

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ЗАВОДУ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ
ВСТАНОВЛЕНОЮ ПОТУЖНІСТЮ 1050 кВт

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

Групи ЕЕ-41

РОЖЕЛЮК

Іван Іванович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Романюк Микола Валентинович

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

К.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Рожелюк І.І. Розробка системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт. Рукопис.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра складається з п'яти розділів, списку використаних джерел та одного додатка.

Розроблено системи електропостачання виробництва безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт.

Розробка СЕП підприємства виконувалася на основі електротехнічних розрахунків. А саме, розрахунок електричних навантажень, розрахунок освітлювальних навантажень, розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП, розрахунок кількості та потужності силових трансформаторів, розрахунок потужності конденсаторних батарей, розрахунок струмів короткого замикання, вибір раціональної схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

Кваліфікаційний проєкт містить 84 сторінки, 31 таблиці, 18 джерел літератури.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), електричні навантаження, кабельна лінія електропередачі, струм короткого замикання, електрообладнання.

ANNOTATION

ABSTRACT

Rozhelyuk I.I. Development of a power supply system for a soft drinks factory with an installed capacity of 1050 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of the specialized educational institution "Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of five sections, a list of sources used and one appendix.

A power supply system for the production of soft drinks with an installed capacity of 1050 kW has been developed.

The development of the SEP of the enterprise was carried out on the basis of electrical calculations. Namely, calculation of electrical loads, calculation of lighting loads, calculation of loads at higher levels of SEP, calculation of the number and power of power transformers, calculation of capacity of capacitor banks, calculation of short-circuit currents, selection of a rational external and internal power supply scheme.

The qualification project contains 84 pages, 31 tables, 18 sources of literature.

Keywords: power supply system (EPS), electrical loads, cable transmission line, short circuit current, electrical equipment.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ВИХІДНІ ДАНІ.....	7
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ.....	8
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	8
2.1.1 Розрахунок силових електричних навантажень.....	8
2.1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень.....	10
2.1.3 Розрахунок сумарних навантажень.....	15
2.2 Побудова картограми та визначення теоретичного центру навантажень.....	15
2.3 Вибір трансформаторів ТП	16
2.4 Компенсація реактивної потужності.....	17
2.5 Визначення навантажень на вищих рівнях СЕП	21
2.6 Проектування системи зовнішнього електропостачання	22
2.7 Проектування системи внутрішнього електропостачання.....	26
2.8 Розрахунок струмів КЗ	29
2.8.1 Визначення струмів КЗ на стороні 10 кВ ТП.....	29
2.8.2 Визначення струмів КЗ на стороні 0,4 кВ ТП.....	31
2.9 Вибір високовольтного обладнання.....	33
2.9.1 Вибір комплектних пристроїв напругою 10 кВ	33
2.9.2 Вибір і перевірка апаратури напругою 10кВ.....	35
2.10 Проектування внутрішньоцехової мережі	36
2.10.1 Визначення струмових навантажень та вибір кабелів.....	36
2.10.2 Вибір і перевірка апаратури напругою 0,4 кВ.....	39
2.10.3 Вибір апаратури цеху.....	42
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....	45
3.1 Загальні відомості.....	45

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Рожелюк І.І.			Розробка системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Романюк М.В.								5	84
Реценз.								ФАБЕ, гр.ЕЕ-41			
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

3.3 Вибір типу та кількості насосів.....	62
3.2 Електропостачання насосної станції.....	46
3.3.Розрахунок потужності двигунів насосів.....	46
3.4.Вибір схеми електропостачання насосної станції.....	46
3.5 Розрахунок мережі живлення насосної станції.....	47
РОЗДІЛ 4 САПР.....	48
4.1 Загальні положення автоматизованого проектування.....	48
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	49
5.1 Розробка заземлення.....	49
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	47
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	49
ДОДАТКИ.....	51

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

ВСТУП

Системою електропостачання називають сукупність пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електроенергії. Системи електропостачання промислових підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією промислових приймачів до яких відноситься електродвигуни різних машин і механізмів, електричні печі, електролізні установки, апарати і машини для електричного зварювання, освітлювальні пристрої і інші.

Задача електропостачання промислових підприємств виникла одночасно з широким впровадженням електроприводів в якості рухомої сили різних машин і механізмів і будівництвом електростанцій. Перші електростанції будувались у містах для освітлення і живлення електротранспорту, а також при заводах і фабриках. Пізніше почали будувати в місцях де було паливо (торф, вугілля, нафта) або в місцях використання енергії води. Передача електроенергії на великі віддалі до центру споживання стала здійснюватись лініями електропередач високої напруги.

Головною проблемою енергозабезпечення в даний час є вирішення питань дефіциту потужності і споживання електроенергії із-за дефіциту платіжного балансу і недостатку палива для електростанцій. А тому сьогодні проблема енергозабезпечення переросла в проблему національної безпеки. І тому зараз поставлено питання про енергозабезпечення із-за критичних рівнів марнотратного та нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Це стало однією з основних причин енергетичної та економічної кризи в нашій країні. А тому політика енергозабезпечення в Україні розглядається як сукупність дій, що відповідають загальнонаціональним інтересам: забезпеченню життєздатності економіки, охорони навколишнього середовища, стратегії безпеки.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.

Підприємство, яке спеціалізується на виробництві безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт.

Виробничий процес забезпечують основні та допоміжні цехи підприємства. Характеристика об'єктів подана в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Характеристика об'єктів підприємства

Назва	Площа, м ²	Категорія виробництва	Клас пожежо- і вибухонебезпечних зон	Категорія по надійності електропостачання
1. Підготовчий цех	1360	В	П-I	2
2. Цех розливу молочних напоїв	470	В	П-I. П-II	2
3. Офіс	368	Д	П-II	3
4. Цех розливу соків	1380	В	П-III	2
5. Цех розливу газованих напоїв	1240	Д	П-II	2
6. Насосна станція	112	Д	П-IIa	2

Генеральний план зображений на листі 1 графічної частини дипломного проєкту.

Підприємство має одне джерело живлення. Підстанція 110/10 кВ із трансформатором ТМН-4000/35 знаходиться на відстані 0,65 км від підприємства. Потужність трифазного короткого замикання на шинах 10 кВ цієї підстанції становить 58 МВА.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Рожелюк І.І.				Розробка системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Романюк М.В.						7	1
Реценз.						ФАБЕ, гр. ЕЕ-41		
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.							
Затверд.	Волинець В.І.							

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок електричних навантажень

2.1.1. Розрахунок силових навантажень

Розрахунок електричних навантажень проводиться на прикладі цеху. Згідно з даним методом розрахункове активне навантаження приймачів електроенергії на всіх ступенях живлячих і розподільних мереж визначають по середині потужності та коефіцієнту максимуму, згідно [1].

Електроприймачі ремонтного цеху умовно поділяються на дві групи навантаження. Результати розрахунків подані в таблиці 2.1

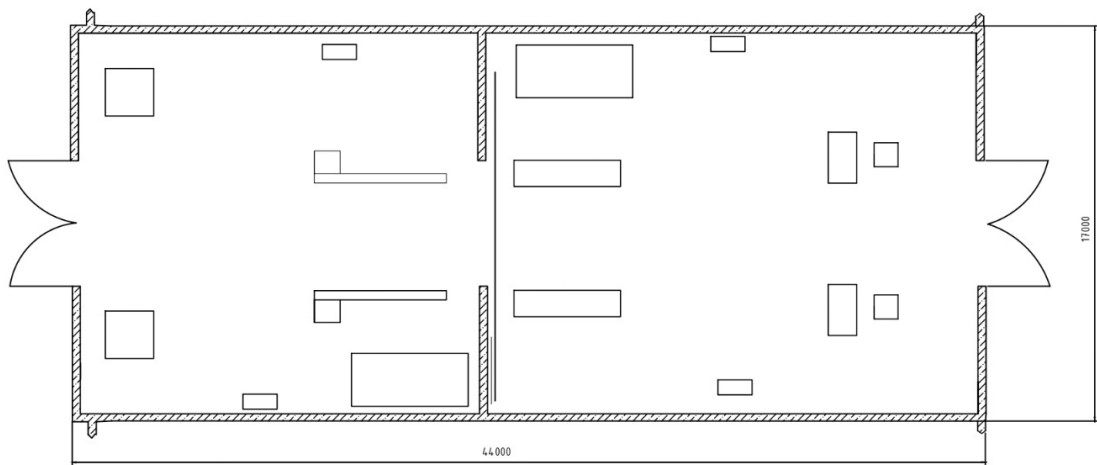


Рисунок 2.1 План розміщення обладнання цеху розливу молочних напоїв

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рожелюк І.І.			Електропостачання консервного заводу встановленою потужністю 1560 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.		Романюк М.В.					8
Реценз.							34
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-42	
Затверд.		Волинець В.І.					

