



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. Гулого І.С.

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та інформаційні технології»  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Петерчука Артема Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи " Розробка СЕП молокозаводу м. Золотоноша. Застосування вакуумних вимикачів фірми Таврида-Електрик для реконструкції розподільчих пристроїв ".

Керівник роботи ст викладач Ізволенький І.Є.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "10" 04. 2025 року № 218 кс.

2. Строк подання здобувачем роботи 30 травня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, перелік споживачів та їх потужність, план розвитку підприємства.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ. Вибір вимірювальних трансформаторів, Розгляд питань з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу .

1. Генеральний план підприємства

2. Схема електропостачання підприємства.

3. Схема електропостачання цеху.

4. Схема релейного захисту кабельної лінії.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доцент Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 10 квітня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	10.04.2025р	
2	Вступ	13.04.2025р	
3	Коротка характеристика електроприймачів цеху	18.04.2025р	
4	Розрахунок ел. навантажень цехових електроприймачів	23.04.2025р	
5	Побудова графіків електричних навантажень цеху	28.04.2025р	
6	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	05.05.2025р	
7	Розрахунок навантажень підприємства	10.05.2025р	
8	Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій	15.05.2025р	
9	Розрахунок силової мережі цеху	20.04.2025р	
10	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного та низьковольтного ел. обладнання	25.04.2025р	
11	Релейний захист (РЗА)	02.05.2025р	
12	Розрахунок освітлення складу	06.05.2025р	
13	Вибір вимірювальних трансформаторів	10.05.2025р	
14	Спецпитання..	14.05.2025р	
15	Охорона праці	17.05.2025р	
16	Список літератури	20.05.2025р	
17	Здача дипломного проекту на перевірку	25.05.2025р	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Петерчук А.О..**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Ізволеньський І.Є.**

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Петерчук Артем. Дипломний проект на тему :

«Розробка СЕП молокозаводу м. Золотоноша. Застосування вакуумних вимикачів фірми Таврида-Електрик для реконструкції розподільчих пристроїв»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022  
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 11 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 75 сторінок .

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень : генеральний план підприємства, схема електропостачання підприємства, однолінійна схема електропостачання цеху, схема релейного захисту кабельної лінії.

У проекті розглянуто характеристики цехів, що обслуговують підприємство, надано опис технологічного процесу. Виконано розрахунок силових навантажень і зроблено аналіз характеру електричних потужностей підприємства.

Виконано розрахунок електричних навантажень в мережах до 1000 В . Для компенсації реактивної потужності розраховували потужність регульованої конденсаторної установки. Зроблено розрахунок струмів коротких замикань, що виконується для перевірки і обрання захисно-комутаційного обладнання та кабельно-провідникової продукції. Зроблено розрахунки для вибору і перевірки роз'єднувачів. Виконано розрахунок робочого освітлення.

У розділі охорона праці обґрунтували рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання та розписали організаційні та технічні заходи з охорони праці.

**Ключові слова:** понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

## **Abstract**

Peterchuk Artem. Diploma project on the topic:

“Development of SEP of the Zolotonosha dairy plant. Application of vacuum switches of the Tavrida=Electric company for the reconstruction of switchgear”.

National University of Food Technologies, Kyiv -2022

141. "Electric power, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 11 chapters and a list of references. The volume of the project is 75 pages.

The description is accompanied by a graphic part consisting of four drawings: a general plan of the enterprise, a power supply diagram of the enterprise, a single-line power supply diagram of the workshop, and a diagram of the relay protection of the cable line.

The project considers the characteristics of the workshops serving the enterprise, provides a description of the technological process. The calculation of power loads is performed and the nature of the enterprise's electrical capacities is analyzed.

The calculation of electrical loads in networks up to 1000 V was performed. To compensate for reactive power, the power of the adjustable capacitor unit was calculated. The calculation of short-circuit currents is performed for the verification and selection of protective and switching equipment and cable and wire products. The calculations are performed for the selection and verification of disconnectors. The calculation of working lighting is performed.

In the occupational safety section, decisions regarding the placement of electrical equipment were justified and organizational and technical measures for occupational safety were outlined.

**Keywords:** step-down substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

## Зміст

1. Коротка характеристика технологічного процесу переробки молока ....	8
2. Визначення розрахункової потужності підприємства .....	9
3. Побудова картограми навантажень електричних навантажень .....	12
4. Вибір трансформаторів ТП на основі ТЕР .....	14
4.1. Визначення кількості трансформаторів та потужності ТП .....	14
4.2. Техніко-економічний розрахунок .....	15
5. Розрахунок струмів короткого замикання. ....	21
5.1. Вибір кабелів мережі 10 кВ. ....	21
5.2. Розрахунок струмів КЗ. ....	23
5.3. Перевірка площі перерізу збірних шин. ....	27
5.4. Перевірка на термічну стійкість до струмів КЗ кабелів, ....	28
6. Вибір електрообладнання . ....	30
6.1. Вибір електрообладнання сторони 10 кВ . ....	30
6.1.1. Вибір вимикача 10 кВ . ....	30
6.1.2. Вибір секційного вимикача . ....	31
6.1.3. Вибір вимикачів на відходящих лініях. ....	32
6.1.5. Вибір вимірювальних трансформаторів струму. ....	33
6.1.6. Вибір трансформаторів напруги. ....	35
6.1.7. Вибір трансформаторів власних потреб. ....	36
6.2. Вибір електрообладнання сторони 0,4 кВ. ....	37
6.2.1. Вибір перерізу шин 04 кВ. ....	37
6.2.2. Вибір вставок розчеплювачів для автоматичних вимикачів. ....	37
6.2.3. Вибір АВ . ....	38
6.2.4. Вибір кабелів 0,4 кВ. ....	39

					<b>ДП 2025</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>						
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>					6	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

6.2.5. Вибір обладнання КТП .	40
7. Розрахунок освітлення сирного цеху.	42
7.1. Вибір освітлювальних установок.	42
7.2. Розрахунок електроосвітлювальної мережі.	45
7.3. Вибір провідників.	46
7.4. Вибір комутаційної апаратури.	49
8. Релейний захист.	52
8.1. Захист кабельної лінії 10 кВ.	54
8.1.1. Розрахунок вставок захисту.	55
8.1.2. Розрахунок вставок відсічки і максимального струмового захисту.	56
8.2. Автоматичне увімкнення резерву.	58
8.2.1. Вибір вставок .	58
9. Вибір компенсуючих пристроїв.	59
10. Спеціальне питання.	60
11. Охорона праці на молокозаводі.	66
11.2. Заходи з електробезпеки.	67
11.3. Заходи з пожежної безпеки.	69
11.4. Захист будівель та споруд від блискавки.	71
11.5. Розрахунок контуру заземлення підстанції 10/0,4.	72
Література.	75

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## 1. Коротка характеристика технологічного процесу

### переробки молока.

Молоко, як сировина для виробництва кінцевої продукції, надходить на Золотоніський молокозавод ВАТ “ВІТА” в автоцистернах, приймається охолодженим від 4°C до 10°C, довільно поступає на лічильники (вир-ва Чехії) і закачується на охолоджувачі ООУ-25 через механічні фільтри.

Одержане молоко сортується за якістю (кислотність, густина, термостійкість) і піднімається на термообробку в апаратне відділення. Очистка, пастеризація та сепарування одержаного молока проходить на пастеризаційних охолоджувальних установках. Очищене та нормалізоване за вмістом жиру молоко (суміш) надходить на виробництво різноманітної продукції:

-дієтпродукції (кефіри, ряжанка);

-пастеризоване молоко;

-стерилізоване молоко;

-виробництво сметани та масла;

-в цех виробництва сиру.

Дієтпродукція (весь асортимент) виробляється в апаратному відділенні ЦНМ. Пастеризація суміші відбувається на трубчатій установці ТПУ-10 при високій температурі (1«95°C), що дає змогу збільшити термін зберігання продукції за рахунок якісної обробки молока, забезпечення мікробіологічних показників продукції.

Сквашування молока та вершків проходить в ємностях, забезпечених підводом льодяної води для охолодження продуктів після закінчення технологічного процесу сквашування.

Розфасована продукція з цеху розливу надходить в склад готової продукції, де зберігається при 1=2-6°C до наступної відправки споживачам.

					<b>ДП 2025</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Коротка характеристика технологічного процесу</b>		
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>					
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>				8	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>					

## 2. Визначення розрахункової потужності підприємства.

Для визначення розрахункових навантажень цехів заводу застосовуємо метод упорядкованих діаграм (метод визначення розрахункового навантаження за середньою потужністю та за коефіцієнтом максимуму).

Як приклад, розглянемо розрахунок групи електроприймачів, які входять до першої позиції. Решту споживачів розраховуємо аналогічно, результати розрахунків зводимо в табл.2.1.

Визначаємо середні потужності для груп електроприймачів за максимально завантаженою зміну:

для АПК:  $P_{см} = P_{\Sigma ном} \cdot \kappa_{в} = 5 \cdot 0,7 = 3,5 \text{ кВт};$

для столової:  $P_{см} = 1,8 \cdot 0,5 = 0,9 \text{ кВт},$

де  $P_{\Sigma ном}$  - сумарна номінальна потужність групи електроприймачів;  $\kappa_{в}$  - коефіцієнт використання;

для АПК:  $Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\phi = 3,5 \cdot 0,484 = 1,7 \text{ кВАр};$

для столової:  $Q_{см} = 0,9 \cdot 0,484 = 0,44 \text{ кВАр}.$

Для групи електроприймачів під номером 1:

$$P_{\Sigma ном} = 5 + 1,8 = 6,8 \text{ кВт},$$

$$P_{см} = 3,5 + 0,9 = 4,44 \text{ кВт},$$

$$Q_{см} = 1,7 + 0,44 = 2,14 \text{ кВАр}.$$

Груповий коефіцієнт використання

$$\kappa_{в} = \frac{P_{см}}{P_{\Sigma ном}} = \frac{4,4}{6,8} = 0,65.$$

					<b>ДП 2025</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Визначення розрахункової потужності</b>					
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Изволеньский І.</i>							9	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

Коефіцієнт потужності

$$\cos \varphi = \cos \operatorname{arctg} \frac{Q_{cm}}{P_{cm}} = \cos \operatorname{arctg} \frac{2,14}{4,4} = 0,9.$$

Для спрощення подальшого розрахунку вводимо поняття коефіцієнта потужності групи:

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}} = \frac{3}{0,5} = 6,$$

де  $P_{n \max}$  - потужність найбільшого в групі електроприймача;  $P_{n \min}$  - потужність найменшого в групі електроприймача.

Ефективне число електроприймачів при умові  $m > 3$ :

$$n_e = \frac{2 \cdot P_{\Sigma nom}}{P_{n \max}} = \frac{2 \cdot 6,8}{3} = 4,53;$$

якщо  $m < 3$ , то  $n_e = n$ .

Коефіцієнт максимуму визначаємо за табл.8.1 [1] для різних  $k_v$  залежно від  $n_e$  ( $k_m = f(k_e; n_e)$ ) використовуючи метод інтерполяції:  $k_m = 1,358$ .

Розрахункове активне навантаження

$$P_p = k \cdot P_{cm} = 1,358 \cdot 4,4 = 5,975 \text{ кВт}$$

Розрахункове реактивне навантаження при  $n_e > 10$

$$Q_p = Q_{cm},$$

якщо  $n_e < 10$ , то

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm} = 1,1 \cdot 2,14 = 2,344 \text{ кВАр.}$$

Повна розрахункова потужність

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{(5,975^2 + 2,344^2)} = 6,41 \text{ кВА.}$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

позиція	приміщення	електроприймачі			коефіцієнти				сер. навантаження			розрах. навантаження				
		п.	R <sub>н.мах</sub> R <sub>н.мін</sub>	P <sub>Σном</sub> кВт	кв	кв	cosφ	tgφ	м	P <sub>см</sub> кВт	Q <sub>см</sub> кВАр	Pe	Km	Pp, кВт	Qp, кВАр	S, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	АПК	5	3/0,5	5	0,7	0,9	0,484	6	3,5	1,70						
	Столова	1	2,2/1,5	1,8	0,5	0,9	0,484	1,47	0,9	0,44						
	Σ	6	3/0,5	6,8	0,65	0,9	0,484	6	4,4	2,13	4,53	1,358	5,9752	2,344119	6,41	
2	Електроцех	4	3/1,5	5,1	0,3	0,7	1,02	2	1,53	1,56						
	Мех.цех	5	5,5/1,1	8,8	0,3	0,7	1,02	5	2,64	2,69						
	Σ	9	5,5/1,1	13,9	0,3	0,7	1,02	5	4,17	4,25	5,05	2	8,34	4,679676	9,5	
3	КМЦ	40	130/1,1	390	0,6	0,8	0,75	118,2	234	175,50	6	1,37	320,58	193,05	374,7	
4	Апаратна холоду	15	37/1,1	180,5	0,6	0,85	0,62	33,6	108,3	67,12	9,76	1,265	136,9995	73,83014	155,6	
5	Головний корпус	200	30/0,75	510	0,7	0,8	0,75	40	357	267,75	4	1,29	460,53	294,525	546,65	
	Сметана	7	22/0,75	29,8	0,7	0,75	0,882	40	20,86	18,40						
	Тарний цех	6	5,5/2,2	15,05	0,6	0,75	0,882	2,5	9,03	7,96						
	Σ	13	22/0,75	44,85	0,65	0,75	0,882	40	29,1525	25,71	4	1,375	40,08469	28,2811	49,05	
7	Сирний цех	30	11/0,75	55,1	0,7	0,75	0,882	14,7	38,57	34,02	10	1,16	44,7412	37,4171	58,32	
8	Приймання молока	22	11/1,5	82	0,6	0,8	0,75	7,3	49,2	36,90	15	1,19	58,548	36,90	69,2	
9	Центральн. склад	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Аналізаторська	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Транспортна прохідна	1	1,10	1,1	0,1	0,8	0,75	1	0,11	0,08	1	3,43	0,3773	0,09075	0,36	
12	Склад готової продукції	40	22/1,5	70	0,3	0,8	0,75	1,5	21	15,75	6,36	1,87	39,27	17,325	42,9	
	Гараж	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Насосна станція	5	75/15	180	0,6	0,8	0,75	5	108	81,00	4,8	1,42	153,36	89,1	177,36	
14	Котельня	8	15/2,2	45,10	0,6	0,85	0,62	6,8	27,06	16,78	6	1,37	37,0722	18,45492	41,41	
15	Станція перекачки конденсата	2	11/1,1	12,1	0,6	0,85	0,62	10	7,26	4,50	1,82	1,46	10,5996	4,95132	11,69	
	Σ	411	130/0,5	1591,45	0,62	0,8	0,75	264	986,699	740,0243	24	1,14	1124,837	740,0243	1346,4	

### 3. Побудова картограми навантажень та знаходження центрів електричних навантажень.

Круги на картограмі навантажень відповідають в певному масштабі розрахунковому навантаженню. Площі кругів пропорційні навантаженням, а центри кругів збігаються з центрами навантажень по цехах.

