

Міністерство 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 інструментального заводу встановленою потужністю 1080 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

Березний Роман Григорович

(підпис)

Керівник: к.т.н., професор

Добровольська Любов Наумівна

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент:

Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Березний Роман Григорович . Проєктування системи електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1080 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 впорядкованих діаграм

Annotation

Bereznyi Roman Hryhorovych. Design of the power supply system for a tool manufacturing plant with an installed capacity of 1080 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.....	7
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	8
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	14
2.1. Розрахунок силового електричних навантажень.....	14
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	16
2.3. Визначення результуючих навантажень	17
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	18
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	18
2.6. Компенсація реактивної потужності	20
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	20
2.8. Проєктування мережі живлення підприємства.....	21
2.9. Проєктування внутрішньої розподільної мережі	21
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання	23
2.11. Вибір апаратури.....	23
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв	23
2.11.2. Вибір роз'єднувачів	24
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	24
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху	25
2.12.1. Вибір схеми електропостачання	25
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	26
2.12.3. Вибір трансформаторів струму	29
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів	30
2.12.5. Вибір рубильників	31
2.13. Проєктування освітлювальної мережі.....	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СТРІЧКОПИЛЬНОГО ВЕРСТАТУ	33
3.1. Вибір електродвигуна	33
3.2. Побудова природної характеристики електродвигуна	33
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР). 35	
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	37
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	39
ДОДАТКИ	40
Додаток А Використані методики	40

					<i>ЛНТУ.971085.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Березний Р.Г.				Проєктування системи електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1080 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевірів	Добровольська Л.Н.					Д	6
Реценз.							67
Н.контр	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41	
Затвердив	Волинець В.І.						

ВСТУП

Проектування надійної, безпечної та економічно ефективної системи електропостачання промислового підприємства є ключовим етапом інженерної підготовки виробництва, що визначає подальшу безперебійність та рентабельність усього технологічного циклу. Заданим об'єктом дослідження є спеціалізований машинобудівний завод з виробництва кованих та штампованих деталей для потреб сільськогосподарської техніки, встановлена потужність якого становить 1080 кіловат. Дане підприємство належить до категорії енергоємних виробництв середньої ланки, де технологічний процес характеризується інтенсивним використанням потужного електроприводу, установок височастотного нагріву та спеціалізованого важкого пресового обладнання. Виробнича потужність заводу дозволяє випускати великосерійні партії життєво важливих вузлів, валів, шестерень та елементів несучих конструкцій, що піддаються значним динамічним навантаженням під час експлуатації агротехніки у складних польових умовах. Режим роботи підприємства організовано за двозмінним графіком для більшості допоміжних підрозділів та суворим тризмінним безперервним графіком для основних гарячих цехів. Така необхідність продиктована тим, що повна зупинка індукційних нагрівачів та термічних печей призводить до колосальних втрат електричної енергії на їхній повторний розігрів до робочих температур та суттєво підвищує ймовірність отримання бракованої продукції через порушення металургійних процесів. Технологічні особливості такого виробництва висувають надзвичайно жорсткі вимоги до якості електричної енергії та безперебійності живлення. Наявність великої кількості споживачів з різкозмінним та яскраво вираженим ударним характером навантаження, таких як кривошипні гарячоштампувальні преси та масивні кувальні молоти, неодмінно спричиняє коливання напруги в живильній мережі та генерує значну частку реактивної потужності. Більшість технологічного обладнання підприємства належить до другої категорії надійності електропостачання, що технологічно допускає короточасні перерви в живленні на час ручного введення резервного джерела.

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Виробнича структура заводу формується на базі тісної технологічної кооперації семи спеціалізованих підрозділів, кожен з яких виконує чітко регламентовану частину загального безперервного процесу перетворення сирого металопрокату на готові прецизійні машинобудівні компоненти. Головним виробничим осередком підприємства, де зосереджено найбільш енергоємне, важке та специфічне обладнання, є ковальсько-пресовий цех. Його першочергове завдання полягає у глибокій пластичній деформації попередньо розігрітих сталевих заготовок для надання їм заданої складної просторової форми з одночасним ущільненням та покращенням внутрішньої кристалічної структури металу, що є критично важливою вимогою для відповідальних деталей сільськогосподарської техніки. Саме тут відбувається первинне нарізання прокату на мірні частини, їх швидкісне безконтактне нагрівання в індукційних установках струмами високої частоти та подальше об'ємне штампування на потужних гідравлічних та механічних пресах, робота яких створює надзвичайно великі імпульсні навантаження на цехову трансформаторну підстанцію. Після завершення етапу гарячого формування отримані поковки обов'язково направляються до термічного цеху для зняття внутрішніх залишкових напружень, загального підвищення експлуатаційної міцності та досягнення необхідної розрахункової твердості поверхні. У цьому спеціалізованому підрозділі цілодобово функціонують різноманітні камерні, шахтні та конвеєрні електричні печі опору, які є вкрай потужними симетричними споживачами активної енергії і вимагають суворого мікропроцесорного контролю для дотримання складних температурних графіків. Наступним логічним етапом виробництва є прецизійне зняття надлишків металу, нарізання внутрішніх та зовнішніх різьб, шліфування відповідальних посадкових місць та доведення деталей до остаточних геометричних розмірів, що висококласно здійснюється у механічному цеху. Цей підрозділ масово оснащений надзвичайно

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1080 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Березний Р.Г.					Д	8	6
Перевірих	Добровольська ЛН.					ФАБЕ, зр ЕЕз-41		
Реценз.								
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

широким спектром металорізального обладнання, включаючи швидкісні токарні автомати, багатоосьові обробні фрезерні центри та високоточні круглошліфувальні верстати з числовим програмним керуванням, які працюють у тривалому режимі та гостро потребують стабільної номінальної напруги для забезпечення стабільної мікронної точності обробки. Вже повністю готові та перевірені деталі надходять до складально-зварювального цеху, де з них формуються складні кінематичні вузли, зварні несучі конструкції та повноцінні готові агрегати. Наявність у цьому приміщенні значної кількості постів ручного дугового, напівавтоматичного та контактного точкового зварювання зумовлює вкрай низький коефіцієнт потужності в цій робочій зоні, що безальтернативно вимагає локального встановлення конденсаторних установок. Для безумовного забезпечення безперервності роботи основного ковальського обладнання на заводі постійно функціонує інструментальний цех, який спеціалізується виключно на індивідуальному виготовленні та відновленні надзвичайно складних і дорогих штампів, матриць, прес-форм та спеціального калібрувального інструменту. Надзвичайно висока вартість такого штампового оснащення вимагає застосування в цьому підрозділі прецизійних електроерозійних, дротяно-вирізних та координатно-розточних верстатів, які є гіперчутливими до будь-яких раптових перепадів чи провалів напруги в мережі. Підтримання всього гігантського машинного парку підприємства в бездоганному технічному та працездатному стані повністю покладено на ремонтно-механічний цех. Його висококваліфіковані фахівці регулярно здійснюють планово-попереджувальні та капітальні ремонти, глибоку модернізацію застарілих пресів, відновлення зношених тертьових деталей та оперативне виготовлення нестандартних запасних частин, активно використовуючи універсальне верстатне, зварювальне та підйомно-транспортне обладнання. Замикає складну виробничу структуру логістичний транспортний цех, який централізовано відповідає за безперебійне забезпечення сировиною, переміщення важких розпечених поковок між підрозділами та фінальне відвантаження готової продукції на склади. Експлуатаційний парк цього цеху складається з потужних акумуляторних навантажувачів, важких мостових кранів та розгалужених конвеєрних ліній, що зумовлює наявність великої зарядної

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

інфраструктури, випрямних агрегатів та довгих тролейних струмопроводів під дахами будівель. Усі без винятку цехи нерозривно пов'язані єдиним матеріальним потоком та об'єднані загальнозаводською кабельною магістральною естакадою, що вимагає вкрай ретельного математичного узгодження графіків електричних навантажень усіх семи підрозділів для оптимальної, симетричної та безаварійної роботи головної знижувальної підстанції підприємства.

