

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	архітектури, будівництва та енергетики
Кафедра	електричної інженерії
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність:	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«__» _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ковальчуку Олександр Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт

Керівник проекту: канд. техн. наук, доцент Грицюк Юрій Віталійович

затверджені наказом ВНЗ від « 31 » грудня 2025 р. № 971/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційного проекту 15 травня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту Генеральний план підприємства, план розташування обладнання, відомості про електроприймачі підприємства (номінальні параметри, режими роботи, категорія по надійності електропостачання), класи пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон об'єктів, умови компенсації реактивної потужності, час споживання максимальної потужності, інформація про джерело живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

1. Коротка характеристика об'єкту проектування.

2. Основні проектні рішення.

3. Електропостачання насосної станції.

4. САПР.

5. Електробезпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Генеральний план підприємства.

2. Однолінійна схема електропостачання.

3. План розміщення обладнання.

4. Схема керування електроприводом засувки насосного агрегату.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Коротка характеристика об'єкту проектування	Грицюк Ю.В.		
2. Основні проектні рішення	Грицюк Ю.В.		
3. Електропостачання насосної станції	Грицюк Ю.В.		
4. САПР	Грицюк Ю.В.		
5. Електробезпека	Грицюк Ю.В.		

7. Дата видачі завдання 3 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту бакалавра	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Коротка характеристика об'єкту проектування	03.02.2026	
2	Основні проектні рішення	03.03.2026	
3	Електропостачання насосної станції	17.03.2026	
4	САПР	24.03.2026	
5	Електробезпека	07.04.2026	
6	Оформлення пояснювальної записки	21.04.2026	
7	Оформлення графічного матеріалу	10.05.2026	
8	Перевірка на плагіат кваліфікаційного проекту	15.05.2026	

8. Затвердження відповідності графічного матеріалу вимогам нормативних документів

№ з/п	Назва креслення	Підпис	Дата
1	Генеральний план підприємства		
2	Однолінійна схема електропостачання		
3	План розміщення обладнання		
4	Схема керування електроприводом засувки насосного агрегату		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Ковальчук О.П.)
(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Грицюк Ю.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ковальчук О.П. Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 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, додатків.

У проєкті розроблено (запропоновано) систему електропостачання промислового підприємства. Проєктування виконане на основі електротехнічних розрахунків: розрахунку силових електричних навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм на основі ієрархічного підходу; розрахунку освітлювальних навантажень на основі методу питомої густини освітлювального навантаження; розрахунку техніко-економічних показників прийнятих проєктних рішень на основі методу приведених затрат.

У результаті розрахунків отримали систему електропостачання даного підприємства з високими показниками економічної обґрунтованості.

Прийняті проєктні рішення дозволяють перейти до їх практичної реалізації й впровадження спроектованої системи електропостачання.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), лінія електропередач, електроприймачі, електричні навантаження, струми короткого замикання, компенсація реактивної потужності, електрична апаратура, електробезпека.

ANNOTATION

O. Kovalchuk. Power supply of the polymer materials plant with an installed capacity of 1230 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of OP "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 used sources, and appendices.

The project developed (proposed) the power supply system of an industrial enterprise. The design is made on the basis of electrical engineering calculations: calculation of power electrical loads using the method of ordered diagrams based on a hierarchical approach; calculation of lighting loads based on the method of specific density of lighting load; calculation of technical and economic indicators of adopted project decisions based on the method of reduced costs.

As a result of the calculations, we received the electricity supply system of this enterprise with high indicators of economic validity.

Adopted design decisions allow to proceed to their practical implementation and implementation of the designed power supply system.

Key words: power supply system (SEP), power line, power receivers, electrical loads, short-circuit currents, reactive power compensation, electrical equipment, electrical safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	12
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	14
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	14
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	15
2.6. Компенсація реактивної потужності.....	16
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....	17
2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....	17
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	18
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	19
2.11. Вибір обладнання.....	21
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	21
2.11.2. Вибір роз’єднувачів.....	22
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	22
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	23
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	23
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	25
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	28

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт. Пояснювальна записка.			
Розроб.		Ковальчук О.П.						
Перевір.		Грицюк Ю.В.						
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.						
Затверд.		Волинець В.І.			Літ. Арк. Аркушів 6 71 ФАБЕ, гр.ЕЕ-41			

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....	31
РОЗДІЛ 4 САПР.....	34
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	37
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	39
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	42
ДОДАТОК 2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....	63
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	70

ВСТУП

Згідно з ієрархічним підходом [2] до складу системи електропостачання заводу полімерних матеріалів входять такі рівні електропостачання:

перший (на затискачах окремих струмоприймачів);

другий (на шинах розподільних пунктів низької напруги 400/230В);

тертій (на шинах низької напруги 0,4 кВ трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ);

четвертий (на шинах високої напруги 10 кВ трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ).

Для забезпечення надійності електропостачання приймачів заводу необхідно враховувати їх категорію надійності:

для приймачів I категорії повинно бути передбачено два незалежних джерела живлення з можливістю автоматичного введення резерву АВР (двотрансформаторна підстанція з пристроєм АВР між секціями шин низької напруги або застосування в якості резервних місцевих джерел живлення (дизель-генераторів, акумуляторних батарей));

для приймачів II категорії – два незалежних джерела з можливістю ввімкнення резерву вручну (двотрансформаторна підстанція з секційною перемичкою та автоматичним вимикачем на рівні напруги 0,4 кВ);

для приймачів III категорії резервування не потрібне (при оцінюванні перевантажувальної здатності трансформаторів в післяаварійному режимі роботи передбачають можливість відключення цих приймачів на час ремонту).

Для постачання до споживачів електричної енергії, показники якості якої знаходяться в допустимих межах, в системі електропостачання повинні бути передбачені: засоби регулювання напруги; засоби компенсації реактивної потужності; засоби вимірювання та контролю.

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Технологія виробництва полімерних матеріалів полягає у переробленні полімерів на гумотехнічні вироби, композиційні матеріали, пластмаси, клеї, тощо. Залежно від призначення готових виробів та типу полімерів сформовано класифікацію методів їх виготовлення (рис.1.1).

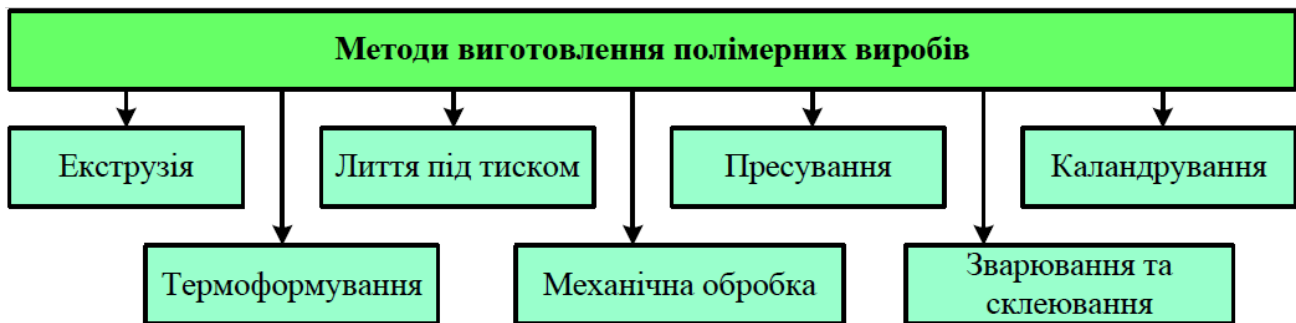


Рисунок 1.1 – Класифікація методів виготовлення полімерних виробів

Проектований завод полімерних матеріалів застосовує майже весь спектр існуючих методів (рис.1.2).

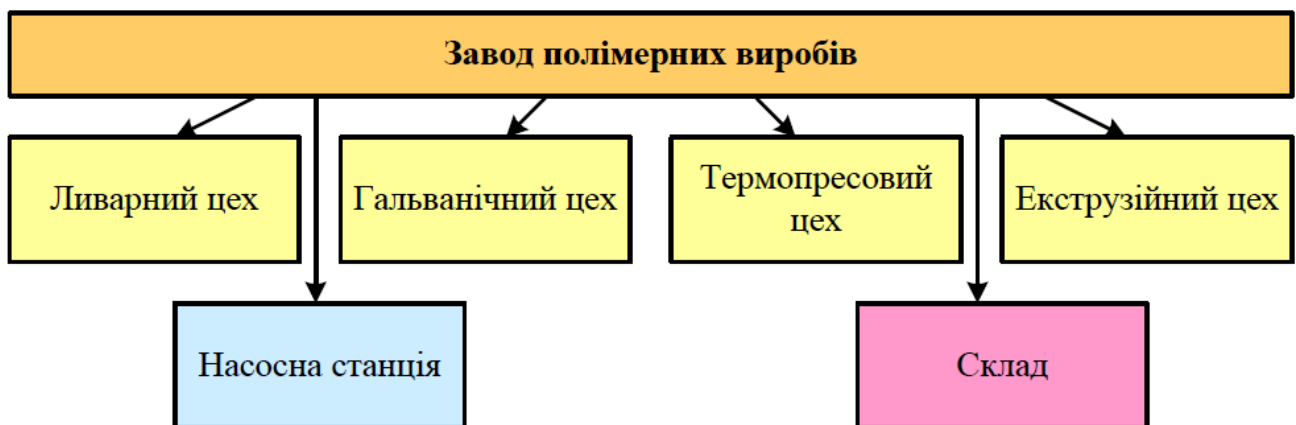


Рисунок 1.2 – Структура заводу полімерних матеріалів

На балансі заводу знаходяться чотири виробничих цехи для виготовлення полімерних виробів: ливарним, гальванічним, термопресовим та екструзійним методами.

