

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»

Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 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

Ореховський Віктор Романович

(підпис)

Керівник:

д.т.н., професор

Давиденко Людмила Валеріївна

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк - 2026

АНОТАЦІЯ

Ореховський В.Р. Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 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 систему електропостачання об'єкту проєктування. 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.

У результаті роботи отримали систему електропостачання даного об'єкту проєктування 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 електропередачі, електроприймачі, електричні навантаження, струми короткого замикання, компенсація реактивної потужності, електрична апаратура, електробезпека.

ANNOTATION

Orehovskyi V.R. Power supply of the tool factory with an installed capacity of 1150 kW. Manuscript.

Qualification project of the bachelor of EP "Electric power, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electric power, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

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

The project developed power supply system of the bakery. The design is performed on the basis of electrical 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 design decisions.

As a result, the power supply system of this enterprise with high indicators of economic feasibility was obtained.

The adopted design decisions allow to pass to their practical realization and introduction of the designed system of power supply.

Keywords: power supply system, power line, power receivers, electrical loads, short-circuit currents, reactive power compensation, electrical equipment, electrical safety.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ .	11
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	14
2.1. Розрахунок електричних навантажень	14
2.1.1. Розрахунок силових електричних навантажень.	14
2.1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.	15
2.2. Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН	17
2.3. Розрахунок повного навантаження на шинах низької напруги трансформаторів ТП	17
2.4. Вибір числа і потужності трансформаторів трансформаторної підстанції і компенсуючих пристроїв	18
2.5. Компенсація реактивної потужності на вищих рівнях СЕП.	20
2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	22
2.7. Проєктування мережі живлення підприємства	23
2.7.1. Вибір джерела та напруги живлення	23
2.7.2. Вибір перерізу КЛ-10 кВ	23
2.8. Розрахунок струму короткого замикання в мережі 10 кВ	24
2.9. Перевірка вибраного перерізу кабельної лінії на термічну стійкість струму короткого замикання	27
2.10. Вибір обладнання на напругу 10 кВ	27
2.10.1. Вибір роз'єднувачів	27
2.10.2. Вибір вимикачів навантаження	28
2.10.3. Вибір та перевірка шин	30
2.10.4 Вибір та перевірка ізоляторів	32

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Ореховський				Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Давиденко						4	4	
						ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Н.контроль	Ващелюк								
Затвердив	Волинець								

2.10.5. Вибір контрольно-вимірювальних приладів	33
2.10.6. Вибір трансформаторів струму на шинах джерела живлення	33
2.11. Проектування внутрішньозаводської розподільчої мережі	35
2.11.1. Вибір схеми внутрішньозаводської мережі	35
2.11.2. Вибір ввідних розподільчих пристроїв	36
2.11.3. Вибір перерізу КЛ внутрішньозаводської мережі	36
2.12. Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ.	37
2.13. Вибір обладнання на напругу 0,4 кВ	41
2.13.1. Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП	41
2.13.2. Вибір автоматичних вимикачів	41
2.13.3. Вибір рубильників	42
2.13.4. Вибір трансформаторів струму.	42
2.14. Розрахунок цехового електропостачання	45
2.14.1. Вибір схеми цехової мережі	45
2.14.2. Розрахунок цехової мережі живлення	46
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ	50
3.1. Характеристика верстату та вихідні дані	50
3.2. Розрахунок характеристик режиму токарної обробки	51
3.3. Характеристика електроприводу верстату	53
3.4. Вибір потужності та типу двигунів токарного верстату	54
3.5. Розрахунок мережі живлення верстата	56
3.6. Характеристика системи керування та захисту електроприводу	56
3.7. Вибір комутаційної апаратури і основних апаратів управління	57
РОЗДІЛ 4 САПР	59
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	61
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	65
Додатки	66

ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості нерозривно пов'язаний із підвищенням вимог до якості, надійності та ефективності систем електропостачання. Інструментальні заводи характеризуються високою точністю технологічних процесів, значною кількістю електрообладнання та різноманітністю режимів роботи електроприймачів, що обумовлює необхідність створення раціональної, надійної та економічно обґрунтованої системи електропостачання. Проектування системи електропостачання інструментального заводу є складним і відповідальним завданням, що потребує комплексного підходу, врахування технічних, економічних та експлуатаційних факторів.

Основною вимогою, що висувається до проєктів систем електропостачання, є забезпечення надійності електропостачання споживачів. Надійність електропостачання досягається шляхом правильного вибору сучасних і технічно досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, а також відповідності електричних навантажень у нормальних і аварійних режимах номінальним параметрам елементів системи.

При побудові системи електропостачання (СЕП) необхідно враховувати ряд важливих факторів. До них належать споживана потужність і категорія надійності електропостачання окремих електроприймачів, графіки навантаження великих споживачів, характер навантажень (у тому числі наявність ударних і різко змінних навантажень), просторове розміщення електроспоживачів по території підприємства, рівні напруги живлення та інші технічні параметри.

Проектування систем електропостачання промислових підприємств, зокрема інструментальних заводів, пов'язане з вирішенням комплексу складних технічних задач. До основних із них належать вибір раціональної схеми живлення, визначення оптимальної потужності силових трансформаторів, обґрунтування кількості та місця розміщення трансформаторних підстанцій на території підприємства, вибір параметрів кабельних ліній, а також підбір електрообладнання підстанцій і розподільчих пристроїв.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначальним етапом проєктування є розрахунок електричних навантажень підприємства. Саме правильна оцінка очікуваних електричних навантажень забезпечує обґрунтований вибір схеми електропостачання, параметрів її елементів і техніко-економічних показників системи в цілому. Заниження розрахункових навантажень може призвести до перевантаження елементів системи, їх перегріву та прискореного зносу, що негативно впливає на надійність електропостачання. У свою чергу, завищення навантажень призводить до необґрунтованого збільшення капіталовкладень і підвищення експлуатаційних витрат.

Сучасна СЕП повинна забезпечувати безперебійне живлення електроприймачів як у нормальних, так і в післяаварійних режимах роботи. При цьому вона має бути економічною з точки зору капітальних та експлуатаційних витрат, мінімізувати втрати електричної енергії та раціонально використовувати матеріальні ресурси, зокрема, кольорові метали для кабельно-провідникової продукції. Слід зазначити, що спорудження електричних мереж і трансформаторних підстанцій пов'язане зі значними матеріальними витратами. У зв'язку з цим на етапі проєктування необхідно проводити детальний техніко-економічний аналіз варіантів рішень з метою вибору найбільш доцільного варіанту. Такий підхід дозволяє досягти оптимального співвідношення між надійністю, якістю електропостачання та економічністю системи.

Раціонально спроектована СЕП заводу повинна відповідати вимогам безпеки, зручності експлуатації та забезпечувати необхідну якість електроенергії, зокрема, стабільність рівня напруги та частоти. Важливою вимогою є також гнучкість системи, яка дозволяє здійснювати подальший розвиток підприємства, модернізацію виробництва та збільшення електричних навантажень без суттєвого ускладнення існуючої СЕП. Особливу увагу при проєктуванні необхідно приділяти раціональному використанню встановленого обладнання. СЕП повинна бути побудована таким чином, щоб її елементи працювали з оптимальним завантаженням.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Інструментальний завод є спеціалізованим промисловим підприємством, основною діяльністю якого є розробка, виготовлення, ремонт і відновлення різального, вимірювального та допоміжного інструменту для потреб машинобудівної, металообробної та інших галузей промисловості.

Спеціалізація заводу охоплює широкий асортимент інструменту. Виробництво має дрібносерійний або індивідуальний характер, що обумовлює високі вимоги до гнучкості технологічного процесу. Інструментальний завод випускає широкий спектр продукції, до якої належать: різальний інструмент (свердла, фрези, розгортки, мітчики, різці токарні та розточувальні); абразивний інструмент (шліфувальні круги, бруски); вимірювальний інструмент (штангенінструменти, мікрометри, індикатори); допоміжний інструмент і пристосування, зокрема, пристрої для закріплення деталей. Також завод надає послуги з ремонту і відновлення інструменту (заточування, шліфування, термообробка).

Технологічний процес виготовлення інструменту є складним і багатостадійним, що включає: підготовку заготовок (різання металопрокату, штампування); чорнову механічну обробку (токарна, фрезерна, свердлильна обробка зняття основного припуску); термічну обробку (гартування, нормалізація, відпуск для досягнення необхідної твердості); чистову обробку (шліфування, полірування, доведення до точних розмірів); складання інструментів і пристосувань та їх випробування

В склад заводу входять: головний виробничий корпус, цех вимірювальних приладів, шліфувальний цех, інструментально-складальний цех, механообробний цех, термічний цех, а також офіс адміністрації заводу.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Ореховський				Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Давиденко						8	3	
Н.контроль	Ващелюк					ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Затвердив	Волинець								

Встановлену потужність об'єктів, площу та характеристику середовища цехів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика цехів

Назва об'єкту	P_n , кВт	F , м ²	Характеристика середовища		
			тип	клас П	клас В
1 Цех вимірювальних приладів	131,2	432	нормальне	П-П-а	В-Па
2 Головний виробничий корпус	362	1152	нормальне	П-П-а	В-Па
3 Шліфувальний цех	195,6	648	нормальне	П-П-а	В-Па
4 Механообробний цех	230,5	864	нормальне	П-П-а	В-Па
5 Термічний цех	105,5	432	нормальне	П-П-а	В-Па
6 Інструментально-складальний цех	105,2	432	нормальне	П-П-а	В-Па
7 Офіс	20	432	нормальне	П-П-а	В-Па

Споживачі основного виробництва заводу є споживачами II категорії, а решта споживачів є споживачами III категорії.

Споживачем I категорії є пожежна сигналізація.

Режим роботи підприємства – двозмінний.

Річне число годин використання максимуму електричного навантаження складає: $T_{\max.}=2500$ год/рік

Підприємство знаходиться на віддалі 1,15 км від понижувальної підстанції 110/10 кВ, на якій є запас потужності на напругу 10 кВ. Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ підстанції складає $S''_{\kappa\pi} = 110$ МВА.

Дозволена енергосистемою до використання в години максимуму навантаження реактивна потужність складає 170 кВАр.

Електрообладнання інструментального заводу є різноманітним і включає велику кількість електроприймачів різних типів і потужностей.

Електроприймачі інструментального заводу характеризуються: різноманітністю режимів роботи (тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний); значними пусковими струмами; наявністю як активних, так і індуктивних навантажень; підвищеними вимогами до якості електроенергії.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік та характеристику електроприймачів токарно-фрезерувальної дільниці механообробного цеху наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика електроприймачів цеху

Назва електроприймача	К-сть n , шт.	Встановлена потужність P_n , кВт	Коефіцієнт використання K_ϵ	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$
Верстат токарний	3	10,5	0,14	0,6
Верстат токарно-револьверний	3	7,5	0,14	0,6
Верстат токарно-гвинторізний	2	8,5	0,14	0,6
Верстат вертикально-свердильний	2	3,5	0,14	0,6
Верстат фрезерувальний	3	5,5	0,14	0,6
Вентиляційна установка	2	3	0,7	0,8

Споживачі виробничих приміщень розраховані на напругу 0,4/0,23 кВ змінного струму промислової частоти 50 Гц.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок електричних навантажень

Порядок розрахунку ЕН згідно [1-3] наведений в додатку А.

2.1.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Детальний розрахунок силових електричних навантажень проводимо на прикладі токарно-фрезерувальної дільниці механообробного цеху.