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-10/0,4 кВ, відстань до якої становить 0,9 км. Потужність КЗ на шинах джерела живлення дорівнює 80 МВА.

Реактивна потужність, дозволена енергосистемою, становить 102 кВАр.

Загальна територія підприємства становить 26040 м², площа будівель складає 4832 м². Характеристики об'єктів в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики об'єктів

Назва	S, m^2	$P_{ест}, кВт$
Ковальсько-пресовий цех	864	252,5
Механічний цех	864	154,5
Термічний цех	576	135
Складально-зварювальний цех	864	180
Інструментальний цех	576	125
Ремонтно-механічний цех	576	145
Транспортний цех	512	88
Всього	4832	1080

Ковальсько-пресовий цех є головним заготівельним підрозділом інструментального та машинобудівного підприємства, де здійснюється первинна пластична деформація металу та формування базової геометрії майбутніх відповідальних деталей, що піддаватимуться високим експлуатаційним навантаженням. Технологічний процес у цьому цеху суворо організований у вигляді чітко спланованого конвеєрного потоку, що дозволяє мінімізувати критичні втрати

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплової енергії розігрітих заготовок під час їхнього міжопераційного переміщення. Початковою стадією загального виробничого циклу є отримання довгомірного сталевих сортового прокату зі складу та його надзвичайно точний розкрій на мірні заготовки необхідної маси та визначеної довжини. Цю відповідальну операцію виконує високопродуктивний стрічкопильний верстат, безперервний односпрямований рух пиляльного полотна якого забезпечує рівний, ідеально чистий зріз з мінімальними втратами дорогоцінного легованого металу у стружку, що є економічно доцільним та вигідним при великосерійному масовому виробництві. Після етапу розкрою холодні сталеві циліндричні або квадратні заготовки безперервно подаються на ділянку гарячого формування, де ключову технологічну роль відіграє потужна індукційна нагрівальна установка. Її головне призначення полягає у швидкісному, глибокому та безконтактному розігріві суцільного металу до необхідної кувалльної температури за допомогою індукованих вихрових струмів високої частоти. Такий метод дозволяє суттєво зменшити утворення твердої поверхневої окалини та забезпечити абсолютно рівномірне прогрівання всього об'єму масивної деталі безпосередньо перед її подальшою інтенсивною деформацією. Для гарантованого захисту високовольтних кіл живлення таких потужних індукційних установок та живлячих цехових трансформаторів від струмів короткого замикання у проєкті передбачено використання надійних високовольтних запобіжників серії ПКТ 113-10-80, які мають відповідне маркування e.pt від виробника E.NEXT, що забезпечує миттєве дугогасіння та високий рівень безпеки обслуговуючого персоналу під час виникнення аварійних режимів роботи. Досягнувши оптимального високотемпературного пластичного стану, розпечена заготовка за допомогою кліщів або маніпулятора миттєво переміщується безпосередньо під робочий орган кривошипного гарячоштампувального преса. Цей масивний кінематичний механізм здійснює точне об'ємне штампування деталі у спеціальних закритих сталевих матрицях під дією величезного спрямованого зусилля, формуючи складний просторовий профіль майбутніх шестерень, зубчастих коліс та фланців з надзвичайно високою точністю та одночасним глибоким ущільненням кристалічної решітки металу. Для виготовлення особливо крупногабаритних нестандартних поковок

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

методом вільного кування або для проміжного попереднього формування складних заготовок перед фінальним штампуванням активно використовується кувальний пневматичний молот. Робота цього ударного агрегату супроводжується значними динамічними вібраціями та різкозмінним імпульсним графіком споживання електричної енергії, оскільки масивна падаюча баба молота завдає серію коротких потужних ударів по розпеченому металу, поступово надаючи йому необхідної геометричної форми. Зважаючи на той факт, що процеси інтенсивного нагрівання металу, постійне згоряння технологічних графітових мастил на гарячих робочих поверхнях штампів та безперервна робота важких механізмів призводять до колосального неконтрольованого виділення теплової енергії, диму та шкідливих газів у робочу зону цеху, абсолютно критичним інженерним елементом життєзабезпечення підрозділу виступає потужна установка припливно-витяжної вентиляції. Вона надійно забезпечує постійну примусову циркуляцію свіжих повітряних мас, ефективно та швидко видалення токсичних продуктів горіння та суворе підтримання жорстких санітарно-гігієнічних норм мікроклімату, безперервно відводячи надлишкове промислове тепло далеко за межі виробничої будівлі. Одразу після вилучення відштампованої розпеченої деталі з порожнини матриці на її зовнішньому контурі завжди залишається технологічний надлишок металу у вигляді тонкого облою, для швидкого та рівного видалення якого призначений спеціалізований механічний обрізний прес. Він стабільно працює у безпосередньому тандемі з основним гарячостампувальним обладнанням, виконуючи точне механічне зрізання країв облою строго по складному контуру деталі, остаточно готуючи її до наступних термічних операцій. У технологічних випадках, коли великогабаритні плоскі вироби потребують додаткового точного калібрування розмірів після охолодження або виникає необхідність глибокої витяжки товстого листового металу, до виробничого ланцюжка долучається гідравлічний прес. На відміну від швидкодіючих ударних кривошипних аналогів, він створює дуже плавне, лінійно зростаюче та рівномірне потужне статичне зусилля на заготовку, повністю унеможлиблюючи небезпечну появу внутрішніх мікротріщин чи розривів волокон матеріалу. Для обов'язкового зняття значних внутрішніх залишкових макронапружень у металі, які завжди

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неминуче виникають після глибокої та інтенсивної пластичної деформації, готові поковки масово завантажуються у простору термічну електричну піч. Цей автоматизований агрегат надійно забезпечує плавний рівномірний підігрів маси металу до заданої технологічної температури, тривалу стабілізаційну витримку в часі та подальше суворо контрольоване повільне охолодження, повністю нормалізуючи структуру легованої сталі перед її відправленням до суміжного механічного цеху для остаточної розмірної обробки. На найостаннішій фінальній стадії загального технологічного циклу, щоб якісно очистити поверхню готових охолоджених поковок від твердих залишків окалини, пригарів формувального піску або дрібного технологічного сміття, використовується промисловий галтувальний барабан. У цьому обертовому механізмі тисячі дрібних деталей повільно перемішуються разом із твердими абразивними матеріалами та дрібним металевим дробом, внаслідок чого відбувається постійне взаємне тертя та надзвичайно ефективне механічне очищення всіх поверхонь, що надає готовим виробам належного чистого товарного вигляду перед їхнім транспортуванням на склад.

