	3624,4	105	380557	8376
25	4919,9	147	723230	3135	57	4181,9	105	439104	6182	89	3345,6	48	160587	8424
26	4919,9	65	319796	3200	58	4181,9	105	439104	6287	90	3345,6	48	160587	8472
27	4919,9	65	319796	3265	59	4181,9	48	200733	6335	91	3345,6	48	160587	8520
28	4919,9	65	319796	3330	60	4181,9	48	200733	6383	92	3345,6	48	160587	8568
29	4919,9	65	319796	3395	61	4181,9	48	200733	6431	93	3345,6	48	160587	8616
30	4591,9	65	298476	3460	62	4181,9	48	200733	6479	94	3345,6	48	160587	8664
31	4591,9	65	298476	3525	63	3935,9	65	255836	6544	95	3345,6	48	160587	8712
32	4591,9	65	298476	3590	64	3935,9	65	255836	6609	96	3345,6	48	160587	8760

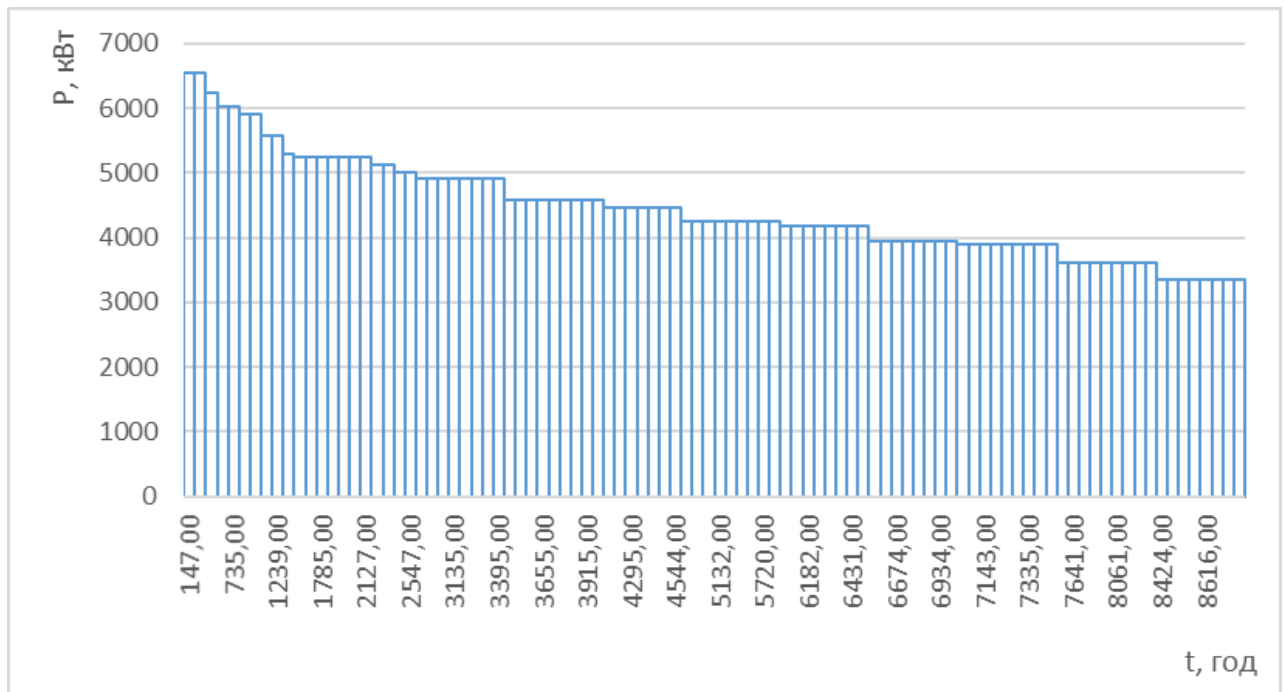


Рис. 1.4 - Річний графік за тривалістю по активній потужності

Розраховуємо споживання активної та реактивної енергії:

$$W_p = \sum (P_i \cdot t_i) = 122276,7 \cdot 147 + 103935,2 \cdot 105 + 108238,5 \cdot 65 + 92002,7 \cdot 48 = 40339510,55 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$V_p = \sum (Q_i \cdot t_i) = 16954,65 \cdot 147 + 14411,45 \cdot 105 + 15865,74 \cdot 65 + 13485,88 \cdot 48 = 5684131,58 \text{ квар} \cdot \text{год.}$$

Час використання максимуму енергосистеми:

$$T_M = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{(40339510,55^2 + 5684131,58^2)}}{6614,85} = 6158,57 \text{ год.}$$

Час найбільших втрат:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4795,12}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 4795,12 \text{ год.}$$

2 ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРП

Для визначення місця встановлення центрального розподільчого пункту заводу спочатку знаходимо умовний центр електричних навантажень (ЦЕН). Для його визначення вважаємо навантаження цехів рівномірно розподіленими по їх площі, тоді центр навантаження буде співпадати з центром ваги фігури, що представляє цех на плані [1]. Навантаження цехів зображуються на плані відповідними колами, площі яких і пропорційні цим навантаженням.

Розглянемо виконання розрахунків на прикладі маслоекстракційного цеху. Визначаємо радіус кола, площа якого пропорційна розрахунковому електричному навантаженню маслоекстракційного цеха:

$$R = \sqrt{\frac{\Sigma P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{1664,146}{\pi \cdot 20}} = 5,15 \text{ см},$$

де $\Sigma P_p = P_c + P_{\text{освіт.}} = 1643,65 + 20,493 = 1664,146 \text{ кВт};$

$m = 20 \text{ кВт/см}^2$ - масштаб.

Визначимо кут α , що вказує на ділянку освітлювального навантаження відносно до повного:

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{\text{освіт.}}}{\Sigma P_p} = \frac{360 \cdot 20,493}{1664,146} = 4,43^\circ.$$

Координати центру електричного навантаження маслоекстракційного цеху відповідно до плану: $X_1 = 130 \text{ м}; Y_1 = 80 \text{ м}$. Тоді:

$$X_1 \cdot P_1 = 130 \cdot 1643,65 = 216338,9 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$Y_1 \cdot P_1 = 80 \cdot 1643,65 = 131492 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

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

Для інших цехів розраховується аналогічно та зведено до таблиці 2.1.

Визначаємо координати центра електричних навантажень маслоекстракційного заводу:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{957924,6}{6904,245} = 138,74 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{526969,4}{6904,245} = 76,33 \text{ м},$$

де X_i та Y_i – координати ЦЕН i -го цеху.

За виконаними розрахунками визначено такі координати ЦЕН: $X = 138,74$ м, $Y = 76,33$ м. Підсумкові розрахунки для побудови загальної картограми електричних навантажень маслоекстракційного заводу приведено в таблиці 2.1.

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

Таблиця 2.1 - Розрахунок картограми електричних навантажень маслоекстракційного заводу

п/п	Назва підрозділу	P_p , кВт	$P_{осв}$,кВт	$P_{сум}$,кВт	X , м	Y , м	α	R , см	$P \cdot X$, кВт·м	$P \cdot Y$, кВт·м
1	Маслоекстракційний цех	1643,65	20,493	1664,146	130	80	4,43	5,15	216338,9	133131,6
2	Підготовчий цех	1571,78	30,279	1602,061	170	90	6,80	5,05	272350,3	144185,5
3	Елеватор насіння	262,57	2,540	265,112	113	108	3,45	2,05	29957,6	28632,0
4	Склад шроту	120,74	0,587	121,325	120	37	1,74	1,39	14559,0	4489,0
5	Зерносховище	1624,77	49,795	1674,564	105	90	10,71	5,16	175829,2	150710,8
6	Зерносушарка	111,19	0,363	111,556	152	40	1,17	1,33	16956,6	4462,3
7	Компресорна станція	278,36	1,720	280,082	125	45	2,21	2,11	35010,3	12603,7
8	Котельня	760,13	14,131	774,265	199	30	6,57	3,51	154078,8	23228,0
9	Насосна станція	117,94	2,696	120,632	200	81	8,04	1,39	24126,3	9771,2
10	Автоприйм	103,08	1,512	104,597	100	8	5,20	1,29	10459,7	836,8
11	Адміністративний корпус	21,65	8,928	30,577	88	85	105,12	0,70	2690,7	2599,0
12	Вагова	4,29	1,045	5,337	200	60	70,51	0,29	1067,5	320,2
13	Гради́рня	149,10	0,887	149,992	30	80	2,13	1,55	4499,8	11999,3
14	Всього			6904,245					957924,6	526969,4

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО І ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ

3.1 Вибір схеми приєднання та напруги живлення МЕЗ

Доцільні варіанти електропостачання маслоекстракційного заводу наведено на рисунку 3.1.

У якості І-го варіанту пропонується електропостачання маслоекстракційного заводу від центрального розподільчого пункту (ЦРП), який отримує живлення кабельними лініями напругою 10 кВ з шин 10 кВ п/ст «Еллада» (рис.3.1, а). Відстань до підстанції 1,2 км.

У II-му варіанті розглядається живлення маслоекстракційного заводу від головної знижувальної підстанції (ГЗП), яка в свою чергу отримує живлення повітряною дволанцюговою лінією 35 кВ, довжиною 1,2 км, від підстанції «Еллада» з шин 35 кВ (рис.3.1, б).

III-й варіант передбачає електропостачання двох трансформаторних підстанцій заводу безпосередньо від шин 10 кВ п/ст «Еллада» кабельними лініями напругою 10 кВ, довжиною 1,2 км. В цьому варіанті передбачається додаткова установка двох комірок на п/ст.(рис.3.1, в).

Вибрані варіанти порівнюються за зведеними витратами:

$$Z_i = E_n \cdot K_i + C_i + C_{втр,i} + Y_i . \quad (3.1)$$

Для визначення цих витрат розраховуємо окремі складові по кожному з варіантів: загальні капітальні вкладення (K), поточні витрати (C), вартість втрат електроенергії ($C_{втр}$) та ймовірний збиток у разі перерви в електропостачанні (Y).

Розрахунок загальних капітальних вкладень виконуємо у вигляді таблиці 3.1, в якій враховуються всі елементи схеми електропостачання. Вибір елементів схеми електропостачання проводиться далі у цьому розділі та у розділі 6.

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

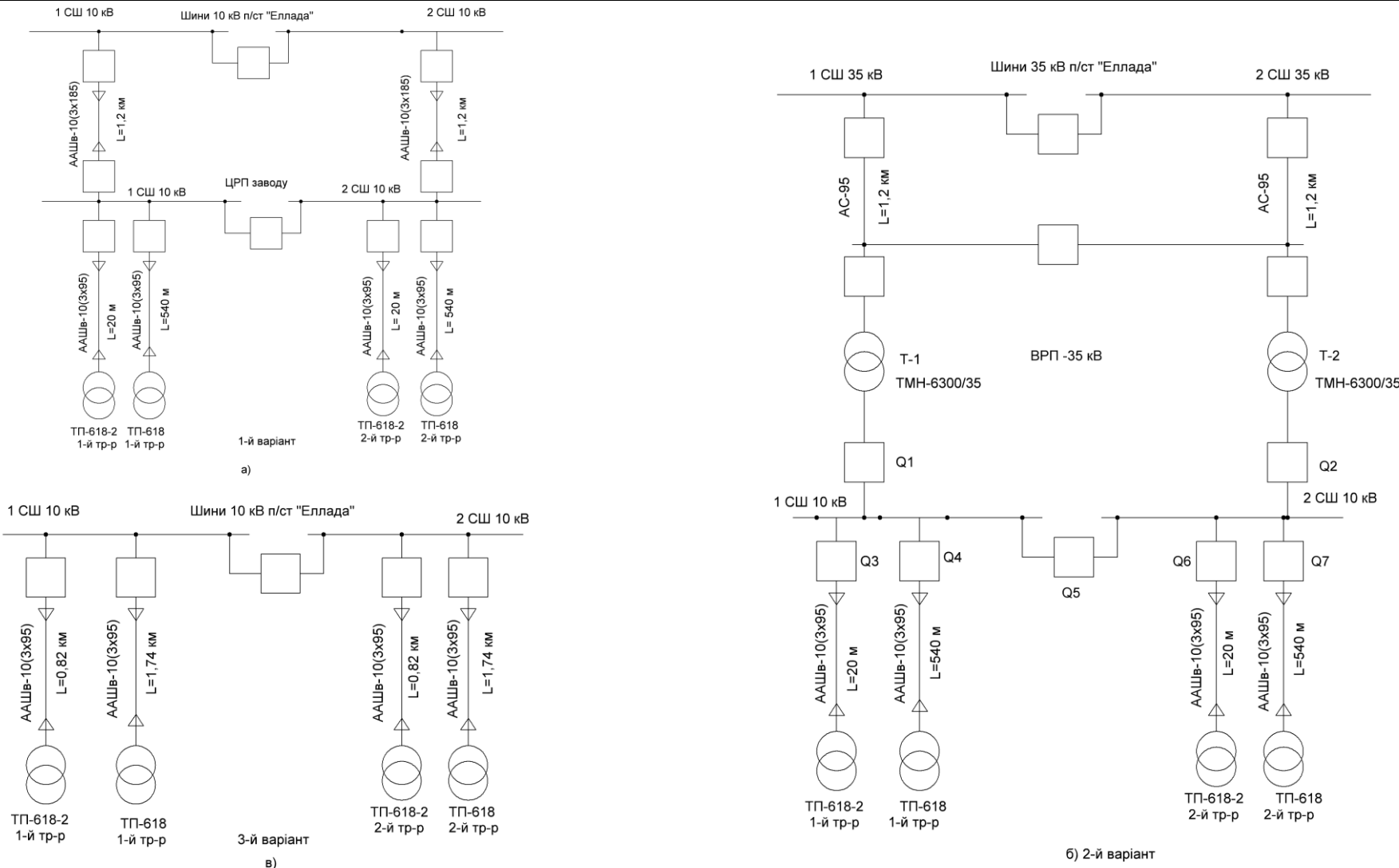


Рис.3.1-Варіанти схем електропостачання маслоекстракційного заводу.