Для побудови картограми навантажень знаходимо сумарне навантаження  $i$ - того цеху:

$$P_{\Sigma i} = P_{pi} + P_{осві i},$$

де  $P_{pi}$  - силове навантаження  $i$ - того цеху;  $P_{осві i}$  - освітлювальне навантаження  $i$ - того цеху.

Радіус круга  $i$  - того цеху визначаємо за формулою

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}},$$

де  $m$ - масштаб площі круга, який вибираємо з міркувань наочності картограми.

Кола поділяємо на сектори, площі яких у певному масштабі відповідають певному типу навантажень:

- а) розрахункове навантаження електроприймачів;
- б) розрахункове освітлювальне навантаження.

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\gamma = \frac{P_{осві i}}{P_{\Sigma i}} \cdot 360^\circ$$

					<b>ДП 2025</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Побудова картограми навантажень</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>				12		
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>						
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

Для позиції № 1

$$P_{\Sigma 1} = 5,975 + 20,65 = 26,625 \text{ кВт};$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{26,625}{3,14 \cdot 1}} = 2,911;$$

$$\gamma_1 = \frac{20,65}{26,625} \cdot 360^\circ = 279,211^\circ.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших цехів. Результати заносимо у табл. 3.1.

Табл.3.1

позиція	навантаження			X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	r <sub>i</sub> , мм	γ <sub>i</sub> , град
	P <sub>p</sub> , кВт	P <sub>осв</sub> , кВт	P <sub>pΣ</sub> , кВт				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5,975	20,65	26,625	6,4	43,9	29,11924	279,2113
2	8,34	3,38	11,72	5,8	28,6	19,31964	103,8225
3	320,58	9,86	330,44	5,8	20,6	102,5844	10,74204
4	136,99	20,23	157,22	15,4	19	70,7602	46,32235
5	460,53	31,16	491,69	30,4	35,5	125,1356	22,81437
6	40,08	26,45	66,53	31,1	24,7	46,03031	143,1234
7	44,74	16,35	61,09	45,9	30,5	44,10829	96,34965
8	58,54	2,7	61,24	54,4	39,2	44,16241	15,87198
9	-	2,6	2,6	54,4	19,4	9,099591	360
10	-	4,68	4,68	61,3	47,6	12,20838	360
11	0,3773	1,34	1,7173	81,6	47,6	7,395342	280,9061
12	39,27	11,28	50,55	79,5	39,4	40,12322	80,33234
13	153,36	0,78	154,14	70,4	17,9	70,06367	1,821721
14	37,072	3,61	40,682	47,5	3,5	35,99451	31,94533
15	10,59	0,6	11,19	59,5	3,5	18,87775	19,30295
Σ	1124,8	155,67	1280,47	35,74	31,2	201,9389	43,76612

Центр графічних навантажень по заводу знаходимо за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i}; \quad Y_0 = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i};$$

$$X_0 = 35,74; \quad Y_0 = 31,2.$$

#### 4. Вибір трансформаторів ТП на основі техніко-економічних розрахунків.

##### 4.1 Визначення кількості та потужності ТП.

При виборі трансформаторів враховуються такі міркування :

1. Забезпечення надійності електропостачання (відповідно до категорії) споживача у нормальних, аварійних і ремонтних умовах роботи таким чином, аби трансформатор, що залишався в роботі, забезпечував роботу підприємства на час заміни вибулого з експлуатації трансформатора з урахуванням можливого обмеження навантаження без збитку для діяльності підприємства із використанням допустимого перенавантаження.

2. Забезпечення мінімуму зведених затрат на трансформатори з урахуванням динаміки росту електричних навантажень.

1. Кількість трансформаторів вибирається, виходячи з категорії споживача. Оскільки від ТП живляться споживачі 2-ї категорії, то вибираємо на ТП по два трансформатори.

2. Навантажувальна здатність трансформатора перевіряється при вимкненні одного трансформатора.

Отже, вибір кількості потужності буде такий :

$$S_T = 0,7 * S_p,$$

де  $S_T$  – потужність трансформатора ;

$S_p$  - розрахункова потужність

					<b>ДП 2025</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір трансформаторів ТП</b>					
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>							14	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>								

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{1124,8^2 + 740,02^2} = 1346,44 \text{ кВа}$$

$$S_T = 0,7 * 1346,44 = 942,5 \text{ кВа} .$$

Приймаємо до розгляду два варіанти :

КТП 2 x 1000 кВа та КТП 2 x 1600 кВа .

#### 4.2 Техніко-економічний розрахунок.

В системі електропостачання промислового підприємства потужність силових трансформаторів повинна забезпечувати в нормальних умовах роботи живлення усіх електроприймачів. При виборі потужності і трансформаторів слід добиватися раціонального режиму роботи і резервування живлення електроприймачів при відключенні одного з трансформаторів, при цьому навантаження трансформаторів в нормальних умовах не повинно скорочувати їх терміну роботи.

Надійність електропостачання досягається за рахунок установки на підстанції двох трансформаторів, які працюють роздільно за умови, що один із них, що залишився в роботі, при виході із ладу іншого, забезпечує повністю або з деякими обмеженнями необхідну потужність.

Загальне навантаження ТП :  $S_p = 1346,44 \text{ кВа}$ .

Визначаємо два можливих варіанта :

1-й варіант два трансформатора по 1000 кВа ;

В години максимуму коефіцієнт завантаження

$$\beta = \frac{S_p}{2S_m} = \frac{1346,44}{2 \cdot 1000} = 0,67$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2-й варіант два трансформатора по 1600 кВа

Коефіцієнт завантаження

$$\beta = \frac{1346,44}{2 \cdot 1600} = 0,42$$

Перевіримо можливість роботи одного з трансформаторів по кожному варіанту при відключенні іншого.

Трансформатор, який залишився в роботі, може пропустити потужність

$$S = 1,4 S_{n-тр.}$$

1- й варіант  $S = 1,4 \cdot 1000 = 1400$  кВа.

2- й варіант  $S = 1,4 \cdot 1600 = 2240$  кВа.

Для техніко-економічного розрахунку вибираємо два трансформатори :

ТМ-1000/10; ТМ-1600/10.

Дані трансформаторів заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

ТМ-1000/10	ТМ-1600/10
$\Delta P_{х.х} = 2,45$ кВт	$\Delta P_{х.х} = 3,3$ кВт
$\Delta P_{к.з} = 11,6$ кВт	$\Delta P_{к.з} = 16,5$ кВт
$U_k = 5,5$ %	$U_k = 5,5$ %
$i_x = 1,4$ %	$i_x = 1,3$ %

Визначаємо втрати потужності в трансформаторах.

Втрати реактивної енергії хх :

$$\Delta Q_{хх} = S_{н.} \cdot \frac{I_x\%}{100}$$

					ДП 2025	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Реактивні втрати КЗ :

$$\Delta Q_{кз} = S_{н.} \cdot \frac{U_{к\%}}{100}$$

Приведені втрати реактивної потужності хх і кз .

$$\Delta P_{х.х} = \Delta P_{х.х} + K_e * \Delta Q_{хх}$$

$$\Delta P_{к.з} = \Delta P_{к.з} + K_e * \Delta Q_{кз} ,$$

де  $K_e = 0,05$  кВт/кВар - економічний еквівалент реактивної потужності.

Проводимо розрахунок для двох варіантів і результати зводимо в таблицю 4.2. Залежність втрат потужності від перевантаження в одному із трансформаторів:

Для одного трансформатора по 1-му варіанту така залежність матиме вигляд:

$$\Delta P_m = \Delta P_{хх'} + \beta^2 \cdot \Delta P_{кз}$$

для двох трансформаторів які працюють паралельно :

$$\Delta P_{1000} = 2 \cdot 2,45 + 0,67^2 \cdot 2 \cdot 11,6 = 15,31 \text{ кВт.}$$

Аналогічно для другого варіанту

$$\Delta P_{1600} = 3,3 + 0,42^2 \cdot 16,5 = 6,21 \text{ кВт ,}$$

$$\Delta P_{1600} = 3,3 \cdot 2 + 0,42^2 \cdot 2 \cdot 16,5 = 12,42 \text{ кВт.}$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2

Види втрат	1-й варіант	2-й варіант
$\Delta Q_{xx}$ , кВар	14	20,8
$\Delta Q_{кз}$ , кВар	55	88
$\Delta P_{x.x}$ , кВт	3,15	4,3
$\Delta P_{к.з}$ , кВт	14,35	20,9

Знаходимо навантаження, при яких необхідно переходити на роботу з двома трансформаторами.

1 -й варіант для 1000 кВа :

$$S_{2 \times 1000} = S_{н.} \cdot \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_{xx}}{\Delta P_{кз}}} = 1000 \cdot \sqrt{2(2-1) \frac{3,15}{14,35}} = 662,6 \text{ кВа.}$$

2-й варіант для 1600 кВа :

$$S_{2 \times 1600} = S_{н.} \cdot \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_{xx}}{\Delta P_{кз}}} = 1600 \cdot \sqrt{2(2-1) \frac{4,3}{20,9}} = 1026,4 \text{ кВа.}$$

Для визначення втрат електроенергії за рік необхідно знати річний графік навантаження по тривалості роботи підприємства, що проектується. Графік навантаження наведено на рис. 4.1.

Розрахунок втрат електроенергії в трансформаторах ведемо в табличній формі таблиця 4.3. Повну потужність приймаємо за 100 %, а відповідні ступені потужності перераховуємо в процентному відношенні відповідно до графіка тривалості навантаження.

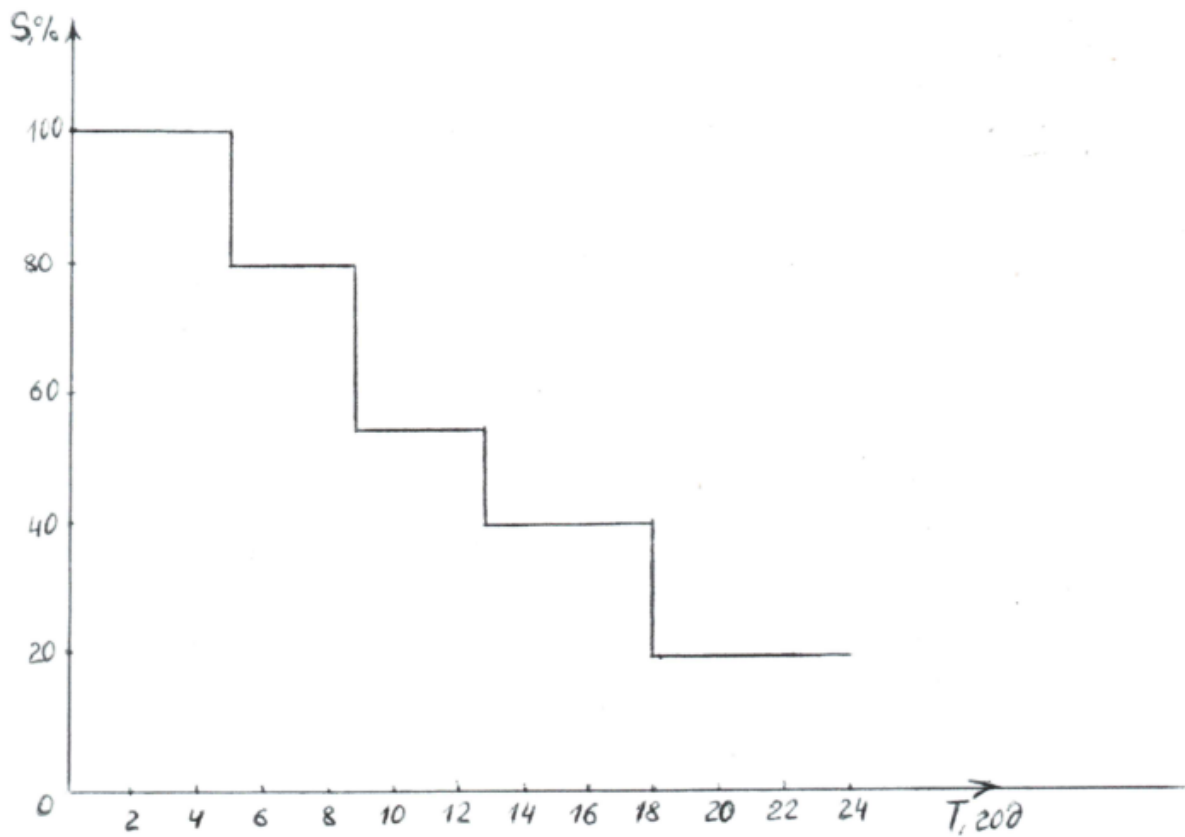


Рис. 4.1. Графік навантаження.

Таблиця 4.3

Р, кВт	tступеня, год.	Кз, 1-й варіант	Кз, 2-й варіант	$\Delta W_1$ , кВтгод	$\Delta W_2$ , кВтгод
1124,8	5	0,67	0,42	3768,08	2362,08
899,84	4	0,545	0,35	1961,65	1259,78
674,88	4	0,41	0,262	1106,8	707,27
449,92	5	0,273	0,174	614,14	391,43
224,96	6	0,136	0,087	183,56	117,43
<b>Всього</b>				<b>7634,24</b>	<b>4838</b>

Проводимо техніко-економічний розрахунок порівняння двох варіантів установки трансформаторів.

1-й варіант.

Капітальні витрати

$$K_1 = 190,4 \text{ тис грн. - вартість ПС } 10/0,4 \text{ } 2 \times 1000 \text{ кВА}$$

Річні амортизаційні витрати

$$C_a = K_g \cdot K_1 = 0,01 \cdot 190,4 = 1,904 \text{ тис грн.}$$

Вартість втрат електроенергії

$$C_b = C_{a1} \cdot \sqrt{N_{ei}} = 2 \cdot 7634,24 = 1526,85 \text{ грн.} = 1,527 \text{ тис грн}$$

де  $C_{a1} = 2 \text{ грн./кВт}$  - тариф на електроенергію.

Річні експлуатаційні витрати

$$C_{e1} = C_a + C_b = 1,904 + 1,527 = 3,431 \text{ грн.}$$

2-й варіант

$$K_2 = 313,2 \text{ тис грн. - вартість ПС } 10/0,4 \text{ } 2 \times 1600$$

$$C_a = K_g \cdot K_2 = 0,01 \cdot 313,2 = 3,132 \text{ тис грн.}$$

$$C_b = C_{a2} \cdot W_2 = 0,24838 = 967,6 \text{ грн.} = 0,968 \text{ тис.грн}$$

$$C_{e2} = C_a + C_b = 3,132 + 0,968 = 4,1 \text{ тис грн.}$$

Порівнюючи 1-й та 2-й варіанти вибираємо оптимальний 1-й варіант 2 x 1000 кВа.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## 5. Розрахунок струмів короткого замикання.