Таблиця 2.1 Розрахунок силових навантажень цеху розливу молочних напоїв

Назва електроприймача	$P_{ном}, кВт$	n	$K_{вик.а}$	$cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{сер. зм.}, кВт$	$Q_{сер. зм.}, кВАр$	m	n_{ef}	$K_{м.а}$	$P_p, кВт$	$Q_p, кВАр$
	Група А											
	Електроприймачі зі змінним режимом роботи											
Охолоджувачах	2	1	0,8	0,8	0,73	1,60	1,17	6	4,03	1,25	35,66	15,52
Сепаратор	5,3	1	0,3	0,78	0,58	1,59	0,92					
Сепаратор-нормалізатор	5,1	1	0,4	0,75	0,5	2,04	1,02					
Сепаратор - молокоочисник	9	1	0,3	0,65	0,58	2,70	1,57					
Гомогенізатор	11,4	1	0,52	0,75	0,53	5,93	3,14					
Пастеризатор	5,3	1	0,4	0,8	0,53	2,12	1,12					
Міксер	11	1	0,45	0,78	0,73	4,95	3,61					
Охолоджувач	4	1	0,8	0,75	0,53	3,20	1,70					
Лінія розливу та пакування	11	1	0,4	0,65	1,17	4,40	5,15					
	64,1	9	0,24	-	-	28,53	19,40					
	Група Б											
	Електроприймачі зі змінним режимом роботи											
Охолоджувачах	2	1	0,8	0,8	0,75	1,60	1,20	6	4,68	1,15	43,16	33,55
Сепаратор	5,3	1	0,3	0,78	0,79	1,59	1,26					
Сепаратор-нормалізатор	5,1	1	0,4	0,75	0,75	2,04	1,53					
Сепаратор - молокоочисник	9	1	0,3	0,65	0,85	2,70	2,30					
Гомогенізатор	11,4	1	0,52	0,75	0,8	5,93	4,74					
Пастеризатор	5,3	1	0,4	0,8	0,75	2,12	1,59					
Міксер	11	1	0,45	0,78	0,80	4,95	3,97					
Охолоджувач	4	1	0,8	0,75	0,88	3,20	2,82					
Лінія розливу та пакування	11	1	0,4	0,65	1,17	4,40	5,14					
	Електроприймачі із постійним режимом роботи											
Вентилятори	2,5	4	0,9	0,85	1	9	9					
Всього по групі II	74,1	13	0,34	-	-	37,528	33,5511					

Розрахунок низьковольтного силового навантаження інших об'єктів підприємства виконані також за методом впорядкованих діаграм і подані в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових електричних навантажень об'єктів підприємства

Назва об'єкта	$P_{\text{вст.}}, \text{кВт}$	Середні за зміну потужності			Розрахункові максимальні потужності		
		$P_{\text{сер. зм.}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{сер. зм.}}, \text{кВАр}$	$S_{\text{сер. зм.}}, \text{кВАр}$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$S_p, \text{кВАр}$
1. Підготовчий цех	241,2	113,6	61,7	129,3	126,8	64,2	142,1
2. Цех розливу молочних напоїв	137,3	65,8	52,8	84,3	78,4	53,0	94,7
3. Офіс	95,9	112,6	39,4	119,3	124,8	42,6	131,9
4. Цех розливу соків	229	40,3	11,5	41,9	42,8	12,5	44,6
5. Цех розливу газованих напоїв	235	85,6	23,5	88,8	91,3	29,7	96,0
6. Насосна станція	111,6	69,4	22,3	72,9	72,6	25,8	77,0
Всього	1050,0	487,3	211,2	536,5	536,7	227,8	586,3

2.1.2. Розрахунок освітлювального навантаження

Вибір освітлювальної апаратури проводиться з врахування призначення, класів пожежної та вибухової безпеки приміщень згідно [2].

В якості джерел світла використання світлодіодні світильники

Відомості про вибір світильників зведено в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Вибір освітлювальної апаратури

Назва приміщень	Клас зон приміщень	Прийнятий тип світильників
1. Підготовчий цех	П-I	Світильник Airand 200Вт
2. Цех розливу молочних напоїв	П-I. П-II	Світильник Airand 200Вт
3. Офіс	П-II	Світильник Airand 48Вт
4. Цех розливу соків	П-III	Світильник Airand 200Вт
5. Цех розливу газованих напоїв	П-II	Світильник Airand 200Вт
6. Насосна станція	П-IIa	Світильник Airand 200Вт

В таблиці 2.4 подана вихідна інформація для розрахунку загального рівномірного штучного освітлення.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку освітлення

Назва приміщень	Площа, яка освітлюється $F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$E, \text{лк}$	$P_{\text{нм}}, \text{Вт/м}^2$	$K_{\text{н,о}}$
1. Підготовчий цех	1360	6	300	12	0,85
2. Цех розливу молочних напоїв	470	6	300	12	0,85
3. Офіс	368	6	300	12	0,85
4. Цех розливу соків	1380	8	300	12	0,85
5. Цех розливу газованих напоїв	1240	3	50	6	0,85
6. Насосна станція	112	6	50	6	0,85

Розрахунок виконується на прикладі цеху обробки деревини. Сумарна потужність освітлювальних електроприймачів

$$P_{0\Sigma} = 6 \cdot 470 = 5,64 \text{ кВт}$$

Загальна кількість світильників

$$N = \frac{P_{0\Sigma}}{P_{\text{ном.}}} = \frac{5,64}{0,15} = 28,0 \text{ шт.}$$

Встановлена потужність освітлювальних приладів

$$P_{\text{вст.}} = 0,4 \cdot 28,0 = 5,88 \text{ кВт,}$$

Розрахункова активна потужність освітлювального навантаження

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

$$P_{p.o.} = 0,85 \cdot 1,2 \cdot 5,88 = 5,0 \text{ кВт},$$

Розрахункова реактивна потужність освітлювального навантаження

$$Q_{p.o.} = 0,4 \cdot 5,0 = 0,75 \text{ кВт},$$

Для інших приміщень підприємства проводяться аналогічно і результати подані 2.5.

Для зовнішнього освітлення передбачається встановлення світильників РКУ01х250/Б03-04 з лампами ДРЛ. Вибрані світильники є консольними, встановленими під кутом 20 градусів до горизонту. Пускорегулювальна апаратура вмонтована. Оскільки ширина освітлювальної полоси (b) становить 12 м, то приймається розташування світильників на опорах з обох сторін проїжджої частини в шаховому порядку. Висота підвісу світильника h приймається рівною 10 м. Розрахунок виконується точковим методом.

Таблиця 2.5 – Розрахунок освітлювальних навантажень

Назва приміщень	$P_{0\Sigma}$, кВт	N	$P_{вст}$, кВт	Розрахункові навантаження	
				$P_{p.o.}$, кВт	$Q_{p.o.}$, кВАр
1. Підготовчий цех	16,32	82,0	17,22	14,6	2,20
2. Цех розливу молочних напоїв	5,64	28,0	5,88	5,0	0,75
3. Офіс	4,42	91,0	19,11	16,2	2,44
4. Цех розливу соків	8,28	42,0	1,51	1,3	0,19
5. Цех розливу газованих напоїв	7,44	37,0	7,77	6,6	0,99
6. Насосна станція	0,67	4,0	0,84	0,7	0,11
Всього	42,8		52,3	44,5	6,67

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

Отже, сумарна освітленість

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 10^2}{12000} = 6,25_{лк},$$

Визначається відношення:

$$\frac{b}{h} = \frac{12}{10} = 1,2.$$

За графіком [2] для світильника РКУх250 при $b/h=1,2$ і сумарній освітленості $\sum \varepsilon = 6,25_{лк}$, відношення L/h становить:

$$\frac{L}{h} = 3,65$$

Звідси,

$$L = 3,65 \cdot h.$$

де L – відстань між опорами, м

$$L = 3,65 \cdot 10 = 36,5 м.$$

Приймаємо $L=35м$.

Сумарна довжина доріг підприємства, які необхідно освітлювати (включаючи периметр підприємства і під'їзні шляхи) L_{Σ} становить 2105 м.

Необхідна кількість світильників:

$$L = \frac{L_{\Sigma}}{L} = \frac{2105}{35} = 61 шт.$$

Приймаємо до встановлення 61 світильників РКУх250.

Встановлена потужність електроприймачів зовнішнього освітлення:

$$P_{р.зовн} = 61 \cdot 0,25 = 15,25 кВт.$$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

Розрахункове активне навантаження

$$P_{p.зовн} = 15,25 \cdot 1,1 \cdot 1 = 16,77 \text{ кВт.}$$

Розрахункове реактивне навантаження:

$$Q_{p.зовн} = 16,77 \cdot 0,8 = 13,42 \text{ кВт.}$$

2.1.3 Розрахунок сумарних навантажень

Для зручності проведення наступних розрахунків необхідно виконати визначення сумарних електричних навантажень з врахуванням потужностей освітлення (додаток АЗ).