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ковальчук О.П.						
Перевір.		Грицюк Ю.В.					9	2
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		
Затверд.		Волинець В.І.						

Цехову мережу низької напруги будемо розраховувати для екструзійного цеху. Даний цех спеціалізується на виготовленні плівок шляхом видавлювання розплавленого полімеру.

Інші характеристики заводу наведені в таблицях 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Ливарний цех	60	30	1800	255
2. Гальванічний цех	72	48	3456	250
3. Термопресовий цех	48	36	1728	265
4. Екструзійний цех	60	36	2160	220
5. Насосна станція	24	12	288	185
6. Склад	48	30	1440	55
Разом			10872	1230

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	3
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	6050
Час використання максимального навантаження $T_{\max}$	год.	2150
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	4,2
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення S_{K3}	МВА	60
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{вх}}^{\max}$	кВАр	212
Загальна територія підприємства	м2	27576
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,6
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	73
III (приймачі складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	26,4

Методики для розрахунків, виконаних у розділах 2, 3, 5 даного проекту зведено в додатки [Д.1 – Д.3] відповідно.

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

До складу екструзійного цеху (позиція 4 в табл.1.1) входять дільниця екструзії (приймачі отримують живлення від двох розподільних пунктів РП4.1, 4.2) та дільниця порізки та пакування (приймачі заживлені від одного розподільного пункту РП4.3).

Розрахуємо силові електричні навантаження для кожного цеху / будівлі заводу полімерних матеріалів (табл.2.1) та окремо для дільниці екструзії (табл.2.2).

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень силових приймачів підприємства

Номер цеху	P _н , кВт	Середні навантаження за найбільш завантажену зміну			Розрахункові навантаження		
		P _{ср.зм} , кВт	Q _{ср.зм} , кВАр	S _{ср.зм} , кВА	P _р , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА
1	122,40	121,18	172,24	153,00	133,29	202,92	122,40
2	120,00	121,20	170,56	156,00	133,32	205,21	120,00
3	119,25	143,10	186,27	166,95	157,41	229,46	119,25
4	87,24	85,59	122,22	114,36	90,02	145,54	87,24
4.1	26,43	25,52	36,74	38,25	27,83	47,31	26,43
4.2	39,19	38,88	55,21	50,16	38,88	63,47	39,19
4.3	21,62	21,19	30,27	25,94	23,31	34,88	21,62
5	129,50	97,13	161,88	187,78	106,84	216,04	129,50
6	16,50	13,20	21,13	37,95	14,52	40,63	16,50
Всього	594,89	581,40	834,29	816,03	635,40	1039,80	594,89

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ковальчук О.П.			Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.		Грицюк Ю.В.					11
						ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.					
Затверд.		Волинець В.І.					
						Аркушів	20

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень дільниці екструзії

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	K _{вик}	tgφ	m	η _{эф}	K _{max}	Розрахункові навантаження			
									P _{ср.зм.} , кВт	Q _{ср.зм.} , квар	P _{р.} , кВт	Q _{р.} , квар
	РП4.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Бункер приймальний	6	1	6	0,25	0,96	3,0	9	1,51	1,50	1,44	35,00	25,40
Екструдер	8	1	8	0,45	0,99				3,60	3,56		
Пристрій тягнучий	7,5	1	7,5	0,42	1,01				3,15	3,18		
Стіл калібрувальний	5	1	5	0,3	1,02				1,50	1,53		
Пристрій охолоджувальний	5,5	1	5,5	0,42	0,98				2,31	2,26		
Автомат маркувальний	4,5	1	4,5	0,1	0,97				0,45	0,44		
Автомат відрізний	4	1	4	0,2	1,03				0,80	0,82		
Прес пакувальний	9	1	9	0,35	0,95				3,15	2,99		
Конвеєр стрічковий	12	1	12	0,56	1,02				6,72	6,85		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	2,5	2	5	0,65	0,75				3,25	2,44	3,25	2,44
Всього РП4.1		11	66,5						26,43	25,52	38,25	27,83
	РП4.2											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Бункер приймальний	6	2	12	0,25	0,96	3,0	16	1,28	3,00	2,88	50,16	38,88
Екструдер	8	2	16	0,45	0,99				7,20	7,13		
Пристрій тягнучий	7,5	2	15	0,42	1,01				6,30	6,36		
Стіл калібрувальний	5	2	10	0,3	1,02				3,00	3,06		
Пристрій охолоджувальний	5,5	2	11	0,42	0,98				4,62	4,53		
Автомат маркувальний	4,5	1	4,5	0,1	0,97				0,45	0,44		
Автомат відрізний	4	2	8	0,2	1,03				1,60	1,65		
Прес пакувальний	9	2	18	0,35	0,95				6,30	5,99		
Конвеєр стрічковий	12	1	12	0,56	1,02				6,72	6,85		
Всього РП4.2		16	106,5						39,19	38,88	50,16	38,88
ВСЬОГО		27	173						65,62	64,41	88,42	66,72

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Для освітлення усіх будівель заводу вибираємо з [3] енергозберігаючі джерела світла (табл.2.3) та розраховуємо їх сумарні навантаження за методом питомої площі. Для живлення освітлювальних приймачів екструзійного цеху застосовуємо щит освітлення, встановлений в приміщенні дільниці екструзії.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{\text{норм}}, \text{ЛК}$	Тип світильника	$F, \text{ЛМ}$	$P, \text{кВт}$
1	Va	300	Світлодіодний промисловий LED світильник EVRO-EB-150 6400 K	15000	150
2	Va	300	Світлодіодний промисловий LED світильник EVRO-EB-150 6400 K	15000	150
3	Va	300	Світлодіодний промисловий LED світильник EVRO-EB-150 6400 K	15000	150
4	Va	300	Світлодіодний промисловий LED світильник EVRO-EB-150 6400 K	15000	150
5	VIIIб	75	Gentlespace Gen3 BY480P LED130S/840 PSD HRO GC SI Philips	13000	85
6	VIIIб	75	Gentlespace Gen3 BY480P LED130S/840 PSD HRO GC SI Philips	13000	85

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	$F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$P_{\text{пит}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	K_n	$\text{tg}\varphi$	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
1	1800	8	3,9	7,02	1,2	0,9	0,33	7,58	2,50
2	3456	8	3,9	13,48	1,2	0,9	0,33	14,56	4,80
3	1728	8	3,9	6,74	1,2	0,9	0,33	7,28	2,40
4	2160	8	3,9	8,42	1,2	0,9	0,33	9,10	3,00
5	288	5	3,44	0,99	1,2	0,9	0,33	1,07	0,35
6	1440	5	3,44	4,95	1,2	0,9	0,33	5,35	1,77
Всього				41,61				44,93	14,83

Для вуличного освітлення приймаємо з [3] джерела світла ORION 02 100W COB 10000Lm 6500K

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,6 \cdot 0,85 \cdot 12}{10000} = 2,65 \text{ ЛК};$$

$$\frac{L}{h} = 10,5; L = 10,5 \cdot 12 = 126 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 2640 \text{ м}; N = \frac{2640}{126} = 21,0 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 21;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 21 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 2,1 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,1 = 2,27 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 2,27 \cdot 0,33 = 0,75 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

При визначенні сумарних навантажень цехів заводу враховуємо силові та освітлювальні електричні навантаження (табл.2.2, 2.4). Визначаємо середні та розрахункові навантаження (табл.2.5).

Для визначення навантаження на третьому рівні системи електропроточання визначаємо суму навантажень усіх цехів та навантаження освітлення території (табл.2.5).

