

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

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Розробка системи електропостачання елеваторного комплексу»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ-21,

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

_____ Олексій ФИДРЯ

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук

_____ Наталія ГАРАСЬОВА

« ____ » _____ 2025 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 ПЛЄШКОВ

« _____ » _____ 2025 р.

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

Фидрі Олексія Вікторовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання елеваторного комплексу

Development of a power supply system for an elevator complex

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

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

3. Строк подання роботи до захисту 10.06.2025 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 коротких замикань, вибір обладнання та силових мереж; розрахунок спеціального розділу кваліфікаційної роботи

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ. Коротка характеристика комплексу</i>	<i>03.02-07.02</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>13.04-23.04</i>	
3	<i>Побудова графіків електричних навантажень</i>	<i>24.04-26.04</i>	
4	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	<i>27.04-01.05</i>	
5	<i>Вибір напруги і електричних схем</i>	<i>02.05-5.05</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності</i>	<i>6.05-9.05</i>	
7	<i>Вибір трансформаторів</i>	<i>10.05-13.05</i>	
8	<i>Розрахунок струмів КЗ, вибір обладнання та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>14.05-17.05</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>18.05-28.05</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>01.06-04.06</i>	

Дата видачі завдання
« 03 » лютого 2025 р.

Підпис керівника _____

Наталія ГАРАСЬОВА

Завдання прийнято до виконання
« 03 » лютого 2025 р.

Підпис здобувача _____

Олексій ФИДРЯ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 71 с. основної частини; 14 рис.; 25 табл.; 17 джерел, 1 додаток

Фидря О. В. Розробка системи електропостачання елеваторного комплексу. – Рукопис.

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

У кваліфікаційній роботі розглянуто комплексне проектування системи електропостачання елеваторного комплексу. Проведено аналіз характеристик підприємства, визначено електричні навантаження на різних рівнях напруги: до 1 кВ, вище 1 кВ, а також освітлювальні навантаження. Побудовано графіки навантаження та виконано картограму для обґрунтування розміщення центрального розподільчого пункту.

Обґрунтовано вибір напруги живлення комплексу та схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Особливу увагу приділено питанням компенсації реактивної потужності - сформовано її баланс, обрано кількість, потужність та місця розташування конденсаторних установок.

Запропоновано варіанти трансформаторних підстанцій, з урахуванням кількості, потужності та конструктивних особливостей. Вибрано розміщення комплектних трансформаторних підстанцій. Виконано розрахунок струмів короткого замикання, вибір електрообладнання та КЛ, а також їх перевірку.

Спеціальна частина присвячена підвищенню енергоефективності електроприводів конвеєрних ліній. Розглянуто способи зменшення споживання електроенергії, вибір потужності двигунів та реалізацію автоматизованого керування конвеєрами із використанням реле EASY. Представлено схему роботи групи конвеєрів з поетапним пуском, зупинкою та аварійним режимом.

Ключові слова: елеваторний комплекс, електричні навантаження, реактивна потужність, струми короткого замикання, конвеєрна лінія, реле EASY.

ABSTRACT

Qualification work: 71 p. main part; Fig. 14; 25 tables; 17 sources, 1 applications

Fydrya O. V. Development of a power supply system for an elevator complex.
– **Manuscript.**

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

The qualification work considered the comprehensive design of the power supply system of the elevator complex. An analysis of the characteristics of the enterprise was carried out, electrical loads were determined at different voltage levels: up to 1 kV, above 1 kV, as well as lighting loads. Load schedules were constructed and a cartogram was made to justify the location of the central distribution point.

The choice of the complex's supply voltage and the external and internal power supply scheme were justified. Particular attention was paid to the issues of reactive power compensation - its balance was formed, the number, power and location of capacitor units were selected.

Variants of transformer substations were proposed, taking into account the number, power and design features. The location of complete transformer substations was selected. The calculation of short-circuit currents, the selection of electrical equipment and contactors, as well as their verification were performed.

A special part is devoted to increasing the energy efficiency of electric drives of conveyor lines. Methods of reducing electricity consumption, selection of motor power and implementation of automated control of conveyors using EASY relays are considered. A scheme of operation of a group of conveyors with phased start, stop and emergency mode is presented.

Keywords: elevator complex, electrical loads, reactive power, short-circuit currents, conveyor line, EASY relay.

З М І С Т

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
	ВСТУП. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ...	9
1	ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРО- ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ.....	11
	1.1 Силові електричні навантаження елеваторного комплексу у мережі до 1 кВ	11
	1.2 Освітлювальні навантаження елеваторного комплексу.....	12
	1.3 Електричні навантаження елеваторного комплексу у мережі вище 1кВ.....	17
	1.4 Графіки електричних навантажень елеваторного комплексу.....	18
2	КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕК ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРП.....	29
3	ВИБІР НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ЕК ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.	32
4	КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ.....	39
	4.1 Баланс реактивної потужності ЕК та вибір пристроїв для її компенсації.....	39
	4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування КП.....	41
5.	ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ.....	43
	5.1 Вибір кількості, потужності та місця розташування ЦРП і цехових підстанцій ЕК.....	43
	5.2 Розташування та компоновка КТП елеваторного комплексу.....	44

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата			
Розроб.	Фидря О.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Гарасьова Н.				Д	6	74
Н.контр.					ЦНТУ гр. ЕЕ-21		
Затв.	Плешков П.						

6.	СТРУМИ КЗ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ, ВИБІР ВВ МЕРЕЖ ТА ОБЛАДНАННЯ, ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ ТА СТРУМУ.....	46
6.1	Струми коротких замикань в системі електропостачання ЕК.	46
6.2	Вибір та перевірка кабельних ліній та високовольтного обладнання елеваторного комплексу.....	49
7.	СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ.....	53
7.1	Зменшення споживання електроенергії при експлуатації конвеєрних ліній.....	53
7.2	Вибір потужності двигуна конвеєрної установки.....	55
7.3	Керування поточно-транспортними системами елеваторного комплексу з використанням реле EASY.....	57
7.4	Керування групою конвеєрних стрічок за допомогою реле EASY.....	64
	ВИСНОВКИ.....	69
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70
	Додаток А. Вибір високовольтного обладнання розподільчого пристрою.....	72

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		7

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕК – елеваторний комплекс

СЕП – система електропостачання

ЛЕП – лінія електропередачі

ГЕН – графік електричних навантажень

КЛ – кабельна лінія

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

ГЗП – головна знижувальна підстанція

КРП – компенсація реактивної потужності

БСК – батареї статичних конденсаторів

КЕН – картограма електричних навантажень

ЦЕН - центр електричних навантажень

РП –розподільчий пристрій

КЗ – коротке замикання

ТМГ - трансформатор масляний герметичний

ТМН - трансформатор масляний з природним охолодженням

ЧРЕП – частотно-регульований електропривод

EASY – **E**asy **A**utomation for **S**imple **I**nstallation (просте автоматизоване рішення для легкої інсталяції)

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		8

1. ВСТУП. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

Елеваторний комплекс представляє собою інженерно-технологічну система, що об'єднує низку функціональних споруд та обладнання, призначених для приймання, обробки, зберігання та відвантаження зерна. Основними елементами комплексу є робочі башти, силосні корпуси, система транспортування.

Робоча башта являється центральною спорудою, де зосереджені ключові технологічні механізми: норії для вертикального транспортування зерна, стрічкові та ланцюгові конвеєри, сушильне й очищувальне обладнання, засувки, клапани, аспіраційні установки тощо.

Силосні корпуси виступають головними резервуарами для зберігання зерна. Вони забезпечують герметичність, захист від опадів, температурних коливань, шкідників, а також відповідають пожежним нормам і економічним вимогам. Конструктивно складаються з трьох частин: підсилосного поверху (днище з нижніми транспортерами), основної частини (силоси для зберігання) та надсилосної галереї (для завантаження зерна).

Система транспортування зерна включає транспортери та самопливні труби, які забезпечують переміщення зерна від точки приймання до місця зберігання і далі на відвантаження. Обладнання для завантаження, розвантаження та сушки забезпечує підготовку зерна до зберігання і подальшого транспортування.

Важливу роль відіграють лабораторія, вагова та інженерна інфраструктура, включаючи залізничну гілку, що з'єднує комплекс зі станцією Долинська.

Сучасна потужність елеватора становить приблизно 160 тис. тон одночасного зберігання зернових. Така структура дозволяє забезпечити безперервний, ефективний технологічний процес на всіх етапах обробки зерна, від приймання до відвантаження.

Технологічний процес елеваторного комплексу охоплює повний цикл обробки зерна від моменту приймання до його підготовки до відвантаження. Система передбачає автоматизовані та механізовані операції з високим рівнем централізації управління. Основні етапи технологічного процесу включають:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					9

1 ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

1.1 Силові електричні навантаження елеваторного комплексу у мережі до 1 кВ

Для розрахунку використовується метод упорядкованих діаграм [3,4]. На підставі вихідних даних (таблиця 1) визначається для групи споживачів: $n_{ел}$ – загальна кількість; $P_{н.мін}$, $P_{н.мах}$ – мінімальна та максимальна потужність одного споживача; сумарна потужність споживачів групи - $P_{н\Sigma}$. Метою є визначення середньозмінних активних ($P_{зМ}$) та реактивних ($Q_{зМ}$) навантажень по групі споживачів. Приклад для групи норій елеватору:

$$n_{ел}=4; P_{н.мах}=3,0 \text{ кВт}; P_{н.мін}=0,16 \text{ кВт}; P_{н\Sigma} = 2 \cdot 3,0 + 0,4 + 0,16 = 6,56 \text{ кВт};$$

$$K_B=0,4; \cos\varphi=0,7; \operatorname{tg}\varphi=1,0,2;$$

$$P_{зМ}=K_B \cdot P_{н\Sigma}=0,4 \cdot 6,56=2,62 \text{ кВт}; Q_{зМ}=P_{зМ} \cdot \operatorname{tg}\varphi=2,62 \cdot 1,02=2,68 \text{ квар.}$$

В цілому по підрозділу визначається загальний коефіцієнт використання (K_B), середньозважені значення $\cos\varphi$ та $\operatorname{tg}\varphi$. Загалом для елеватора (з.д. прийом):

$$n_{ел}=27; P_{н.мах}=7,0 \text{ кВт}; P_{н.мін}=0,16 \text{ кВт}; P_{н\Sigma}=101,07 \text{ кВт};$$

$$P_{зМ\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{зМi} = 49,73 \text{ кВт}; Q_{зМ\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{зМi} = 54,95 \text{ квар};$$

$$K_B = \frac{P_{зМ\Sigma}}{P_{н\Sigma}} = \frac{49,73}{101,07} = 0,49;$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q_{зМ\Sigma}}{P_{зМ\Sigma}} = \frac{54,95}{49,73} = 1,1; \cos\varphi = 0,67;$$

$$m = \frac{P_{н.мах}}{P_{н.мін}} = \frac{7,0}{0,16} = 43,75$$

$$n_{еф} = \frac{2P_{н\Sigma}}{P_{н.мах}} = \frac{2 \cdot 101,07}{7} = 28,88;$$

приймаємо $n_{еф}=27$; $K_M=1,17$.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		11

Метою даного розрахунку є визначення розрахункового активного - P_p , реактивного - Q_p та повного - S_p навантаження по підрозділу.

$$P_p = K_M \cdot P_{3M\Sigma} = 1,17 \cdot 49,73 = 58,19 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{3M\Sigma} = 54,95 \text{ квар};$$

$$S_{p.} = \sqrt{P_{p.}^2 + Q_{p.}^2} = \sqrt{58,19^2 + 54,95^2} = 80,03.$$

Таким же чином виконуємо розрахунки по всім іншим підрозділам та загалом по елеваторному комплексу (таблиця 1.1).

1.2 Освітлювальні навантаження елеваторного комплексу

Розрахунок освітлювальних навантажень підрозділів елеваторного комплексу виконується за питомою потужністю освітлення, що базується на нормах споживання електроенергії на 1 м² площі залежно від типу приміщення та його призначення [5,7]. Цей метод застосовується на стадії проектування, коли точна кількість світильників ще не визначена.

Освітлювальне активне розрахункове навантаження, наприклад, для «Робоча башта № 1»:

$$P_{p.o.} = P_{в.} \cdot K_1 \cdot K_n = 15,12 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 15,2 \text{ кВт},$$

де $P_{в.} = F_{p.б.1} \cdot p_0 \cdot 10^{-3} = 1260 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 15,12 \text{ кВт}$ – встановлена потужність освітлювального навантаження, $F_{p.б.1} = 1260 \text{ м}^2$ – площа приміщення; $p_0 = 12 \text{ Вт/м}^2$ – питома потужність; $K_1 = 1,12$ – коефіцієнт втрат в ПРА; $K_n = 0,9$ – коефіцієнт попиту.

Освітлювальне реактивне розрахункове навантаження приміщення:

$$Q_{p.o.} = P_{p.o.} \cdot \text{tg} \varphi = 15,2 \cdot 1,73 = 26,37 \text{ квар}.$$

Повне розрахункове освітлювальне навантаження:

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.o.}^2 + Q_{p.o.}^2} = \sqrt{15,2^2 + 26,37^2} = 30,45 \text{ кВА}.$$

Результати інших проведених розрахунків визначення освітлювального навантаження по елеваторному комплексу представлено у таблиці 1.2.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		12

Таблиця 1.1-Розрахунок електричних навантажень елеваторного комплексу в мережі до 1 кВ.

№	Найменування	n	Потужність ЕП, кВт		m	KV	cosφ	tgφ	Середнє навантаження кВт		n _{эф}	K _M	Розрахункове навантаження, кВт		
			одного	всього					P _{CM}	Q _{CM}			P _P ,кВт	Q _P ,кВар	S _P ,кВ A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Елеватор (з.д. прийом)														
	Норія	4	0,16-3,0	6,56		0,4	0,7	1,02	2,62	2,68					
	Цепнік	6	1,1	6,6		0,35	0,6	1,33	2,31	3,08					
	Цепнік	3	5,97	17,91		0,25	0,65	1,17	4,48	5,23					
	Конвеєр	4	3	12		0,6	0,8	0,75	7,20	5,40					
	Конвеєр	6	7	42		0,56	0,6	1,33	23,52	31,36					
	Опускні труби	4	4	16		0,6	0,8	0,75	9,60	7,20					
	Всього по з.д. прийому	27	0,16-7	101,07	>3	0,49	0,67	1,1	49,73	54,95	27	1,17	58,19	54,95	80,03
2	Робоча башта 1, силосні корпуси	57	0,25-40	508,05	>3	0,61	0,78	0,81	312,26	252,67	30	1,12	349,73	252,67	431,45
3	Елеватор (автотрийом 1)	14	7,5-22	192	>3	0,66	0,75	0,88	126,88	111,17	14	1,09	138,30	111,17	177,44
4	Робоча башта 2	44	1,1-22	366,9	>3	0,42	0,74	0,91	152,45	138,92	37	1,12	170,74	138,92	220,11
5	Автотрийом ділянки 2	4	7,5-30	67	>3	0,54	0,78	0,81	36,18	29,129	4	1,18	42,69	32,04	53,38
6	Сепаратор БЦС-1;2	16	1,5-30	192,2	>3	0,57	0,75	0,88	112,93	99,17	7	1,21	136,64	109,09	174,85
7	Котельня	2	15	30	1	0,59	0,77	0,83	17,70	14,67	2	1,26	22,30	16,13	27,53
8	Каналізаційна	2	7,5	15	1	0,41	0,77	0,83	6,15	5,10	2	1,26	7,75	5,61	9,56
8	Склад ГСМ	2	5,5	11	1	0,4	0,65	1,17	4,4	5,14	2	1,26	5,54	5,66	7,92
9	Насосна	1	11	11	1	0,59	0,82	0,7	6,49	4,53	1	1,24	8,05	4,98	9,47
10	Електроцех	5	0,75-4	9,9	>3	0,23	0,67	1,10	2,29	2,50	5	1,21	2,76	2,75	3,90
11	Лабораторія	9	0,25-3	21	>3	0,65	0,78	0,80	13,58	10,89	47	1,09	14,80	10,89	18,37
12	Гараж	7	4-20	66	>3	0,37	0,65	1,18	24,5	29,025	7	1,71	41,90	29,02	50,97
13	Адміністрація	7	0,4-2,2	10	>3	0,59	0,75	0,87	5,88	5,11	9	1,36	8,00	5,62	9,77

Продовження таблиці 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14	Сушарка LAW	4	2,2-29	56,2	>3	0,63	0,78	0,80	35,41	28,21	1,09	38,59	31,03	49,52
15	Сушарка ДСП-32-1,2	10	1,1-55	209,2	>3	0,47	0,80	0,75	98,32	74,09	1,25	122,91	81,49	147,47
16	Плотня	9	2,2-7,5	47,2	>3	0,39	0,68	1,08	18,45	19,86	1,13	20,85	21,84	30,20
17	Робоча башта 2													
	Транспортер бм	3	5,5	16,5		0,41	0,69	1,05	6,77	7,10				
	Транспортер 10м	6	7,5	45		0,41	0,71	0,99	18,45	18,30				
	Шнек 10 м	3	22	66		0,41	0,77	0,83	27,06	22,42				
	Шнек короткий	3	4	12		0,41	0,71	0,99	4,92	4,88				
	Приймальний бункер	2	4	8		0,41	0,71	0,99	3,28	3,25				
	ГУАР 30	2	22	44		0,41	0,77	0,83	18,04	14,95				
	Ходова	3	1,1	3,3		0,09	0,61	1,30	0,30	0,39				
	Стіла	3	4	12		0,41	0,69	1,05	4,92	5,16				
	Ковш	3	3	9		0,41	0,66	1,14	3,69	4,20				
	Насос масляний	3	0,7	2,1		0,41	0,67	1,11	0,86	0,95				
	Транспортер	3	15	45		0,41	0,73	0,94	18,45	17,27				
	Похилый транспортер	3	7,5	22,5		0,41	0,71	0,99	9,23	9,15				
	Прутковий транспортер	3	7,5	22,5		0,41	0,71	0,99	9,23	9,15				
	Переливний транспортер	3	7,5	22,5		0,41	0,71	0,99	9,23	9,15				
	Цепнік ємності	2	22	44		0,41	0,82	0,70	18,04	12,59				
	Всього	44	1,1-22	366,9	>3	0,42	0,74	0,91	152,45	138,92	1,12	170,74	138,92	220,11
18	Зерносклади №1;5;6;9	12	15-30	268	2	0,53	0,77	0,82	144,72	119,12	1,18	170,77	131,03	215,25
19	Зерносклад №8	5	15-30	127	2	0,51	0,76	0,87	64,98	56,33	1,18	76,676	61,97	98,59
20	РММ	65	3,7-30	863,2	>3	0,16	0,65	1,18	138,11	162,97	1,25	172,64	162,97	237,412
	Всього:													
	силowe	302	0,16-55	3103,92	>3	0,429	0,746	0,89	1332,64	1188,1	1,06	1489,61	1250,17	1944,704
	освітлювальне											217,13	350,21	
	Разом по ЕК											1706,75	1600,38	2339,703