Таблиця 1.2 – Характеристики приймачів електроенергії цеху

Назва	n	$P_{\text{вст}}$
Стрічкопильний верстат СРЗ-200М	2	11
Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	3	22
Кривошипний гарячоштампувальний прес К862	4	18,5
Кувальний пневматичний молот МА4132	3	15
Установка припливно-витяжної вентиляції ВЦ 4-75	3	11
Обрізний прес К2130	1	12,5

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силового електричних навантажень

Для розрахунку електричних навантажень використаємо «Ковальсько-пресовий цех». Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок силового навантаження цеху

Назва електроприймача		$P_{\text{но}}$	n	$P_{\text{вст}}$	$K_{\text{в}}$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	m	$n_{\text{еф}}$	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{ср.зм, кВт}}$	$Q_{\text{ср.зм, квар}}$	$P_{\text{р кВт}}$	$Q_{\text{р кВАр}}$
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Група А	Стрічкопильний верстат СРЗ-200М	11	2	22	0,16	0,8	0,75	2,00	8	1,91	3,52	2,64	58,97	23,76
	Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	22	2	44	0,35	0,88	0,54				15,40	8,31		
	Кривошипний гарячопштампувальний прес К862	18,5	2	37	0,2	0,7	1,02				7,40	7,55		
	Кувальний пневматичний молот МА4132	15	2	30	0,15	0,65	1,17				4,50	5,26		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
Установка припливно-витяжної вентиляції ВЦ 4-75		11	1	11	0,65	0,7	1,02				7,15	7,29	7,15	7,29
всього			9	144							37,97	31,06	66,12	31,06

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Березний Р.Г.			Проектування системи електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1086 кВт. Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Добровольська Л.Н.					Д	14	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	Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	22	1	22	0,35	0,88	0,54	2,00	5	2,63	7,70	4,16	50,84	15,58
	Обрізний прес К2130	12,5	1	12,5	0,16	0,85	0,62				2,00	1,24		
	Кривошипний гарячостампувальний прес К862	18,5	2	37	0,2	0,7	1,02				7,40	7,55		
	Кувальний пневматичний молот МА4132	15	1	15	0,15	0,65	1,17				2,25	2,63		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
	Установка припливно-витяжної вентиляції ВЦ 4-75	11	2	22	0,65	0,7	0,75				14,30	10,7	14,30	10,73
	всього Б		7	108,5							33,65	26,30	65,14	26,30
	ВСЬОГО по цеху		16	252,5							71,62	57,36	131,2	57,36

Розрахунок силового навантаження для підприємства загалом виконуємо за аналогічною методикою. Отримані результати наведемо в таблиці 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
1	2	3	4	5	6	7	8
Ковальсько-пресовий цех	252,50	71,62	57,36	91,76	131,26	57,36	143,30
РП 1	144,00	37,97	31,06	49,05	66,12	31,06	73,05
РП 2	108,50	33,65	26,30	42,71	65,14	26,30	70,25
Механічний цех	154,50	58,40	77,67	97,18	91,49	85,44	125,89
РП 1	80,34	36,15	48,08	60,16	47,00	52,89	70,76
РП 2	74,16	22,25	29,59	37,02	44,50	32,55	55,13
Складально-зварювальний цех	135,00	47,25	62,84	78,62	73,71	69,13	101,05
РП 1	70,20	21,06	28,01	35,04	42,12	30,81	52,19

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					15

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
РП 2	64,80	22,68	30,16	37,74	35,38	33,18	48,51
Термічний цех	180,00	63,00	83,79	104,83	98,28	92,17	134,74
РП 1	93,60	37,44	49,80	62,30	58,41	54,77	80,07
РП 2	86,40	30,24	40,22	50,32	47,17	44,24	64,67
Інструментальний цех	125,00	50,00	66,50	83,20	78,00	73,15	106,93
РП 1	65,00	26,00	34,58	43,26	40,56	38,04	55,61
РП 2	60,00	24,00	31,92	39,94	37,44	35,11	51,33
Ремонтно-механічний цех	145,00	50,75	67,50	84,45	79,17	74,25	108,54
РП 1	75,40	30,16	40,11	50,19	47,05	44,12	64,50
РП 2	69,60	27,84	37,03	46,33	43,43	40,73	59,54
Транспортний цех	88,00	30,80	40,96	51,25	36,96	45,06	58,28
РП 1	45,76	27,46	36,52	45,69	54,91	40,17	68,04
Всього	1080,00	371,82	456,62	588,86	588,88	496,55	778,73

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок електричних навантажень виконаємо відповідно до додатка А. Отримані результати зведемо в таблицю 2.3..

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Назва об'єкта	F, m^2	h, m	$P_{lum}, \frac{Bm}{m^2}$	$P_o, кВт$	$K_{пра}$	K_n	$\cos\varphi$	$P_{p.o}, кВт$	$Q_{p.o}, кВ$
Ковальсько-пресовий цех	864	4	12	10,37	1	0,95	0,95	9,85	3,24
Механічний цех	864	5	11	9,50	1	0,95	0,95	9,03	2,97
Термічний цех	576	5	9	5,18	1	0,85	0,95	4,41	1,45
Складально-зварювальний цех	864	6	12	10,37	1	0,85	0,95	8,81	2,90
Інструментальний цех	576	4	10	5,76	1	0,85	0,95	4,90	1,61
Ремонтно-механічний цех	576	5	10	5,76	1	0,8	0,95	4,61	1,51
Транспортний цех	512	6	10	5,12	1	0,8	0,95	4,10	1,35
Зовнішнє	26040		0,12	3,12	0,95	1	0,95	3,12	1,03
Всього	4832			55,19				48,82	16,05

2.3. Визначення результуючих навантажень

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

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарного навантаження на шини НН ТП

Назва об'єкта		$P_{вст\Sigma}, \text{кВт}$	$P_{ср.зм\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{ср.зм\Sigma}, \text{квар}$	$S_{ср.зм\Sigma}, \text{кВА}$	$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{p\Sigma}, \text{квар}$	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$
Ковальсько-пресовий цех	РП 1	154,37	47,82	34,29	58,85	66,12	31,06	73,05
	РП 2	108,50	33,65	26,30	42,71	74,99	29,54	80,60
	Σ	262,87	81,47	60,60	101,55	141,11	60,60	153,65
Механічний цех	РП 1	80,34	36,15	48,08	60,16	47,00	52,89	70,76
	РП 2	83,66	31,28	32,56	45,15	53,52	35,52	64,24
	Σ	164,00	67,43	80,64	105,31	100,52	88,41	134,99
Термічний цех	РП 1	70,20	21,06	28,01	35,04	42,12	30,81	52,19
	РП 2	69,98	27,09	31,61	41,63	39,79	34,63	52,75
	Σ	140,18	48,15	59,62	76,63	81,91	65,44	104,84
Складально-зварювальний цех	РП 1	93,60	37,44	49,80	62,30	58,41	54,77	80,07
	РП 2	96,77	39,05	43,12	58,17	55,99	47,14	73,19
	Σ	190,37	76,49	92,91	120,35	114,39	101,91	153,21
Інструментальний цех	РП 1	65,00	26,00	34,58	43,26	40,56	38,04	55,61
	РП 2	65,76	28,90	33,53	44,26	42,34	36,72	56,04
	Σ	130,76	54,90	68,11	87,48	82,90	74,76	111,63
Ремонтно-механічний цех	РП 1	75,40	30,16	40,11	50,19	47,05	44,12	64,50
	РП 2	75,36	32,45	38,54	50,38	48,04	42,24	63,97
	Σ	150,76	62,61	78,65	100,53	95,09	86,37	128,46
Транспортний цех	РП 1	45,76	27,46	36,52	45,69	54,91	40,17	68,04
	Σ	93,12	65,34	82,81	105,48	99,56	90,95	134,85
Зовнішнє		3,12	3,12	1,03	3,29	3,12	1,03	3,29
Всього		1135,19	459,51	524,37	700,62	718,61	569,46	924,91