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

Номер цеху	$P_{вст\Sigma},$ кВт	$P_{ср.3м\Sigma},$ кВт	$Q_{ср.3м\Sigma},$ квар	$S_{ср.3м\Sigma},$ кВА	$P_{p\Sigma},$ кВт	$Q_{p\Sigma},$ квар	$S_{p\Sigma},$ кВА
1	262,02	129,98	123,68	179,42	160,58	135,80	210,30
2	263,48	134,56	126,00	184,34	170,56	138,12	219,47
3	271,74	126,53	145,50	192,82	174,23	159,81	236,42
4	228,42	96,34	88,60	130,88	123,46	93,02	154,85
4.1	74,92	35,53	28,53	45,56	47,35	30,84	56,50
4.2	106,50	39,19	38,88	55,21	50,16	38,88	63,47
4.3	47,00	21,62	21,19	30,27	25,94	23,31	34,88
5	185,99	130,57	97,48	162,94	188,84	107,19	217,15
6	59,95	21,85	14,97	26,48	43,30	16,29	46,26
Освітлення території	2,10	2,27	0,75	2,39	2,27	0,75	2,39
Всього	1273,71	642,09	596,97	879,28	863,24	650,98	1086,84

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Згідно з [2] картограму електричних навантажень будують для співставлення навантажень цехів заводу та оцінювання вмісту освітлювальних навантажень; центр навантажень необхідний для визначення

місця встановлення трансформаторної підстанції на території заводу (табл.2.6).

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	x, м	y, м	$P_{\Sigma} \cdot x$	$P_{\Sigma} \cdot y$	$Q_{\Sigma} \cdot x$	$Q_{\Sigma} \cdot y$	r	α
1	42	27	6744	4336	5703	3666	37	17
2	168	54	28654	9210	23205	7459	37	31
3	180	120	31361	20907	28766	19177	39	15
4	42	150	5185	18519	3907	13954	31	27
5	48	90	9065	16996	5145	9647	37	2
6	180	153	7794	6625	2931	2492	17	44
Всього			88803	76593	69658	56395		
X_{Σ}	105							
Y_{Σ}	88							

2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності

Трансформаторну підстанцію призначено для пониження напруги 10 кВ до рівня напруги споживачів заводу 0,4 кВ. Підстанцію виконуємо закритою та двотрансформаторною (табл.2.7 – 2.9).

Розглядаємо два варіанти виконання з трансформаторами та низьковольтними батареями конденсаторів різної потужності та виконуємо їх техніко-економічне порівняння.

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

Варіант встановлення	$\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$	$S_T, \text{кВА}$	N	$N_{\min}$	m	$N_{\text{опт}}$	$Q_{\max T}, \text{кВАр}$
I	0,08	1000	0,92	2	0	2	1244,07
II		630	1,46	2	0	2	604,68

Таблиця 2.8 – Вибір низьковольтних батарей конденсаторів

Варіант встановлення	$Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$	k_{p1}	k_{p2}	γ	$Q_{\text{НБК2}}, \text{кВАр}$	$Q_{\text{НБК}}, \text{кВАр}$	Потужність НБК
I	0,00	12	27	0,3	0	0,00	0
II	0,00	12	27	0,3	218,972	218,97	100

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	τ , год	W , тис.кВт·год	C_e , тис.грн	K , тис.грн	Z , тис.грн
I	1,7	12,2	986	17,057	130,488	1107,36	268,91
II	1,18	8,5	986	11,847	90,633	987,44	214,06

Вибираємо $2 \times TM - 630 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 200 - 10 - 21Y3$.

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,264) \cdot 879,28}{2} = 647,15 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Компенсація реактивної потужності є засобом розвантаження електричних мереж заводу та регулювання напруги. Крім того, система електропостачання заводу повинна забезпечувати дозволене постачальником значення вхідної реактивної потужності.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	596,97
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	212
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	200
ΔQ_T	кВАр	33
$K_{\text{НС}}$	–	0,75
Q_{M1}	кВАр	447,73
Q_{K1}	кВАр	235,84
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	462,97
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	101,84

101,84 кВАр реактивної потужності більш доцільно компенсувати на боці низької напруги трансформаторної підстанції. Тому сумарна потужність НБК становить:

$$Q_{\text{ВБК}} = 2 \cdot 200 + 101,84 = 501,84 \text{ кВАр} \Rightarrow 2 \times KKY - 0,4 - 250 - 10 - 21Y3.$$

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Для розрахунку навантажень на четвертому рівні системи електропостачання заводу враховуємо втрати потужності в силових трансформаторах та потужність, яку буде скомпенсовано на боці низької напруги підстанції за допомогою НБК (табл.2.11).

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	642,09
Q_{p2}	кВАр	596,97
$Q_{НБК}$	кВАр	320
P_{p3}	кВт	642,09
Q_{p3}	кВАр	276,97
S_{p3}	кВА	699,28
ΔP_T	кВт	13,99
ΔQ_T	кВАр	69,93
P_{p4}	кВт	656,08
Q_{p4}	кВАр	346,90
S_{p4}	кВА	742,14

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Для зовнішнього електропостачання заводу з [7] обираємо кабелі 2 × АПвЕгП – 10. Кожен з кабелів розрахований на завантаження струмами післяаварійного режиму. Перемикання живлення на резервну лінію відбувається за допомогою ремонтної перемички 10 кВ:

$$I_{\text{норм}} = \frac{742,14}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 21,42 \text{ А}; I_{\text{п ав}} = \frac{742,14}{\sqrt{3} \cdot 10} = 42,85 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{21,42}{1,7} = 25,2 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Таблиця 2.12 – Вибір кабельних ліній високої напруги

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	r ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}$, В	$\Delta U_{\text{норм}}$, %	$\Delta U_{\text{П АВ}}$, %
35	143	147,29	0,641	0,09	88,34	0,88	1,77
50	169	174,1	0,58	0,086	80,36	0,80	1,61
70	211	217,3	0,45	0,084	63,96	0,64	1,28
95	260	267,8	0,31	0,083	46,41	0,46	0,93

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	$\Delta P_{\text{н}}$, кВт	$\Delta P_{\text{д}}$, кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,145	135,17	2,860	22,110	4057,2	529,260
50	0,123	170,82	2,588	20,006	4972,8	641,606
70	0,099	206,59	2,008	15,522	5174,4	662,322
95	0,080	216,10	1,383	10,693	6039,6	765,643

$$Z_{\min} \Rightarrow 2 \times \text{АПвЕГП} - 10 - 3 \times 35.$$

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Для живлення електроприймачів виробничих цехів заводу полімерних метріалів застосовано по кілька розподільних пунктів [9], які заживлені від ввідно-розподільних пристроїв [8]. В решті будівель використано розподільні пункти.

До виробничих цехів та насосної станції, які належать до II категорії надійності, живлення підведене радіально. До складу (III категорія) – магістрально.

Тип кабелів АВВГ – 0,4 обираємо з [10].

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	$S_{p\sum}$, кВА	$I_{п.ав}$, А	Тип розподільного пристрою	$I_{доп.РП}$, А	$n_{прийм}$	$n_{мод}$
ВРП1	210,30	319,52	ЕУ-ВРП2-1-400-1-1-11-2-21-У4	400	4	4
ВРП2	219,47	333,45	ЕУ-ВРП2-1-400-1-1-11-2-21-У4	400	4	4
ВРП3	282,68	429,49	ЕУ-ВРП2-1-630-1-1-11-2-21-У4	630	4	4
ВРП4	154,85	235,27	ЕУ-ВРП2-1-250-1-1-11-2-21-У4	250	3	4
РП4.1	56,50	85,85	ПР11-3031-21У3	100	11	18
РП4.2	63,47	96,43	ПР11-3031-21У3	100	16	18
РП4.3	34,88	52,99	ПР11-3031-21У3	100	10	18
РП5	217,15	329,92	ПР11-3087-21У3	400	16	24
РП6	46,26	70,29	ПР11-3051-21У3	250	16	22

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

Назва КЛ	n	$S_{p\sum}$, кВА	$I_{норм}$, А	$I_{п.ав}$, А	Переріз кабелю	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	$I''_{доп}$, А	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$\Delta U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав}$, %
ТП – ВРП1	2	210,30	159,76	319,52	4×240	260	268	281	0,080	0,125	0,059	0,79	1,58
ТП – ВРП2	2	219,47	166,73	333,45	4×240	401	413	433	0,051	0,125	0,059	0,53	1,05
ТП – ВРП3	3	282,68	143,16	286,33	4×240	401	413	433	0,082	0,125	0,059	0,72	2,17
ТП – ВРП4	2	154,85	117,63	235,27	4×150	230	237	248	0,078	0,22	0,06	0,89	1,77
ВРП4 – РП4.1	2	56,50	42,93	85,85	5×35	95	98	103	0,005	0,95	0,06	0,08	0,16
ВРП4 – РП4.2	2	63,47	48,21	96,43	5×35	95	98	103	0,006	0,95	0,06	0,10	0,20
ВРП4 – РП4.3	2	34,88	26,49	52,99	5×16	60	62	65	0,001	2,08	0,07	0,02	0,05
ТП – РП5	2	217,15	164,96	329,92	4×240	401	413	433	0,041	0,125	0,059	0,42	0,83
ВРП3 – РП6	1	46,26	70,29	70,29	4×25	75	77	81	0,031	1,33	0,07	1,11	1,11