Таблиця 1.2 - Розрахунок освітлення елеваторного комплексу

№	Найменування	$F, \text{м}^2$	$p_0, \text{Вт/м}^2$	$P_{\text{в}}, \text{кВт}$	K_1	$K_{\text{п}}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_{\text{р}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р}}, \text{квар}$	$S_{\text{р}}, \text{кВА}$
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11
1	Елеватор (з.д. прийом)	780	12	9,36	1,12	0,9	0,5	1,73	9,4	16,32	18,85
2	Робоча башта 1	1260	12	15,12	1,12	0,9	0,5	1,73	15,2	26,37	30,45
3	Силосний корпус 1	1570	12	18,84	1,12	0,9	0,5	1,73	19,0	32,85	37,95
4	Силосний корпус 2	1580	12	18,96	1,12	0,9	0,5	1,73	19,1	33,06	38,19
5	Елеватор (автоприйом 1)	400	10	4	1,12	0,8	0,5	1,73	3,6	6,20	7,16
6	Сушарка ДСП-32 -1	80	10	0,8	1,12	0,8	0,5	1,73	0,7	1,24	1,43
7	Сушарка LAW	60	10	0,6	1,12	0,8	0,5	1,73	0,5	0,93	1,07
8	Сепаратор БЦС -1	130	16	2,08	1,12	0,8	0,5	1,73	1,9	3,22	3,72
9	Котельня	125	18	2,25	1,12	0,7	0,5	1,73	1,8	3,05	3,52
10	Каналізаційна	45	16	0,72	1,12	0,7	0,5	1,73	0,6	0,98	1,13
11	Склад ГСМ	230	6	1,38	1,12	0,6	0,5	1,73	0,9	1,60	1,85
12	Насосна	170	16	2,72	1,12	0,8	0,5	1,73	2,4	4,22	4,87
13	Електроцех	85	18	1,53	1,12	0,85	0,5	1,73	1,5	2,52	2,91
14	Лабораторія	60	20	1,2	1,12	0,85	0,5	1,73	1,1	1,98	2,28
15	Вагова	410	10	4,1	1,12	0,6	0,5	1,73	2,8	4,77	5,51
16	Адміністрація	750	20	15	1,2	0,8	0,9	0,48	14,4	6,91	15,97
17	Прохідна	52	18	0,936	1,2	0,8	0,9	0,48	0,9	0,43	1,00
18	Робоча башта 2	480	12	5,76	1,12	0,9	0,5	1,73	5,8	10,04	11,60
19	Автоприйом участка №2	30	10	0,3	1,12	0,8	0,5	1,73	0,3	0,47	0,54
20	Сушарка ДСП-32-2	65	10	0,65	1,12	0,8	0,5	1,73	0,6	1,01	1,16

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21	Сепаратор БЦС -2	570	16	9,12	1,12	0,85	0,5	1,73	15,02	17,35
22	Зерносклад 1	670	6	4,02	1,12	0,6	0,5	1,73	4,67	5,40
23	Зерносклад 2	930	6	5,58	1,12	0,6	0,5	1,73	6,49	7,49
24	Зерносклад 3	1840	6	11,04	1,12	0,6	0,5	1,73	12,83	14,82
25	Зерносклад 4	1410	6	8,46	1,12	0,6	0,5	1,73	9,84	11,36
26	Зерносклад 5	930	6	5,58	1,12	0,6	0,5	1,73	6,49	7,49
27	Зерносклад 6	1340	6	8,04	1,12	0,6	0,5	1,73	9,35	10,80
28	Зерносклад 7	1290	6	7,74	1,12	0,6	0,5	1,73	9,00	10,39
29	Зерносклад 8	1450	6	8,7	1,12	0,6	0,5	1,73	10,11	11,68
30	Зерносклад 9	1120	6	6,72	1,12	0,6	0,5	1,73	7,81	9,02
31	Зерносклад 10	1520	6	9,12	1,12	0,6	0,5	1,73	10,60	12,25
32	Зерносклад 11	1360	6	8,16	1,12	0,6	0,5	1,73	9,49	10,96
33	Зерносклад 12	1010	6	6,06	1,12	0,6	0,5	1,73	7,05	8,14
34	Зерносклад 13	1260	6	7,56	1,12	0,6	0,5	1,73	8,79	10,15
35	Зерносклад 14	1100	6	6,6	1,12	0,6	0,5	1,73	7,67	8,86
36	Плотницький цех	210	20	4,2	1,12	0,85	0,5	1,73	6,92	7,99
37	Ремонтно-механічна майстерня	210	18	3,78	1,12	0,9	0,5	1,73	6,59	7,61
38	Гараж	260	18	4,68	1,12	0,8	0,5	1,73	7,25	8,38
39	Габаритне та прожекторне освітлення	14600	0,5	7,3	1,12	1	0,5	1,73	14,14	16,34
40	Освітлення території	56400	0,1	5,64	1,12	1	0,5	1,73	10,93	12,62
41	Всього							217,13	350,21	412,06

1.3 Електричні навантаження елеваторного комплексу у мережах вище 1кВ

Попередньо оцінюємо кількість трансформаторів, приймаємо трансформатори потужністю $P_H = 630$ кВА [3]:

$$N_0 = P_{p.H} / (K_3 \cdot S_H) = 1706,75 / (0,7 \cdot 630) = 3,87 \text{ шт.}$$

Для системи електропостачання елеваторного комплексу встановлюємо дві КТП. Їх вибір та розміщення обґрунтовано в розділах 2 та 5 кваліфікаційної роботи.

Визначення навантаження до 1кВ для ТП-1 ЕК виконується по наведеній вище методиці, отримуємо з врахуванням освітлювального навантаження:

$$P_{\text{сум.}} = P_p + P_o = 779,0 + 85,48 = 864,48 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{сум.}} = Q_p + Q_o = 593,17 + 128,75 = 721,92 \text{ квар.}$$

Реактивне навантаження, за розрахунками 4-го розділу роботи, при встановленні конденсаторних установок (КУ) на напругу 0,4 кВ:

$$Q_{\Sigma.ky} = Q_{\text{сум.}} - Q_{ky} = 721,92 - 640 = 81,92 \text{ квар};$$

$$S_{\Sigma.ky} = \sqrt{P_{\Sigma.}^2 + Q_{\Sigma.ky}^2} = \sqrt{864,48^2 + 81,92^2} = 868,35 \text{ кВА.}$$

Завантаження трансформаторів ТП-1:

$$k_{з.кmm1} = \frac{S_{\Sigma.ky}}{n \cdot S_{H.mp.}} = \frac{868,35}{2 \cdot 630} = 0,689.$$

Оцінимо втрати активної ($\Delta P_{\text{ТП-1}}$) та реактивної ($\Delta Q_{\text{ТП-1}}$) потужності в ТР ТП-1:

$$\Delta P_{\text{ТП1}} = n(\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2 \cdot (0,105 + 8,6 \cdot 0,689^2) = 8,375 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{mm1} = n \left(\frac{I_X}{100} S_H + \frac{U_K}{100} S_H \cdot K_3^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{1,7}{100} \cdot 630 + \frac{5,5}{100} \cdot 630 \cdot 0,689^2 \right) = 53,058 \text{ кВАр}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		17

Розрахункове навантаження на напрузі 10 кВ ТП-1 ЕК:

$$P_{p.ТП-1} = P_{\text{сум.}} + \Delta P_{\text{тп1}} = 864,48 + 8,38 = 872,86 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.ТП-1} = Q_{\text{сум.ку}} + \Delta Q_{\text{тп1}} = 81,92 + 53,09 = 175,01 \text{ квар};$$

$$S_{\Sigma.ТП1} = \sqrt{P_{p.кпт-1}^2 + Q_{p.кпт-1}^2} = \sqrt{872,86^2 + 175,01^2} = 890,23 \text{ кВА.}$$

Для ТП-2 та по елеваторному корпусу розрахунки аналогічні (таблиця 1.3).

Враховуємо коефіцієнт одночасності, що залежить від кількості приєднань до збірних шин на напругу 10 кВ та K_B : $K_0=0,95$ [3]:

$$P_{p.10ко} = K_0 \cdot P_{p.10} = 0,95 \cdot 1724,10 = 1637,90 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.10ко} = K_0 \cdot Q_{p.10} = 0,95 \cdot 182,88 = 173,74 \text{ квар};$$

$$S_{p.10} = \sqrt{P_{p.10}^2 + Q_{p.10}^2} = \sqrt{1637,90^2 + 173,74^2} = 1647,09 \text{ кВА.}$$

Повне розрахункове навантаження комплексу: $S_p=1647.09$ кВА.

Силові навантаження в мережах понад 1000 В на елеваторному комплексі визначаються за сумарною активною та реактивною потужністю електроприймачів, з урахуванням коефіцієнтів попиту, одночасності, шляхом перерахунку на повну потужність, з подальшим розрахунком струмів для вибору кабелів, комутаційного обладнання і трансформаторів.

1.4 Графіки електричних навантажень елеваторного комплексу

Робота елеваторного комплексу характеризується специфічними режимами електроспоживання, які змінюються залежно від сезону, доби та технологічних процесів (прийом, сушіння, зберігання, відвантаження зерна). Для аналізу й проектування системи електропостачання використовуються такі основні типи графіків електричних навантажень: добові графіки активної і реактивної потужності, будуються окремо для зимового та літнього періоду та графік тривалості навантаження.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		18

Таблиця 1.3 - Розрахунок електричних навантажень елеваторного комплексу в мережі вище 1000 В

№	Найменування	n	Потужність ЕП, кВт		m	KV	cosφ	tgφ	Середнє навантаження кВт		n _{эф}	K _M	Розрахункове навантаження, кВт		
			одного	всього					P _{CM}	Q _{CM}			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	КТП 1 ЕК														
1.1	Елеватор (автотрийом I)														
	силове	14	7,5-22	192	>3	0,66	0,75	0,88	126,88	111,17	14	1,09	138,30	111,17	177,44
	освітлювальне												3,58	6,20	
	Всього по 0,4 кВ												141,88	117,37	184,14
1.2	Робоча башта I, силосні корпуса														
	силове	57	0,25-40	508,05	>3	0,61	0,78	0,81	312,26	252,67	30	1,12	349,73	252,67	431,45
	освітлювальне												53,34	92,28	
	Всього по 0,4 кВ												403,07	344,95	530,53
1.3	Елеватор (з.д. прийом)														
	силове	27	0,16-7	101,07	>3	0,49	0,67	1,10	49,73	54,95	27	1,17	58,19	54,95	80,03
	освітлювальне												9,43	16,32	
	Всього по 0,4 кВ												67,62	71,27	98,25
1.4	Сушарка ДСП-32 - I														
	силове	10	1,1-55	209,2	>3	0,47	0,80	0,75	98,32	74,09	5	1,25	122,91	81,49	147,47
	освітлювальне												0,72	1,24	
	Всього по 0,4 кВ												123,62	82,73	148,75
1.5	Сушарка LAW														
	силове	4	2,2-29	56,2	>3	0,63	0,78	0,80	35,41	28,21	4	1,09	38,59	31,03	49,52
	освітлювальне												0,54	0,93	
	Всього по 0,4 кВ												39,13	31,96	50,52
1.6	Склад ГСМ														
	силове	2	5,5	11	1	0,4	0,65	1,17	4,4	5,14	2	1,26	5,54	5,66	7,92
	освітлювальне												0,93	1,60	
	Всього по 0,4 кВ												6,47	7,26	9,73

Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.7	Каналізаційна														
	силове	2	7,5	15	1	0,41	0,77	0,83	6,15	5,10	2	1,26	7,75	5,61	9,56
	освітлювальне												0,56	0,98	
	Всього по 0,4 кВ												8,31	6,58	10,60
1.8	Лабораторія														
	силове	9	0,25-3	21	>3	0,65	0,78	0,80	13,58	10,89	47	1,09	14,80	10,89	18,37
	освітлювальне												1,14	1,98	
	Всього по 0,4 кВ												15,94	12,86	20,49
1.9	Сепаратор БЦС-1														
	силове	16	1,5-30	192,2	>3	0,57	0,75	0,88	112,93	99,17	7	1,21	136,64	109,09	174,85
	освітлювальне												1,86	3,22	
	Всього по 0,4 кВ												138,50	112,31	178,32
1.10	Адміністрація														
	силове	7	0,4-2,2	10	>3	0,59	0,75	0,87	5,88	5,11	9	1,36	8,00	5,62	9,77
	освітлювальне												14,400	6,912	
	Всього по 0,4 кВ												22,40	12,53	25,67
1.11	Насосна														
	силове	1	11	11	1	0,59	0,82	0,70	6,49	4,53	1	1,24	8,05	4,98	9,47
	освітлювальне												2,44	4,22	
	Всього по 0,4 кВ												10,48	9,20	13,95
1.12	Прохідна														
	освітлювальне												0,90	0,43	
1.13	Котельня														
	силове	2	15	30	1	0,59	0,77	0,83	17,7	14,67	2	1,26	22,30	16,13	27,53
	освітлювальне												1,76	3,05	
	Всього по 0,4 кВ												24,07	19,19	30,78
	Ітого по КТП 1														
	силове	138	0,16-55	1184,12	>3	0,59	0,76	0,85	701,80	593,17	45	1,11	779,00	593,17	979,13
	освітлювальне												85,48	128,75	154,54
	Всього на шинах 0,4 кВ												864,48	721,92	1126,28
	Втрати в ТР КТП-1												8,38	53,09	53,75
	З урахуванням втрат												872,86	775,01	1167,27
	КУ 0,4 кВ													-600	

Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього на шинах 10кВ КТП-1												872,86	175,01	890,23
	КТП 2 ЕК														
2.1	Робоча башта 2														
	силове	44	1,1-22	366,9	>3	0,42	0,74	0,91	152,45	138,92	37	1,12	170,74	138,92	220,11
	освітлювальне												5,81	10,04	
	Всього по 0,4 кВ												176,55	148,96	230,99
2.2	Автоприйом участка 2														
	силове	4	7,5-30	67	>3	0,54	0,78	0,81	36,18	29,13	4	1,18	42,69	32,04	53,38
	освітлювальне												0,27	0,47	
	Всього по 0,4 кВ												42,96	32,51	53,87
2.3	Плотня														
	силове	9	2,2-7,5	47,2	>3	0,39	0,68	1,08	18,45	19,86	5	1,13	20,85	21,84	30,20
	освітлювальне												3,99	6,92	
	Всього по 0,4 кВ												24,85	28,76	38,01
2.4	Зерносклади №№1;5;6;9														
	силове	12	15-30	268	2	0,53	0,77	0,82	144,72	119,12	3	1,18	170,77	131,03	215,25
	освітлювальне												2,70	4,67	
	Всього по 0,4 кВ												173,47	135,70	220,24
2.5	Зерносклад №8														
	силове	5	15-30	127	2	0,51	0,76	0,87	64,98	56,33	5	1,18	76,68	61,97	98,59
	освітлювальне												5,85	10,11	
	Всього по 0,4 кВ												82,52	72,08	109,57
2.6	Електроцех														
	силове	5	0,75-4	9,9	>3	0,23	0,67	1,10	2,29	2,54	5	1,21	2,77	2,75	3,90
	освітлювальне												1,48	2,52	
	Всього по 0,4 кВ												4,22	5,27	6,76
2.7	РММ														
	силове	65	3,7-30	863,2	>3	0,16	0,65	1,18	138,112	162,97	27	1,25	172,64	162,97	237,41
	освітлювальне												3,81	6,59	
	Всього по 0,4 кВ												176,45	169,56	244,72
2.8	Сепаратор БЦС-2														
	силове	8	1,5-30	135	>3	0,57	0,76	0,86	74,94	64,61	7	1,21	90,68	71,07	115,21

Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	освітлювальне												8,68	15,02	
	Всього по 0,4 кВ												99,36	86,09	131,47
2.9	Сушарка ДСП-32-2														
	силове	5	1,1-55	104,6	>3	0,47	0,80	0,75	49,16	37,04	5	1,25	61,45	40,75	73,73
	освітлювальне												0,58	1,01	
	Всього по 0,4 кВ												62,03	41,75	74,78
2.10	Гараж														
	силове	7	4-20	66	>3	0,37	0,65	1,18	24,50	29,02	7	1,7	41,90	29,02	50,97
	освітлювальне												4,19	7,25	
	Всього по 0,4 кВ												46,09	36,28	58,65
2.11	Зерносклади 2-4;7;10-14														
2.12	Прожекторне освітлен.														
2.13	Освітлення території														
	Ітого по КТП 2	164	1,1-55	2054,8	>3	0,34	0,73	0,93	703,5	657,0	59	1,12	787,91	657,00	1025,89
	силове												97,64	168,91	
	освітлювальне												885,55	825,91	1210,92
	Всього на шинах 0,4 кВ												8,98	55,49	
	Втрати в ТР КТП 2												894,53	881,40	1255,81
	З урахуванням втрат													-800	
	КУ 0,4 кВ												894,53	81,40	898,22
	Всього на шинах 10кВ														
	Всього по елеватору														
	силове	302	0,16-55	3238,92	>3	0,43	0,75	0,89	1405,3	1250,2	104	1,06	1489,61	1250,17	1944,70
	освітлювальне												217,13	350,21	
	Всього на шинах 0,4 кВ												1706,75	1600,38	2339,70
	Втрати в ТР												17,36	108,58	
	З урахуванням втрат												1724,10	1656,57	2390,98
	З урахуванням $K_c=0,95$												1637,90	1573,74	2271,43
	КУ 0,4 кВ													-1400	
	Всього на шинах 10кВ												1637,90	173,74	1647,09

В роботі вихідні параметри графіків активного навантаження наведено в таблиці 1.4, реактивного – таблиці 1.5-1.6. Побудовані графіки наведено на рис.1.1 –по активній потужності , рис. 1.2-1.3 – по реактивній потужності без компенсації та з компенсацією відповідно.

