

пМіністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

Проектування системи електропостачання заводу з
виготовлення електродвигунів встановленою потужністю
1100 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 ЕЕЗ-41
Жмурак Дмитро Сергійович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Собчук Дмитро Сергійович

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент:
Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Жмурак Дмитро Сергійович. Проєктування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 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.

Ціль роботи – розробити систему електропостачання та моделювання режимів роботи електродвигуна. При розробці СЕП підприємства виконувався: розрахунок електричних навантажень, визначення потужності компенсуючих пристроїв, вибір схеми живлення і розподілу електричної енергії, вибір напруги і конфігурації живлячих і розподільчих мереж, розрахунок струмів КЗ і вибір апаратури; а також вибір кількості, потужності і місця встановлення і типу підстанцій, розрахунок засобів релейного захисту і автоматики та т. ін.

Ключові слова: розрахунки, електричні навантаження, ієрархічний підхід, силові трансформатори, метод впорядковані діаграми

Annotation

Dmytro Zhmurak. Design of the power supply system for an electric motor manufacturing plant with an installed capacity of 1100 kW.. Manuscript.

Qualification project of the bachelor's degree "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, applications.

The purpose of the work is to develop a power supply system and simulate the operating modes of an electric motor. When developing the PSS of the enterprise, the following was carried out: calculation of electrical loads, determination of the power of compensating devices, selection of a power supply and distribution of electrical energy, selection of voltage and configuration of supply and distribution networks, calculation of short-circuit currents and selection of equipment; as well as the choice of the number, capacity and place of installation and type of substations, calculation of relay protection and automation, etc.

Keywords: calculations, electric loads, hierarchical approach, power transformers, ordered diagrams method

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	13
2.1. Розрахунок силового електричних навантажень	13
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень	16
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	16
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень	17
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності	18
2.6. Компенсація реактивної потужності.....	19
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП.....	19
2.8. Проєктування мережі живлення підприємства.....	20
2.9. Проєктування внутрішньої розподільної мережі.....	20
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	21
2.11. Вибір апаратури.....	22
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	22
2.11.2. Вибір роз'єднувачів	23
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	23
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху	24
2.12.1. Вибір схеми електропостачання	24
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	26
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	28
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
2.15. Проєктування освітлювальної мережі	31

					<i>ЛНТУ.971091.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Жмирак Д.С.</i>				<i>Проєктування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Собчук Д.С.</i>					<i>Д</i>	6	82
<i>Реценз.</i>						<i>ФАБЕ, зр ЕЕЗ-41</i>		
<i>Н.контр</i>	<i>Ващелюк Ю.І.</i>							
<i>Затвердив</i>	<i>Волинець В.І.</i>							

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРАНУ БАЛКИ.....	33
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР).....	38
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	39
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	42
ДОДАТКИ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Додаток А Використані методики	44
Додаток Б Специфікації та переліки посилань	82

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Проектування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт є складною інженерною задачею, що потребує комплексного підходу до визначення електричних навантажень, вибору обладнання та забезпечення надійності й безпеки електропостачання. Дане підприємство відноситься до машинобудівної галузі та спеціалізується на серійному виробництві асинхронних електродвигунів малої та середньої потужності, які широко застосовуються в промисловості, енергетиці та побутовому секторі.

Основною особливістю такого виробництва є значна кількість електрифікованого технологічного обладнання, включаючи верстати механічної обробки, намотувальні машини, сушильні камери, випробувальні стенди та допоміжні системи. Це обумовлює нерівномірність графіка навантажень, наявність реактивної складової потужності та необхідність впровадження заходів компенсації реактивної потужності.

Встановлена потужність підприємства 1100 кВт дозволяє віднести його до об'єктів середньої потужності з живленням від мережі напругою 10 кВ через власну трансформаторну підстанцію. Система електропостачання повинна відповідати вимогам надійності II категорії, що передбачає резервування основних елементів та можливість швидкого відновлення електроживлення у разі аварійних ситуацій.

Особлива увага приділяється раціональному розподілу електричних навантажень, оптимальному вибору кількості та потужності трансформаторів, проектуванню внутрішніх мереж, а також забезпеченню електробезпеки персоналу. Враховуючи сучасні вимоги, у проєкті передбачається застосування автоматизованих систем проектування та елементів енергоменеджменту.

Таким чином, розробка системи електропостачання даного заводу є важливим етапом створення ефективного, економічного та надійного виробництва електродвигунів..

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Запроєктоване підприємство має чітко структуровану виробничу систему, що забезпечує послідовне виконання всіх етапів виготовлення електродвигунів — від підготовки матеріалів до кінцевих випробувань і складання. Організація цехів відповідає технологічному процесу та сприяє мінімізації внутрішніх транспортних потоків і втрат енергії.

Виробничий процес починається у заготівельному цеху, де здійснюється різання, штампування та первинна обробка металевих заготовок для корпусів, валів та магнітопроводів. Тут встановлюється обладнання з імпульсними режимами роботи, що формує пікові навантаження.

Далі заготовки надходять до механічного цеху, де проводиться токарна, фрезерна, свердлильна та шліфувальна обробка деталей. Цей цех є одним з найбільш енергоємних, оскільки містить значну кількість металорізальних верстатів.

Наступним етапом є штампувально-ізоляційний цех, де виготовляються листи статора та ротора, а також виконується їх ізоляція. Тут використовуються преси, печі та ізоляційне обладнання, що формує як активні, так і реактивні навантаження.

У намотувальному цеху здійснюється формування обмоток статора. Процес включає використання автоматичних намотувальних машин, що працюють у повторно-короткочасному режимі, що впливає на коефіцієнт використання обладнання.

Складальний цех виконує збірку електродвигунів, монтаж вузлів та агрегатів. Тут електричні навантаження відносно рівномірні та характеризуються стабільною роботою обладнання.

Випробувальний цех є критично важливим, оскільки забезпечує контроль якості продукції. Тут створюються короткочасні, але значні навантаження під час пускових режимів двигунів.

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Жмирак Д.С.				Проектування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	9	3
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

Допоміжним є ремонтно-енергетичний цех, який забезпечує технічне обслуговування обладнання, ремонт електромереж та функціонування систем електропостачання. Характеристики об'єктів в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики об'єктів

Назва	S, m^2	$P_{вст\Sigma}, кВт$
Механічний цех	864	448
Заготівельний цех	1008	172
Штампувально-ізоляційний цех	864	243
Намотувальний цех	1008	256
Складальний цех	1296	66
Випробувальний цех	720	86
Ремонтно-енергетичний цех	576	95
Всього	6336	1366

Механічний цех є одним із найбільш енергоємних і технологічно насичених підрозділів підприємства з виготовлення електродвигунів. Саме тут формується геометрична точність, якість поверхонь і взаємозамінність деталей, що безпосередньо впливає на надійність і довговічність готової продукції. Робота цеху організована за потоково-груповим принципом із розміщенням обладнання відповідно до технологічної послідовності обробки деталей.