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Відповідно до додатка А визначимо координати центрів активного та реактивного навантажень. Результати розрахунків занесемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантаження

Назва об'єкта	x, м	y, м	$Q_{PE} \cdot x$	$Q_{PE} \cdot y$	r	α	$P_{PE} \cdot x$	$P_{PE} \cdot y$
Ковальсько-пресовий цех	96,4	77,6	14812	11923	47	25	13603	10950
Механічний цех	15,6	21,6	2106	2916	40	32	1568	2171
Термічний цех	95,6	16,4	10023	1719	36	19	7830	1343
Складально-зварювальний цех	15,6	68,8	2390	10541	43	28	1785	7870
Інструментальний цех	55,6	100,4	6206	11207	36	21	4609	8323
Ремонтно-механічний цех	55,6	124,4	7142	15980	39	17	5287	11829
Транспортний цех	59,6	11,6	8037	1564	40	15	5934	1155
Ца	56,5	60,7						
Цр	89,1	98,1						
Всього			50716	55851			40616	43642

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

Орієнтовний вибір кількості та потужності силових трансформаторів виконаємо відповідно до додатка А, а результати вибору занесемо до таблиці 2.6.:

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

Показник	І група	
	I	II
$P_{\text{ср.3м}\Sigma}, \text{кВт}$	459,51	459,51
$Q_{\text{ср.3м}\Sigma}, \text{кВАр}$	524,37	524,37
$S_{\text{ср.3м}\Sigma}, \text{кВА}$	700,62	700,62
$F, \text{м}^2$	4832	4832
Тип трансформатора	ТМ-630	ТМ-400
$N_{\text{min}}, \text{шт.}$	1,0	1,6
$N_{\text{опт}}, \text{шт.}$	2,0	2,0
$Q_{\text{max T}}, \text{кВАр}$	752,84	320,08
$Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$	0,0	204,3
K_{p1}	12	12
K_{p2}	15	10
γ	0,92	0,99
$Q_{\text{НБК2}}, \text{квар}$	0,00	0,00
$Q_{\text{НБК}}, \text{квар}$	0,00	204,3
Тип НБК	-	АУКРМ-0.4-100/2,5
$\Delta P_X, \text{кВт}$	2,27	1,45
$\Delta P_K, \text{кВт}$	7,6	5,5
$\Delta W, \text{тис.кВт}\cdot\text{год}$	20,888	13,497
$C_e, \text{тис.грн.}$	261,095	168,710
$K, \text{тис.грн.}$	860,000	728,464
$З, \text{тис.грн.}$	368,595	259,768
Перевірка трансформаторів на можливість перевантаження в аварійному режимі	$1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА} > (2 \cdot (1-0,19) \cdot 700,62) / 2 = 568 \text{ кВА}$	

2.6. Компенсация реактивной мощности

Недоцільно виконувати компенсацію на стороні 10 кВ, тому всю компенсацію здійснимо на стороні 0,4 кВ. Результати розрахунків наведемо в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок потужності ВБК

Показник	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$, квар	524,37
$Q_{\text{еmax}}$, квар	102
$Q_{\text{НБКф}}$, квар	200
$\Delta Q_{\text{Т}}$, квар	20
$K_{\text{НС}}$	0,85
$Q_{\text{М1}}$, квар	445,71
$Q_{\text{К1}}$, квар	343,71
$Q_{\text{НСТ}}$, квар	364,37
$Q_{\text{ВБК}}$, квар	183,71
Тип НБК	АУКРМ-0.4-190/2,5

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Результати розрахунків електричних навантажень на вищих рівнях СЕП зведемо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження	Значення
$P_{\text{ср.зм}\Sigma}$ кВт	459,51
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$ квар	524,37
$Q_{\text{НБК}}$ квар	380
$P_{\text{р3}}$ кВт	459,51
$Q_{\text{р3}}$ квар	144,37
$S_{\text{р3}}$ кВА	481,66
$\Delta P_{\text{Т}}$ кВт	9,63
$\Delta Q_{\text{Т}}$ квар	48,17
$P_{\text{р4}}$ кВт	469,14
$Q_{\text{р4}}$ квар	192,53
$S_{\text{р4}}$ кВА	507,11

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Відповідно до додатка А проведемо перевірку живлячих ліній АХЕКВ-10 (ЗЗКМ) 10 кВ. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{П}}, \%$	$K_{\text{ЗЛ}}$	$\Delta P_{\text{Н}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{Д}}, \text{кВт}$	$C_e, \text{тис. грн.}$	$З, \text{тис. грн.}$	$K, \text{тис. грн.}$
35	115	118,45	0,89	0,095	17,55	0,18	0,35	0,124	33,72	0,514973	6,290596	114,291	864
50	140	144,2	0,63	0,09	12,73	0,13	0,25	0,124	33,72	0,514973	6,290596	167,578	1305
70	165	169,95	0,45	0,086	9,39	0,09	0,19	0,102	35,37	0,364532	4,452894	192,631	1515,6
95	205	211,15	0,33	0,083	7,16	0,07	0,14	0,086	35,09	0,26038	3,180638	220,132	1742,4
120	216	222,48	0,258	0,081	5,82	0,06	0,12	0,069	39,72	0,190945	2,332468	260,574	2070
150	246	253,38	0,206	0,79	14,58	0,15	0,29	0,066	34,48	0,149284	1,823566	311,956	2484
185	275	283,25	0,167	0,077	4,10	0,04	0,08	0,052	36,18	0,09663	1,18037	365,680	2916
240	314	323,42	0,115	0,075	3,13	0,03	0,06	0,045	32,48	0,066541	0,81283	446,313	3564

Обираємо АХЕКВ-10 (ЗЗКМ) -перерізом 3х35

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем ВББШв (Одескабель) та розподільчих пунктів ПР24-3015 (ЕнергоМашЩит) проведемо в таблиці 2.10 та 2.11

Таблиця 2.10 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{n.ав}, \text{А}$	$l, \text{км}$	S	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$I''_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{П.АВ}}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП1.1	2	73,05	55,49	110,99	0,114	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	3,00	6,01
ТП-РП1.2	2	80,60	61,23	122,46	0,096	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,79	5,58
ТП-РП2.1	2	70,76	53,75	107,50	0,102	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,60	5,21
ТП-РП2.2	2	64,24	48,80	97,60	0,144	16	115	118	91,8	2,000	0,0700	3,34	6,67

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					21

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП3.1	2	52,19	39,64	79,29	0,114	10	85	88	91,8	2,000	0,0700	3,38	6,76
ТП-РП3.2	2	52,75	40,07	80,14	0,114	10	85	88	124,2	1,250	0,0700	3,42	6,84
ТП-РП4.1	2	80,07	60,83	121,66	0,102	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,95	5,89
ТП-РП4.2	2	73,19	55,60	111,20	0,108	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,85	5,70
ТП-РП5.1	2	55,61	42,24	84,48	0,108	10	85	88	91,8	2,000	0,0700	3,41	6,83
ТП-РП5.2	2	56,04	42,57	85,15	0,126	10	85	88	91,8	2,000	0,0700	4,01	8,03
ТП-РП6.1	2	64,50	49,00	98,00	0,126	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,93	5,86
ТП-РП6.2	2	63,97	48,60	97,19	0,12	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,77	5,54
РП6.2-РП7.1	2	68,04	103,37	103,37	0,09	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	4,42	4,42