Головна причина порушення нормального режиму роботи системи електропостачання є виникнення короткого замикання. Для зниження збитків, обумовлених виходом з ладу електрообладнання внаслідок протікання струмів КЗ, а також для швидкого відновлення нормальної роботи системи електропостачання, необхідно точно визначити струми КЗ і по ним обирати електрообладнання захисту та засоби обмеження струмів короткого замикання.

У процесі проектування та експлуатації електричних систем і окремих електричних споживачів необхідно виконати ряд розрахунків струмів КЗ. За допомогою яких можна здійснити :

1. Вибір апаратури і струмоведучих частин та перевірку їх на термічну стійкість.
2. Вибір схем електричних з'єднань електричної системи.
3. Визначення умов роботи при аварійних режимах.
4. Вибір і настройку релейного захисту.
5. Проектування захистних заземлень.
6. Визначення числа заземлених нейтралей трансформатора у мережах із глухозаземленою нейтраллю.
7. Аналіз аварій, що стались.

Точки КЗ, які необхідно розрахувати, зображені на схемі (рис. 5.1).

					<b>ДП 2025</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розрахунок струмів КЗ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>						
Перевірив		<i>Ізволенський І.</i>					21	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>						

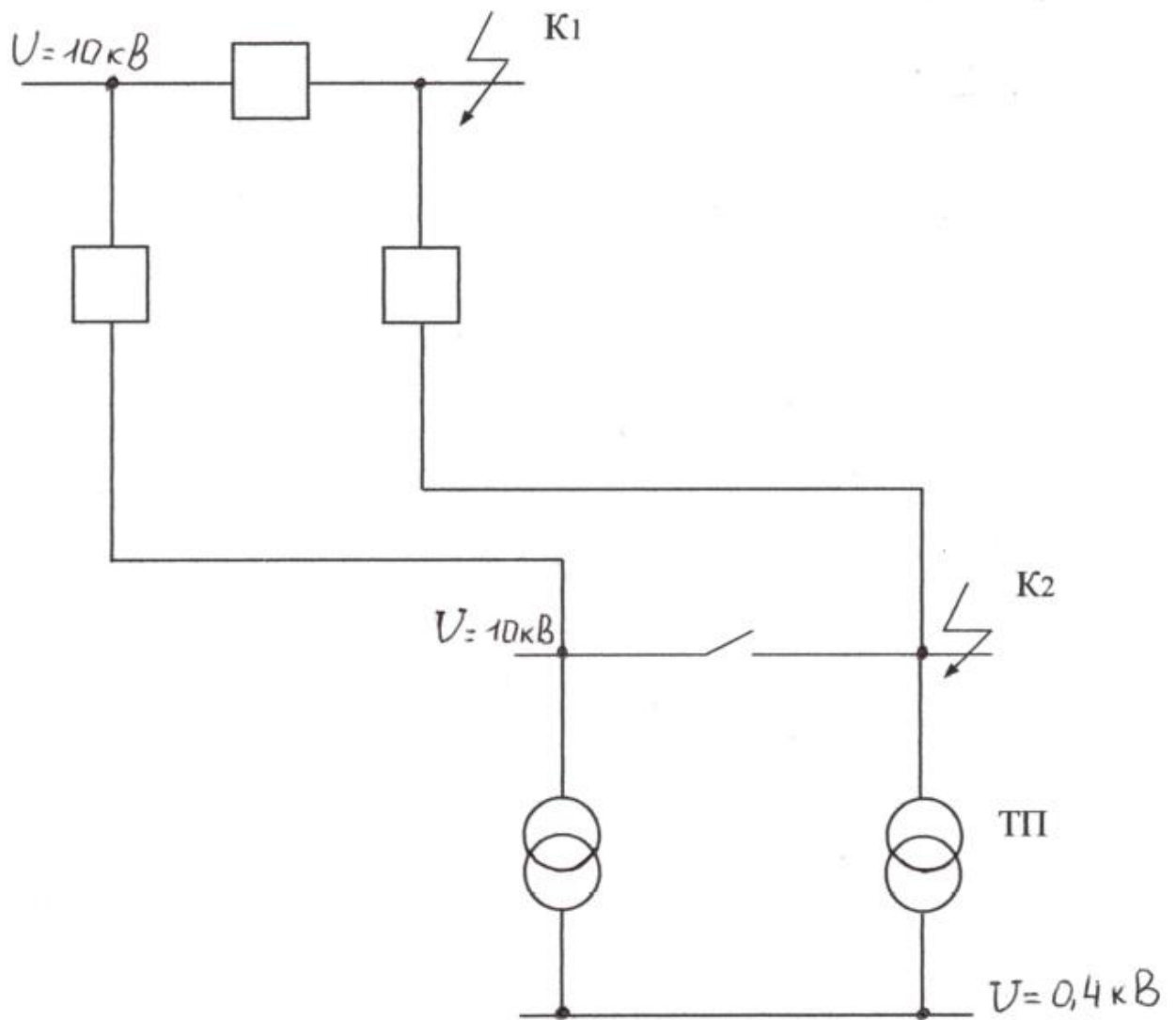


Рис. 5.1. Точки короткого замикання.

### 5.1. Вибір кабелів мережі 10 кВ.

Для вибору кабелів мережі 10 кВ розглянемо два режими роботи трансформаторів :

- а) нормальний;
- б) аварійний.

Схема для розрахунку нормального режиму роботи наведена на рис. 5.2.

Схема для розрахунку аварійного режиму роботи наведена на рис. 5.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

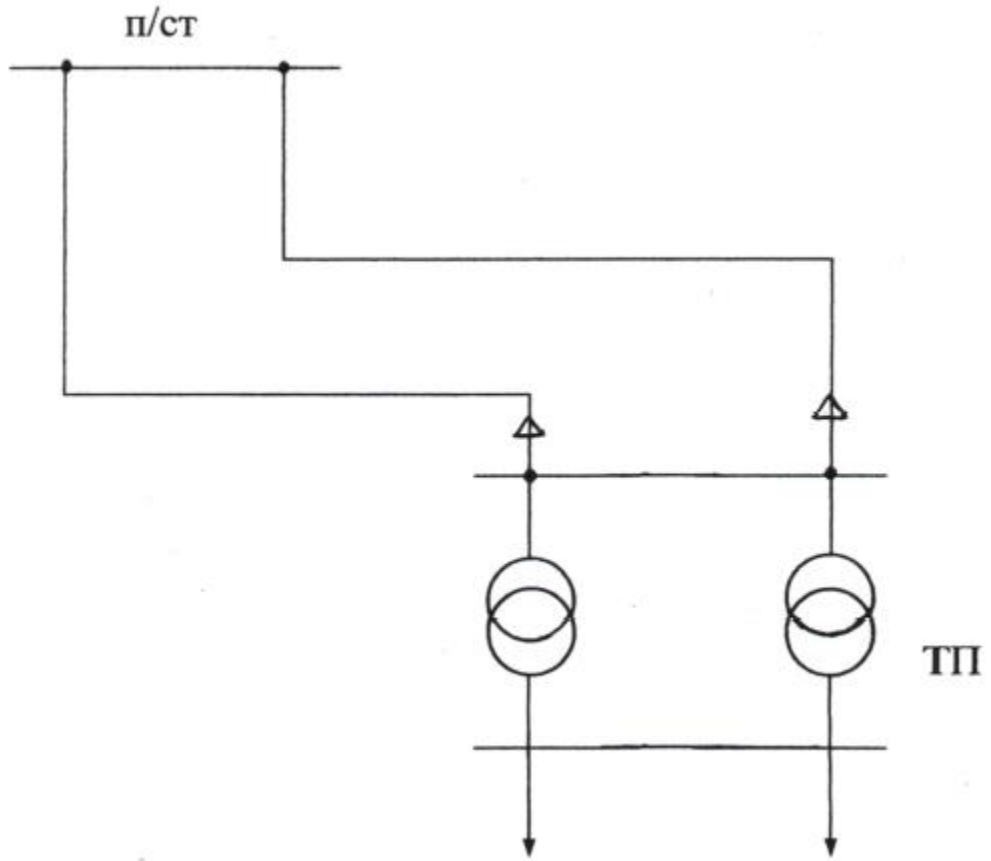


Рис. 5.2. Схема нормального режиму роботи.

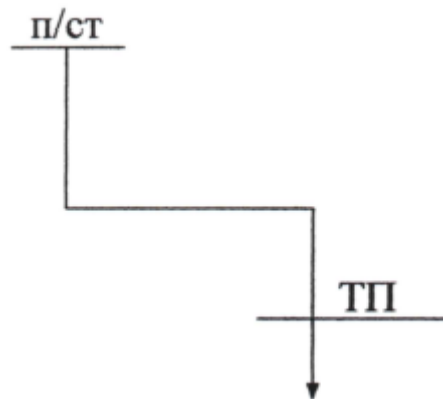


Рис. 5.3. Схема аварійного режиму роботи.

Вибираємо кабель від п/ст до ТП в нормальному режимі роботи

$$I_p = \frac{Sp}{\sqrt{3}U_n}$$

Визначаємо розрахункову потужність

$$Sp = \frac{1346,44}{2} = 673,22 \text{кВа}$$

Струм нормального та максимального режимів кабельних ліній визначаємо за формулою :

$$I_n = \frac{Sp}{\sqrt{3}U_n} = \frac{673,22}{\sqrt{3} \cdot 10} = 38,87 \text{А},$$

$$I_{\text{макс.}} = \frac{2Sp}{\sqrt{3}U_n} = \frac{2 \cdot 673,22}{\sqrt{3} \cdot 10} = 77,74 \text{А}.$$

Економічно вигідний переріз провідника визначаємо за формулою:

$$S_{\text{ек.}} = I_n / j_{\text{ек.}} ;$$

де  $j_{\text{ек.}}$  – нормоване значення

Економічно вигідний переріз кабеля:

$$S_{\text{ек.}} = \frac{38,87}{1,1} = 35,34 \text{ мм}^2 ;$$

За табл. (7.10) вибираємо кабель марки : ААШВ-10-3\*50 з  $I_{\text{доп.}} = 140 \text{ А}$ .

Умова  $I_{\text{доп.}} = 140 \text{ А} > I_{\text{макс.}} = 77,74 \text{ А}$  виконується, отже кабель підходить.

## 5.2 Розрахунок струмів КЗ.

Для розрахунку струмів КЗ складаємо схему заміщення рис.5.4.

Приймаємо базову потужність  $S_b = 50 \text{ кВа}$ , опір системи  $X_c = 0,2$ .

					ДП 2025	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6},$$

де  $U_6 = 10,5$  кВ – базова напруга.

$$I_6 = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 2,75 \text{ кА},$$

Приводимо опори кабельних ліній до базових умов

$$X_{кл.} = X_0 \ell \cdot \frac{S_6}{U_{н.ср.}^2} = 0,083 \cdot 1 \cdot \frac{50}{10,5^2} = 0,045 \text{ Ом}.$$

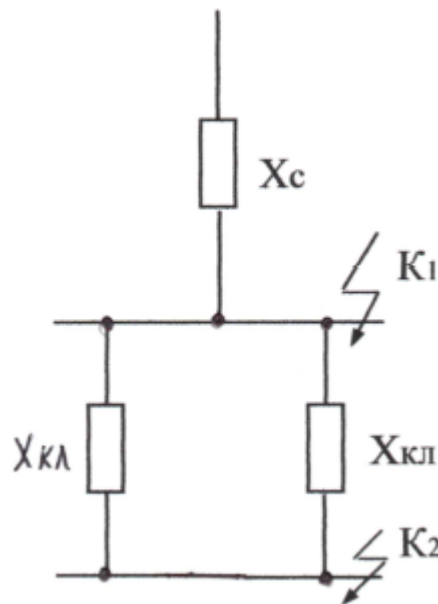


Рис. 5.4. Схема заміщення.

Коротке замикання в т.  $K_1$ . Так як  $\sum S_c = S_{баз.}$ , то  $X_{розр.} = X_6$ .

$$I_{0,0K1} = \frac{I_6}{X_c} = \frac{2,75}{0,2} = 13,75 \text{ кА}.$$

Коротке замикання в т.  $K_2$

$$I_{0,0K2} = \frac{I_6}{X_c + X_{кл.}} = \frac{2,75}{0,2 + 0,045} = 11,22 \text{ кА}.$$

Знаходимо ударні струми точок короткого замикання

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



$$T_a = \frac{-0,01}{\ln(K_y - 1)} = \frac{-0,01}{\ln(1,85 - 1)} = 0,061 \text{ с ,}$$

де  $K_y = 0,85$

Визначення теплового імпульсу

$$B_k = I_{0,0}^2 (\tau_{к.з} + T_a)$$

для точки К1  $B_{к1} = 13,75^2 \cdot (1,2 + 0,061) = 238,4 \text{ кА}^2\text{с};$

для точки К2  $B_{к2} = 11,22^2 \cdot (1,2 + 0,061) = 158,75 \text{ кА}^2\text{с}.$

Визначення струмів короткого замикання для будь-якого часу перехідного процесу

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{0,0} e^{\frac{-\tau n \cdot \theta}{T_a}} ;$$

$$\tau_{п.в} = \tau_{р.з} + \tau_{с.в} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ с ,}$$

де  $\tau_{р.з} = 0,01$  ;  $\tau_{с.в} = 0,08$  .

$$i_{a,\tau \text{ к1}} = \sqrt{2} \cdot 13,75 e^{\frac{-0,09}{0,061}} = 4,4 \text{ кА} ;$$

$$i_{a,\tau \text{ к2}} = \sqrt{2} \cdot 11,22 e^{\frac{-0,09}{0,061}} = 3,57 \text{ кА} .$$

Оскільки  $X_{б1}$  і  $X_{б2} \leq 3$ , то знайдемо струми початку відключення вимикача за розрахунковими кривими :

$$I_{п.в \text{ к1}} = 4,5 \text{ кА} ;$$

$$I_{п.в \text{ к2}} = 2,4 \text{ кА}.$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

### 5.3 Перевірка площі перерізу збірних шин.

Струми нормального та максимального режимів :

$$I_{ном} = 38,87A ; I_{макс} = 77,74A.$$

Знаходимо економічно вигідний переріз струмопроводу

$$S_{ек.} = I_n / j_{ек.} = 38,87 / 1,1 = 35,34 \text{ мм}^2 ,$$

де  $j_{ек.} = 1,1 \text{ А/мм}^2$  - економічно вигідна густина струму (табл. 2.1 [1]).

Приймаємо для встановлення алюмінієві шини з найближчим стандартним перерізом

$$S_{ст.} = 4 \times 30 = 120 \text{ мм}^2 .$$

Обчислюємо мінімальний переріз, стійкий до струмів КЗ :

$$S_{мін.} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{238,4 \cdot 10^6}}{90} = 170 \text{ мм}^2 ,$$

де  $C = 90 \text{ А с}^2/\text{мм}^2$  з таблиці 2.7 [1].

