

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»

Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт.

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-41
Ващишин Максим Володимирович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Коменда Наталія Володимирівна

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Ващишин Максим Володимирович. Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 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

Vashchyshyn Maksym Volodymyrovych. Development of the power supply system of the electrical equipment plant with an installed capacity of 1020 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	13
2.1. Розрахунок силового електричних навантажень.....	13
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. Проектування мережі живлення підприємства.....	21
2.9. Проектування 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.....	27
2.12.3. Вибір трансформаторів струму	29
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	30
2.12.5. Вибір рубильників	31
2.15. Проектування освітлювальної мережі	32
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ РОЗРАХУНКУ СПОЖИТОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ...	33
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР).....	36
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	37
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	39
ДОДАТКИ	41
Додаток А Використані методики	41
Додаток Б Специфікації та переліки посилань.....	70

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Ващишин М.В.				Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Коменда Н.В.					Д	6	74
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

ВСТУП

Сучасний стан енергетичної галузі України вимагає постійного оновлення та розширення парку ком¹утаційної та захисної апаратури, що зумовлює актуальність проєктування високоефективних електроапаратних заводів. Дане підприємство спеціалізується на серійному випуску низьковольтної апаратури, зокрема автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, реле різного призначення та комплектних пристроїв керування. Загальна встановлена потужність електроприймачів заводу становить 1020 кВт, що характеризує його як середнє промислове підприємство з високим ступенем автоматизації виробничих процесів. Головною метою проєкту є створення надійної та економічно доцільної системи електропостачання, яка забезпечить безперебійну роботу технологічних ліній та оптимальні показники якості електричної енергії відповідно до діючих нормативних документів.

Орієнтовна виробнича потужність заводу розрахована на випуск до сорока тисяч одиниць готової продукції на рік, що потребує чіткої організації виробничого циклу та стабільного енергоспоживання. Режим роботи підприємства встановлено як двозмінний для основних технологічних ділянок, проте окремі підрозділи, такі як цех лиття пластмас та термічне відділення, працюють у тризмінному режимі для забезпечення безперервності теплових процесів. Технологічні особливості виробництва передбачають наявність значної кількості точних металообробних верстатів, пресового обладнання та спеціалізованих складальних стендів. Більшість споживачів заводу за надійністю електропостачання відносяться до другої категорії, проте існують окремі приймачі, зокрема системи пожежної безпеки та чергового освітлення, що вимагають першої категорії надійності..

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Ефективне функціонування електроапаратного заводу забезпечується раціональною взаємодією семи основних та допоміжних виробничих підрозділів, кожен з яких виконує специфічну роль у загальному технологічному ланцюгу. Початковим етапом виробництва є робота заготівельно-штампувального цеху, де здійснюється первинна обробка листового металу та профільного прокату для виготовлення корпусних деталей, шинопроводів та контактних груп. Цей підрозділ характеризується наявністю потужного пресового обладнання, гільйотинних ножиць та автоматизованих ліній розкрою, що створює значні пікові навантаження на мережу та потребує ретельного розрахунку пускових струмів. Наступним ланкою є механообробний цех, де заготовки проходять остаточну обробку на фрезерних, токарних та шліфувальних верстатах з числовим програмним керуванням. Електроприймачі цього цеху висувають високі вимоги до стабільності напруги, оскільки будь-які коливання можуть призвести до браку при виготовленні прецизійних деталей механізмів вільного розчеплення та контактних систем.

Для виготовлення ізоляційних деталей, корпусів апаратів та рукояток використовується цех лиття та пресування пластмас, який є одним з найбільш енергоємних підрозділів заводу. Тут зосереджені термопластавтомати та гідравлічні преси з електропідігрівом форм, що працюють у тримінному режимі для підтримання необхідного температурного градієнта. Специфікою цього цеху є значна частка теплового навантаження, що позитивно впливає на загальний коефіцієнт потужності підприємства, але вимагає потужних систем вентиляції. Після механічної обробки та лиття деталі спрямовуються до гальванічного цеху, де наносяться захисні та струмопровідні покриття, такі як сріблення, нікелювання або хромування. Цех обладнаний випрямними агрегатами та ваннами з підігрівом електроліту, що робить його специфічним споживачем постійного струму та джерелом вищих гармонік у

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Вашишин М.В.					Д	8	5
Перевірів	Коменда Н.В.					ФАБЕ, зр ЕЕ-41		
Реценз.								
Н.контр	Васелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

заводській мережі, що обов'язково враховується при виборі фільтрокомпенсувальних пристроїв.