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Опори в місці виникнення коротких замикань (КЗ) є наднизькими, тому струми мають значення від кількох то сотень кілоампер. Протікання цих струмів може призвести до розплавлення та деформування електропровідних частин, виникнення пожеж та виходу з ладу елементів мережі. Для вибору апаратів захисту від КЗ розрахуємо ці струми. Зведення параметрів схеми до

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					19

умов рівня КЗ виконуємо наближеним способом у відносних одиницях:

$$S_6 = 100 \text{ МВА}; U_6 = 10,5 \text{ кВ}.$$

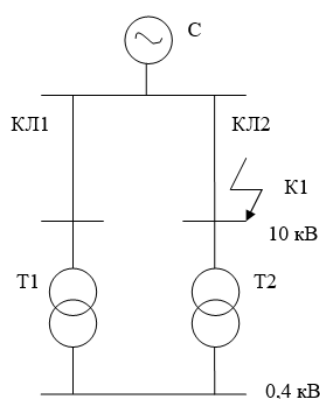


Рисунок 2.1 – Електрична
схема короткозамкненого кола

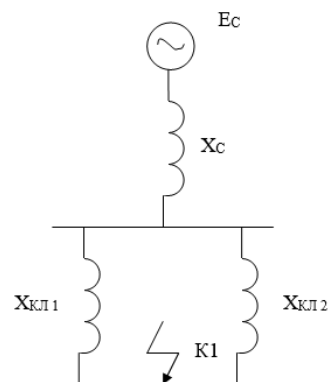


Рисунок 2.2 – Заступна схема
короткозамкненого кола

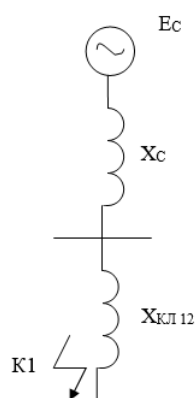


Рисунок 2.3 – Схема
короткозамкненого кола після
об'єднання паралельних ліній

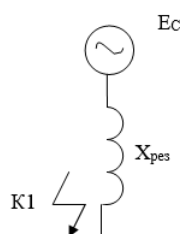


Рисунок 2.4 – Спрощена
схема короткозамкненого
кола

Таблиця 2.16 – Розрахунок струмів КЗ. Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
1	2	3
$S_{КЗ}$	МВА	60
$\dot{X}_{C*}$	—	1,667
$\dot{R}_{КЛ1*}, \dot{R}_{КЛ2*}$	—	2,442
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	—	0,343
$\dot{R}_{КЛ12*}$	—	1,221
$\dot{X}_{КЛ12*}$	—	0,171
$\dot{R}_{рез*}$	—	1,221

Продовження таблиці 2.16

1	2	3
$\dot{X}_{рез*}$	–	1,838
$\dot{Z}_{рез*}$	–	2,207
I_6	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,492
k_y	–	1,42
i_y	кА	5,004
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	10,0
Тип та переріз кабелю з п.2.8	–	АПвЕгП – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	1,55

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Згідно з [13] для прийому та розподілу електроенергії в мережі 10 кВ системи електропостачання заводу полімерних матеріалів застосовано комірки КСО – 399. Дані комірки призначені для комплектування закритих розподільних пристроїв високої напруги трансформаторних підстанцій, мають металеву оболонку з повітряною ізоляцією.

Комірки призначені для одностороннього обслуговування та змонтовані вздовж стін приміщення ЗРП-10 кВ.

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$21,42 < 630 \text{ А};$$

$$42,85 < 630 \text{ А};$$

$$5,004 < 51 \text{ кА};$$

$$1,55 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільних пристроїв трансформаторної підстанції

Призначення	Обладнання	Кількість	Каталожний номер
Комірки КСО 399 10 кВ			
Ввідні	Комірка КСО 399-03106 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 030-10-630 УЗ	2	03
Комутація і захист силових трансформаторів	Комірка КСО 399-04061 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 03П-10-630 УЗ і запобіжником	2	04
Секційна	Комірка КСО 399-01106 УЗ роз'єднувачами РВ030-10-630 УЗ	1	01
Розподільчі панелі ЩО 99 0,4 кВ			
Ввідні	ЩО 99-2101 УЗ	2	–
Лінійні	ЩО 99-2308 УЗ	4	–
Секційна	ЩО 99-2208 УЗ	1	–

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Вибираємо з [15] роз'єднувачі внутрішнього встановлення:

РВ030 – 10 – 630

10 = 10 кВ;

21,42 < 630 А;

42,85 < 630 А;

5,004 < 41 кА;

1,55 < 1024 кА² · с.

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

З [16] обираємо вимикачі навантаження; запобіжники обираємо з [17]:

Ввідні комірки
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:

10 = 10 кВ;

21,42 < 630 А;

42,85 < 630 А;

Трансформаторні комірки
ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:

10 = 10 кВ;

21,42 < 630 А;

42,85 < 630 А;

$$2,492 < 31,5 \text{ кА};$$

$$2,492 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,004 < 80 \text{ кА};$$

$$5,004 < 80 \text{ кА};$$

$$1,55 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$1,55 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

ПКТ – 10 – 50 – 12,5 У3:

$$42,85 < 50 \text{ А};$$

$$2,492 < 12,5 \text{ кА};$$

$$43,16 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,492 = 43,16 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

Для приймання та розподілу електроенергії в приміщенні закритого розподільного пристрою ЗРП-0,4 обираємо з [14] панелі одностороннього обслуговування ЩО-99 (табл.2.17).

Панелі комплектуються автоматичними вимикачами та рубильниками. Застосовуємо ввідні, секційні та лінійні панелі.

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Для живлення приймачів ділянки екструзії екструзійного цеху застосуємо радіальну схему, виконану кабелями ВВГнгд – 0,4, вибраними з [18].

Кабелі всередині приміщень прокладені у кабельних каналах, що забезпечує зручність монтажу та обслуговування.

Кабелі внутрішньоцехового електропостачання вибрані за тривалим допустимим струмом в таблиці 2.18 та перевірені за втратами напруги в таблиці 2.19.

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	Р _н , кВт	cos φ	I, А	F, мм ²	I _{тр.доп} , А	Кабель
РП4.1						
Бункер приймальний	6	0,72	12,64	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Екструдер	8	0,71	17,10	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій тягнучий	7,5	0,70	16,20	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Стіл калібрувальний	5	0,70	10,85	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій охолоджувальний	5,5	0,71	11,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Автомат маркувальний	4,5	0,72	9,53	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Автомат відрізний	4	0,70	8,72	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Прес пакувальний	9	0,72	18,86	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	12	0,70	26,04	4	34	ВВГнгд-5×4
Установка вентиляційна	2,5	0,80	4,75	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
РП4.2						
Бункер приймальний	6	0,72	12,64	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Екструдер	8	0,71	17,10	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій тягнучий	7,5	0,70	16,20	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Стіл калібрувальний	5	0,70	10,85	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій охолоджувальний	5,5	0,71	11,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Автомат маркувальний	4,5	0,72	9,53	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Автомат відрізний	4	0,70	8,72	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Прес пакувальний	9	0,72	18,86	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	12	0,70	26,04	4	34	ВВГнгд-5×4

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

Назва електроприймача	n	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l, км	$\Delta U\%$	Кабель
	РП4.1					
Бункер приймальний	1	8	0,09	0,006	0,202	ВВГнгд-5×2,5
Екструдер	1	8	0,09	0,01	0,448	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій тягнучий	1	8	0,09	0,012	0,504	ВВГнгд-5×2,5
Стіл калібрувальний	1	8	0,09	0,022	0,616	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій охолоджувальний	1	8	0,09	0,026	0,801	ВВГнгд-5×2,5
Автомат маркувальний	1	8	0,09	0,03	0,756	ВВГнгд-5×2,5
Автомат відрізний	1	8	0,09	0,039	0,874	ВВГнгд-5×2,5
Прес пакувальний	1	8	0,09	0,044	2,217	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	5	0,09	0,002	0,085	ВВГнгд-5×4
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,005	0,070	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,007	0,098	ВВГнгд-5×2,5
	РП4.2					
Бункер приймальний	2	8	0,09	0,006	0,202	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,01	0,336	ВВГнгд-5×2,5
Екструдер	2	8	0,09	0,01	0,448	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,014	0,627	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій тягнучий	2	8	0,09	0,012	0,504	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,016	0,672	ВВГнгд-5×2,5
Стіл калібрувальний	2	8	0,09	0,022	0,616	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,026	0,728	ВВГнгд-5×2,5
Пристрій охолоджувальний	2	8	0,09	0,03	0,924	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,034	1,047	ВВГнгд-5×2,5
Автомат маркувальний	1	8	0,09	0,03	0,756	ВВГнгд-5×2,5
Автомат відрізний	2	8	0,09	0,039	0,874	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,043	0,964	ВВГнгд-5×2,5
Прес пакувальний	2	8	0,09	0,044	2,217	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,048	2,419	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	5	0,09	0,002	0,085	ВВГнгд-5×4

2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ

Для захисту секцій шин та кабельних ліній низької напруги від струмів коротких замикань та перевантажень застосовуємо автоматичні вимикачі. Для створення видимого розриву кіл 0,4 кВ – рубильники. Для перевірки згаданих апаратів розраховуємо струми КЗ в мережі 0,4 кВ наближеним методом в іменованих одиницях: $U_6 = 0,4 \text{ кВ}$; $U_{c10} = 10,5 \text{ кВ}$.