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Сумарні навантаження

Назва об'єкта	$P_{\Sigma \text{вт}}$, кВт	$P_{\Sigma \text{сер. зм.}}$, кВт	$Q_{\Sigma \text{сер. зм.}}$, кВАр	$S_{\Sigma \text{сер. зм.}}$, кВА	$P_{\Sigma p}$, кВт	$Q_{\Sigma p}$, кВАр	$S_{\Sigma p}$, кВА
1. Підготовчий цех	258,42	128,24	63,90	143,27	141,44	66,40	156,25
2. Цех розливу молочних напоїв	143,18	70,76	53,58	88,75	83,44	53,75	99,26
3. Офіс	115,01	128,84	41,84	135,47	141,04	45,04	148,06
4. Цех розливу соків	230,51	41,59	11,69	43,20	44,09	12,69	45,88
5. Цех розливу газованих напоїв	242,77	92,20	24,49	95,40	97,90	30,69	102,60
6. Насосна станція	112,44	70,11	22,41	73,61	73,31	25,91	77,76
Всього	1102	531,74	217,90	579,70	581,23	234,47	629,80

2.2. Побудова картограми та визначення теоретичного центру навантажень

З метою визначення місця розташування трансформаторної підстанції при проектуванні будують картограму електричних навантажень (додаток А4). Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок картограми навантаження

Назва діляниць	х, м	у, м	$P_{PS} \cdot x$	$P_{PS} \cdot y$	г	α
1. Підготовчий цех	40,8	115,6	5770,6	16350,1	21,2	37,3
2. Цех розливу молочних напоїв	34,4	54	2870,4	4505,9	16,3	21,6
3. Офіс	42,8	34,4	6036,7	4851,9	21,2	41,5
4. Цех розливу соків	134	30	5907,4	1322,6	11,8	10,5
5. Цех розливу газованих напоїв	111,2	109,2	10887,0	10691,2	17,7	24,3
6. Насосна станція	34,4	12,4	2522,0	909,1	15,3	3,5
Всього			33994,12	38630,74		

Згідно формул (2.26) - (2.29) визначимо +координати центрів активного та реактивного навантажень. Отримаємо:

$$X_{\text{ца}} = 58,49 \quad Y_{\text{ца}} = 66,46$$

2.3. Вибір трансформаторів ТП

Правильне визначення кількості та потужності цехових трансформаторів можливе тільки шляхом техніко-економічних розрахунків з врахуванням наступних факторів: категорії надійності електропостачання споживачів; компенсації реактивних навантажень на напрузі до 1 кВ; перевантажувальної здатності силових

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

трансформаторів в нормальному та аварійному режимах; кроку стандартних потужностей; економічних режимів роботи трансформаторів в залежності від графіка навантаження (додаток А5).

Частка споживачів другої категорії надійності на підприємстві становить 65%, третьої - 35%.

$$S_{\text{ном}} = \frac{531,74}{0,9 \cdot 2} = 295,41 \text{ кВА}$$

Далі необхідно порівняти варіанти встановлення трансформаторів з мінімально можливою потужністю і трансформаторів, потужність яких на ступінь вища (згідно [3, с. 36]).

Отже, для першого варіанту приймається два трансформатори потужністю 400 кВА, а для другого - два по 630 кВА.

Вхідна реактивна потужність, відповідно до технічних умов $Q_e=0$, тому передбачається повна компенсація реактивної потужності.

Компенсацію можна здійснювати на напрузі 10 кВ або 0,4 кВ.

Завдання техніко-економічних розрахунків зводиться в даному випадку до визначення оптимальної потужності силових трансформаторів з найбільш ефективної системою компенсації реактивної потужності.

2.4. Компенсація реактивної потужності

Проводяться розрахунки для першого варіанту з потужністю трансформаторів 400 кВА (додаток А6)

$$Q_{\text{макс.т}} = \sqrt{(2 \cdot 0,9 \cdot 400)^2 - 531,72^2} = 485,44 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{нк1}} = 217,90 - 485,44 = -267,54 \text{ кВАр}, Q_{\text{нк1}} = 0$$

$$Q_{\text{нк2}} = 217,90 - 0 - 0,15 \cdot 2 \cdot 400 = 97,90 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{нк}} = 0 + 97,90 = 97,90 \text{ кВАр}$$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

Потрібне встановлення низьковольтних конденсаторних батарей потужністю 70 кВАр кожна.

$$Q_{БК} = Q_{нс.т} = 217,90 - 140 + 19 = 96,90 \text{ кВАр}$$

Встановлення високовольтних конденсаторних батарей не потрібне.
Для варіанту встановлення трансформаторів потужністю 630 кВА.

$$Q_{макс.т} = \sqrt{(2 \cdot 0,9 \cdot 630)^2 - 531,72^2} = 1001,60 \text{ кВАр}$$

$$Q_{нк1} = 217,90 - 1001,60 = -712,23, \quad Q_{нк1} = 0$$

$$Q_{нк2} = 217,90 - 0 - 0,18 \cdot 2 \cdot 1000 = -8,90 \text{ кВАр}, \quad Q_{нк2} = 0$$

$$Q_{нк} = 0 + 0 = 0 \text{ кВАр}$$

Встановлювати низьковольтні конденсаторні батареї не потрібно.

Потужність високовольтних конденсаторних батарей

$$Q_{БК} = Q_{нс.т} = 217,90 - 0 + 23 = 240,90 \text{ кВАр}$$

Встановлювати високовольтні конденсаторні батареї не потрібно.

З метою визначення оптимальної системи компенсації реактивної потужності необхідно передбачити варіант повної компенсації на стороні 0,4 кВ.

Виходячи з розрахункового реактивного навантаження, на шинах 0,4 кВ проектованої підстанції необхідно встановити дві конденсаторні установки номінальною потужністю 70 кВАр, при цьому $Q_{НК} = 70 + 70 = 140 \text{ кВАр}$.

Далі проводиться техніко-економічне порівняння запропонованих варіантів потужності силових трансформаторів і компенсації реактивної потужності. Слід

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

зауважити, що передбачається встановлення комплектної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ. В таблиці 2.7 подані вихідні дані для згаданих розрахунків.

Розрахунки виконуються за методом зведених витрат на прикладі першого варіанту.

Таблиця 2.7 – Дані до техніко-економічних розрахунків

	Потужність трансформатора $S_{ном}$, кВа	Тип конденсаторної установки	Ціна конденсаторної установки $C_{КБ}$, тис.грн	Ціна комплектної трансформаторної підстанції $C_{КТП}$, тис.грн
Варіант 1	2х400	2хКРПН-0,4-70-20 УЗ	16,47	189,46
Варіант 2	2х630	-	-	277,35

Визначаються капіталовкладення для першого варіанту

$$K = 16,47 \cdot 2 + 189,46 \cdot 2 = 411,87 \text{ тис. грн.}$$

Визначаються щорічні амортизаційні відрахування

$$B_a = 0,24 \cdot 411,87 = 98,85 \text{ тис. грн.}$$

Далі визначають втрати електроенергії в силових трансформаторах, згідно [3, формули 5.13]

$$\Delta W = 2 \cdot 1,45 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 5,5 \cdot \frac{1092,4^2}{630^2} \cdot 2497,97 = 42433 \text{ тис. кВт/год}$$

Визначаються щорічні витрати на покриття втрат електроенергії в силових трансформаторах (C_e - ціна 1 кВт*год електроенергії для споживачів 2 класу з врахуванням ПДВ, станом на 1 квітня 2026 $C_e = 6,5$ грн.)

$$B_e = 6,5 \cdot 42433 = 275,82 \text{ тис. грн.}$$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

Наближено визначаються щорічні експлуатаційні витрати:

$$B=98,85+275,82= 374,67 \text{ тис.грн.}$$

Зведені витрати по даному варіанту визначаються за формулою

$$З=0,12 \cdot 411,87+374,67=424,09 \text{ тис.грн.}$$

Аналогічні розрахунки виконуються для інших варіантів. В таблиці 2.8 проведений розрахунок втрат електричної енергії в силових трансформаторах для двох варіантів.

Таблиця 2.8 – Визначення втрат в силових трансформаторах

Варіант	Sном, кВА	Sp, кВА	n	Pх,х, кВт	Pк,з, кВт	тм, год	ΔW, кВт·год
1	400	685,79	2,00	1,45	5,50	2497,97	45596
2	630	685,79	2,00	2,27	7,60	2497,97	51018,24

Далі в таблиці 2.9, поданий розрахунок зведених витрат по кожному варіанту.

Таблиця 2.9 – Розрахунок зведених витрат

Варіант	K, тис.грн.	В _а , тис.грн.	В _е , тис.грн.	В, тис.грн.	З, тис.грн.
1	411,87	98,85	275,82	374,67	424,09
2	554,71	133,13	320,17	453,30	519,86

Очевидно, що найдешевшим є перший варіант, але з врахуванням розвитку та розростання підприємства прийнято рішення встановити два силових трансформатори ТМ-400/10, номінальною потужністю 400 кВА. Технічні характеристики вибраних трансформаторів подані в таблиці 2.10.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

Таблиця 2.10 – Характеристики трансформаторів ТМ-400/10

$U_{BH}, \text{кВ}$	$U_{HH}, \text{кВ}$	$S_{ном}, \text{кВА}$	$P_{х.х}, \text{кВт}$	$P_{кз}, \text{кВт}$	$U_{кз}, \%$	$I_{х.х}, \%$
10	0,4	1000	1,45	5,50	5,5	2,1

Перевіряється завантаження даних трансформаторів в нормальному режимі

$$K_3 = \frac{579,7}{2 \cdot 400} = 0,7$$

Отримана величина є оптимальною в плані завантаження силових трансформаторів, тому такий режим допустимий.