Важливу роль у структурі підприємства відіграє обмотувально-намотувальний цех, де виготовляються котушки електромагнітів, трансформатори струму та індуктивні елементи реле. Технологічний процес включає автоматичне намотування проводу, ізолювання та подальше просочування лаками з сушінням у печах опору. Цей підрозділ формує стабільне активне навантаження та вимагає особливої уваги до пожежної безпеки електроустановок через використання горючих ізоляційних матеріалів. Фінальним етапом виробництва є складальний цех, де відбувається інтеграція всіх компонентів у готові вироби, їх регулювання та обов'язкові приймально-здавальні випробування на спеціалізованих стендах. Електропостачання цього цеху має забезпечувати живлення великої кількості малопотужних ручних інструментів та випробувальних трансформаторів, що створюють специфічні умови завантаження фаз. Замикає структуру інструментальний цех, який виконує допоміжну, але критично важливу функцію виготовлення та ремонту штампів, пресформ та спеціального оснащення для всіх інших підрозділів. Цей цех оснащений унікальним обладнанням, зокрема електроерозійними верстатами, та забезпечує автономність виробництва, дозволяючи оперативно реагувати на потреби основних цехів.:

Таблиця 1.1 – Характеристики об'єктів

Назва	S, m^2	$P_{вст\Sigma}, кВт$
Заготівельно-штампувальний цех	1512	343
Цех лиття та пресування пластмас	3016	156
Механообробний цех	3016	135
Гальванічний цех	3016	95
Обмотувально-намотувальний цех	3016	108
Складальний цех	3016	98
Інструментальний цех	3016	85
Всього	19608	1020

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-10/0,4 кВ, відстань до якої становить 1,35 км. Потужність КЗ на шинах джерела живлення дорівнює 100 МВА.

Реактивна потужність, дозволена енергосистемою, становить 180 кВАр.

Загальна територія підприємства становить 38700 м², площа будівель складає 19608 м². Характеристики об'єктів в таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 – Характеристики приймачів електроенергії цеху

Назва	<i>n</i>	<i>P</i> _{вст}
Змішувач полімерів S-150	3	11
Сушильна шафа СЕШ-12	3	12
Термопластавтомат KuASY-22	4	22
Гідравлічний прес ДГ2432	4	18
Вентиляційна установка ВЦ-14	3	14
Компресорна станція Remeza	2	12
Промисловий чиллер CW-16	2	13
Роторний гранулятор RG-15	1	12
Зачисний верстат фінішної обробки	1	10

Цех лиття та пресування пластмас є одним із ключових підрозділів електроапаратного заводу, оскільки саме тут створюються діелектричні основи, корпуси автоматичних вимикачів, дугогасні камери та інші елементи, що забезпечують безпечну експлуатацію комутаційної апаратури. Технологічний процес у цьому цеху базується на переробці полімерних матеріалів — термопластів та реактопластів — шляхом їх нагрівання до пластичного стану з подальшим формуванням під високим тиском. На відміну від механічної обробки, цей процес є безперервним протягом зміни та характеризується значним споживанням теплової енергії для плавлення сировини, що вимагає стабільної роботи систем електропостачання та високої надійності захисної апаратури.

Цикл виробництва розпочинається з підготовки сировини, де важливу роль відіграє автоматизований змішувач полімерних композицій моделі S-150, потужність

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якого становить 11 кВт. Цей пристрій забезпечує гомогенізацію гранульованого пластику з необхідними добавками та барвниками, що критично для отримання однорідних діелектричних властивостей майбутніх виробів. Наступним етапом є термічна підготовка, яка здійснюється в промисловій сушильній шафі СЕШ-12 з встановленою потужністю 12 кВт. Видалення надлишкової вологи з гранул є обов'язковою умовою, оскільки наявність пари при литті призводить до утворення каверн і зниження електричної міцності ізоляторів, тому стабільна робота нагрівальних елементів сушарки є пріоритетною.

Основним технологічним агрегатом цеху є термопластавтомат серії KuASY-22, встановлена потужність якого становить 22 кВт. Це складний механізм, де поєднуються потужні електронагрівачі циліндра та гідравлічний привід інжекції, що забезпечує впорскування розплаву у сталеву прес-форму. Для виготовлення деталей із термореактивних пластмас, таких як бакеліт, використовується гідравлічний прес ДГ2432 потужністю 18 кВт, який працює при високих температурах пресування та забезпечує необхідну витримку під тиском. Для забезпечення роботи пневматичних затискачів та допоміжного інструменту в цеху встановлена компресорна станція Remeza потужністю 20 кВт, яка підтримує необхідний тиск у цеховій магістралі стисненого повітря.