Таблиця 3.1 – Визначення загальних капітальних вкладень за варіантами схем живлення МЕЗ

Варіант	Елемент схеми	Одиниця вимірювання	Кількість	Вартість одного, т. грн.	Вартість всього, т. грн.
I	Шафи 10 кВ з вимикачами ВР-1	шт.	9	145	1305
	Кабель ААШв-(3х185) в траншеї	км	2,4	173	415,2
	Всього				1720,2
II	ЛЕП-35 кВ 2хАС-95	км	1,2	273,5	328,2
	ВРУ-35 кВ з трьома вимикачами	шт.	1	533,39	533,39
	Трансформатори ТМ-6300/35	шт.	2	2000	4000
	Шафи 10 кВ з вакуумними вимикачами	шт.	7	145	1085
	Всього				5946,59
III	Шафи 10 кВ з вимикачами ВР1, що встановлені на п/ст. ен.системи	шт.	4	145	580
	Кабель ААШв-(3х95) в траншеї		4,8	124	595,2
	Всього				1175,2

Поточні витрати розраховуються за двома складовими: експлуатаційними витратами та амортизаційними відрахуваннями – E та A відповідно. Для розрахунку даних показників вибираються норми відрахувань для експлуатаційного обслуговування та норми амортизаційних відрахувань - H_e та H_a , відповідно. Значення H_e та H_a використовуються у процентах. Формула для розрахунку поточних витрат має вигляд:

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

Отримані результати розрахунків наведено у таблиці 3.2.

Вартість втрат електроенергії розраховуємо окремо для кожного варіанту, визначивши попередньо втрати потужності у елементах схем електропостачання.

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

Таблиця 3.2 Розрахунок поточних витрат МЕЗ

Варіант	Найменування елементів схеми	К _ј , т.грн.	Н _{ај} , %	Н _{еј} , %	Н _{а.е.ј} , %	С _ј , т.грн.
I	Шафа 10 кВ з вимикачем	1305	5	5	10	130,5
	Кабельна лінія в траншеї	415,2	15	5	20	83,04
	Всього	1720,2				236,93
II	ПЛ-35 кВ	328,2	5	5	10	32,82
	ВРУ-35 кВ	533,39	15	5	20	106,678
	Трансформатори	4000	15	5	20	800
	Шафа 10 кВ з вимикачем	1085	5	5	8	86,8
	Всього	5946,59				1026,29
III	Шафи 10 кВ з вакуумними вимикачами, встановленими на п/ст. енергосистеми	580	5	5	10	58
	Кабель ААШв-(3х95) в траншеї	595,2	15	5	20	119,04
	Всього	1175,2				231,1605

Для I-го варіанту:

- розрахунковий струм у кабельній лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6614,85}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 181,86 \text{ А}$$

- переріз кабельної лінії (за економічною щільністю струму):

$$F_e = \frac{I_p}{j_e} = \frac{181,86}{1,2} = 151,55 \text{ мм}^2,$$

Прокладаємо 2 кабельні лінії марки ААШв -10 3х185, які мають наступні технічні характеристики: тривалий допустимий струм - $I_{тр} = 310 \text{ А}$ та втрати потужності для 1 км КЛ - $\Delta P_{1 \text{ км}} = 57 \text{ кВт}$.

Коефіцієнт завантаження кабелю для нормального режиму роботи:

$$k_3 = \frac{I_p}{I_{тр}} = \frac{181,86}{310} = 0,59.$$

У випадку виходу з ладу однієї лінії, друга лінія, буде працювати з аварійним допустимим перевантаженням та забезпечить живлення навантаження:

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

$$I = I_{\text{тр}} \cdot K_{\text{ап}} \cdot K_{\text{пр}} = 310 \cdot 1,25 \cdot 1 = 387,5 \text{ А.}$$

Живлення заводу в аварійному режимі не порушується.

Втрати потужності в живлячих КЛ:

$$\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{1\text{км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot k_3^2 = 57 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 0,59^2 = 47,62 \text{ кВт.}$$

Втрати енергії в живлячих КЛ:

$$\Delta E = \Delta P_{\text{кл}} \cdot \tau_m = 47,62 \cdot 4795,12 = 228343,99 \text{ кВт·год.}$$

Вартість втрат енергії в живлячих КЛ:

$$C_{\text{втр.І}} = \Delta E \cdot C_o = 228343,99 \cdot 5,217 \cdot 10^{-3} = 1191,27 \text{ тис. грн.}$$

де C_o - вартість електроенергії для II класу напруги, грн./кВт·год.

Для II-го варіанту:

- розрахунковий струм у повітряній лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6614,85}{\sqrt{3} \cdot 35} = 109,12 \text{ А}$$

- переріз повітряної лінії (за економічною щільністю струму):

$$F_e = \frac{I_p}{j_e} = \frac{109,12}{1,0} = 109,12 \text{ мм}^2,$$

Прокладаємо дволанцюгову ЛЕП з проводами АС-95/16, площею перерізу 95 мм² з технічними параметрами: тривалий допустимий струм - $I_{\text{тр}} = 330 \text{ А}$, втрати потужності для 1 км ПЛ - $\Delta P_{1\text{км}} = 134 \text{ кВт/км}$.

Завантаження лінії в нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{I_p}{2 \cdot I_{\text{тр}}} = \frac{109,12}{2 \cdot 330} = 0,165.$$

Встановлюємо на ГЗП два трансформатори номінальною потужністю $S_n = 6,3 \text{ МВА}$. Приймаємо трансформатори типу ТМН-6300/35 з технічними параметрами $\Delta P_{\text{хх}} = 9,2 \text{ кВт}$; $\Delta P_{\text{кз}} = 46,5 \text{ кВт}$; $I_{\text{хх}} = 0,9 \%$, $U_k = 7,5 \%$.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів у нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{6614,85}{2 \cdot 6300} = 0,525.$$

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

При знеструмленні одного з трансформаторів, другий працюватиме з аварійним допустимим перевантаженням та забезпечить живлення заводу:

$$S = 1,4 \cdot S_H = 1,4 \cdot 6300 = 8820 \text{ мВА.}$$

Тобто, не знадобиться відключення споживачів третьої категорії у аварійному режимі.

Втрати електроенергії в повітряній лінії:

$$\Delta E_{пл} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot k_3^2 \cdot \tau_m = 134 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 0,165^2 \cdot 4795,12 = 41983,96 \text{ кВт·год.}$$

Втрати електроенергії в трансформаторах ГЗП:

$$\Delta E_{тр} = 2 \cdot (\Delta P_X \cdot t_{вкл} + \Delta P_K \cdot \tau \cdot K_3^2) = 2 \cdot (9,2 \cdot 8760 + 46,5 \cdot 4795,12 \cdot 0,525^2) = 284097,91 \text{ кВт·год}$$

Загальні втрати електроенергії:

$$\Delta E = \Delta E_{пл} + \Delta E_{тр} = 41983,96 + 284097,91 = 326081,87 \text{ кВт·год}$$

Вартість втрат:

$$C_{втр.П} = \Delta E \cdot C_o = 326081,87 \cdot 4,009 \cdot 10^{-3} = 1307,26 \text{ тис грн.}$$

Для III-го варіанту:

- розрахунковий струм КЛ:
$$I_p = \frac{S_p}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6614,85}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 90,93 \text{ А}$$

- переріз КЛ:
$$F_e = \frac{I_p}{j_e} = \frac{90,93}{1,2} = 75,78 \text{ мм}^2,$$

Прокладаємо чотири кабельних лінії марки ААШв-10 3х95. Для такого кабеля допустимий тривалий струм: $I_{тр} = 205 \text{ А}$, втрати потужності для 1 км: $P_{1км} = 50 \text{ кВт/км}$.

Коефіцієнт завантаження КЛ у нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{I_p}{I_{тр}} = \frac{90,93}{205} = 0,444.$$

Аварійне перевантаження при знеструмленні однієї з ліній:

$$I = I_{тр} \cdot K_{ап} \cdot K_{пр} = 205 \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 230,63 \text{ А.}$$

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

Тобто, в аварійному режимі живлення цехових трансформаторних підстанцій не порушується.

Для визначення вартості втрат енергії для цього варіанту, попередньо визначаємо втрати потужності та енергії в КЛ:

$$\Delta P_{кл} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot k_3^2 = 50 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 0,444^2 = 50,784 \text{ кВт.}$$

$$\Delta E = \Delta P_{кл} \cdot \tau_m = 50,784 \cdot 4795,12 = 243515,374 \text{ кВт·год.}$$

$$C_{втр.ІІІ} = \Delta E \cdot C_o = 243515,374 \cdot 5,217 \cdot 10^{-3} = 1270,42 \text{ тис. грн.}$$

Можливий збиток від перерви в електропостачанні розраховується для варіанту №1. Розглядаємо кабельну лінію, що має довжину 1,2 км та вимикач 10 кВ. Для цих елементів визначаються основні параметри надійності для розрахунку збитку від аварійного недовідпуску електроенергії [1,10]:

$$\lambda_{a1} = \frac{7,5 \cdot 1,2}{100} = 0,09 \text{ 1/рік; } \lambda_{a2} = 0,02 \text{ 1/рік;}$$

$$T_{в1} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ рік; } T_{в2} = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ рік; } K_{п1} = 0,45 \cdot 10^{-3}; K_{п2} = 2,7 \cdot 10^{-3}.$$

Параметр потоку відмов для ланцюга:

$$\lambda_a = \sum_1^n \lambda_{ai} = 0,09 + 0,02 = 0,11 \text{ 1/рік.}$$

Середній час відновлення для 1-го ланцюга:

$$T_B = \frac{\sum \lambda_{ai} \cdot T_{vi}}{\lambda_a} = \frac{0,09 \cdot 16 \cdot 10^{-3} + 0,02 \cdot 0,45 \cdot 10^{-3}}{0,11} = 13,17 \cdot 10^{-3} \text{ рік.}$$

Коефіцієнт планового простою для 1-го ланцюга:

$$K_{п} = 1,2 \cdot K_{пм} = 1,2 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт аварійного простою, у випадку, якщо один ланцюг виведений у плановий ремонт та в цей час другий відключається через пошкодження:

$$K_{ап} = 0,5 \cdot \lambda_a \cdot K_{п}^2 = 0,5 \cdot 0,11 \cdot (2,4 \cdot 10^{-3})^2 = 3,167 \cdot 10^{-6} \text{ в.о.}$$

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт аварійного простою для 1-го ланцюга:

$$K_a = \lambda_a \cdot T_v = 0,11 \cdot 13,17 \cdot 10^{-3} = 1,449 \cdot 10^{-3} \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт аварійного простою для двох ланцюгів:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2 \cdot K_{ап} = (1,449 \cdot 10^{-3})^2 + 2 \cdot 3,167 \cdot 10^{-6} = 8,43 \cdot 10^{-6} \text{ в.о.}$$

Середньорічний час аварійного простою:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 = 8,43 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 = 0,074 \text{ в.о.}$$

Середньорічне активне навантаження підприємства:

$$P_{cp} = \frac{P_p \cdot T_{max}}{8760} = \frac{6501,422 \cdot 6168,57}{8760} = 4575,18 \text{ кВт.}$$

Збиток від аварійного недовідпуску 1 кВт·год електроенергії :

$$Y = Y_o \cdot P_{cp} \cdot T_a \cdot 10^{-3} = 42 \cdot 4575,18 \cdot 0,074 \cdot 10^{-3} = 14,22 \text{ тис.грн.}$$

Для двох інших варіантів схем живлення виконуються аналогічні розрахунки, результати яких наведено у таблиці 3.1.

Зведені витрати за варіантами:

$$\begin{aligned} Z_I &= E_H \cdot K_1 + C_1 + C_{втр1} + Y_1 = 0,12 \cdot 1720,2 + 236,93 + 1191,27 + 14,22 = \\ &= 1648,845 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{II} &= E_H \cdot K_2 + C_2 + C_{втр2} + Y_2 = 0,12 \cdot 5946,59 + 1026,3 + 1307,26 + 36,6 = \\ &= 3083,749 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{III} &= E_H \cdot K_3 + C_3 + C_{втр3} + Y_3 = 0,12 \cdot 1175,2 + 177,04 + 1270,42 + 10,56 = \\ &= 1599,044 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

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

Таблиця 3.1 - Техніко-економічні показники варіантів

№	Показники	Варіант		
		I	II	III
1	Капіталовкладення, тис.грн	1720,2	5946,59	1175,2
2	Поточні витрати, тис.грн	236,93	1026,3	177,04
3	Вартість втрат електроенергії, тис.грн	1191,27	1307,26	1270,42
4	Збитки, тис.грн	14,22	36,6	10,56
5	Зведені витрати, тис.грн	1648,845	3083,749	1599,044

Перший та третій варіанти розрізняються за зведеними витратами на 3 %, тобто є рівноекономічними. Тому вибираємо варіант, що має кращі перспективи розвитку та меншу вартість електроенергії. Остаточного приймаємо до проектування варіант №1 з встановленням на підприємстві РП.

3.2 Вибір напруг та електричних схем внутрішнього електропостачання маслоекстракційного заводу

У якості напруг схем внутрішнього електропостачання приймаємо для розподільчих мереж номінальну напругу 10 кВ. Напруга 6 кВ викликає збільшення втрат у розподільчих мережах, тому не рекомендується до проектування. В цехових мережах потрібно вибрати напругу живлення силових та освітлювальних електроприймачів. Стандартно, це номінальна напруга 380 / 220 В, її приймаємо для розрахунків. Застосування напруги 660 В потребує додаткового техніко-економічного обґрунтування та не розглядається у роботі.

У якості схеми внутрішнього електропостачання застосовуємо радіальну схему електропостачання, як для напруги 10 кВ, так і 0,4 кВ.