В аварійному режимі допускається перевантаження на 40% (усереднене значення). Отже, один трансформатор зможе пропустити потужність

$$S_{дон} = 1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВАр}$$

Таким чином, в аварійному режимі один трансформатор зможе пропустити майже всю споживану електроприймачами потужність. Частина споживачів 3-ї категорії в аварійному режимі необхідно буде відключати.

2.5. Визначення навантажень на вищих рівнях СЕП

За розрахункове навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції приймається середня споживана потужність за найбільш завантажену зміну $S_{сер.зм}$ з врахуванням компенсації реактивної потужності (Додаток А7)

$$S_{P3} = \sqrt{531,72^2 + (217,9 - 140)^2} = 537,42 \text{ кВА}$$

Розрахункове навантаження на стороні високої напруги трансформаторної підстанції

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже $\Delta P_T = 10,75 \text{ кВт}$, $\Delta Q_T = 53,74 \text{ кВАр}$.

Оскільки передача реактивної потужності на сторону 0,4 кВ не здійснюється ($Q_e = 0$), то складова реактивної потужності в формулі 2.44 теж буде рівною нулю.

$$S_{P4} = \sqrt{(531,72 + 10,75)^2 + (217,9 + 53,74)^2} = 596,97 \text{ кВА}.$$

За цією потужністю здійснюватиметься вибір ліній, що живитимуть трансформаторну підстанцію підприємства.

Комутаційно-захисна апаратура вибиратиметься за потужностями відповідних ієрархічних рівнів СЕП, згідно [4, стор.44].

2.6. Проектування системи зовнішнього електропостачання

Джерелом живлення підприємства є вузлова підстанція 110/10кВ.

Відстань до джерела живлення становить 0,65 км.

За напругу живлення СЕП підприємства приймаємо 10 кВ, оскільки на шинах 10 кВ живлячої підстанції наявний відповідний резерв потужності.

В розрахунок системи зовнішнього електропостачання входять: вибір конструктивного виконання ліній електропередачі, визначення оптимального перерізу провідників живлячих ліній на основі техніко-економічного порівняння варіантів, перевірка провідників ліній за втратою напруги (додаток А8).

$$I_{\text{норм}} = \frac{596,97}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 17,23 \text{ А}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{596,97}{\sqrt{3} \cdot 10} = 34,47 \text{ А}.$$

Вибір перерізу живлячих ліній здійснюється за економічною густиною струму.

$$j_e = 1,4 \cdot e^{\frac{4100}{17520}} = 1,1 \text{ А / мм}^2$$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

$$q_e = \frac{17,23}{1,1} = 26,59 \text{ мм}^2$$

Отже, формуємо вихідні дані для розрахунку варіантів системи зовнішнього електропостачання [5].

Варіант 1. Живлення трансформаторної підстанції підприємства здійснюється двома кабельними лініями з кабелем АПвЕгаПу-10-3х16 від РП-10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ. В таблиці 2.12 подані характеристики проводу.

Таблиця 2.11 - Характеристики кабелю АПвЕгаПу-10-3х16

Переріз, мм ²	Питомі втрати потуж- ності, кВт/м	Тривало допустиме струмове навантаження, А	Питомий актив- ний опір R _{пит} , Ом/км	Питомий реакти- вний опір X _{пит} , Ом/км	Ціна, тис. грн/км
16	38	95	1,95	0,0675	114,52

Варіант 2. Живлення трансформаторної підстанції підприємства здійснюється повітряними лініями АПвЕгаПу-10-3-25 від РП-10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ. В таблиці 2.13 подані характеристики кабелю.

Таблиця 2.12 - Характеристики проводу АПвЕгаПу-10-3х25

Переріз, мм ²	Питомі втрати потужності, кВт/м	Тривало допустиме струмове навантаження, А	Питомий актив- ний опір R _{пит} , Ом/км	Питомий реактив- ний опір X _{пит} , Ом/км	Ціна, тис. грн/км
25	85	130	1,27	0,398	140,78

Вибрані провідники ліній перевіряються за умовами нагрівання при при-
тікканні струму післяаварійного режиму.

Для першого варіанту

$$95 \geq 34,47 \text{ А}$$

Для другого варіанту

$$175 \geq 34,47 \text{ А}$$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Очевидно, що умови перевірки в обох варіантах виконуються.

Вибрані провідникові матеріали також перевіряються за втратами напруги.

Для першого варіанту

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 34,47 \cdot 0,65 \cdot (1,950 \cdot 0,91 + 0,068 \cdot 0,46) = 69,95 \text{ В}$$

Це складає 1,08% номінальної напруги мережі, що є допустимим.

Для другого варіанту

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 34,47 \cdot 0,65 \cdot (0,910 \cdot 0,91 + 0,385 \cdot 0,46) = 38,89 \text{ В}$$

Це складає 1,22% номінальної напруги мережі, що також є допустимим.

Далі проводиться техніко-економічне порівняння варіантів зовнішнього електропостачання. Визначення зведених витрат виконується на прикладі першого варіанту.

Капітальні вкладення в лінії:

$$K_L = 114,52 \cdot 0,65 \cdot 2 = 148,88 \text{ тис.грн}$$

Амортизаційні відрахування на лінії:

$$B_{A.L.} = 0,08 \cdot 148,88 = 11,91 \text{ тис.грн.}$$

Коефіцієнт завантаження лінії:

$$k_z = \frac{38,78}{120} = 0,36 \text{ А.}$$

Втрати електроенергії в живлячих лініях

$$\Delta W_L = 2 \cdot 39 \cdot 0,4^2 \cdot 1,1 \cdot 2497 = 82949,41 \text{ кВт*год}$$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

Вартість річних втрат електроенергії:

$$B_{e,e} = 6,50 \cdot 32,48 = 211,15 \text{ тис.грн}$$

Щорічні експлуатаційні витрати:

$$B_e = 11,91 + 211,15 = 223,06 \text{ тис.грн}$$

Щорічні зведені витрати

$$З = 0,12 \cdot 148,88 + 223,06 = 240,93 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків для обох варіантів зведені в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Визначення зведених витрат

Варіант	КЛ, тис.грн	ВА.Л., тис.грн	кз	$\Delta P_{ном},$ кВт/км	$\Delta WЛ, тис.$ кВт·год	$B_{в.е}$ тис.грн	B_e тис.грн	З, тис.грн
1	148,88	11,91	0,36	38,00	32484,90	211,15	223,06	240,93
2	223,24	17,86	0,20	88,00	33253,93	216,15	234,01	260,80

Результати розрахунків показують, що з економічної точки зору всі варіанти є рівноцінними, тому з врахуванням збільшення навантаження в перспективі живлення трансформаторної підстанції підприємства буде здійснюватись двома кабельними лініями з кабелем ААШв10-3х25 від РП-10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ.

2.7. Проектування системи внутрішнього електропостачання

Внутрішньозаводський розподіл електроенергії здійснюється на напрузі 400/230 В за радіально-магістральним принципом. На об'єктах підприємства

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

передбачається встановлення низьковольтних розподільчих пунктів, до яких під'єднуються електроприймачі та освітлювальні щитки. З цією метою застосовуються розподільчі пункти марки ПР11 [6] (додаток А9).

Внутрішньозаводська розподільча низьковольтна мережа підприємства виконується кабелем марки АВВГ, який прокладається в траншеях (зовні приміщень), в кабельних каналах або трубах (всередині приміщень). Для розробки надійної системи електропостачання необхідно врахувати категорію споживачів по надійності електропостачання. Для підвищення надійності електропостачання споживачів другої категорії між розподільчими пристроями передбачаються резервні кабельні лінії, які при виході з ладу основних ліній вводяться в дію за допомогою автоматичних вимикачів.

Обсяг розрахунків мережі внутрішнього електропостачання обмежується ввідними розподільчими пристроями та відповідними лініями. В таблиці 2.14 подана загальна характеристика проекрованої низьковольтної мережі підприємства.

Таблиця 2.14 – Характеристики низьковольтної розподільчої мережі

Назва лінії	Довжина, км	Будівля
ТП - ВРП I	0,076	1. Підготовчий цех
ТП - ВРП II	0,099	2. Цех розливу молочних напоїв
ТП - ВРП III	0,092	3. Офіс
ТП - ВРП IV	0,018	4. Цех розливу соків
ТП - ВРП V	0,085	5. Цех розливу газованих напоїв
ТП - ВРП VI	0,055	6. Насосна станція

Згідно визначених раніше потужностей (таблиця 2.8) здійснюється розрахунок струмів в лініях, що живлять ввідні пристрої. В таблиці 2.15 подане навантаження проєктованих низьковольтних кабельних ліній (із врахуванням можливого резервування).