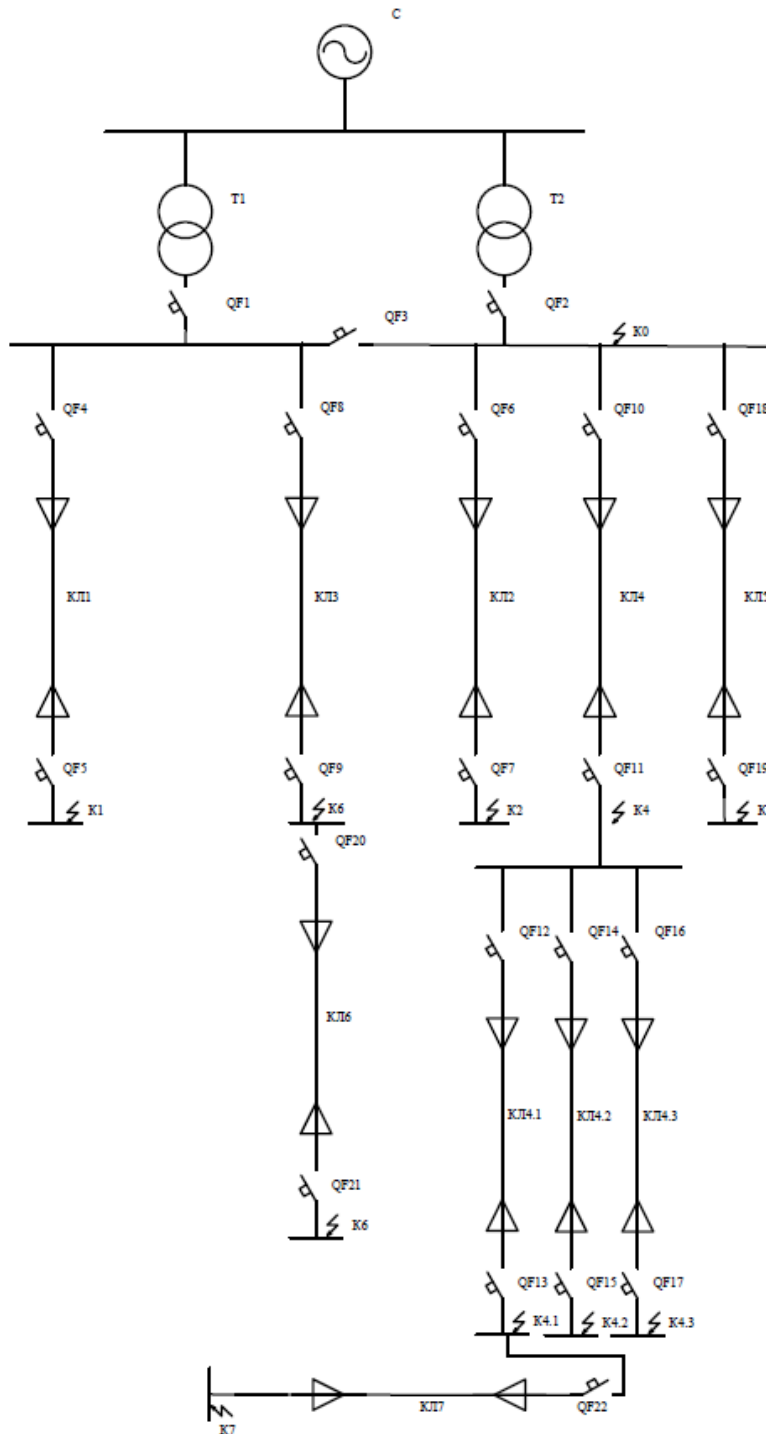


Рисунок 2.6 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

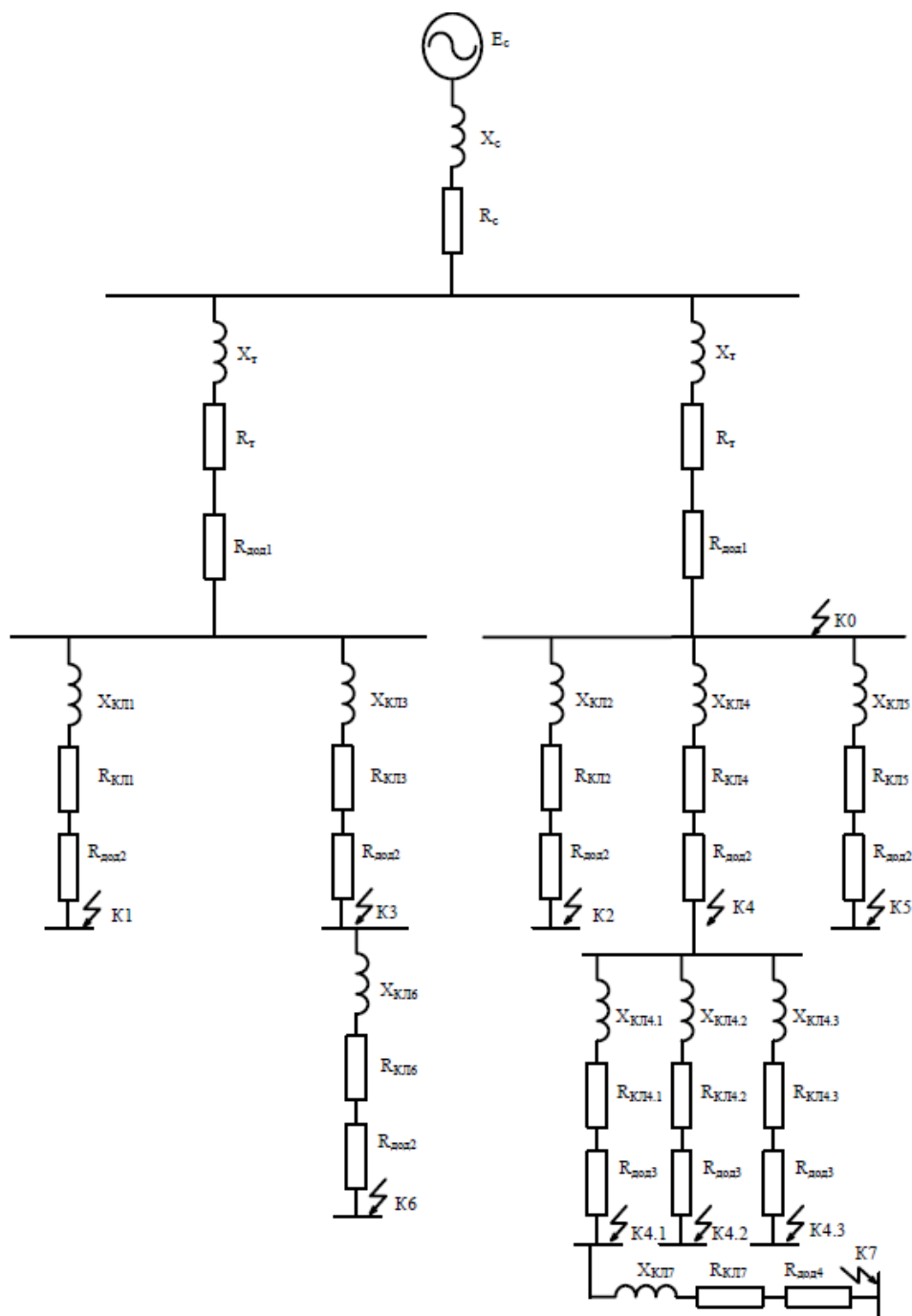


Рисунок 2.7 – Заступна схема НВ мережі

Таблиця 2.20 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
U_6	кВ	0,4
$I_{к10}$	кА	2,492
U_{c10}	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	630
ΔP_k	кВт	8,5
u_k	%	6