Умова  $S_{ст.} = 120 \text{ мм}^2 \geq S_{мін.} = 170 \text{ мм}^2$  не виконується.

Приймаємо для встановлення шини  $S_{ст.} = 5 \times 40 = 200 \text{ мм}^2$ ,  $I_{доп.} = 540 \text{ А}$ .

Умова  $S_{ст.} \geq S_{мін.}$ , та  $I_{доп.} \geq I_{макс.}$  виконується, отже вибрані шини будуть термічно стійкі до струмів коротких замикань.

					ДП 2025	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Перевірка на термічну стійкість до струмів КЗ кабелів, що живлять ТП.

Визначаємо мінімальний переріз, що стійкий до струмів КЗ :

$$S_{\min.} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{238,4 \cdot 10^6}}{90} = 170 \text{ мм}^2,$$

де  $C = 90 \text{ А} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}} / \text{мм}^2$  з таблиці 2.7 [1].

Виходячи з умови  $S_{\text{ст.}} > S_{\min.}$ , для живлення трансформаторної підстанції вибираємо кабель марки ААШВ-10-3 х 185 з  $I_{\text{доп.}} = 310 \text{ А}$ .

					ДП 2025	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. Вибір електрообладнання.

Електрообладнання повинно вибиратися в залежності від максимальних і розрахункових величин для нормального режиму роботи і короткого замикання. Для забезпечення надійної і безаварійної роботи електрообладнання при його виборі проводиться співставлення розрахункових величин з вказаними допустимими значеннями. Високовольтне комутаційне обладнання вибирають за номінальними параметрами і перевіряють на комутаційну здатність, на динамічну та термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Високовольтні вимикачі вибираються за такими умовами :

$$1. U_{ном.} \geq U_{ном.мережі};$$

$$2. I_{ном.} \geq I_{макс.};$$

$$3. I_{н.р} \geq I_{п.тр};$$

$$4. \sqrt{2} I_{н.р} \left( 1 + \frac{Вн}{100} \right) \geq \sqrt{2} I_{п.тр} + i_a \tau;$$

$$5. i_{дин.} \geq i_{уд.};$$

$$6. I_{дин.} \geq I_{н.о};$$

$$7. I_{\tau}^2 \cdot \tau \geq Вк.$$

					<b>ДП 2025</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір електрообладнання</b>					
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Изволеньский І.</i>							30	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>								

## 6.1 Вибір обладнання сторони 10 кВ.

### 6.1.1 Вибір вимикача 10 кВ.

Вибираємо вимикач в колі трансформатора зв'язку з системою до збірних шин РП-10 кВ.

Приймаємо вимикач ВВ(TEL-10-630-20У).

$$I_{\text{макс.}} = \frac{Sp}{\sqrt{3}U_n} = \frac{1346,446}{\sqrt{3} \cdot 10} = 77,74 \text{ А.}$$

Вибір вимикача (табл.6.1) та іншого електрообладнання здійснюємо в табличній формі.

Таблиця 6.1

№	Параметри	Умова	Розрахункові дані
1	$U_n = 10 \text{ кВ}$	$\geq$	$U_m = 10 \text{ кВ}$
2	$I_n = 630 \text{ А}$	$\geq$	$I_m = 77,74 \text{ А}$
3	$I_{н.р} = 20 \text{ кА}$	$\geq$	$I_{п.т} = 4,5 \text{ кА}$
4	$\sqrt{2}I_{н.р} \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) = 33,8 \text{ кА}$	$\geq$	$\sqrt{2} I_{п.т} + i_a \tau = \sqrt{2} \cdot 4,5 + 4,4 = 10,8 \text{ кА}$
5	$i_{дин.} = 52 \text{ кА}$	$\geq$	$i_{уд.} = 35,06 \text{ кА}$
6	$I_{дин.} = 20 \text{ кА}$	$\geq$	$I_{о.о} = 13,75 \text{ кА}$
7	$I_r^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2\text{с}$	$\geq$	$Вк = 238,4 \text{ кА}^2\text{с}$

### 6.1.2 Вибір секційного вимикача.

Струми нормального та максимального режимів :

$$I_{ном.} = I_{макс.} = \frac{Sp}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{1346,446}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 38,87 \text{ А.}$$

Для установки вибираємо вимикач типу ВВУТЕЛ-10-630-20У.

Вибір проводимо в табличній формі (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

№	Параметри	Умова	Розрахункові дані
1	$U_n = 10 \text{ кВ}$	$\geq$	$U_m = 10 \text{ кВ}$
2	$I_n = 630 \text{ А}$	$\geq$	$I_n = 38,87 \text{ А}$
3	$I_{н.р} = 20 \text{ кА}$	$\geq$	$I_{п.т} = 4,5 \text{ кА}$
4	$\sqrt{2}I_{н.р} \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) = 33,8 \text{ кА}$	$\geq$	$\sqrt{2} I_{п.т} + i_a \tau = \sqrt{2} \cdot 4,5 + 4,4 = 10,8 \text{ кА}$
5	$i_{дин.} = 52 \text{ кА}$	$\geq$	$i_{уд.} = 35,06 \text{ кА}$
6	$I_{дин.} = 20 \text{ кА}$	$\geq$	$I_{о.о} = 13,75 \text{ кА}$
7	$I_t^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2\text{с}$	$\geq$	$Вк = 238,4 \text{ кА}^2\text{с}$

### 6.1.3 Вибір вимикачів на відходящих лініях.

Для встановлення вибираємо вимикачі типу ВВ\ТЕЛ-10-630-20У. Вибір вимикача наведено в таблиці 6.3.

№	Параметри	Умова	Розрахункові дані
1	$U_H = 10 \text{ кВ}$	$\geq$	$U_M = 10 \text{ кВ}$
2	$I_H = 630 \text{ А}$	$\geq$	$I_H = 38,87 \text{ А}$
3	$I_{H.p} = 20 \text{ кА}$	$\geq$	$I_{п.т} = 4,5 \text{ кА}$
4	$\sqrt{2} I_{H.p} \left(1 + \frac{B_H}{100}\right) = 33,8 \text{ кА}$	$\geq$	$\sqrt{2} I_{п.т} + i_a \tau = \sqrt{2} \cdot 4,5 + 4,4 = 10,8 \text{ кА}$
5	$i_{дин.} = 52 \text{ кА}$	$\geq$	$i_{уд.} = 35,06 \text{ кА}$
6	$I_{дин.} = 20 \text{ кА}$	$\geq$	$I_{о.о} = 13,75 \text{ кА}$
7	$I_t^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \text{с}$	$\geq$	$Вк = 238,4 \text{ кА}^2 \text{с}$

### 6.1.5 Вибір вимірювальних трансформаторів струму.

Трансформатори струму - це однофазні пристрої, які обираються у двофазному чи трифазному виконанні для кожного приєднання усіх розподільчих пристроїв конкретної схеми для підключення вимірювальних приладів: амперметра, ватметра, лічильників.

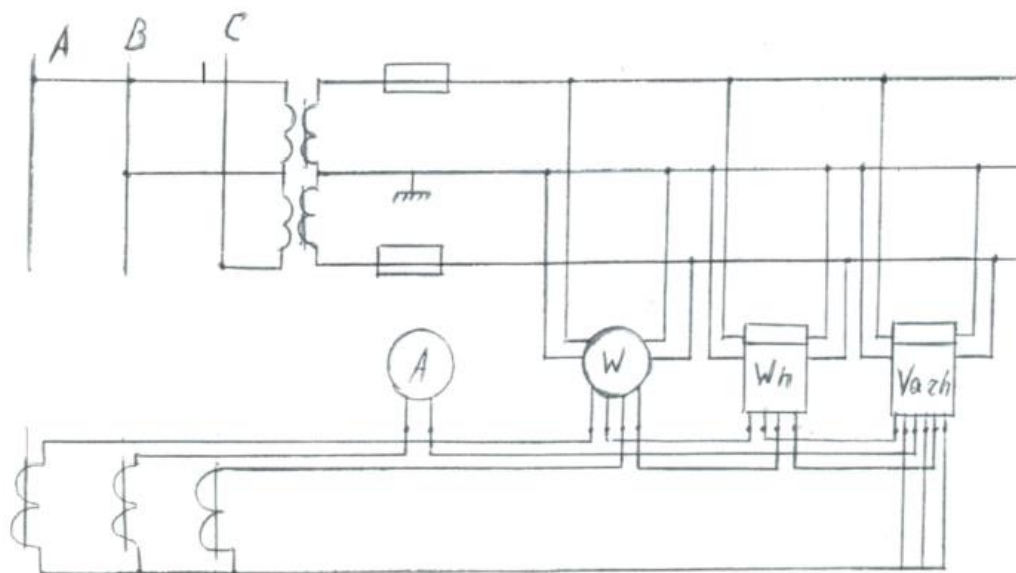


Рис. 6.1 Приєднання контрольно-вимірювальних приладів до ТС та ТН.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Визначаємо навантаження ТС по фазах згідно з рис.6.1 та дані про вимірювальні прилади. Результати зводимо в табл. 6.5.

За даними табл. 6.5 найбільш завантажені трансформатори струму у фазах А та С, отже сумарний опір приладів максимально завантаженої фази :

$$Z_{\text{прил.}} = \frac{S_A}{I_{\text{ном.}}^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом .}$$

Таблиця 6.5

Назва приладу	Тип приладу	Навантаження		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Э - 335	-	0,5	-
Ватметр	Э - 335	0,5	-	0,5
Лічил.актив.енергії	СА4У-И681	2,5	-	2,5
Лічил.реакт.енергії	СР4У-И673М	2,5	2,5	2,5
Всього		5,5	3,0	5,5

Виберемо трансформатор струму типу ТОЛ-10У2. Вибір ТС та його перевірка на динамічну та термічну стійкість наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6

№	Параметри	Умова	Розрахункові дані
1	$U_H = 10 \text{ кВ}$	$\geq$	$U_M = 10 \text{ кВ}$
2	$I_H = 100 \text{ А}$	$\geq$	$I_M = 38,87 \text{ А}$
3	$i_{\text{дин.}} = 52 \text{ кА}$	$\geq$	$i_{\text{уд.}} = 35,06 \text{ кА}$
4	$I_t^2 \cdot \tau = 50^2 \cdot 3 = 7500 \text{ кА}^2\text{с}$	$\geq$	$В_k = 238,4 \text{ кА}^2\text{с}$
5	$Z_{\text{2ном.}} = 0,6 \text{ Ом}$	$\geq$	$Z_{\text{2р}} = 0,324 \text{ Ом}$

Перевіримо можливість роботи ТС у заданому класі точності. Приймавши  $Z_k = 0,1$ , визначимо максимальний опір з'єднувальних проводів.

$$Z_{\text{пров.}} = Z_{2\text{ном.}} - Z_{\text{прил.}} - Z_k = 0,6 - 0,22 - 0,1 = 0,28 \text{ Ом.}$$

Мінімальний переріз провoda

$$S = \frac{\rho \cdot l_p}{Z_{\text{пр}}} = \frac{0,028 \cdot 0,5}{0,28} = 0,05 \text{ мм}^2,$$

де  $\rho = 0,028 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$  - питомий опір алюмінієвого проводу ;

$l_p = 0,4 - 0,6$  – розрахункова довжина проводу від ТС до приладів.

Приймаємо переріз провoda  $4 \text{ мм}^2$ .

Опір провoda

$$Z_{\text{пров.}} = \frac{\rho \cdot l_p}{S} = \frac{0,028 \cdot 0,5}{4} = 0,0035 \text{ Ом.}$$

Тоді розрахунковий опір вторинного кола ТС

$$Z_{2p} = Z_{\text{прил.}} + Z_{\text{пров.}} + Z_k = 0,22 + 0,0035 + 0,1 = 0,3235 \text{ Ом.}$$

В колі секційного вимикача вибираємо ТС типу ТОЛ-ЮУ2.

На лініях, що відходять, вибираємо для встановлення трансформатори струму типу ТОЛ-10У2.

#### 6.1.6. Вибір трансформаторів напруги.

Трансформатори напруги встановлюються на кожній секції збірних шин. Вони є джерелом напруги для всіх котушок контрольно-вимірювальних приладів.

На кожній секції збірних шин РУ 10 кВ встановлюємо трансформатор напруги типу ЗНОЛ-0,6-10УЗ.

Прилади, які підключені до ТН, наведені в таблиці 6.7.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 6.7

Найменування приєднання	Прилад	Тип	Потужність котушок	Кількість приладів	Загальна потужність
Збірні шини	Вольтметр	Э - 378	2	1	-
Приєднання трансформатора до шин 10 кВ	Ватметр	Д - 335	0,5	1	0,5
	Лічил.актив.енергії	СА3-И681	2,5	1	2,5
	Лічил.реакт.енергії	СА3-И673	2,5	1	2,5
Лінії 10 кВ	Лічил.актив.енергії	СА-И681	2,5	1	2,5
	Лічил.реакт.енергії	СА-И673	2,5	1	2,5
Приєднання ТВП	Лічил.актив.енергії	СА3-И681	2,5	1	2,5
Всього					18

Для роботи трансформатора напруги у класі точності 0,5 перевіряємо умову :

$$S_{2ном.} \geq S_{2\Sigma},$$

де  $S_{2ном.} = 75B \cdot A$  - для заданого класу точності.

Умова  $S_{2ном.} = 75B \cdot A \geq S_{2\Sigma}$  виконується, отже вибраний трансформатор напруги підходить.

### 6.1.7. Вибір трансформатора власних потреб.

Навантаження, яке припадає на трансформатор власних потреб, наведено в таблиці 6.8. Для нормальної роботи трансформатора власних потреб треба, щоб його номінальна потужність була більшою за навантаження споживачів.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 6.8

Електроспоживачі	Встановлена потужність,кВт	Кількість	Повна потужність,кВт
1.ЕД охолодження трансформаторів	1,5	2	3
2.Опалення та освітлення приміщень	5,5	1	5,5
3.Зовнішнє приміщення підстанції	2	1	2
4.Навантаження оперативних кіл мережі	1,8	1	1,8
5.Маслорегенераційна установка	13	1	13
6.Маслогосподарство	75	1	75
7.Компресорний ЕД	25	1	25
8.Опалення, освітлення компресора	25	1	25
9.Обігрів ОРУ ВН	2	1	2
Всього			152,3

Розрахункова потужність ТВП :  $S_{роз.} = K_n \cdot S_{вст.} = 0,8 \cdot 152,3 = 121,9 \text{ ВА.}$

Розрахункова номінальна потужність ТВП :  $S_{роз.} = \frac{S_{роз.}}{K_{дон. авар.}} = \frac{121,9}{1,4} = 88 \text{ ВА.}$

Для встановлення приймаємо трансформатор типу ТМ-100/10/0,4.