Токарний верстат моделі 16K20 є універсальним обладнанням, що використовується для обробки тіл обертання, зокрема валів електродвигунів. Його встановлена потужність становить 18 кВт, коефіцієнт потужності. Верстат забезпечує виконання операцій точіння, підрізання, нарізання різьби, розточування. Характерною особливістю є стабільний режим роботи з відносно рівномірним навантаженням, що позитивно впливає на електромережу цеху.

Фрезерний верстат 6P12 потужністю 20 кВт, призначений для обробки площин, пазів та складних профілів. Він активно використовується при виготовленні корпусних деталей та елементів кріплення. Його робота характеризується змінними навантаженнями залежно від режимів різання.

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Свердильний верстат 2Н135 має потужність 16 кВт, і застосовується для свердління, розсвердлювання та зенкування отворів. Через циклічність роботи він створює нерівномірне навантаження з періодами простою.

Шліфувальний верстат 3Г71 потужністю 22 кВт, використовується для чистової обробки поверхонь. Він забезпечує високу точність і низьку шорсткість, що є критичним для посадочних поверхонь валів і підшипників. Його робота супроводжується значним виділенням тепла та пилу.

Координатно-розточувальний верстат 2А450 має потужність 25 кВт і призначений для високоточної обробки отворів із забезпеченням мінімальних відхилень. Він є одним із найбільш відповідальних верстатів у цеху, оскільки визначає точність базових поверхонь.

Горизонтально-розточувальний верстат 2620 потужністю 28 кВт, застосовується для обробки великогабаритних деталей. Його використання супроводжується значними пусковими струмами та високими навантаженнями.

Зубофрезерний верстат 5К32 потужністю 24 кВт, призначений для нарізання зубчастих елементів, які використовуються у допоміжних механізмах. Робота цього обладнання характеризується стабільним, але енергоємним режимом.

Кран-балка електрична КБ-5,0-12,0 має потужність 18 кВт, і забезпечує переміщення заготовок та деталей між робочими зонами. Її робота має короткочасний режим із високими пусковими струмами, що необхідно враховувати при розрахунках електропостачання.

Вентиляційна установка ВЦ 14-46 потужністю 15 кВт, забезпечує видалення пилу, аерозолів та тепла, що утворюються під час обробки металів. Вона працює у тривалому режимі та створює постійне навантаження на мережу.

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-10/0,4 кВ, відстань до якої становить 4,98 км. Потужність КЗ на шинах джерела живлення дорівнює 70 МВА.

Реактивна потужність, дозволена енергосистемою, становить 105 кВАр.

Загальна територія підприємства становить 32400 м², площа будівель складає 6336 м².

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Характеристики приймачів електроенергії цеху

Назва	n	$P_{\text{вст}}$
Токарний верстат (16K20)	3	18
Фрезерний верстат (6P12)	4	16,5
Свердильний верстат (2H135)	3	16
Шліфувальний верстат (3Г71)	4	21
Вентиляційна установка (ВЦ 14-46)	4	15
Координатно-розточувальний верстат (2A450)	2	15,5
Горизонтально-розточувальний верстат (2620)	2	16
Кран-балка електрична (КБ-5,0-12,0)	1	18
Зубофрезерний верстат (5K32)	1	16

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Жмирак Д.С.				Проектування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	13	21
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Група Б	Фрезерний верстат (6Р12)	14	1	14	0,65	0,82	0,70	2,33	9	1,33	9,10	6,35	154,15	82,82
	Координатно-розточувальний верстат (2А450)	25	2	50	0,6	0,83	0,67				30,00	20,16		
	Свердлильний верстат (2Н135)	12	1	12	0,5	0,8	0,75				6,00	4,50		
	Шліфувальний верстат (3Г71)	12	2	24	0,55	0,78	0,80				13,20	10,59		
	Горизонтально-розточувальний верстат (2620)	28	2	56	0,65	0,84	0,65				36,40	23,51		
	Кран-балка електрична (КБ-5,0-12,0)	18	1	18	0,2	0,65	1,17				3,60	4,21		
	Зубофрезерний верстат (5К32)	24	1	24	0,75	0,8	0,75				18,00	13,50		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
	Вентиляційна установка (ВЦ 14-46)	15	2	30	0,8	0,75	0,75				24,00	18,00	24,00	18,00
	всього Б		12	228							140,30	100,8	178,15	100,82
	ВСЬОГО по цеху		24	448							275,90	200,7	348,3	200,71

Розрахунок силового навантаження по підприємству в цілому проведемо аналогічно. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок силового навантаження по підприємству в цілому

Назва	P_H , кВт	$P_{сер.зм}$, кВт	$Q_{сер.зм}$, кВАр	$S_{сер.зм}$, кВА	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Механічний цех	448,00	275,90	200,71	341,19	348,31	200,71	402,01
РП 1	220,00	135,60	99,88	168,42	170,16	99,88	197,31
РП 2	228,00	140,30	100,82	172,77	178,15	100,82	204,70
Заготівельний цех	172,00	64,67	84,07	106,07	84,07	92,48	124,98
РП 1	89,44	35,78	46,51	58,68	46,51	51,16	69,14
РП 2	82,56	28,90	37,56	47,39	37,56	41,32	55,84
Намотувальний цех	243,00	85,05	86,75	121,49	132,68	95,43	163,43
РП 1	126,36	44,23	45,11	63,17	68,99	49,62	84,98
РП 2	116,64	40,82	41,64	58,31	63,69	45,80	78,45
Штампувально-ізоляційний цех	256,00	89,60	91,39	127,99	139,78	100,53	172,17
РП 1	133,12	46,59	47,52	66,55	72,68	52,28	89,53
РП 2	122,88	43,01	43,87	61,43	67,09	48,25	82,64
Складальний цех	66,00	29,70	30,29	42,42	46,33	33,32	57,07
РП 1	34,32	15,44	15,75	22,06	24,09	17,33	29,68
РП 2	31,68	14,26	14,54	20,36	22,24	16,00	27,39
Випробувальний цех	86,00	30,10	30,70	43,00	46,96	33,77	57,84
РП 1	44,72	15,65	15,97	22,36	24,42	17,56	30,08
РП 2	41,28	14,45	14,74	20,64	22,54	16,21	27,76
Ремонтно-енергетичний цех	95,00	33,25	33,92	47,50	39,90	37,31	54,62
РП 1	49,40	17,29	22,48	28,36	20,75	24,72	32,28
РП 2	45,60	15,96	16,28	22,80	19,15	17,91	26,22
Всього	1366,00	608,27	557,83	825,33	838,02	593,55	1032,13