Результати розрахунків зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок електричних навантажень цеху

Назва ЕП	n , шт	$P_{ном}$, кВт	$P_{ном}$, кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	K_v	m	$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр	n_{ef}	K_M	P_M , кВт	Q_M , кВАр	S_M , кВА
З змінним графіком електричного навантаження														
Верстат токарний	3	10,5	31,5	0,6	1,33	0,14		4,41	5,88					
Верстат токарно-револьверний	3	7,5	22,5	0,6	1,33	0,14		3,15	4,20					
Верстат токарно-гвинторізний	2	8,5	17	0,6	1,33	0,14		2,38	3,17					
Верстат вертикально-свердлильний	2	3,5	7	0,6	1,33	0,14		0,98	1,31					
Верстат фрезерувальний	3	5,5	16,5	0,6	1,33	0,14		2,31	3,08					
Разом	13		94,5			0,14	3,00	13,23	17,64	12,27	1,90	25,14	19,40	
З постійним графіком електричного навантаження														
Вентиляційна установка	2	3	6	0,8	0,75	0,7		4,2	3,15					
Разом	2		6					4,2	3,15			4,20	3,15	
Разом по дільниці	15		100,5					17,43	20,79			29,34	22,55	37

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ										
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата											
Розробив	Ореховський				Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка.						Літ.	Аркуш	Аркушів	ФАБЕ, гр. ЕЕ-43	
Перевірів	Давиденко											11	36		
Н.контроль	Ващелюк														
Затвердив	Волинець														

Силові електричні навантаження по інших об'єктах розраховано аналогічно і результати зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок силових електричних навантажень

Назва об'єкту	P_n , кВт	$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр
Цех вимірювальних приладів	131,2	55,9	65,4
Головний виробничий корпус	362	151,3	155,3
Шліфувальний цех	195,6	74,9	85,1
Механообробний цех	230,5	75,4	82,1
Термічний цех	105,5	71,4	66,5
Інструментально-складальний цех	105,2	46,2	52,5
Офіс	20	14,50	12,50
Разом	1150	489,6	519,40

2.1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювальних навантажень інструментального заводу виконано відповідно до вимог чинних норм проектування штучного освітлення ДБН В.2.5-28:2018, які регламентують необхідні рівні освітленості робочих поверхонь для різних категорій виробничих, допоміжних та адміністративно-побутових приміщень, а також встановлюють вимоги до якості освітлення, рівномірності світлового потоку, коефіцієнта пульсації та показників осліплення.

Під час проектування системи освітлення враховано функціональне призначення приміщень, ступінь точності виконуваних робіт, розряди зорових робіт, контраст об'єктів розрізнення з фоном, умови експлуатації освітлювального обладнання (запиленість, вологість виробничого середовища, наявність вібрацій тощо).

Для виробничих приміщень, де виконуються точні механічні операції (шліфування, фрезерування, контрольні вимірювання), прийнято підвищені значення освітленості, що забезпечують необхідну точність і безпеку праці. Для таких приміщень прийнято нормовані значення освітленості залежно від класу

точності робіт. Для допоміжних приміщень (склади, коридори, побутові приміщення) рівні освітленості приймалися відповідно до нормативних вимог і є нижчими.

Як джерела світла для всіх категорій приміщень прийнято світильники з світлодіодними лампами, що відповідають сучасним вимогам енергоефективності та надійності.

Вибір типу світильників здійснювався з урахуванням умов середовища (наявність пилу, вологи, вібрацій), висоти приміщень, способу монтажу (підвісні, накладні, вбудовані), а також необхідності захисту світильників за ступенем ІР.

У виробничих цехах застосовуються світильники з підвищеним ступенем захисту, що забезпечує їх надійну роботу в умовах запиленості та можливого механічного впливу.

У допоміжних приміщеннях застосовуються світильники загального призначення; в адміністративно-побутових приміщеннях - світильники з покращеними світлотехнічними характеристиками та комфортним світлорозподілом.

Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Розрахунок освітлювального навантаження

Назва об'єкта	F , м ²	$P_{\text{нмт}}$, Вт/м ²	K_n	$P_{\text{н.о.}}$, Вт	$P_{\text{р.о.}}$, кВт	$Q_{\text{р.о.}}$, кВАр
Цех вимірювальних приладів	432	11	0,9	4752	4,70	1,55
Головний виробничий корпус	1152	11	0,9	12672	12,55	4,12
Шліфувальний цех	648	11	0,9	7128	7,06	2,32
Механообробний цех	864	11	0,9	9504	9,41	3,09
Термічний цех	432	11	0,9	4752	4,70	1,55
Інструментально-складальний цех	432	11	0,9	4752	4,70	1,55
Офіс	432	12	0,85	5184	4,85	1,59
Освітлення території	6650	0,5	1	3325	3,33	1,1
Разом					51,3	16,86

2.2. Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН

Картограма електричних навантажень зображена у певному масштабі та представляє собою сукупність кіл, площа яких пропорційна розрахунковому електричному навантаженню об'єкту, з центрами в центрах навантажень окремих об'єктів. Необхідні для побудови картограми розрахунки виконуємо згідно методики в додатку А.

Для визначення центру електричних навантажень за генеральним планом визначено координати центрів навантаження кожного об'єкту. При цьому вважаємо, що центр електричних навантажень об'єкту співпадає з центром фігури, яка зображує цех на плані.

Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Картограма електричних навантажень

Назва об'єкту	$P_{с.зм'}$ кВт	$P_{р.о.}$ кВт	P_p кВт	x , см	y , см	$P_p \cdot x$, кВт · см	$P_p \cdot y$, кВт · см	r , см	α
Цех вимірювальних приладів	55,9	4,70	60,60	71,2	30,5	4315,0	1848,4	3,11	27,95
Головний виробничий корпус	151,3	12,55	163,85	59	8,8	9666,9	1441,8	5,11	27,56
Шліфувальний цех	74,9	7,06	81,96	26,4	7,4	2163,7	606,5	3,61	31,00
Механообробний цех	75,4	9,41	84,81	6,6	19,7	559,7	1670,7	3,67	39,94
Термічний цех	71,4	4,70	76,10	6,6	37,6	502,3	2861,5	3,48	22,25
Інструментально-складальний цех	46,2	4,70	50,90	33,4	40,6	1700,2	2066,7	2,85	33,27
Офіс	14,50	4,85	19,35	56,1	40,6	1085,4	785,5	1,76	90,19
Разом	489,6	47,97	537,57			19993,2	11281,2		
ЦЕН				37,2	21				

2.3. Розрахунок повного навантаження на шинах низької напруги трансформаторів ТП

Результати розрахунку ЕН на шинах 0,4 кВ ТП з урахуванням силових та освітлювальних електричних навантажень цехів наведено в таблицю 2.5.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 2.5 - Розрахунок сумарного навантаження на шинах 0,4 кВ ТП

Назва об'єкту	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВАр	$P_{р.о}$, кВт	$Q_{р.о}$, кВАр	P_{Σ} , кВт	Q_{Σ} , кВАр	$S_{p\Sigma}$, кВА
Цех вимірювальних приладів	55,9	65,4	4,70	1,55	60,60	66,95	90,30
Головний виробничий корпус	151,3	155,3	12,55	4,12	163,85	159,42	228,61
Шліфувальний цех	74,9	85,1	7,06	2,32	81,96	87,42	119,83
Механообробний цех	75,4	82,1	9,41	3,09	84,81	85,19	120,21
Термічний цех	71,4	66,5	4,70	1,55	76,10	68,05	102,09
Інструментально-складальний цех	46,2	52,5	4,70	1,55	50,90	54,05	74,24
Офіс	14,50	12,50	4,85	1,59	19,35	14,09	23,94
Освітлення території			3,33	1,1	3,33	1,10	3,50
Разом	489,6	519,40	51,3	16,86	540,90	536,26	761,67

2.4. Вибір числа і потужності трансформаторів трансформаторних підстанцій і компенсуючих пристроїв

Розрахунок кількості та потужності трансформаторів ЦТП, а також необхідної потужності низьковольтних комплектних конденсаторних установок виконано відповідно до методики їх вибору згідно [2], наведеної в додатку А.

Приймаємо потужність трансформатора:

$$S_{ном.Т} = 400 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_3 = 0,8.$$

Мінімально необхідна кількість трансформаторів:

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$N_{\min} = \frac{540,9}{0,8 \cdot 400} = 1,69$$

Приймаємо $N_T = 2$ шт.

Реактивна потужність, яку вигідно передати в мережу до 1 кВ:

$$Q_{\max T} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 400)^2 - 540,9^2} = 342,1 \text{ кВАр}.$$

Потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк1} = 536,26 - 342,1 = 194,17 \text{ кВАр}.$$

Приймаємо до встановлення дві ККУ типу ККУ-0,4-100/4-10-21У3 [4].

Додаткова потужність НБК для зменшення втрат групи трансформаторів:

$$Q_{нк2} = 536,26 - 200 - 0,5 \cdot 2 \cdot 400 = -63,74 \text{ кВАр}.$$

$Q_{нк2} < 0$, тому додаткове встановлення НБК не передбачено.

Для вибору економічно доцільної кількості та потужності трансформаторів та потужності ККУ виконуємо порівняння варіантів.

Попередньо вибираємо такі варіанти встановлення трансформаторів ТП:

І варіант – трансформатор типу ТМ-250/10: $\Delta P_{xx} = 1,05$ кВт; $\Delta P_{кз} = 3,7$ кВт.

ІІ варіант – трансформатор типу ТМ-400/10: $\Delta P_{xx} = 1,45$ кВт; $\Delta P_{кз} = 5,5$ кВт.

ІІІ варіант – трансформатор типу ТМ-630/10: $\Delta P_{xx} = 2,27$ кВт; $\Delta P_{кз} = 7,6$ кВт.

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.6.

За результатами техніко-економічного порівняння варіантів та з урахування категорійності споживачів приймаємо до встановлення трансформаторну підстанцію з двома трансформаторами типу ТМ-400/10.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Вибір потужності трансформаторів

Параметр	I варіант	II варіант	III варіант
S_T , кВА	250	400	630
$N_{\min}$	2,7	1,69	1,07
N_T	3	2	2
$Q_{\max T}$, кВАр	259,67	342,1	850,59
$Q_{нк1}$, кВАр	276,59	194,17	-314,32
$Q_{нк1}^{ккУ}$	ККУ-0,4-100/4-10-21У3	ККУ-0,4-100/4-10-21У3	-
$Q_{нк1\phi}$, кВАр	300	200	0
$Q_{нк2}$, кВАр	-138,74	-63,74	-93,74
$Q_{нк2}^{ккУ}$, кВАр	-	-	-
$Q_{нк2\phi}$, кВАр	0	0	0
$Q_{нк\phi}$, кВАр	300	200	0
$K_{зТ\phi}$	0,79	0,8	0,6
ΔP_{xx} , кВт	1,05	1,45	2,27
$\Delta P_{xx\Sigma}$, кВт	3,15	2,9	4,54
$\Delta P_{кз}$, кВт	3,7	5,5	7,6
ΔP_M , кВт	6,87	6,97	5,55
B_{eT} , т.грн / рік	120,74	117,61	130,26
K_T , т.грн	570	516	670
$З_T$, т.грн / рік	30,14	282,73	344,66
$З_{ккУ}$, т.грн / рік	51,85	34,57	0
$З_\Sigma$, т.грн / рік	354,98	317,3	344,66

2.5. Компенсація реактивної потужності на вищих рівнях СЕП

Розрахунок потужності високовольних батарей конденсаторів визначаємо згідно методики [2], порядок виконання якої наведено в додатку А.