## 6.2. Вибір обладнання сторони 0,4 кВ.

### 6.2.1. Вибір перерізу шин 0,4 кВ.

$$I_n = \frac{Sp}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1346,44}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 971,7$$

$$I_m = \frac{Sp}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1346,44}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1943,4 \text{ А}$$

$$S_{ек.} = I_n / j_{ек} = 971,7 / 1,4 = 694,1 \text{ мм}^2.$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Вибираємо алюмінієві шини коробчатого перерізу з

$$S_{ст.} = 695 \text{ мм}^2 > S_{ек.} = 694,1 \text{ мм}^2$$

$$I_{доп.} = 2670 \text{ А} > I_{макс.} = 1943,4 \text{ А}$$

Умова виконується, отже вибрані шини підходять для установки.

### 6.2.2. Вибір уставок розчеплювачів для автоматичних вимикачів.

Номінальний струм розчеплювача:

$$I_{ном.роз.} > I_p$$

Номінальний струм автоматичного вимикача :

$$I_{ном.а.} > I_{ном.роз.}$$

Види вставок розчеплювачів та тип вимикачів зводимо в таблицю 6.9.

Таблиця 6.9

Місце встановлення	U <sub>ном,кВ</sub>	I <sub>p,А</sub>	Тип	Параметри	
				I <sub>ном.роз.</sub>	I <sub>ном.а</sub>
КТП					
на вводі	0,4	1946	Э16 В	2000	2500
секційний	0,4	971,7	Э16 В	1800	1000
на відход.лініях	0,4	485,8	Э16 В	630	1000

### 6.2.3. Вибір АВ.

При захисті ліній до поодиноких двигунів з легким пуском для відділу станції перекачки конденсату:

$$I_{ном.вст.} = \frac{11}{\sqrt{3}U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{ном}} = 26,1 \text{ А,}$$

Іпуск. — пусковий струм двигуна:

$$I_{пуск.} = 5 I_p = 5 \cdot 26,1 = 130,5 \text{ А.}$$

$$1,25 I_{пуск} = 163,125 \text{ А,}$$

Номинальний струм розч. АВ

Іном.розч. > Іном.

Вибираємо АВ типу ВА88- 32.

Перевірка на струм спрацювання: Іспрац. >1,25 Іпк.

Табл.6.10

номер	приміщення	Іном.вст.,А	Іспрац.,кА	умова	1,25Іпуск.	АВ	Іном.розч.,А
1	АПК,столова	6,29	12,50	<=	39,3125	ВА88-32	32
2	електро-,мех. цех	13,5	12,5	<=	84,375	ВА88-32	32
3	КМЦ	191,5	35	<=	1216,25	ВА88-35	200
4	Апаратна холоду	82,13	12,5	<=	513,3125	ВА88-32	100
5	Головний корпус	70,75	12,5	<=	442,1875	ВА88-32	80
6	Сметана,тарний цех	55,35	12,5	<=	345,9375	ВА88-32	63
7	Сирний цех	27,7	12,5	<=	173,125	ВА88-32	32
8	Приймання молока	25,9	12,50	<=	161,875	ВА88-32	32
9	Центр. Склад	-	-	-	-	-	-
10	Аналізаторська	-	-	-	-	-	-
11	Транспорт. прохідна	3,93	12,5	<=	24,5625	ВА88-32	32
12	Склад готової прод.	51,9	12,5	<=	324,375	ВА88-32	63
13	Гараж	-	-	-	-	-	-
14	Насосна станція	176,9	17,5	<=	1105,625	ВА88-35	200
15	Котельна	33,3	12,5	<=	208,125	ВА88-32	40
16	Станц.перекач. конд.	26,1	12,5	<=	163,125	ВА88-32	32

#### 6.2.4. Вибір кабелів 0,4 кВ.

Переріз проводів в цехових мережах визначають виходячи з умов :

1. За умовою проводів розрахунковим струмом

$$I_{np} = \frac{I_{розр.}}{K_{прок.}} ;$$

2. За умовою відповідності апарату максимального струмового захисту

$$I_{np.} = \frac{Kз \cdot Iз}{K_{прок.}} ,$$

де  $K_{прок.}$  - коефіцієнт прокладки ;  $Iз$  — струм апарату захисту .

Для автоматичного вимикача  $I_z = I_{ном.розч.}$ ,  $K_{прок.}=1$ ,  $K_з.=1$ .

Переріз проводів вибираємо таким чином, щоб  $I_{пр} > I_z$ . Для обладнання 0,4 кВ вибираємо кабелі типу АВВГ.

Для КЛ до двигуна станції перекачки конденсату:

$I_{пр}=32*1/1$ , звідки вибираємо КЛ типу АВВГ-4\*10,  $I_{доп}=45$  А (табл.3.36,Шест.)

номер	приміщення	Ідоп.каб.А	умова	Із,А	марка каб.	перер.,мм
1	АПК,столова	45	<=	32	АВВГ	4*10
2	електро-, мех. цех	45	<=	32	АВВГ	4*10
3	КМЦ	200	<=	200	АВВГ	4*120
4	Апаратна холоду	110	<=	100	АВВГ	4*50
5	Головний корпус	95	<=	80	АВВГ	4*35
6	Сметана, тарний цех	75	<=	63	АВВГ	4*25
7	Сирний цех	45	<=	32	АВВГ	4*10
8	Приймання молока	45	<=	32	АВВГ	4*10
9	Центр. Склад	-	-	-	-	-
10	Аналізаторська	-	-	-	-	-
11	Транспорт. прохідна	45	<=	32	АВВГ	4*10
12	Склад готової прод.	75	<=	63	АВВГ	4*25
13	Гараж	-	-	-	-	-
14	Насосна станція	200	<=	200	АВВГ	4*120
15	Котельня	45	<=	40	АВВГ	4*10
16	Станц. перекач. конд.	45	<=	32	АВВГ	4*10

### 6.2.5. Вибір обладнання КТП.

Комплектні трансформаторні підстанції КТП-1000/10/0,4УЗ призначені для електропостачання в установках трифазного змінного струму напругою 6- 10/0,4 кВ частотою 50Гц. З заземленою або ізольованою нейтраллю на стороні НН.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Застосовуються в системах електропостачання промислових підприємств в районах з помірним кліматом:

Від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  для КТП з масляними трансформаторами;

Від  $+1^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  для КТП з сухими трансформаторами і для шаф обліку.

В склад підстанції входять:

1. Пристрій з сторони ВН:

-шафа глухого вводу (короб для кабельного вводу);

-шафа з вимикачем навантаження ВНП з дистанційним відключенням;

-шафа з вимикачем навантаження ВНП з ручним приводом;

-шафа з вакуумним вимикачем ВВ\ТЕБ з максимальним струмовим захистом.

2. Силовий трансформатор, два для 2 КТП.

3. Розподільчий пристрій з сторони НН РПНН, який складається з шаф вводу НН, шаф відходящих ліній і секційної шафи(для 2 КТП). В РПНН встановлюються вимикачі відходящих ліній стаціонарного або висувного виконання.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

## 7. Розрахунок електроосвітлення

цеху.

### 7.1 Вибір освітлювальних установок.

Розрахунок електроосвітлення розглянемо на прикладі

Для встановлення вибираємо світильники типу Розглянемо техніко-економічний розрахунок двох варіантів: сирного цеху. ЛПП “Сигма”.

1. Застосування ламп потужністю 40 Вт;
2. Застосування ламп потужністю 60 Вт.

Характеристика світильників наведена в таблиці 7.1

Тип світильника		ЛПП “сигма-236”	ЛПП “сигма-258”
Тип КСС		Д-2	Д-2
Потужність ламп, Вт		2×36	2×58
Тип ламп		ЛБ	ЛБ
Світловий потік лампи, лм		3200	4800
КПД, %		55	55
Ступінь захисту		IP 54	IP 54
Розміри ОУ	довжина, м	1285	1585
	ширина, м	170	170
	висота, м	110	110
Ціна, грн		118,18	185,98

Світильники встановлюються на висоті 4,9 м, що й є розрахунковою висотою  $h_p$ . Нормована освітленість цеху  $E$  становить 200 лк.

					ДП 2025			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Петерчук А.О.			Розрахунок електроосвітлення цеху.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Ізволеньський І.					42	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		Балюта С.М						

## Індекс приміщення

$$i = \frac{a \cdot b}{h_p (a \cdot b)} = \frac{42 \cdot 42}{4,9(42 \cdot 42)},$$

де а - довжина цеху (а=42 м); Б - ширина цеху (Б=42 м).

Зважаючи на спад освітленості в процесі експлуатації при погіршенні технічних характеристик виробів і запиленості середовища приміщення, використовуємо коефіцієнт запасу к, для освітлювальних установок (ОУ).

Для ОУ з люмінесцентними лампами (ЛЛ)  $k_3=1,5$  [4].

Для визначення коефіцієнту корисної дії (ККД) приміщення  $\eta_{пр}$  скористаємось табл.9,14 [4]. Для коефіцієнтів відбитості стелі, стін і робочої поверхні  $\rho_{стелі}=0,5$ ,  $\rho_{стін}=0,5$  та  $\rho_p=0,1$  відповідно  $\eta_{,р}=0,83$ .

Світловий потік ЛЛ одного ряду

$$\Phi_{розр.лін} = \frac{E \cdot k_3 \cdot A \cdot z}{n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1764 \cdot 1,15}{8 \cdot 0,415} = 165375 \text{ лм,}$$

де Е - задана мінімальна освітленість 200 лк; А - освітлюєма площа

$$A = a \cdot b = 42 \cdot 42 = 1764 \text{ м}^2 ;$$

а і в - довжина і ширина цеху відповідно; т - відношення  $E_{ср}/E_{тін}$ ;

п - кількість освітлювальних ліній;  $\eta = \eta_{пр} \cdot \eta_{св} = 0,83 \cdot 0,5 = 0,46$ .

Визначаємо кількість світильників для однієї лінії для кожного варіанту;

$$N = \frac{\Phi_{розр.лін}}{n_{ламп} \cdot \Phi_{лампи}} ;$$

$$N_1 = \frac{165375}{2 \cdot 3200} = 25,8 \Rightarrow N_1 = 26 ;$$

$$N_2 = \frac{165375}{2 \cdot 4800} = 17,2 \Rightarrow N_2 = 17 ,$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де  $n_{\text{ламп}}$  - кількість ламп в одному світильнику;  $\Phi_{\text{ламп}}$ , - світловий потік однієї лампи.

Кількість світильників в цеху

$$N_{\text{світ.цеху}} = N_{\text{світ.ліп}} \cdot n_{\text{рєдів}}$$

З огляду на те, що територія цеху має свої конструктивні особливості, світильники розміщуємо графічно і отримуємо їх фактичну кількість:

$$N_{\text{світ.цеху.1}}=219; N_{\text{світ.цеху.2}}=165.$$

Сумарна вартість світильників для цеху:

$$B_{\text{світ}} = N_{\text{світ.цеху}} \cdot B_{0\text{світ}} ;$$

$$B_{\text{світ.1}} = N_{\text{світ.цеху.1}} \cdot B_{0\text{світ.1}} = 219 \cdot 118,18 = 25881 \text{ грн};$$

$$B_{\text{світ.2}} = N_{\text{світ.цеху.2}} \cdot B_{0\text{світ.2}} = 165 \cdot 185,98 = 30687 \text{ грн.}$$

Знайдемо встановлену потужність  $P_{\text{вст}}$  для  $N_{\text{світ.цеху}}$ . Пускова регулююча апаратура (ПРА) для ЛЛ споживає 20% енергії від потужності ламп, тоді для світильника

$$P_{0\text{вст}} = 1,2 \cdot n_{\text{ламп}} \cdot P_{\text{ламп}} ;$$

$$P_{0\text{вст.1}} = 1,2 \cdot n_{\text{ламп}} \cdot P_{\text{ламп.1}} = 1,2 \cdot 2 \cdot 36 = 86,4 \text{ Вт};$$

$$P_{0\text{вст.2}} = 1,2 \cdot n_{\text{ламп}} \cdot P_{\text{ламп.2}} = 1,2 \cdot 2 \cdot 58 = 139,2 \text{ Вт.}$$

Для цеху :

$$P_{\text{уст.1}} = N_{\text{світ.цеху.1}} \cdot P_{0\text{уст.1}} = 219 \cdot 86,4 = 18,9 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{уст.2}} = N_{\text{світ.цеху.2}} \cdot P_{0\text{уст.2}} = 165 \cdot 139,2 = 23 \text{ кВт.}$$

Як видно з вищенаведених розрахунків, перший варіант потребує менших грошових витрат і споживає меншу потужність. Отже, для подальшого розгляду приймаємо перший варіант.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Розрахункове значення освітленості цеху

$$E_p = \frac{\Phi_{ос} \cdot N \cdot \eta}{\kappa_3 \cdot A \cdot z} = \frac{2 \cdot 3200 \cdot 219 \cdot 0,415}{1,5 \cdot 1764 \cdot 1,15} = 191,2 \text{ лк.}$$

Фактичне значення освітленості цеху

$$E_{\phi} = E_n \cdot \kappa_3 \cdot \frac{E_p}{E_{норм}} = 200 \cdot 1,5 \cdot \frac{191,2}{200} = 286,8 \text{ лк.}$$

Відношення фактичної освітленості до нормованої

$$\delta = \frac{E_{\phi} - E_{норм} \cdot \kappa_3}{E_{норм} \cdot \kappa_3} \cdot 100\% = \frac{286,8 - 200 \cdot 1,5}{200 \cdot 1,5} \cdot 100\% = 4,4\%.$$

## 7.2 Розрахунок електроосвітлювальної мережі.

Для кожної освітлювальної лінії (групи) знаходимо встановлену потужність:

$$P_{вст.гр.} = N_{світ.гр.} \cdot P_{овст} = N_{світ.гр.} \cdot 1,2 \cdot n_{лампи} \cdot P_{лампи} \text{ кВт.}$$

Розрахункова потужність при коефіцієнті попиту  $\kappa_n = 0,95$  (табл.13.6 [4])

$$P_p = \kappa_n \cdot P_{вст} \text{ кВт.}$$

Розрахунковий струм в лінії

$$I_p = \frac{P_p}{U \cdot \cos \varphi} \text{ А,}$$

де  $U$  - напруга мережі;  $\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності для світильників з люмінесцентними лампами з ПРА за дволамповою схемою.

Приклад розрахунку для групи 1.1

$$P_{вст.гр.} = 9 \cdot 86,4 = 0,78 \text{ кВт;}$$

$$P_p = 0,95 \cdot 0,78 = 0,74 \text{ кВт;}$$

$$I_p = \frac{0,74}{0,22 \cdot 0,9} = 3,9 \text{ А.}$$

					ДП 2025	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Для інших груп проводимо аналогічні розрахунки і результати зводимо в табл. 7.2.