Таблиця 1.4 – Розрахунки для побудови добових графіків по активній потужності ЕК

t,год	$P_z, \%$	$P_z, \text{кВт}$	$P_L, \%$	$P_L, \text{кВт}$	$P_z, \%$	$P_z, \text{кВт}$	$P_L, \%$	$P_L, \text{кВт}$
	Робочий день				Вихідний день			
0-1	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
1-2	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
2-3	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
3-4	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
4-5	52	90,34	44,2	76,79	32	55,60	27,2	47,26
5-6	52	90,34	44,2	76,79	32	55,60	27,2	47,26
6-7	70	121,62	59,5	103,38	32	55,60	27,2	47,26
7-8	98	170,27	83,3	144,73	32	55,60	27,2	47,26
8-9	100	173,74	85	147,68	28	48,65	23,8	41,35
9-10	98	170,27	83,3	144,73	28	48,65	23,8	41,35
10-11	78	135,52	66,3	115,19	28	48,65	23,8	41,35
11-12	73	126,83	62,05	107,81	28	48,65	23,8	41,35
12-13	98	170,27	83,3	144,73	28	48,65	23,8	41,35
13-14	90	156,37	76,5	132,91	28	48,65	23,8	41,35
14-15	82	142,47	69,7	121,10	28	48,65	23,8	41,35
15-16	78	135,52	66,3	115,19	28	48,65	23,8	41,35
16-17	85	147,68	72,25	125,53	28	48,65	23,8	41,35
17-18	85	147,68	72,25	125,53	32	55,60	27,2	47,26
18-19	74	128,57	62,9	109,28	32	55,60	27,2	47,26
19-20	74	128,57	62,9	109,28	32	55,60	27,2	47,26
20-21	62	107,72	52,7	91,56	32	55,60	27,2	47,26
21-22	62	107,72	52,7	91,56	32	55,60	27,2	47,26
22-23	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
23-24	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
		2868,447		2438,18		1271,777		1081,01

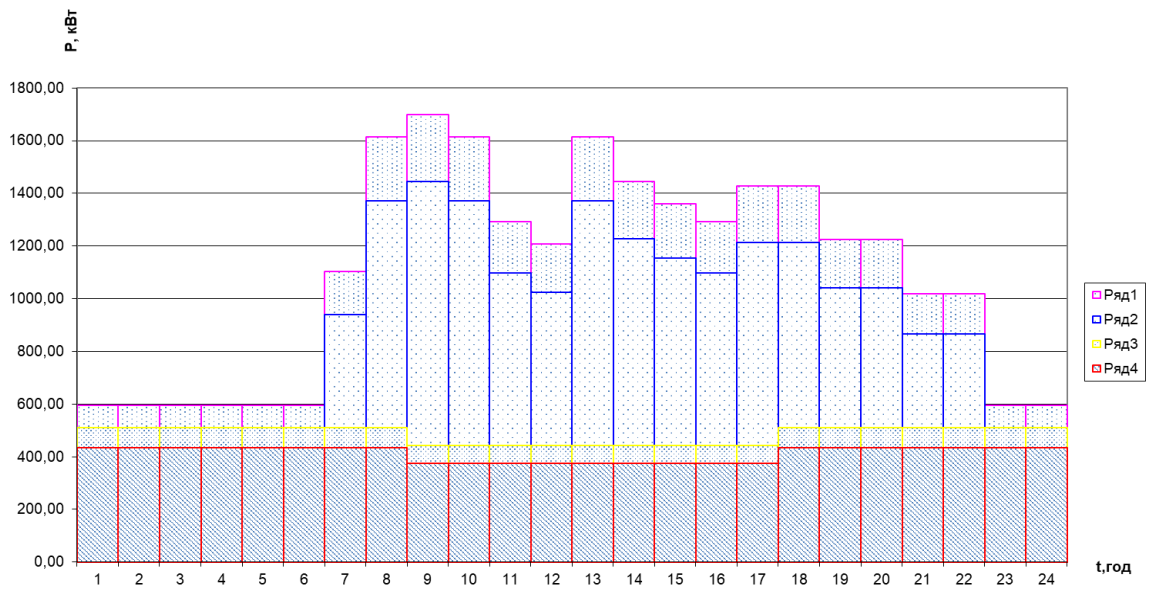


Рис. 1.1 - Добові графіки активної потужності ЕК:1,3- робочі та вихідні зимового періоду; 2,4- робочі та вихідні літнього періоду

Таблиця 1.5 – Розрахунки для побудови добових графіків по реактивній потужності (без компенсації)

t, год	$Q_z, \%$	$Q_z, \text{квар}$	$Q_l, \%$	$Q_l, \text{квар}$	$Q_z, \%$	$Q_z, \text{квар}$	$Q_l, \%$	$Q_l, \text{квар}$
	Робочий день				Вихідний день			
0-1	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
1- 2	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
2-3	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
3-4	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
4-5	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
5-6	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
6-7	30	472,12	25,5	401,30	32	503,60	27,2	428,06
7-8	21	330,49	17,85	280,91	32	503,60	27,2	428,06
8-9	96	1510,79	81,6	1284,17	28	440,65	23,8	374,55
9-10	91	1432,10	77,35	1217,29	28	440,65	23,8	374,55
10-11	96	1510,79	81,6	1284,17	28	440,65	23,8	374,55
11-12	46	723,92	39,1	615,33	28	440,65	23,8	374,55
12-13	64	1007,19	54,4	856,11	28	440,65	23,8	374,55
13-14	85	1337,68	72,25	1137,03	28	440,65	23,8	374,55
14-15	100	1573,74	85	1337,68	28	440,65	23,8	374,55
15-16	78	1227,52	66,3	1043,39	28	440,65	23,8	374,55
16-17	64	1007,19	54,4	856,11	28	440,65	23,8	374,55
17-18	67	1054,41	56,95	896,24	32	503,60	27,2	428,06
18-19	60	944,24	51	802,61	32	503,60	27,2	428,06
19-20	46	723,92	39,1	615,33	32	503,60	27,2	428,06
20-21	64	1007,19	54,4	856,11	32	503,60	27,2	428,06
21-22	67	1054,41	56,95	896,24	32	503,60	27,2	428,06
22-23	60	944,24	51	802,61	32	503,60	27,2	428,06
23-24	57	897,03	48,45	762,48	32	503,60	27,2	428,06
		24141,17		20520		11519,78		9791,81

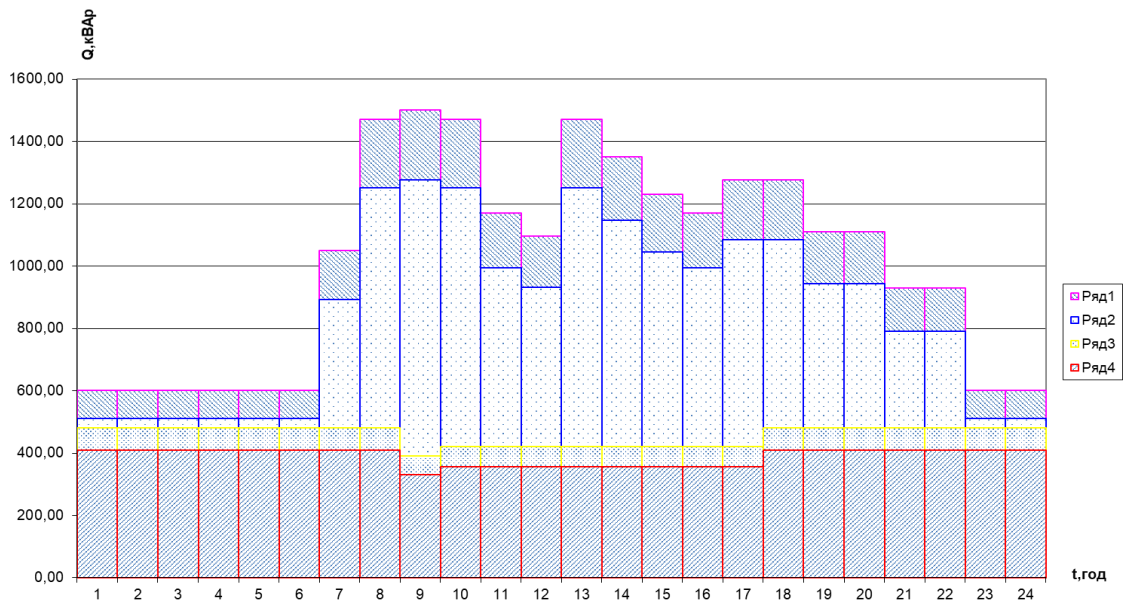


Рис. 1.2 - Добові графіки реактивної потужності ЕК: 1,3- робочі та вихідні зимового періоду; 2,4- робочі та вихідні літнього періоду (без компенсації)

Таблиця 1.6 – Розрахунки для побудови добових графіків по реактивній потужності (з компенсацією).

t, год	Qз, %	Qз, квар	Qл, %	Qл, квар	Qз, %	Qз, квар	Qл, %	Qл, квар
	Робочий день				Вихідний день			
0-1	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
1- 2	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
2-3	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
3-4	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
4-5	52	90,34	44,2	76,79	32	55,60	27,2	47,26
5-6	52	90,34	44,2	76,79	32	55,60	27,2	47,26
6-7	70	121,62	59,5	103,38	32	55,60	27,2	47,26
7-8	98	170,27	83,3	144,73	32	55,60	27,2	47,26
8-9	100	173,74	85	147,68	28	48,65	23,8	41,35
9-10	98	170,27	83,3	144,73	28	48,65	23,8	41,35
10-11	78	135,52	66,3	115,19	28	48,65	23,8	41,35
11-12	73	126,83	62,05	107,81	28	48,65	23,8	41,35
12-13	98	170,27	83,3	144,73	28	48,65	23,8	41,35
13-14	90	156,37	76,5	132,91	28	48,65	23,8	41,35
14-15	82	142,47	69,7	121,10	28	48,65	23,8	41,35
15-16	78	135,52	66,3	115,19	28	48,65	23,8	41,35
16-17	85	147,68	72,25	125,53	28	48,65	23,8	41,35
17-18	85	147,68	72,25	125,53	32	55,60	27,2	47,26
18-19	74	128,57	62,9	109,28	32	55,60	27,2	47,26
19-20	74	128,57	62,9	109,28	32	55,60	27,2	47,26
20-21	62	107,72	52,7	91,56	32	55,60	27,2	47,26
21-22	62	107,72	52,7	91,56	32	55,60	27,2	47,26
22-23	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
23-24	40	69,50	34	59,07	32	55,60	27,2	47,26
		2868,447		2438,18		1271,777		1081,01

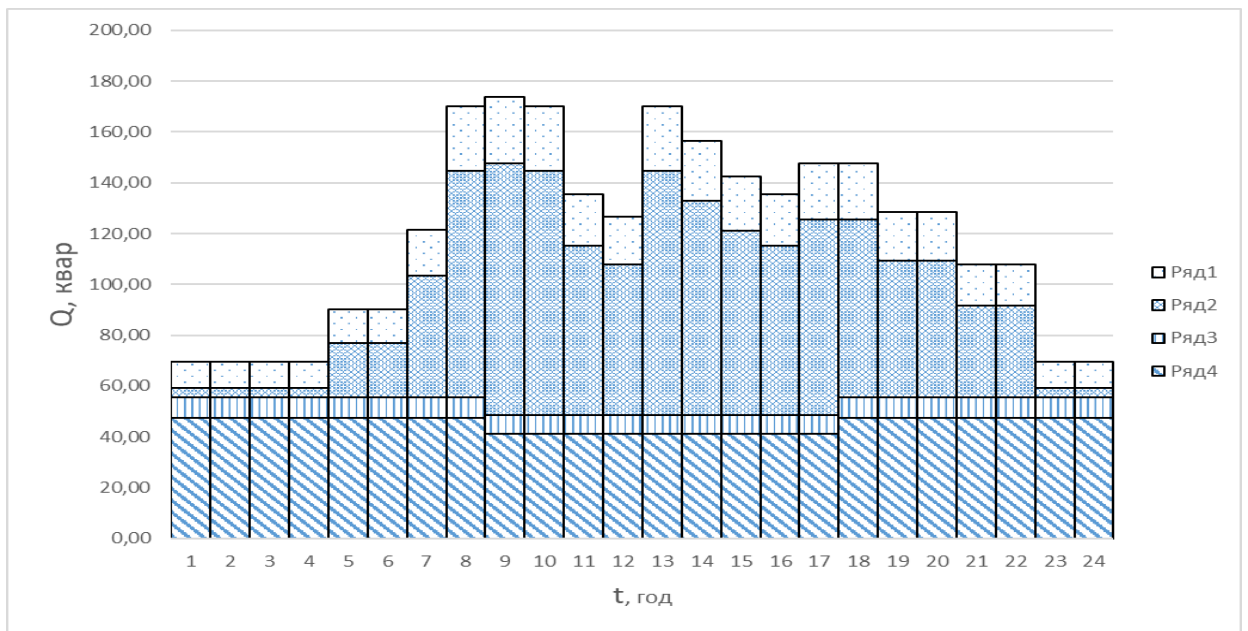


Рис. 1.3 - Добові графіки реактивної потужності ЕК: 1,3- робочі та вихідні зимового періоду; 2,4- робочі та вихідні літнього періоду з врахуванням компенсації

Графік тривалості навантаження для ЕК показує, скільки годин на рік електроспоживач працює з певним рівнем навантаження, дає уявлення про середнє і максимальне навантаження, використовується для вибору потужності трансформаторів і оцінки ефективності використання обладнання. Будується за річними статистичними даними (приймається: 147 діб - зима, 105 - літо, решта - вихідні/міжсезоння).

Вихідна інформація для річного графіка за тривалістю по P представлено у таблиці 1.7, відповідно графік показано на рисунку 1.4.

Таблиця 1.7 – Вихідна інформація для річного графіка за тривалістю по активній потужності P

$P, \text{кВт}$	$T, \text{дн.}$	$T \cdot P$	$t, \text{год}$	$P, \text{кВт}$	$T, \text{дн.}$	$T \cdot P$	$t, \text{год}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1637,9	147	240771,3	147	474,99	65	30874,35	5793
1637,9	147	240771,3	294	474,99	65	30874,35	5858
1441,35	147	211878,5	441	474,99	65	30874,35	5923
1441,35	147	211878,5	588	474,99	65	30874,35	5988
1392,22	147	204656,3	735	474,99	65	30874,35	6053
1392,22	105	146183,1	840	474,99	65	30874,35	6118

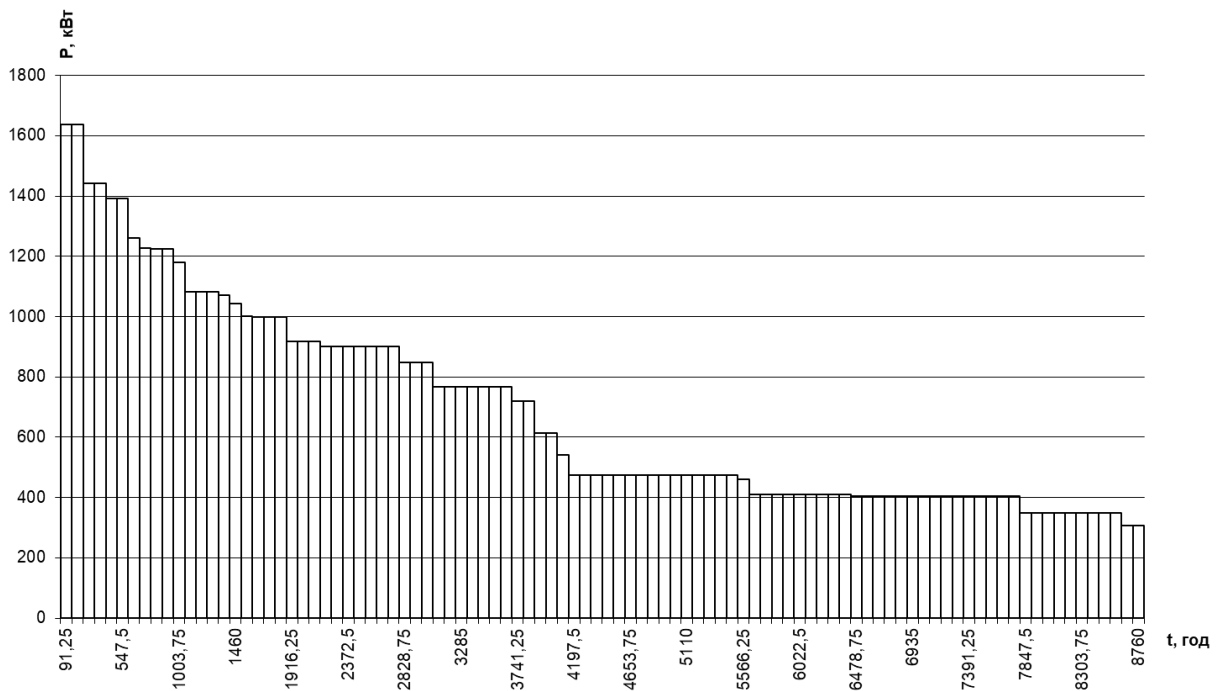


Рис. 1.4 - Річний графік за тривалістю по активній потужності

Розраховуємо споживання активної та реактивної енергії:

$$W_p = \Sigma (P_i \cdot t_i) = 24715,9 \cdot 147 + 21008,5 \cdot 105 + 10810,1 \cdot 65 + 9188,62 \cdot 48 = 6984579,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$V_p = \Sigma (Q_i \cdot t_i) = 2868,447 \cdot 147 + 2438,18 \cdot 105 + 1271,777 \cdot 65 + 1081,01 \cdot 48 = 812224,68 \text{ квар} \cdot \text{год.}$$

Час використання максимуму енергосистеми:

$$T_M = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{(6984579,7^2 + 812224,68^2)}}{1647,09} = 4269,13 \text{ год.}$$

Час найбільших втрат:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4269,13}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 2658,71 \text{ год.}$$

Для аналізу роботи елеваторного комплексу побудовані добові графіки активної/реактивної потужності, графіки тривалості по активній потужності. Ці графіки дозволяють правильно обрати електрообладнання, трансформатори, компенсуючі установки і забезпечити надійність системи електропостачання.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	28

2 КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕК ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРП

Картограма електричних навантажень - це графічне зображення розподілу активної потужності електроспоживачів на території елеваторного комплексу. Вона є важливим етапом проектування системи електропостачання, особливо для великих і просторово розподілених об'єктів, як елеватори. Картограма дозволяє візуалізувати, де саме на території підприємства зосереджені великі енергоспоживачі. Це допомагає побачити нерівномірність розподілу навантаження по цехах і ділянках (сушарки, норії, силоси, насосні станції тощо).