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок електричних навантажень за додатком А. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Назва об'єкта	$F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$P_{\text{ном}}, \text{Вт}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	K_n	$\cos \varphi$	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
Механічний цех	864	4	11	9,50	1	0,95	0,95	9,03	2,97
Заготівельний цех	1008	6	11	11,09	1	0,95	0,95	10,53	3,46
Штампувально-ізоляційний цех	864	6	9	7,78	1	0,85	0,95	6,61	2,17
Намотувальний цех	1008	4	11	11,09	1	0,85	0,95	9,42	3,10
Складальний цех	1296	4	6	7,78	1	0,6	0,95	4,67	1,53
Випробувальний цех	720	5	11	7,92	1	0,85	0,95	6,73	2,21
Ремонтно-енергетичний цех	576	4	15	8,64	1	0,85	0,95	7,34	2,41
Зовнішнє	32400		0,12	3,89	0,95	1	0,95	3,89	1,28
Всього	6336			67,68				58,23	19,14

2.3. Визначення результуючих навантажень

Результати розрахунків $P_{\text{вст}\Sigma}$ зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарного навантаження на шини НН ТП

Назва об'єкта		$P_{\text{вст}\Sigma}, \text{кВт}$	$P_{\text{ср.зм}\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}, \text{квар}$	$S_{\text{ср.зм}\Sigma}, \text{кВА}$	$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{p\Sigma}, \text{квар}$	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$
1		2	3	4	5	6	7	8
Механічний цех	РП 1	229,50	144,63	102,85	177,47	170,16	99,88	197,31
	РП 2	228,00	140,30	100,82	172,77	187,17	103,79	214,03
	Σ	457,50	284,93	203,67	350,24	357,34	203,67	411,34
Заготівельний цех	РП 1	89,44	35,78	46,51	58,68	46,51	51,16	69,14
	РП 2	93,65	39,43	41,03	56,90	48,10	44,78	65,72
	Σ	183,09	75,21	87,54	115,58	94,61	95,94	134,86

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Штампувально-ізоляційний цех	РП 1	126,36	44,23	45,11	63,17	68,99	49,62	84,98
	РП 2	124,42	47,43	43,81	64,57	70,30	47,98	85,11
	Σ	250,78	91,66	88,92	127,71	139,29	97,60	170,08
Намотувальний цех	РП 1	133,12	46,59	47,52	66,55	72,68	52,28	89,53
	РП 2	133,97	52,43	46,97	70,39	76,52	51,35	92,15
	Σ	267,09	99,02	94,49	136,87	149,20	103,63	181,66
Складальний цех	РП 1	34,32	15,44	15,75	22,06	24,09	17,33	29,68
	РП 2	39,46	18,92	16,07	24,83	26,90	17,53	32,11
	Σ	73,78	34,37	31,83	46,84	51,00	34,86	61,77
Випробувальний цех	РП 1	44,72	15,65	15,97	22,36	24,42	17,56	30,08
	РП 2	49,20	21,18	16,95	27,13	29,27	18,42	34,59
	Σ	93,92	36,83	32,91	49,40	53,69	35,98	64,63
Ремонтно-енергетичний цех	РП 1	49,40	17,29	22,48	28,36	20,75	24,72	32,28
	РП 2	54,24	23,30	18,69	29,87	26,50	20,32	33,39
	Σ	103,64	40,59	41,17	57,82	47,24	45,05	65,28
Зовнішнє		3,89	3,89	1,28	4,09	3,89	1,28	4,09
Всього		1433,68	666,50	581,81	888,55	896,25	618,01	1093,71

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Згідно додатку А, визначимо координати центрів активного та реактивного навантажень. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантаження

Назва об'єкта	х, м	у, м	$Q_{РΣ} \cdot x$	$Q_{РΣ} \cdot y$	г	α	$P_{РΣ} \cdot x$	$P_{РΣ} \cdot y$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Механічний цех	128	25,2	52651	10366	75	9	45739	5133
Заготівельний цех	37,2	133,6	5017	18017	39	40	3519	12818
Штампувально-ізоляційний цех	76,8	133,6	13062	22722	47	17	10697	13039

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					17

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Намотувальний цех	70,4	28	12789	5086	49	23	10504	2902
Складальний цех	130	134	8030	8277	28	33	6630	4671
Випробувальний цех	38,4	27,6	2482	1784	29	45	2062	993
Ремонтно-енергетичний цех	172,8	25,2	11280	1645	27	56	8164	1135
Ца	97,4	45,4						
Цр	170,4	109,9						
Всього			84216	73059			68935	59174

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

Таблиця 2.6 – Вибір типу та кількості трансформаторів ТП з врахуванням НБК

Показник	І група	
	I	II
$P_{p\Sigma}$, кВт	666,50	666,50
$Q_{p\Sigma}$, кВАр	581,81	581,81
$S_{p\Sigma}$, кВА	888,55	888,55
F , м ²	6336	6336
Тип трансформатора	ТМГ-630	ТМГ-400
N_{min} , шт.	1,5	2,4
N_{opt} , шт.	2,0	3,0
$Q_{max T}$, кВАр	577,67	511,25
$Q_{НБК1}$, кВАр	4,1	70,6
K_{p1}	12	12
K_{p2}	15	10
γ	0,92	0,99
$Q_{НБК2}$, квар	0,00	0,00
$Q_{НБК}$, квар	4,14	70,6
Тип НБК	0	ККУ-0.4-35/2,5
ΔP_X , кВт	2,27	1,45
ΔP_K , кВт	7,6	5,5
ΔW , тис.кВт·год	20,321	18,443
C_e , тис.грн.	170,291	154,550
K , тис.грн.	885,040	1058,226
Z , тис.грн.	280,921	286,828
Перевірка трансформаторів	$1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА} > (2 \cdot (1-0,26) \cdot 659,71) / 2 = 488 \text{ кВА}$	

2.6. Компенсація реактивної потужності

Не доцільно здійснювати компенсацію на стороні 10 кВ, тому компенсуємо все на стороні 0,4 кВ, Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок потужності ВБК

Показник	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$, квар	581,81
$Q_{\text{емах}}$, квар	105
$Q_{\text{НБКф}}$, квар	0
ΔQ_T , квар	33
$K_{\text{НС}}$	0,80
Q_{M1} , квар	465,45
Q_{K1} , квар	360,45
$Q_{\text{НСТ}}$, квар	647,81
$Q_{\text{ВБК}}$, квар	426,45
Тип НБК	ККУ-0.4-200/2,5

Отже обираємо ККУ-0.4-200/2,5 (Лідер Електрик)