### 7.3 Вибір провідників.

Проводи освітлювальної мережі повинні задовольняти таким умовам:

- проводи повинні пропускати струм освітлювального навантаження не нагріваючись до вище допустимої температури;
- напруга на контактах не повинна бути меншою певної величини;
- проводи повинні мати дійсну механічну міцність.

Для живлення світильників від освітлювального щитка вибираємо двожильний кабель типу АВВГ. За заданими втратами напруги (для освітлювальної мережі нижня межа напруги становить 97,5% у найбільш віддаленої лампи) і моменту струму (для люмінесцентних ламп) переріз проводів визначаємо за табл.4.41 [5].

Приклад для групи 1.1 :

Момент струму

$$M = I_p \cdot L' = 3,9 \cdot (75 - 12/2) \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ А} \cdot \text{км},$$

де  $L'$  - приведена довжина (відстань від початку лінії до центру навантаження).

Моменту струму  $M=0,27 \text{ А км}$  і втраті напруги  $\epsilon'$  до 2,5% відповідає переріз кабелю  $4 \text{ мм}^2$ . При цьому втрати напруги становлять 1,7%.

Для інших груп проводимо аналогічні розрахунки і результати зводимо в табл. 7.4.

					ДП 2025	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 7.2

Номер групи	Кількість світильників	Встановлена потужність	Коефіцієнт попиту	Розрахункова потужність	Розрахунковий струм
	Штук	кВт	в.о.	кВт	А
1,1	9	0,78	0,95	0,74	3,9
1,2	12	1,04	-//-	0,99	5,25
1,3	15	1,3	-//-	1,24	6,57
1,4	15	1,3	-//-	1,24	6,57
1,5	15	1,3	-//-	1,24	6,57
1,6	15	1,3	-//-	1,24	6,57
1,7	15	1,3	-//-	1,24	6,57
1,8	15	1,3	-//-	1,24	6,57
4,1	13	1,12	-//-	1,06	5,35
4,2	17	1,47	-//-	1,4	7,07
4,3	17	1,47	-//-	1,4	7,07
4,4	17	1,47	-//-	1,4	7,07
4,5	17	1,47	-//-	1,4	7,07
4,6	17	1,47	-//-	1,4	7,07
4,7	10	0,86	-//-	0,82	4,3

#### 7.4 Вибір комутуючої апаратури.

Для комутації освітлювальних ліній використовуємо щитки освітлювальні групові типу ІДА-1201 (16) (ООО “Елетон”):

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 7.3

Тип щита		ЩА-1201
Номінальний струм, А		100
Тип ввідного апарату		—
Кількість відходящих автоматів		12×АЕ1031 16А
Габарити, мм	Н	290
	L	300
	В	90
Маса, кг не більше		7,2
Ціна, грн		108

Для захисту ліній приймаємо струм вставки 10А

$$I_{\text{вставки}} \geq I_p$$

при найбільшому розрахунковому струмі 7,07А.

Як ввідний апарат використаємо ящик управління освітленням типу ЯУ09601 (ООО “Елетон”).

В середині ящика на панелі розміщені:

силова частина - автоматичний вимикач і електромагнітний пускач;  
апаратура управління - фотореле, клемні колодки і програматор режимів.

В ЯУ09601 можливий автоматичний режим управління освітленістю тільки за часом, за часом і рівнем освітленості і тільки за рівнем освітленості.

Вибір режимів автоматичного управління виконується перемикачем SA2, а оперативне управління - кнопками SB1, SB2, які розташовані на дверцятах ящика.

					ДП 2025	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.4

Номер групи	Розрахунковий струм	Довжина живильної лінії	Довжина освітлювальної лінії	Приведена довжина	Момент навантаження	Переріз кабелю	Спад напруги
	А	м	м	м	А·км	мм <sup>2</sup>	%
1,1	3,9	75	12	69	0,27	2×4	1,7
1,2	5,25	60	18	51	0,27	2×4	1,7
1,3	6,57	90	21	79,5	0,52	2×6	2,1
1,4	6,57	80	21	69,5	0,46	2×6	1,9
1,5	6,57	70	21	59,5	0,39	2×6	1,6
1,6	6,57	60	21	49,5	0,33	2×4	2,1
1,7	6,57	50	21	39,5	0,26	2×4	1,6
1,8	6,57	40	21	29,5	0,19	2×2,5	1,9
4,1	5,35	35	19	25,5	0,14	2×2,5	1,4
4,2	7,07	35	21	24,5	0,17	2×2,5	1,7
4,3	7,07	40	21	29,5	0,21	2×4	1,3
4,4	7,07	45	21	34,5	0,24	2×4	1,5
4,5	7,07	50	21	39,5	0,28	2×4	1,8
4,6	7,07	55	21	44,5	0,31	2×4	1,9
4,7	4,3	60	12	54	0,23	2×4	1,4

В середині ящика на панелі розміщені:

- силова частина - автоматичний вимикач і електромагнітний пускач;
- апаратура управління - фотореле, клемні колодки і програматор режимів.

В ЯУО9601 можливий автоматичний режим управління освітленістю тільки за часом, за часом і рівнем освітленості і тільки за рівнем освітленості.

Вибір режимів автоматичного управління виконується перемикачем SA2, а оперативне управління - кнопками SB1, SB2, які розташовані на дверцятах ящика.

Ящик управління освітленням складається із двох частин: власне оболонки з листової сталі навісного захищеного виконання і виносної фото головки - пластмасового корпусу з пристроєм для кріплення, в якому встановлюється фоторезистор. Ящик і фотоголовка з'єднуються із споживачем 2-жильним неекранованим кабелем з перерізом жили не менше 0,35 мм і довжиною до 50 м.

Верхня межа вставки освітленості - 2200 лк, нижня межа - 200 лк.

Зберігання вставок включення-відключення при знятому живленні - 150 годин. Точність виконання програм - 10 с/рік.

Даний пристрій дає можливість завдяки фотореле контролювати рівень освітленості в контрольній точці, при цьому комутуюча апаратура знаходиться в зручному для керування місці. При освітленості робочого місця вище нормованого значення відключення світильників призводить до економії електроенергії і, відповідно, коштів. У разі автоматичного увімкнення світильників при зменшенні впливу природного освітлення підтримання нормованого значення освітленості буде сприяти збереженню продуктивності праці в цеху на сталому рівні і, в кінцевому рахунку, якості і кількості виробленої продукції.

Повний економічний і технічний ефект можна з'ясувати при детальному порівнянні стану виробництва до впровадження даного регулювання освітленості і після.

Сумарне розрахункове навантаження для кожного освітлювального щитка:

$$P_{\Sigma p} = \sum_{i=1}^m P_{p,i} \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma p,1} = 9,62 \text{ кВт}; P_{\Sigma p,2} = 9,33 \text{ кВт}.$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Розрахунковий струм для живильної лінії:

$$I_{p.1} = \frac{P_{\Sigma p.1}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{9,62}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 15,4 \text{ А};$$

$$I_{p.1} = \frac{P_{\Sigma p.1}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{9,33}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 15 \text{ А.}$$

За каталогом вибираємо ящик управління освітленням з наступними параметрами:

Таблиця 7.5

Тип ящика	ЯУО9601
Типовиконання	3474
Напруга кола управління	220В, 50Гц
Номінальний струм ящика, А	25
Струм розчеплювача авт. вим. А	31,5
Тип оболонки	МКН55.25
Маса, кг не більше	25,6
Ціна, грн	967,3

## 8. Релейний захист.

Релейний захист трансформаторів ТП. На трансформаторах встановлено релейний захист, який діє при пошкодженні масляних баків трансформаторів, багатофазних КЗ в обмотках та на їх виводах, зовнішніх КЗ, при зниженні рівня трансформаторного масла.

### 8.1 Захист кабельної лінії 10 кВ.

Для живлення трансформаторів релейного захисту та автоматики, управління вимикачами, аварійною і попереджуючою сигналізацією вибираємо постійний струм на номінальну напругу 220В. Для забезпечення надійного живлення оперативним струмом відповідних пристроїв мережа ділиться на різні ділянки, аби пошкодження в одній з них не порушувало роботу інших.

Всі споживачі постійного оперативного струму за ступенями їх відповідальності діляться на декілька категорій. Найбільш відповідальними споживачами є ланцюги оперативного струму релейного захисту, автоматики та управління вимикачами.

Захисти виконанні за двофазною дворелейною схемою з реле типу РТ 85/1.

Вибір вставок максимальних струмових захистів полягає у визначенні первинних і вторинних струмів спрацювання реле, максимальних коефіцієнтів чутливості при коротких замиканнях у кінці зон, що захищаються, коли ці захисти діють як основні так і резервні. Крім того, при захисті двох і більше послідовно з'єднаних елементів, наприклад трансформатор-лінія-двигун, вони мають бути узгоджені за чутливістю і

					<b>ДП 2025</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Релейний захист.</b>					
Розробив		<i>Петерчук</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Ізволеньський</i>							52	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

часом. Вони повинні діяти вибірково: вимикати місця пошкодження найближчими вимикачами. Первинний струм спрацювання максимального струмового захисту має бути відстроєний від струмів самозапусків повністю загальмованих двигунів та іншого навантаження при вмиканні та вимиканні елемента, що знаходиться, після ліквідації короткого замикання; крім цього, захист не повинен приходити до дії при максимально можливому робочому струмі навантаження.

### 8,1.1 Розрахунок уставок.

Струм спрацювання захисту в симетричному нормальному режимі

$$I_{с.з} = K_n * K_{с.з} * I_{роб.макс} / K_z,$$

де  $K_n = 1,2 \dots 1,3$  - коефіцієнт надійності;

$K_{с.з}$  - коефіцієнт самозапуску навантаження

$K_z$  - коефіцієнт звороту реле.

Струм спрацювання реле

$$I_{с.п} = K_{с.х} * I_{с.з} / K_{т.т} ,$$

де  $K_{с.п}$  — коефіцієнт схеми ( залежить від схеми вмикання ТА );

$K_{т.т}$  - коефіцієнт трансформації трансформатора струму.

Приймаємо з довідника для даних перерізів кабелів допустимий струм за ПУЕ

$$I_{роб.макс.} = I_{дл.доп.}$$

Коефіцієнт чутливості визначають за мінімальних струмів короткого замикання за формулою

$$K_{ч} = \frac{I_p}{I_{с.п}} = \frac{K_c \cdot I_{х.мін.} \cdot K_{т.т}}{K^{(2)сх} \cdot I_{с.з} \cdot K_{т.т}} = \frac{K_{сх} \cdot I_{х.мін.}}{K^{(3)сх} \cdot I_{с.з}}$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

### 8.1.2. Розрахунок вставок відсічки і максимального струмового захисту.

Неселективна струмова відсічка без витримки часу.

На проектних кабельних лініях з одностороннім живленням, які відходять від шин підстанції, струмові відсічки повинні бути виконані без витримки часу і зона їх дії повинна бути визначена при умові всіх КЗ, які супроводжуються остаточною напругою 10 кВ.

Неселективна відсічка повинна застосовуватись із пристроями АВР та АПВ, які виправляють повністю або частково неселективність дії захисту. Струм дії неселективної відсічки знайдемо за формулою :

$$I_{c.v} = \frac{U_{c.мін.}}{\sqrt{3}K_n(Z_{c.лін.} + K_c \cdot Z_{c.лін.})}$$

де  $U_{c.мін.}$  — міжфазна напруга живлення енергосистеми в лінійному режимі;

$Z_{c.лін.}$  - опір енергосистеми до місця установки відсічки.

Приймаємо :  $U_{c.лін.} = 0,9U_N = 0,9 \cdot 10,5 = 9,45$  кВ ,  $Z_{c.лін.} = 1,77$  Ом.

$$Z_k = K_0 \cdot Z_{c.лін.},$$

де  $K_0$  — коефіцієнт, який відображає іост. в місці установки відсічки від трьохфазного КЗ.

Знайдемо  $U_{к.ост.} = f(K_0)$ , так як  $U_{к.ост.} = 0,5 \dots 0,6$  , то  $K_0 = 1$ ,

$K_n = 1,1$  - коефіцієнт надійності.

Тоді 
$$I_{c.v} = \frac{9450}{\sqrt{3} \cdot 1,1(1,77 + 1,77)} = 1,401 \text{ кА.}$$

Струм спрацювання реле 
$$I_{c.p.} = I_{c.v} \cdot \frac{K^3 c_x}{n_m} = 1401 \cdot \frac{1}{120} = 11,7 \text{ А,}$$

					ДП 2025	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $n_T = \frac{600}{5} = 120$  - коефіцієнт трансформації.

Знайдемо чутливість відсічки  $K_{ч} = \frac{I_p}{I_{с.р}} = \frac{10000}{1401} = 7,1 > 1,2$  .

Для струмових відсічок за ПУЕ, встановлених на лінії,  $K_{ч}$  повинен бути не менше 1,2 при КЗ в місці установки.

Отже, виходячи з розрахунків, даний релейний захист підходить за коефіцієнтом чутливості.

Розрахунок вставок максимального струмового захисту (МСЗ).

Розрахунок часу спрацювання МСЗ.

Час спрацювання МСЗ кабельних ліній узгоджується з часом спрацювання попереднього ступеню захисту :

$$t_{з.с} = t_{поп.} + \Delta t ,$$

де  $\Delta t$  – ступінь селективності 0,5 с,  $t_{поп.} = 1,2 + 0,045 = 1,245$  с,

$$t_{з.с} = 1,245 + 0,5 = 1,75 \text{ с.}$$

Струм спрацювання захисту розраховується від  $I_{роб.} = 115$  А, за формулою:

$$I_{с.з} = K_{з} \cdot K_{с.з} \cdot \frac{I_{роб.}}{K_{в}} ,$$

де  $K_{в} = 0,85$  — коефіцієнт повернення,  $K_{с.з} = 2,2$  - коефіцієнт запуску.

Тоді 
$$I_{с.з} = 1,1 \cdot 2,2 \cdot \frac{115}{0,85} = 327,4 \text{ А .}$$

Струм спрацювання реле

$$I_{с.р} = I_{с.з} \cdot \frac{K_{сх}}{K_{т}} = 327,4 \cdot \frac{1}{120} = 2,72 \text{ А.}$$

					ДП 2025	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо коефіцієнт чутливості МСЗ

$$K_{ч} = \frac{I_{к.мін.}}{I_{с.з}} = 0,87 \cdot \frac{10000}{327,4} = 26,5 > 1,5 .$$

Максимальний струмовий захист забезпечує вимоги чутливості.

## 8.2 Автоматичне ввімкнення резерву на шинах 0,4 кВ.

### 8.2.1 Вибір вставок.

Струм спрацювання МСЗ вибираємо виходячи з умови, що захист від коротких замикань не повинен діяти при перенавантаженнях, які не потребують більш швидкого відключення трансформаторів.

Максимальний струм навантаження, від якого необхідно побудувати захист, завжди визначається на підставі розгляду двох режимів: відключення паралельно працюючого трансформатора, або автоматичного включення резерву (АВР) рис. 8.1.