Реактивне навантаження підприємства в години максимуму активного навантаження енергосистеми:

$$Q_{M1} = 0,79 \cdot 536,26 = 423,65 \text{ кВАр.}$$

Реактивна потужність, дозволена до використання в години максимуму активного навантаження енергосистеми $Q_{e.max} = 170 \text{ кВАр.}$

Потужність конденсаторних установок:

$$Q_{к1} = 423,65 - 170 = 253,65 \text{ кВАр.}$$

Втрати реактивної потужності в трансформаторі:

$$\Delta Q_T = \left(0,8^2 \cdot \frac{4,5}{100} + \frac{2,1}{100} \right) \cdot 400 = 20 \text{ кВАр}$$

Нескомпенсована потужність в мережі високої напруги:

$$Q_{нзк} = 563,26 - 200 + 40 = 376,26 \text{ кВАр.}$$

Розрахункова потужність ВБК [2]:

$$Q_{ВБК} = 423,65 - 200 + 40 - 170 = 93,65 \text{ кВАр.}$$

Для забезпечення вимог енергосистеми необхідно передбачити встановлення високовольтних ККУ. У випадку наявності на підприємстві однієї трансформаторної підстанції та відсутності розподільчого пристрою РП-10 кВ встановлення високовольтних ККУ є недоцільним. Отже, слід виконати компенсацію необхідної величини реактивної потужності з низького боку трансформаторів ТП (тобто, на кожен трансформатор необхідно встановити конденсаторні батареї, які б додатково забезпечили компенсацію реактивної потужності по 46,825 кВАр кожна). Тому, замість попередньо вибраних ККУ

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачаємо встановлення на шинах 0,4 кВ ТП ККУ типу ККУ-0,4-150/6-10-21 УЗ з шістьма ступенями регулювання

2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження на шинах високої напруги ТП визначено згідно методики [1, 2], порядок застосування якої наведено в додатку А.

Навантаження на шинах низької напруги ТП:

$$P_{p3} = 540,9 \text{ кВт}; Q_{p3} = 536,26 \text{ кВАр}$$

З врахування вибраних конденсаторних установок, розрахуємо навантаження на шинах ВН ТП.

Потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв на шинах 0,4 кВ ТП:

$$Q_{нкф} = 300 \text{ кВАр}.$$

Дійсний коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_{зТ} = \frac{\sqrt{540,9^2 + (536,26 - 300)^2}}{2 \cdot 400} = 0,74.$$

Для трансформатора типу ТМ-400/10:

$$\Delta P_{кз} = 5,5 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{хх} = 1,45 \text{ кВт}.$$

Втрати активної потужності в одному трансформаторі:

$$\Delta P_T = 0,74^2 \cdot 5,5 + 1,45 = 4,44 \text{ кВт}.$$

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова потужність на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції:

$$S_{p4} = \sqrt{(540,9 + 8,88)^2 + 170^2} = \sqrt{549,78^2 + 170^2} = 575,47 \text{ кВА}.$$

2.7. Розрахунок мережі зовнішнього електропостачання

2.7.1. Вибір джерела та напруги живлення

На відстані 1,15 км від території підприємства розміщена районна підстанція 110/10 кВ, на якій є резервна комірка на шинах напруги 10 кВ.

Як джерело живлення підприємства вибираємо РПС.

За напругу живлення приймаємо напругу 10 кВ.

Живлення заводу здійснюється кабельними лініями від шин 10 кВ РПС.

2.7.2. Вибір перерізу КЛ до підприємства

Вибір перерізу КЛ зовнішнього електропостачання підприємства виконано за технічними умовами [1,2,5] з використанням методики, наведеної в додатку А.

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{575,47}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 15,82 \text{ А}.$$

Попередньо вибрано кабель марки ААБл-10 перерізом (3х35) мм², для якого $I_{дон} = 115 \text{ А}$; $r_0 = 0,89 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$.

Приймаємо $k_1 = 1,06$; $k_2 = 0,91$.

Перевіримо вибраний переріз за нагрівом струмом нормального режиму:

$$15,82 \text{ А} < 1,06 \cdot 0,91 \cdot 115 = 110,93 \text{ А}.$$

Перевіримо вибраний переріз на нагрів струмом післяаварійного режиму

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2 \cdot 15,82 = 31,64 \text{ А} < 1,06 \cdot 1,35 \cdot 115 = 164,56 \text{ А}.$$

Вибраний переріз задовольняє умови перевірки по нагріву розрахунковими струмами нормального і післяаварійного режимів.

Втрати напруги в лінії :

$$\Delta U = \frac{549,78 \cdot 0,89 \cdot 1,15 + 170 \cdot 0,095 \cdot 1,15}{10 \cdot 10^2} = 0,53\% < \Delta U_{\text{дон}} = 5\%$$

Втрати напруги не перевищують допустимого значення.

Для вибору оптимального перерізу КЛ-10 кВ проведено техніко-економічне порівняння варіантів.

До розгляду прийнято кілька перерізів кабелів (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 - Стандартні перерізи ЛЕП

Марка	F , мм ²	$I_{\text{дон}}$, А	$I_{\text{м.д.}}$, А
ААБл-10 (3х35) мм ²	35	115	110,93
ААБл-10 (3х50) мм ²	50	140	135,04
ААБл-10 (3х95) мм ²	95	160	154,34

Критерієм техніко-економічної доцільності відповідного перерізу кабельної лінії є мінімум приведених затрат. Результати розрахунків для порівняння різних варіантів перерізів зведено в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Вибір економічно доцільного перерізу ЛЕП

F мм ²	$I_{\text{м.д.}}$ А	K_z	r_0 , Ом/км	ΔP_ϕ , кВт	B_e , т.грн/рік	K , т.грн/рік	z_Σ , т.грн/рік
35	110,93	0,14	0,89	0,769	7,722	983,3	224,04
50	135,04	0,12	0,62	0,535	5,380	1063,8	239,40
95	154,34	0,10	0,443	0,383	3,844	1207,5	269,49

Приймаємо до встановлення КЛ-10 кВ типу ААБл-10 перерізом $(3 \times 35) \text{ мм}^2$, переріз якого відповідає умовам нагріву струмами нормального та післяаварійного режимів.

2.8. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ

Розрахунок струмів короткого замикання виконуємо згідно методики [2], порядок застосування якої наведено в додатку А.

Розрахункова схема зображена на рисунку 2.1, а схема заміщення зображена на рисунку 2.2.

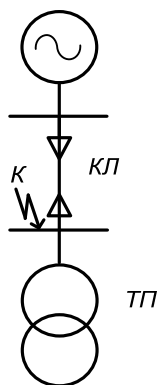


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема короткозамкненого кола

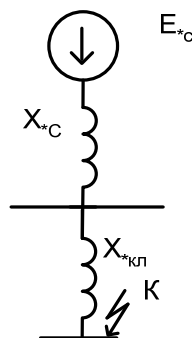


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Зведення параметрів елементів короткозамкненого кола виконуємо у відносних одиницях з використанням наближених коефіцієнтів трансформації трансформаторів [2].

Базова напруга: $U_{осн} = U_{сер} = 10,5 \text{ кВ}$. Базова потужність: $S_{\phi} = 100 \text{ МВА}$.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Потужність КЗ на шинах джерела живлення $S''_{кз} = 110$ МВА.

ЕРС системи, зведена до базових умов:

$$E_{c*б}^0 = 1$$

Реактивний опір системи, зведений до базових умов:

$$x_{c*б}^0 = \frac{100}{110} = 0,909.$$

Опір лінії, зведений до базових умов:

$$x_{л*б}^0 = 0,095 \cdot 1,15 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,099.$$

Результуючий опір короткозамкненого кола:

$$X_{\Sigma КЗ*}^0 = x_{c*б}^0 + x_{л*б}^0 = 0,909 + 0,099 = 1,008.$$

Базисний струм:

$$I_{б} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}.$$

Струм короткого замикання на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції:

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{1}{1,008} \cdot 5,5 = 3,83 \text{ кА}.$$

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ударний струм:

$$i_y = 1,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,83 = 7,42 \text{ кА}.$$

2.9. Перевірка перерізу КЛ-10 на термічну стійкість струму КЗ

Мінімальний переріз, термічно стійкий до струму короткого замикання визначаємо згідно методики, наведеної в додатку А.

Приведений час визначається сумуванням аперіодичної і періодичної, складових струму короткого замикання:

$$t_{np} = 0,2 + 0,05 = 0,25 \text{ с}$$

Отже, мінімальний переріз КЛ, стійкий до дії струму КЗ:

$$F_{\min} = \frac{3830}{90} \sqrt{0,25} = 21,26 \text{ мм}^2.$$

Вибраний переріз КЛ-10 задовольняє умови термічної стійкості.

2.10. Вибір обладнання на напругу 10 кВ

Вибір обладнання виконуємо згідно методики, наведеної в додатку А.

2.10.1 Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі типу РВПЗ – 10/400 УЗ ТОВ СУПП «Екватор» [6], для якого: $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 400 \text{ А}$; $i_{дин} = 41 \text{ кА}$; $I_{терм} = 16 \text{ кА}$; $t_{терм} = 4 \text{ с}$.

Номінальна напруга роз'єднувача:

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

Номінальний струм роз'єднувача:

$$400 \text{ А} > 31,64 \text{ А}.$$

Для забезпечення динамічної стійкості роз'єднувача струмам КЗ:

$$41 \text{ кА} > 7,42 \text{ кА}.$$

Для забезпечення термічної стійкості роз'єднувача струмам КЗ:

$$16^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,83^2 \cdot 0,25 = 3,66 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Вибрані роз'єднувачі задовольняють умови перевірки.

Приймаємо до встановлення роз'єднувач РВПЗ - 10/400 УЗ.

2.10.2. Вибір вимикачів навантаження для трансформаторів

З боку високої напруги трансформатора в ТП передбачаємо встановлення камер одностороннього обслуговування типу КСО-393-04061 ТОВ СУПП «Екватор» [6] з вимикачем навантаження типу ВНВ в комплекті з запобіжником.

Попередньо приймаємо до встановлення на трансформаторній підстанції вимикачі навантаження типу ВНВ-10/630-16-зп-УЗ (ТОВ СУПП «Екватор») [6]:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ}; I_{ном} = 630 \text{ А}; i_{дин} = 50 \text{ кА}; I_{терм} = 16 \text{ кА}; t_{терм} = 1 \text{ с}.$$

Попередньо приймаємо до встановлення запобіжники типу ПКТ101-10-50-12,5 УЗ: $I_{ном.а} = 50 \text{ А}; I_{ном.вимкн.а} = 12,5 \text{ кА}$

Номінальна напруга вимикача навантаження:

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

Номінальний струм вимикача навантаження:

$$630 \text{ А} > 31,64 \text{ А}.$$

Номінальний струм запобіжника:

$$50 \text{ А} > 31,64 \text{ А}.$$

Для забезпечення динамічної стійкості вимикача навантаження струмам КЗ:

$$50 \text{ кА} > 7,42 \text{ кА}.$$

Для забезпечення термічної стійкості вимикача навантаження струмам КЗ:

$$20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,83^2 \cdot 0,25 = 3,66 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Номінальний струм вимкнення запобіжника :

$$12,5 \text{ кА} > 3,83 \text{ кА}.$$

Вибраний вимикач задовольняє всі умови.

Приймаємо до встановлення вимикач навантаження типу ВНВ-10/630-16-зп-УЗ з запобіжником типу ПКТ101-10-31,5-12,5 УЗ.

Зі сторони КЛ встановлюємо вимикачі навантаження типу ВНВ-10/630-16-з-УЗ, для яких: $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 630 \text{ А}$; $i_{дин} = 50 \text{ кА}$; $I_{терм} = 16 \text{ кА}$; $t_{терм} = 1 \text{ с}$.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10.3. Вибір та перевірка шин

Шини встановлені в закритому розподільчому пристрої.

Напруга установки – 10 кВ.

Максимальний розрахунковий струм навантаження: $I_{розр} = 31,64$ А.

Приймаємо до встановлення алюмінієві шини зі сплаву АД31Т.

Вибираємо шини перерізом (20х3) мм², допустимий струм $I_{дон.Т} = 215$ А.

Приймаємо горизонтальне розташування шин (плазом).

Для шин прямокутного перерізу шириною до 60 мм, розташованих плазом:

$$I_{дон} = 0,95 \cdot 215 = 204,25 \text{ А}.$$

$$31,64 \text{ А} < 204,25 \text{ А}$$

Перевірка шин на термічну стійкість.