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Результати розрахунків електричних навантажень на вищих рівнях СЕП зведемо в таблицю 2.8

Таблиця 2.8 – Розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження	Значення
$P_{\text{ср.зм}\Sigma}$ кВт	666,50
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$ квар	581,81
$Q_{\text{НБК}}$ квар	400
P_{p3} кВт	666,50
Q_{p3} квар	181,81
S_{p3} кВА	690,85
ΔP_T кВт	13,82
ΔQ_T квар	69,09
P_{p4} кВт	680,32
Q_{p4} квар	250,90
S_{p4} кВА	725,11

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

За додатком А проведемо перевірку живлячих ліній АПвЕгаПу-10 кВ (Крок-ГТ)

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.9

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{пл}}, \%$	$K_{3\text{Л}}$	$\Delta P_{\text{н}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{д}}, \text{кВт}$	$C_e, \text{тис. грн.}$	$З, \text{тис. грн.}$	$K, \text{тис. грн.}$
35	115	118,45	0,89	0,095	138,84	1,39	2,78	0,177	186,56	5,826	56,665	654,265	4780,8
50	140	144,2	0,63	0,09	100,75	1,01	2,01	0,177	186,56	5,826	56,665	942,736	7221
70	165	169,95	0,45	0,086	74,31	0,74	1,49	0,145	195,71	4,124	40,111	1076,941	8386,32
95	205	211,15	0,33	0,083	56,66	0,57	1,13	0,123	194,18	2,946	28,651	1226,171	9641,28
120	216	222,48	0,258	0,081	46,04	0,46	0,92	0,099	219,81	2,160	21,011	1448,176	11454
150	246	253,38	0,206	0,79	115,34	1,15	2,31	0,094	190,79	1,689	16,426	1731,216	13744,8
185	275	283,25	0,167	0,077	32,46	0,32	0,65	0,074	200,17	1,093	10,633	2027,533	16135,2
240	314	323,42	0,115	0,075	24,74	0,25	0,49	0,065	179,71	0,753	7,322	2472,422	19720,8

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем YBY-J (Lapp Kabel)

Таблиця 2.10 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{\text{н.ав}}, \text{А}$	$l, \text{км}$	S	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$I''_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{ПЛАВ}}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП1.1	2	197,31	149,89	299,79	0,108	95	310	319	334,8	0,210	0,0600	1,51	3,01
ТП-РП1.2	2	214,03	162,59	325,18	0,15	95	310	319	334,8	0,210	0,0600	2,27	4,54
ТП-РП2.1	2	69,14	52,52	105,05	0,126	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	3,14	6,29
ТП-РП2.2	2	65,72	49,93	99,85	0,12	16	115	118	162	0,800	0,0700	2,85	5,69
ТП-РП3.1	2	84,98	64,56	129,12	0,138	25	150	155	162	0,800	0,0700	2,77	5,54
ТП-РП3.2	2	85,11	64,65	129,31	0,108	25	150	155	162	0,800	0,0700	2,17	4,34
ТП-РП4.1	2	89,53	68,01	136,03	0,132	25	150	155	162	0,800	0,0700	2,79	5,58

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					20

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП4.2	2	92,15	70,01	140,01	0,09	25	150	155	162	0,800	0,0700	1,96	3,92
ТП-РП5.1	2	29,68	45,09	45,09	0,15	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	7,90	7,90
ТП-РП5.2	2	32,11	48,79	48,79	0,15	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	8,55	8,55
ТП-РП6.1	2	30,08	45,70	45,70	0,12	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	6,40	6,40
ТП-РП6.2	2	34,59	52,55	52,55	0,132	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	8,10	8,10
ТП-РП7.1	2	32,28	49,04	49,04	0,12	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	6,87	6,87
ТП-РП7.2	2	34,59	52,55	52,55	0,12	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	7,36	7,36

Таблиця 2.11 – Вибір розподільчих пунктів 0.4кВ

Назва будівлі	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$
Механічний цех	197,31	149,89	250
	214,03	162,59	250
Заготівельний цех	69,14	52,52	250
	65,72	49,93	250
Штампувально-ізоляційний цех	84,98	64,56	250
	85,11	64,65	250
Намотувальний цех	89,53	68,01	250
	92,15	70,01	250
Складальний цех	29,68	45,09	250
	32,11	48,79	250
Випробувальний цех	30,08	45,70	250
	34,59	52,55	250
Ремонтно-енергетичний цех	32,28	49,04	250
	34,59	52,55	250

Отже обираємо розподільчий пункт ПР8501-3090 (Електроград)

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{\text{кз}} = .70 \text{ МВА}$. Результати розрахунків згідно додатку А запишемо в наступну таблицю 2.12

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.12 –Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Значення
$S_{кз} \text{ МВА}$	70
$\dot{X}_{C*}$	1,429
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	0,429
$\dot{X}_{КЛ12*}$	0,215
$\dot{X}_{рез*}$	1,643
$I_6 \text{ кА}$	5,50
$I_{н0} \text{ кА}$	3,346
k_y	1,4
$i_y \text{ кА}$	6,626
$K_T \frac{\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2}$	118
t_{nc}	0,25
$F_{min} \text{ мм}^2$	14,2
$B_{кА} 2 \cdot \text{с}$	2,80

2.11. Вибір апаратури

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для розподілу електроенергії на стороні ТП 10 кВ ми приймаємо камери серії КСО-393 (ТОВ «Електросервіс»), з вимикачами навантаження ВН-РА 030-10-630 УЗ (УкрЕлектрокомплект). Для забезпечення резервування на стороні високої напруги приймаємо шинний міст ШМР-1. Результати перевірки зводимо в таблицю 2.13. Розподільний вузол 0,4 кВ виконаний у вигляді двох збірних шин з панелями ЩО-70 (ЩО70-3А) (ЗНА «Лідер Електрик»)

Таблиця 2.13 – Перевірка комірок КСО 399

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	20,93
$I_{max}, \text{А}$	41,86
$i_y, \text{кА}$	6,626
$I_{н0} \text{ кА}$	2,80

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі обладнані заземлюючими ножами РВЗ-10/630 УХЛІ2 (УкрЕлектро). Згідно додатку А проведемо перевірку. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 – Перевірка роз'єднувача

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	20,93
$I_{max}, \text{А}$	41,86
$i_y, \text{кА}$	6,626
$I_{п0} \text{кА}$	3,346
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	2,80

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Попередньо вибираємо вимикачі навантаження типу ВНАп 10-630-20-2з УЗ (УкрЕлектро) Перевірку вимикачів навантаження здійснюємо за умовами (додатку А) Результати перевірки вимикачів навантаження таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Перевірка вимикачів навантаження