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	1,346
X_c	Ом	2,433
$\dot{R}_c$	МОм	1,954
$\dot{X}_c$	МОм	3,531
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	18,667
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	11,150
$Z_{рез0}$	МОм	21,743
I_K	кА	10,621
k_y	–	1,05
i_y	кА	15,772

Таблиця 2.22 – Визначення опорів кабельних ліній

Назва кабельної лінії	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R , МОм	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X , МОм
ТП – ВРП1	0,080	0,125	10,000	0,059	4,720
ТП – ВРП2	0,051	0,125	6,400	0,059	3,021
ТП – ВРП3	0,082	0,125	10,250	0,059	4,838
ТП – ВРП4	0,078	0,22	17,160	0,06	4,680
ВРП4 – РП4.1	0,005	0,95	4,940	0,06	0,312
ВРП4 – РП4.2	0,006	0,95	5,510	0,06	0,348
ВРП4 – РП4.3	0,001	2,08	2,496	0,07	0,084
ТП – РП5	0,041	0,125	5,100	0,059	2,407
ВРП3 – РП6	0,031	1,33	41,496	0,07	2,184
РП4.1 – Рmax	0,002	5	10,000	0,09	0,180

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{\text{дод}}$, МОм	$\dot{R}_{\text{рез}}$, МОм	$\dot{X}_{\text{рез}}$, МОм	$\dot{Z}_{\text{рез}}$, МОм	I_K , кА	k_y	i_y , кА	F_{min} , мм ²	Вибраний переріз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
К1	20	33,67	15,87	37,22	6,205	1	8,775	23,0	4×240
К2	20	30,07	14,17	33,24	6,948	1	9,826	25,7	4×240
К3	20	33,92	15,99	37,50	6,159	1	8,710	22,8	4×240
К4	20	40,83	15,83	43,79	5,274	1	7,459	19,5	4×150
К4.1	25	50,77	16,14	53,27	4,335	1	6,131	16,1	5×35
К4.2	25	51,34	16,18	53,83	4,291	1	6,068	15,9	5×35
К4.3	25	48,32	15,91	50,88	4,539	1	6,420	16,8	5×16

Продовження таблиці 2.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K5	20	28,77	13,56	31,80	7,262	1	10,270	26,9	4×240
K6	20	75,41	18,17	77,57	2,977	1	4,210	11,0	4×25
K7	30	65,77	16,32	67,76	3,408	1	4,820	12,6	5×4

Для КЛ7 приймаємо ВВГнгд – 5 × 16.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для підключення вимірювальних приладів та приладів обліку панелі ЩО-99 обладнані трансформаторами струму, вибраними з [20]:

лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку

НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [19];

амперметри АСКО – УКРЕМ 2500А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1086,84}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 825,64 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1086,84}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1651,28 \text{ А}.$$

Вторинне навантаження трансформаторів струму:

$$r_k = 0,05 \text{ Ом}; \text{ тоді згідно з [10];}$$

$$S_{\text{прил}} = 10 \text{ ВА};$$

$$r_{\text{прил}} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 4}{2,5} = 0,045 \text{ Ом};$$

$$z_2 \approx r_2 = 0,4 + 0,045 + 0,05 = 0,495 \text{ Ом}.$$

Комерційний облік:

$$TШ - 0,66 \text{ 2000 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$825,64 < 2000 \text{ А};$$

$$1651,28 < 2000 \text{ А};$$

$$15,772 < 51 \text{ кА};$$

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$28,2 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

Технічний облік :

$$T - 0,66 \text{ 400 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$333,45 < 400 \text{ А};$$

$$7,459 < 51 \text{ кА};$$

$$6,95 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі вибрано з [21].

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}},$ кВ	$I_{\text{ном розщ}},$ А	$I_{\text{гр вимк}},$ кА	$U_{\text{уст}},$ кВ	$I_{\text{норм}},$ А	$I_{\text{п.ав}},$ А	$I_{\text{к}},$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	Chint NA1-2000	0,4	2000	80	0,4	825,64	1651,28	10,621
QF2	Chint NA1-2000	0,4	2000	80	0,4	825,64	1651,28	10,621
QF3	Chint NA1-2000	0,4	2000	80	0,4	825,64	1651,28	10,621
QF4	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	159,76	319,52	6,205
QF5	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	159,76	319,52	6,205
QF6	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	166,73	333,45	6,948
QF7	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	166,73	333,45	6,948
QF8	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	143,16	286,33	6,159
QF9	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	143,16	286,33	6,159
QF10	BA 88 – 37	0,4	250	35	0,4	117,63	235,27	5,274
QF11	BA 88 – 37	0,4	250	35	0,4	117,63	235,27	5,274
QF12	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	42,93	85,85	4,335
QF13	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	42,93	85,85	4,335
QF14	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	48,21	96,43	4,291

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF15	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	48,21	96,43	4,335
QF16	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	26,49	52,99	4,539
QF17	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	26,49	52,99	4,539
QF18	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	164,96	329,92	7,262
QF19	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	164,96	329,92	7,262
QF20	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	70,29	70,29	2,977
QF21	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	70,29	70,29	2,977
QF22	BA 88 – 32	0,4	32	35	0,4	26,04	26,04	3,408

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильники вибрані з [22]:

PE 19 – 44; 2000 A;

$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$

$825,64 < 2000 \text{ A};$

$1651,28 < 2000 \text{ A};$

$15,772 < 50 \text{ кА};$

$28,2 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Для водопостачання об'єктів заводу полімерних матеріалів встановлено насосну станцію, яка повинна забезпечувати такі параметри:

$$Q_3 = 100 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; H_C = 300 \text{ м}; l_{\text{вх}} = 80 \text{ м}; l_{\text{н}} = 210 \text{ м}; l_{\text{кл}} = 21 \text{ м}.$$

Насосну станцію обладнано відцентровими лопатевими насосами, які забезпечують рух рідини за рахунок відцентрової сили, що виникає при обертанні робочого колеса. Такі насоси мають високу продуктивність, а отже і коефіцієнт корисної дії, та створюють стабільний тиск.

Розрахунки виконуємо згідно з [23].

Спрощений гідравлічний розрахунок насосної станції :

$$v_p = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ з [23];}$$

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3600 \cdot 2,0 \cdot 3,14}} = 0,133 \text{ м}; \text{ приймаємо } d_n = 150 \text{ мм};$$

$$d_{\text{вх}} = 150 + 50 = 200 \text{ мм};$$

$$Q_{\text{гр}} = 120 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \text{ з [23, дод.6, табл.6.1];}$$

$$100 < 120 \frac{\text{м}^3}{\text{год}};$$

$$\alpha = \left[(0,678 + 3,115) \cdot (80 + 210) + 0,2 \cdot (3,95 + 12,59) \right] \cdot 10^{-6} = 0,0011 \frac{\text{год}^2}{\text{м}^5};$$

$$H_T = 300 - 0,0011 \cdot Q^2;$$

вибираємо з [23, дод.6, табл.6.4] насоси ЦНС105 – 98 – 460:

$$Q_H = 105 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; H_H = 98 \div 460 \text{ м}; H_H = 53,5 + 0,168 \cdot Q - 0,002 \cdot Q^2.$$

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ковальчук О.П.			Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.		Грицюк Ю.В.					31
							3
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Затверд.		Волинець В.І.					

Процес визначення координат робочої точки насоса проілюстровано на рисунку 3.1.

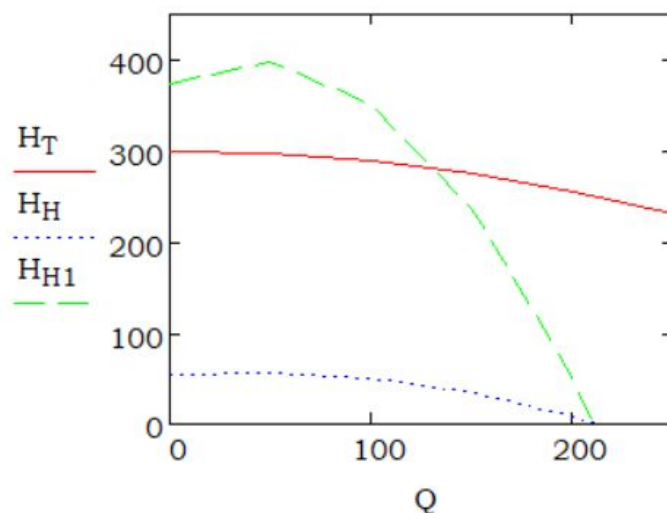


Рисунок 3.1 – Визначення робочої точки

Для 7 послідовних насосів : $Q_p = 134 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$; $H_p = 280 \text{ м}$;

$100 < 134 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$; $H_0 = 374,5 \text{ м}$; $0,9 \cdot 374,5 = 337,1 > 300 \text{ м}$.