Для алюмінієвих шин приймаємо:

$$C = 90 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кА}\sqrt{\text{с}}}{\text{мм}^2}.$$

Мінімальний переріз шин за умовою термічної стійкості струму КЗ:

$$s_{m.cm.} = \frac{3830}{90} \sqrt{0,25} = 21,26 \text{ мм}^2.$$

Переріз вибраних шин:

$$s = 20 \cdot 3 = 60 \text{ мм}^2$$

$$s = 60 \text{ мм}^2 > s_{m.cm.} = 21,26 \text{ мм}^2$$

Вибраний переріз шин є термічно стійким струму КЗ.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шини кріпляться на опорних ізоляторах плазом, відстань між ізоляторами в фазі $L = 1300$ мм, відстань між фазами $a = 300$ мм.

Перевірка шин на динамічну стійкість (на механічну міцність).

Перевіримо шини на механічну міцність (динамічну стійкість до струмів КЗ) і на можливість виникнення резонансних явищ.

Момент інерції шин:

$$J = \frac{0,3 \cdot 2^3}{12} = 0,2 \text{ см}^4$$

Частота власних коливань для алюмінієвих шин:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{s}} = \frac{173,2}{1,3^2} \sqrt{\frac{0,2}{0,6}} = 35,5 \text{ Гц}$$

Резонанс шин при протіканні струмів КЗ не виникає якщо власна частота коливання шин буде меншою 30 чи більшою 200 Гц. Розрахунок f_0 показує, що власна частота коливань шин не потрапляє в зону резонансних явищ.

Для вибраного способу кріплення шин, момент опору:

$$W = \frac{0,3 \cdot 2^2}{6} = 0,2 \text{ см}^3.$$

Оскільки шини розташовані горизонтально, то приймаємо $k_\phi = 1$.

Найбільше розрахункове зусилля на шину при проходженні струму КЗ:

$$F_p = \sqrt{3} \cdot 1,3 \cdot \frac{7,42^2}{10 \cdot 0,3} \cdot 1 = 41,32 \text{ Н}.$$

Згинаючий момент :

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = \frac{41,32 \cdot 1,3}{10} = 5,37 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахункове механічне напруження в матеріалі шини:

$$\sigma_{розр} = \frac{5,37}{0,2} = 26,86 \text{ МПа}$$

Допустиме механічне напруження в матеріалі шини з алюмінієвого сплаву АД31Т:

$$\sigma_{дон} = 75 \text{ МПа}$$

$$26,86 \text{ МПа} < 75 \text{ МПа}$$

Отже, вибрані шини механічно стійкі.

2.10.4 Вибір та перевірка ізоляторів

Ізолятори вибираються згідно методики, наведеної в додатку А.

Приймаємо: відстань між ізоляторами в фазі $L = 1300 \text{ мм}$, відстань між фазами $a = 300 \text{ мм}$, напруга установки – 10 кВ .

Розрахункове зусилля на опорному ізоляторі:

$$F_p = \sqrt{3} \cdot 1,3 \cdot \frac{7,42^2}{10 \cdot 0,3} \cdot 1 = 41,32 \text{ Н}.$$

Вибираємо ізолятор типу ІО-10-3,75 УЗ на напругу $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$.

Ізолятор витримує в сухому стані напругу $U_{max} = 12 \text{ кВ}$. Руйнівне зусилля його становить $F_{руйн} = 3,75 \text{ кН}$.

Допустиме зусилля на опорному ізоляторі:

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{дон} = 0,6 \cdot 3750 = 2250 \text{ Н}$$

Перевіряємо ізолятор на допустиме навантаження:

$$41,32 \text{ Н} < 2250 \text{ Н}$$

Вибраний ізолятор задовольняє необхідні умови.

2.10.5. Вибір контрольно-вимірювальних приладів

Для забезпечення постійного контролю за роботою окремих елементів системи електропостачання та обліку спожитої електричної енергії необхідно здійснювати вимірювання величини струму, напруги, потужності, електроенергії. З цією метою застосовують контрольно-вимірювальні прилади.

Для контролю електроспоживання на кожній секції шин РП джерела живлення передбачено встановлення багатотарифних багатофункціональних лічильників активної та реактивної енергії Елвін ET2A5E7ULRT СП ЗАТ «ЕЛВІН» [7], який призначений для обліку вимірювання активної та реактивної електричної енергії у прямому напрямку або зворотному напрямку за диференційованими у часі тарифами в трифазних мережах змінного струму промислової частоти.

Для неперервного контролю величини струму на шинах РП джерела живлення встановлюємо амперметри типу ЦА 20204-3 ПАТ “Уманський завод “Мегомметр” [8]. На кожній секції шин для контролю електричної енергії встановлено вольтметри класу точності 0,5 типу ЦВ0303-2 [8].

2.10.6. Вибір трансформаторів струму на шинах джерела живлення

Трансформатори струму вибираються за номінальним струмом і напругою, за напругою вторинного кола і перевіряємо за динамічною та термічною стійкістю до струмів короткого замикання.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо трансформатор струму з двома магнітопроводами та двома вторинними обмотками: клас точності 0,5 – для кіл релейного захисту.

Попередньо в комірці джерела живлення приймаємо трансформатор струму типу ТПЛ-10 УЗ ТОВ ВКФ "Електросервіс" [9], для якого: $U_{ном} = 10$ кВ;

$$I_{1ном} = 50 \text{ А}; \quad I_{2ном} = 5 \text{ А}; \quad Z_{2ном} = 0,4 \text{ Ом}; \quad S_{2ном} = 10 \text{ ВА}; \quad i_{дин} = 51 \text{ кА};$$

$$I_{терм} = 5,5 \text{ кА}; \quad t_{терм} = 1 \text{ с}.$$

У вторинному колі трансформатора струму встановлений амперметр, лічильник активної та реактивної енергії.

Навантаження вторинного кола ТС розрахуємо в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму

Прилад	Тип	Навантаження фази, ВА		
Амперметр	ЦА 20204-3	0,5	0,5	0,5
Лічильник	Елвін ET2A5E7ULRT	0,05	0,05	0,05
Разом		0,55	0,55	0,55

Перевірка попередньо вибраного трансформатора струму на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Вибір трансформаторів струму

Умова вибору	Перевірка виконання умови вибору
$U_n \geq U_{уст}$	10 кВ = 10 кВ
$I_{1ном} > I_{р. max}$	50 А > 61,64 А
$i_{дин} > i_{уд}$	51 кА > 7,42 кА
$(I_{терм})^2 t_{интерм} > B_k$	$5,5^2 \cdot 1 = 30,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,83^2 \cdot 0,25 = 3,66 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$S_{2ном} > S_2$	10 ВА > 0,55 ВА

При виборі з'єднувальних проводів від трансформатора струму до приладів, враховуємо те, що індуктивний опір струмових кіл невеликий.

Опір приладів приєднаних до трансформатора струму:

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$r_{\text{прил}} = \frac{0,55}{5^2} = 0,022 \text{ Ом}.$$

Для приєднання приладів до трансформаторів струму використано кабель АКВВГ з жилами перерізом 4 мм².

Величина опору проводу з врахуванням вибраного перерізу:

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 9,8}{4} = 0,06 \text{ Ом}.$$

Навантаження вторинної обмотки трансформатора струму:

$$Z_2 = 0,022 + 0,05 + 0,06 = 0,132 \text{ Ом}.$$

$$0,4 \text{ Ом} > 0,132 \text{ Ом}.$$

Вибраний трансформатор струму задовольняє всі умови.

2.11. Проектування внутрішньозаводського електропостачання

2.11.1. Вибір схеми низьковольтної мережі

Розподіл електричної енергії до споживачів заводу здійснюємо через ввідні розподільчі пристрої 0,4 кВ, які встановлюємо в корпусах та цехах підприємства.

Живлення ввідних розподільчих пристроїв (РП) здійснюємо кабельними лініями, прокладеними в землі.

Для розподілу електричної енергії від ТП до цехових РП приймаємо радіальну схему.

Для надійності електропостачання споживачів другої категорії передбачаємо секціонування ввідних розподільчих пристроїв.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11.2. Вибір ввідних розподільчих пристроїв

Вибір розподільчих пристроїв виконано за розрахунковим струмом корпусу або цеху з урахуванням методики [10], наведеної в додатку А.

Прийнято до встановлення розподільчі пристрої серії ПР-11 Української електротехнічної корпорації «АСКОУКРЕМ» [11] з ввідними автоматичними вимикачами та автоматичними вимикачами на лініях, що відходять від шин РП, серії ВА2004.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Вибір ввідних розподільчих пристроїв

Найменування об'єкту	S_p , кВА	К-сть	$I_{p.n.}$, А	$I_{p.n.max}$, А	Тип	$I_{ном.п.}$, А	К-сть фідерів	Позначення
Цех вимірювальних приладів	90,30	2	65,17	130,34	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР1,ПР2
Головний виробничий корпус	228,61	4	82,49	164,98	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР3,ПР4, ПР5,ПР6
Шліфувальний цех	119,83	2	86,48	172,96	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР7,ПР8
Механообробний цех	120,21	2	86,75	173,51	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР9,ПР10
Термічний цех	102,09	2	73,68	147,35	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР11,ПР12
Інструментально-складальний цех	74,24	2	53,58	107,16	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР13,ПР14
Офіс	23,94	1	34,55	34,55	ПР11-7124-21У3	250	10	ПР15

2.11.3. Вибір перерізу КЛ низьковольтної мережі електропостачання

Переріз кабельних ліній, що живлять розподільчі пункти цехів, вибираємо за нагрівом струмами нормального та післяаварійного режимів згідно методики, наведеної в додатку А.

Для живлення ПР вибираємо кабель типу ВВБШв-1 з мідними жилами, ізоляцією та оболонкою з полівінілхлоридного пластикату та бронею з двох сталевих стрічок. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Вибір перерізів кабельних ліній напругою 0,4 кВ

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	F_T , мм ²	$I_{m.дон}$, А	$I_{n/ав}$, А	$I_{д.н/ав}$, А	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	ΔU , %
ТП-ПР1(ПР2)	90,30	65,17	16	110,93	130,34	164,57	0,08	1,16	0,0675	3,74
ТП-ПР3(ПР4)	114,30	82,49	25	144,69	164,98	214,65	0,067	0,74	0,0662	2,76
ТП-ПР5(ПР6)	114,30	82,49	25	144,69	164,98	214,65	0,043	0,74	0,0662	1,77
ТП-ПР7(ПР8)	119,83	86,48	25	144,69	172,96	214,65	0,037	0,74	0,0662	1,54
ТП-ПР9(ПР10)	120,21	86,75	25	144,69	173,51	214,65	0,067	0,74	0,0662	2,86
ТП-ПР11(ПР12)	102,09	73,68	16	110,93	147,35	164,57	0,09	1,16	0,0675	5,22
ТП-ПР13(ПР14)	97,87	70,63	16	110,93	141,26	164,57	0,04	1,16	0,0675	2,15
ПР14-ПР15	23,94	34,55	10	86,81	34,55	128,79	0,03	1,84	0,073	0,69

2.12. Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ

Розрахунок струмів короткого замикання на шинах 0,4 кВ ТП, на шинах розподільчих пристроїв, що живляться від ТП, виконано згідно методики [2], порядок застосування якої наведено в додатку А.

Розрахункова схема короткозамкненого кола мережі живлення представлена на рис. 2.3, а її схема заміщення на рис 2.4.