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	20,93
$I_{max}, \text{А}$	41,86
$i_y, \text{кА}$	6,626
$I_{п0} \text{кА}$	3,346
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	2,80

Вибираємо запобіжники Е.РТ.1.1.10.80 (Е.NEXT), результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Перевірка запобіжника

Показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{max}, \text{А}$	41,86
$I_{n0} \text{кА}$	3,346
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	2,80

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Розрахуємо низьковольтну мережу на прикладі Механічного цеху. Результати вибору проводів зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір проводів цехової розподільчої мережі

Назва електроприймача	$P_H, \text{кВт}$	$\cos \varphi$	$I, \text{А}$	$F, \text{мм}^2$	$I_{тр.доп}, \text{А}$	Кабель
1	2	3	4	5	6	7
Група А						
Токарний верстат (16K20)	18	0,85	32,17	10	66	ВВГнгд-4х10
Фрезерний верстат (6P12)	20	0,82	30,57	6	49	ВВГнгд-4х6
Свердильний верстат (2Н135)	16	0,8	30,39	6	49	ВВГнгд-4х6
Шліфувальний верстат (3Г71)	22	0,78	40,91	10	66	ВВГнгд-4х10
Вентиляційна установка (ВЦ 14-46)	15	0,75	30,39	6	49	ВВГнгд-4х6
Група Б						
Фрезерний верстат (6P12)	=	0,82	30,57	6	49	ВВГнгд-4х6
Координатно-розточувальний верстат (2А450)	25	0,83	28,37	6	49	ВВГнгд-4х6
Свердильний верстат (2Н135)	12	0,80	30,39	6	49	ВВГнгд-4х6
Шліфувальний верстат (3Г71)	12	0,78	40,91	10	66	ВВГнгд-4х10
Горизонтально-розточувальний верстат (2620)	28	0,84	28,94	6	49	ВВГнгд-4х6
Кран-балка електрична (КБ-5,0-12,0)	18	0,65	42,07	16	87	ВВГнгд-4х16
Зубофрезерний верстат (5K32)	24	0,80	30,39	6	49	ВВГнгд-4х6
Вентиляційна установка (ВЦ 14-46)		0,75	30,39	6	49	ВВГнгд-4х6

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Вибрані проводи перевіряємо за втратами напруги. Результати перевірки проводів за втратами напруги зведемо в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Перевірка проводів цехової розподільчої мережі за втратами напруги

Назва електроприймача	n	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l, км	$\Delta U\%$	Провід
Група А						
Токарний верстат (16K20)	3	2	0,07	0,03	0,764	ВВГнгд-4х10
				0,036	0,917	ВВГнгд-4х10
				0,042	1,070	ВВГнгд-4х10
Фрезерний верстат (6P12)	3	3,33	0,09	0,048	1,861	ВВГнгд-4х6
				0,054	2,093	ВВГнгд-4х6
				0,06	2,326	ВВГнгд-4х6
Свердлильний верстат (2Н135)	2	3,33	0,09	0,064	2,409	ВВГнгд-4х6
				0,076	2,861	ВВГнгд-4х6
Шліфувальний верстат (3Г71)	2	2	0,07	0,03	0,897	ВВГнгд-4х10
				0,052	1,555	ВВГнгд-4х10
Вентиляційна установка (ВЦ 14-46)	2	3,33	0,09	0,066	2,337	ВВГнгд-4х6
				0,06	2,125	ВВГнгд-4х6
Група Б						
Фрезерний верстат (6P12)	2	3,33	0,09	0,03	1,163	ВВГнгд-4х6
				0,036	1,396	ВВГнгд-4х6
Координатно-розточувальний верстат (2А450)	2	3,33	0,09	0,042	1,529	ВВГнгд-4х6
				0,048	1,747	ВВГнгд-4х6
Свердлильний верстат (2Н135)	2	3,33	0,09	0,056	2,108	ВВГнгд-4х6
				0,062	2,334	ВВГнгд-4х6
Шліфувальний верстат (3Г71)	2	2	0,07	0,057	1,525	ВВГнгд-4х10
				0,051	0,987	ВВГнгд-4х10
Горизонтально-розточувальний верстат (2620)	2	3,33	0,09	0,033	1,464	ВВГнгд-4х6
				0,039	1,464	ВВГнгд-4х6
Кран-балка електрична (КБ-5,0-12,0)	1	1,25	0,07	0,032	0,531	ВВГнгд-4х16
Зубофрезерний верстат (5К32)	1	3,33	0,09	0,037	1,393	ВВГнгд-4х6
Вентиляційна установка (ВЦ 14-46)	2	3,33	0,09	0,059	2,090	ВВГнгд-4х6
				0,066	2,365	ВВГнгд-4х6

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

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола зображені на рисунках 2.1 та 2.2. Вихідні дані для розрахунку зведені в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Показник	Значення
U_0 кВ	0,4
$I_{к10}$ кА	3,346
U_{c10} кВ	10,5
$S_{ном.Т}$ кВА	400
$\Delta P_к$ кВт	5,5
$u_к$ %	4,5