4 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА МЕЗ

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

Розраховуємо економічно доцільну реактивну потужність (РП), для передачі від системи:

$$Q_e = P_{p,10} \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 6551,87 \cdot 0,15 = 982,78 \text{ кВАр.}$$

Мінімально необхідна кількість трансформаторів МЕЗ :

$$N_{T\min} = P_{p,0,4} / (K_3 \cdot S_T) = 6480,79 / (0,7 \cdot 2500) = 3,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 двотрансформаторні підстанції, загальна кількість трансформаторів 4.

РП, яка передається від мережі 10 кВ до мережі 0,4 кВ:

$$Q_{п1} = \sqrt{(n \cdot S_{T1} \cdot K_3)^2 - P_{н1}^2} = \sqrt{(4 \cdot 2500 \cdot 0,7)^2 - 6480,79^2} = 2645,62 \text{ кВАр.}$$

Потужність компенсуючих пристроїв (КП), які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ:

$$Q_{кн} = Q_n - Q_{п1} = 5415,19 - 2645,62 = 2769,57 \text{ кВАр.}$$

Планується встановити:

$$Q_{кн} = 3200 \text{ кВАр: } 6 \times 500 \text{ кВАр, } 2 \times 100 \text{ кВАр.}$$

Значення після уточнення:

$$Q_{п1} = Q_n - Q_{кн} = 5415,19 - 3200 = 2215,19 \text{ кВАр.}$$

Потужність КП, які необхідні в мережі 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_p - Q_{кн} - Q_e = 5835,95 - 3200 - 982,78 = 1653,17 \text{ кВАр.}$$

Планується встановити: 2х УКЛ(П) 56 М-10,5-900 УЗ.

Втрати активної потужності в цехових КТП при передачі через них реактивної потужності:

$$\Delta P_{тп} = Q_{п1}^2 \cdot R_{ек} / U_{н1}^2 = 2215,19^2 \cdot 112 \cdot 10^{-6} / 10^2 = 5,495 \text{ кВт,}$$

де $R_{ек} = (\Delta P_{кз} \cdot U_{н1}^2) / (N_{тр} \cdot S_{н тр}^2) = (28 \cdot 10^2) / (4 \cdot 2500^2) = 112 \cdot 10^{-6} \text{ кОм.}$

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

Втрати активної потужності (ΔP) у низьковольтних БСК при значенні питомих втрат: 0,0045 кВт/кВАр :

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{пит}} \cdot Q_{\text{кн}} = 0,0045 \cdot 3200 = 14,4 \text{ кВт.}$$

Втрати активної потужності (ΔP) у високовольтних БСК, якщо питоми втрати складають: 0,003 кВт/кВАр :

$$\Delta P_{\text{кв}} = \Delta P_{\text{пит}} \cdot Q_{\text{кв}} = 0,003 \cdot 1800 = 5,4 \text{ кВт.}$$

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

$$K_{\text{кн}} = \sum N_{\text{бк0,4i}} \cdot K_{\text{бк0,4i}} = 6 \cdot 141,64 + 2 \cdot 47,73 = 945,3 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних БСК:

$$K_{\text{кв}} = \sum N_{\text{бк10i}} \cdot K_{\text{бк10i}} = 2 \cdot 1256 = 2512 \text{ тис. грн.}$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій:

$$K_{\text{тп}} = n_{\text{тп}} \cdot K_{\text{тп}} = 2 \cdot 2500 = 5000 \text{ тис. грн.,}$$

Розрахункові витрати для встановлення компенсації РП:

$$Z_{\text{ком.}} = E_{\text{норм.}} \cdot (K_{\text{тп}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{кн}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{тп}}) \cdot C_0 \cdot \tau = 0,12 \cdot (5000 + 2512 + 945,3) + (14,4 + 5,4 + 5,495) \cdot 5,217 \cdot 10^{-3} \cdot 4795,12 = 1647,66 \text{ тис. грн.}$$

4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв на маслоекстракційному заводі

Розраховуємо реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори ТП в цехові мережі, та потужність компенсуючих пристроїв, що встановлюються в цехових мережах.

Знаходимо реактивну потужність, яку потрібно скомпенсувати в мережі НН ТП 618-2:

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_z)^2 - P_n^2} = \sqrt{(2 \cdot 2500 \cdot 0,7)^2 - 3676,06^2} < 0 \text{ квар.}$$

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

$$Q_{\text{кп}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{п}} = 3101,9 - 0 = 3101,9 \text{ квар.}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кп}}=3000$ квар: 6 шт КРМ–0,4–500-10 УЗ.

Знаходимо реактивну потужність, яку потрібно скомпенсувати в мережі НН ТП 618-2:

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_3)^2 - P_n^2} = \sqrt{(2 \cdot 2500 \cdot 0,7)^2 - 2969,23^2} = 1853,02 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{кп}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{п}} = 2295,17 - 1853,02 = 442,15 \text{ квар.}$$

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кп}}=200$ квар: 2 шт КРМ–0,4–100-4 УЗ.

Таким чином, на заводі встановлюються високовольтні (загальною потужністю 1800 кВАр) та низьковольтні (загальною потужністю 3200 кВАр) конденсаторні установки, що дозволяє знизити споживання реактивної потужності заводу до значення: $Q_p = 850,71$ кВАр.

Що відповідає заданому системою рівню компенсації:

$$\text{tg} \varphi = \frac{P_p}{Q_p} = \frac{850,71}{6559,91} = 0,13 \text{ кВАр.}$$

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

5 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ МЕЗ

5.1 Вибір трансформаторних підстанцій МЕЗ, їх кількості та потужності

До встановлення вибираємо двотрансформаторні комплектні цехові підстанції, що пояснюється переважною більшістю (85%) споживачів II категорії за критерієм безперебійності електропостачання.

Розраховуємо питоме навантаження для маслоекстракційного цеху. Це дає можливість обґрунтувати номінальну потужність, яка приймається для цехових трансформаторів.

Так, для маслоекстракційного цеху розрахункове силове навантаження складає згідно таблиці 1.1: $P_{p.c.} = 1643,65$ кВт, $Q_{p.c.} = 1295,84$ кВар, розрахункове освітлювальне навантаження складає згідно таблиці 1.2: $P_{p.o.} = 20,493$ кВт, $Q_{p.o.} = 35,45$ кВар. Площа цеху $F = 1070$ м². Визначимо питоме навантаження цеху:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_p}{F} = \frac{\sqrt{(P_{p.c.} + P_{p.o.})^2 + (Q_{p.c.} + Q_{p.o.})^2}}{F} = \text{кВА/м}^2.$$
$$= \frac{\sqrt{(1643,65 + 20,493)^2 + (1295,84 + 35,45)^2}}{1070} = 1,87$$

Відповідно до рекомендацій [1] при $s_{\text{пит}} \geq 0,3$ кВ·А/м², доцільно застосування трансформаторів номінальною потужністю $S_{\text{ном}} = 2500$ кВА.

Виконуємо перевірку трансформаторів КТП-618-2.

Мінімальне значення потужності трансформаторів відповідно до умов систематичного перевантаження:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_p}{n \cdot K_1} = \frac{3725,23}{2 \cdot 1,08} = 1724,64 \text{ кВА.}$$

Мінімальне значення потужності трансформатора відповідно до умов аварійного перевантаження (частка споживачів 2-ї категорії становить 85%):

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

$$S_{ном} \geq \frac{K_{I,II} \cdot S_p}{(n-1) \cdot K_2} = \frac{0,85 \cdot 3725,23}{(2-1) \cdot 1,4} = 2261,75 \text{ кВА.}$$

Встановлюємо два трансформатори типу ТМГ-10-2500 ЕКОДІЗАЙН [18].

Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{3725,23}{2 \cdot 2500} = 0,745.$$

У випадку аварійного режиму відключається 6,44 % споживачів III-ї категорії.

Коефіцієнт завантаження в аварійному режимі:

$$k_{3.ав.} = \frac{K_{I,II} \cdot S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{0,85 \cdot 3725,23}{2500} = 1,26 < 1,4.$$

Аналогічні розрахунки виконуємо для КТП-618. Результати зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1- Вибір трансформаторів цехових підстанцій МЕЗ

№ ТП	S_p , кВА	$S_{ном.сист.пер.}$, кВА	$S_{ном.ав.пер.}$, кВА	Кількість та серія трансформаторів	K_3	$K_{3.ав.}$
618-2	3725,23	1724,64	2261,75	2хТМГ -2500	0,745	1,26
618	3801,30	1759,86	2307,93	2хТМГ- 2500	0,76	1,29

5. 5.2 Розташування та компоновка трансформаторних підстанцій маслоекстракційного заводу

На маслоекстракційному заводі встановлюються комплектні трансформаторні підстанції Хмельницького підприємства «Укрелектроапарат». Тип підстанції: КТП - 2500/10/0,4 з силовими трансформаторами ТМГ-2500 ЕКОДІЗАЙН. Ці трансформатори відповідають вимогам Технічного регламенту щодо вимог до еко дизайну [19].

Можливе встановлення КТП як ззовні, так і всередині цеху. КТП складається з розподільного пристрою (РП) високої напруги, РП низької напруги та відсіку самого силового трансформатора. Відсіки між собою ізолюються. КТП має кабельний ввід та кабельний вивід. У даному варіанті встановлюється тупикова підстанція.

Конструктивно, бак трансформатора прямокутний, без маслорозширювача, з гофрованими стінками (рис.5.1).



Рис. 5.1 – Зовнішній вигляд трансформатора ТМГ.

Трансформатор має масляну систему охолодження з природною циркуляцією повітря та масла. Перевагою такого типу трансформатору являється його герметичність. Таким чином, трансформаторне масло не стикається з повітрям та не окислюється, що дозволяє не робити аналіз та регенерацію масла. Є можливість виключити додаткові витрати при введенні в експлуатацію та профілактичні ремонти.

В трансформаторі здійснюється регулювання напруги по високій стороні без збудження. За допомогою високовольного перемикача регулювання здійснюється ступенями $\pm 2 \times 2,5\%$ від -5% до $+5\%$ від номінального значення.

Основні технічні характеристики трансформатору ТМГ-10-2500 наведено у таблиці 5.2.

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

Таблиця 5.2 -Технічні характеристики ТМГ-10-2500 ЕКОДИЗАЙН

S , кВ·А	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	f , Гц	$\Delta P_{хх}$, Вт	$\Delta P_{кз}$, Вт	u_k , %
2500	10	0,4	50	1750	22000	6,0

При виборі місця розташування КТП враховуються такі фактори, як умови зовнішнього середовища, розрахункове навантаження цеху, питома густина навантаження.

Рекомендується розміщувати цехові КТП максимально наближеними до електроприймачів, наприклад, всередині цеху або прибудованими до нього.

Для маслоекстракційного заводу основні споживачі електроенергії знаходяться у двох цехах: підготовчому та маслоекстракційному. Таким чином, доцільно встановлення трансформаторних підстанцій саме біля цих цехів, а саме прибудованими до підготовчого та маслоекстракційного цехів (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Вибір КТП для маслоекстракційного заводу

№	Вид КТП	Місце розташування КТП	Категорія за пожежною безпекою	Категорії споживачів	Частка споживачів для III категорії, що відключаються
КТП-618-2	Прибудована	Підготовчий цех	Д	II, III	6,44
КТП-618	Прибудована	Маслоекстракційний цех	Д	II, III	8,61

6 ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МЕЗ, ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ ТА ОБЛАДНАННЯ

6.1 Визначення струмів КЗ в системі електропостачання МЕЗ

Розрахунок струму трифазного КЗ потрібно виконувати для вибору та перевірки провідників та електричних апаратів за умовами термічної та динамічної стійкості. Для цього складається розрахункова схема СЕП маслоекстракційного заводу, основними елементами якої є система, кабельні лінії та силові трансформатори (рис.6.1).

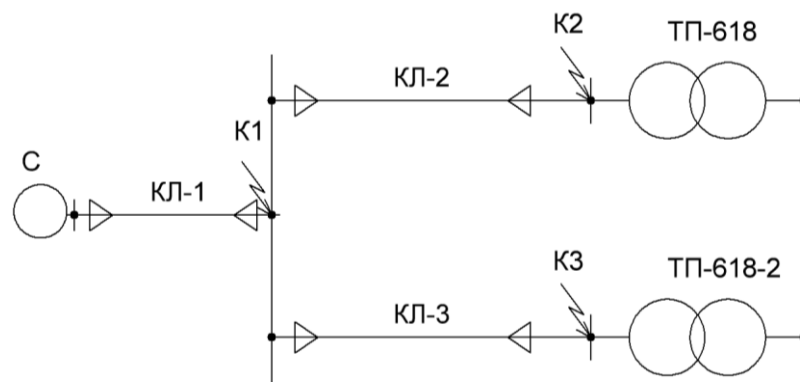


Рис.6.1 – Розрахункова схема для системи електропостачання маслоекстракційного заводу

У схемі заміщення враховуються активні та індуктивні опори елементів розрахункової схеми (рис.6.2). У нашому випадку, коротке замикання вважається віддаленим, тому що відсутні місцеві джерела живлення.

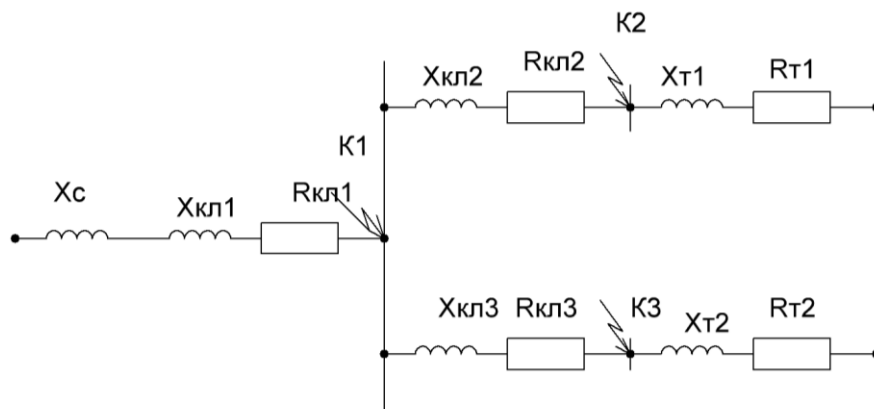


Рис.6.2 – Схема заміщення СЕП МЕЗ для визначення струмів КЗ.