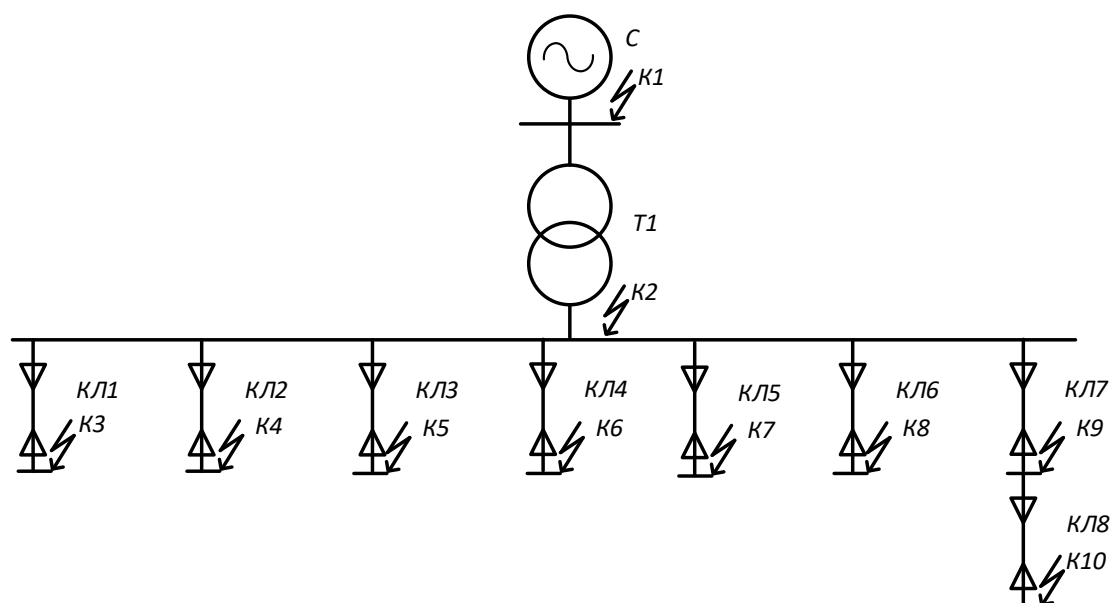


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема короткозамкненого кола

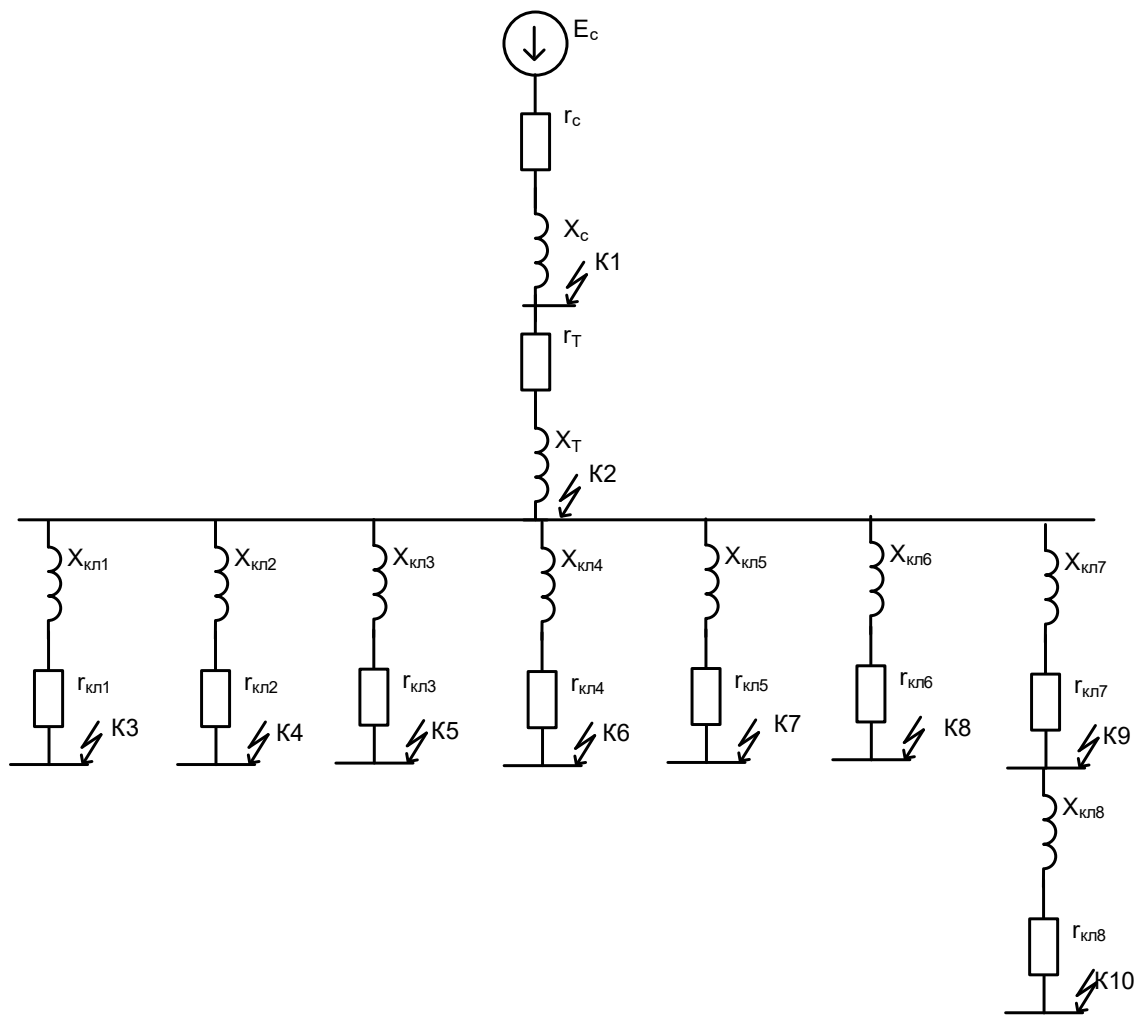


Рисунок 2.4 - Схема заміщення короткозамкненого кола

Для розрахунку струму K3 в заданих точках параметри елементів короткозамкненого кола зведено до базових умов з використанням наближених коефіцієнтів трансформації. За базову напругу прийнято середню напругу рівня короткого замикання: $U_{осн} = U_{сер} = 0,4 \text{ кВ}$.

Опір системи:

$$x_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,83} = 1,584 \text{ Ом},$$

$$r_c = 0,89 \cdot 1,15 = 1,0235 \text{ Ом}.$$

$$x_c^0 = 1,584 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 2,299 \text{ мОм}.$$

$$r_c^0 = 1,0235 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,485 \text{ мОм}.$$

Опір трансформатора:

$$x_{mp}^0 = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{0,0055}{0,4} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{0,4} = 17,14 \text{ мОм};$$

$$r_{mp}^0 = \frac{0,0055}{0,4} \cdot \frac{0,4^2}{0,4} = 5,5 \text{ мОм}.$$

Опір короткозамкненого кола до точки К2 (враховуємо $r_{\text{доо}} = 15 \text{ мОм}$).

$$x_{\text{рез}} = x_c + x_{\text{тр}} = 2,299 + 17,14 = 19,438 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{рез}} = r_c + r_{\text{тр}} + r_{\text{доо}} = 1,485 + 5,5 + 15 = 21,985 \text{ мОм}.$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{19,438^2 + 21,985^2} = 29,346 \text{ мОм}.$$

Струм короткого замикання:

$$I_{\text{кз}}'' = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29,346} = 7,87 \text{ кА}.$$

Враховуючи, що $T = \frac{x}{r} = \frac{19,438}{21,985} = 0,88$, приймаємо: $k_y = 1,02$.

Ударний струм :

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,02 \cdot 7,87 = 11,352 \text{ кА}$$

Розрахунок струму в інших точках виконуємо аналогічно.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Результати розрахунку активного та реактивного опорів ліній, зведених до базових умов, наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Опори ліній, зведені до базових умов

Лінія	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	r_l^0 , МОм	x_l^0 , МОм
ТП-ПР1(ПР2)	0,08	1,16	0,0675	92,8	5,4
ТП-ПР3(ПР4)	0,067	0,74	0,0662	41,54	4,188
ТП-ПР5(ПР6)	0,043	0,74	0,0662	41,54	4,188
ТП-ПР7(ПР8)	0,037	0,74	0,0662	27,38	2,449
ТП-ПР9(ПР10)	0,067	0,74	0,0662	49,58	4,435
ТП-ПР11(ПР12)	0,09	1,16	0,0675	104,4	6,075
ТП-ПР13(ПР14)	0,04	1,16	0,0675	46,4	2,7
ПР14-ПР15	0,03	1,84	0,073	55,2	2,19

Під час розрахунку струму КЗ на шинах розподільчих пунктів враховуємо значення додаткового активного опору з урахуванням ієрархічного рівня СЕП, де відбулось КЗ.

Результати розрахунку зведено в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 - Розрахунок струмів КЗ

Точка КЗ	$x_{рез}$, МОм	$r_{дод}$, МОм	$r_{рез}$, МОм	$Z_{рез}$, МОм	$I_{КЗ}''$, кА	k_y	i_y , кА
К2	19,438	15	21,985	29,346	7,87	1,02	11,352
К3	24,84	20	119,79	122,33	1,89	1	2,67
К4	23,63	20	68,53	72,48	3,19	1	4,51
К5	23,63	20	68,53	72,48	3,19	1	4,51
К6	21,89	20	54,37	58,61	3,94	1	5,57
К7	23,87	20	76,57	80,20	2,88	1	4,07
К8	25,51	20	131,39	133,84	1,73	1	2,44
К9	22,14	20	73,39	76,65	3,01	1	4,26
К10	24,33	25	133,59	135,78	1,7	1	2,41

2.13. Вибір обладнання на напругу 0,4 кВ

2.13.1. Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП

Приймаємо до встановлення панелі розподільчих щитів типу ЩО-09 ТОВ ВТП «Бутон» [12] з автоматичними вимикачами ТМ «Електро» [13].

Результати вибору зводимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП

Назва панелі	I_p , А	Тип панелі	Комутаційний апарат	$I_{ном}$, А	Кількість панелей
Ввідна	851,95	ЩО09-2109АУЗ	РЕ 19-43 ВА77-1-1250	1600 1250	2
Секційна	425,97	ЩО09-2302 УЗ	2хРЕ 19-41 ВА77-1-1000	1000 1000	1
Лінійна	173,51	ЩО09-2424 УЗ	1хРЕ 19-41 4хВА77-1-250	1000 250	2
Лінійна	173,72	ЩО09-2422 УЗ	2хРЕ 19-41 6хВА77-1-250	1000 250	2

2.13.2. Вибір автоматичних вимикачів

Результати вибору та перевірки автоматичних вимикачів, встановлених в РУ-0,4 кВ ТП зведено в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Вибір автоматичних вимикачів РУ-0,4 кВ ТП

Місце встановлення	$I_{p.утяж}$, А	$1,25 \cdot I_{p.утяж}$, А	I_n , кА	Тип вимикача	$I_{ном}$, А	$I_{ном.розч}$, кА	$I_{відкл}$, кА
Ввід до ТП1	851,95	1064,93	7,87	ВА77-1-1250	1250	1250	42,5
ТП-ПР1(ПР2)	130,34	162,93	1,89	ВА77-1-250	250	180	22
ТП-ПР3(ПР4)	164,98	206,23	3,19	ВА77-1-250	250	225	22
ТП-ПР5(ПР6)	164,98	206,23	3,19	ВА77-1-250	250	225	22
ТП-ПР7(ПР8)	172,96	216,20	3,94	ВА77-1-250	250	250	22
ТП-ПР9(ПР10)	173,51	216,88	2,88	ВА77-1-250	250	250	22
ТП-ПР11(ПР12)	147,35	184,19	1,73	ВА77-1-250	250	200	22
ТП-ПР13(ПР14)	141,26	176,58	3,01	ВА77-1-250	250	200	22

Результати вибору вимикачів, встановлених в ввідних цехових розподільчих пристроях, зведено в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір автоматичних вимикачів розподільчих пунктів

Місце встановлення	$I_{p.утяг}$, А	$1,25 \cdot I_{p.утяг}$, А	I_n , кА	Тип вимикача	$I_{ном}$, А	$I_{ном.розч}$, кА	$I_{відкл}$, кА
ПР1,ПР2	130,34	162,93	1,89	ВА2004/250	250	175	35
ПР3,ПР4	164,98	206,23	3,19	ВА2004/250	250	225	35
ПР5,ПР6	164,98	206,23	3,19	ВА2004/250	250	225	35
ПР7,ПР8	172,96	216,20	3,94	ВА2004/250	250	225	35
ПР9,ПР10	173,51	216,88	2,88	ВА2004/250	250	225	35
ПР11,ПР12	147,35	184,19	1,73	ВА2004/250	250	200	35
ПР13,ПР14	141,26	176,58	3,01	ВА2004/250	250	200	35
ПР15	34,55	43,19	1,70	ВА2004/100	100	75	35

2.13.3. Вибір рубильників

В панелях ТП прийнято до встановлення рубильник серії РЕ19.