Таблиця 2.15 - Навантаження низьковольтних КЛ підприємства

Назва лінії	S_p , кВА	$\cos \phi$	$\sin \phi$
ТП - ВРП I	156,25	0,91	0,42
ТП - ВРП II	99,26	0,84	0,54
ТП - ВРП III	148,06	0,95	0,30
ТП - ВРП IV	45,88	0,96	0,28
ТП - ВРП V	102,60	0,95	0,30
ТП - ВРП VI	77,76	0,94	0,33

Розрахунки проводяться в табличній формі. Результати подані в таблиці 2.16.

[8]

Таблиця 2.16 – Вибір перерізу жил низьковольтної мережі

Назва лінії	S_p , кВА	I_p , А	I_{don} , А	q , мм ²	Прийнята марка кабелю
ТП - ВРП I	156,25	225,79	254	150	АВВГ-4х150
ТП - ВРП II	99,26	143,43	165	70	АВВГ-4х70
ТП - ВРП III	148,06	213,96	224	120	АВВГ-4х120
ТП - ВРП IV	45,88	66,29	72	16	АВВГ-4х16
ТП - ВРП V	102,60	148,27	165	70	АВВГ-4х70
ТП - ВРП VI	77,76	112,37	137	50	АВВГ-4х50

Необхідні характеристики кабелів приймаються по [2, табл. 3.5], а коефіцієнти навантаження визначаються згідно з таблицею 2.19. Результати розрахунку подані в таблиці 2.17.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

Таблиця 2.17 – Перевірка перерізів жил кабелів за втратою напруги.

Назва лінії	q , мм ²	l , км	r_{num} , Ом/км	$\cos \phi$	x_{num} , Ом/км	$\sin \phi$	ΔU , В	ΔU , %
ТП - ВРП I	150	0,076	0,208	0,91	0,0596	0,42	6,35	1,59
ТП - ВРП II	70	0,099	0,447	0,84	0,0612	0,54	10,06	2,51
ТП - ВРП III	120	0,092	0,261	0,95	0,0602	0,30	9,10	2,28
ТП - ВРП IV	16	0,018	1,95	0,96	0,0675	0,28	3,91	0,98
ТП - ВРП V	70	0,085	0,447	0,95	0,0612	0,30	9,71	2,43
ТП - ВРП VI	50	0,055	0,625	0,94	0,0625	0,33	6,53	4,61

Результати розрахунку показують, що втрати напруги в лініях не виходять за межі нормальних допустимих відхилень, згідно ДСТУ EN 50160:2014 ($\pm 5\%$), тому вибрані перерізи жил кабелів залишаються без змін.

Низьковольтні лінії внутрішньозаводської мережі комутуються автоматичними вимикачами, які встановлені в панелях ЩО98. На вводах в розподільчі пункти цехів також встановлені автомати. Лінії до електроприймачів і освітлювальних щитків також комутуються автоматичними вимикачами. Внутрішня електрична принципова схема розподілу підприємства подана на листі 2 графічної частини проекту.

2.8. Розрахунок струмів КЗ

2.8.1. Визначення струмів КЗ на стороні 10 кВ ТП

При розрахунку параметрів схеми заміщення застосовується відносно точне зведення параметрів до базових умов.

Базова напруга приймається рівною напрузі основного рівня, тобто

$$U_B = 10 \text{ кВ.}$$

Базова потужність становить

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

$$S_B = 10 \text{ МВА}$$

Звідси базовий струм

$$I_o = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 10} = 0,57 \text{ кА.}$$

Згідно з технічними умовами потужність трифазного короткого замикання на шинах 10 кВ живлячої підстанції становить 58 МВА.

Опір системи:

$$X_{*c} = \frac{10}{58} = 0,172$$

Опори живлячої кабельної лінії напругою 10 кВ:

$$X_{*KL} = 0,068 \cdot 0,65 \cdot \frac{10}{10^2} = 0,004$$

$$R_{*KL} = 1,95 \cdot 0,65 \cdot \frac{10}{10^2} = 0,127$$

Результуючий індуктивний опір до точки короткого замикання, яка знаходиться на шинах 10 кВ ТП:

$$X_{*K} = 0,172 + 0,0044 = 0,177.$$

Результуючий активний опір до точки:

$$R_{*K} = 0 + 0,127 = 0,127$$

Результуючий повний опір до точки короткого замикання:

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Z_{*K} = \sqrt{0,179^2 + 0,128^2} = 0,218$$

Струм трифазного короткого замикання:

$$I_{KI}^{(3)} = \frac{0,57}{0,205} = 2,66 \text{ кА.}$$

Визначаються величини, необхідні для вибору та перевірки комутаційно-захисної апаратури.

Постійна часу затухання аперіодичної складової:

$$T_{*a} = \frac{0,187}{0,1} = 1,39$$

По кривій рис. 6.2 [2], $T_{aKI}^* = 0,0085 \text{ с.}$

Ударний коефіцієнт визначається за формулою

$$k_{yKI} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,0085}} = 1,29.$$

Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 2,66 \cdot 1,29 = 4,85 \text{ кА.}$$

2.8.2 Визначення струмів КЗ на стороні 0,4 кВ ТП

При розрахунку струмів короткого замикання розглядаються точки на шинах кожного ввідного розподільчого пункту і враховуються всі опори короткозамкнутого кола (активні та індуктивні). Крім того, враховуються опори всіх перехідних контактів (згідно з [9]).

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

За базисну напругу приймається 0,4 кВ. Згідно попередніх розрахунків початкове значення періодичної складової перед трансформатором ТП становить 2,66 кА.

За базисну напругу приймається 0,4 кВ. Опір зв'язку трансформатора 10/0,4 кВ з енергосистемою

$$X_1 = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2657} \cdot \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{10,5^2} = 8,28 \text{ мОм.}$$

$$R_1 = 0.$$

Опір трансформатора

$$R_2 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{400^2} = 5,50 \text{ мОм.}$$

$$X_2 = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{400}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^6 = 21,30 \text{ мОм.}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Визначення параметрів кабельних ліній

Назва лінії	l , км	$r_{\text{лнм}}$, Ом/км	$x_{\text{лнм}}$, Ом/км	$R_{\text{кл}}$, мОм	$X_{\text{кл}}$, мОм
ТП - ВРП I	0,076	0,208	0,0596	15,81	4,53
ТП - ВРП II	0,099	0,447	0,0612	44,25	6,06
ТП - ВРП III	0,092	0,261	0,0602	24,01	5,54
ТП - ВРП IV	0,018	1,95	0,0675	35,10	1,22
ТП - ВРП V	0,085	0,447	0,0612	38,00	5,20
ТП - ВРП VI	0,055	0,625	0,0625	34,38	3,44

Струм трифазного КЗ для прикладу визначається на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції. Сумарний активний опір короткозамкнутого кола до вказаної точки визначається з врахуванням $R_{\text{дод}} = 15 \text{ мОм}$ [10].

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$X_{\Sigma K}=8,28+21,30=30,73\text{мОм.}$$

$$R_{\Sigma K}=15+5,50=20,50\text{ мОм.}$$

Струм трифазного КЗ визначається за формулою:

$$I_K = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{29,580^2 + 20,5^2}} = 6,42\text{ кА}$$

Постійна часу затухання аперіодичної складової:

$$T_a = \frac{29,58}{314 \cdot 20,5} = 0,0046\text{ с}$$

Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,01 \cdot 6,42 = 9,17\text{ кА.}$$

Тепловий імпульс струму КЗ:

$$B_K = 6,42^2 \cdot (0,16 + 0,0039) = 6,78\text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблиця 2.19 – Розрахунок струмів КЗ в низьковольтній розподільчій мережі СЕП підприємства

Назва лінії	$R_{\text{доп}}$, мОм	X_{Σ} , мОм	R_{Σ} , мОм	I_K , кА	T_a , с	k_y	i_y , кА
ТП - ВРП I	15	34,11	51,31	3,75	0,00212	1,01	5,35
ТП - ВРП II	15	35,64	79,75	2,65	0,00142	1,00	3,75
ТП - ВРП III	15	35,12	59,51	3,35	0,00188	1,00	4,76
ТП - ВРП IV	15	30,79	70,60	3,00	0,00139	1,00	4,25
ТП - ВРП V	15	34,78	73,50	2,84	0,00151	1,00	4,03
ТП - ВРП VI	15	33,02	69,88	2,99	0,00150	1,00	4,24

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

2.9. Вибір високовольтного обладнання

2.9.1. Вибір комплектних пристроїв напругою 10 кВ

Визначені струми нормального і післяаварійного режиму на стороні 10 кВ ТП

$$I_{норм} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,09 \text{ А.}$$

$$I_{макс} = 1,4 \cdot I_{норм} = 32,33 \text{ А.}$$

Для підведення живлення до понижувальної підстанції підприємства і встановлення комутаційно-захисної апаратури використовуються комірки КСО-399. Вибір виконується на основі отриманих розрахункових величин та каталожних даних згаданого обладнання [11].

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин подані в таблиці 2.22.

Таблиця 2.20 – Вибір комплектних пристроїв для ТП

Розрахункові величини	Каталожні дані КСО-399
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{норм} = 23,09 \text{ А}$	$I_{ном} = 400 \text{ А}$
$I_{макс} = 32,33 \text{ А}$	
$i_y = 4,85 \text{ кА}$	$i_{гр.н} = 52 \text{ кА}$

Очевидно, що умови вибору виконуються, тому остаточно приймаються до встановлення стаціонарні комірки з одностороннім обслуговуванням КСО-399. В таблиці 2.21 подана комплектація вибраних комірок [12].