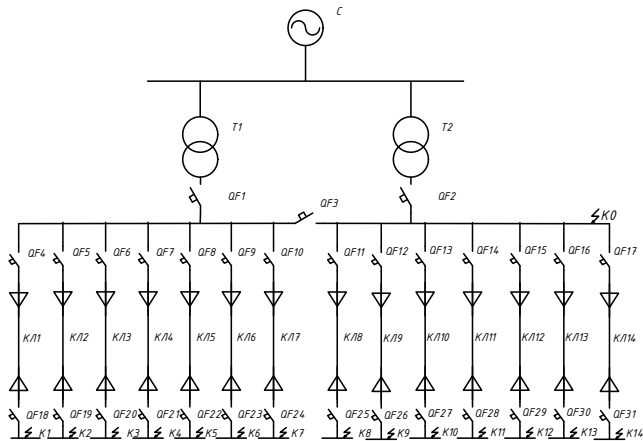


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

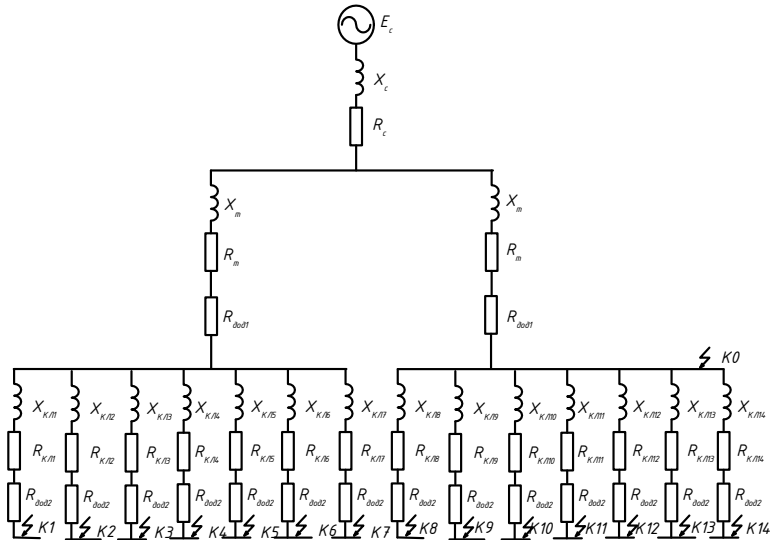


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Розрахуємо струми КЗ на шинах НН ТП (точка К0), результати розрахунків зведемо в таблицю 2.20. Результати розрахунків опорів зведемо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.20 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Значення
$R_C \text{ Ом}$	4,432
$X_C \text{ Ом}$	1,812
$\dot{R}_C \text{ мОм}$	6,432
$\dot{X}_C \text{ мОм}$	2,629
$\dot{R}_T \text{ мОм}$	5,500
$\dot{X}_T \text{ мОм}$	18,000
$\dot{R}_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	26,932
$\dot{X}_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	20,629
$Z_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	33,925
$I_K \text{ кА}$	6,807
$k_y -$	1,05
$i_y \text{ кА}$	10,108

Таблиця 2.21 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва лінії	l, км	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R, мОм	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X, мОм
ТП-РП1.1	0,108	0,210	96	0,0600	8,4
ТП-РП1.2	0,15	0,210	96	0,0600	8,4
ТП-РП2.1	0,126	1,250	135	0,0700	7,56
ТП-РП2.2	0,12	0,800	135	0,0700	7,56
ТП-РП3.1	0,138	0,800	228	0,0700	7,98
ТП-РП3.2	0,108	0,800	276	0,0700	9,66
ТП-РП4.1	0,132	0,800	204	0,0700	7,14
ТП-РП4.2	0,09	0,800	264	0,0700	9,24
ТП-РП5.1	0,15	3,150	264	0,0700	9,24
ТП-РП5.2	0,15	3,150	216	0,0700	7,56
ТП-РП6.1	0,12	3,150	192	0,0700	6,72
ТП-РП6.2	0,132	3,150	288	0,0700	10,08
ТП-РП7.1	0,12	3,150	264	0,0700	9,24
ТП-РП7.2	0,12	3,150	180	0,0700	6,3

Перевіримо перерізи КЛ-0,4 кВ на термічну стійкість до струмів КЗ Результати розрахунку струмів зведемо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Розрахунок струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Точка КЗ	$R_{\text{дод}},$ мОм	$\dot{R}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{X}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{Z}_{\text{рез}},$ мОм	$I_{\text{к}},$ кА	$i_{\text{у}},$ кА	$F_{\text{пін}},$ мм ²	Прийнятий переріз
K1	20	127,93	23,08	57,05	1,760	5,725	17,2	25
K2	20	127,93	25,60	66,15	1,760	4,937	14,8	25
K3	20	166,93	25,42	188,72	1,364	1,731	5,2	16
K4	20	166,93	25,00	181,23	1,364	1,802	5,4	16
K5	20	259,93	26,26	142,34	0,883	2,295	6,9	25
K6	20	307,93	24,16	118,39	0,746	2,759	8,3	25
K7	20	235,93	25,84	137,54	0,972	2,374	7,1	25
K8	20	295,93	22,90	104,05	0,776	3,139	9,4	25
K9	20	295,93	27,10	502,73	0,776	0,650	1,9	4
K10	20	247,93	27,10	502,73	0,926	0,650	1,9	4
K11	20	223,93	25,00	408,26	1,024	0,800	2,4	4
K12	20	319,93	25,84	446,04	0,719	0,732	2,2	4
K13	20	295,93	25,00	408,26	0,776	0,800	2,4	4
K14	20	211,93	25,00	408,26	1,081	0,800	2,4	4

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники SL761X081 (Itron / Actaris). Для технічного обліку, встановлюємо амперметри А72-10D (Tense). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму ВН-0.66 (CHINT) та TORN (НІК) з коефіцієнтом трансформації 1200/5 та 200/5 відповідно.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. та 2.24

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для розрахункового обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	501,17
$I_{max}, \text{А}$	1002,33
$i_y, \text{кА}$	10,108
$I_{n0}, \text{кА}$	6,807
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	11,59
$z_2, \text{Ом}$	0,255

Таблиця 2.24 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{max}, \text{А}$	161,74
$i_y, \text{кА}$	1,249
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	0,19
$z_2, \text{Ом}$	0,115

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Перевірку вірності вибору здійснюємо за умовами додаток А. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.25

Таблиця 2.25 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

Назва	Тип вимикача	$I_{номрозщ}, \text{А}$	$I_{грвмк}, \text{кА}$	$I_{норм}, \text{А}$	$I_{max}, \text{А}$	$I_K, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7
QF1	LZMN4	1250	50	501,17	1002,33	6,807
QF2	LZMN4	1250	50	501,17	1002,33	6,807
QF3	LZMN4	1250	50	501,17	1002,33	6,807
QF4	BZMC2	160	36	77,57	155,13	1,760
QF5	BZMC2	160	36	77,57	155,13	1,760
QF6	BZMC2	200	36	80,87	161,74	1,760
QF7	BZMC2	200	36	80,87	161,74	1,760
QF8	BZMC2	125	36	52,83	105,66	1,364

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7
QF9	BZMC2	125	36	52,83	105,66	1,364
QF10	BZMC2	125	36	50,39	100,77	1,364
QF11	BZMC2	125	36	50,39	100,77	1,364
QF12	BZMB1	80	36	32,68	65,36	0,883
QF13	BZMB1	80	36	32,68	65,36	0,883
QF14	BZMB1	80	36	36,02	72,04	0,746
QF15	BZMB1	80	36	36,02	72,04	0,746
QF16	BZMB1	100	36	43,57	87,14	0,972
QF17	BZMB1	100	36	43,57	87,14	0,972
QF18	BZMB1	100	36	40,93	81,86	0,776
QF19	BZMB1	100	36	40,93	81,86	0,776
QF20	BZMB1	80	36	79,70	79,70	0,776
QF21	BZMB1	80	36	79,70	79,70	0,776
QF22	BZMB1	100	36	83,00	83,00	0,926
QF23	BZMB1	100	36	83,00	83,00	0,926
QF24	BZMB1	80	36	72,87	72,87	1,024
QF25	BZMB1	80	36	72,87	72,87	1,024
QF26	BZMB1	80	36	68,36	68,36	0,719
QF27	BZMB1	80	36	68,36	68,36	0,719
QF28	BZMB1	100	36	90,85	90,85	0,776
QF29	BZMB1	100	36	90,85	90,85	0,776
QF30	BZMB1	80	36	68,36	68,36	1,081
QF31	BZMB1	80	36	68,36	68,36	1,081