Перевірка вибраних рубильників на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Вибір рубильників

Тип	$U_n \geq U_{уст}$	$I_{ном} > I_{p.утяг}$	$i_{дин} \geq i_y$
РЕ 19-43	10 кВ = 10 кВ	1600А > 851,95 А	100 кА > 11,352 кА
РЕ 19-41	10 кВ = 10 кВ	1000А > 164,98 + 172,96 + 173,51 = 511,45 А	100 кА > 5,57 кА

Вибрані рубильники задовольняють всі умови.

2.13.4. Вибір трансформаторів струму

Для організації комерційного обліку електричної енергії на вводи в розподільчий пристрій 0,4 кВ трансформаторів і технічного обліку – на кожному фідері, що відходить від розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП встановлюємо

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трансформатори струму. У вторинному колі трансформатора струму встановлені амперметр типу ЦА 20204-3 Уманського заводу вимірювальних приладів «Мегомметр» [8], лічильники активної та реактивної енергії типу Елвін ЕТ 3В5Е8ULZТ виробництва СП ЗАТ «ЕЛВІН» [7] з прямим підключенням по напрузі і трансформаторним підключенням по струму до кіл навантаження, які призначені для вимірювання активної та реактивної енергії в прямому і зворотному напрямках, повної потужності, коефіцієнта потужності, середньоквадратичного значення напруги і сили струму.

Вибір трансформаторів струму здійснюємо за номінальним струмом і напругою, за напругою вторинного кола і перевіряємо за динамічною та термічною стійкістю до струмів короткого замикання.

Розрахунок навантаження вторинного кола трансформатора струму зведено в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму

Прилад	Тип	Навантаження фази, ВА		
Амперметр	ЦА 20204-3	0,5	0,5	0,5
Лічильник енергії	Елвін ЕТ 3В5Е8ULZТ	0,05	0,05	0,05
Всього		0,55	0,55	0,55

Попередньо приймаємо ТС ПАТ “Уманський завод “Мегомметр” [8]:

- на вводі в РП-0,4 кВ - ТС типу Т-066-1, для якого: $U_{ном} = 660$ В;
 $I_{1ном} = 1000$ А; $I_{2ном} = 5$ А; $Z_{2ном} = 0,4$ Ом; $S_{2ном} = 10$ ВА; $i_{дин} = 51$ кА;
 $I_{терм} = 10$ кА; $t_{терм} = 1$ с;

- в комірках лінійних фідерів, що відходять від РП-0,4 - ТС типу Т-066, для якого: $U_{ном} = 660$ В; $I_{1ном} = 200$ А; $I_{2ном} = 5$ А; $Z_{2ном} = 0,4$ Ом; $S_{2ном} = 10$ ВА;
 $i_{дин} = 40$ кА; $I_{терм} = 10$ кА; $t_{терм} = 1$ с.

Перевірка попередньо вибраного трансформатора струму на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.20.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.20 –Вибір трансформаторів струму

Розрахункові дані			Каталожні дані		
Параметр	для ТС в ввідній комірці	для ТС в комірці фідерів	Параметр	для ТС в ввідній комірці	для ТС в комірці фідерів
$U_{уст}$, кВ	0,4	0,4	$U_{ном}$, кВ	0,66	0,66
$I_{утяг}$, А	851,95	172,96	$I_{1ном}$, А	1000	200
			$I_{2ном}$, А	5	5
$I_{п.0}$, кА	7,87	3,94			
$i_{уд}$, кА	11,352	5,57	$i_{дин}$, кА	51	40
B_k , кА ² ·с	15,48	3,88	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$, кА ² ·с	$10^2 \cdot 1 = 100$	$10^2 \cdot 1 = 100$
S_2 , ВА	0,55	0,55	$S_{2ном}$, ВА	10	10

Опір приладів приєднаних до трансформатора струму:

$$r_{прил} = \frac{0,55}{5^2} = 0,022 \text{ Ом}.$$

Для приєднання приладів до трансформаторів струму використано кабель АКВВГ з жилами перерізом 4 мм².

Опір проводу:

$$r_{пр} = \frac{0,0283 \cdot 20}{4} = 0,12 \text{ Ом}.$$

Значення номінального навантаження вторинної обмотки ТС:

$$Z_2 = 0,022 + 0,05 + 0,12 = 0,192 \text{ Ом}.$$

$$0,4 \text{ Ом} > 0,132 \text{ Ом}$$

Вибраний трансформатор струму задовольняє всі умови.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.14. Розрахунок цехового електропостачання

2.14.1. Вибір схеми цехової мережі

Цехові розподільчі мережі повинні мати оптимальні техніко-економічні показники; мати таке конструктивне виконання, яке б забезпечило використання індустріальних і швидкісних методів монтажу. Цехові розподільчі мережі повинні забезпечувати необхідну надійність електропостачання приймачів електроенергії в залежності від категорії; мати оптимальні техніко-економічні показники; мати таке конструктивне виконання, яке б забезпечило використання індустріальних і швидкісних методів монтажу. Під час вибору схеми та конструктивного виконання цехової мережі необхідно враховувати ступінь відповідальності приймачів електричної енергії, режими їх роботи та розміщення по території цеху, номінальні струми, тощо.

Вибір низьковольтної цехової мережі виконаємо на прикладі токарно-фрезерувальної дільниці механообробного цеху.

Живлення низьковольтних споживачів цеху виконуємо від двох ввідних розподільчих пристроїв ПР9, ПР10 типу ПР11-7124-21У3 з ввідним вимикачем ВА2004 ($I_{ном}=250$ А) і лінійними вимикачем ВА2004 ($I_{ном}=60$ А).

Відні розподільчі пункти цеху заживлено від шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції кабельними лініями типу ВВБбШв-1 перерізом (4×25) мм², які прокладено в землі в траншеї.

Електроприймачами дільниці є металообробні верстати та вентиляційні установки, розраховані на змінний струм та напругу 400 В промислової частоти 50 Гц. Розміщення приймачів стаціонарне, що дає змогу виконати схему електропостачання комплектними розподільчими пристроями.

Живлення електроприймачів дільниці здійснюється від цехових розподільчих пристроїв за допомогою окремих ліній по радіальній схемі.

Цехові розподільчі пристрої дільниці заживлено від ввідних розподільчих пристроїв за допомогою окремих кабельних ліній по радіальній схемі.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.14.2. Розрахунок цехової мережі живлення

Згідно таблиці 2.1 даного дипломного проєкту навантаження ділянки складає:

$$P_m = 29,34 \text{ кВт}; \quad Q_m = 22,55 \text{ кВАр}; \quad S_m = 37 \text{ кВА}.$$

Кількість електроприймачів: $n = 15$ шт.

Для забезпечення необхідного рівня освітлення в цеху передбачено виконання штучного освітлення.

Встановлена потужність ламп електричного освітлення визначається на основі світлотехнічних розрахунків.

Розрахунок освітлювальної установки проведемо методом коефіцієнта використання [10], методику застосування якого наведено в додатку А.

Для загального рівномірного освітлення попередньо приймаємо світлодіодний промисловий світильник серії VS-UFO [14] на світлодіодах PHILIPS LEDs .

Вихідні дані до розрахунку наведено в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Вихідні дані до розрахунку освітлювальної установки

Параметр	Значення параметру
$S, \text{ м}^2$	216
$E_{min}, \text{ лк}$	200
$h, \text{ м}$	6
$h_p, \text{ м}$	0,8
$h_c, \text{ м}$	0,2
$\rho_c, \%$	50
$\rho_{cm}, \%$	30
$\rho_n, \%$	10

Результати розрахунку освітлювальної установки зведено в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Результати розрахунку освітлювальної установки

Параметр	Значення параметру
H_p , м	5
i	1,44
η	0,61
K_z	1,3
Φ_p , лм	105875,41
Тип світильника	VS-UFO-P-60W
Φ_l , лм	9000
$P_{вст}$, Вт	60
КСС	Г
N , шт.	12
L / h	0,8÷1,2
L , м	4÷6
$L_{прийн}$, м	5
l , м	1,5÷2,5
$l_{прийн}$, м	2
n_A , шт.	4
n_B , рядів	3
L_A , м	4,66
L_B , м	4
N_ϕ , шт.	12
$\Phi_{p.l}$, лм	8822,95
E_ϕ , лк	204,01
E , %	2,01

Прийнято до встановлення 3 ряди світильників по 4 світильники в ряду.

Попередньо вибраний тип ламп та їх кількість забезпечують необхідний світловий потік, що дозволяє забезпечити нормовану освітленість приміщення.

Освітлювальна установка поділена на однофазні групи таким чином, щоб забезпечувалась симетрія навантажень в трифазній мережі. Живлення освітлення

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

здійснюється від освітлювального щитка ЩО-6. Щитки освітлювальні типів ЩО призначені для розподілу електроенергії, а також для захисту від перевантажень і струмів короткого замикання в освітлювальних групових лініях, в мережах із заземленою нейтраллю напругою до 400 В. Ступінь захисту IP20. Тип автоматичного вимикача на вводі ВА 2004/10. Живлення освітлювальних електроприймачів передбачається здійснювати від мережі напругою 400/230 В. Для загального та місцевого освітлення прийнято напругу 230 В змінного струму частотою 50 Гц. Для місцевого та ремонтного освітлення застосовується понижена напруга 12 В, що відповідає вимогам електробезпеки. Освітлювальну мережу виконано проводом типу ПВС-2×1,5 з мідними жилами, $I_{дон} = 16$ А. Провід прокладено відкрито по конструкціях,

Освітлювальне навантаження дільниці:

$$P_{p.o} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 12 = 0,71 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.o} = 0,71 \cdot 0,33 = 0,24 \text{ кВАр};$$

$$S_{p.o} = \sqrt{0,71^2 + 0,24^2} = 0,75 \text{ кВА}.$$

Сумарне навантаження на шинах цехового розподільчого пункту дільниці:

$$S_{p.дільн} = \sqrt{(29,34 + 0,71)^2 + (22,55 + 0,24)^2} = 37,71 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм дільниці:

$$I_p = \frac{37,71}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 54,44 \text{ А}.$$

Вибір розподільчих пристроїв здійснюємо за розрахунковим струмом. Прийнято до встановлення розподільчі пристрої серії ПР-11 Української

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

електротехнічної корпорації «АСКОУКРЕМ» [11] з ввідними автоматичними вимикачами та автоматичними вимикачами на лініях, що відходять від шин РП, серії ВА2004. Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.23.