Для проведення розрахунків приймаємо базисні умови: $S_{\text{баз.}} = 250 \text{ МВА}$;
 $U_{\text{баз.}} = 10,5 \text{ кВ}$. Розраховуємо базисний струм:

$$I_{\text{баз.}} = \frac{S_{\text{баз.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{баз.}}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 13,746 \text{ кА}.$$

Розрахунки виконуємо у відносних одиницях (в.од.).

Опір системи (в.од.), що приведений до базисних умов:

$$x_c = \frac{S_{\text{баз.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot I''} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 7,8} = 1,762.$$

Опір КЛ у відносних одиницях (індуктивний та активний), що приведений до базисних умов, розраховується за формулами:

$$x_{\text{кл}i} = x_o \cdot \ell_{\text{кл}i} \cdot \frac{S_{\text{баз.}}}{U_{\text{ср}}^2}; \quad r_{\text{кл}i} = r_o \cdot \ell_i \cdot \frac{S_{\text{баз.}}}{U_{\text{ср}}^2},$$

де i – номер кабельної лінії. Результати обчислень зведено до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1- Розрахунок опорів КЛ .

№	Позначення	l , км	R_o , Ом/км	X_o , Ом/км	R , Ом	X , Ом	R^*	X^*
КЛ1	С-ЦРП	1,2	0,17	0,077	0,204	0,092	0,463	0,210
КЛ2	ЦРП-КТП-618	0,54	0,34	0,083	0,184	0,045	0,416	0,102
КЛ3	ЦРП-КТП-618-2	0,02	0,34	0,083	0,007	0,002	0,015	0,004

Результуючий опір до точок $K_1 - K_3$:

$$x_{\text{к1}} = x_c + x_{\text{кл1}} = 1,762 + 0,210 = 1,972; \quad r_{\text{к1}} = r_{\text{кл1}} = 0,463;$$

$$z_{\text{к1}} = \sqrt{(x_{\text{к1}}^2 + r_{\text{к1}}^2)} = \sqrt{1,972^2 + 0,463^2} = 2,0254;$$

$$x_{\text{к2}} = x_{\text{к1}} + x_{\text{кл2}} = 1,972 + 0,102 = 2,074; \quad r_{\text{к2}} = r_{\text{к1}} + r_{\text{кл2}} = 0,463 + 0,416 = 0,879;$$

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

$$z_{k2} = \sqrt{(x_{k2}^2 + r_{k2}^2)} = \sqrt{2,074^2 + 0,879^2} = 2,2521;$$

$$x_{k3} = x_{k1} + x_{k/3} = 1,972 + 0,004 = 1,976; \quad r_{k3} = r_{k1} + r_{k/3} = 0,463 + 0,015 = 0,478;$$

$$z_{k3} = \sqrt{(x_{k3}^2 + r_{k3}^2)} = \sqrt{1,976^2 + 0,478^2} = 2,0327.$$

Надперехідні струми КЗ у точках $K_1 - K_3$:

$$I_{k1}'' = \frac{I_{\text{баз.}}}{z_{k1}} = \frac{13,7464}{2,0254} = 6,787 \text{ кА};$$

$$I_{k2}'' = \frac{I_{\text{баз.}}}{z_{k2}} = \frac{13,7464}{2,2521} = 6,104 \text{ кА};$$

$$I_{k3}'' = \frac{I_{\text{баз.}}}{z_{k3}} = \frac{13,7464}{2,0327} = 6,763 \text{ кА}.$$

Стала часу, що показує затухання аперіодичної частини струму КЗ для точок $K_1 - K_3$:

$$T_{a1} = x_{k1} / (\omega \cdot r_{k1}) = 1,972 / (314 \cdot 0,463) = 0,0136 \text{ с};$$

$$T_{a2} = x_{k2} / (\omega \cdot r_{k2}) = 2,074 / (314 \cdot 0,879) = 0,0075 \text{ с};$$

$$T_{a3} = x_{k3} / (\omega \cdot r_{k3}) = 1,976 / (314 \cdot 0,478) = 0,0132 \text{ с}.$$

Ударні струми коротких замикань у точках $K_1 - K_3$:

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot I_{k1}'' \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 6,787 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,0136}} \right) = 14,193 \text{ кА}$$

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

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot I_{K2}'' \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 6,104 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,0075}} \right) = 10,913 \text{ кА}$$

$$i_{y3} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}'' \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 6,763 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,0132}} \right) = 14,038 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів КЗ в системі електропостачання маслоекстракційного заводу представлено у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2- Розрахунок струмів КЗ.

№ ТКЗ	$X_{\text{сум}}$	$R_{\text{сум}}$	$Z_{\text{сум}}$	I'' , кА	T_a , с	i_y , кА
K1	1,972	0,463	2,0254	6,787	0,0136	14,1932
K2	2,074	0,879	2,2521	6,104	0,0075	10,9129
K3	1,976	0,478	2,0327	6,763	0,0132	14,0381

6.2 Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж маслоекстракційного заводу

Переріз кабельних ліній напругою 10 кВ, що прокладені від підстанції системи до ЦРП (КЛ1 на розрахунковій схемі) було визначено у третьому розділі і він складає 185 мм², тип кабелю ААШв -10 (3х185).

Після визначення струмів КЗ виконуємо перевірку прийнятого кабелю за умов термічної стійкості. Знаходимо мінімальну площу поперечного перерізу кабельної лінії:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{94} = \frac{\sqrt{51,87}}{94} \cdot 10^3 = 76,62 \text{ мм}^2,$$

де K – значення термічного коефіцієнту, що приймається для алюмінієвих кабелів: $K = 94 (\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}) / \text{мм}^2$;

B_k - тепловий імпульс:

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

$$B_k = I''^2 (t_{\text{відк.}} + T_a) = 6,787^2 (1,1125 + 0,0136) = 51,87 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$t_{\text{відк.}} = t_{\text{р.з.}} + t_{\text{в.в.}} + \Delta t = 0,1 + 0,0125 + 1 = 1,1125 \text{ с},$$

де $t_{\text{відк.}}$ – значення повного часу відключення вимикача.

Перевірка показала, що обраний кабель ААШв-10 (3х185) задовольняє умовам термічної стійкості.

Виконуємо вибір кабельної лінії до КТП-618-2. Розрахунковий струм:

$$I_{\text{р.кмп-618-2}} = \frac{S_{\text{р.кмп-618-2}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3725,23}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 102,415 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{I_{\text{р.кмп-618-2}}}{j_e} = \frac{102,415}{1,2} = 85,3 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо кабельну лінію марки ААШв -10 (3х95), допустиме струмове навантаження -203 А.

Перевіряємо КЛ до КТП-618-2 за умовою допустимого струмового навантаження:

$$I_{\text{р.кмп-618-2}} = 102,415 \text{ А} \leq K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 203 = 186,76 \text{ А},$$

умова виконується.

Перевіряємо живлення КТП для аварійного режиму:

$$I_{\text{ав.кмп-618-2}} = 2 \cdot I_{\text{р.кмп-618-2}} = 2 \cdot 102,415 = 204,83 \text{ А} \leq$$

$$\leq K_{\text{ап}} \cdot K'_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 203 = 253,75 \text{ А},$$

умова виконується.

Перевіряємо умову термічної стійкості КЛ:

$$F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_k}}{94} = \frac{\sqrt{24,62}}{94} \cdot 10^3 = 52,78 \text{ мм}^2,$$

$$\text{де } B_k = I''^2 (t_{\text{відк.}} + T_a) = 6,763^2 (0,525 + 0,0132) = 24,62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Умова теж виконується. Вибір кабельних ліній для ТП-618 аналогічний, всі результати занесено до таблиці 6.3.

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

Таблиця 6.3-Вибір кабельних ліній 10 кВ.

№	Призначення кабелю, від-до	Навантаження				n	K _{ав}	K _п
		Нормальний режим		Аварійний режим				
		I _p , А	S _p , кВА	I _p , А	S _p ,кВА			
1	С-ЦРП	181,861	3307,42	363,72	6614,846	2	1,25	0,9
2	ЦРП-КТП-618	104,509	1900,65	209,02	3801,301	2	1,25	0,9
3	ЦРП-КТП-618-2	102,417	1862,61	204,83	3725,230	2	1,25	0,9

Продовження таблиці 6.3.

Переріз, мм ²			Тип кабелю	Допуст. струм, А	I _{ав} =K _п ·K _{ав} ·I _{доп}	L, км
F _{ек.розр.}	F _{ек.станд.}	F _{тс}				
151,551	185	95	ААШв-10(3х185)	310	348,75	1,2
87,091	95	95	ААШв -10(3х95)	203	228,375	0,54
85,348	95	95	ААШв -10(3х95)	203	228,375	0,02

6.3 Вибір високовольтного обладнання маслоекстракційного заводу

В цьому розділі вибираємо високовольтні вимикачі, шафи комплектних розподільчих пристроїв, трансформатори для живлення споживачів ВП, запобіжники та обмежувачі перенапруги. Все це обладнання проходить перевірку на можливість тривалої роботи у нормальному режимі, з врахуванням короткочасних перенапруг та перевантажень, а також перевіряється робота в аварійному режимі.

Приймаємо вимикачі типу ВР-1 на вводі, секційний та для відхідних ліній. Визначаємо розрахунковий струм:

- для ввідного вимикача:

$$I_p = \frac{S_{p.зав.}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6614,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 363,72 \text{ А};$$

- для секційного вимикача:

$$I_p = \frac{S_{p.секц.}}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6614,85}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 181,86 \text{ А};$$

- для вимикача на відхідній лінії:

$$I_p = \frac{S_{p.кмпн}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{3801,3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 209,02 \text{ А}.$$

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

Умови вибору ввідного та секційного вимикача наведено в таблиці 6.4, вимикача на відхідній лінії в таблиці 6.5.

Таблиця 6.4 – Умови вибору ввідних та секційних вимикачів СЕП МЕЗ.

№	Параметри перевірки	Порівняння (мережа-вимикач)
1	$U_{вст} \leq U_H$	10 кВ $\leq$ 10 кВ
2	$I_{max} \leq I_H$	363,72 А $\leq$ 630 А
3	$I_{пт} \leq I_{відк.н}$	6,787 кА $\leq$ 20 кА
4	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{відк.} (1 + \beta_H)$	10,13 кА $\leq$ 39,6 кА
5	$I'' \leq I_{дин}$	6,787 кА $\leq$ 20 кА
6	$i_{уд} \leq i_{дин}$	14,193 кА $\leq$ 52 кА
7	$B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	51,87 кА ² ·с $\leq$ 1200 кА ² ·с

Таблиця 6.5 – Умови вибору вимикачів для відхідних ліній в СЕП.

№	Параметри перевірки	Порівняння (мережа-вимикач)
1	$U_{вст} \leq U_H$	10 кВ $\leq$ 10 кВ
2	$I_{max} \leq I_H$	209,02 А $\leq$ 630 А
3	$I_{пт} \leq I_{відк.н}$	6,763 кА $\leq$ 20 кА
4	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{відк.} (1 + \beta_H)$	9,64 кА $\leq$ 39,6 кА
5	$I'' \leq I_{дин}$	6,763 кА $\leq$ 20 кА
6	$i_{уд} \leq i_{дин}$	14,038 кА $\leq$ 52 кА
7	$B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	20,58 кА ² ·с $\leq$ 1200 кА ² ·с

Технічну характеристику КРП приведено в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6- Технічна характеристика пристроїв КУ-10.

№	Параметри КРП КУ-10	Каталожні дані
1	Тип високовольтного вимикача	ВР-1
2	Значення номінальної напруги, кВ	10
3	Номінальний струм, А: - шафи - збірних шин	630 1000
4	Номінальний струм відключення, кА	31,5
5	Кількість і переріз силових кабелів, мм ²	4 (3х240)
6	Електродинамічна стійкість, кА	81
7	Тип привода до вимикача	Електромагнітний

Обираємо трансформатори для живлення споживачів власних потреб.
Встановлену потужність споживачів власних потреб наведено в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 - Розрахунок потужності споживачів власних потреб.

№ п/п	Споживач власних потреб	n, шт	Встановлена потужність, кВт		cosφ/tgφ	$P_{вст.}$	$Q_{вст.}$
			$P_{ном}$	P_{Σ}			
1	Підігрів шаф КП	14	0,6	8,4	1/0	8,4	0
2	Опалення та освітлення приміщення	1	6	6	0,97/0,25	6	1,5
3	Навантаження оперативних ланцюгів	2	3	6	0,97/0,25	6	1,5
4	Освітлення зовнішнє	2	3	6	0,5/1,73	6	10,38
	Ітого					26,4	13,38

Розрахункове навантаження:

$$S_p = k_n \cdot \sqrt{P_{вст}^2 + Q_{вст}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{26,4^2 + 13,38^2} = 29,6 \text{ А.}$$

де k_n – значення коефіцієнту попиту для врахування коефіцієнтів одночасності та завантаження.

Потужність трансформатора обирається за умовою:

$$S_{тр.вп.} \geq S_p.$$

Підходять ТР типу ТМ – 25/10 номінальною потужністю $S_n = 25$ кВА. Основна технічна характеристика: $U_{нном} = 0,4$ кВ; $U_{вном} = 10$ кВ; $I_{xx} = 3,2\%$; $\Delta P_{xx} = 0,13$ кВт; $U_k = 4,7\%$; $\Delta P_k = 0,69$ кВт.

Вибір запобіжників та обмежувачів перенапруги. В шафах комплектних розподільчих пристроїв встановлені запобіжники ПК, що захищають ТВП від короткого замикання та струмів перевантаження. Для захисту трансформаторів напруги встановлені запобіжники ПКТ.