Таблиця 2.11 – Вибір розподільчих пунктів

Назва будівлі	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{доп}, \text{А}$
Ковальсько-пресовий цех	73,05	55,49	250
	80,60	61,23	250
Механічний цех	70,76	53,75	250
	64,24	48,80	250
Термічний цех	52,19	39,64	250
	52,75	40,07	250
Складально-зварювальний цех	80,07	60,83	250
	73,19	55,60	250
Інструментальний цех	55,61	42,24	250
	56,04	42,57	250
Ремонтно-механічний цех	64,50	49,00	250
	63,97	48,60	250
Транспортний цех	68,04	103,37	250
	67,62	102,74	250

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{кз} = .80 \text{ МВА}$. Результати розрахунків згідно додатку А запишемо в наступну таблицю 2.12

Таблиця 2.12 –Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Значення
$S_{кз} \text{ МВА}$	80
$\dot{X}_{C*}$	1,250
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	0,078
$\dot{X}_{КЛ12*}$	0,039
$\dot{X}_{рез*}$	1,289
$I_6 \text{ кА}$	5,50
$I_{n0} \text{ кА}$	4,267
k_y	1,4
$i_y \text{ кА}$	8,447
$K_T \frac{A \cdot c^{1/2}}{\text{мм}^2}$	118
$t_n \text{ с}$	0,25
$F_{min} \text{ мм}^2$	18,1
$B_{KA2} \cdot c$	4,55

2.11. Вибір апаратури

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для розподілу електроенергії на стороні ТП 10 кВ ми приймаємо камери серії КСО-399 (УкрЕлектрокомплект)., 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-90 (ТОВ «УкрЕлектро»)

Таблиця 2.13 – Перевірка комірок

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	14,64
$I_{max}, \text{А}$	29,28
$i_y, \text{кА}$	8,447
$I_{n0} \text{кА}$	4,55

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі обладнані заземлюючими ножами РВЗ-10/400 УЗ (УкрЕлектро). Відповідно до додатка А проведемо перевірку. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Перевірка роз'єднувача

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	14,64
$I_{max}, \text{А}$	29,28
$i_y, \text{кА}$	8,447
$I_{n0} \text{кА}$	4,267
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	4,55

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Попередньо вибираємо вимикачі навантаження типу ВНВ-П-10/630-20з УЗ (Екватор) Перевірку вимикачів навантаження виконаємо за умовами, наведеними в додатку А. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Перевірка вимикачів навантаження

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	14,64
$I_{max}, \text{А}$	29,28
$i_y, \text{кА}$	8,447
$I_{n0} \text{кА}$	4,267
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	4,55

Вибираємо запобіжники ПКТ 103-10-80 (Комплекс-ЕлектрО) , результати перевірки запобіжників в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Перевірка запобіжника

Показник	Розрахункові дані
$U_{уст}$, кВ	10
I_{max} , А	29,28
I_{n0} кА	4,267
B_K , кА ² ·с	4,55

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Розрахуємо низьковольтну мережу на прикладі ковальсько-пресового цеху. Результати вибору кабелів зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір кабелів цехової розподільчої мережі

Назва електроприймача	P_H , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.до}$	Кабель
Група А						
Стрічкопильний верстат СРЗ-200М	11	0,8	20,89	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	22	0,88	37,98	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Кривошипний гарячостампувальний прес К862	18,5	0,7	40,15	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Кувальний пневматичний молот МА4132	15	0,65	35,06	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Установка припливно-витяжної вентиляції ВЦ 4-75	11	0,70	23,88	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Група Б						
Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	=	0,88	37,98	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Обрізний прес К2130	12,5	0,85	22,34	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Кривошипний гарячостампувальний прес К862	18,5	0,70	40,15	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Кувальний пневматичний молот МА4132	15	0,65	35,06	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Установка припливно-витяжної вентиляції ВЦ 4-75	11	0,70	23,88	4	37	ВВГнг-LS-4х4

Вибрані проводи підлягають перевірці за втратами напруги. Результати перевірки кабелів за втратами напруги наведемо в таблиці 2.18.

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.18 – Перевірка кабелів цехової розподільчої мережі за величиною втрат напруги

Назва електроприймача	n	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{О}}{\text{к}}$	l, км	$\Delta U\%$	Провід
Група А						
Стрічкопильний верстат СРЗ-200М	2	5	0,09	0,0140	0,540	ВВГнг-LS-4x4
				0,0320	1,235	ВВГнг-LS-4x4 ВВГнг-LS-4x4
Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	2	2	0,07	0,0410	1,273	ВВГнг-LS-4x10
				0,0190	0,590	ВВГнг-LS-4x10
Кривошипний гарячостампувальний прес К862	2	2	0,07	0,0310	0,823	ВВГнг-LS-4x10
				0,0420	1,115	ВВГнг-LS-4x10
Кувальний пневматичний молот МА4132	2	2	0,07	0,0430	0,930	ВВГнг-LS-4x10
Установка припливно-втяжної вентиляції ВЦ 4-75	1	5	0,09	0,0260	1,008	ВВГнг-LS-4x4
				0,0430	1,668	ВВГнг-LS-4x4
Група Б						
Індукційна нагрівальна установка ІНТ-20	2	2	0,07	0,0460	1,428	ВВГнг-LS-4x10
				0,0470	1,459	ВВГнг-LS-4x10
Обрізний прес К2130	2	5	0,09	0,0140	0,613	ВВГнг-LS-4x4
				0,0140	0,613	ВВГнг-LS-4x4
Кривошипний гарячостампувальний прес К862	2	2	0,07	0,0250	0,663	ВВГнг-LS-4x10
				0,0400	1,062	ВВГнг-LS-4x10
Кувальний пневматичний молот МА4132	1	2	0,07	0,0310	0,627	ВВГнг-LS-4x10
Установка припливно-втяжної вентиляції ВЦ 4-75	2	5	0,09	0,0480	1,862	ВВГнг-LS-4x4
				0,0460	1,797	ВВГнг-LS-4x4

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

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола наведені на рисунках 2.1 і 2.2. Вихідні дані для виконання розрахунків подано в таблиці 2.19.