На основі картограми обґрунтовується кількість і розміщення ТП, з урахуванням щільності електричних навантажень, економії на прокладці кабелів, зручності резервування живлення.

Розрахунок радіусів кола і секторів освітлювального навантаження є частиною створення картограми електричних навантажень. Цей графічний метод допомагає просторово представити розподіл потужностей за окремими цехами чи зонами. Розглянемо на прикладі робочої башти 1:

$$R_{\delta 1} = \sqrt{\frac{P_{p.\delta 1} + P_{o.\delta 1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{349,73 + 53,34}{\pi \cdot 10}} = 5,07 \text{ см},$$

де $m = 10 \text{ кВт/см}^2$ - прийнятий масштаб.

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

$$\alpha_{\delta 1} = \frac{360 \cdot P_{o.\delta 1}}{P_{p.\delta 1} + P_{o.\delta 1}} = \frac{360 \cdot 53,34}{403,07} = 50,23^\circ.$$

Для інших підрозділів виконуємо аналогічний розрахунок та зводимо його до таблиці 2.1. Визначаємо координати ЦЕН елеваторного корпусу:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{223714,58}{1846,23} = 121,17 \text{ м}; \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{70639,29}{1846,23} = 38,26 \text{ м},$$

де X_i та Y_i – координати центрів електричного навантаження i -го цеху.

Картограма електричних навантажень дозволяє оптимізувати розміщення ТП, мінімізувати втрати та витрати на кабелі, забезпечити надійне та ефективне електропостачання всього елеваторного комплексу.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		29

Таблиця 2.1 - Дані для побудови картограми електричних навантажень МПК

n/n	Назва підрозділу	P_p , кВт	$P_{осв}$, кВт	$P_{сум}$, кВт	X, м	Y, м	α	R, см	P^*X , м	P^*Y , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Елеватор (з.д. прийом)	58,19	9,43	67,62	22	20	50,23	2,08	1487,66	1352,41
2	Робоча башта, силосні корпуси	349,73	53,34	403,07	79	17	47,64	5,07	31842,67	6852,22
3	Елеватор (автоприйом 1)	138,30	3,58	141,88	56	35	9,09	3,01	7945,46	4965,91
4	Сушарка ДСП-32 -1	61,45	0,72	62,17	36	32	4,15	1,99	2238,09	1989,42
5	Сушарка LAW	38,59	0,54	39,13	68	25	4,95	1,58	2660,85	978,25
6	Сепаратор БЦС -1	89,74	1,86	91,60	77	27	7,32	2,42	7053,55	2473,32
7	Котельня	22,30	1,76	24,07	91	63	26,39	1,24	2190,01	1516,16
8	Каналізаційна	7,75	0,56	8,31	38	98	24,44	0,73	315,91	814,72
9	Склад ГСМ	5,54	0,93	6,47	26	97	51,59	0,64	168,26	627,72
10	Насосна	8,05	2,44	10,48	75	63	83,68	0,82	786,35	660,54
11	Електропеч	2,76	1,46	4,22	252	67	124,21	0,52	1063,80	282,83
12	Лабораторія	14,80	1,14	15,94	3	35	25,79	1,01	47,83	558,06
13	Вагова	0	2,76	2,76	27	54	360,00	0,42	74,39	148,78
14	Адміністрація	8,00	14,40	22,40	3	83	231,46	1,19	67,19	1858,93
15	Прохідна	0	0,90	0,90	2	71	360,00	0,24	1,80	63,80
16	Робоча башта 2	170,74	5,81	176,55	151	50	11,84	3,35	26658,72	8827,39
17	Автоприйом участка №2	42,69	0,27	42,96	151	64	2,25	1,65	6487,14	2749,52
18	Сушарка ДСП-32-2	61,45	0,58	62,03	158	37	3,38	1,99	9801,51	2295,29
19	Сепаратор БЦС -2	90,68	8,68	99,36	108	50	31,46	2,52	10730,84	4967,98
20	Зерносклад №1	42,69	2,70	45,39	113	20	21,42	1,70	5129,50	907,88
21	Зерносклад №2	0	3,75	3,75	137	20	360,00	0,49	513,72	75,00

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	Зерносклад №3	0	7,42	7,42	173	20	360,00	0,69	1283,47	148,38
23	Зерносклад №4	0	5,69	5,69	213	20	360,00	0,60	1210,93	113,70
24	Зерносклад №5	42,69	3,75	46,44	252	20	29,07	1,72	11702,82	928,80
25	Зерносклад №6	42,69	5,40	48,09	211	50	40,44	1,75	10147,60	2404,64
26	Зерносклад №7	0	5,20	5,20	179	50	360,00	0,58	931,03	260,06
27	Зерносклад №8	76,68	5,85	82,52	130	50	25,50	2,29	10727,96	4126,14
28	Зерносклад №9	42,69	4,52	47,21	55	82	34,44	1,73	2596,32	3870,88
29	Зерносклад №10	0	6,13	6,13	82	82	360,00	0,62	502,55	502,55
30	Зерносклад №11	0	5,48	5,48	111	82	360,00	0,59	608,67	449,65
31	Зерносклад №12	0	4,07	4,07	140	81	360,00	0,51	570,12	329,86
32	Зерносклад №13	0	5,08	5,08	173	81	360,00	0,57	878,90	411,51
33	Зерносклад №14	0	4,44	4,44	203	80	360,00	0,53	900,35	354,82
34	Плотницький цех	20,85	4,00	24,85	255	54	57,93	1,26	6336,34	1341,81
35	Ремонтно-механічна майстерня	172,64	3,81	176,45	259	39	7,77	3,35	45700,61	6881,56
36	Гараж	41,895	4,19	46,09	268	77	32,75	1,71	12351,66	3548,80
				1846,23					223714,58	70639,29

3 ВИБІР НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ЕК ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Для забезпечення надійного та ефективного електропостачання ТП елеваторного комплексу, які розташовані на відстані 1,7 км від ПС 35/10 кВ енергосистеми, можна запропонувати кілька варіантів живлення, кожен з яких має свої техніко-економічні переваги.

Розглядаємо встановлення ЦРП-10 або ГЗП 35/10 кВ, так як планується розширення виробництва, потрібна висока надійність, відстань до ПС системи 35/10 кВ становить більше 1 км, є потреба оптимізувати втрати та розподіл навантажень.

У першому варіанті електропостачання елеватору здійснюється КЛ $U_{ном} = 10$ кВ від шин 10 кВ п/ст. «Долинська» на відстані 1,7 км., з встановленням ЦРП (рис.3.1).

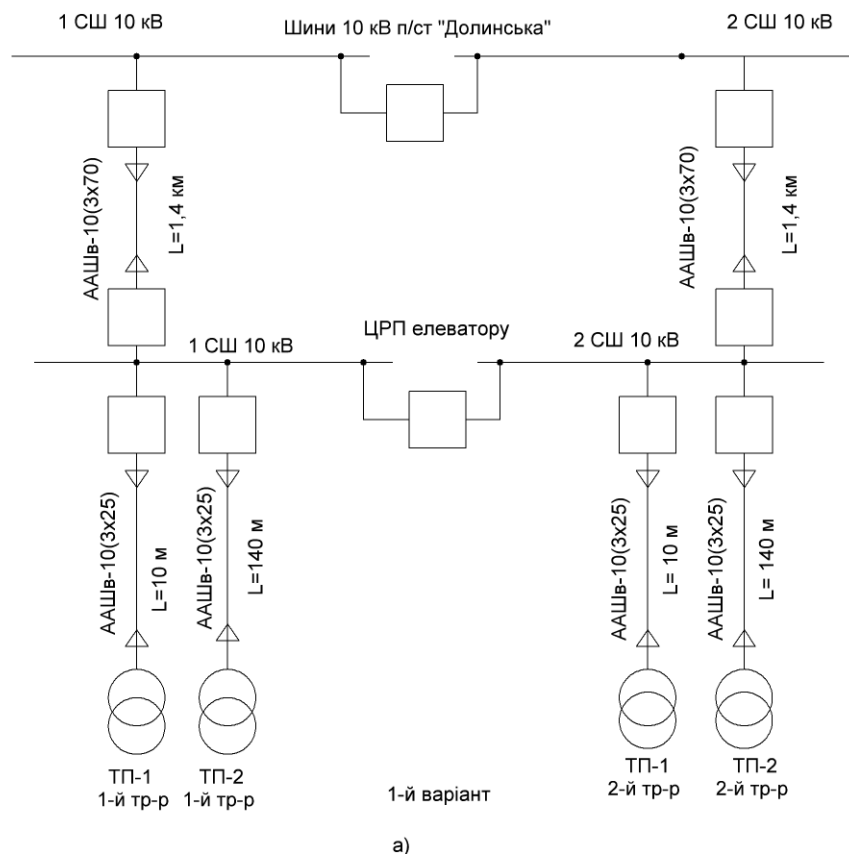


Рис. 3.1 – Живлення елеваторного комплексу від ЦРП

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	32

У другому варіанті – пропонується здійснювати живлення дволанцюговою ЛЕП $U_{ном} = 35$ кВ від шин 35 кВ підстанції «Долинська» довжиною 1,7 км., з встановленням ГЗП - 35/10 кВ (рис.3.2).

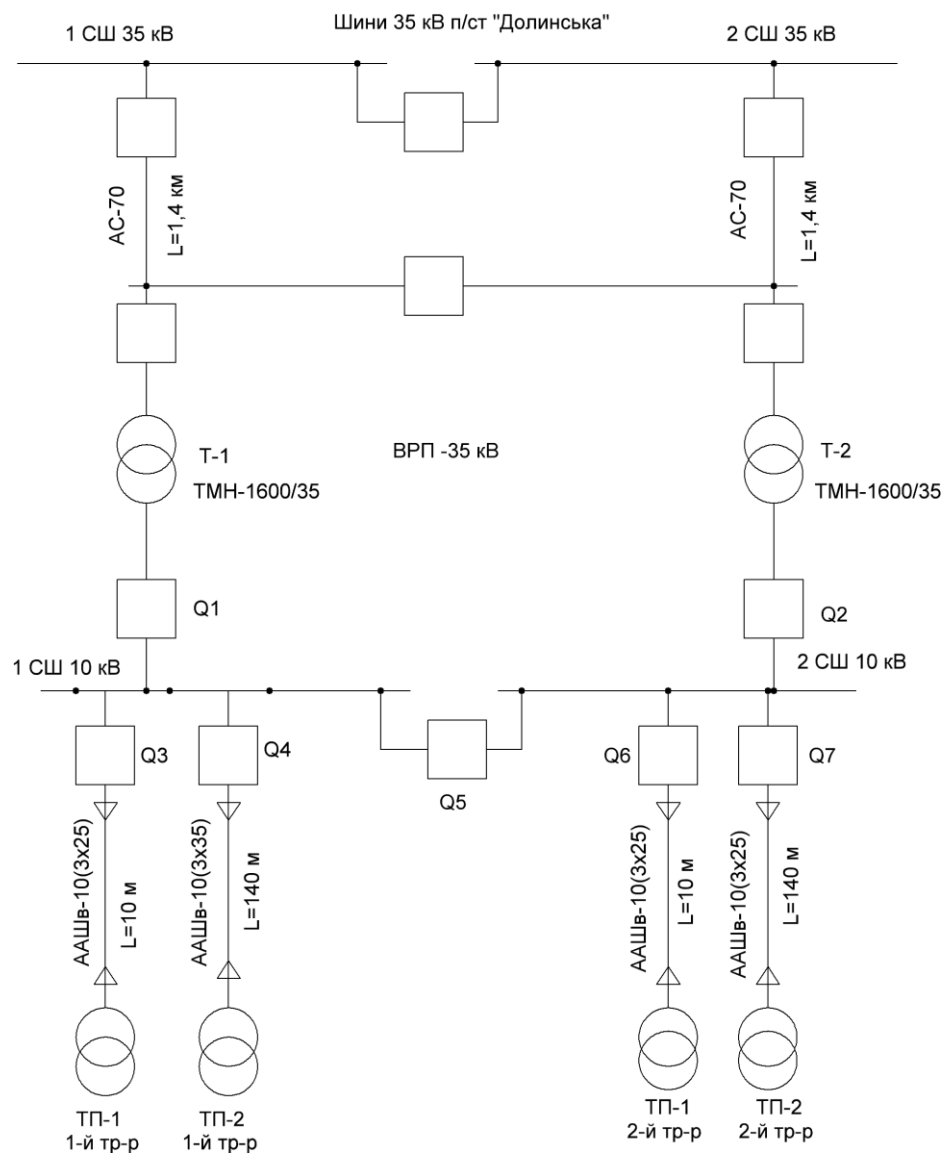


Рис. 3.2 – Живлення ЕК від ГЗП 35/10 кВ

Порівняння варіантів живлення елеватору виконується згідно з техніко-економічною методикою [3], що дозволяє вибрати оптимальний варіант електропостачання з урахуванням енергоефективності, надійності та вартості.

Спочатку визначаємо технічні показники для кожного варіанту (протяжність та конфігурація ліній, потужність трансформаторів) та розраховуємо електричні втрати у лініях та трансформаторах.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		33

Для схеми живлення, що зображено на рис. 3.1, розраховуємо струм у кабельній лінії 10 кВ:

$$I_{p.кл} = \frac{S_{p.ЕК}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1647,09}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 45,28 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель марки ААШв-10 [10] з тривалодопустимим струмом 115 А, перерізом $3 \times 35 \text{ мм}^2$, питомі втрати потужності: $\Delta p_0 = 42 \text{ кВт/км}$.

Виконуємо перевірку в нормальному та аварійному режимах роботи:

$$I_p = 45,28 \text{ А} \leq k_n \cdot I_{mp.дон} = 0,92 \cdot 275 = 253 \text{ А};$$

$$I_{p.ав.} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 45,28 = 90,56 \text{ А} \leq k_{ав.н} \cdot k'_n \cdot I_{mp.дон} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 115 = 129,375 \text{ А.}$$

Кабель відповідає умовам вибору. З цим кабелем елеватор надійно працює в аварійному режимі.

Перевірку кабельної лінії за умовою термічної стійкості виконано у шостому розділі БР. Остаточо приймаємо кабель ААШв -10 (3x70), з параметрами $I_{доп.} = 165 \text{ А}$, втрати потужності на 1 км: $\Delta P_{1 км} = 44 \text{ кВт}$.

Завантаження кабелю в нормальному режимі:

$$k_3 = \frac{I_p}{I_{доп.}} = \frac{46,28}{165} = 0,274.$$

Розрахунок втрат потужності та енергії виконується згідно з такими формулами:

$$\Delta P_{кл} = \Delta p_{0кл} \cdot n \cdot l \cdot k_3^2 = 44 \cdot 2 \cdot 1,7 \cdot 0,274^2 = 11,268 \text{ кВт};$$

$$\Delta E_{кл} = \Delta P_{кл} \cdot \tau_{max} = 11,268 \cdot 2658,71 = 29957,73 \text{ кВт·год};$$

$$C_{втр.} = \Delta E_{кл.} \cdot C_0 = 29957,73 \cdot 9,137 \cdot 10^{-3} = 273,72 \text{ тис.грн.}$$

Для схеми живлення від ГЗП (рис.3.2), розраховуємо струм у повітряній лінії 35 кВ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1647,09}{\sqrt{3} \cdot 35} = 27,17 \text{ А}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		34

Приймаємо варіант двохланцюгової повітряної лінії електропередачі з проводом типу АС-95, який має площу перерізу 95 мм² і такі технічні характеристики: допустимий струм - 265 А, питомі втрати потужності на один ланцюг - 134 кВт/км.

Завантаження лінії в умовах нормального режиму роботи становить:

$$k_3 = \frac{I_p}{I_{доп.}} = \frac{27,17}{2 \cdot 330} = 0,0411.$$

Передбачається встановлення двох трансформаторів номінальною потужністю $S_H = 1,6$ МВА. Для цього обираємо трансформатори типу ТМН-1600/35 із такими характеристиками:

- втрати холостого ходу $\Delta P_{xx} = 2,9$ кВт;
- втрати короткого замикання $\Delta P_{кз} = 16,5$ кВт;
- струм холостого ходу $I_{xx} = 1,3$ %;
- напруга короткого замикання $U_k = 6,5$ %.

Навантаження трансформаторів у штатному режимі роботи становить:

$$K_3 = \frac{1647,09}{2 \cdot 1600} = 0,515.$$

У разі вимкнення одного з трансформаторів, другий трансформатор забезпечує живлення споживачів, працюючи в режимі допустимого аварійного перевантаження.