Особливістю роботи з пластмасами є виділення специфічних газів та надлишкового тепла, що потребує безперервного функціонування потужної системи очищення повітря. Припливно-витяжна вентиляційна установка ВЦ-14 потужністю 14 кВт забезпечує примусову циркуляцію повітря та підтримання допустимих концентрацій шкідливих речовин у робочій зоні, будучи шостим за важливістю елементом енергосистеми цеху. Для охолодження прес-форм після циклу лиття та підтримання стабільної температури масла в гідравлічних системах застосовується промисловий чиллер серії CW-16 потужністю 16 кВт. Ця установка працює в автоматичному режимі, циклічно вмикаючи компресори охолодження залежно від інтенсивності роботи основних верстатів, що створює характерний графік навантаження з вираженою реактивною складовою.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Замикають технологічний ланцюг процеси переробки та фінішної обробки. Виробничі відходи та дефектні деталі спрямовуються до роторного гранулятора-подрібнювача потужністю 15 кВт, який перетворює їх на вторинну сировину для невідповідальних деталей, забезпечуючи безвідходність виробництва. Остаточне доведення поверхонь корпусів та видалення облою здійснюється на спеціалізованому зачисному верстаті потужністю 10 кВт, що забезпечує товарний вигляд продукції перед її відправленням до складального цеху. Всі перелічені споживачі формують складне змішане навантаження, де значну частку складають асинхронні двигуни та нагрівальні пристрої, що вимагає ретельного підбору перерізу кабельних ліній та апаратів захисту від перевантажень.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силового електричних навантажень

Для розрахунку електричних навантажень на прикладі цеху лиття та пресування пластмас. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок силового навантаження цеху

Назва електроприймача		$P_{\text{но}}$	n	$P_{\text{вст}}$	$K_{\text{в}}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	m	$n_{\text{ед}}$	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{ср.зм, кВт}}$	$Q_{\text{ср.зм, квар}}$	$P_{\text{р кВт}}$	$Q_{\text{р кВАр}}$
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Група А	Змішувач полімерів S-150	11	3	33	0,22	0,75	0,88	2,00	8	1,87	7,26	6,40	52,92	19,98
	Сушильна шафа СЕШ-12	12	2	24	0,21	0,95	0,33				5,04	1,66		
	Термопластавтомат KuASY-22	22	2	44	0,2	0,82	0,70				8,80	6,14		
	Гідравлічний прес ДГ2432	18	2	36	0,2	0,78	0,80				7,20	5,78		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
	Вентиляційна установка ВЦ-14	14	2	28	0,8	0,8	0,75				22,40	16,80	22,40	16,80
всього			11	165							50,70	36,78	75,32	36,78

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Вашишин М.В.				Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Коменда Н.В.					Д	10	21
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Васелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинень В.І.							

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Група Б	Сушильна шафа СЕШ-12	12	1	12	0,2 1	0,95	0,33	2,20	10	1,79	2,52	0,83	59,27	23,03
	Компресорна станція Remeza	12	2	24	0,2	0,85	0,62				4,80	2,97		
	Термопластавтомат KuASY-22	22	2	44	0,2	0,82	0,70				8,80	6,14		
	Гідравлічний прес ДГ2432	18	2	36	0,2	0,78	0,80				7,20	5,78		
	Промисловий чиллер CW-16	13	2	26	0,2 2	0,84	0,65				5,72	3,69		
	Роторний гранулятор RG-15	12	1	12	0,1 8	0,76	0,86				2,16	1,85		
	Зачисний верстат фінішної обробки	10	1	10	0,2	0,75	0,88				2,00	1,76		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
	Вентиляційна установка ВЦ-14	14	1	14	0,8	0,8	0,75				11,20	8,40	11,20	8,40
	всього Б		12	178							44,40	31,43	70,47	31,43
	ВСЬОГО по цеху		23	343							95,10	68,2	145,7	68,21