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

Показник	Значення
U_0 кВ	0,4
I_{k10} кА	4,267
U_{c10} кВ	10,5
$S_{\text{ном.Т}}$ кВА	400
ΔP_k кВт	5,5
α_k %	4,5

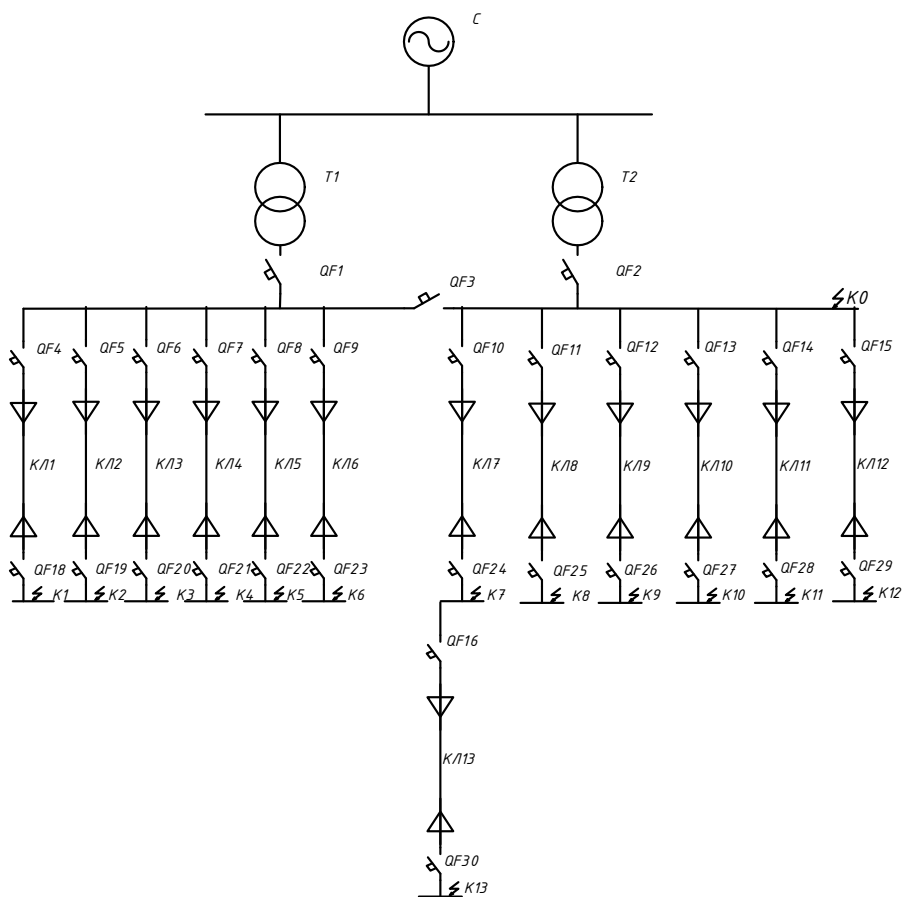


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

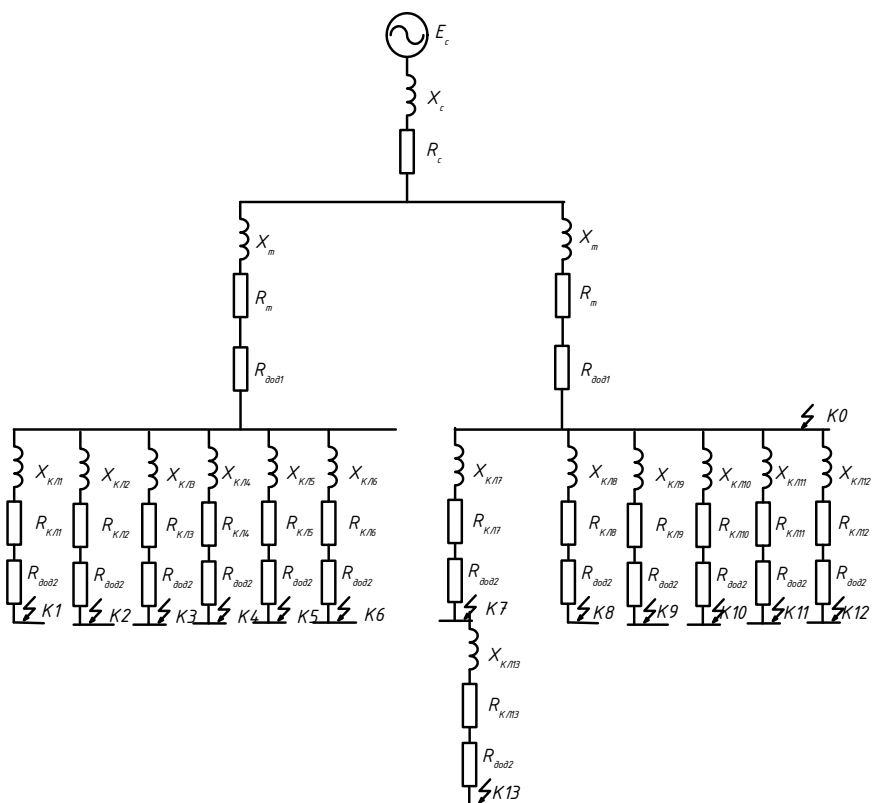


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

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
$R_c \text{ Ом}$	0,801
$X_c \text{ Ом}$	1,421
$\dot{R}_c \text{ мОм}$	1,162
$\dot{X}_c \text{ мОм}$	2,062
$\dot{R}_T \text{ мОм}$	5,500
$\dot{X}_T \text{ мОм}$	18,000
$\dot{R}_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	21,662
$\dot{X}_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	20,062
$Z_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	29,525
$I_K \text{ кА}$	7,822
$k_y -$	1,05
$i_y \text{ кА}$	11,615

Таблиця 2.21 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва лінії	$l, \text{ км}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$R, \text{ мОм}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X, \text{ мОм}$
ТП-РП1.1	0,114	1,250	142,5	0,0700	7,98
ТП-РП1.2	0,096	1,250	120	0,0700	6,72
ТП-РП2.1	0,102	1,250	127,5	0,0700	7,14
ТП-РП2.2	0,144	2,000	180	0,0700	10,08
ТП-РП3.1	0,114	2,000	228	0,0700	7,98
ТП-РП3.2	0,114	1,250	228	0,0700	7,98
ТП-РП4.1	0,102	1,250	127,5	0,0700	7,14
ТП-РП4.2	0,108	1,250	135	0,0700	7,56
ТП-РП5.1	0,108	2,000	216	0,0700	7,56
ТП-РП5.2	0,126	2,000	252	0,0700	8,82
ТП-РП6.1	0,126	1,250	157,5	0,0700	8,82
ТП-РП6.2	0,12	1,250	150	0,0700	8,4
РП6.2-РП7.1	0,09	1,250	112,5	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	$i_y,$ кА	$F_{\text{min}},$ мм ²	Прийнятий переріз
K1	20	169,16	28,04	171,47	1,347	1,905	5,7	16
K2	20	146,66	26,78	149,09	1,549	2,191	6,6	16
K3	20	154,16	27,20	156,54	1,475	2,086	6,3	16
K4	20	206,66	30,14	208,85	1,106	1,564	4,7	16
K5	20	254,66	28,04	256,20	0,901	1,275	3,8	10
K6	20	254,66	28,04	256,20	0,901	1,275	3,8	10
K7	20	154,16	27,20	156,54	1,475	2,086	6,3	16
K8	20	161,66	27,62	164,01	1,408	1,991	6,0	16
K9	20	242,66	27,62	244,23	0,946	1,337	4,0	10
K10	20	278,66	28,88	280,16	0,824	1,166	3,5	10
K11	20	184,16	28,88	186,41	1,239	1,752	5,2	16
K12	20	176,66	28,46	178,94	1,291	1,825	5,5	16
K13	20	139,16	26,36	141,64	1,631	2,306	6,9	16

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники ZMG400CR (Landis+Gyr)
Для технічного обліку, встановлюємо амперметри NMA-72 (Новатек-Електро). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму Т-0,66 Мегомметр та Т-0,66-1Мегомметр з коефіцієнтом трансформації 150/5 та 1200/5 відповідно.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. та 2.24

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для розрахункового обліку

Показник	Значення
$U_{\text{уст}}, \text{кВ}$	0,4
$I_{\text{норм}}, \text{А}$	532,24
$I_{\text{max}}, \text{А}$	1064,49
$i_y, \text{кА}$	11,615
$I_{\text{н0}}, \text{кА}$	7,822
$B_{\text{к}}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	15,29
$Z_2, \text{Ом}$	0,255