Трансформатор, який залишився в роботі, перенавантажується в першому випадку вдвоє, тобто

$$I_{нав.макс.} = 2I_{н.т.},$$

де:  $I_{нав.макс.}$  - максимальний струм навантаження,

$I_{н.т.}$  - номінальний струм трансформатора.

При відключенні трансформатора  $T_i$  і відключенні від АВР секційного вимикача виникає перенавантаження трансформатора  $T_i$ .

					ДП 2025	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

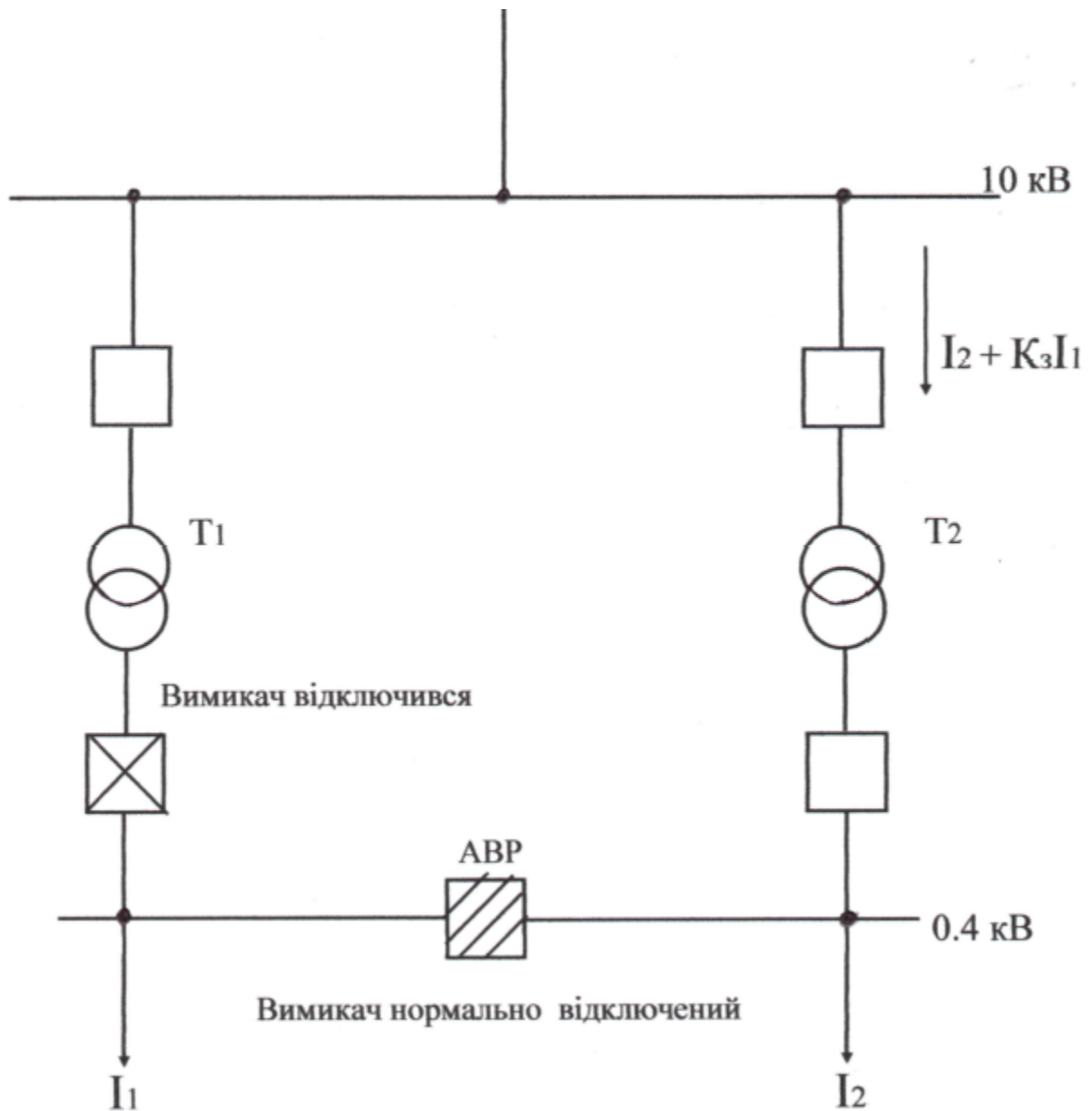


Рис. 8.1. Автоматичне включення резерву.

В іншому випадку струм перенавантаження рівний сумі струму  $I_2$  трансформатора  $T_2$  і струму навантаження її тобто

$$I_{\text{роб.}} = I_2 + I_1,$$

де  $I_1$  — струм, який проходив через вимикач, що відключився.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

В перший момент після переключення навантаження струм перевищує встановлене значення за рахунок самозапуску двигунів, що залишилися в роботі. Оцінюючи збільшення коефіцієнта  $K_3$ , який характеризує кратність струмів самозапуску до струму  $I_2$ , знайдемо, що максимальний струм трансформатора при дії АВР дорівнює :

$$I_{\text{нав.макс.}} = I_2 + K_3 \cdot I_1.$$

Так визначається максимальний струм навантаження і в інших випадках. Струм спрацювання реле знаходимо із умови повернення реле при  $I_{\text{нав.макс.}}$ , як і для інших захистів :

$$I_{\text{с.з}} = \frac{K_n \cdot K_3}{K_{\text{пов.}}} \cdot I_{\text{роб.макс.}}$$

Коефіцієнт чутливості при  $K_3$  знаходиться за формулою

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мін.}}}{I_{\text{с.з}}}.$$

Ця величина не повинна бути меншою 1,3.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. Вибір компенсуючих пристроїв

Вихідні дані для розрахунку

$$P_{\text{рнн}} = 1124,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{рнн}} = 740,0243 \text{ кВт};$$

$$S_{\text{тр}} = 1000 \text{ кВА};$$

$$N_{\text{тр}} = 2;$$

$$B_{\text{т}} = 0,7;$$

Встановлюємо 2 КУ типу УКМ-0,4-337,5-37,5УЗ.

Для комплектації КУ приймаємо до встановлення 2 конденсатори типу КСК-0,4-33,3-УЗ.

$$Q_{\text{ку}} = 2 \cdot 337,5 + 2 \cdot 33,3 = 741,6 \text{ квар},$$

що повністю компенсує вироблену реактивну потужність.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025			
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>			Вибір компенсуючих пристроїв	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Изволеньський І.</i>					59	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3			
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

**10. Застосування вакуумних вимикачів фірми  
„Таврида Електрик” для реконструкції розподільчих пристроїв.**

«Таврида Електрик Україна» - вітчизняне підприємство, що входить до складу промислової групи “Таврида Електрик”. Воно спеціалізується на проектуванні та серійному виробництві вакуумного комутаційного устаткування серії TEL. Основною сферою його діяльності є випуск вакуумної комутаційної апаратури й обмежувачів перенапруг для розподільних мереж 6-35 кВ.

«Таврида Електрик Україна» посідає в нашій країні одне з провідних місць серед постачальників комутаційного устаткування для мереж середньої напруги:

- вкатні елементи з вимикачами ВВ/TEL-10 для комплектних розподільчих пристроїв (КРП);
- малогабаритні комплектні розподільчі пристрої серії КРУ/TEL;
- обмежувачі перенапруг ОПН-КР/TEL і ОПН-РТ/TEL;
- комплекти деталей для модернізації КРП, КРПН і КСО із застосуванням вимикача ВВ/TEL-10;
- вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10;
- проектування та монтування виготовленого обладнання, а також навчання експлуатаційного персоналу.

**1. ВАКУУМНИЙ ВИМИКАЧ ВВ/TEL**

Вакуумні вимикачі ВВ/ТЕ призначені для роботи в КРП і стаціонарних камерах однобічного обслуговування (КСО) внутрішньої і зовнішнього встановлення класу напруги до 20 кВ трифазного змінного струму для систем з ізольованою і заземленою нейтраллю. Вакуумні вимикачі серії ВВ/TEL 10 захищені патентом № 2020631 від 30.09.1994 р.

					<b>ДП 2025</b>					
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<b>Спецпитання</b>					
Розробив		<i>Петерчук</i>						<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>							60	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

В основі конструктивного рішення вимикача лежить використання пофазних електромагнітних приводів з «магнітною засувкою», механічно зв'язаних загальним валом-синхронізатором, який не несе навантаження. Паралельно з'єднані котушки електромагнітних приводів фаз вимикача при виконанні команд під'єднуються до попередньо заряджених конденсаторів у блоках керування (далі БУ/ТЕЕ).

Така конструкція дозволила досягти, порівняно з традиційними вакуумними вимикачами (ВВ), таких характерних рис:

- високий механічний і комутаційний ресурс;
- мале енергоспоживання по шинах оперативної напруги (заряд і підтримка в параметрах конденсаторних ємностей «ВКЛ», «ВИКЛ»);
- малі габарити і вага;
- легкість і простота адаптації в будь-які типи КРП, КСО;
- можливість використання в широкому діапазоні живильного оперативної напруги вторинних кіл;
- немає необхідності обслуговування протягом усього терміну експлуатації.
- низька трудомісткість виробництва і, як наслідок, помірна ціна.

Вакуумні вимикачі ВВ/ТЕ мають сертифікати відповідності стандарту міжнародної електротехнічної комісії МЕК 56, сертифікат відповідності ГОСТ 687-78. Для керування вимикачами відділення пристроїв керування промислової групи «Таврида Електрик» випускає блоки керування серій ВU/TEL, БУ/TEL.

На відміну від більшості існуючих вимикачів, в основу пристрою ВВ/TEL закладений принцип роздільного керування контактами вакуумних дугогасних камер фаз апарата. Даний принцип дозволив істотно зменшити кількість частин приводу, що рухаються. Вакуумні дугогасні камери встановлені усередині порожніх опорних ізоляторів, закріплених на загальній основі. Рухливі контакти дугогасних камер жорстко з'єднані зі своїми приводами за допомогою ізоляційних тяг, що також розташовуються усередині опорних ізоляторів

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таким чином, всі елементи конструкції полюса мають загальну вісь симетрії, уздовж якого роблять зворотно-поступальний рух деталі механізму. Це дозволяє істотно спростити кінематичну схему ВВ/ТЕ і відмовитися від застосування навантажених шарнірних і підйомних ланок, тим самим, уможливити створення комутаційного апарата з високим механічним ресурсом, який не потребує обслуговування і регулювання протягом усього терміну служби. Приводи фаз розташовуються усередині підставки вимикача. Вони механічно з'єднані між собою за допомогою загального вала, що виконує такі функції:

- забезпечує синхронізацію фаз, запобігаючи від неповнофазних режимів роботи;
- пускає в хід допоміжні контакти вимикача;
- забезпечує механічне блокування роботи РП, у якому установлений ВВ/ТЕЛ;
- керує візуальними індикаторами положення ВВ/ТЕЛ.

#### Основні технічні характеристики вакуумного вимикача ВВ/ТЕЛ-10-20

Номінальна напруга, кВ		10
Номінальний струм, А		630, 1000, 1600
Номінальний струм відімкнення, кА		20 (31,5)
Струм короткого замикання, кА	пікове значення	51
	діюче значення	20
Аперіодична складова, %		40
Час відімкнення при роботі в складі КРП, мс		25 - 100
Коммутаційна стійкість при відімкненні	номінального струму, операцій	100000
	номінального струму відімкнення, операцій	100
Ресурс по механічній стійкості, 'Вкл-Викл'		50000
Номінальна напруга живлення електромагнітів		220
Кліматичне виконання і категорія розміщення		УХЛ2

## 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАМІНИ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ 6-10 кВ НА ВАКУУМНІ

Маломасляні вимикачі типу ВМГ-133-ІІ і ВМГ-10 (наступна модифікація вимикача ВМГ-133-ІІ) і ВПМ-10 виробництва Благовіщинського заводу високовольтної апаратури (Росія) зняті з виробництва у 80-х роках минулого століття. Середній вік цих вимикачів становить 35-40 років, вони виробили свій експлуатаційний ресурс, морально і фізично зношені, відсутня можливість заміни деталей при виконанні капітальних ремонтів, знижена надійність спрацювання їх, як комутаційного обладнання. Періодичність капітальних ремонтів масляних вимикачів, які відпрацювали 25 років і більше знижена до 6 років. Середня вартість капітального ремонту' старого масляного вимикача 10 кВ становить 2718 грн., а вакуумне обладнання потребує лише поточного ремонту і високовольтних випробувань. Середня вартість поточного ремонту вакуумного вимикача -120 грн. Капітальний ремонт вакуумного обладнання не виконується.

При цьому' надаємо розрахунок економії затрат електроенергії на обігрів та технологічні потреби вимикачів та їх приводів при заміні масляних вимикачів на вакуумні.

### 1. Витрати електричної енергії на роботу масляних вимикачів.

За даними Гідрометеоцентру середньодобова температура повітря нижче +5 ОС в Житомирській області спостерігається з 10 жовтня по 10 квітня і складає 180 днів на рік. При температурі +5 ОС і нижче повинні включати обігрів комірок масляних вимикачів і їх приводів.

Число годин роботи  $T=180 \times 24=4320$  годин.

1.1. Споживання електроенергії на обігрів масляного вимикача та його приводу. Для вимикачів 10 кВ потужність обігрівача з боку приводу - 0,7 кВт.

При кількості роботи обігрівача  $T=4320$  використання електричної енергії на обігрів вимикача складе:

$$W = 0,7 \times 4320 = 3024 \text{ кВт-год}$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

1.2 Використання електроенергії на роботу вакуумного вимикача.

Обігріву для вакуумних вимикачів 6-10 кВ не потрібно.

$$\text{Тобто} = 0 \text{ кВт-год.}$$

Отже, річна економія електричної енергії при заміні 1 масляного вимикача на вакуумний, складе (виключаючи недовідпуск електроенергії):

$$W = 0,7 \times 4320 = 3024 \text{ кВт-год}$$

При середньому тарифі по ВАТ "ЕК" Житомиробленерго" 24 коп. за кВт-год:

$$E1 = 3,024 \times 0,24 = 0,726 \text{ тис.грн.}$$

2. Витрати на ремонт.

Капітальний ремонт кожного вимикача виконується 1 раз в 6 років, а поточний ремонт - кожного року згідно періодичності, затвердженої ВАГ "ЕК" Житомиробленерго".

Вартість капремонтів одного вимикача: Скап' = 2,718 тис.грн

Вартість поточного ремонту одного вимикача: Спот' = 1,436 тис.грн

Із-за незадовільного стану мереж 10 кВ, а також зношення масляних вимикачів і їх приводів в міжремонтний період додатково виконується ще один капітальний ремонт.

Сзаг = 2,718 × 2 = 5,436 тис.грн.

Вартість капремонтів 1 вимикача за 6 років складає:

Скапб = 5,436 тис.грн.