При цьому не виникає потреби у відключенні споживачів третьої категорії.

$$S = 1,4 \cdot S_H = 1,4 \cdot 1600 = 2240 \text{ мВА.}$$

Втрати потужності та енергії для другого варіанту розраховуються для ЛЕП 35 кВ та трансформаторів ГЗП:

$$\Delta P_{пл} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot k_3^2 = 134 \cdot 2 \cdot 1,7 \cdot 0,0411^2 = 0,77 \text{ кВт}$$

$$\Delta E = \Delta P_{пл} \cdot \tau_{max} = 0,77 \cdot 2658,71 = 2052,785 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{тр} &= 2 \cdot (\Delta P_x \cdot t_{вкл} + \Delta P_{к} \cdot \tau \cdot K_3^2) = 2 \cdot (2,9 \cdot 8760 + 16,5 \cdot 2658,71 \cdot 0,515^2) = \\ &= 226691 \text{ кВт} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

$$\Delta E = \Delta E_{пл} + \Delta E_{тр} = 2052,785 + 226691 = 228743,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		35

$$C_{\text{втр}} = \Delta E \cdot C_0 = 228743,8 \cdot 7,558 \cdot 10^{-3} = 1728,846 \text{ тис грн.}$$

Розраховуємо збитки, пов'язані з перервою в електропостачанні елеваторного комплексу. Методика обчислення та необхідні довідкові дані наведені у джерелах [3,4]. Для першого варіанта розглядається кабельна лінія та вимикач на 10 кВ. Для другого варіанта розрахунок виконується для схеми, що включає повітряну лінію, вимикач на 35 кВ та трансформатор 35/10 кВ. Розрахунки наведено у форматі таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення збитків від перерви в електропостачанні для ЕК

Розрахункова формула або параметр	Розмірність	I варіант	II варіант
		Результат розрахунку	
1	2	3	4
$\lambda_{a1}; T_{B1}$	1/рік; рік	0,02; $1,1 \cdot 10^{-3}$	0,04; $45 \cdot 10^{-3}$
$\lambda_{a2}; T_{B2}$	1/рік1/рік;	0,02; $7,0 \cdot 10^{-3}$	0,0374; $1,3 \cdot 10^{-3}$
$\lambda_{a3}; T_{B3}$	1/рік; рік	- ; -	0,018; $0,8 \cdot 10^{-3}$
$\lambda_a = \sum_1^n \lambda_{ai}$	1/рік	0,0627	0,0954
$T_e = \frac{\sum \lambda_{ai} \cdot T_{vi}}{\lambda_a}$	рік	$5,118 \cdot 10^{-3}$	$19,59 \cdot 10^{-3}$
$K_{\Pi} = 1,2 \cdot K_{\text{пнм}}$	в.о.	$3,24 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$
$K_{\text{ап}} = 0,5 \cdot \lambda_a \cdot K_{\Pi}^2$	в.о.	$0,39 \cdot 10^{-6}$	$2,473 \cdot 10^{-6}$
$K_a = \lambda_a \cdot T_B$	в.о.	$0,321 \cdot 10^{-3}$	$1,869 \cdot 10^{-3}$
$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2 \cdot K_{\text{ап}}$	в.о.	$0,761 \cdot 10^{-6}$	$8,71 \cdot 10^{-6}$
$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760$	в.о.	0,067	0,763
$P_{\text{ср}} = \frac{P_p \cdot T_{\text{max}}}{8760}$	кВт	798,22	798,22
$Z_{\text{б}} = Z_{\text{б.о.}} \cdot P_{\text{ср}} \cdot T_a \cdot 10^{-3}$	тис.грн.	2,674	30,452

Виконуємо розрахунок капітальних інвестицій для різних варіантів схем електропостачання (таблиця 3.2).

Поточні витрати оцінюються укрупнено за двома основними складовими, тобто за амортизаційними відрахування та експлуатаційними витратами (таблиця 3.3).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		36

Таблиця 3.2 - Капітальні інвестиції у варіанти схем живлення ЕК

Варіант	Елемент схеми живлення	Одиниця вимірювання	Кількість	Вартість одного, тис. грн.	Вартість всього, тис. грн.
I	Комірки з вакуумними вимикачами	шт.	2	185	370
	КЛ ААШВ-10(3x70) в траншеї	км	3,4	756	2570,4
	Всього				2940,4
II	ЛЕП-35 кВ; 2хАС-95/16	км	1,7	456	775,2
	ВРП-35 кВ з трьома вимикачами	шт.	1	970	970
	ТР ТМН-1600/35	шт.	2	640	1280
	Всього				3052,2

Таблиця 3.3- Розрахунок поточних витрат для варіантів живлення ЕК

Варіант	Найменування елементів схеми	K_j , т.грн.	H_{aj} , %	H_{ej} , %	$H_{a.e.j}$, %	C_j , т.грн.
I	Шафа 10 кВ з вимикачем	370	5	5	10	74
	Кабельна лінія в траншеї	2570,4	15	5	20	257,04
	Всього	2940,4				331,04
II	ПЛ-35 кВ	775,2	5	5	10	77,52
	ОРУ-35 кВ	970	15	5	20	194
	Трансформатори	1280	15	5	20	256
	Всього	3052,2				527,52

Приведені витрати:

$$P_{вi} = E_n \cdot K_i + C_i + C_{втр.i} + 3б_i;$$

$$P_{в1} = 0,12 \cdot 2940,4 + 331,04 + 273,72 + 2,674 = 960,29 \text{ тис.грн.};$$

$$P_{в2} = 0,12 \cdot 3052,2 + 527,52 + 1728,85 + 30,45 = 2649,84 \text{ тис.грн.}$$

Остаточню, техніко-економічні показники варіантів зведено до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 -Техніко-економічні показники варіантів

№ вар.	K_i	C_i	$C_{втр.i}$	$3б_i$	$P_{вi}$
I	2940,4	331,04	273,72	2,674	960,29
II	3052,2	527,52	1728,85	30,45	2649,84

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	37

Вибір остаточного варіанту схеми зовнішнього електропостачання ЕК базується на технічному аналізі схеми живлення, розрахунку втрат та капітальних витрат; оцінці довгострокових витрат (зведених), виборі варіанту з найкращим співвідношенням "ціна–ефективність–надійність". Тому, обираємо 1-й варіант з встановленням ЦРП.

Для внутрішньої системи електропостачання елеваторного комплексу оптимально приймати напругу 0,4 кВ для цехових і розподільчих мереж, а 10 кВ - для внутрішньозаводської передачі потужності до трансформаторних підстанцій.

Напруга 0,4 кВ використовується для живлення електродвигунів, транспортерів, млинів, насосів, освітлення тощо, забезпечує просте підключення стандартного низьковольтного обладнання, має широке поширення в типових розподільчих шафах і комірках, економічно доцільна при споживачах до 100 кВт.

Таким чином, внутрішньозаводські магістралі між ЦРП та ТП виконуються на 10 кВ, локальні внутрішні мережі елеватора (в межах будівель, цехів) - на 0,4 кВ, із розподілом на силове та освітлювальне навантаження.

Для елеваторного комплексу, де споживачі живляться напругою 0,4 кВ, найдоцільнішим є застосування змішаної схеми електропостачання, яка поєднує переваги радіальної та магістральної схем.

Радіальна схема доцільна для відповідальних агрегатів (наприклад, сушарка, основний норій, головний транспортер), коли потрібно забезпечити високу надійність та простоту АВР. Магістральна схема застосовується для груп менш критичних механізмів, розміщених компактно, коли важливим є зниження капітальних витрат на кабель. Найкращим варіантом є змішана схема, яка забезпечує раціональний баланс між надійністю та вартістю, полегшує модернізацію та розширення системи. Таким чином, для елеваторного комплексу з різнорідними групами споживачів доцільно використовувати змішану схему електропостачання напругою 0,4 кВ, де відповідальні споживачі підключаються радіально, а менш критичні - через магістралі.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					38

4 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Баланс реактивної потужності ЕК та вибір пристроїв для її компенсації

Компенсація реактивної потужності на промисловому підприємстві виконується з метою оптимізації роботи електроенергетичної системи, підвищення енергоефективності та зменшення фінансових витрат. Це важливий елемент сучасного управління електропостачанням, особливо для підприємств із великою кількістю електродвигунів, наприклад, елеваторного комплексу. Розрахунок балансу реактивної потужності на елеваторному комплексі виконується за методикою, що наведено в [3], з врахуванням потужності, що передається від системи та оптимального розміщення КП в мережі 0,4 кВ та 10 кВ.

Потужність, що надає система при $\text{tg } \varphi_c = 0,15$:

$$Q_c = P_{p,10} \cdot \text{tg } \varphi_c = 1637,90 \cdot 0,15 = 245,68 \text{ квар.}$$

Мінімально кількість трансформаторів ЕК, що необхідна для передачі РП з коефіцієнтом завантаження 0,7 :

$$N_{T\text{min}} = P_{p,0,4} / (K_3 \cdot S_{T\text{ном}}) = 1706,75 / (0,7 \cdot 630) = 3,87 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4. Цю кількість трансформаторів розглядаємо у якості першого варіанту:

– передача реактивної потужності у низьковольтну мережу:

$$Q_{п1} = \sqrt{(n \cdot S_{mp} \cdot k_3)^2 - P_{p,0,4}^2} = \sqrt{(4 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 1706,75^2} = 445,77 \text{ квар.}$$

Встановлення КП в низьковольтній мережі:

$$Q_{кпн} = Q_n - Q_{п1} = 1600,38 - 445,77 = 1154,61.$$

Виходячи зі стандартної потужності НБК плануємо встановити:

$$Q_{кн} = 1200 \text{ квар: } 4 \times 300 \text{ квар.}$$

Значення $Q'_{п1}$ після уточнення:

$$Q'_{п1} = Q_n - Q_{кн} = 1600,38 - 1200 = 400,38.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		39

Встановлення КП у високовольтній мережі:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_{\text{кн}} - Q_e = 1573,74 - 1200 - 245,68 = 128,06 \text{ квар.}$$

Отримане значення реактивної потужності є невеликим, порівняно з мінімальним кроком регулювання для високовольтних БСК – 225 квар (високовольтної конденсаторної установки УКРМ), або 150 квар - для нерегульованої високовольтної БСК - УКРМ 10,5-150 [9], і потребує встановлення БСК тільки на одній секції шин 10 кВ. Враховуючи технологічні особливості підприємства та його відносно невисоку потужність, розглянемо варіант з встановленням всіх конденсаторних установок на низькій напрузі.

Тоді плануємо встановити на боці низької напруги:

$$Q_{\text{кн}} = 1400 \text{ квар: } 2 \times 800 \text{ квар та } 2 \times 300 \text{ квар.}$$

$$Q''_{\text{п1}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{кн}} = 1600,38 - 1400 = 200,38.$$

Визначаємо втрати активної потужності:

- в цехових КТП:

$$\Delta P_{\text{кп}} = (Q_{\text{п}}^2 \cdot R_{\text{ек}}) / U_{\text{н}}^2 = (200,38^2 \cdot 541,698 \cdot 10^{-6}) / 10^2 = 0,87 \text{ кВт,}$$

де $R_{\text{ек}} = (\Delta P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{н}}^2) / (N_{\text{тр}} \cdot S_{\text{н тр}}^2) = (8,6 \cdot 10^2) / (4 \cdot 630^2) = 541,698 \cdot 10^{-6} \text{ КОм;}$

- у низьковольтних БК:

$$\Delta P_{\text{кн}} = \Delta P_{\text{пит}} \cdot Q_{\text{кн}} = 0,0045 \cdot 1400 = 5,4 \text{ кВт.}$$

Визначаємо вартість трансформаторних підстанцій та низьковольтних БСК:

$$K_{\text{кп}} = n_{\text{кп}(2)} \cdot K_{\text{кп}(2)} = 2 \cdot 650 = 1300 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{\text{кн}} = N_{\text{бк}0,4i} \cdot K_{\text{бк}0,4i} = 2 \cdot 151,44 + 2 \cdot 105,936 = 514,752 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$B_1 = E_{\text{н}} \cdot (K_{\text{кп}} + K_{\text{ку}10} + K_{\text{ку}0,4}) + (\Delta P_{\text{ку}10} + \Delta P_{\text{ку}0,4} + \Delta P_{\text{кп,прк}}) \cdot C_0 \cdot \tau_{\text{max}}$$

$$B_1 = 0,12 \cdot (1300 + 0 + 514,75) + (5,4 + 0 + 0,87) \cdot 9,137 \cdot 10^{-3} \cdot 2658,71 = 370,08 \text{ тис. грн.}$$

Далі необхідно збільшити кількість ТП: для другого варіанту - $N = N_0 + 1 = 5$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		40

та для третього - $N = N_0 + 2 = 6$. Повторюємо аналогічні розрахунки та заносимо результати до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Баланс реактивної потужності за варіантами для ЕК

№ вар.	Кіл-сть ТР КТП	Q_c , квар	$Q_{пл}$, квар	$Q_{кн.ЕК}$, квар	$Q_{кв.ЕК}$, квар
I	2x630	245,68	400,38	1400	0
II	2x630+1x630	245,68	1400,38	200	1200
III	3x630	245,68	2021,96	0	1400

Таблиця 4.2 – Основні розрахунки за варіантами

№ вар.	$\Delta P_{ку.0,4}$, кВт	$\Delta P_{ку.10}$, кВт	$R_{екв}$, Ом	$\Delta P_{кТП}$, кВт	$K_{ку.0,4}$, тис. грн.	$K_{ку.10}$, тис. грн.	$K_{кТП}$, тис. грн.	B_i , тис. грн.
I	5,4	0,87	0,541	0,22	514,752	0	1300	370,08
II	0,9	3,6	0,433	6,24	86,4	1380	1650	634,89
III	0	4,2	0,361	7,08	0	2620	1950	822,45

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності для варіантів 2 та 3:

$$B_2 = 0,12 \cdot (1650 + 1380 + 86,4) + (3,6 + 0,9 + 6,24) \cdot 9,137 \cdot 10^{-3} \cdot 2658,71 = 634,89 \text{ тис. грн.}$$

$$B_3 = 0,12 \cdot (1950 + 2620 + 0) + (4,2 + 0 + 7,08) \cdot 9,137 \cdot 10^{-3} \cdot 2658,71 = 822,45 \text{ тис. грн.}$$

Отже, всі конденсаторні установки встановлюємо на шинах 0,4 кВ КТП. В таблиці 4.1 представлено баланс реактивної потужності ЕК.

6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування КП.

На території елеваторного комплексу планується встановити дві двотрансформаторні підстанції (розділ 5). Відповідно до розрахунку балансу реактивної потужності БСК будуть встановлені на шини 0,4 кВ кожної підстанції. КТП мають приблизно однаковий рівень завантаження, потужність БСК по КТП визначимо за формулою:

– для КТП-1:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					41

$$Q_{кп1} = Q_{н.кп1} - Q_{п1} = 721,92 - 174,92 = 547 \text{ квар},$$

де $Q_{п}$ – РП, що передається через трансформатори КТП при коефіцієнті завантаження трансформаторів – 0,7.

$$Q_{п1} = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_3)^2 - P_{н1}^2} = \sqrt{(2 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 864,48^2} = 174,928 \text{квар};$$

для КТП-2:

$$Q_{кп2} = Q_{н.кп2} - Q_{п2} = 825,91 - 0 = 825,91 \text{ квар};$$

$$Q_{п2} = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_3)^2 - P_{н2}^2} = \sqrt{(2 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 885,55^2} = 0 \text{квар}.$$

Від’ємне число під знаком кореня свідчить про неможливість передачі реактивної потужності при $K_3=0,7$.

Для встановлення приймаємо низьковольтні конденсаторні установки моделі УКРМ 0,4-300/7-25 (мають ступені регулювання - 25+25+50+50+50+50+50) та УКРМ 0,4-400/10-40 (40x10) [8]:

- для КТП-1: 2x УКРМ 0,4-300/7-25; $Q_{\Sigma} = 600$ квар;
- для КТП-2: 2x УКРМ 0,4-400/10-40; $Q_{\Sigma} = 800$ квар.

В цьому розділі розраховано компенсацію реактивної потужності ЕК, яка дозволяє знизити витрати на електроенергію, уникнути штрафів, покращити роботу обладнання, продовжити термін служби електромережі, забезпечити надійність і стабільність технологічних процесів.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата						42

5 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

5.1 Вибір кількості, потужності та місця розташування ЦРП і цехових підстанцій ЕК

Розміщення ЦРП і цехових ТП визначається електричними навантаженнями та їх розташуванням на генплані підприємства з урахуванням будівельних, експлуатаційних вимог, конфігурації цехів, розміщення обладнання, умов охолодження, пожежної та електробезпеки.

Використовують одно- і двотрансформаторні ТП. Двотрансформаторні доцільні для електроприймачів I та II категорій, а також у енергомістких цехах з високою питомою густиною навантажень.

Кількість і потужність трансформаторів залежать від конфігурації навантажень, просторових умов, режимів роботи споживачів та питання компенсації реактивної потужності. У практиці вибір трансформаторів здійснюється з урахуванням коефіцієнта завантаження: 0,7–0,8 для навантажень II категорії, 0,9–0,95 – III.

Потужність цехових трансформаторів визначається на основі розрахункової потужності споживачів, з урахуванням категорії надійності, коефіцієнтів завантаження, нерівномірності навантаження і просторових умов розміщення. Завжди передбачається резерв для покриття зростання навантажень і підвищення надійності системи.

Виконуємо вибір потужності трансформаторів цехових ТП. Передбачається встановлення двотрансформаторних підстанцій. Для ТП-1 вибираємо трансформатори за умовами систематичного та аварійного перевантаження (відсоток споживачів III-ї категорії складає 25%):

- систематичне перевантаження:

$$S_{\text{ном.сист.}} \geq \frac{S_{p.mtl}}{n \cdot K_1} = \frac{885,84}{2 \cdot 1,08} = 410,11 \text{ кВА,}$$

де n – кількість трансформаторів на підстанції; K_1 – коефіцієнт, що враховує кількість змін роботи підприємства.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		43

- аварійне перевантаження:

$$S_{ном.ав.} \geq \frac{K_{I,II} \cdot S_{p.mml}}{(n-1) \cdot K_2} = \frac{0,75 \cdot 885,84}{(2-1) \cdot 1,4} = 474,56 \text{ кВА},$$

де K_2 – коефіцієнт, що враховує тривалість допустимого аварійного перевантаження.

Приймаємо трансформатори потужністю $S_{ном} = 630$ кВА.

Значення коефіцієнту завантаження при роботі в нормальному режимі:

$$K_{з.ном} = \frac{S_{p.mml}}{n \cdot S_{mp}} = \frac{885,84}{2 \cdot 630} = 0,7.$$

Для аварійного режиму відключається 0,44 % споживачі третьої категорії.