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

Таблиця 2.2 – Розрахунок силового навантаження по підприємству в цілому

Назва	P_H кВт	$P_{сер.зм}$ кВт	$Q_{сер.зм}$ кВАр	$S_{сер.зм}$ кВА	P_p кВт	Q_p кВАр	S_p кВА
Заготівельно-штампувальний цех	343,00	95,10	68,21	117,03	145,79	68,21	160,98
РП 1	165,00	50,70	36,78	62,63	75,32	36,78	83,82
РП 2	178,00	44,40	31,43	54,40	70,47	31,43	77,16
Цех лиття та пресування пластмас	156,00	61,53	62,76	87,89	79,98	69,03	105,66
РП 1	81,12	40,56	41,37	57,94	52,73	45,51	69,65
РП 2	74,88	20,97	21,39	29,95	27,26	23,52	36,00
Гальванічний цех	135,00	47,25	48,20	67,49	73,71	53,01	90,79
РП 1	70,20	42,12	56,02	70,09	65,71	61,62	90,08
РП 2	64,80	38,88	39,66	55,54	60,65	43,62	74,71
Механообробний цех	95,00	33,25	33,92	47,50	51,87	37,31	63,89
РП 1	49,40	29,64	39,42	49,32	46,24	43,36	63,39
РП 2	45,60	18,24	18,60	26,05	28,45	20,47	35,05
Обмотувально-намотувальний цех	108,00	49,25	50,23	70,35	76,83	55,26	94,63
РП 1	56,16	33,70	34,37	48,13	52,57	37,81	64,75
РП 2	51,84	15,55	15,86	22,21	24,26	17,45	29,88
Складальний цех	98,00	34,30	34,99	49,00	53,51	38,48	65,91
РП 1	50,96	25,48	25,99	36,40	39,75	28,59	48,96
РП 2	47,04	10,35	10,56	14,78	16,14	11,61	19,89
Інструментальний цех	85,00	46,75	47,69	66,78	56,10	52,45	76,80
РП 1	44,20	26,52	27,05	37,88	53,04	29,76	60,82
РП 2	40,80	22,44	22,89	32,05	26,93	25,18	36,87
Всього	1020,00	367,42	345,98	504,68	537,79	373,75	658,67

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

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

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Назва об'єкта	$F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$P_{\text{норм}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	K_n	$\cos\varphi$	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
Заготівельно-штампувальний цех	1512	4	10	15,12	1	0,95	0,95	14,36	4,72
Цех лиття та пресування пластмас	3016	4	9	27,14	1	0,95	0,95	25,79	8,48
Механообробний цех	3016	4	10	30,16	1	0,95	0,95	28,65	9,42
Гальванічний цех	3016	6	10	30,16	1	0,95	0,95	28,65	9,42
Обмотувально-намотувальний цех	3016	6	11	33,18	1	0,95	0,95	31,52	10,36
Складальний цех	3016	4	9	27,14	1	0,95	0,95	25,79	8,48
Інструментальний цех	3016	4	10	30,16	1	0,85	0,95	25,64	8,43
Зовнішнє	38700		0,12	4,64	0,95	1	0,95	4,64	1,53
Всього	19608			197,71				185,04	60,82

2.3. Визначення результуючих навантажень

Результати розрахунків $P_{вст\Sigma}$ зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок сумарного навантаження на шини НН ТП

Назва об'єкта		$P_{вст\Sigma}, \text{кВт}$	$P_{ср.зм\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{ср.зм\Sigma}, \text{квар}$	$S_{ср.зм\Sigma}, \text{кВА}$	$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{p\Sigma}, \text{квар}$	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$
Заготівельно-штампувальний цех	РП 1	180,12	65,06	41,50	77,17	75,32	36,78	83,82
	РП 2	178,00	44,40	31,43	54,40	84,84	36,15	92,22
	Σ	358,12	109,46	72,93	131,57	160,15	72,93	176,03
Цех лиття та пресування пластмас	РП 1	81,12	40,56	41,37	57,94	52,73	45,51	69,65
	РП 2	102,02	46,75	29,86	55,48	53,04	32,00	61,95
	Σ	183,14	87,31	71,23	113,41	105,77	77,51	131,60
Механообробний цех	РП 1	70,20	42,12	56,02	70,09	65,71	61,62	90,08
	РП 2	94,96	67,53	49,08	83,48	89,30	53,04	103,87
	Σ	165,16	109,65	105,09	151,88	155,01	114,66	192,81
Гальванічний цех	РП 1	49,40	29,64	39,42	49,32	46,24	43,36	63,39
	РП 2	75,76	46,89	28,02	54,63	57,11	29,88	64,45
	Σ	125,16	76,53	67,44	102,01	103,34	73,25	126,67
Обмотувально-намотувальний цех	РП 1	56,16	33,70	34,37	48,13	52,57	37,81	64,75
	РП 2	85,02	47,07	26,22	53,88	55,78	27,81	62,33
	Σ	141,18	80,77	60,59	100,97	108,34	65,62	126,66
Складальний цех	РП 1	50,96	25,48	25,99	36,40	39,75	28,59	48,96
	РП 2	74,18	36,14	19,03	40,84	41,93	20,09	46,49
	Σ	125,14	61,62	45,02	76,31	81,68	48,68	95,08
Інструментальний цех	РП 1	44,20	26,52	27,05	37,88	53,04	29,76	60,82
	РП 2	70,96	48,08	31,31	57,38	52,56	33,60	62,39
	Σ	115,16	74,60	58,37	94,72	105,60	63,36	123,15
Зовнішнє		4,64	4,64	1,53	4,89	4,64	1,53	4,89
Всього		1217,71	604,58	482,20	775,76	824,55	517,52	976,90