Електропостачання насосної станції :

$$P = \frac{1,2 \cdot 134 \cdot 280 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,82 \cdot 7} = 21,37 \text{ кВт};$$

з [23] $\Rightarrow$ двигун А2 : $P_{\text{дв}} = 22 \text{ кВт}$; $\eta_{\text{дв}} = 90\%$; $\cos\varphi_{\text{дв}} = 0,9$.

$$I_{\text{дв}} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 41,32 \text{ А};$$

$$j_e = 1,6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}; F = \frac{41,32}{1,6} = 25,82 \text{ мм}^2;$$

з [18] вибираємо кабель ВВГнгд – 5×35 ;

$$r_0 = 0,57 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; x_0 = 0,06 \frac{\text{Ом}}{\text{км}};$$

для оцінювання втрат напруги та розрахунку термічної стійкості вибраного кабелю враховуємо такі елементи системи електропостачання:

трансформатор ТП-10/0,4; лінія КЛ1 (ТП-ВРП4); лінія КЛ2 (ВРП4-РП4.1);
лінія КЛ3 (РП4.1- двигун насоса):

$$\Delta U_r = \frac{8,5}{630} \cdot 100 = 1,35\%;$$

$$\Delta U_x = \sqrt{6^2 - 1,35^2} = 5,85\%;$$

$$\Delta U_{TP} = 0,7 \cdot (1,35 \cdot 0,8 + 5,85 \cdot 0,6) = 3,21\%;$$

$$\Delta U_{КЛ1} = 1,77\%; \Delta U_{КЛ2} = 0,16\%;$$

$$\Delta U_{КЛ2} = \sqrt{3} \cdot 41,32 \cdot 0,021 \cdot (0,57 \cdot 0,9 + 0,06 \cdot \sin(\arccos 0,9)) \cdot \frac{100}{380} = 0,21\%;$$

$$\Delta U = 3,21 + 1,77 + 0,16 + 0,21 = 5,35\% < 10\%.$$

$$R_T = \frac{8,5 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^3 = 0,003 \text{ Ом};$$

$$X_T = \frac{6 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 630} \cdot 10^3 = 0,015 \text{ Ом};$$

$$R_{КЛ1} = 0,0172 \text{ Ом}; X_{КЛ1} = 0,00468 \text{ Ом};$$

$$R_{КЛ2} = 0,000494 \text{ Ом}; X_{КЛ2} = 0,000312 \text{ Ом};$$

$$R_{КЛ2} = 0,57 \cdot 0,021 = 0,012 \text{ Ом};$$

$$X_{КЛ2} = 0,06 \cdot 0,021 = 0,001 \text{ Ом};$$

$$Z = \sqrt{(0,003 + 0,0172 + 0,00494 + 0,012)^2 + (0,015 + 0,00468 + 0,000312 + 0,001)^2} = 0,043 \text{ Ом};$$

$$U_{02} = 1,05 \cdot 380 = 399 \text{ В};$$

$$I_K^{(3)} = \frac{399}{\sqrt{3} \cdot 0,043} = 5332,26 \text{ А};$$

$$F_{\min} = \frac{5332,26 \cdot \sqrt{0,25}}{125} = 21,33 \text{ мм}^2; 21,33 < 35 \text{ мм}^2.$$

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 4

САПР

Розрахунки, виконані в кваліфікаційному проєкті, автоматизовані. Для розрахунків розділу 3 застосоване середовище Microsoft Excel 2003, а також Mathcad15.

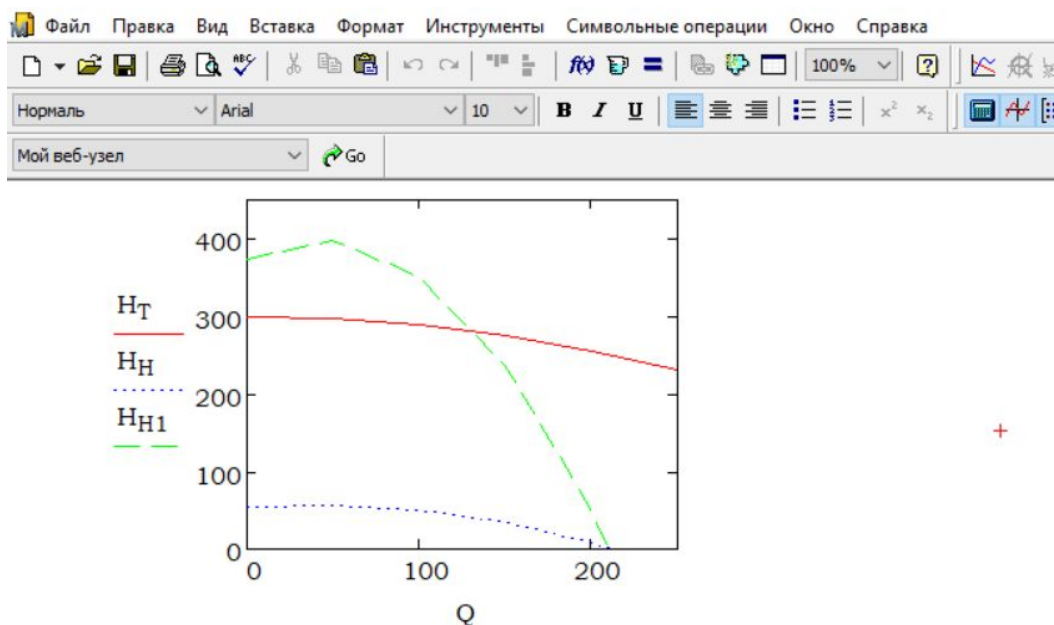
Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?												
Заставить уфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили												
B66												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Таблица 3.1				Внутренний диаметр трубопровода, мм	Пропускная способность трубопровода (м³/год) при скорости воды v_p , м/с						
2	Q_3 , м³/год	100				1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,7	3
3	H_c , м	300			100	50	55	60	70	72	75	85
4	$l_{вх}$, м	80			150	110	120	135	150	155	165	185
5	$l_{н}$, м	210			200	200	220	245	270	280	300	330
6	$l_{кл}$, м	21			250	315	350	390	420	440	480	530
7					300	450	500	550	600	630	680	750
8	Таблица 3.2				350	620	690	760	830	860	930	1030
9	V_p , м/с	2			400	810	900	990	1080	1110	1210	1350
10	d_n , мм	0,133			450	1025	1140	1250	1360	1420	1530	1700
11	$d_{н.прив}$, мм	150			500	1270	1410	1550	1690	1760	1900	2110
12	$Q_{гр}$, м³/год	120			600	1840	2040	2240	2450	2550	2750	3050
13	$d_{вх}$, мм	200										

Рисунок 4.1 – Визначення параметрів трубопровідної мережі

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?												
Заставить уфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили												
J34												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
14					Диаметр трубопровода, мм	Потомый опир		Диаметр трубопровода, мм	Потомый опир		№ п/п	1.1 Тип насоса
15	Таблица 3.3					A_p , год²/м⁵	A_n , год²/м⁵		A_p , год²/м⁵	A_n , год²/м⁵		Q , м³/год
16	$A_{п.г}$, год²/м⁵	0,678			50	1050,41	1020,11	325	0,0517	0,5714		H , м
17	$A_{п.г}$, год²/м⁵	3,115			75	122,72	201,5	350	0,0349	0,4248		Характеристика напора одного колеса, $H = H_0 + A \cdot Q - B \cdot Q^2$
18	$A_{п.г}$, год²/м⁵	3,95			100	26,714	63,75	375	0,0242	0,3223		1. ЦНС38-44-320
19	$A_{п.г}$, год²/м⁵	12,59			125	8,186	26,11	400	0,0172	0,249		2. ЦНС60-50-320
20	α , год²/м⁵	0,22			150	3,115	12,59	425	0,0124	0,1954		3. ЦНС60-66-330
21	ξ , год²/м⁵	0,0011			175	1,376	6,79	450	0,0092	0,1554		4. ЦНС105-98-460
22	Тип насоса	ЦНС105-98-460			200	0,678	3,95	475	0,0069	0,1262		5. ЦНС180-85-425
23	H_0	53,5			225	0,363	2,48	500	0,0052	0,102		6. ЦНС180-76-880
24	A	0,168			250	0,207	1,63					7. ЦНС300-500-900
25	B	-0,002			275	0,125	1,11					8. ЦНС300-120-600
26					300	0,079	0,7871					9. ЦНС300-700-1040
												10. ЦНС300-780-1300
												11. ЦНС300-160-800
												12. ЦНС750-240-960

Рисунок 4.2 – Вибір насоса

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Ковальчук О.П.			Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Грицюк Ю.В.								34	3
								ФАБЕ, гр.ЕЕ-41			
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									