Коефіцієнт завантаження в аварійному режимі:

$$K_{з.ав.} = \frac{K_{I,II} \cdot S_{p.тп1}}{S_{mp}} = \frac{0,75 \cdot 885,84}{630} = 1,05 < 1,4.$$

Аналогічні розрахунки виконуємо для ТП-2, та заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вибір трансформаторів цехових ТП елеваторного комплексу

№ ТП	$S_{p.тп1}$, кВА	$S_{ном.сист.}$, кВА	$S_{ном.ав.}$, кВА	$S_{ном.}$, кВА	$K_{з.ном}$	$K_{з.ав.}$	% відкл.споживачів III категорії
1	885,84	410,11	474,56	630	0,703	1,05	0,44
2	899,59	416,48	481,92	630	0,714	1,07	1,99

5.2 Розташування та компоновка КТП елеваторного комплексу

Вибір типу трансформаторів, що застосовуються, виконуємо з урахуванням особливостей роботи елеваторного господарства. До зовнішніх факторів, що впливають на вибір трансформаторів для елеваторного комплексу, належать: температура, вологість, запиленість, вібрації, пожежна небезпека, умови встановлення та обмеження на обслуговування.

Виходячи з цього, приймаємо до встановлення герметичні масляні трансформатори типу ТМГ, які забезпечують високу надійність, безпеку та мінімальне технічне обслуговування, що робить їх оптимальним вибором для елеваторів.

								Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				44

У трансформаторах типу ТМГ масло не контактує з повітрям, тому не окислюється, зменшується ймовірність потрапляння вологи й пилу. Такі трансформатори мають гофровані стінки баку, які компенсують теплове розширення масла, зменшену кількість з'єднань, де можливі витіки масла, високий клас ізоляції і термостійкості. Це забезпечує безперервну роботу в агресивних умовах - при підвищеній температурі, пилу, вібраціях. Відсутність вільного доступу до масла знижує ризик займання. ТМГ трансформатори легко вбудовуються в комплектні трансформаторні підстанції (КТП), можуть бути встановлені як назвні, так і всередині прибудованих ТП. Строк експлуатації герметичних ТМГ - до 25–30 років.

Технічні параметри обраних трансформаторів представлено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 -Технічні данні трансформаторів ТМГ - 630/10/0,4

S , кВ·А	$\Delta P_{\text{хх}}$, кВт	$U_{\text{вн}}$, кВ	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	$u_{\text{к}}$, %	$U_{\text{нн}}$, кВ	$I_{\text{т.ст.нн.1с}}$, кА	$I_{\text{т.ст.вн.1с}}$, кА	$I_{\text{ед.ст.нн}}$, кА	$I_{\text{ед.ст.вн}}$, кА
630	0,105	10	8,6	5,5	0,4	25	20	50	51

Герметичні трансформатори ТМГ забезпечують надійне, безпечне і довговічне електропостачання елеваторного комплексу, не вимагають регулярного обслуговування, стійкі до агресивного середовища (пил, волога, перепади температур), оптимальні за співвідношенням "ціна - ресурс - зручність експлуатації".

Для елеваторного комплексу доцільно розміщувати трансформатори ТМГ у таких типах КТП: КТПБ - для прибудованого варіанту; КТПМ або КТПН - для локальних вузлів. Першу КТП-1 виконуємо прибудованого типу - КТПБ (блочна прибудована). Розміщується поряд з технологічним приміщенням, що зменшує довжину кабелів, забезпечує захист від опадів, пилу, вітру, може експлуатуватися без нагляду, якщо передбачені автоматичні системи захисту. Прибудована до ЦРП. Другу КТП-2 виконуємо КТПН, що забезпечує швидкий монтаж, стандартні габарити доступну вартість. Розміщення вказано на генплані елеватору.

Таке розміщення забезпечує захист від навколишнього середовища, надійність і простоту обслуговування.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата						45

6 СТРУМИ КЗ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ, ВИБІР ВВ МЕРЕЖ ТА ОБЛАДНАННЯ, ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ ТА СТРУМУ

6.1 Струми коротких замикань в системі електропостачання ЕК

Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ) являється обов'язковим етапом проектування системи електропостачання елеваторного комплексу, оскільки він визначає вибір електротехнічного обладнання за струмом, перевірку термічної стійкості кабелів і шин, забезпечення роботи релейного захисту, безпеку обслуговуючого персоналу.

Розрахунок струмів КЗ - це основа безпечної, надійної та ефективної роботи системи електропостачання елеватора. Він дозволяє правильно вибрати обладнання, налаштувати захист, зменшити ризик аварій і пошкоджень, відповідати вимогам ПУЕ та ДБН.

Для вибору електричного обладнання та перевірки кабелів на термічну стійкість у системі електропостачання елеваторного комплексу розраховуються такі типи струмів короткого замикання: діюче значення періодичної складової струму КЗ, максимальний ударний струм КЗ, діючий термічний струм КЗ [3].

Для розрахунку струмів короткого замикання (КЗ) у системі електропостачання елеваторного комплексу, складається розрахункова електрична схема заміщення, яка відображає усі ключові елементи енергосистеми, здатні вплинути на величину струмів КЗ у вузлових точках. Таку схему для ЕК представлено на рис.6.1.

По розрахунковій схемі будуємо схему заміщення для розрахунку струмів КЗ, яка включає джерело живлення (енергосистему), всі трансформатори, лінії живлення, розподільчі пристрої, точки можливих КЗ (шини, вводи, споживачі), рис.6.2. Розрахунок по схемі проводиться у відносних одиницях.

Базисний струм системи електропостачання ЕК:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}} = \frac{180}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 9,897 \text{ кА.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		46

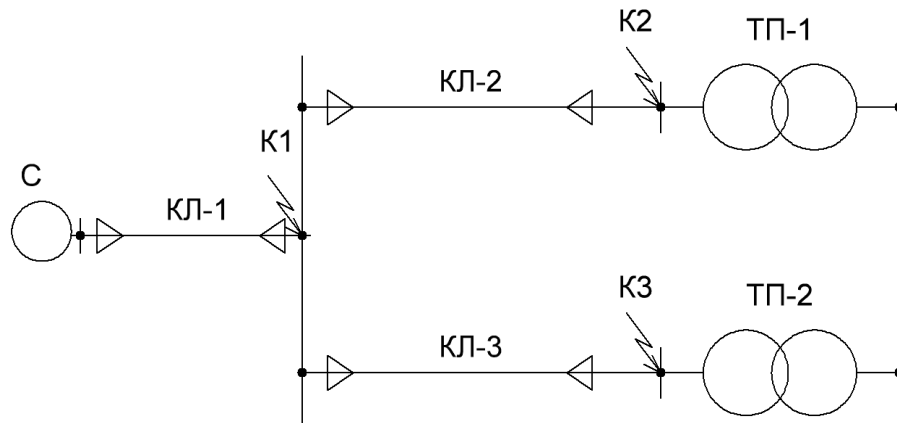


Рис. 6.1 - Розрахункова схема для визначення струмів КЗ в СЕП ЕК

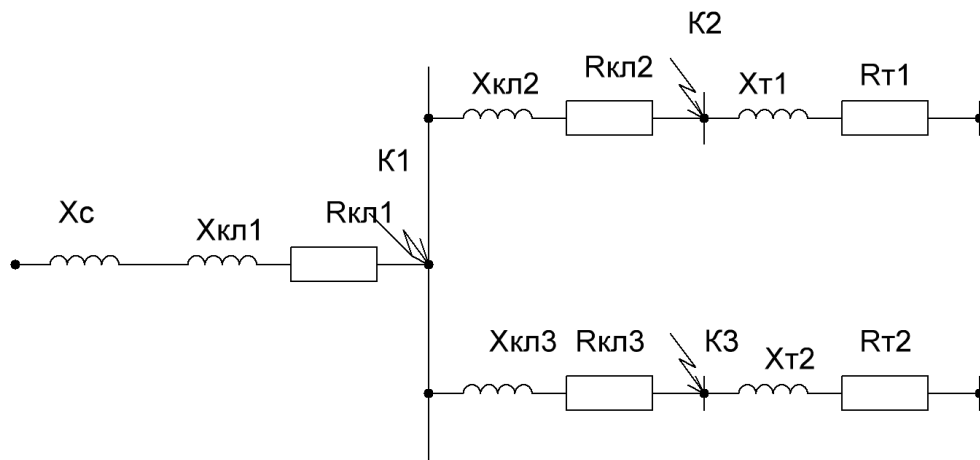


Рис. 6.2 – Схема заміщення для визначення струмів КЗ в СЕП ЕК

Базисний опір у в.о.:

$$x_c = \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I''} = \frac{180}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 7,0} = 1,414.$$

Для розрахунку опорів кабельних ліній у відносних одиницях у системі електропостачання, використовують наступні формули, які дозволяють перевести опір із фізичних одиниць (Ом) у безрозмірні величини, зручні для обчислень струмів КЗ:

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

Результати розрахунків для КЛ-1 – КЛ-3 зведено до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1- Розрахунок опорів КЛ для СЕП ЕК

№ КЛ	Від-до	l ,	R_o ,	X_o ,	$R_{кл.i}$,	$X_{кл.i}$,	R^*_{ϕ}	X^*_{ϕ}
		км	Ом/км	Ом/км	Ом	Ом	В.о.	В.о.
1	С-ЦРП	1,7	0,46	0,086	0,782	0,1462	0,7093	0,1326
2	ЦРП-ТП1	0,015	1,28	0,099	0,0192	0,0015	0,0174	0,0013
3	ЦРП-ТП2	0,141	1,28	0,099	0,18048	0,0140	0,1637	0,0127

Знаходимо сумарний опір до точки K_1 :

$$x_{к1} = x_c + x_{кл-1} = 1,414 + 0,1326 = 1,5466;$$

$$r_{к1} = r_{кл-1} = 0,7093;$$

$$z_{к1} = \sqrt{(x_{к1}^2 + r_{к1}^2)} = \sqrt{1,5466^2 + 0,7093^2} = 1,7014.$$

Діюче значення періодичної складової струму K_3 та ударний струми для точки K_1 :

$$I''_{к1} = \frac{I_{\phi}}{z_{к1}} = \frac{9,897}{1,7014} = 5,817 \text{ кА};$$

$$T_{a1} = x_{рез1} / (\omega \cdot r_{рез1}) = 1,5466 / (314 \cdot 0,7093) = 0,019 \text{ с};$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot I''_{к1} \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 5,817 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,019}} \right) = 11,253 \text{ кА}.$$

Для інших точок (K_{2-3}) розрахунки подібні та наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2- Результати розрахунку струмів КЗ.

№ ТКЗ	$R_{сум.к.i}$	$X_{сум.к.i}$	$Z_{сум.к.i}$	$I''_{к.i}$, кА	$i_{уд.к.i}$, кА	T_{ai} , с	B_k , кА ² · с
K_1	0,709	1,3698	1,5425	6,416	12,412	0,0062	25,2162
K_2	0,727	1,3711	1,5518	6,378	12,338	0,0060	8,6442
K_3	0,873	1,3824	1,6350	6,053	11,710	0,0050	7,7868

За допомогою розрахованих струмів далі буде проведено перевірку високовольтного обладнання та КЛ.

								Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				48

Продовження таблиці 6.3.

Призначення КЛ (від-до)	$K_{пр} \cdot I_{доп},$ А	$K'_{пр} \cdot K_{ап} \cdot I_{доп},$ А	$F_{min},$ мм ²	Марка та переріз КЛ
До РП-1	128,8	175	53,42	ААШВ-10 (3x70)
РП-1-ТП1	105,8	143,75	31,28	ААШВ-10 (3x35)
РП-1-ТП2	105,8	143,75	29,69	ААШВ-10 (3x35)

Основне електрообладнання, що підлягає вибору в схемі електропостачання, включає: вакуумні вимикачі 10 кВ, комплектні розподільчі пристрої (КРП), обмежувачі перенапруг, трансформатори власних потреб, а також запобіжники.

Процес вибору здійснюється відповідно до вимог методики з джерела [1], з урахуванням номінальних параметрів, струмів короткого замикання, умов експлуатації та категорії надійності споживачів.

В якості високовольтних вимикачів обрано тип ВР1-10/20/630 У2. Передбачається окремий вибір ввідних, секційних та лінійних вимикачів, відповідно до їх розміщення та функціонального призначення в схемі.

Вибір та перевірку ввідних та секційних вимикачів наведено у Додатку А, табл. А1; для лінійних вимикачів – табл. А2. Обираємо комплектні розподільчі пристрої типу КУ-10, параметри вибору наведено у Додатку А, табл. А3.

Трансформатори власних потреб для ЦРП обираються на основі потужності допоміжного навантаження, рівня надійності, режиму резервування, а також умов експлуатації та вимог до безпеки. За даними табл.А5 (Додаток А) повне навантаження власних потреб складає:

$$S_{p,вп} = k_n \cdot \sqrt{P_{вп}^2 + Q_{вп}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{26,4^2 + 13,38^2} = 23,68 \text{ В} \cdot \text{А},$$

де k_n – значення коефіцієнту одночасності навантаження.

Остаточо обираємо потужність ТВП:

$$S_{тр.вп.} = 25 \text{ кВА} \geq S_{p,вп.потр.}/2 = 23,68/2 = 11,83 \text{ кВА}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		50

Приймаємо до встановлення трансформатори ТМГ 10/0,4 кВ потужністю 25 кВт.

Для захисту трансформаторів власних потреб від перевантажень і струмів короткого замикання у шафах комплектних розподільчих пристроїв передбачаємо встановлення запобіжників типу ПКТ. Захист трансформаторів напруги реалізується шляхом застосування запобіжників типу ПКН, які відповідають вимогам до захисту вимірювального обладнання.

З метою захисту ізоляції електрообладнання від небезпечних імпульсних перенапруг, спричинених грозовими або комутаційними явищами, обираємо обмежувачі перенапруг типу ОПН-10/12/10 УХЛ1. Ці пристрої, виготовлені в фарфоровому корпусі, базуються на цинково-оксидних варисторах без іскрових проміжків і забезпечують надійний захист обладнання розподільчих установок та ліній з ізолюваною нейтраллю на напругу 10 кВ та частоту 50 Гц. Номінальна напруга обмежувача - 10 кВ, а максимальна робоча - 12 кВ.

Для організації комерційного та технічного обліку електроенергії на елеваторному комплексі обираємо відповідно лічильники типу МТХ3G та МТХ. Ці прилади підключаються до трансформаторів струму (ТС) та трансформаторів напруги (ТН), тож важливо правильно підібрати параметри останніх.

Основними критеріями вибору трансформаторів струму є значення первинного струму, кількість приєднаних вимірювальних пристроїв, величина вторинного навантаження та забезпечення відповідності з допустимими параметрами точності та навантажувальної здатності.

На вводі ЦРП встановлюємо трансформатори струму типу ТПЛУ-10 У3 (див. табл. А6 Додатку А) з коефіцієнтом трансформації 100/5, а для відхідної лінії до трансформаторної підстанції вибираємо коефіцієнт 50/5.

Під час перевірки трансформаторів на вводі (див. табл. А4; А7 Додатку А) особлива увага приділяється розрахунку вторинного навантаження, яке визначається сумарною потужністю всіх приладів, підключених до ТС. Такі розрахунки для максимально завантаженої фази наведено в таблиці А8.

Умова: $z_2 = 0,39 \leq z_{2\text{ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					51

повинна виконуватись, що й підтверджено в результатах перевірки.

Розрахунок і перевірка вторинного навантаження ТС на відхідних лініях виконуються аналогічно, з урахуванням специфіки підключених споживачів та типу вимірювальної апаратури.

Для встановлення на шинах 10 кВ ЦРП обираємо трансформатори напруги типу НАМІ-10, орієнтуючись на необхідний клас точності та рівень вторинного навантаження.

Ключовими умовами при виборі трансформатора напруги є кількість підключених вимірювальних приладів, а також відповідність його навантажувальних характеристик заданому класу точності. Розрахунок сумарного вторинного навантаження ТН, який включає активну та реактивну складові, подано в таблиці А.8 Додатку А.

На основі отриманих даних визначається повне навантаження трансформатора:

$$S_{\Sigma ТН} = \sqrt{\Sigma P_{ТН}^2 + \Sigma Q_{ТН}^2} = \sqrt{12,29^2 + 2,55^2} = 12,55 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

У нашому випадку воно становить 17,63 ВА, що відповідає вимогам класу точності 0,5:

$$S_{2 \text{ ном}} = 120 \text{ ВА} > 12,55 \text{ ВА}.$$

Тобто обраний трансформатор забезпечує необхідну точність вимірювання в заданих умовах експлуатації.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		52

Виконується каскадне управління технологічним процесом, тобто, координація роботи всіх конвеєрів елеваторного комплексу, оптимізація послідовності підключення/відключення ліній, мінімізація простоїв та непродуктивних витрат енергії.

Важливим заходом є модернізація електродвигунів: заміна застарілих на енергоефективні двигуни, встановлення двигунів класу ефективності ІЕ3, ІЕ4, застосування синхронних двигунів з постійними магнітами для конвеєрів постійної швидкості, використання двигунів з оптимізованими параметрами для конкретних режимів роботи.

Крім того, важливо здійснювати правильний вибір потужності, перерахунок необхідної потужності двигунів з урахуванням фактичних навантажень, уникати підвищеної потужності двигунів (робота з коефіцієнтом завантаження менше 0,75-0,85).

Витрата електроенергії одним конвеєром за розрахунковий період часу визначається виразом:

- для стрічкового конвеєра:

$$W_{CT} = 0,013 \cdot L \cdot \delta \cdot \left[C_{CT} \cdot V_{CT} \cdot t_p + 0,28 \cdot Q_P \cdot \left(1 \pm \frac{\sin \beta}{\delta} \right) \right] \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

- для скребкового конвеєра:

$$W_{CK} = 0,01 \cdot L_T \cdot \delta \cdot \left[C_{CK} \cdot V_{CK} \cdot t_p + 0,34 \cdot Q_P \cdot (1 \pm \operatorname{tg} \beta) \right] \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

де L – довжина конвеєра; β – кут нахилу конвеєра; L_T – проєкція довжини конвеєра на горизонтальну площину; δ – значення коефіцієнту опору руху; C_L , C_{CK} – лінійна маса рухомих частин конвеєра (стрічки або ланцюга); t_p – тривалість роботи установки за розрахунковий період; V_C , V_{CK} – швидкість руху стрічки або ланцюга відповідно; Q_P – розрахункова кількість вантажу, яку транспортує конвеєр за заданий період.