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Таблиця 2.21 – Комплектація комірок КСО-399

Призначення	Обладнання	Кількість	Каталожний номер
Ввід	Комірка КСО-399 з роз'єднувачем РВЗ - 10/400 III	2	1
Комутація і захист силових трансформаторів	Комірка КСО-399 з вимикачем навантаження ВН-РА-30П-10-630 УЗ і запобіжником	2	4
Секційна	Комірка КСО-399 з роз'єднувачем РВЗ - 10/400 III	2	14

2.9.2. Вибір і перевірка апаратури напругою 10кВ

В комірках КСО-399 для комутації і захисту силових трансформаторів встановлюються вимикачі навантаження ВН-РА-30П-10-630 УЗ , що комплектуються плавкими запобіжниками серії ПК [13].

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин подані в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Вибір вимикачів навантаження

Розрахункові величини	Каталожні дані ВН-РА-30П-10-630 УЗ з запобіжником
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 23,09 \text{ А}, I_{макс} = 32,33 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_k = 6,42 \text{ кА}$	$I_{в. ном. зап} = 20 \text{ кА}$
$i_y = 4,85 \text{ кА}$	$i_{дин} = 70 \text{ кА}$
$B_k = 1,19 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k^{ном} = 6^2 \cdot 10 = 360 \text{ кА}^2\text{с}$

З таблиці 2.24 очевидно, що дані вимикачі навантаження із запобіжниками задовольняють умови вибору, тому вони остаточно приймаються до встановлення.

Для підвищення надійності роботи підстанції та створення можливості ремонту високовольтного обладнання встановлюється ремонтна перемичка на напрузі 10 кВ з роз'єднувачами РВЗ - 10 з одним заземлюючим ножем. Ці роз'єднувачі входять в комплект комірок КСО - 399 з відповідним каталожним номером. Роз'єднувачі даного типу встановлюються також у ввідних комірках.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин подані в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Вибір роз'єднувачів

Розрахункові величини	Каталожні дані роз'єднувача РВЗ-10/400 III
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 23,09 \text{ А}, I_{макс} = 32,33 \text{ А}$	$I_{ном} = 400 \text{ А}$
$i_y = 4,85 \text{ кА}$	$i_{дин} = 41 \text{ кА}$
$B_k = 1,19 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k^{ном} = 16^2 \cdot 10 = 360 \text{ кА}^2\text{с}$

Умови вибору та перевірки виконуються, тому у ввідних і секційній комірці КСО - 399 встановлюються роз'єднувачі РВЗ - 10/400 III.

2.10. Проектування внутрішньоцехової мережі

2.10.1. Визначення струмових навантажень та вибір кабелів

Споживачами електроенергії в механічному цеху є верстати, вентилятори та освітлення. Детальну інформацію відображено в таблиці 2.1 даного проекту. План розташування приймачів в будові механічного цеху пропонується відображений на одному з листів графічної частини проекту.

В цеху пропонується встановити два розподільчих щити ПР11, а також два освітлювальні щитки ОП-6.

Для вибору провідників низьковольтної мережі цеху пропонується спочатку визначаються струмові навантаження електроприймачів, а потім сумарні струми по групах.

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.24.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

Таблиця 2.24 – Визначення струмових навантажень електроприймачів ремонтного цеху.

Назва електроприймача	$P_{ном.}, \text{кВт}$	$\cos\varphi$	$I_p, \text{А}$
1	2	3	4
Верстат токарний (4)	11	0,75	21,19
Верстат токарний (4)	11	0,75	21,19
Верстат вертикально-свердильний (5)	4,5	0,7	9,29
Кран-балка (6)	18	0,7	37,16
Фрезерувальний верстат (7)	8,6	0,7	17,75
Фрезерувальний верстат (7)	8,6	0,7	17,75
Вентилятор витяжний (8)	2,5	0,8	4,52
Вентилятор витяжний (8)	2,5	0,8	4,52
Вентилятор витяжний (8)	2,5	0,8	4,52
Вентилятор витяжний (8)	2,5	0,8	4,52
Верстат плазмового різання (9)	4	0,7	8,26
Продовження таблиці 2.24 Верстат плазмового різання (9)	4	0,7	8,26
Верстат плазмового різання (9)	4	0,7	8,26
Установка зварювальна (10)	4	0,65	8,89
Установка зварювальна (10)	4	0,65	8,89
Гільйотина (11)	17	0,75	32,76
Гільйотина (11)	17	0,75	32,76
Зварювальний напівавтомат (12)	3,5	0,7	7,23
Зварювальний напівавтомат (12)	3,5	0,7	7,23
Вентилятор притічний (13)	2,5	0,85	4,25
Вентилятор притічний (13)	2,5	0,85	4,25
Вентилятор притічний (13)	2,5	0,85	4,25
Вентилятор притічний (13)	2,5	0,85	4,25

Примітка. Цифри в дужках відповідають номеру позиції електроприймача на плані цеху, що зображений на чисті 3 графічної частини проекту.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

Живлення до розподільчих пунктів подається за допомогою кабелю АВВГ, а до приймачів - кабелем ВВГнгд [14]. Кабельна лінія, яка з'єднує розподільчий пристрій 0,4 кВ трансформаторної підстанції з ввідним розподільчим пунктом цеху прокладається в землі. Магістральна кабельна лінія, яка з'єднує ввідний пункт (РП I) з розподільчим (РП II), прокладається в сталевих трубах відповідного діаметру. Кабеля, які подають живлення до окремих електроприймачів теж прокладаються в лотках під стелею.

Результати вибору провідників до окремих електроприймачів подані в таблиці 2.25.

Таблиця 2.25 – Вибір провідників для живлення електроприймачів

Група прий- мачів	Назва електроприймача	$P_{ном.}, кВт$	$\cos\varphi$	I_p, A
I	Охолоджувачах (4)	2	0,8	3,61
	Сепаратор (5)	5,3	0,78	9,82
	Сепаратор-нормалізатор (6)	5,1	0,75	9,83
	Сепаратор - молокоочисник (7)	9	0,65	20,01
	Гомогенізатор (8)	11,4	0,75	21,97
	Пастеризатор (9)	5,3	0,8	9,57
	Міксер (10)	11	0,78	20,38
	Охолоджувач (11)	4	0,75	7,71
	Лінія розливу та пакування (12)	11	0,65	24,46
II	Охолоджувачах (4)	2	0,8	3,61
	Сепаратор (5)	5,3	0,78	9,82
	Сепаратор-нормалізатор (6)	5,1	0,75	9,83
	Сепаратор - молокоочисник (7)	9	0,65	20,01
	Гомогенізатор (8)	11,4	0,75	21,97
	Пастеризатор (9)	5,3	0,8	9,57
	Міксер (10)	11	0,78	20,38
	Охолоджувач (11)	4	0,75	7,71
	Лінія розливу та пакування (12)	11	0,65	24,46
	Вентилятор торцевий витяжний (13)	2,2	0,85	3,74
	Вентилятор торцевий витяжний (13)	2,2	0,85	3,74
	Вентилятор торцевий витяжний (13)	2,2	0,85	3,74
	Вентилятор торцевий витяжний (13)	2,2	0,85	3,74

Результати перевірки подані в таблиці 2.26

Таблиця 2.26 – Перевірка проводів за втратою напруги

Назва електроприймача	l , км	$r_{\text{ном}}$, Ом/км	$\cos \phi$	$x_{\text{ном}}$, Ом/км	$\sin \phi$	ΔU , В	ΔU , %
Охолоджувачах (4)	0,012	12,5	0,80	0,104	0,60	0,75	0,19
Сепаратор (5)	0,014	12,5	0,78	0,104	0,63	2,40	0,60
Сепаратор-нормалізатор (6)	0,011	12,5	0,75	0,104	0,66	1,73	0,43
Сепаратор - молокоочисник (7)	0,016	7,81	0,75	0,095	0,66	3,20	0,80
Гомогенізатор (8)	0,018	7,81	0,75	0,095	0,66	4,05	1,01
Пастеризатор (9)	0,019	12,5	0,75	0,104	0,66	3,00	0,75
Міксер (10)	0,011	7,81	0,75	0,095	0,66	2,25	0,56
Охолоджувач (11)	0,017	12,5	0,75	0,104	0,66	2,12	0,53
Лінія розливу та пакування (12)	0,024	6,21	0,65	0,09	0,76	4,17	1,04
Охолоджувачах (4)	0,012	12,5	0,80	0,104	0,60	0,75	0,19
Сепаратор (5)	0,018	12,5	0,78	0,104	0,63	3,00	0,75
Сепаратор-нормалізатор (6)	0,023	12,5	0,75	0,104	0,66	3,66	0,92
Сепаратор - молокоочисник (7)	0,024	7,81	0,65	0,095	0,76	4,28	1,07
Гомогенізатор (8)	0,029	7,81	0,75	0,095	0,66	6,48	1,62
Пастеризатор (9)	0,013	12,5	0,80	0,104	0,60	2,20	0,55
Міксер (10)	0,019	7,81	0,78	0,095	0,63	4,16	1,04
Охолоджувач (11)	0,011	12,5	0,75	0,104	0,66	1,34	0,33
Лінія розливу та пакування (12)	0,029	6,21	0,65	0,09	0,76	5,00	1,25
Вентилятор торцевий витяжний (13)	0,036	12,5	0,85	0,104	0,53	2,49	0,62
Вентилятор торцевий витяжний (13)	0,04	12,5	0,85	0,104	0,53	2,76	0,69
Вентилятор торцевий витяжний (13)	0,046	12,5	0,85	0,104	0,53	3,18	0,79
Вентилятор торцевий витяжний (13)	0,016	12,5	0,85	0,104	0,53	1,12	0,28

Очевидно, що коливання напруги знаходиться в допустимих межах, згідно державного стандарту. Тому після даної перевірки змінювати величини перерізів жил проводів не потрібно.