Координати робочої точки:

$$Q_{роб} = 134.198 \quad |Q_{роб}| = 134.198$$

$$H_{роб} = 280.19 \quad |H_{роб}| = 280.19$$

Перевіримо вірність вибору насосів за умовами:

$$\begin{aligned} \text{Умова1} &:= \begin{cases} 1 & \text{if } Q_{роб} \geq Q_3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{Умова2} &:= \begin{cases} 1 & \text{if } 0.9 \cdot H_{01} \geq H_C \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{Умова1} &= 1 & \text{Умова2} &= 1 \end{aligned}$$

Рисунок 4.2 – Визначення координат робочої точки та перевірка умов роботи насоса

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?									
Вставить Шрифт Выравнивание Число Условное форматирование Формат как таб Стили									
G21									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
22	Координати робочої точки								
23	Q _{роб} , м ³ /год	1489							
24	Q _{роб} , м ³ /с	0.41							
25	p _{роб} , Па	1696							
26									
27	Вибір двигуна								
28	k _з	1.2	Двигуни асинхронні серії А2						
29	η	0.8	Р _{дв} , кВт	η _{дв}	cosφ _{дв}				
30	P _в	1.05	1.5	0.805	0.88				
31	Тип двигуна	A2	2	0.825	0.83				
32	P _{зс}	1.5	3	0.835	0.84				
33	n	3000	4	0.86	0.85				
34	η _{зс}	0.805	5.5	0.87	0.86				
35	cos φ _{зс}	0.88	7.5	0.885	0.87				
36			10	0.885	0.87				
			13	0.885	0.89				

Рисунок 4.3 – Вибір електроприводу

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?											
Вставить		Times New Ro 14 A A	Перенести текст		Общий		Условное форматирование				
Буфер обмена		Шрифт		Выравнивание		Число					
О35											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
40	Таблица 3.6										
41	I _{дв} , А	41,32		ВВГнгд							
42	F, мм ²	25,82			I _{доп}	r0	x0				
43	Тип кабелю	ВВГнгд-5×35		2,5	26	8	0,09				
44	I _{тр.доп} , А	175		4	34	5	0,09				
45	r ₀ , Ом / км	0,57		6	45	3,33	0,09				
46	x ₀ , Ом / км	0,06		10	85	2	0,07				
47	ΔU _r , %	1,35		16	115	1,25	0,07				
48	ΔU _x , %	5,85		25	150	0,8	0,07				
49	ΔU _T , %	3,21		35	175	0,57	0,06				
50	ΔU _{кл1} , %	1,77		50	215	0,4	0,06				
51	ΔU _{кл2} , %	0,16		70	265	0,29	0,06				
52	ΔU _{кл3} , %	0,21		95	310	0,21	0,06				
53	ΔU, %	5,35		120	350	0,17	0,06				
54	R _{л1} , Ом	0,0172		150	395	0,13	0,06				
55	X _{л1} , Ом	0,00468									
56	R _{л2} , Ом	0,00494									
57	X _{л2} , Ом	0,000312									
58	R _{л3} , Ом	0,012									
59	X _{л3} , Ом	0,001									
60	R _T , Ом	0,003									
61	X _T , Ом	0,015		Тр-ри	U _{вн}	U _{ин}	S _{ном}	P _x	P _к	I _x	ик
62	Z, Ом	0,043		ТМ-250	10	0,4	250	1,05	3,7	2,3	4,5
63	U ₀₂ , В	399		ТМ-400	10	0,4	400	1,45	5,5	2,1	4,5
64	I _к ⁽³⁾ , А	5332,26		ТМ-630	10	0,4	630	1,18	8,5	2	6
65	F _{тис} , мм ²	21,33	35	ТМ-1000	10	0,4	1000	3,3	11,6	3	5,5

Рисунок 4.4 – Вибір та перевірка мережі живлення

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Безпечні умови експлуатації електрообладнання та електричних мереж заводу полімерних матеріалів створені завдяки застосуванню контурів захисного заземлення. До цих контурів приєднані неструмовідні частини електрообладнання. Нижче наведено розрахунок контуру заземлення екструзійного цеху, виконаний згідно з [24]:

$$l = (60 + 36) \cdot 2 = 192 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 192} \cdot \ln \frac{192^2}{0,4 \cdot 0,04} = 2,3 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

$$R_B = \frac{2,3 \cdot 10}{2,3 + 10} = 1,86 \text{ Ом};$$

$$R_{BO} = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 1}{4 \cdot 0,7 - 1} \right) = 55 \text{ Ом};$$

$$\eta_B = 0,65; \eta_{\Gamma} = 0,3;$$

$$n_B = \frac{55}{1,86 \cdot 0,62} = 45,3 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 46 \text{ шт};$$

$$R_{шт} = \frac{55 \cdot 2,3}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 46 \cdot 2,3} = 1,48 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Ковальчук О.П.			Електропостачання заводу полімерних матеріалів встановленою потужністю 1230 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Грицюк Ю.В.								37	1
								ФАБЕ, гр.ЕЕ-41			
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В даному кваліфікаційному проєкті розроблено електропостачальну систему заводу полімерних матеріалів з такими характеристиками:

1. Належний рівень пропускної здатності: потужність силових трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ обрано за середнім навантаженням підприємства та перевірено за перевантаженням в післяаварійному режимі роботи; перерізи кабелів 10 кВ обрано за економічною густиною струму; перерізи кабелів низької напруги – за струмом післяаварійного навантаження; усі кабелі перевірено за втратами напруги в нормальному та післяаварійному режимах роботи.

2. Надійність електропостачання: оскільки більшість приймачів заводу належать до II категорії, підстанцію 10/0,4 кВ виконано двотрансформаторною; дволанковими виконані кабельні лінії напругою 10 кВ та кабельні лінії 0,4 кВ, що живлять будівлі II категорії; нейтраль мережі 10 кВ виконано ізольованою; для введення резервного живлення підстанцію 10/0,4 кВ оснащено ремонтною та секційною перемичкою на рівні шин 10 та 0,4 кВ відповідно.

3. Якість електроенергії: мережу оснащено засобами вимірювання та засобами регулювання напруги (пристрої перемикання без збудження силових трансформаторів, конденсаторні батареї). НБК також розвантажують мережу 10 кВ та силові трансформатори від передавання частини реактивної потужності, що забезпечує зменшення втрат напруги.

4. Економічність: довжина кабельних ліній 0,4 кВ мінімальна, оскільки підстанцію 10/0,4 кВ розташовано в центрі навантажень; при виборі кабелів 10 кВ та силових трансформаторів обрано найбільш економічно доцільний варіант встановлення.

5. Безпека експлуатації: мережу 0,4 кВ виконано з глухозаземленою нейтраллю; обладнання заводу сполучене з контуром захисного заземлення.

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 с.
2. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
3. Промислові LED світильники : каталог. URL : https://ledmir.com.ua/industrial_led_lights
4. Трансформатори силові типу ТМ. URL : http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html
5. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-0,4. URL : <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>
6. 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.
7. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
8. Пункт розподільний ЕУ-ПР11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnyststvo/punkt-rozpodilnyi.html>.
9. Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnyststvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.

- 10.Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/avvg-avvgng-avvgngd/>.
- 11.Грицюк Ю.В. Електрична частина станцій і підстанцій. Методичні вказівки до практичних занять. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – 96 с.
12. Електрична частина станцій і підстанцій : методичні вказівки до виконання курсового проекту ; уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. 84с.
13. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО 399 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <http://uelko.com/kso399.pdf>.
14. Панелі розподільних щитів ЩО 99 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <https://uelko.com/so99.pdf>.
15. Роз'єднувачі РВ, РВО, РВЗ, РВФЗ, РЛВО : каталог. URL: <http://nvacontact.com/category2/razediniteli-10-kv/>.
16. Вимикач навантаження типу ВН-РА-000 : каталог. ООО Укрелетрокомплект URL: <https://uelko.com/vn-ra.pdf>.
17. Високовольтні запобіжники : каталог. URL: https://www.websor.ru/vjsokovoltnje_predohraniteli.html.
18. Кабелі силові ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/vvg3-vvg3ng-vvg3ngd-vvg5-vvg5ng-vvg5ngd/>.
19. Лічильники електричної енергії НІК2303 : настанова з експлуатації. Київ, 2016. URL: http://www.nik.net.ua/uploads/RE_2303LE.pdf.
20. Трансформатори струму ТШ-0,66 : каталог. URL: <http://bek-ltd.com.ua/transformatory-toka-t-0-66>.
21. Вимикачі автоматичні серії ВА88 : інструкція з експлуатації. ІЕК. URL: https://www.iek.ru/partners/infobaza/files/docs/passp_re/bc4722f58a17e3fcaaa9ec94fab2307f.pdf

22. Роз'єднувач РЕ-19 : каталог продукції : Промелектросервіс. URL:
<http://www.elektro-portal.com/series/show/razedinitel-re19>.
23. 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.
24. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДЗТ, 2018. 295 с.

					ЛНТУ.971015.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		