Вартість поточного ремонту 1 вимикача за 5 років складає:

Спотб = 1,489 × 5 = 7,445 тис.грн.

Разом вартість поточних та капітальних ремонтів за шість років складає:

Сремб = 5,436 + 7,445 = 12,881 тис.грн.

Вакуумні вимикачі не потребують проведення капітального ремонту (лише експлуатаційне обслуговування і контроль перехідного опору при наближенні до граничної цифри відключень).

Економія за рік складе:

$$E2 = 12,881 / 6 = 2,147 \text{ тис.грн.}$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Загальна економія на рік при заміні одного масляного вимикача на вакуумний складе:

$$E_{заг} = E_1 + E_2 = 0,726 \text{ тис.грн.} + 2,147 \text{ тис.грн.} = 2,873 \text{ тис.грн.}$$

При затратах на придбання вакуумного вимикача (ВВ/ТЕЛ) у розмірі 25 тис.грн. окупність складає:

$$O = 3/E = 25 \text{ тис.грн.} / 2,873 \text{ тис.грн.} = 8,7 \text{ років}$$

Інвестиційною програмою 2006 року заплановано замінити 36 масляних вимикачів на вакуумні, що складе річну економію:

$$36 \text{ од.} \times 2,873 \text{ тис.грн.} = 103,4 \text{ тис.грн.}$$

Крім того, необхідно врахувати, що час необхідний для виконання капітального ремонту старих вимикачів становить 24,2 люд.год., а поточний ремонт вакуумного обладнання - 4,9 люд.год., то затрати робочої сили буде знижене в п'ять разів і на таку саму величину зменшиться недовідпуск електроенергії споживачам при виконанні ремонтних робіт.

Нині в Україну вакуумні вимикачі постачає багато закордонних виробників. Це зокрема, АВВ, Siemens, Alstom, а також російські виробники: Уфімський завод «Електроапарат», ЭЛКО (м. Мінусінськ). Але за якістю вітчизняний вимикач ВВ/ТЕЛ аж ніяк не поступається, і навіть в деяких випадках переважає закордонні аналоги, хоча вони дорожчі. В даному сегменті ринку підприємство «Таврида Електрик Україна» має хорошу репутацію і згідно із власними підрахунками, торік посіло третє місце у світі за обсягами виробництва апаратів даного класу напруги.

					ДП 2025	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## 11. ОХОРОНА ПРАЦІ

Інструктажі з питань охорони праці на Золотоніському молокозаводі

Інструктажі з питань охорони праці проводяться згідно з „Тимчасовим положенням про навчання, інструктаж та перевірку знань працівників з питань охорони праці” на всіх підприємствах, установах та організаціях незалежно від їх характеру та трудової діяльності, підлеглості та форми власності.

Мета інструктажу — навчити працівників правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки.

Інструктажі за часом та характером проведення поділяються на:

- вступний - проводиться при прийнятті на роботу;
- первинний - проводиться перед початком роботи на підприємстві;
- періодичний - проводиться 1 раз на 6 місяців або 1 раз на 3 місяці;
- позаплановий - проводиться в разі виникнення нещасних випадків, заміни технологічного обладнання або зміни технологічного процесу;
- цільовий - проводиться при виконанні одноразових робіт.

У відповідності з діючим законодавством керівники підприємств повинні забезпечити вчасне і якісне проведення інструктажу працюючих щодо прийомів і методів роботи, ознайомлення їх з правилами поведінки на території цехів та ділянок підприємства.

					<b>ДП 2025</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Охорона праці</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>					66	
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>						
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

## 11.2. Заходи з електробезпеки

Електробезпека електроустановок електроспоживачів, які щойно будуються або реконструюються, повинна відповідати вимогам ПУЕ.

Електроустановки споживачів, що експлуатуються, повинні відповідати вимогам Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

Для безпечного обслуговування електроустановок слід виконувати організаційні, технічні та захисні заходи з електробезпеки.

### Організаційні

Роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються за нарядом-допуском, за розпорядженням та в порядку поточної експлуатації.

Порядок видачі та оформлення наряду, склад бригади, що працює за нарядом, підготовка робочого місця і допуск до виконання робіт, нагляд під час виконання робіт за нарядом, оформлення перерв у роботі, переведення бригади на нове робоче місце, закінчення робіт та закриття наряду, оформлення робіт, що виконуються за розпорядженням і в порядку поточної експлуатації, наведені в Правилах безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Фахівці служб охорони праці зобов'язані контролювати експлуатацію електроустановок і повинні мати групу IV з електробезпеки.

Порядок навчання і перевірки знань працівників, які обслуговують електроустановки, має відповідати вимогам до електротехнічного обслуговуючого персоналу, які містяться в ПТЕ.

Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів відповідно до посади, що займають чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з вимогами цих правил.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, видається посвідчення спеціальної форми.

Посвідчення про перевірку знань працівника \ документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Технічні заходи, що створюють безпечні умови виконання робіт

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів:

- здійснити необхідні вимкнення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
  - вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
  - перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
  - встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення):
  - обгородити, за необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки.
- Залежно від місцевих умов струмопровідні частини обгородити до чи після їх заземлення.

Під час оперативного обслуговування електроустановки двома і більше працівниками в зміну перелічені в цьому пункті заходи мають виконувати два працівники. У разі одноособового обслуговування їх може виконувати одна особа, крім накладання переносних заземлень і здійснення перемикань, що проводяться на двох і більше приєднаннях в електроустановках напругою понад 1000 В, які не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час вимикання (зняття напруги), вивішування плакатів безпеки, огороження робочого місця, перевірки відсутності напруги, встановлення, зберігання та обліку заземлень треба дотримуватись вимог безпеки, що наведені в Правилах безпечної експлуатації електроустановок електроспоживачів.

Захисні заходи електробезпеки від ураження електричним струмом Для захисту людей від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції повинен бути застосований один з наступних захисних заходів: заземлення занулення, захисне вимкнення, розподільчий трансформатор, мала напруга, подвійна ізоляція, вирівнювання потенціалів. До частин, що підлягають зануленню або заземленню відносяться:

- корпуси електричних машин, апаратів, трансформаторів, світильників тощо;
- приводи електричних апаратів;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподільних щитів, щитів керування, щитків і шаф, а також частини, які знімаються , якщо на останніх встановлено електрообладнання напругою вище 42 В змінного струму або більше 110 В постійного струму;
- металеві конструкції розподільних пристроїв, металеві кабельні конструкції, металеві кабельні з'єднувальні муфти, металеві оболонки і броня контрольних і силових та інші металеві конструкції, на яких встановлюється електрообладнання;
- металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів;
- електрообладнання, що встановлене на рухомих частинах верстатів, машин і механізмів.

У вибухонебезпечних зонах будь-якого класу підлягають заземленню всі електроустановки під усіма напругами змінного та постійного струму, а також

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

устаткування, яке встановлене на занулених (заземлених) металевих конструкціях.

### 11.3. Заходи з пожежної безпеки

За класифікацією вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зон згідно ПУЕ в основному ставляться вимоги до вибору електрообладнання певного ступеню захисту по пожежній та вибуховій небезпеці (тобто виконання).

При виборі електрообладнання потрібно враховувати пожежобезпечність виробничих приміщень. В пожежна небезпечних приміщеннях всіх класів застосовуються електропроводки захищених видів, в металевих трубах.

Для силових і освітлювальних проводок напругою до 1 кВ в вибухонебезпечних приміщеннях допускається застосування кабелів і проводів з гумовою ізоляцією, при цьому проводи і кабелі в приміщеннях В-16 прокладаються в сталевих трубах.

В пожежна небезпечних приміщеннях застосовуються вибухозахищені електродвигуни.

Для гасіння електрообладнання, в випадку виникнення пожежі, користуються повітряно - механічною піною, інертними газами, вогнегасниками, піском.

Електродвигуни, які встановлюються в приміщеннях, де можливе осідання на їх обмотках пилу, що порушує їх природне охолодження, повинні мати виконання не менше IP54 або продувне з підведенням чистого повітря. Електродвигуни, які встановлюються на відкритому повітрі, повинні мати виконання не менше IP44 або спеціальне, що відповідає умовам їх роботи.

					ДП 2025	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 11.4. Захист будівель та споруд від блискавки

Захист будівель, споруд та зовнішніх установок від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів має виконуватися відповідно до вимог ПУЕ.

Як заземлювачі захисту від блискавки можуть використовуватись всі рекомендовані ПУЕ заземлювачі електроустановок, за винятком нульових проводів повітряних ліній електропередачі напругою до 1 кВ.

Залізобетонні фундаменти будівель, споруд, зовнішніх установок, опір блискавковідводів слід, як правило, використовувати, як заземлювачі проти захисту проти блискавки, за умови забезпечення безперервного електричного зв'язку по арматурі та приєднанні її до закладних деталей за допомогою зварювання.

Зовнішні металеві ємності або окремо розташовані ємності для зберігання рідкого палива повинні бути захищені від прямих ударів блискавки таким чином:

— ємності, якщо товщина металу покриття 0,004 м і більше, а також окремо розташовані ємності об'ємом понад 200 м<sup>3</sup> незалежно від довжини металу покриття, досить приєднати до заземлювача;

— ємності, якщо товщина металу покриття менше ніж 0,004 м, необхідно захистити блискавковідводами, встановленими окремо або на самій споруді.

Установки, що мають корпуси з залізобетону, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки блискавковідводами, що встановлені окремо або безпосередньо на них.

Під час виконання захисту від блискавки будівель та споруд усіх категорій для підвищення безпеки людей слід заземлювачі, крім заглиблених, розміщувати у рідко відвідуваних місцях і в віддаленні не менше ніж 5 м від основних проїзних і пішохідних доріг.

Перевірка стану пристроїв захисту проти блискавки повинна проводитись для будівель та споруд I та II категорій один раз на рік влітку

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при сухому ґрунті, для будівель та споруд III категорії - не рідше одного разу на три роки зі складанням акту, в якому вказуються виявлені дефекти.

Перевірки підлягають цілісність та захищеність від корозії доступних оглядові частин блискавкоприймачів, струмовідводів та контактів поміж ними, а також величина опору струмові промислової частоти заземлювачів блискавковідводів, що розташовані окремо. Ця величина не повинна перевищувати результатів відповідних вимірів на стадії приймання більше, ніж у п'ять разів. У протилежному разі слід проводити ревізію заземлювача.

При прямому попаданні блискавки на струмопровідні предмети, або в землю, її струм спричиняє до теплової, електромагнітної дії на об'єкт. В якості грозозахисних пристроїв виробничого корпусу передбачене розташування на даху будови металевої сітки, приєднаної до зовнішнього корпусу заземлення. Сітка виробляється з дроту діаметром 6-8 мм з вічками 36 мм. Вузли сітки з'єднують зварюванням.

#### 11.5. Розрахунок контуру заземлення підстанції 10/0,4 кВ

Струм замикання на землю обчислюємо за формулою

$$I_3 = \frac{U(35l_k + l_n)}{350},$$

де  $U$  - фазна напруга мережі кВ;

$l_k$  - загальна довжина ввімкнених у мережу КЛ, км;

$l_n$  - загальна довжина ввімкнених у мережу ПЛ, км.

$$I_3 = \frac{110(35 * 3 + 12)}{350} = 36,8 \text{ А.}$$

Т.я. до заземлюючого пристрою приєднують обладнання напругою вище 1 кВ, то опір заземлення повинен задовільнювати умові:

$$R_3 = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом.}$$

$$R_3 = \frac{125}{36,8} = 3,4 \text{ Ом, що менше 10 Ом.}$$

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо контурний заземлювач шириною 20 м і довжиною 40 м по периметру підстанції.

В ньому загальна довжина горизонтального електроду складає 12 Ом, кількість вертикальних - 12 штук через кожні 10м.

Потрібний опір штучного заземлювача:

$$R_{ш} = \frac{R_n * R_3}{R_n - R_3} = \frac{15 * 3,4}{15 - 3,4} = 4,4 \text{ Ом};$$

опір одиночного вертикального заземлювача обчислюємо за формулою:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} * (\ln \frac{2l}{d} + 1/2 \ln \frac{4H_B + l}{5H_B - l});$$

де  $\rho$  - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом\*м;

$l$  - довжина стержня, м;

$d$  - діаметр стержня, м;

$H_B$  - глибина заземлення електроду, м.

$$R_B = \frac{150}{2\pi * 2,5} * (\ln \frac{2 * 2,5}{0,012} + 0,5 \ln \frac{4 * 2,9 + 2,5}{5 * 2,9 - 2,5}) = 65,69 \text{ Ом}.$$

Опір горизонтального електроду:

$$R_r = \frac{\rho}{2\pi l} * \ln \frac{l^2}{6H_r} = \frac{150}{2\pi * 120} \ln \left( \frac{120^2}{0,5 * 0,04 * 0,8} \right) = 2,73 \text{ Ом}.$$

( $v$  - товщина полоси, м;  $H$ , - глибина заземлення полоси, м).

Опір розтікання групового заземлювача:

$$R_p = \frac{R_B * R_r}{R_B * h_B + R_r * h_r * n} = \frac{65,69 * 2,73}{65,69 * 0,4 + 2,73 * 0,68 * 12} = 3,69 \text{ Ом},$$

де у формулі  $h_B$  - коефіцієнт використання вертикального електроду;

$h_r$  - коефіцієнт використання горизонтального електроду;

$n$  - кількість вертикальних електродів.

					ДП 2025	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей опір розтікання менший за стандартний. Отже, приймаємо його за кінцевий.

Отже, спроектоване контурне заземлення складається з 12 вертикальних стержнів - електродів довжиною 3м і діаметром 12мм.

Електроди у вигляді сталеві штаби довжиною 120м, перерізом 4х40мм<sup>2</sup>.

					<b>ДП 2025</b>	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Література.

1. Розрахунки при проектуванні систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник /О.М.Сірий, В.С.Шестеренко. - К.:ІСДО, 1993,- 592 с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб, пособие для вузов. - 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.: ил.
3. Веников В.А. и др. регулирование напряжения в электроэнергетических системах — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 216с.
4. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 472 с.,ил.
5. Райцельский Л.А. Справочник по осветительным сетям:Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: “Энергия”, 1977. - 288с.
6. Маркушевич Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. — М.: Энергоатомиздат. 1984. — 102 с.
7. Заика Е.В. Пуск АД. АД с КЗ ротором. АД с фазным ротором. - М.: “Высш. школа”. 1961.
8. Петров Л.П. Управление пуском и торможением АД. - М.: Энергоиздат. 1981. 184с.
9. Способ регулирования мощности компенсирующих устройств, установленных в разветвленной электрической сети./В.Е. Шестеренко. - Опубл. В Б.И., 1985, №27.
10. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: Энергоатомиздат. 1989. - 176с.

					<b>ДП 2025</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Література.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Петерчук А.О.</i>					75	
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>						
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						