Обмежувачі перенапруги призначені для захисту ізоляції електрообладнання від небезпечних перенапруг. Приймаємо до встановлення ОПН-10/12/10 УХЛ1, які призначені для захисту електрообладнання розподільчих пристроїв та мереж на напругу 10 кВ, змінного струму частотою 50 Гц від атмосферних та комутаційних перенапруг. Номінальна напруга - 10 кВ, найбільша робоча напруга – 12 кВ.

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

7 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ, ОБЛІКУ ТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОВИКОРИСТАННЯМ ЗАВОДУ

7.1 Впровадження ЛУЗОД на маслоекстракційному заводі

Відповідно до Правил роздрібного ринку електричної енергії [5], в якості системи обліку на заводі встановлено локальне устаткування збору та обробки даних (ЛУЗОД). Лічильники SL 7000 встановлено в комірках №№7 та 12 підстанції «Еллада».

Схему розташування точок комерційного обліку наведено на рис. 7.1.

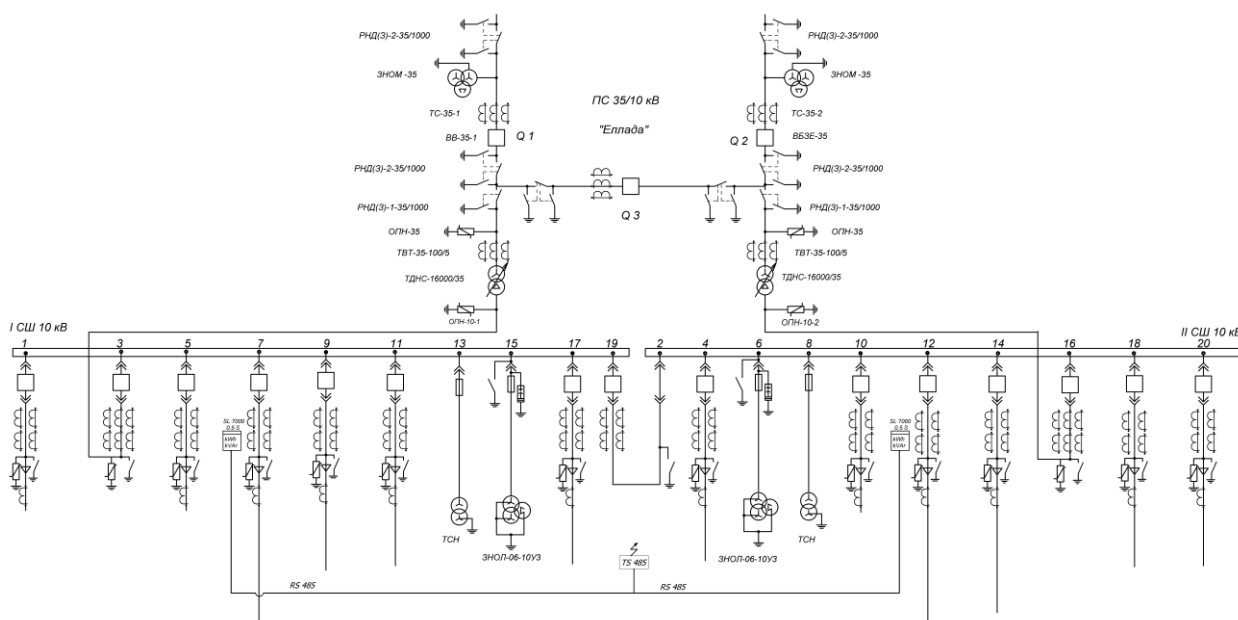


Рис. 7.1 - Схема розміщення точок комерційного обліку.

Структурна схема ЛУЗОД приведена на рис. 7.2.

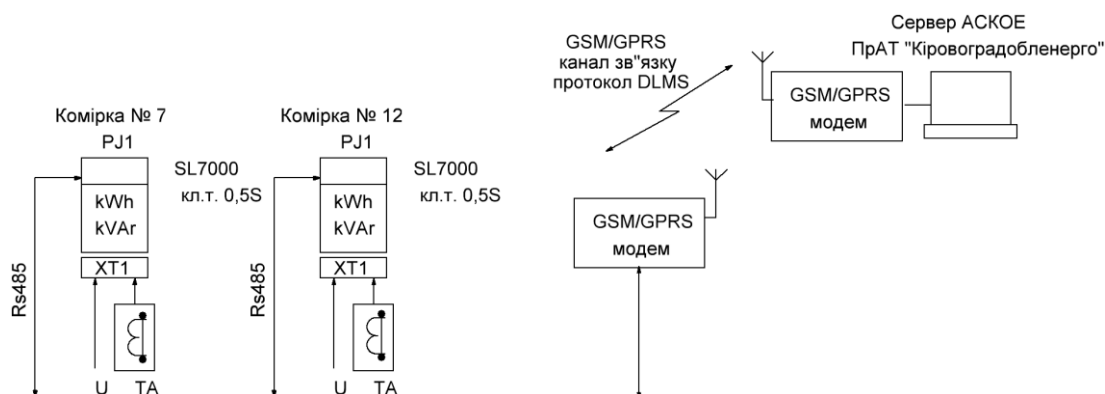


Рис. 7.2 - Структурна схема ЛУЗОД.

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

Ієрархічна структура об'єкту охоплює центр збору й обробки інформації (верхній рівень – сервер ПрАТ "Кіровоградобленерго") та об'єкти контролю (нижній рівень ЛУЗОД – ПС):

- верхній рівень (ВР) АСКОЕ – програмно-технічний комплекс (ПТК) збору та обробки даних, збереження та відображення інформації, який встановлюється у електропередавальній організації;
- нижній рівень (НР) ЛУЗОД – ПТК вимірювання та передачі інформації на ВР.

Програмне забезпечення встановлено на верхньому рівні системи – у електропередавальній організації і базується на базі СУБД Oracle 9.2 та АСКОЕ "Хартеп".

Програмне забезпечення складається з наступних частин:

- ПЗ сервера бази даних (БД);
- ПЗ сервера додатків;
- ПЗ автоматизованого робочого місця (АРМ).

Для синхронізації системного часу в елементах ЛУЗОД використовується протокол NTP (RFC-1059, RFC-1119, RFC-1305).

Верхній та нижній рівні поєднуються засобами комунікацій. Вимоги до каналів зв'язку ЛУЗОД наведено в технічних рекомендаціях електропередавальної організації. Відповідно до них, швидкість передачі інформації з каналу повинна бути не менш 9600 біт/с.

Вибір типу каналу зв'язку здійснюється виходячи з наявності зв'язку по об'єктах та оцінці витрат на створення та експлуатацію каналів зв'язку.

До ПТК ЛУЗОД входять:

- вимірювальні трансформатори напруги (ТН);
- вимірювальні трансформатори струму (ТС);
- лічильники електроенергії;
- розгалужувачі інтерфейсу;
- колодки підключення;
- GSM-модеми;

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

- адаптери інтерфейсні;
- кабельна система (інформаційні лінії зв'язку).

Інтерфейсні адаптери RS485/RS232 – забезпечують інформаційний обмін між лічильниками електроенергії та комунікаційним обладнанням ЛУЗОД, змінюючи формат даних комунікаційного інтерфейсу лічильників RS-485 на необхідний формат інтерфейсу RS-232 телефонних або GSM-модемів.

GSM-модем використовується для передачі даних через GSM-канали зв'язку.

Електронні лічильники електроенергії здійснюють облік активної та реактивної енергії і потужності у багатотарифному режимі у двох напрямках.

Розгалужувачі інтерфейсу дозволяють приєднати до інформаційних ліній зв'язку ЛУЗОД електронні лічильники з комунікаційним інтерфейсом RS-485.

Нормальний режим функціонування для ЛУЗОД – безперервний та цілодобовий.

Сервер АСКОЕ періодично проводить опитування точок обліку і розміщує отриману інформацію у базі даних АСКОЕ. Період опитування лічильника налаштовується програмно та вибирається у межах від 30 хв. до 24 годин. Кожний сеансі зв'язку виконує контроль каналів зв'язку та лічильників, зчитування часу лічильників та його коригування (за необхідністю).

У нормальному режимі функціонування ЛУЗОД не обслуговується, виконується тільки регламентне обслуговування, відповідно до інструкції з експлуатації.

7.2 Створення серверу АСКОЕ заводу

ЛУЗОД на заводі забезпечує передачу даних комерційного обліку на сервер ПрАТ «Кіровоградобленерго», але на самому підприємстві не ведеться контроль та облік споживання електричної енергії. Тому пропонується створити внутрішню мережу Ethernet «Еллада», яка буде зв'язана з сервером «АСКОЕ –Еллада».

З впровадженням АСКОЕ технологічний і енергетичний персонал, а також служба менеджменту, повинні отримати інструмент адресної оцінки своїх дій по зниженню енерговитрат, раціоналізації технологічних процесів і енергопостачання

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

підприємства.

До числа основних джерел зниження енерговитрат при впровадженні АСКОЕ слід віднести наступне:

- зниження платежів за електроенергію по тарифах, диференційованих по зонах доби за рахунок глибшого маневру навантаженнями на добовому інтервалі, при щоденній оцінці розвантажувальних заходів, що проводяться;
- зниження платежів за реактивну потужність за рахунок адресного виявлення навантажень, що відхилилися від заданого режиму і адресної оцінки втрат в грошовому вираженні;
- зниження платежів за електроенергію в цілому, за рахунок зменшення втрат холостого ходу, контролю балансів і адресної оцінки джерел втрат електроенергії;
- зниження платежів за електроенергію за рахунок оперативного контролю технологіями підприємства питомих норм споживання електроенергії в технологічних процесах.

АСКОЕ призначено для виконання функцій:

1. Обліку (комерційного і технічного) по кожній точці обліку;
2. Забезпечення персоналу оперативною інформацією для керування споживанням енергоносіїв;
3. Складання балансів енергоспоживання;
4. Побудови графіків навантаження;
5. Визначення тарифів, що диференційовані за часом доби;
6. Передачі інформації в енергопостачальну організацію;
7. Передачі інформації на автоматизоване робоче місце користувача.

Дана система реалізує наступні задачі:

- збирає інформацію щодо параметрів енергоспоживання у контрольованих об'єктах;
- формує оперативну базу даних енергоспоживання;
- здійснює оперативний контроль та керує режимами енергоспоживання;
- здійснює статистичну обробку графіків енергоспоживання;
- контролює та аналізує технологічне енергоспоживання;

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

- діагностує стан усіх приладів, що входять до складу системи;
- формує зведення та звітні документи про споживання потужності та енергії;
- контролює відхилення параметрів енергоносіїв;
- дозволяє одержати миттєві значення активної, реактивної потужності та значення частоти напруги.

7.2.1. Структура АСКОЕ

До складу автоматизованої системи входять:

- вимірювальні комплекси, а саме - трансформатори напруги, трансформатори струму, лічильники електроенергії та пристрої перетворення, вторинні вимірювальні кола.

Вимірювальна інформаційна система являється частиною АСКОЕ, яка формує та зберігає первинні дані обліку. Вимірювальна інформація поділяється на первинні дані та дані, сформовані у результаті обробки технічними та програмними засобами.

Джерелом первинних даних являються тільки прилади обліку, тобто засоби вимірювальної техніки (ЗВТ). Обов'язково перевіряти дозвіл на застосування їх в Україні, тобто вони повинні бути занесені до Державного реєстру ЗВТ [14].

АСКОЕ маслоекстракційного заводу будується на основі вимірювальних комплексів і пристроїв обліку, які пов'язані лініями та каналами зв'язку. Створюється первинна база даних (ПБД) доступ до якої забезпечується через комунікаційні цифрові інтерфейси.

До складу АСКОЕ «Еллада» входять:

- Електронні лічильники типу SL 7000 (рис.7.3, а);
- Електронні лічильники типу ACE 6000 (рис.7.3, б) ;
- Електронні лічильники типу ACE 3000 (рис.7.3, в);
- GSM/GPRS модем типу ACE SPARKLET;
- Перетворювач RS 485/ Ethernet типу TE – RS 485 GS V4;
- Сервер АСКОЕ;
- Лінії (канали) та технічні засоби зв'язку.

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



а)



б)



в)

Рис. 7.3 – Загальний вигляд електронних лічильників електроенергії Itron: а) SL 7000; б) ACE 6000; в) ACE 3000.

7.2.2. Лічильники електричної енергії

Для автоматизованої системи використано багатофункціональні електронні лічильники SL761B071, ACE 6000 та ACE 3000, що зареєстровані в Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки та допущені для застосування в Україні.

Основні технічні характеристики цих лічильників приведено в таблиці 7.1. Вартість одного лічильника Actaris SL 7000 Smart (типу SL761) 5A класу точності 0,5s складає 20860 грн., для ACE 6000 - 11200 грн., для ACE 3000 - 7100 грн.

На рис. 7.4 наведено схему приєднання лічильників SL 7000 до трипровідної мережі через вимірювальні трансформатори струму та напруги. На рис.7.5 приведено схему приєднання лічильників ACE 6000 до чотирипровідної мережі через вимірювальні трансформатори струму.

На рис.7.6 наведено схему прямого ввімкнення лічильника ACE 3000 до електричної мережі напругою 0,4 кВ.