Необхідно виконувати модернізацію приводних механізмів: заміна редукторів на більш ефективна (ККД >95%), використання прямого приводу там, де це можливо, оптимізація передавальних чисел редукторів, змінення опорів

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		54

руху (якісні підшипники, змащення), оптимізація натягу конвеєрної стрічки, використання легких, але міцних стрічок з низьким коефіцієнтом тертя.

Енергоощадний режим роботи отримується при рекуперативному гальмуванні. Відбувається повернення енергії в мережу при гальмуванні навантажених конвеєрів, можливо використання енергії гальмування одних конвеєрів для живлення інших, встановлення системи накопичення енергії.

Обов'язкове створення системи енергомоніторингу, що буде здійснювати контроль споживання електроенергії в реальному часі, виявлення неефективних режимів роботи, аналіз енергоспоживання по окремих конвеєрних лініях. Застосовуються алгоритми оптимального планування роботи конвеєрів, адаптивне управління з урахуванням вартості електроенергії в різні періоди отримання, прогнозування навантажень на основі технологічних потреб.

Можливе застосування технічних рішень для специфіки елеваторного комплексу, що включає сезонну оптимізація, яка полягає у адаптації режимів роботи до періодів завантаження/вивантаження зерна, консервації частини обладнання в періоді низької активності, гнучкому перемиканні між швидкими маршрутами транспортування зерна, оптимізації використання конвеєрних ліній залежно від типу зерна.

При комплексному впровадженні цих заходів можна досягти:

- зниження споживання електроенергії на 25-45%;
- підвищення надійності обладнання;
- зменшення витрат на технічне обслуговування;
- покращення якості технологічного процесу;
- термін окупності інвестицій: 2-4 роки.

Найбільший ефект досягається при комплексному підході, коли всі заходи реалізуються як єдина система енергоменеджменту елеваторного комплексу.

7.2 Вибір потужності двигуна конвеєрної установки

При виборі електропривода для конвеєра в умовах елеваторного комплексу, першочергово враховують характер навантаження та режим експлуатації

							Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата			55

обладнання. Як правило, транспортування зерна чи інших сипучих матеріалів відбувається рівномірно в одному напрямку, а швидкість переміщення вантажу є сталою або змінюється в дуже вузьких межах.

Режим роботи електроприводу, переважно, тривалий. За потреби можливо регулювання швидкості у вузькому діапазоні, наприклад для адаптації до зміни навантаження або різних технологічних етапів.

Застосовують як детальні розрахунки з побудовою діаграми тягових зусиль, так і спрощені формули, які дозволяють швидко оцінити потрібну потужність привода.

Для попереднього визначення потужності електродвигуна (P) застосовується практична формула, яка враховує продуктивність конвеєра (Q), висоту підйому вантажу (H), ККД установки та довжину конвеєру між барабанами (L). Додатково враховується коефіцієнт, що визначається продуктивністю та довжиною конвеєра:

$$P = \frac{Q}{367 \cdot \eta_n} \cdot (c \cdot L + H) \cdot \kappa_3 \text{ кВт.} \quad (7.1)$$

Такий підхід особливо зручний на стадії проектування або техніко-економічного обґрунтування.

Для прикладу приведемо вибір потужності конвеєрної установки башти елеватора:

$$P = \frac{195}{367 \cdot 0,72} (0,15 \cdot 26 + 0) \cdot 1,25 = 3,597 \text{ кВт.}$$

Для приводу обрано електродвигун типу 4A112S6Y3, який відповідає вимогам роботи конвеєрного обладнання на елеваторі. Його номінальна потужність становить 4 кВт, що забезпечує достатній запас по тязі при стабільному режимі експлуатації.

Основні технічні характеристики двигуна 4A112S6Y3 наведено в таблиці 7.1.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					56

Таблиця 7.1 – Технічні дані двигуна конвеєра

№	Параметр	Значення
1	Номінальна потужність ($P_{ном}$)	4,0 кВт
2	Номінальна частота обертання ($n_{ном}$)	1000 об/хв
3	ККД (η)	92,0 %
4	Коефіцієнт потужності ($\cos \phi$)	0,89
5	Максимальний момент / Номінальний ($M_{max}/M_{ном}$)	2,2
6	Пусковий момент / Номінальний ($M_{п}/M_{ном}$)	1,4
7	Пусковий струм / Номінальний ($I_{п}/I_{ном}$)	5,5
8	Номінальна напруга ($U_{I_{ном}}$)	0,38 кВ

Зазначені технічні дані підтверджують, що двигун має високу енергоефективність, достатній пусковий момент та прийнятне пускове навантаження по струму, що особливо важливо для експлуатації в умовах частих запусків та інерційних навантажень конвеєрів.

7.3 Керування поточно-транспортними системами елеваторного комплексу з використанням реле EASY

Для керування конвеєрними лініями, норіями, транспортерами елеваторного комплексу, особливо в системах невеликої або середньої складності, доцільно застосовувати реле EASY (наприклад, EASY-E4 або EASY500/700 від Moeller / Eaton) [16]. Реле EASY - це практичне, доступне й надійне рішення для автоматизації керування транспортером елеватора, особливо якщо завдання не потребує складної логіки або високої швидкості обробки сигналів. Програмовані реле EASY представляє собою компактний мікроконтролер для реалізації простих і середньої складності логічних схем керування без необхідності використання повноцінних ПЛК. Підходять для локального управління технологічними процесами.

Переваги використання реле EASY для керування приводами ПТС наведено у таблиці 7.2.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					57

Таблиця 7.2 – Узагальнена характеристика реле EASY

№	Параметр	Характеристика
1	Програмованість	Можна реалізувати запуск та зупинку, реверс, затримки, аварійне відключення, послідовний пуск
2	Простота налаштування	Програмування з ПК або з вбудованої клавіатури без знання мови програмування
3	Гнучкість	Можливість вносити зміни у логіку пуску/зупинки без перепрошивки контролера
4	Компактність	Встановлення в щит керування, займає мінімум місця
5	Інтеграція з датчиками	Може працювати з кінцевими вимикачами, фотоелектричними, температурними датчиками
6	Економічність	Значно дешевше, ніж використовувати ПЛК (програмований логічний контролер) для подібних задач

За допомогою реле EASY можна реалізувати пуск та зупинку конвеєра по кнопках або сигналах з інших ділянок, затримку пуску після запуску живлення, послідовне включення транспортерів за схемою “від кінця до початку”, автоматичне відключення при перевантаженні або зупинці наступного агрегату.

Функціональні можливості [17]:

- розгалужена логіка керування (I, АБО, НЕ, таймери, тригери);
- затримки, лічильники, імпульсні схеми;
- підключення датчиків, кнопок, сигнальних ламп;
- циклічне або одноразове керування пристроями;
- підтримка модулів розширення;
- віддалене програмування через Ethernet (EASY-E4);
- вбудований годинник реального часу.

До переваг цього реле відносяться: простота налаштування (не потребує навичок програмування ПЛК), компактні габарити, інтуїтивне середовище програмування, надійність та довговічність, доступність, можливість дистанційного моніторингу (серія E4).

Технічні характеристики реле розглянемо на прикладі моделі EASY-E4 (таблиця 7.3).

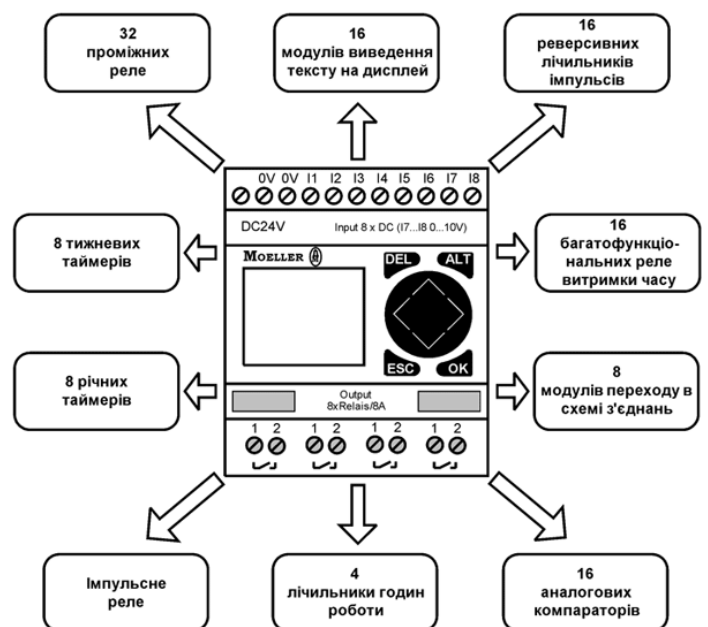
Таблиця 7.3 – Технічні характеристики реле EASY-E4

№	Параметр	Значення
1	Входи	До 12 цифрових, до 4 аналогових (розширювані модулями)
2	Виходи	4 релейних або транзисторних, розширювані
3	Інтерфейси	Ethernet, Modbus TCP, підтримка IoT
4	Живлення	12/24 В DC або 100–240 В AC
5	Пам'ять	До 256 кроків програми
6	Таймери/лічильники	До 128
7	Дисплей	Графічний з підсвіткою (залежно від моделі)
8	Програмне забезпечення	easySoft 7 - інтуїтивно зрозуміле середовище
9	Монтаж	На DIN-рейку

Зовнішній вигляд реле та характеристику блоків представлено на рис.7.1 а) та б) відповідно.



а)



б)

Рис.7.1 - Зовнішній вигляд реле а) та загальна характеристика блоків б)

Програмовані реле EASY - це компактні мікроконтролери спрощеного типу, які виконують функції керувальних автоматів для реалізації комбінаційних та послідовних логічних задач. До основних переваг реле EASY відноситься:

- просте програмування на рівні логічних схем без необхідності глибоких знань - достатньо мати попередньо підготовлену принципову релейну схему. Програмування можливе як безпосередньо на пристрої через вбудований дисплей і кнопки, так і через ПК у середовищі EASY-SOFT;
- використовується графічна комутаційна схема, що дозволяє візуально відстежити, як "протікає" логіка, а індикація активних ланцюгів на екрані під час налаштування спрощує тестування та введення системи в експлуатацію;
- програмне забезпечення підтримує вбудовані функціональні модулі: таймери, реле затримки, лічильники, компаратори тощо.
- доступні моделі з різною напругою живлення: 12 В DC, 24 В DC/AC, 115/220 В AC; в залежності від виконання можуть мати релейні або транзисторні виходи;
- завдяки малим розмірам (90×71,5 мм) реле легко інтегрується в побутові та промислові щити, замінюючи кілька класичних пристроїв в одному компактному блоці.

Принципову схему в логіці easy Soft 7 наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 - Принципова схема в логіці Easy Soft 7

Принципова схема	Елемент	Функція
I1 ———┐—————> M1 ———┐	I1	Кнопка "ПУСК"
	I2	Кнопка "СТОП"
I2 ———┘ —————> T1 (5 сек)	I3	Аварійний датчик (НЗ контакт)
I3 ———[НЗ] ———┘	T1	Таймер TON на 5 с
	M1	Допоміжне реле пам'яті (тригер запуску)
T1 ———┐—————> Q1 (Конвеєр)	Q1	Вихід — пуск контактора конвеєра
└───┐ блокувальний контакт аварії		

Розглянемо роботу схеми. Елемент І1 (ПУСК) активує тригер запуску М1, якщо І3 (аварія) замкнений (нема аварії), активується таймер Т1 з витримкою 5 сек, після закінчення таймера включається Q1 (пуск двигуна), якщо І2 (СТОП) натиснуто або спрацює І3 (аварія) — логіка скидається, двигун вимикається.

Компактні модульні реле мають процесор, енергонезалежну пам'ять, РК-дисплей і кнопки для програмування. Вони керують як комбінаційними, так і послідовнісними процесами. Працюють від DC (12/24 В) та AC (24/115/240 В), при цьому тип виходів залежить від живлення: релейні або транзисторні (для DC), лише релейні - для AC.

Всі функції (таймери, лічильники, компаратори тощо) реалізуються програмно, схема створюється у вигляді логічної схеми з контактами та котушками. Програмування можливе через EASY-SOFT, вбудовану клавіатуру, або зовнішній модуль пам'яті.

Релейні виходи (R) використовують при потребі комутації високих струмів, але мають обмежений ресурс і вищу вартість. Транзисторні виходи (Т) ефективніші для швидкодійних сигналів і зв'язку з іншими пристроями, мають нижчу ціну та більший ресурс.

Призначення органів керування реле наведено на рис. 7.2.

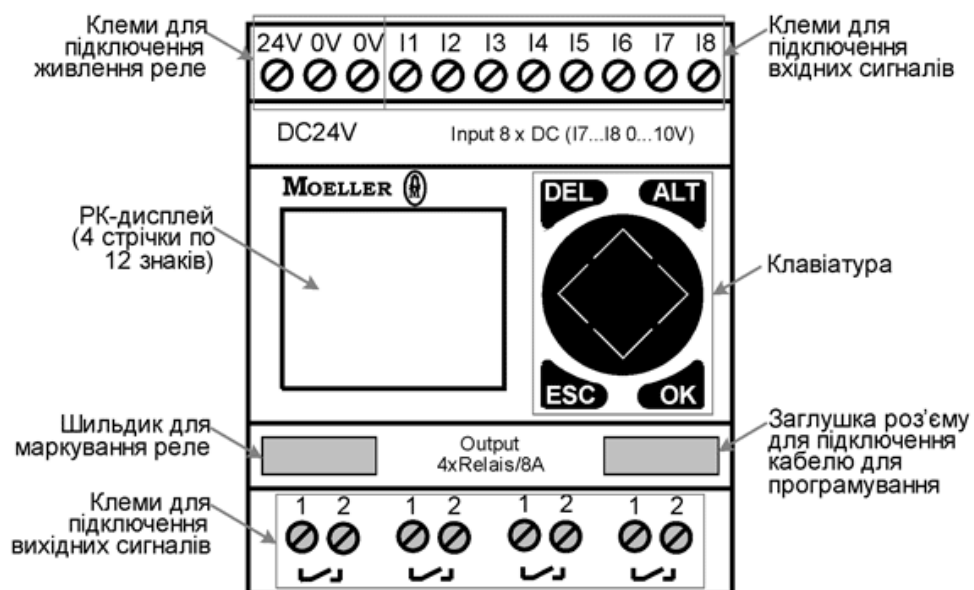


Рис. 7.2 - Призначення органів керування

Для надійної роботи реле серії EASY необхідно дотримуватися вимог щодо типу та величини напруги живлення, а також параметрів сигналів на входах. Напруга живлення реле повинна збігатися з напругою цифрових входів, тому що застосування різних рівнів може призвести до збоїв у роботі або пошкодження пристрою. Основні вимоги до підключення:

- живлення та вхідні кола повинні бути захищені плавким запобіжником або автоматичним вимикачем з номіналом 1 А;
- при використанні модулів розширення, їх вхідні сигнали й живлення приєднуються до шин основного блоку реле.

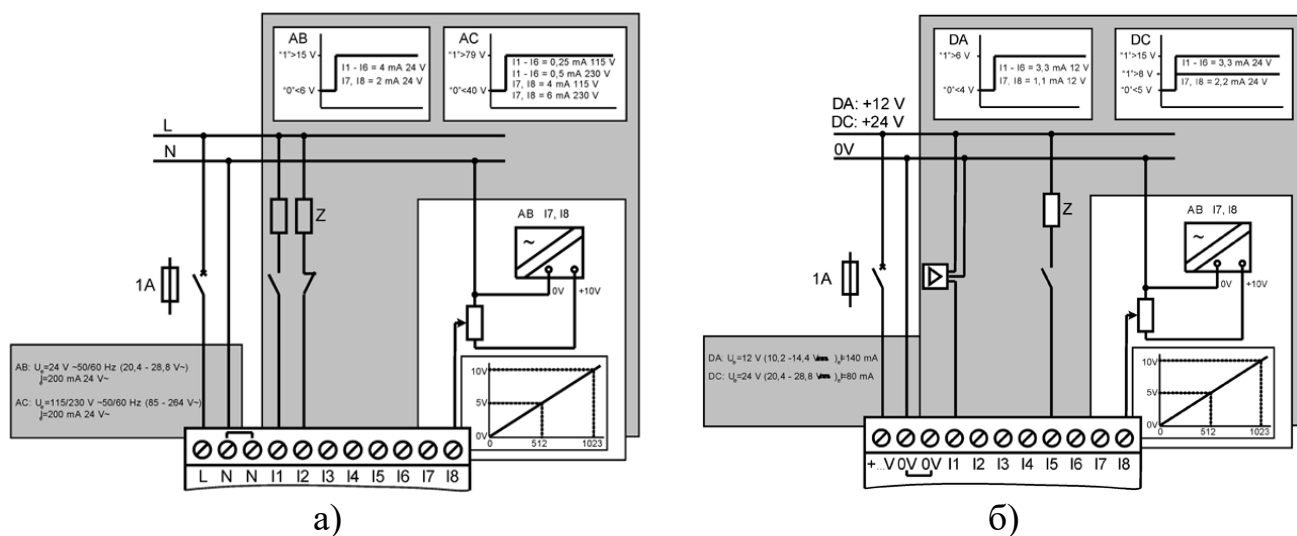
При роботі на змінній напрузі (115/240 В) вхідні сигнали: 0–40 В - інтерпретуються як логічний “0”; 79–246 В - як логічна “1”; вхідний струм: ~0,5 мА при 230 В; ~0,25 мА при 115 В.

Якщо на вході використовується неонові лампа (1-2 мА), рекомендується підключати її до входів I7 або I8, які мають підвищений поріг чутливості. При використанні контактів з витокіом струму у вимкненому стані (наприклад, з твердотілих реле або сенсорів), можливі хибні спрацювання. Такі сигнали також краще підключати до I7 або I8. Контакти з малим допустимим струмом, наприклад геркони, не рекомендується підключати до I7 або I8, щоб уникнути підгоряння контактів через підвищене навантаження. Правильне дотримання цих вимог гарантує стабільну роботу реле EASY у промислових умовах.