2.10.2. Вибір і перевірка апаратури напругою 0,4 кВ

Розподільчий пристрій напругою 0,4 кВ трансформаторної підстанції виконується за допомогою панелей розподільчих щитів Щ098. Для вибору комплектних

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

пристроїв і апаратури визначаються струми нормального та після аварійного режимів на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції за формулами:

$$I_{норм} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577,35 \text{ А},$$

$$I_{макс} = 1,4 \cdot I_{норм} = 808,29 \text{ А}.$$

В таблиці 2.27 подана детальна характеристика вибраних панелей. Номінальні параметри апаратури вибрані попередньо і будуть уточнюватись в процесі подальших розрахунків [15].

Таблиця 2.27- Комплектація панелей ЦО-98.

Призначення	Тип панелі	Апаратура	
		Тип	$I_{ном}, \text{ А}$
Ввідна	ЦО-98-35	Рубильник РПШ-5	1600
		Автомат Sigma Elektrik 3U160010 1000А, 70кА	1600
		Трансформатор струму ТШ-20	1500/5
Розподільча	ЦО-98-14	Рубильник РПШ-5	600
		Автомат Sigma Elektrik 3U160010 1000А, 70кА	630
		Трансформатор струму ТШ-20	500/5
Секційна з апаратурою АВР	ЦО-98-54	Рубильник РПШ-5	1600
		ВА Sigma Elektrik 3K400400 400А, 35кА	1600
Панель диспетчерського керування вуличним освітленням	ЦО-98-71	Рубильник Р-100	100
		Запобіжник ПН2-100	100
		Пускач магнітний ПМЛ-4	63
Панель торцева	ЦО-98-95	-	-

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин для ввідних і секційних вимикачів подані в таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Вибір і перевірка ввідних та секційних автоматичних вимикачів

Розрахункові величини	Каталожні дані Sigma Elektrik 3U1600 1000A, 70кА	
	ввідний	секційний
$K_{від}^{III} \cdot I_p = 577,35 \text{ A}$	$I_{розч.ном} = 1000 \text{ A}$	$I_{розч.ном} = 1000 \text{ A}$
$I_K = 6,42 \text{ кА}$	$I_{ном.викл} = 50 \text{ кА}$	$I_{ном.викл} = 50 \text{ кА}$

Для вибору і перевірки автоматичних вимикачів, які комутують і захищають лінії до ввідних розподільчих пунктів використовується інформація, що подана в таблиці 2.28 даного дипломного проекту [16].

В таблиці 2.29 подано результати порівняння розрахункових і каталожних величин для автоматичних вимикачів розподільчих панелей ЩО-98.

Таблиця 2.29– Вибір автоматів для розподільчих панелей

Назва лінії	Розрахункова величина	Каталожні дані Sigma Elektrik 3K400400 400A, 35кА
1	2	3
ТП - ВРП I	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 225,79$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = 3,75 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП II	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 143,43$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = 2,65 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 50 \text{ кА}$
ТП - ВРП III	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 213,96$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = 3,35 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП IV	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 66,29$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = 3,00 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$

Продовження таблиці 2.29

1	2	3
ТП - ВРП V	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 148,27$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = 2,84 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП VI	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 112,37$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = 2,99 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП VII	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 0,00112,37$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ A}$
	$I_K = \#H/D \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$

В результаті порівняння розрахункових і каталожних величин очевидно, що вибрані автоматичні вимикачі можуть застосовуватись за даних розрахункових умов.

2.10.3. Вибір апаратури цеху

До встановлення в цеху приймаються силові розподільчі пункти серії ПР11 та освітлювальні пункти ОП-6. Вибір проводиться за інформацією [14, табл. 33]. їх детальна характеристика подана в таблиці 2.30

Таблиця 2.30 - Характеристика вибраних розподільчих пунктів

Тип	Призначення , тип та кількість вбудованих вимикачів			
	ввідних		фідерних	
	тип	кількість	тип	кількість
ПР11-3108	SIGMA Elektrik 3K400400 400A, 35кА	1	SIGMA Elektrik 3K400400 400A, 35кА	12
ОП-6	—	—	AE2040, $I_{ном}=63A$	6

Результати вибору автоматичних вимикачів і перевірок подані в таблиці 2.31.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

Таблиця 2.31 - Вибір автоматичних вимикачів і перевірка проводів за умовою захищеності від перевантажень

Назва електроприймача	I_p, A	$I_{пр.доп}, A$	$q, \text{мм}^2$	$I_{ном}, A$	$I_{розч.ном}, A$	$I_{с.в.}, A$	$K_{від} * I_n$	$I_{відкл.ном}, \text{кА}$
Охолоджувачах (4)	3,61	19	2,5	100	10	250	37,93	12,5
Сепаратор (5)	9,82	19	2,5	100	25	250	103,10	12,5
Сепаратор-нормалізатор (6)	9,83	19	2,5	100	25	250	103,18	12,5
Сепаратор - молокоочисник (7)	20,01	23	4	100	25	250	210,09	12,5
Гомогенізатор (8)	21,97	23	4	100	25	250	230,64	12,5
Пастеризатор (9)	9,57	19	2,5	100	25	250	100,52	12,5
Міксер (10)	20,38	23	4	100	63	630	213,98	12,5
Охолоджувач (11)	7,71	19	2,5	100	25	250	80,92	12,5
Лінія розливу та пакування (12)	24,46	30	6	100	25	160	256,78	12,5
Охолоджувачах (4)	3,61	19	2,5	100	25	100	37,93	12,5
Сепаратор (5)	9,82	19	2,5	100	10	100	103,10	12,5
Сепаратор-нормалізатор (6)	9,83	19	2,5	100	10	100	103,18	12,5
Сепаратор - молокоочисник (7)	20,01	23	4	100	10	100	210,09	12,5
Гомогенізатор (8)	21,97	23	4	100	25	250	230,64	12,5
Пастеризатор (9)	9,57	19	2,5	100	25	250	100,52	12,5
Міксер (10)	20,38	23	4	100	63	630	213,98	12,5
Охолоджувач (11)	7,71	19	2,5	100	63	630	80,92	12,5
Лінія розливу та пакування (12)	24,46	30	6	100	10	100	256,78	12,5
Вентилятор торцевий витяжний (13)	3,74	19	2,5	100	10	100	39,27	12,5
Вентилятор торцевий витяжний (13)	3,74	19	2,5	100	10	100	39,27	12,5
Вентилятор торцевий витяжний (13)	3,74	19	2,5	100	10	100	39,27	12,5
Вентилятор торцевий витяжний (13)	3,74	19	2,5	100	10	100	39,27	12,5

Для низьковольтної мережі цеху проводилась перевірка селективності спрацювання автоматичних вимикачів і запобіжників. Перевірки дали позитивний результат, тобто комутаційно-захисна апаратура буде спрацьовувати вибірково при КЗ на відповідній ділянці мережі.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

3.1 Загальні відомості

Згідно з гідравлічною схемою насосної установки внутрішній діаметр напірного ставу (нагнітальний трубопровід) визначається [17]

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 180}{3600 \cdot 2,5 \cdot 3,14}} = 168,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення діаметру $d_n = 200$ мм.

Перевіряємо пропускну здатність трубопроводів обраного діаметру за умовою

$$240 \text{ м}^3/\text{год} > 180 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Діаметр вхідного трубопроводу приймаємо на 25-50 мм більшим, ніж нагнітального $d_{вх} = 225$ мм.

Коефіцієнт гідродинамічного опору визначається з урахуванням нагнітального і вхідного трубопроводів і має вигляд

$$\Sigma \xi = 1 + 0,2 + 9 + 0,3 + 0,4 + 1 = 11,05;$$

$$\alpha = 0,363 \cdot (200 + 150) + 2,48 \cdot 11,05 = 158,67.$$

3.2 Вибір типу та кількості насосів

Вибираємо два паралельно-встановлені насоси параметрами $Q_n = 80 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_n = 35$ м і напірною характеристикою $H_n = 75,3 + 0,089 \cdot Q - 0,00152 \cdot Q^2$

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Рожелюк І.І.				Розробка системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Романюк М.В.						42	2
Реценз.						ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.							
Затверд.	Волинець В.І.							