Таблиця 2.23 – Вибір розподільчих пристроїв дільниці

Позначення	S_p , кВА	I_p , А	К- сть ЕП	Тип	К- сть ПР	$I_{p.n.}$, А	$I_{ном.п.}$, А	К-сть фідерів
ЦПР1, ЦПР2	37,71	54,44	15	ПР11-7124-21У3	2	27,22	250	10
Освітлення	0,75	1,08	-	ЩО-6	1	1,08	60	6

Живлення цехових розподільчих пристроїв та електроприймачів здійснюємо кабелем типу ВВГ-1 з мідними жилами, ізоляцією та оболонкою з полівінілхлоридного пластикату, прокладеним в підлозі в металорукавах. Вибір перерізів кабелів здійснюємо за розрахунковим струмом.

Результати вибору зводимо в таблицю 2.24 та 2.25.

Таблиця 2.24- Вибір перерізів кабелів

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	F_T , мм ²	$I_{дон}$, А	$I_{т.дон}$, А	$I_{n/ас}$, А	$I_{д.п/ас}$, А
ПР9 (ПР10)- ЦПР1(ЦПР2)	37,71	27,22	6	42	40,51	54,44	60,10
ПР9-ЩО	0,75	1,08	4	35	33,76	1,08	50,09

Таблиця 2.25 - Вибір січень ліній живлення електроприймачів

Назва об'єкту	$P_{ном}$, кВт	$\cos \varphi$	I_p , А	F , мм ²	$I_{дон}$, А
Верстат токарний	10,5	0,6	25,26	4x4	35
Верстат токарно-револьверний	7,5	0,6	18,04	4x2,5	25
Верстат токарно-гвинторізний	8,5	0,6	20,45	4x2,5	25
Верстат вертикально-свердлильний	3,5	0,6	8,42	4x2,5	25
Верстат фрезерувальний	5,5	0,6	13,23	4x2,5	25
Вентиляційна установка	3	0,8	5,41	4x2,5	25

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА МЕРЕЖІ

ЖИВЛЕННЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ

3.1. Характеристика верстату та вихідні дані

Металообробні верстати призначені для механічної обробки виробів із металу шляхом зняття шару матеріалу різальним інструментом.

Верстати токарної групи є одними з найбільш поширених у машинобудуванні та інструментальному виробництві, оскільки забезпечують обробку деталей типу тіл обертання з високою точністю та продуктивністю.

Процес обробки на токарних верстатах полягає у наданні заготовці необхідної геометричної форми, точних розмірів і якості поверхні. Це досягається відносним переміщенням інструмента і заготовки. Усі рухи, що забезпечують процес різання, поділяються на: головний рух - рух, що забезпечує процес різання (на токарних верстатах це обертання заготовки); рух подачі - рух інструмента (різця), який забезпечує поступове зняття шару матеріалу.

На токарних верстатах виконуються такі основні операції: обточування зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь; обробка конічних і фасонних поверхонь; підрізання торців; прорізання канавок; розточування отворів; нарізання різьби (метричної, дюймової, модульної); свердління, зенкерування та розгортання. Основною особливістю токарних верстатів є те, що головний рух здійснюється за рахунок обертання заготовки, закріпленої у шпинделі, а різальний інструмент здійснює поступальний рух подачі. Подача різального інструменту виконується шляхом поступального руху супортів. Це забезпечує можливість отримання різноманітних поверхонь — циліндричних, конічних, фасонних, а також виконання операцій нарізання різьби, підрізання торців, розточування отворів і прорізання канавок.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Ореховський				Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Давиденко						47	9	
						ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Н.контроль	Ващелюк								
Затвердив	Волинець								

Особливістю токарного верстату є: можливість обробки конічних поверхонь за рахунок поперечного зміщення задньої балки; наявність механізму обмеження переміщення супорта; можливість механічного переміщення задньої балки; висока точність обробки навіть при змінних і ударних навантаженнях.

Процес точіння здійснюється при визначених режимах різання, які включають: глибину різання (t) — товщину шару матеріалу, що знімається; подачу (s) — переміщення інструмента за один оберт заготовки; швидкість різання (v) — лінійну швидкість руху точки контакту інструмента з деталлю. Вибір цих параметрів залежить від матеріалу заготовки, типу інструмента, необхідної точності та якості обробки.

Подача інструмента здійснюється супортом, який може переміщуватися: у поздовжньому напрямку (вздовж осі деталі); у поперечному напрямку; під кутом (при обробці конусів).

Регулювання режимів різання здійснюється шляхом зміни: швидкості обертання шпинделя; подачі супорта; глибини різання. Швидкість різання визначається як лінійна швидкість точки контакту різця з деталлю і залежить від частоти обертання шпинделя та діаметра заготовки.

Конструкція верстата передбачає: можливість поперечного зміщення задньої балки для обробки конусів; обмеження переміщення супорта за допомогою упорів; використання механізмів захисту від перевантажень.

Швидкість руху супорта не може перевищувати 250мм/хв.

Максимальний діаметр заготовки при установці над станиною - 400мм. Максимальний діаметр прутка, який можливо обробити на токарному верстаті 45мм; відстань між центрами – 1000 мм. Верстат має 23 швидкості обертання шпинделя (мінімальна - 12,5 об/хв, максимальна - 2000 об/хв).

3.2. Розрахунок характеристик режиму токарної обробки

Для розрахунку параметрів верстату приймемо наступні вихідні дані (виходячи з умови найбільшого навантаження двигуна): глибина різання $t = 2$

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мм; подача, що визначається переміщенням різця за один оберт виробу $s = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання $v = 149$ м/хв; швидкість подачі $v_n = 25$ м/хв.

Сила різання $F_z = 2538,2$ Н.

Потужність різання:

$$P_z = \frac{2538,2 \cdot 149}{60 \cdot 1000} = 6,31.$$

Осьове зусилля, яке долається механізмом подачі:

$$F_x = 0,2 \cdot 2538,2 = 507,64 \text{ Н}$$

Радіальне зусилля, яке передається через тримач різця на супорт верстата:

$$F_y = 0,3 \cdot 2538,2 = 761,46 \text{ Н.}$$

Приймаємо коефіцієнт тертя в направляючих супорта $\mu = 0,05$.

Сумарне зусилля подачі, необхідне для переміщення супорта з різцем в напрямку подачі:

$$F_n = 507,64 + (2538,2 + 761,46) \cdot 0,05 = 672,6 \text{ Н.}$$

Потужність, що витрачається на здійснення подачі супорта:

$$P_n = \frac{672,6 \cdot 12,5}{60 \cdot 1000} = 0,14 \text{ кВт кВт.}$$

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Характеристика електроприводу верстату

Електропривод токарного верстата забезпечує виконання всіх основних і допоміжних рухів та визначає його технічні можливості, продуктивність та якість обробки. Електропривод верстата, побудований на основі асинхронних двигунів і механічних передач.

Електропривод токарного верстата характеризується такими особливостями: наявність кількох електродвигунів (головного та допоміжних); ступінчасте регулювання швидкості; значні пускові струми при запуску; змінний характер навантаження (від холостого ходу до максимального різання); необхідність забезпечення плавного пуску та зупинки; необхідність забезпечення реверсу (зміни напрямку обертання шпинделя).

Головний рух (обертання шпинделя) здійснюється від асинхронного електродвигуна змінного струму. Передача обертання від двигуна до шпинделя здійснюється через механічну коробку швидкостей, що дозволяє отримати широкий діапазон частот обертання. Регулювання швидкості обертання шпинделя здійснюється ступінчасто шляхом перемикання передач у коробці швидкостей. Це дозволяє вибрати оптимальний режим різання залежно від умов обробки. Такий спосіб регулювання є характерним для універсальних токарних верстатів і забезпечує достатню гнучкість у виборі режимів різання.

Для верстатів токарної групи, в яких головним рухом є обертовий, необхідна постійність потужності в більшій частині діапазону зміни швидкості і лише в області малих швидкостей – постійність моменту. Малі частоти обертання призначені для специфічних видів обробки: нарізання різьби, обточування зварювальних швів, тощо.

В головних приводах токарних верстатів використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Головний двигун токарного верстату працює в тривалому режимі з постійним навантаженням.

Рухи подачі супорта (поздовжні та поперечні) забезпечуються окремим кінематичним колом, який отримує рух від головного приводу через коробку

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подач. Регулювання подач здійснюється шляхом зміни передаточних чисел у коробці подач. Привод подачі забезпечує переміщення супорта і різального інструмента. Він включає: механічну передачу від головного приводу; коробку передач; ходовий гвинт або рейковий механізм. Особливості приводу подачі: можливість вибору різних значень подачі; забезпечення точного переміщення інструменту; синхронізація з обертанням шпинделя при нарізанні різьби.

Для забезпечення швидкого переміщення супорта (холостий хід) використовується додатковий асинхронний електродвигун. Це дозволяє прискорити переміщення супорта без різання, скоротити допоміжний час, підвищити продуктивність верстата.

3.4. Вибір потужності та типу двигунів токарного верстату

Потужність на валу двигуна головного приводу в усталеному режимі складається з потужності різання, що залежить від зусилля та швидкості різання, та потужності втрат в механізмах передач, що залежить від навантаження, кінематичної схеми та частоти обертання двигуна. Номінальна потужність двигуна вибирається рівною або трохи більшою номінальної потужності верстата, що визначається найбільшою потужністю різання.

Приймаємо коефіцієнт корисної дії верстата $\eta_{CT} = 0,8$.

Потужність на валу двигуна головного приводу:

$$P_{\text{дв}} = \frac{6,31}{0,8} = 7,9 \text{ кВт кВт.}$$

Вибираємо двигун типу 4AM112M2 потужністю $P_{\text{ном}} = 8,5 \text{ кВт}$.

Виконаємо перевірку двигуна за крутним моментом на валу.

Згідно технічних даних токарного верстата найбільший діаметр деталі, що обробляється на даному верстаті: $D = 220 \text{ мм}$

Момент опору верстата:

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$M_p = \frac{2538,2 \cdot 220}{2} = 279202 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Число обертів шпинделя в хвилину:

$$n = \frac{1000 \cdot 149}{\pi \cdot 220} = 215,7 \text{ об/хв}$$

За механічними даними верстата приймаємо $n = 200$ об/хв

Момент на шпинделі:

$$M_{\text{шп}} = 9535400 \frac{8,5}{200} \cdot 0,8 = 324203,6 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Для процесу різання необхідно, щоб момент на шпинделі був більший або рівний моменту опору:

$$324203,6 \text{ Н} \cdot \text{мм} > 279202 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Вибраний двигун задовольняє необхідні вимоги.

Для допоміжних приводів верстату (прискорене переміщення супорта, насоса охолоджуючої рідини) використовуються окремі асинхронні двигуни.

Приймаємо коефіцієнт корисної дії для кола подачі $\eta_n = 0,2$.

Потужність двигуна переміщення супорта:

$$P_{\text{суп}} = \frac{0,14}{0,2} = 0,7 \text{ кВт}.$$

Приймаємо до встановлення двигун типу 4АМ80В4, потужністю $P_{\text{суп}} = 1,5$ кВт.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстати даного типу комплектуються електронасосом потужністю $P_{нас.} = 0,25$ кВт, двигуном для маслососа потужністю $P_m = 0,25$ кВт.

Сумарна потужність верстата:

$$P_p = 8,5 + 1,5 + 0,25 + 0,25 = 10,5 \text{ кВт}.$$

3.5. Розрахунок мережі живлення верстата

Токарний верстат живиться через цеховий розподільчий пункт дільниці типу ПР11-7124-21У3 з ввідними автоматичними вимикачами типу ВА2004/100 ($I_{ном} = 75$ А) та лінійними вимикачами ВА 2004/50 ($I_{ном} = 50$ А) $N = 10$.

Розрахунковий струм верстата:

$$I_p = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,6} = 25,26 \text{ А}.$$

Живлення верстата здійснюємо від цехового розподільчого пристрою кабелем ВВГ-1 перерізом (4x4) мм² прокладеним в підлозі в металорукавах.