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.24 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{max}, \text{А}$	122,46
$i_y, \text{кА}$	1,275
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	0,20
$Z_2, \text{Ом}$	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	$I_{номрозщ}, \text{А}$	$I_{срвимк}, \text{кА}$	$I_{ном}, \text{А}$	$I_{max}, \text{А}$	$I_K, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7
QF1	ВА-88-43	1250	50	532,24	1064,49	7,822
QF2	ВА-88-43	1250	50	532,24	1064,49	7,822
QF3	ВА-88-43	1250	50	532,24	1064,49	7,822
QF4	ВА-88-32	125	36	55,49	110,99	1,347
QF5	ВА-88-32	125	36	55,49	110,99	1,347
QF6	ВА-88-32	125	36	61,23	122,46	1,549
QF7	ВА-88-32	125	36	61,23	122,46	1,549
QF8	ВА-88-32	125	36	53,75	107,50	1,475
QF9	ВА-88-32	125	36	53,75	107,50	1,475
QF10	ВА-88-32	100	36	48,80	97,60	1,106
QF11	ВА-88-32	100	36	48,80	97,60	1,106
QF12	ВА-88-32	80	36	39,64	79,29	0,901
QF13	ВА-88-32	80	36	39,64	79,29	0,901
QF14	ВА-88-32	100	36	40,07	80,14	0,901
QF15	ВА-88-32	100	36	40,07	80,14	0,901
QF16	ВА-88-32	125	36	60,83	121,66	1,475
QF17	ВА-88-32	125	36	60,83	121,66	1,475
QF18	ВА-88-32	125	36	55,60	111,20	1,408
QF19	ВА-88-32	125	36	55,60	111,20	1,408
QF20	ВА-88-32	100	36	42,24	84,48	0,946
QF21	ВА-88-32	100	36	42,24	84,48	0,946
QF22	ВА-88-32	100	36	42,57	85,15	0,824

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7
QF23	BA-88-32	100	36	42,57	85,15	0,824
QF24	BA-88-32	100	36	49,00	98,00	1,239
QF25	BA-88-32	100	36	49,00	98,00	1,239
QF26	BA-88-32	100	36	48,60	97,19	1,291
QF27	BA-88-32	100	36	48,60	97,19	1,291
QF28	BA-88-32	125	36	103,37	103,37	1,631
QF29	BA-88-32	125	36	103,37	103,37	1,631

2.12.5. Вибір рубильників

Здійснимо попередній вибір рубильників PE19-41-31120 (TNSy (Techno Systems)) 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
$I_{норм}, \text{А}$	532,24
$I_{max}, \text{А}$	1064,49
$i_y, \text{кА}$	11,615
$I_{н0}, \text{кА}$	7,822
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	15,29

2.13. Проектування освітлювальної мережі

Вибір освітлювального обладнання та мережі проведемо методом додатку А. В

Таблиця 2.27 - Вибір освітлювального обладнання

Параметри	Значення
1	2
a, м	36
b, м	24
s, м ²	864
H _p м.	4
h _c м.	3
L _p м.	0,4
H _p м.	1

Продовження таблиці 2.27

1	2
$n_{\text{св}}$, шт	4
$n_{\text{р}}$, рядів	6
$l_{\text{я}}$, м	1,8
$l_{\text{в}}$, м	-5
i	3,60
$N_{\text{св}}$, шт	24
$\Phi_{\text{розр}}$, Лм	23252
$\Phi_{\text{ламп}}$, Лм	22500
$\Delta\Phi$ %	3,34
$P_{\text{ОкВт}}$	2,56
Світильники	ДСП56У2Ех-2х80-341 У2
щит	ШМР-А-24-Н (Лоза)
АВ	$I_{\text{ном}} = 16 \text{ А};$
ввідний АВ	$I_{\text{ном}} = 63 \text{ А}.$
Кабель до світильників	3х2,5 мм2
Кабель до щита	3×10 мм2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971085.000 ПЗ

Арк.

32

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

СТРІЧКОПИЛЬНОГО ВЕРСТАТУ

3.1. Вибір електродвигуна

- номінальну потужність $P_n = 11$ кВт;
- напругу живлення $U_n = 400$ В;
- номінальну частоту обертання $n_n = 1550$ об/хв;
- максимальну частоту обертання $n_{max} = 1800$ об/хв;
- момент інерції $J = 0,21$ кг*м²;
- коефіцієнт корисної дії $\eta_n = 0,82$ %;
- опір якірної обмотки $R_{я} = 0,25$ Ом;
- опір обмотки додаткових полюсів $R_{дп} = 0,17$ Ом;
- опір обмотки збудження $R_z = 151/41$ Ом;
- індуктивність якірної обмотки $L_{я} = 10,5$ мГн

3.2. Побудова природної характеристики електродвигуна

1. Для точки номінального режиму:

- номінальну кутову швидкість:

$$\omega_{ном} = (2 \cdot 3,13 \cdot 1550)/60 = 162,23 \text{ рад/с}$$

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Березний Р.Г.				Проектування системи електропостачання інструментального заводу встановленою потужністю 1086 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Добровольська ЛН					Д	33	2
Реценз.						ФАБЕ, зр ЕЕЗ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

- номінальний момент:

$$M_{\text{ном}} = \frac{11000}{162,23} = 67,80 \text{ Нм} \quad (3.2)$$

- номінальний опір двигуна постійного струму:

$$R_{\text{н}} = \frac{0,25 + 0,17}{0,5 \cdot (1 - 0,008)} = 0,847 \text{ Ом}$$

2. Номінальний струм двигуна:

$$I_{\text{н}} = \frac{400}{0,85} = 472,29 \text{ А}$$

3. Із формули електромеханічної характеристики:

$$I_{\text{н}} = \frac{400 - 472,29 \cdot (0,25 + 0,17)}{162,23} = 1,243 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$$

4. Швидкість ідеального холостого ходу:

$$\omega_0 = (400)/(1,243) = 321,8 \text{ рад/с}$$

5. Розрахуємо величини додаткових опорів.

$$I_1 = I_{\text{дп}} = 2,5 \cdot I_{\text{н}} = 2,5 \cdot 472,29 = 1240,63 \text{ А}$$

6. Розрахуємо величину опорів цих ступенів із співвідношень:

$$R_{d1} = R_{\text{н}} \cdot \frac{de}{af} = 0,847 \cdot (27,44) / (321,8) = 0,072 \text{ Ом};$$

$$R_{d1} = R_{\text{н}} \cdot \frac{de}{af} = 0,847 \cdot (16,11) / (321,8) = 0,042 \text{ Ом};$$

$$R_{d1} = R_{\text{н}} \cdot \frac{de}{af} = 0,847 \cdot (9,453) / (321,8) = 0,025 \text{ Ом};$$

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)

Сучасне проєктування складних систем електропостачання промислових підприємств є неможливим без комплексного застосування передових систем автоматизованого проєктування та спеціалізованого прикладного програмного забезпечення. Основна графічна частина дипломного проєкту, що включає розробку однолінійних принципових схем цехових трансформаторних підстанцій, побудову картограм електричних навантажень та креслення планів розташування силового електрообладнання з прокладанням кабельних трас, виконується у програмному комплексі AutoCAD.