Результуюча характеристика паралельної роботи двох насосів утворюється шляхом збільшення значень Q в 2 рази при фіксованих значеннях H ($H'_n = f(Q)$).

3.3 Розрахунок потужності двигунів насосів

Потужність електродвигунів насосів з P , кВт, обчислюється за формулою:

Підставивши значення у формулу (3.13) отримаємо:

$$P = \frac{1,15 \cdot 280 \cdot 103 \cdot 500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 0,82} = 18,9 \text{ кВт.}$$

За даним значенням потужності вибираємо найближчу більшу стандартну потужність трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором типу ВАО – 72 – 2 з такими характеристиками $P_{\text{ном}}=3$ кВт, $n_{\text{ном}}=2940$ об/хв, $\eta=88,5\%$, $\cos\varphi_{\text{ном}}=0,9$ [18, с. 163-189].

3.4 Вибір схеми електропостачання насосної станції

Схема електропостачання залежить від категорії надійності електропостачання насосної станції та потужності електродвигуна насосу. Насоси станції належать до другої категорії надійності електропостачання і потребують обов'язкового резервування, тобто встановлений ще один насос як резервний.

3.5 Розрахунок мережі живлення насосної станції

Насосна станція заживлена кабелем типу АВВГ з мінімальним перерізом 35 мм² від шин 0,4 кВ трансформаторної станції потужністю 400 кВА. Насоси в свою чергу живляться від ввідних розподільчих пристроїв типу ПР 11 проводами марки ПВ. Вибір даної мережі та перевірка правильності вибору здійснюється детально у розділі 2 даного проекту [17, с. 163-189].

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	Нескоум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

4.1 Загальні положення автоматизованого проектування

У сучасному виробництві широке поширення одержали системи автоматизованого проектування, які дозволяють проектувати технологічні процеси з меншими витратами часу та засобів, зі збільшенням точності спроектованих процесів і програм обробки, що скорочує витрати матеріалів та час обробки, завдяки тому, що режими обробки також розраховуються та оптимізуються за допомогою ЕОМ.

Технічне забезпечення автоматизованого проектування засновано на використанні обчислювальних мереж і телекомунікаційних технологій, персональних комп'ютерів та робочих станцій.

Математичне забезпечення автоматизованого проектування характеризується різноманітністю методів обчислювальної математики, статистики, математичного програмування, дискретної математики, штучного інтелекту. Програмні комплекси автоматизованого проектування відносяться до числа найбільш складних сучасних програмних систем, заснованих на операційних системах Unix, Windows, мовах програмування C, C++, Java і інших, сучасних CASE технологіях, реляційних і об'єктно-орієнтованих системах керування базами даних, стандартах відкритих систем і обміну даними в комп'ютерних середовищах.

В даному проєкті було розроблено автоматизовану систему розрахунку та вибору трансформатора і пристрої компенсації реактивної енергії в оболонці Microsoft Excel (Додаток В).

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт.. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Рожелюк І.І.						
Перевір.		Романюк М.В.					44	1
Реценз.						ФАБЕ, гр.ЕЕ-42		
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.						
Затверд.		Волинець В.І.						

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

5.1 Розрахунок заземлення цеху розливу молочних напоїв

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту (додаток Г):

$$\rho_{\text{розр.г}} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

$$\rho_{\text{розр.г}} = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

де L – довжина стержня - 2 м; d – діаметр стержня - 12 мм; t – глибина закладання, рівна відстані від поверхні ґрунту до середини заземлювача – 1,7 м.

$$R_{\text{го}} = 58,6 \text{ Ом}$$

Визначимо теоретичну кількість вертикальних заземлювачів:

$$N = 14,5$$

Визначимо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання:

$$N = 23,5$$

Приймаємо до встановлення 24 вертикальних заземлювачів.

Визначимо довжину з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ									
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка				Літ.	Арк.	Аркушів			
Розроб.		Рожельюк І.І.										45	2	
Перевір.		Романюк М.В.							ФАБЕ, гр.ЕЕ-41					
Реценз.														
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.												
Затверд.		Волинець В.І.												

$$l=47 \text{ м}$$

Для з'єднання вертикальних електродів використовуємо стальну смугу шириною 40 мм. Опір горизонтального заземлювача:

$$R_{\Gamma} = 7,5 \text{ Ом.}$$

Коефіцієнт використання горизонтальних з врахуванням дії вертикальних електродів $\eta_{\Gamma} = 0,38$.

Необхідний опір вертикальних заземлювачів:

$$R_{\Sigma} = \frac{7,5 \cdot 4}{7,5 + 4} = 2,61 \text{ Ом}$$

Опір штучного заземлення:

$$R_{\text{ш}} = 3,94 \text{ Ом.}$$

що є менше за $R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}$.

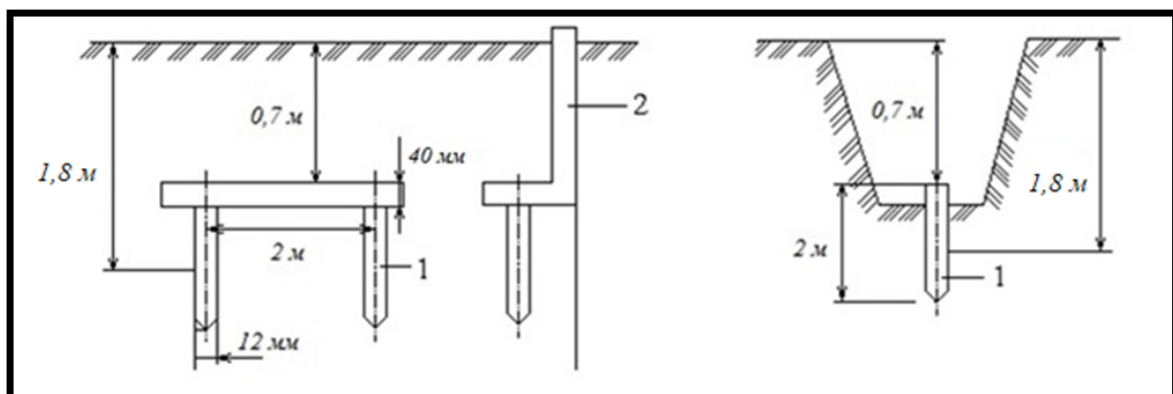


Рисунок 5 – Схема заземлення:

1 – заземлювач; 2 – з'єднувальна стрічка

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для забезпечення надійності споживачів підприємства було вибрано змішану схему для живлення РП-0,4 кВ.
2. Для забезпечення надійності споживачів II категорії встановлені 2 силові трансформатори ТМ-400/10.
3. Для живлення підприємства було вибрано кабель марки АПвЕгаПу-10, який прокладено в траншеї.
4. Для покращення показників якості електроенергії на шинах 0,4 кВ встановлені низьковольтні батареї конденсаторів загальною потужністю 70 кВАр.
5. Усе комутаційне та захисне обладнання дозволяє працювати як нормальному так і в післяаварійному режимі.
6. В індивідуальному завдання було розраховано електропривод вентилятора вентиляційної системи.
7. В розділі «САПР» за допомогою математичного середовища «Mathcad» вибору трансформатора і пристрої компенсації реактивної енергії.
8. В розділі «Електробезпека» було розраховано заземлення цеху.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
2. LIGHT GROUP : Освітлення : промислове освітлення : каталог. URL : <https://www.light-group.com.ua/catalog/promyslove-osvitlennia/>.
3. Трансформатори силові типу ТМ. URL : http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html.
4. Електричні системи та мережі : методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання ; уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 72с.
5. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
6. Пункт розподільний EU-PP11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/punkt-rozpodilnyi.html>.
7. Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
8. Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/avvg-avvgng-avvgngd/>.
9. Грицюк Ю.В. Електрична частина станцій і підстанцій. Методичні вказівки до практичних занять. Луцьк : ЛНТУ, 2015. 96 с.
10. Електрична частина станцій і підстанцій : методичні вказівки до виконання курсового проекту ; уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. 84с.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО 399 УЗ : каталог. ТОВ Укрелетрокомплект. URL: <http://uelko.com/kso399.pdf>.

12. Роз'єднувачі РВ, РВО, РВЗ, РВФЗ, РЛВО : каталог. URL: <http://nvacontact.com/category2/razediniteli-10-kv/>.

13. Вимикач навантаження ВН-РА-000 : каталог. ТОВ Укрелетрокомплект URL: <https://uelko.com/vn-ra.pdf>.

14. Кабелі силові ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/vvg3-vvg3ng-vvg3ngd-vvg5-vvg5ng-vvg5ngd/>.

15. Трансформатори струму Т-0,66 : каталог. URL: <http://bek-ltd.com.ua/transformatory-toka-t-0-66>.

16. Вимикачі автоматичні . ІЕК. URL: <https://001.com.ua/uk/iek>

17. Електроприймачі в системах електроспоживання : навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк, І.О. Бандура. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 262с.

18. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДЗТ, 2018. 295 с.

					ЛНТУ.971027.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		