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

Таблиця 7.1 - Основні технічні характеристики електронних лічильників

№	Найменування параметрів	Actaris SL 7000 Smart	ACE 6000	ACE 3000
1	Клас точності (A / R)	0,5	1,0	1.0 або 2.0
2	Номінальна напруга, В	3х57/100	від 3х57.7 до х240/415	3х220/380; (-20% +15%)
3	Номінальний (максимальний) струм при трансформаторному включенні з будь-яким проміжним значенням, А	5-10	1 - 10	-
4	Максимальна сила струму/базове значення, А	-	-	100/5
5	Частота мережі, Гц	50	50	50
6	Стартовий струм або чутливість, не більше, мА	6,25	20	30
	Максимальна спожита потужність фази при номінальних умовах:			
	- повна потужність в колі струму, не більше, В · А	0,1	0,1	0,25
	- повна потужність в колі напруги, не більше, В·А	2	1,9	3
	- активна потужність в колі напруги, не більше, Вт	1	0,7	1
7	Кількість тарифів	8	8	-
8	Комунікаційні інтерфейси:	4 керуючих виводи	імп.вих.;	імп.вих., оптопорт
		2 керуючих вводи	RS485/RS232;	
		6 імп.телеметричних виводів	оптопорт	
		4 імп.телеметричних виводи		
		2 інтерфейси RS232 або RS232 та RS485		
		оптичний інтерфейс		

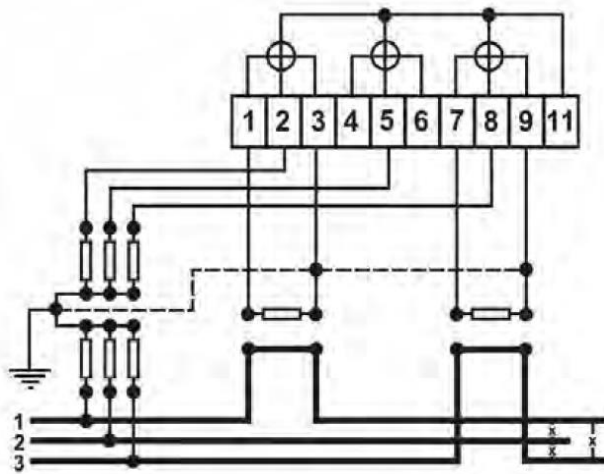


Рис. 7.4- Схема приєднання лічильника SL 7000 до трипровідної мережі.

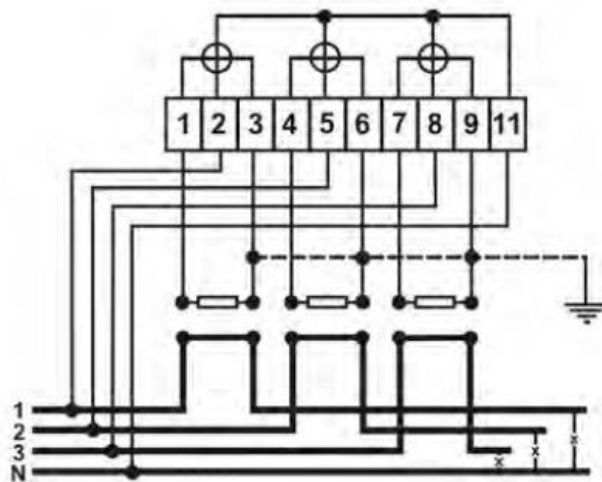


Рис. 7.5 - Схема приєднання лічильника ACE 6000 до чотирипровідної мережі.

7.2.3. Трансформатори струму й напруги

Дані по трансформаторам струму та напруги наведено в таблиці 7.5. Для підключення лічильників SL 7000 вибираємо трансформатори струму ТОЛУ-10 (клас точності 0,5 s) та трансформатори напруги ЗНОЛ-10 (встановлені на шинах 10 кВ п/ст «Еллада»).

Трансформатори струму встановлюються у фазах А та С. Вибираємо з розділу 6 значення розрахункового струму на одну секцію шин: $S_p = 181,86$ А. Перевірку параметрів трансформатору струму при підключенні до мережі 10 кВ зведено до таблиці 7.2.

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

Таблиця 7.2 - Вибір ТС на вводах 10 кВ.

№	Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри ТС
1	10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
2	181,86 А	$I_{max} \leq I_{1 ном}$	200 А
3	14,193 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	128 кА
4	$51,87 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Виконуємо перевірку ТС по вторинному навантаженню (табл.7.3).

Таблиця 7.3 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму

№	Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
			А	В	С
1	Лічильник SL 7000	0,5	2	-	2
2	Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
3	Всього		2,5	-	2

Розрахунок проводимо для найбільш завантаженої фази А. Визначаємо загальний опір приладів:

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

Опір проводів, що з'єднують складає:

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

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

$l_{розрах.} = \sqrt{3} \cdot l = \sqrt{3} \cdot 12 = 10,76 \text{ м}$ – розрахункова довжина для схеми підключення ТС в неповну зірку;

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

Опір контактних з'єднань $r_k = 0,05 \text{ Ом}$.

Вторинний опір ТС:

$$z_2 = z_{прил} + r_k + r_{пр} = 0,1 + 0,05 + 0,075 = 0,225 \text{ Ом.}$$

Перевірка за умовою: $z_2 = 0,225 \leq z_{2 ном} = 0,4$ виконується.

На лініях, що відходять до КТП приймаються ТС ТЛК-10- 1 УЗ ($K_T = 150/5$). Перевірка ТС виконується аналогічно.

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

Трансформатори струму нульової послідовності встановлюються на силових кабелях. Вторинні кола ТС обов'язково заземлюються для забезпечення захисту вимірювальних пристроїв у разі пошкодженні ізоляції трансформаторів струму або ТН.

7.2.4. Пристрої передачі даних

Використовуються пристрої зчитування та передачі даних, що призначені для зчитування інформації у цифровому вигляді від одного чи групи лічильників електроенергії по каналу інтерфейсу RS 232, RS 485 та передачі в зовнішні інформаційні мережі, а також на АСКОЕ верхнього рівня з використанням каналів GSM зв'язку.

Передбачено для збору даних з лічильників технічного обліку використання перетворювачів інтерфейсу RS 485 в мережу Ithernet та використання інформаційної мережі підприємства.

7.2.5. Сервер збору даних

Сервер збору даних здійснює, як правило, періодичний, або по запиту, збір інформації з лічильників. Розклад сеансів зв'язку, кількість спроб устанавлення зв'язку, інтервали опитування в межах сеансу зв'язку, типи зчитаних з лічильників даних визначаються при інсталяції та конфігуруванні АСКОЕ.

По запиту із серверу 3Д керований GSM термінал програмно-обчислювального комплексу виконує набір номеру ТС-485, що встановлено біля лічильника або групи лічильників ЛУЗОД, через інтерфейс RS-485 підключається до лічильника та опитує його.

7.2.6. Синхронізація часу ЛЧ

Система обліку електроенергії функціонує за київським часом. Має автоматичний перехід на літній та зимовий час. Абсолютна похибка ходу часу для станції керування при відсутності зовнішньої синхронізації складає не більше ± 0.5 секунд на добу.

Програмні та технічні засоби системи забезпечують синхронізацію часу сервера й приладів обліку АСКОЕ по серверам точного часу Internet.

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

7.2.7. Вибір лічильників та організація каналів зв'язку

Розміщення точок технічного обліку приймається відповідно до розділу 1 на самих енергоємних приєднаннях: шини 0,4 кВ ТП 618-2 та ТП-618, підготовчий цех (ЩУ ALLOCCO), маслоекстракційний цех, елеватор, димососи котлів та конденсаторні установки. На КУ потрібно контролювати споживання та генерацію реактивної потужності (R^+ та R^-), на всіх інших приєднаннях тільки споживання активної та реактивної потужності (A^- та R^-). Точки встановлення технічного обліку приведено на рисунку 7.7 а) та б).

До встановлення пропонуються лічильники SL 7000, ACE 6000 та ACE 3000. Вибір остаточного варіанту типу лічильників та організації каналів зв'язку здійснюється на підставі техніко-економічного порівняння варіантів. Приймаємо до розгляду два варіанти. Перелік точок технічного обліку для першого варіанту та їх характеристику наведено в таблиці 7.4.

В першому варіанті максимально використовуємо лічильники ACE 3000, додатково встановлюючи 2 лічильника SL 7000 та 2 лічильника ACE 6000 на КУ. Використовуємо можливість підключення імпульсних виходів лічильника ACE 3000 до входів лічильника SL 7000.

Лічильник SL7000 Smart може мати один або два незалежних електричних послідовних інтерфейсів RS232 або RS232 і RS485. При цьому, один порт зазвичай використовується системою ЛУЗОД для передачі даних в енергокомпанію, і може замовлятися як RS232, так і RS485 стандарту V24/EIA RS232D. Передбачається, що зв'язок через цей порт можна буде здійснити з модемом або безпосередньо з ПК через RS232D.

Інший порт буде використовуватись для зв'язку з іншими лічильниками або пристроями збору даних.

Лічильник SL7000 Smart може оснащуватися двома варіантами модуля вводу / виводу, в повній конфігурації або неповної конфігурації. До кожного типу модуля можна підключити опціональні плати комунікації, які мають 1 або 2 комунікаційних послідовних портів стандарту RS232 і / або RS485.

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

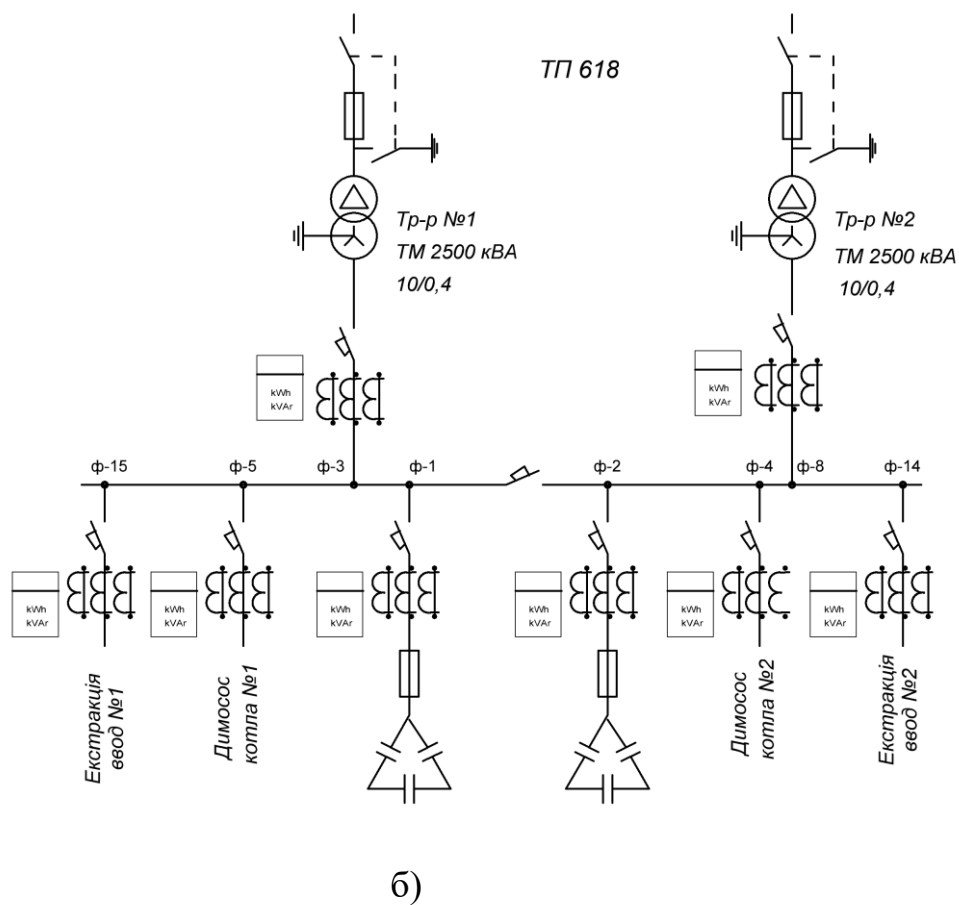
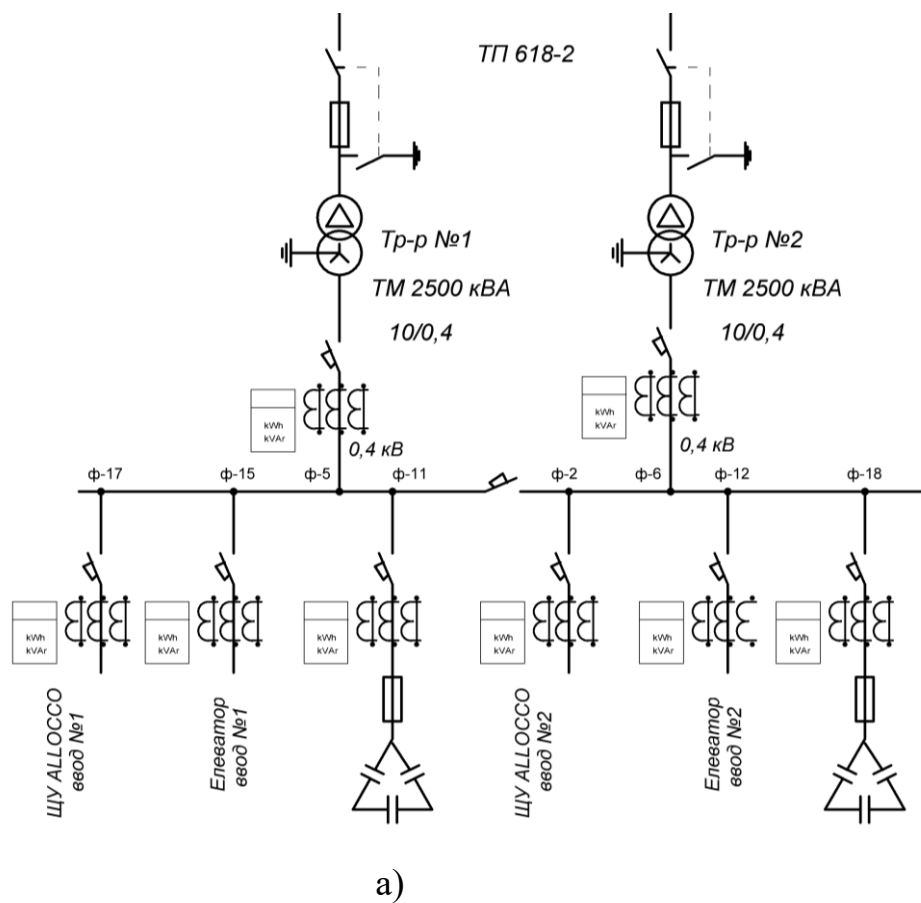


Рис. 7.7- Точки встановлення технічного обліку: а) – на ТП-618-2; б) - на ТП-618

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

Таблиця 7.4 – Перелік та характеристика автоматизованих точок обліку електричної енергії (варіант 1)

№	Точки обліку	Вид обліку	Тип лічильника	Тр-ри струму	Тр-ри напруги
1	РУ -10 кВ Ком.№7 ПС «Еллада»	A+ A- R+ R-	SL 7000 кл.т.0,5S	ТОЛУ-10 кл.т.0,5S 600/5	ЗНОЛ-10 кл.т.0,5
2	РУ -10 кВ Ком.№12 ПС «Еллада»	A+ A- R+ R-	SL 7000 кл.т.0,5S	ТОЛУ-10 кл.т.0,5S 200/5	ЗНОЛ-10 кл.т.0,5
3	ТП-618-2 Т-1 РП 0,4 кВ Ф-5	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
4	ТП-618-2 Т-2 РП 0,4 кВ Ф-6	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
5	ТП-618-2 Ф-17	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 2000/5	
6	ТП-618 -2 Ф-15	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
7	ТП-618-2 КУ Ф-11	R+ R-	ACE 6000 кл.т.0,5S	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
8	ТП-618-2 КУ Ф-18	R+ R-	ACE 6000 кл.т.0,5S	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
9	ТП-618-2 Ф-2	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 2000/5	
10	ТП-618 -2 Ф-12	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
11	ТП-618 Т-1 РП 0,4 кВ Ф-3	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
12	ТП-618 Т-2 РП 0,4 кВ Ф-8	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
13	ТП-618 КУ Ф-1	R+ R-	SL 7000 кл.т.0,5S	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
14	ТП-618 КУ Ф-2	R+ R-	SL 7000 кл.т.0,5S	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
15	ТП-618 Ф-15	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	
16	ТП-618 Ф-5	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	
17	ТП-618 Ф-4	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	
18	ТП-618 Ф-14	A- R-	ACE 3000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	

У даній роботі використовуємо модуль повної конфігурації, так як він має чотири телемеханичні вводи, що дозволить підключити до нього 4 лічильника АСЕ3000, які мають тільки телемеханічні (імпульсні) виходи.