Щоб забезпечити надійну роботу реле та уникнути впливу електромагнітних завад, довжину кабельних ліній необхідно обмежувати. Для стандартних входів реле без додаткових фільтрів рекомендована максимальна довжина до 40 м, для входів I7 та I8 - до 100 м, оскільки вони мають підвищену стійкість до перешкод. Якщо використовуються спеціальні безконтактні елементи, допустима довжина може бути збільшена до 60-100 м. При перевищенні цих меж, у кожне вхідне коло слід обов'язково вмикати діод із параметрами: прямий струм - до 1 А, зворотна напруга - не менше 1000 В. Це дозволяє погасити імпульсні перенапруги та захистити входи реле від збоїв або пошкодження.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		62

Схеми приєднання для реле на змінній та постійній напрузі наведено на рисунку 7.3 а) та 7.3 б) відповідно.



а) б)
Рис. 7.3 - Схеми приєднання для реле:
а) на змінній напрузі; б) на постійній напрузі.

Релейні виходи реле EASY позначаються на схемах буквою Q та призначені для комутації навантаження. У базових моделях EASY-E4 передбачено 4 вихідних реле, кожне з яких має нормально розімкнений (NO) фізичний контакт. Проте в програмі можна використовувати також віртуальні нормально замкнені (NC) контакти для реалізації зворотної логіки керування.

Кожен релейний вихід електрично ізольований як від інших виходів, так і від кіл живлення пристрою. Завдяки цьому, контакти можуть використовуватись у будь-якій частині низьковольтної схеми, як окремо, так і з загальною точкою, при цьому напруга навантаження може бути будь-якою в межах допустимих параметрів.

Особливу увагу слід приділити навантаженням з великим пусковим струмом, як-от лампи розжарювання, їх ввімкнення може викликати перевищення допустимого струму контактів. Тому рекомендується встановлювати захист: плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі в кожному колі навантаження.

Якщо застосовуються модулі розширення, принцип комутації їхніх виходів повністю аналогічний - ізольовані релейні контакти, які комутуються за тією ж логікою.

Транзисторні виходи реле EASY-E4 позначаються на схемах літерою T і призначені для керування навантаженнями з низьким струмом (до 0,5 А) при високій частоті комутації. У модулі EASY-E4 таких виходів передбачено чотири.

Електрична схема виконана таким чином, що емітери всіх транзисторів підключені до плюса (+24 В). Тому всі навантаження, які підключаються до виходів, повинні мати загальну “нульову” шину. Важливо передбачити захист кола, тобто, встановити плавкий запобіжник або автомат.

Індуктивні навантаження (котушки реле, соленоїди, невеликі двигуни) при вимкненні можуть створювати перенапруги, що здатні пошкодити вихід. Щоб уникнути цього, необхідно встановлювати захисний зворотний діод паралельно навантаженню та якнайближче до нього.

У разі короткого замикання або перевантаження транзисторний вихід автоматично відключається. Повторне вмикання можливе лише після охолодження елемента, тривалість якого залежить від температури навколишнього середовища та ступеня нагрівання. Якщо несправність не усунена - вихід знову вимикається.

Транзисторні виходи найкраще підходять для швидкодійних, малопотужних навантажень, а також для сигналів, що передаються до інших контролерів.

7.4 Керування групою конвеєрних стрічок за допомогою реле EASY

За допомогою програмованого реле EASY можна ефективно організувати керування групою конвеєрів, забезпечивши узгоджену та безпечну роботу стрічкових транспортерів.

У прикладі розглядається керування трьома конвеєрними стрічками, кожна з яких запускається окремим електродвигуном ($M1$, $M2$, $M3$ відповідно) через відповідні контактори ($KM1-KM3$). Двигуни захищаються автоматичними вимикачами $QF1-QF3$, стан яких також контролюється логікою реле.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		64

Передбачені наступні режими роботи:

- почерговий плавний запуск: стрічки розганяються з затримкою одна за одною, щоб уникнути перевантаження й забезпечити безперервне транспортування матеріалу;
- почергова зупинка: відключення стрічок у зворотному порядку для запобігання накопиченню матеріалу;
- аварійна зупинка: миттєве відключення всіх конвеєрів при спрацюванні будь-якого автоматичного вимикача або за командою з аварійної кнопки.

Функціональну схему механізмів конвеєру представлено на рис. 7.4. Силу електричну схему вмикання ЕП конвеєрних стрічок показано на рис. 7.5.

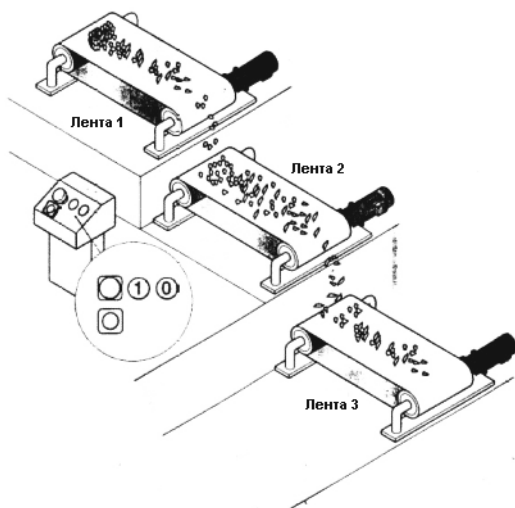


Рис.7.4- Функціональна схема механізмів конвеєрів

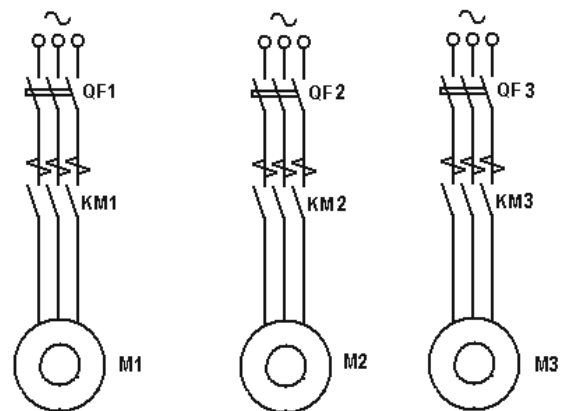


Рис.7.5 - Електрична схема підключення приводу конвеєрних стрічок

Алгоритм роботи системи керування конвеєрами реалізується через програмоване реле та складається з кількох основних режимів.

Алгоритм розгону: після натискання кнопки S1 («Пуск») активується поетапне вмикання двигунів конвеєрних стрічок. Вмикання виконується з фіксованими програмованими затримками (наприклад, по 5 с): спочатку запускається стрічка 3, через паузу - стрічка 2, потім - стрічка 1.

Цей підхід дозволяє знизити пускове навантаження на електромережу та забезпечити рівномірну подачу матеріалу.

Алгоритм зупинки: після натискання кнопки S2 («Плавний стоп») виконується послідовне вимикання стрічок у зворотному порядку з аналогічними витримками (по 5 с). Перед запуском алгоритму оператор зупиняє подачу матеріалу. Вимикається спочатку стрічка 1, звільняючи її від залишків, потім - стрічка 2, і наостанок - стрічка 3.

Цей режим забезпечує можливість наступного запуску без перевантаження та залишків матеріалу на стрічках. Часові затримки можна гнучко змінювати програмно.

Швидка зупинка: натисканням кнопки S3 («Швидкий стоп») здійснюється миттєве вимкнення всіх двигунів без витримок часу - для аварійних або нестандартних ситуацій.

Аварійна зупинка: при перевантаженні або короткому замиканні спрацьовує автоматичний вимикач, розмикається його допоміжний контакт (1.1, 1.2 або 1.3), що подає аварійний сигнал та активує режим «Аварійний стоп». Двигуни, що розташовані після пошкодженого (за логікою напрямку транспортування), зупиняються послідовно з затримкою 5 с, двигуни, що працювали раніше за пошкодженням, відключаються негайно.

Це дозволяє запобігти нагромадженню матеріалу, уникнути перевантаження та забезпечити контрольовану зупинку всієї лінії.

Така схема дозволяє забезпечити безперебійну та безпечну роботу транспортної системи елеватора.

Ланцюги управління реле представлені на рис.7.6.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					66

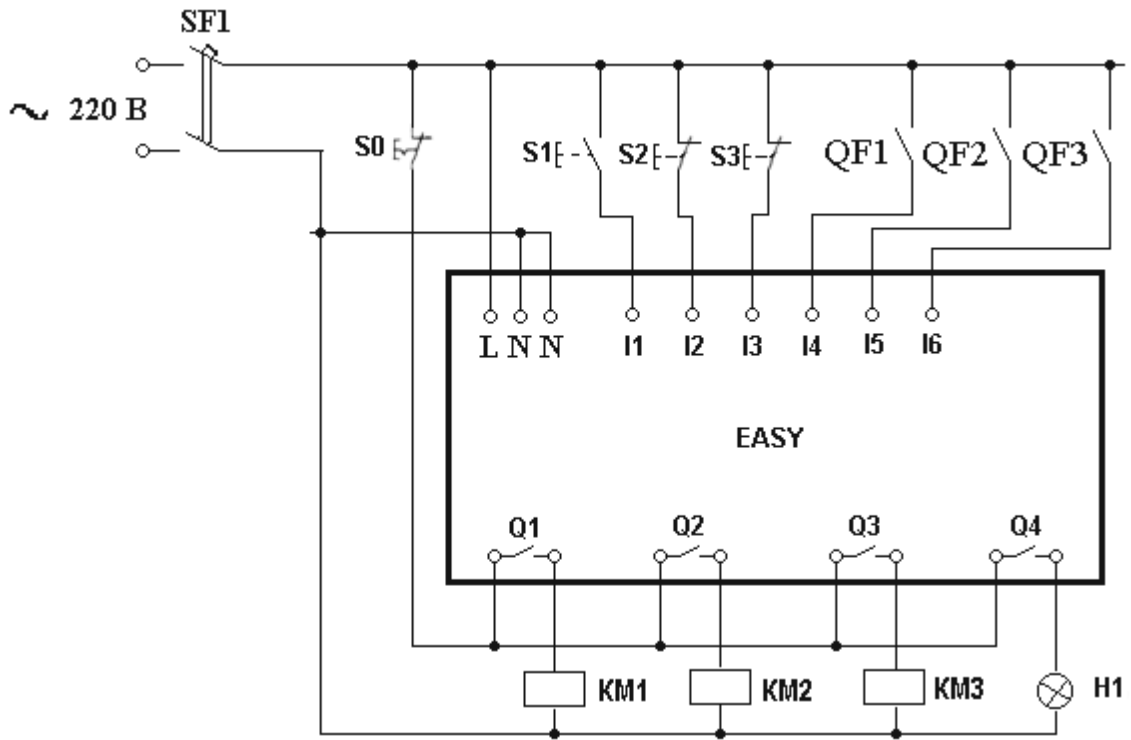


Рис.7.6- Ланцюги управління реле EASY

В таблиці 7.5 наведено перелік основних операндів схеми

Таблиця 7.5 – Перелік основних операндів ланцюгів управління реле EASY

Перелік операндів	Позначення	Призначення
1	2	3
Входи	I01	кнопка «Пуск»
	I02	кнопка «Плавний стоп»
	I03	кнопка «Швидкий стоп»
	I04	аварійний контакт стану 1.1 автоматичного вимикача QF1
	I05	аварійний контакт стану 1.2 автоматичного вимикача QF2
	I06	аварійний контакт стану 1.3 автоматичного вимикача QF3
Виходи	Q1	керування контактором KM1 двигуна M1
	Q2	керування контактором KM2 двигуна M2
	Q3	керування контактором KM3 двигуна M3
	Q4	керування сигнальною лампою H1 аварійного стану

Продовження таблиці 7.5.		
1	2	3
Реле витримки часу	T01	витримка часу перед пуском стрічки 2
	T02	витримка часу перед пуском стрічки 1
	T03- T05	витримка часу перед зупинкою стрічок 1,2 та 3 відповідно
	T06	миготливий режим роботи ($t=1$ с)- повідомлення про вимикання від надструмів будь-якого з двигунів
Маркери (проміжні реле)	M01	внутрішня пам'ять аварійного вимикання будь-якого з двигунів
	M02	внутрішня пам'ять «Плавний стоп»
	M03	внутрішня пам'ять «Пуск»
Кнопки	S0	кнопка «Аварійне вимикання»
	S1	кнопка «Пуск»
	S2	кнопка «Почерговий стоп»
	S3	кнопка «Швидкий стоп»
Контактори	K1-K3	контактори керування двигунами
Сигнальна лампа	H1	сигнальна лампа аварійного стану (миготливий світловий сигнал)
Автоматичні вимикачі	SF1	вхідний автоматичний вимикач
	S0	автоматичний вимикач захисту кола керування

Перевагами використання реле EASY для керування групою конвеєрів є гнучке програмування логіки затримок запуску та зупинки, моніторинг стану захистів (*QF1- QF3*) - автоматичне реагування на відключення одного з двигунів, реалізація сигналізації при аварії чи відключенні будь-якого приводу, можливість розширення логіки - додавання нових стрічок, режимів або зовнішніх сигналів без зміни апаратної частини.

Це рішення дозволяє створити автоматизовану, надійну систему керування конвеєрною лінією, яка легко адаптується до потреб конкретного елеватора або виробництва.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		68

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено систему електропостачання елеваторного комплексу з урахуванням енергоефективності, надійності та можливості подальшого розвитку.

Враховуючи конфігурацію підприємства та розрахункові навантаження, на території запроектовано центральний розподільчий пристрій напругою 10 кВ. Живлення трансформаторних підстанцій ТП-1 і ТП-2 реалізується за радіальною схемою. Обґрунтовано вибір двох двотрансформаторних підстанцій із силовими трансформаторами по 630 кВА кожен.

З метою підвищення енергоефективності та зниження витрат на оплату електроенергії виконано розрахунок компенсації реактивної потужності. Передбачено встановлення низьковольтних конденсаторних установок загальною потужністю 1400 квар. На основі розрахунку струмів короткого замикання обрано відповідне високовольтне обладнання та кабельні лінії до цехових ТП.

Особливу увагу приділено енергоощадним режимам роботи конвеєрного транспорту, який є основним споживачем електроенергії на елеваторі. Проведено вибір потужності двигунів для конвеєрних ліній, визначено заходи з енергозбереження при їх експлуатації.

Для реалізації гнучкого та ефективного керування роботою конвеєрів впроваджено сучасні програмовані реле EASY. За допомогою цих реле реалізовано автоматизоване керування групою з трьох конвеєрних стрічок. Наведено функціональну схему механізмів, електричні схеми підключення електроприводів та ланцюги керування.

Розроблена система електропостачання відповідає вимогам надійності, енергоефективності, безпеки та забезпечує можливість розширення з урахуванням зростання потреб підприємства.

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017 . -617 с.
2. 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.
3. 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.
4. Електропостачання промислових підприємств / Плешков П. Г., Орлович А. Ю., Котиш А.І. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007р. – 386.
5. 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.
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. Плешков П.Г., Гарасьова Н.Ю., Коновалов І.В., Мануйлов В.Ф. Проектування електричного освітлення промислових підприємств: Навчальний посібник.- Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2008.
8. Конденсаторні установки 0,4 кВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04>

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		70

9. Конденсаторні установки 10 кВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/ua/vysokovoltnoe-oborudovanie/ustrojstva-kompensacii-reaktivnoj-moshhnosti-tipa-ukm04-i-uk610.html>
10. Кабельні лінії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrprovod.com.ua/>
11. Трансформатори ТМГ-1000 ЕКОДІЗАЙН [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ktek.com.ua/ua/p1618446293-transformator-tmg-250.html>
12. Трансформатори ТМН-6300/35/10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elektro-zavod.com.ua/ua/silovoj-maslyanyj-transformator-tmn-napryazhenie-35-kv-moshn-2>
13. Комплектні трансформаторні підстанції блочного типу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/ua/vysokovoltnoe-oborudovanie/komplektnye-transformatornye-podstancii-blochnogo-tipa-ktpb.html>
14. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. - К: Кондор, . - 408 с. 2025.
15. Плешков С.П., Серебренніков С.В. Енергоефективний електропривод у промисловості та сільськогосподарському виробництві. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 160 с.
16. Новая линейка программируемых реле Easy-E4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://shop.uniset.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=2379&download_id=11
17. Програмовані реле Easy-E4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eaton.com/ua/uk-ua/catalog/industrial-control--drives--automation---sensors/easyE4-programmable-relays.html>

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		71

ДОДАТОК А

Вибір високовольного обладнання розподільчого пристрою

Таблиця А.1 - Вибір ввідних, секційних вимикачів

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
45,28 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
6,416 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
8,422 кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	39,6 кА
6,416 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
12,412 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
25,216 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	1200 кА ² · с

Таблиця А.2 - Вибір вимикачів 10 кВ для відхідних ліній

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
24,69 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	630 А
6,378 кА	$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	20 кА
8,254 кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 0,4) = 39,60$ кА
6,378 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
12,338 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
8,644 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 = 1200$ кА ² · с

Таблиця А.3 - Технічна характеристика КРП КУ-10

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

Таблиця А.4 – Розрахунок вторинного навантаження ТС на вводі ЦРП

Фаза	$S_{прил.}$	$Z_{прил.}$	$r_{пр}$	q	r_k	z_2	$Z_{ном}$
-	ВА	Ом	Ом	мм ²	Ом	Ом	Ом
А	4,1	0,164	0,075	2,5	0,05	0,39	0,4

Таблиця А.5 - Розрахунок потужності споживачів власних потреб

№ п/п	Споживач	n, шт	Встановлена потужність, кВт		cosφ/tgφ	P _{вст.}	Q _{вст.}
			P _{ном}	P _Σ			
1	Підігрів шаф КРП	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	Зовнішнє освітлення	2	3	6	0,5/1,73	6	10,38
	Ітого					28,8	13,38

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

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри ТР
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
45,28 А	$I_{max} \leq I_{1 ном}$	100 А
12,412 кА	$i_y \leq i_{ел дин}$	128 кА
25,216 кА ² · с	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	40 ² · 3 = 4800 кА ² · с

Таблиця А.7 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів струму на вводі

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

Таблиця А.8 - Розрахунок вторинного навантаження трансформатору напруги

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