2.12.5. Вибір рубильників

Здійснимо попередній вибір рубильників е.РЕ19.41 31140 (Е.NEXT) та перевіримо. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 – Вибір та перевірка рубильників

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	501,17
$I_{max}, \text{А}$	1002,33
$i_y, \text{кА}$	10,108
$I_{п0}, \text{кА}$	6,807
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	11,59

2.15. Проектування освітлювальної мережі

Вибір освітлювального обладнання та мережі проведемо методом додатку А. В таблицю 2.27 запишемо результати:

Таблиця 2.27 - Вибір освітлювального обладнання

Параметри	Значення
1	2
a, м	32
b, м	20
S, м ²	640
H _p м.	4
h _c м.	3
L _p м.	0,4
H _p м.	1
n _{св} , шт	5
n _p , рядів	8
l _a , м	1
l _в , м	-5,75
i	4,10
N _{св} , шт	40
Φ _{розр} , Лм	9318
Φ _{ламп} , Лм	8550
ΔΦ %	8,98
P ₀ кВт	3,2
P _{p.0} кВт	3,04
Q _{p.0} квар	0,99919968

Продовження таблиці 2.27

1	2
l, м	70
q	0,09
I_{po}, A	4,28
I_p, A	5,72
Δu	0,39
Світильник	ДСП56У2Ех-60-342 У2
Освітлювальний щит	ШМР-А-24-Н (Лоза)
Лінійні автомати	BZMB1 $I_{ном} = 16 A$;
Ввідні автомати	BZMB1 $I_{ном} = 63 A$.
Кабель до світильників	ВВГнгд 3х2,5 $I_{тр.доп} = 25 A$
Кабель до щита	ВВГнгд-4х10

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРАНУ БАЛКИ

Проведемо розрахунки за методикою описаною в додатку В, Вихідні дані та результати запишемо у наступні таблиці:

Таблиця 3.1- Вихідні дані на проєктування

Позначення	Значення
m_0 , кг	4008,481
$m_{п}$, кг	7989,221
$m_{н}$, кг	12180,005
$D_б$, м	0,114
$D_к$, м	0,135
$d_{ц}$, м	0,109
f , м	0,008
μ , в.о.	0,12
k , в.о.	1,859
$\eta_б$, в.о.	0,85
η_p , в.о.	0,89
$J_б$, кгм ²	75
$J_д$, кгм ²	1,5
$J_т$, кгм ²	0,3
J_p , кгм ²	0,15
α , гр	376,795
i	31,631
$V_н$, м/с	0,754

:

:

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Жмирак Д.С.					Д	32	6	
Перевірів	Собчук Д.С.					ФАБЕ, гр ЕЕз-41			
Реценз.									
Н.контр	Ващелюк Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

Таблиця 3.2- Результати розрахунку

Позначення	Значення
1	2
Визначенні зусиль, які розвиває двигун на барабані	
$G_0, \text{Н}$	39,323199
$G_H, \text{кН}$	119,49
$G_{\Pi}, \text{кН}$	78,374258
$G_3, \text{кН}$	158,81
$G_{\Pi}, \text{кН}$	39,3232
$G_{1\text{зав}}, \text{кН}$	45,89
$G_{1\Pi}, \text{кН}$	11,36
$G_{2\text{зав}}, \text{кН}$	152,04
$G_{2\Pi}, \text{кН}$	37,65
$F_{\text{трзав}}, \text{Н}$	60,88
$F_{\text{трп}}, \text{Н}$	15,07
$F_{\text{завпід}}, \text{Н}$	28,39
$F_{\text{завсп}}, \text{Н}$	-93,37
$F_{\text{порпід}}, \text{Н}$	-51,94
$F_{\text{порсп}}, \text{Н}$	-82,09
Статичні моменти опору на валу барабана для режимів:	
$M_{\text{сб1}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	1,90
$M_{\text{сб3}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	-5,50
$M_{\text{сб2}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	-2,52
$M_{\text{сб4}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	-4,52
Зведений до вала двигуна статичний момент механізму	
$M_{\text{с1}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	67,64
$M_{\text{с3}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	-195,54
$M_{\text{с2}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	-70,80
$M_{\text{с4}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	-127,28
Статичні потужності, які розвиваються на валу двигуна:	
$P_{\text{с1}}, \text{кВт}$	28,30
$P_{\text{с3}}, \text{кВт}$	-81,82
$P_{\text{с2}}, \text{кВт}$	-29,62
$P_{\text{с4}}, \text{кВт}$	-53,26

Продовження таблиці 3.2

1	2
Сумарний зведений до вала двигуна момент інерції приводу	
$J_{\Sigma \text{ кгм}^2}$	2,10
Розрахунок природної механічної $\omega = f(M)$ та електромеханічної $\omega = f(I_2)$ характеристик для асинхронного двигуна з фазним ротором.	
$R'_2 \text{ Ом}$	0,16
X_k	0,82
ξ	0,144799
$M_{\text{кг}}$	-2007,95
M_H	1909,8593
$\omega_0 \text{ с}^{-1}$	69,81317
S_H	0,856761
Розрахунок штучних механічних $\omega = f(M)$ та електромеханічних $\omega = f(I_2)$ характеристик асинхронного двигуна.	
S_H	0,928380276
$R_d \text{ Ом}$	0,0083594
$R'_d \text{ Ом}$	0,013375
$S_{\text{ки}}$	0,209205
Аналітичний розрахунок опорів пускового реостата	
$I_{\text{п}} \text{ А}$	128
$R_{1\text{р}} \text{ Ом}$	1,7119356
$R_{\text{р}}=R_2, \text{ Ом}$	0,1
λ	3,178588364
Момент переключення двигуна:	
$M_1 \text{ Н} \cdot \text{ м}$	5152,8004
$M_2 \text{ Н} \cdot \text{ м}$	1621,0971

Продовження таблиці 3.2

1	2
Опір ступенів пускового реостату	
R_{1p} Ом	1,7119356
R_{2p} Ом	0,5385836
R_{3p} Ом	0,1694411
R_{4p} Ом	0,3178588
Опір секцій пускового реостата	
R_{1c} Ом	1,173352
R_{2c} Ом	0,369142471
R_{3c} Ом	-0,138307
R_{4c} Ом	0,2178588
Повний опір пускового реостата	
$R_{\text{реост}}$ Ом	1,6119356
Графічний розрахунок опору пускових реостатів.	
m_R Ом/мм	0,024522
R_{1c} Ом	1,173352
R_{2c} Ом	0,369142471
R_{3c} Ом	-0,148418
$R_{\text{реост}}$ Ом	1,6119356
ω_{c1} , c^{-1}	76,91
ω_{c2} , c^{-1}	79,58
ω_{c3} , c^{-1}	76,94
ω_{c4} , c^{-1}	79,45
ω_H , c^{-1}	10
ω_0 , c^{-1}	69,81317

Продовження таблиці 3.2

1	2
Швидкість встановленого руху візка.	
V_1 м/с	0,138594
V_3 м/с	0,138648 м/с

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)

У процесі розробки системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів було широко використано сучасні засоби систем автоматизованого проєктування, що дозволило підвищити точність розрахунків, скоротити терміни виконання проєкту та забезпечити відповідність оформлення нормативним вимогам.