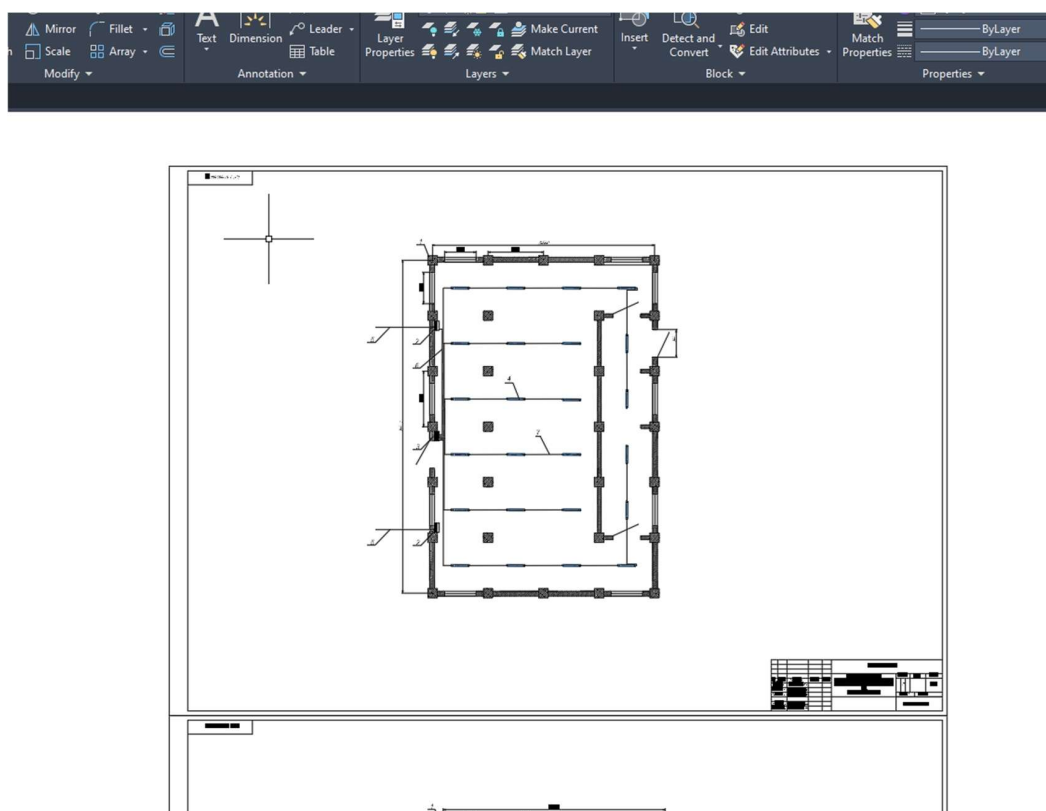


Рисунок 4.1 – Приклад плану розміщення обладнання в AutoCAD

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Березний Р.Г.				Проектування системи електропостачання інструментальної заводу встановленою потужністю 1080 кВт. Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Добровольська Л.Н.						Д	35	2
Реценз.							ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41		
Н.контр	Вашелюк Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

Ця потужна інженерна платформа забезпечує високу точність геометричних побудов, дозволяє створювати уніфіковані бібліотеки умовних графічних позначень електротехнічних апаратів згідно з чинними державними стандартами та суттєво спрощує процес внесення оперативних змін на будь-якому етапі проєктування. Для виконання значного масиву рутинних та багатоітераційних інженерних обчислень, таких як зведення електричних навантажень цехів різними методами, розрахунок струмів симетричного та несиметричного короткого замикання, а також перевірка вибраного комутаційного обладнання на термічну та динамічну стійкість, максимально ефективно застосовується табличний процесор MS Excel.

Формування підсумкової текстової частини проєкту у вигляді структурованої пояснювальної записки здійснюється за допомогою текстового редактора MS Word. Цей інструмент дозволяє професійно компоувати інженерний текст з розрахунковими таблицями, генерувати автоматичні змісти та переліки посилань, забезпечуючи високу культуру оформлення нормативно-технічної документації відповідно до жорстких вимог єдиної системи конструкторської документації.

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки заземлюючого пристрою цеху, за додатком А.14

Таблиця 5.1- Результати

Позначення	од. вим.	Значення
r_1	-	86,3
r_2	-	41,7
k_1	-	1,7
L	м	3
H	м	0,54
t_{II}	м	0,57
r	Ом*м	23,4
b	мм	10
t	м	2,16
r_B	Ом	8,5
R_H	Ом	10
h_B	-	0,65
$n_{пр}$	шт	$3,25 \approx 4$
h	м	4,9
l_r	мм	14,70
b	мм	40
k_2	-	2,3
h_r	-	0,72
r_2	Ом	27,65
R	Ом	4,47
n	шт	2,91

Приймаємо до установки 3 вертикальних електродів довжиною 3 м .

					<i>ЛНТУ.971085.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проектування системи електропостачання інструментальної заводу встановленою потужністю 1080 кВт. Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Березний Р.Г.</i>					<i>Д</i>	37	1
<i>Перевірів</i>	<i>Добровольська ЛН</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н.контр</i>	<i>Ващелюк Ю.І.</i>							
<i>Затвердив</i>	<i>Волинець В.І.</i>					<i>ФАБЕ, гр ЕЕЗ-41</i>		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

За результатами виконання дипломного проєкту розроблено комплексну та технічно обґрунтовану систему електропостачання механічного заводу з урахуванням усіх специфічних особливостей технологічного процесу. На основі проведеного аналізу електричних навантажень було визначено розрахункову потужність підприємства, що дозволило раціонально обрати кількість та потужність силових трансформаторів на цехових підстанціях. Усі елементи системи, включаючи розподільні пристрої, кабельні лінії та захисну апаратуру, обрані на основі точних розрахунків струмів тривалого навантаження та перевірені на термічну і динамічну стійкість до струмів короткого замикання. Впровадження автоматизованих систем компенсації реактивної потужності дозволило досягти оптимального коефіцієнта потужності, що суттєво знижує навантаження на трансформатори та зменшує втрати енергії в розподільних мережах. Обрана схема електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності для споживачів першої та другої категорій, мінімізуючи ризики виробничого браку через раптові перерви у живленні. Розроблена система заземлення та блискавкозахисту повністю відповідає вимогам електробезпеки, гарантуючи захист персоналу та дорогого обладнання з ЧПК від впливу атмосферних та комутаційних перенапруг. Таким чином, проєктні рішення забезпечують високу енергоефективність, експлуатаційну надійність та безпеку функціонування електротехнічного господарства заводу, створюючи передумови для стабільного розвитку промислового об'єкта у довгостроковій перспективі. Підсумкові показники проєкту підтверджують правильність обраної стратегії розподілу енергії та доцільність застосованих технічних засобів.

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. Електропостачання промислових підприємств : посіб. до курсового та дипломного проєктування. Київ, 2013. 424 с.
2. Ковальчук Н. В., Фесіна Ю. Г., Заблоцька І. Л. Кваліфікаційна робота : метод. 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 : метод. 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. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Основи електропостачання сільського господарства : навч. посіб. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2011. 462 с.
5. 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.
6. Правила улаштування електроустановок / М-во енергетики та вугільної промисловості України. Київ, 2017. 617 с.
7. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ М-ва палива та енергетики України від 25.07.2006 р. № 258. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06> (дата звернення: 24.05.2026).
8. 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.
9. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проєктування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2007. 280 с.
10. Панченко С. В., Акімов О. І., Бабаєв М. М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.

					ЛНТУ.971085.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39