3.6. Характеристика системи керування та захисту електроприводу

Система керування та захисту електроприводу токарного верстата призначена для пуску, зупинки, реверсування, регулювання режимів роботи електродвигунів, а також для захисту електроприводу від аварійних режимів та забезпечує надійну, безпечну та ефективну роботу всіх механізмів верстата.

Для захисту електроприводу передбачено комплекс захисних апаратів:

- автоматичні вимикачі для захисту від струмів короткого замикання та перевантаження; оперативного вмикання та вимикання електричних кіл;
- теплові реле для захисту електродвигунів від тривалих перевантажень, перекосу фаз, заклинювання механізмів;

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- запобіжники, які забезпечують швидкий захист від струмів короткого замикання і використовуються як додатковий або резервний засіб захисту.

Керування електроприводом здійснюється за допомогою релейно-контакторної апаратури. Для керування електроприводом застосовуються:

- пускові апарати (магнітні пускачі; контактори), які призначені для дистанційного вмикання і вимикання електродвигунів, реалізації реверсу (зміни напрямку обертання), роботи в автоматичних і напівавтоматичних режимах;

- кнопкові пости керування для подачі команд на пуск, зупинку та реверс електродвигунів;

- допоміжні реле та апаратура, що використовуються для організації логіки роботи схеми, затримки часу, блокування та сигналізації.

Для забезпечення безпечної експлуатації верстата передбачено систему електричних і механічних блокувань, які запобігають виникненню аварійних ситуацій. Передбачено блокування, що забезпечують безпечну експлуатацію:

- блокування пуску при відкритих огороженнях забезпечує неможливість запуску верстата, якщо відкриті захисні кожухи або дверцята;

- автоматичне вимкнення при перевантаженнях реалізується за допомогою теплових реле або інших захисних пристроїв, що відключають електродвигун при перевищенні допустимого струму;

- аварійне відключення передбачає швидке знеструмлення електроприводу у разі виникнення небезпечної ситуації та здійснюється за допомогою аварійної кнопки або спеціального вимикача.

- електричні блокування реверсу, що виключають можливість одночасного включення прямого і зворотного напрямків обертання двигуна.

3.7. Вибір комутаційної апаратури і основних апаратів управління

На фідері, що відходить від цехового розподільчого пристрою до верстата, встановлено вимикач типу ВА2004/50 $I_{ном} = 50 \text{ А}$; $I_{ном.розч} = 40 \text{ А}$.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка виконання умов:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

$$I_{ном} = 50 \text{ А} > I_p = 1,25 \cdot 25,26 = 31,57 \text{ А}$$

$$I_{ном.розч} = 40 \text{ А} > I_{p.розч} = 1,25 \cdot 25,26 = 31,57 \text{ А}$$

Розрахунковий струм двигуна головного приводу:

$$I_p = \frac{8,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,75} = 16,36 \text{ А}.$$

Попередньо для управління електроприводом токарного верстату вибираємо магнітний пускач типу ПМЛ-1100М для роботи в силовому колі напругою 400 В, 50 Гц на номінальний струм 20 А. Перевірка виконання умов:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В}$$

$$I_{ном} = 20 \text{ А} > I_p = 16,36 \text{ А}$$

Номінальна напруга котушки пускача згідно до схеми управління становить 220 В, 50 Гц. Магнітний пускач доповнюється контактною приставкою типу ПКЛ-40 і тепловим реле для захисту електродвигуна від тривалих перевантажень. Теплове реле приймаємо типу РТЛ-1010-О4:
 $I_{ном} = 25 \text{ А}; I_{ном.уст} = 15 \div 20 \text{ А}$. Приймаємо $I_{ном.уст} = 18 \text{ А}$.

Перевірка виконання умов:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

$$I_{ном.} = 25 \text{ А} > I_p = 16,36 \text{ А};$$

$$I_{ном.уст} = 18 \text{ А} > I_p = 16,36 \text{ А}.$$

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

САПР

Застосування принципів автоматизації процесів проєктування продемонстровано на прикладі розрахунку електричних навантажень цеху на першому та другому рівні системи електропостачання як одного з найбільш відповідальних та трудомістких етапів процесу проєктування.

Постановка задачі:

- визначити електричне навантаження, що створюють електроприймачі цеху на першому рівні СЕП;
- визначити електричне навантаження, що створюють електроприймачі цеху на другому рівні СЕП;
- розрахувати значення струмового навантаження, яке створюють електроприймачі на першому та другому рівні СЕП.

Розрахунок електричного навантаження виконано згідно методики, наведеної в Додатку А (формули А.1 – А.14).

Вихідними даними є:

- встановлена потужність кожного електроприймача;
- кількість електроприймачів одного типу;
- коефіцієнт використання електроприймача відповідного типу;
- коефіцієнт потужності електроприймача.

Результатом розрахунку (рис. 4.1) є визначення розрахункового навантаження цеху на різних рівня СЕП, значення якого використовується для вибору елементів СЕП.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Ореховський			Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.		Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Давиденко								56	2	
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-43				
Н.контроль		Ващелюк										
Затвердив		Волинець										

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Усі потенційно небезпечні струмопровідні та металеві частини електротехнічного обладнання підключаються до заземлюючого пристрою для гарантування надійного захисту персоналу. Розрахунок заземлюючого пристрою зводиться до розрахунку заземлювача.

Розрахунок захисного заземлення здійснюємо для трансформаторної підстанції з трансформаторами 2х400 кВА. Площа – 6,5х4,7 м².

Грунт в місці спорудження підстанції – суглинок. Кліматична зона – 3.

В якості вертикальних заземлювачів приймаємо сталеві стержні, котрі забивають в ґрунт методом вгвинчування.

Вихідні дані до розрахунку наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Параметр	Значення параметру
U_m , В	400
l_e , м	2
d , м	0,016
b , м	0,05
h , м	0,7
a , м	2
ρ , Ом·м	100
R_z , Ом	4
$K_{c.6}$	1,4
$K_{c.2}$	2

Розрахунок заземлення виконано згідно рекомендацій [12, 18] з використанням методики, наведеної в додатку В.

Результати розрахунку наведено в таблиці 5.2.

					<i>ЛНТУ.971075.000 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Ореховський				Електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Давиденко						58	2
						<i>ФАБЕ, гр. ЕЕ-43</i>		
Н.контроль	Ващелюк							
Затвердив	Волинець							

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку

Параметр	Значення параметру
$\rho_{p_B}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$	140
$\rho_{p_T}, \text{ Ом} \cdot \text{м}$	200
$t, \text{ м}$	1,7
$R_{o.e}, \text{ Ом}$	64,9
a / l	1
$K_{6.6}$	0,64
$N_{op}, \text{ шт}$	26
$L, \text{ м}$	60
$R_2, \text{ Ом}$	21,66
$K_{6.2}$	0,61
$R_{zp}, \text{ Ом}$	3,44

Приймаємо до встановлення 26 вертикальних електроди, що розміщені по контуру ТП. Верхні кінці електродів розміщують на глибині 0,7 м від поверхні землі. До них приварюють горизонтальні електроди стержньового типу із тієї ж сталі, що і вертикальні електроди.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційному дипломному проєкті розроблена система електропостачання інструментального заводу, яка відповідає сучасним вимогам до промислових електричних мереж і враховує специфіку технологічних процесів інструментального виробництва.

В процесі проєктування прийнято комплекс раціональних технічних рішень, які передбачали виконання розрахунків електричних навантажень на різних ієрархічних рівнях системи електропостачання, проєктування мереж розподілу електричної енергії з мінімальними втратами, врахування вимог щодо надійності електропостачання та захисту всіх елементів електричної мережі.

Основна увага приділена визначенню електричних навантажень на різних ієрархічних рівнях системи електропостачання, що є базою для подальшого вибору всіх елементів системи. Розрахунок електричних навантажень виконано з використанням сучасних методів, що дозволяють врахувати встановлену потужність електроприймачів, режими їх роботи, коефіцієнти використання та попиту, а також характер технологічних процесів підприємства. Виконання розрахунку освітлювальних навантажень дозволило визначити необхідну встановлену потужність освітлювальних установок, забезпечити нормативні рівні освітленості у виробничих, допоміжних та адміністративних приміщеннях інструментального заводу, створити безпечні та комфортні умови праці для персоналу, а також досягти високої енергоефективності системи освітлення за рахунок використання сучасних джерел світла.

Застосування сучасних методів розрахунку електричних навантажень, у тому числі ієрархічного підходу, дозволило більш точно визначити розрахункові параметри на різних рівнях СЕП, що дозволило виконати раціональний вибір числа та потужності силових трансформаторів, а також обґрунтованого підбору засобів компенсації реактивної потужності. Застосування засобів компенсації реактивної потужності сприяє підвищенню коефіцієнта потужності, зниженню втрат електроенергії та підвищенню ефективності роботи СЕП в цілому.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні завдання, які було вирішено для забезпечення ефективного розподілу електричної енергії до електроприймачів підприємства, полягали у виборі раціональної схеми електропостачання, конструктивного виконання мережі, визначенні параметрів кабельних ліній, виборі розподільчих пристроїв, а також підборі комутаційної та захисної апаратури. Обрана структура мережі забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання, зручність експлуатації та можливість подальшого розвитку підприємства.

Особливу увагу приділено перевірці роботи елементів системи електропостачання в аварійних режимах. Було виконано розрахунок струмів короткого замикання в мережах різних рівнів, що дозволило перевірити правильність вибору комутаційно-захисної апаратури, кабельних ліній та інших струмопровідних елементів. Отримані результати підтвердили відповідність обраного обладнання умовам надійної та безпечної роботи.

Крім того, у проєкті враховано питання електробезпеки, зокрема застосування систем захисного заземлення, використання сучасних засобів захисту від перевантажень і коротких замикань, а також впровадження заходів щодо запобігання аварійним ситуаціям і забезпечення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу.

Розроблена система електропостачання інструментального заводу характеризується високою надійністю, економічністю та ефективністю. Вона забезпечує необхідну якість електроенергії, стабільність напруги та безперебійне живлення електроприймачів, що є важливою умовою для безперервності технологічного процесу та випуску якісної продукції.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : ВНТУ, 2017. 122 с.
2. Давиденко Л. В., Коменда Н.В., Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіонбуд, 2018. 137 с.
4. Конденсаторні установки. ТОВ «Бутон». URL: <https://tovbuton.com.ua>
5. Правила улаштування електроустановок. Харків : «Індустрія», 2014.
6. Каталог продукції. ТОВ «Екватор». URL: <http://ekvator.net.ua/>
7. Лічильники електроенергії. ЗАТ «ЕЛВІН».URL: <https://elmisto.com.ua/>
8. Каталог продукції. "Мегомметр". URL: <https://www.megommetr.com>
9. ТС. ТОВ Електросервіс. URL: <http://elektroservice.com.ua>
10. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007.
11. Каталог продукції АСКО-УКРЕМ. URL: <https://www.acko.ua/>
12. Панелі ЩО-90. ТОВ ВТП «Бутон». URL: <https://tovbuton.com.ua>
13. Автоматичні вимикачі ВА-77. ТМ «Електро». URL: <https://electrotm.ua/>
14. Промислові світлодіодні світильники. ТОВ "LEDSTER™" URL: <https://ledster.com.ua/>
15. Шульга А.А., Полупан І. І., Ткаченко А.А. Автоматизований електропривод металорізальних верстатів. Краматорськ: ДДМА, 2010. 124 с.
16. Леві Л.І. Електропривод та автоматизація верстатів-автоматів : навч. пос. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. 106 с.
17. Загальнопромислові електродвигуни. Каталог. ТОВ «ЕлектроЕксперт». Режим доступу: <https://xn--80addceesnhi0axzh6mb.xn--j1amh/>
18. Основи охорони праці: Підручник / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, та ін. За ред. К.Н. Ткачука. К. : Основа, 2011.

					ЛНТУ.971075.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