Графічна частина проєкту виконувалась із застосуванням програмного середовища AutoCAD, яке дозволило створити принципові електричні схеми, плани розміщення обладнання, однолінійні схеми електропостачання та кабельні траси. Завдяки використанню цього програмного продукту забезпечено високу точність креслень, можливість швидкого внесення змін, а також відповідність стандартам оформлення технічної документації. Використання шарів, блоків і бібліотек умовних позначень значно спростило процес розробки та підвищило наочність креслень.

Пояснювальна записка дипломного проєкту була оформлена за допомогою текстового редактора Microsoft Word. Це забезпечило дотримання вимог до оформлення текстових документів, зокрема структурування розділів, автоматичне формування змісту, нумерацію рисунків, таблиць і формул. Використання стилів і шаблонів дозволило уніфікувати вигляд документа та спростити його редагування.

Комплексне використання зазначених програмних засобів САПР забезпечило інтеграцію графічної, розрахункової та текстової частин проєкту. Це сприяло підвищенню якості проєктних рішень, їх узгодженості та відповідності сучасним інженерним вимогам.

Таким чином, застосування систем автоматизованого проєктування є невід'ємною складовою сучасного інженерного проєктування, що дозволяє підвищити ефективність роботи інженера та забезпечити високий рівень підготовки технічної документації.

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Жмирак Д.С.				Проектування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	37	1	
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41			
Н.контр	Вашелюк Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки заземлюючого пристрою цеху, Для цього проведемо наступні розрахунки за додатком В

Таблиця 5.1- Розрахунок

Позначення	Од. вим.	Значення
r_1	-	42,7
r_2	-	63,9
k_1	-	1,95
L	м	3
H	м	0,4
$t_{п}$	м	0,45
r	Ом*м	41,2
b	мм	12
t	м	2,02
r_B	Ом	14,5
R_H	Ом	2
h_B	-	0,72
$n_{пр}$	шт	10,09 =11
h	м	1,1
l_r	мм	11,00
b	мм	40
k_2	-	2,3
h_r	-	0,75
r_2	Ом	16,60
R	Ом	2,20
n	шт	9,18

Приймаємо до установки 10 вертикальних заземлювачів довжиною 3 м .

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Жмирак Д.С.				Проектування системи електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	38	2	
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41			
Н.контр	Ващелюк Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті виконання дипломного проєкту було розроблено систему електропостачання заводу з виготовлення електродвигунів встановленою потужністю 1100 кВт, яка відповідає сучасним вимогам надійності, економічності та безпеки експлуатації. У ході роботи було визначено характер виробничих процесів, сформовано структуру підприємства та встановлено склад основного електрообладнання.

На основі проведених розрахунків силових та освітлювальних навантажень отримано результуючі значення електричних навантажень, що дозволило обґрунтовано підійти до вибору елементів системи електропостачання. Побудова картограми навантажень і визначення центру електричних навантажень забезпечили раціональне розміщення трансформаторної підстанції та мінімізацію втрат електроенергії в мережі.

Встановлено, що механічний цех є одним із найбільш енергоємних підрозділів підприємства із сумарною встановленою потужністю 478 кВт, що становить значну частку від загального навантаження. Характер навантажень цеху є змішаним: більшість металорізального обладнання працює в відносно рівномірному режимі, тоді як кран-балка створює короточасні пікові навантаження, а вентиляційні установки формують постійну складову графіка споживання. Це було враховано при подальших розрахунках і виборі електротехнічного обладнання.

У проєкті виконано вибір кількості та потужності силових трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності, що дозволяє підвищити коефіцієнт потужності підприємства та знизити втрати в мережі. Запропонована схема електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності електроприймачів II категорії.

Проведено розрахунок струмів короткого замикання, на основі якого здійснено вибір комутаційної та захисної апаратури, зокрема вимикачів, роз'єднувачів та запобіжників. Прийняті рішення гарантують селективність захисту та стійкість елементів системи до аварійних режимів.

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Розроблена внутрішньоцехова система електропостачання 0,4 кВ забезпечує ефективний розподіл електроенергії між електроприймачами з урахуванням їх потужності, режимів роботи та просторового розташування. Вибір кабельних ліній і апаратури виконано з урахуванням допустимих струмових навантажень і втрат напруги.

Особлива увага приділена питанням електробезпеки: передбачено захисне заземлення, автоматичне відключення живлення у разі пошкоджень, а також застосування сучасних засобів захисту персоналу.

Застосування систем автоматизованого проєктування дозволило підвищити точність інженерних розрахунків та оптимізувати процес розробки проєкту.

У цілому, розроблена система електропостачання є технічно обґрунтованою, економічно ефективною та придатною до практичної реалізації. Запропоновані технічні рішення забезпечують надійну та безперебійну роботу підприємства, а також створюють умови для подальшої модернізації та розвитку виробництва.

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. Електропостачання промислових підприємств : посібник до курсового та дипломного проектування. Київ, 2013. 424 с.

2. Ковальчук Н. В., Фесіна Ю. Г., Заблоцька І. Л. Кваліфікаційна робота : методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.

3. Грицюк І. В., Грицюк Ю. В. Оформлення графічної частини : методичні вказівки до оформлення курсових і дипломних проєктів (робіт) для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Луцьк : ЛНТУ, 2026. 92 с.

4. ДСТУ ISO 128-22:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. [Чинний від 2005-01-01]. Київ : Технічний центр НАН України, 2005.

5. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Основи електропостачання сільського господарства : навчальний посібник. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2011. 462 с.

6. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.

7. Правила улаштування електроустановок. Київ : М-во енергетики та вугільної промисловості України, 2017. 617 с.

8. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 № 258. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06> (дата звернення: 01.05.2026).

9. Електротехнічна продукція підприємств України. URL: <http://energotransbud.com.ua> (дата звернення: 01.05.2026).

10. Рябенко І. С., Шевчук С. П., Мейта О. В. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 633 с.

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

11. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2007. 280 с.

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

					ЛНТУ.971091.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43