Така конфігурація дозволить збирати інформацію про споживання на чотирьох низьковольтних вводах 0,4 кВ на ТП підприємства.

Характеристики модуля вводу / виводу повної конфігурації:

- чотири керуючих релейних виходи (нормальне положення відкритий або закритий), розрахованих на напругу до 480 В і струм до 100 мА;
- два керуючих вводи. Розраховані на напругу від 100 В до 240 В змінного струму (напруга очікування 30В), $I_{\text{макс}} - 3\text{мА}$, $K_{\text{мін}} - 30\text{ мсек}$;
- шість пасивних імпульсних виходів (напруга до 27В постійного струму), тривалість від 30 до 120 мсек.

На рис. 7.6 представлено клемну колодку лічильника SL7000 Smart для підключення інформаційних каналів.

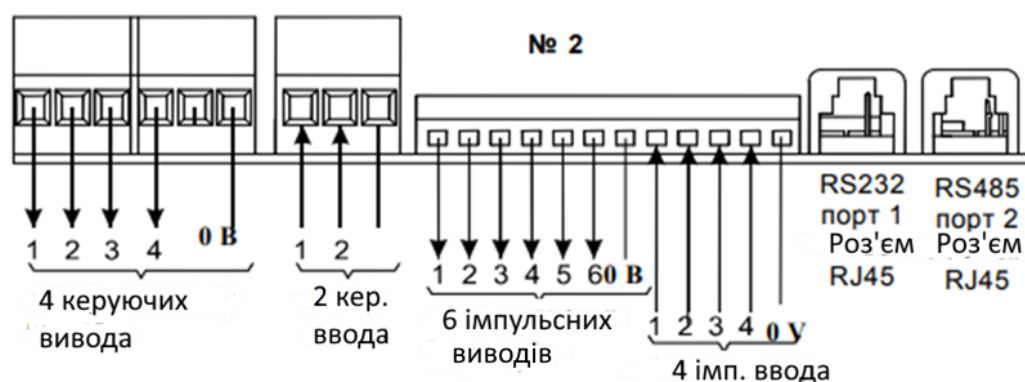


Рис. 7.6 - Клемна колодка лічильника SL7000 Smart для підключення зовнішніх інформаційних каналів

Імпульсні виводи лічильників АСЕ 3000 підключаються до оптоізованих імпульсних входів лічильника SL7000. Дані від імпульсних виводів зовнішніх лічильників АСЕ 3000 обробляються і зберігаються в пам'яті SL7000 у відповідності із заданою програмною конфігурацією.

Зображення імпульсних входів лічильника SL7000 Smart представлено на рис.7.7.

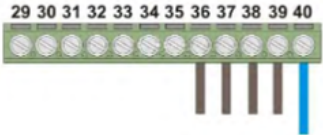
№	Призначення	Підключення
36	Імпульсний ввід 1	
37	Імпульсний ввід 2	
38	Імпульсний ввід 3	
39	Імпульсний ввід 4	
40	Загальний	

Рис. 7.7 – Зображення імпульсних вводів лічильника SL7000 Smart

Клеми імпульсних вводів розраховані на підключення проводами перерізом до 1,5 мм²; напруга живлення (від модуля живлення лічильника) 27 В постійного струму; максимальний струм 30 мА; вхідний опір 1,1 кОм. На рис.7.8 наведено клемник модулю вводу / виводу повної конфігурації лічильника SL7000.

20 21 22 23 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40									
									
Клема	Призначення	Клема	Призначення	Клема	Призначення				
20	КерВих 1	29	ІмпВих 1	36	ІмпВих 1				
21	КерВих 2	30	ІмпВих 2	37	ІмпВих 2				
22	КерВих 3	31	ІмпВих 3	38	ІмпВих 3				
23	КерВих 4	32	ІмпВих 4	39	ІмпВих 4				
		33	ІмпВих 5	40	ІмпВих загальний				
25	КерВих загальний	34	ІмпВих 6						
26	КерВих 1 або датчик магніту	35	ІмпВих загальний						
27	КерВих 2								
28	КерВих загальний								

Рис. 7.8 - Клемник модулю вводу / виводу повної конфігурації.

Таким чином, можна використати лічильники SL7000 Smart, як маршрутизатори для лічильників ACE 3000, що мають імпульсні канали.

При такій конфігурації системи збору даних, можна зменшити витрати за рахунок відсутності пристроїв з АЦП для підключення лічильників ACE3000 до цифрових мереж АСКОВЕ.

В другому варіанті, на всіх приєднаннях встановлюємо лічильники ACE 6000. В таблиці 7.5 наведено перелік та характеристику автоматизованих точок обліку електричної енергії для 2-го варіанту.

Таблиця 7.5 – Перелік та характеристика автоматизованих точок обліку електричної енергії (варіант 2)

№	Точки обліку	Вид обліку	Тип лічильника	Тр-ри струму	Тр-ри напруги
1	РУ -10 кВ Ком.№7 ПС «Еллада»	A+ A- R+ R-	SL 7000 кл.т.0,5S	ТОЛУ-10 кл.т.0,5S 600/5	ЗНОЛ-10 кл.т.0,5
2	РУ -10 кВ Ком.№12 ПС «Еллада»	A+ A- R+ R-	SL 7000 кл.т.0,5S	ТОЛУ-10 кл.т.0,5S 600/5	ЗНОЛ-10 кл.т.0,5
3	ТП-618-2 Т-1 РП 0,4 кВ Ф-5	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
4	ТП-618-2 Т-2 РП 0,4 кВ Ф-6	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
5	ТП-618-2 Ф-17	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 2000/5	
6	ТП-618 -2 Ф-15	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
7	ТП-618-2 КУ Ф-11	R+ R-	ACE 6000 кл.т.0,5S	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
8	ТП-618-2 КУ Ф-18	R+ R-	ACE 6000 кл.т.0,5S	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
9	ТП-618-2 Ф-2	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 2000/5	
10	ТП-618 -2 Ф-12	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
11	ТП-618 Т-1 РП 0,4 кВ Ф-3	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
12	ТП-618 Т-2 РП 0,4 кВ Ф-8	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	ТШЛ-0,66 кл.т.0,5S 3000/5	
13	ТП-618 КУ Ф-1	R+ R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
14	ТП-618 КУ Ф-2	R+ R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1500/5	
15	ТП-618 Ф-15	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	
16	ТП-618 Ф-5	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	
17	ТП-618 Ф-4	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	
18	ТП-618 Ф-14	A- R-	ACE 6000 кл.т.1	Т-0,66 кл.т.0,5S 1000/5	

Так як цифрова мережа по підприємству досить довга (більше 100 м), основу мережі обміну даними будемо формувати використовуючи мережу Ethernet, а окремі сегменти мережі компанувати використовуючи цифрові інтерфейси RS-485.

Для поєднання двох цифрових мереж використовується пристрій СЕРВЕР MOXA NPORT 5150A.

Сервер MOXA NPort 5150A використовується для підключення лічильників електричної енергії, що використовують цифрові інтерфейси RS-232/422/485, до мережі IP Ethernet LAN. Цей пристрій є сумісним зі стандартом IEEE 802.3AF та не потребує джерела живлення.

Перешкоди, що, як правило, викликаються блискавками чи перехідними процесами в різному високовольтному устаткуванні, являються загальною небезпекою для усіх електричних пристроїв. Захист від електричних перешкод послідовного і Ethernet інтерфейсів забезпечує пристрій Моха.

Якщо організація мережі здійснюється на основі інтерфейсу RS-485, враховуємо неявну присутність ще одного провідника, а саме "земля". В цьому випадку, пристрої розподілені на території підприємства тому з метою усунення різниці потенціалів між пристроями використовується дренажний провід або гальванічна розв'язка.

Для усунення різниці потенціалів між пристроями використовуємо повторювач інтерфейсу типу Elsys-RC-232/485 з гальванічною розв'язкою вхідних і вихідних портів.

Для влаштування мережі Ethernet використовуємо 8 портовий некерований Ethernet комутатор MOXA EtherDevice™ Switch EDS-208 або Моха EDR-810 (це маршрутизатор, призначений для промислових середовищ, що має 8 портів Fast Ethernet, 2 SFP слоти, підтримкою VPN та міжмережевий екран).

Для ліній зв'язку між лічильниками ACE3000 та лічильниками SL7000 використовуємо кабель UTP типу КПВ-ВП16 50*2*0,5.

Для ліній зв'язку між лічильниками SL7000 та пристроєм гальванічної разв'язки Elsys-RC-232/485 використовуємо кабель Belden 3106 (AWG22).

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

Для виконання мережі Ethernet та зв'язку пристроїв MOXA NPORT 5051 та комутатора MOXA EDS-208 використовуємо кабель [FTP 5е](#).

Структурні схеми АСКОЕ для I та II варіантів зображено на рисунках 7.9 та 7.10 (відповідно).

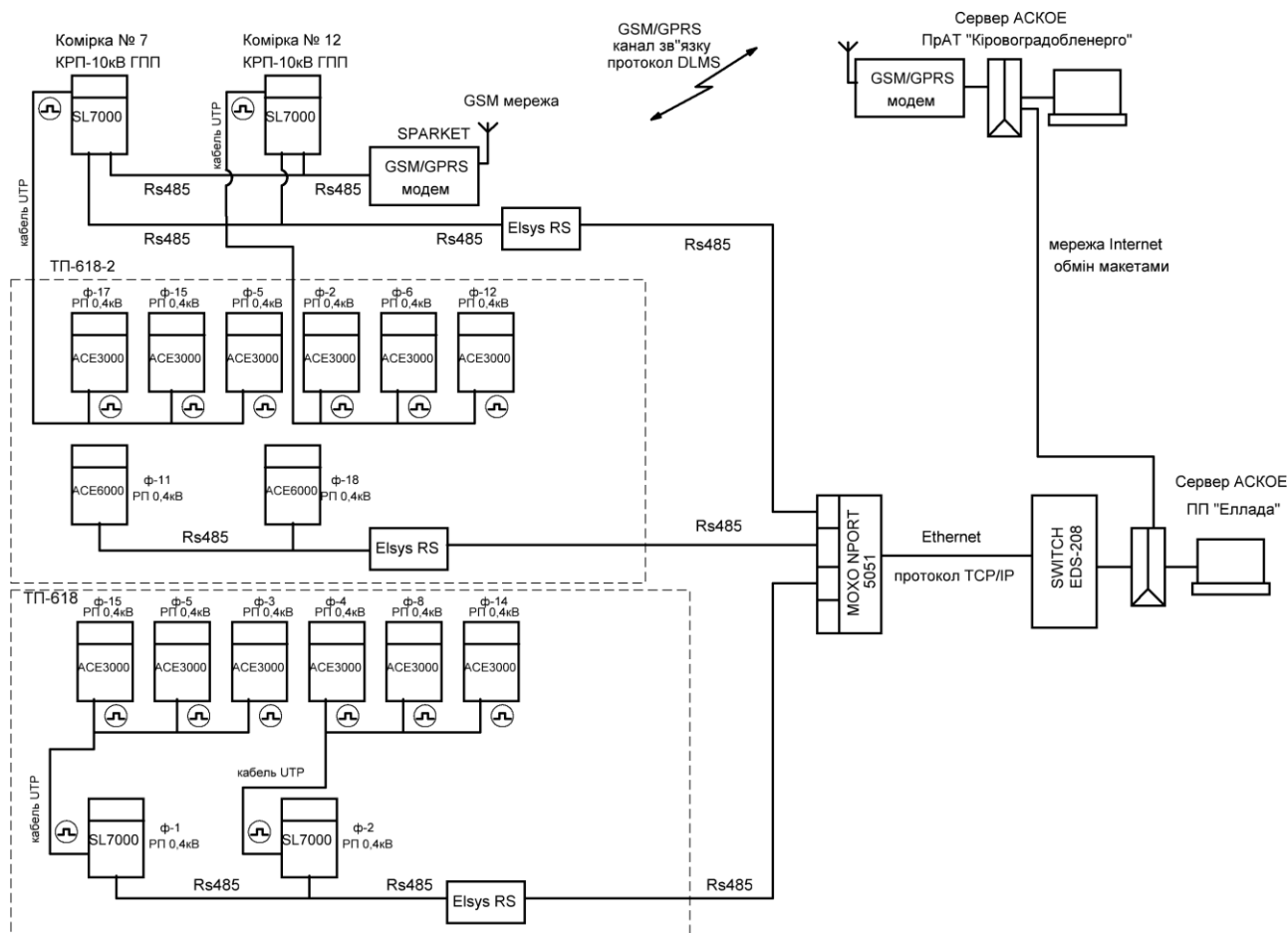


Рисунок 7.9 – Структурна схема АСКОЕ для I варіанту.

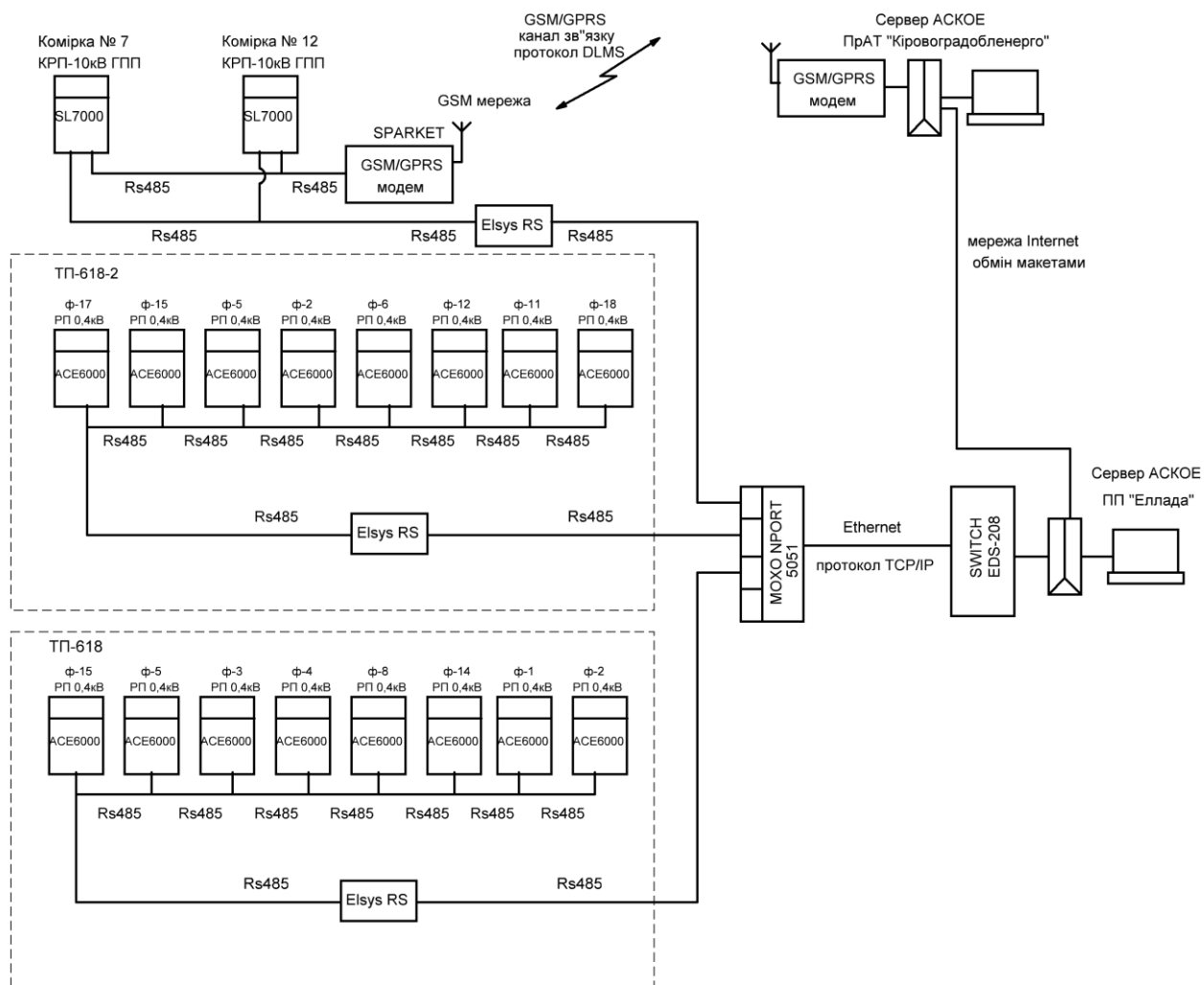


Рисунок 7.10 - Структурна схема АСКОЕ для II варіанту.

Витрати по двох варіантах зводимо до таблиці 7.6.

Варіанти встановлення лічильників відрізняються між собою на 2,6 %, тобто їх можна вважати рівноеконічними. Але, приймаючи до уваги, що друга схема більш надійна, має перспективи розвитку, приймаємо встановлення на заводі схему з лічильниками ACE 6000.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

Таблица 7.6 – Порівняння двох варіантів встановлення лічильників

	Елементи схеми	Варіант 1				Варіант 2			
		Кількість	Одиниці виміру	Вартість одиниці, грн	Вартість всього, грн	Кількість	Одиниці виміру	Вартість одиниці, грн	Вартість всього, грн
1.	Лічильники SL 7000	4	шт.	20860	83440	2	шт.	20860	41720
2.	Лічильники ACE 6000	2	шт.	11200	22400	16	шт.	11200	179200
3.	Лічильники ACE 3000	12	шт.	7100	85200	-	-	-	-
4.	Щит комунікаційний антивандальний 4U 350	1	шт.	1166	1166	1	шт.	1166	1166
5.	Лінії зв’язку (імпульсні) кабель UTP типу КПВ-ВП16 50*2*0,5	370		98	36260	-	-	-	-
6.	Лінії зв’язку (цифрові) кабель Belden 3106 (AWG22)	32	м	56	1792	30	м	56	1680
7.	Комунікаційні роз’єми 20 конт.	2	шт.	210	420	2	шт.	210	420
8.	Повторювач інтерфейсу типу Elsys-RC-232/485	3	шт.	1875	5625	3	шт.	1875	5625
8	Комутатор мережі Ethernet	1	шт.	2520	2520	1	шт.	2520	2520
9	Кабель вита пара для мережі Ethernet FTP 5e	370	м	35	12950	370	м	35	12950
	Всього				251773				245281

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи електропостачання маслоекстракційного заводу.

На першому етапі розробки системи електропостачання проведено визначання розрахункового силового та освітлювального навантаження окремих підрозділів та всього підприємства. Для заводу його значення склало $S_p = 6614,85$ МВА, $P_p = 6559,91$ кВт, $Q_p = 850,71$ кВАр. Потрібно відзначити, що значення реактивного навантаження представлено з врахуванням компенсуючих пристроїв, які зменшують споживання реактивної потужності заводу і таким чином дозволяють виконати вимоги енергосистеми по значенню $tg\phi$ на шинах підприємства. У якості компенсуючих пристроїв прийняті високовольтні ($Q_{вн} = 1800$ кВАр) та низьковольтні ($Q_{нн} = 3200$ кВАр) батареї статичних конденсаторів, $tg\phi = 0,13$.

Визначення навантаження дозволило побудувати графіки електричних навантажень, за якими визначено час використання максимального навантаження: $T_m = 6158,57$ год. та час найбільших втрат: $\tau = 4795,12$ год. Визначено центр електричних навантажень підприємства. $x_0 = 138,74$ м, $y_0 = 76,33$ м.

На наступному етапі вибирається джерело живлення підприємства та його схеми живлення. Для цього проведено техніко-економічне порівняння трьох доцільних варіантів живлення. Критерієм вибору є зведені витрати. За розрахунками обраний варіант живлення на 10 кВ з встановленням розподільчого пункту та двох трансформаторних підстанцій з потужністю трансформаторів 2500 кВА. Схеми живлення – радіальні.

Далі, проводиться вибір та перевірка трансформаторних підстанцій, високовольтного обладнання та струмопровідних пристроїв. Для перевірки на термічну та динамічну стійкість розраховуються струми КЗ. Для живлення заводу використовуються дві кабельні лінії ААШв - 10 (3х185), трансформаторних підстанцій - ААШв -10 (3х95). У якості високовольтних

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

вимикачів встановлено вимикачі ВР-1-10/630.

У спеціальному розділі розроблено автоматизовану систему обліку та контролю споживання електроенергії на підприємстві. На підприємстві вже використовувався пристрій ЛУЗОД для передачі даних комерційного обліку в електропостачальну компанію, але дуже важливою складовою ефективності роботи підприємства є технічний облік електроенергії, який дозволяє оцінити внутрішні резерви з економії електроенергії.

Важливо правильно визначити точки встановлення технічного обліку, для заводу це найбільш енергоємні споживачі та підрозділи: підготовчий та маслоекстракційний цеха, елеватор, котельня, екстракція, конденсаторні установки.

До складу системи АСКОЕ підприємства входять електронні лічильники, сервер АСКОЕ, GSM/GPRS модем ACE SPARKLET, перетворювач RS 485/Ethernet типу TE – RS 485 GS V4, канали (лінії) зв'язку та технічні засоби. При виборі електронних лічильників було розглянуто два варіанти структурної схеми АСКОЕ (з лічильниками ACE 3000 та ACE 6000). За результатами техніко-економічного порівняння обраний варіант з лічильниками ACE 6000.

Розроблена система АСКОЕ заводу дозволяє здійснювати облік не тільки електроенергії, а і всіх інших споживаних енергоресурсів підприємства, що допомагає суттєво підвищити його енергоефективність, надає змогу знизити енерговитрати в собівартості продукції.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П. Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А.І., Величко Т.В., Плешков С.П.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т.- Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2021.-209 с.
2. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / [Плешков П. Г., Орлович А. Ю., Серебренніков С. В., Бегун А. П., Різуненко А. О., Гарасьова Н. Ю., Зінзура В. В] ;– Харків: ТОВ «Цифра Принт», 2018.– 242с.
3. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017 . -617 с.
4. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування.- Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2007.
5. Постанова від 14 березня 2018 року № 312, м. Київ «Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії із змінами і доповненнями» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76627
6. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В. Навчальний посібник. Видавець Лисенко В.Ф., м.Кропивницький, 2020р. – 272 с.
7. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А.В. Журахівський, С.В.Казанський, Ю.П. Матєєнко, О.Р. Пастух. – Київ: КПІ ім.Ігоря Сикорського, вид-во «Політехніка», 2017.-456 с.
8. Кваліфікаційна робота бакалавра: метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 80 с.

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

9. Трансформатори ТМГ-2500 ЕКОДІЗАЙН [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ktek.com.ua/ua/p1618446293-transformator-tmg-250.html>
10. Постанова від 27 лютого 2019 р. № 152, Київ «Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для малих, середніх та великих силових трансформаторів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2019-%D0%BF#Text>
11. ТМГ - 2500/10/0,4 - Силовий трансформатор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://slavgorenergo.com.ua/ua/p1660213481-tmg-25001004-silovoj.html>
12. Кабельні лінії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrprovod.com.ua/>
13. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням (електронне видання)/ О.В.Коцар // Навч.посібн. – К.:КПІ ім.Ігоря Сікорського, - Дніпро: Середняк Т.К., 2017, - 44 с.
14. Реєстр затверджених типів засобів вимірювальної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://legalzvt.kiev.ua/>
15. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електричної енергії в умовах енергоринку. Постанова КМУ № 826 від 18.05.2000 р. 18 с.
16. ДСТУ 5003.3-4:2015 Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Структура, функції та види забезпечення. Функції керування і допоміжні функції.
17. Маліновський А. А. Контроль і планування енерговикористання. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», Бібліотека енергоменеджера, 2001. Вип. 4. 56 с.
18. Лічильник SL 7000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltron.com.ua/lichylnyk-elektroenergiyi-itron-sl-7000-klas-tochnosti-0-5s-tryfaznyy-bagatotaryfnyy-5-10-a>
19. Лічильники ACE 6000, ACE 3000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltron.com.ua/>

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Розрахунок силових електричних навантажень в мережі вище 1 кВ

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	76

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

Найменування підрозділу	п	Потужність ЕП, кВт		m	K_B	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Середнє навантаження кВт		n_e	Км	Розрахункове навантаження, кВт		
		одного	всього					$P_{зм}$	$Q_{зм}$			P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ТП 618-2														
1. Підготовчий цех														
силове	109	1,1-275,4	2319,63	>3	0,56	0,77	0,84	1298,99	1091,15	17	1,21	1571,78	1091,15	1913,40
освітлювальне												30,28	52,38	
Всього												1602,06	1143,54	1968,32
2. Елеватор насіння														
силове	40	2-22	458	>3	0,49	0,68	1,09	224,42	244,62	40	1,17	262,57	244,62	358,86
освітлювальне												2,54	4,39	
Ітого по елеватору												265,11	249,01	363,72
3. Склад шроту														
силове	12	1,1-22	178	>3	0,57	0,739	0,911	101,46	92,43	16	1,19	120,74	92,43	152,06
освітлювальне												0,59	1,02	
Всього												121,32	93,45	153,14
4. Зерносховище														
силове	151	0,27-75	2391,3	>3	0,635	0,725	0,95	1518,48	1442,55	64	1,07	1624,77	1442,55	2172,75
освітлювальне												49,80	86,15	
Всього												1674,56	1528,70	2267,40
5. Автоприйм														
силове	4	5-75	160	>3	0,413	0,616	1,28	66,08	84,58	4	1,56	103,08	93,04	138,86
освітлювальне												1,51	2,62	
Всього												104,60	95,66	141,74
Всього на шинах 0,4кВ ТП-618-2														
силове	316	0,27-275,4	5506,93	>3	0,58	0,74	0,921	3209,43	2955,34	40	1,12	3591,35	2955,34	4651,00
освітлювальне												84,71	146,56	

Apk.	77
------	----