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

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

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантаження

Назва об'єкта	х, м	у, м	$Q_{P\Sigma} \cdot x$	$Q_{P\Sigma} \cdot y$	г	α	$P_{P\Sigma} \cdot x$	$P_{P\Sigma} \cdot y$
Заготівельно-штампувальний цех	182,4	136,4	32109	24011	50	32	29212	21845
Цех лиття та пресування пластмас	39,6	126	5211	16581	41	88	4189	13327
Механообробний цех	166,8	87,2	32161	16813	50	67	25856	13517
Гальванічний цех	166,8	32,8	21128	4155	41	100	17238	3390
Обмотувально-намотувальний цех	31,2	24	3952	3040	42	105	3380	2600
Складальний цех	82	32,4	7797	3081	36	114	6698	2646
Інструментальний цех	90,4	134	11133	16502	41	87	9547	14151
Ца	116,6	86,7						
Цр	219,3	162,7						
Всього			113491	84184			96119	71477

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

Проведемо орієнтовний вибір числа та потужності силових трансформаторів за додатком А, результати вибору запишемо в таблицю 2.6:

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

Показник	І група	
	I	II
$P_{\text{ср.зМΣ}}, \text{кВт}$	604,58	604,58
$Q_{\text{ср.зМΣ}}, \text{кВАр}$	482,20	482,20
$Q_{\text{ср.зМΣ}}, \text{кВА}$	775,76	775,76
$F, \text{м}^2$	19608	19608
Тип трансформатора	ТМ-630	ТМ-400
$N_{\text{min}}, \text{шт.}$	1,3	2,0
$N_{\text{опт}}, \text{шт.}$	2,0	3,0
$Q_{\text{max Т}}, \text{кВАр}$	726,30	666,69
$Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$	0,0	0,0
$K_{\text{р1}}$	12	12
$K_{\text{р2}}$	15	10
γ	0,92	0,99
$Q_{\text{НБК2}}, \text{квар}$	0,00	0,00
$Q_{\text{НБК}}, \text{квар}$	0,00	0,0
Тип НБК	0	0
$\Delta P_{\text{Х}}, \text{кВт}$	2,27	1,45
$\Delta P_{\text{К}}, \text{кВт}$	7,6	5,5
$\Delta W, \text{тис.кВт} \cdot \text{год}$	19,468	17,599
$C_{\text{е}}, \text{тис.грн.}$	200,129	180,918
$K, \text{тис.грн.}$	860,000	1020,096
$З, \text{тис.грн.}$	307,629	308,430
Перевірка трансформаторів на можливість перевантаження в аварійному режимі	$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > (2 \cdot (1-0,29) \cdot 775,76) / 2 = 551 \text{ кВА}$	

2.6. Компенсация реактивной мощности

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

Таблиця 2.7 – Розрахунок потужності ВБК

Показник	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma, \text{квар}}$	482,20
$Q_{\text{еmax}, \text{квар}}$	180
$Q_{\text{НБКф}, \text{квар}}$	0
$\Delta Q_{\text{Т}, \text{квар}}$	33
$K_{\text{НС}}$	0,85
$Q_{\text{М1}, \text{квар}}$	409,87
$Q_{\text{К1}, \text{квар}}$	229,87
$Q_{\text{НСТ}, \text{квар}}$	548,20
$Q_{\text{ВБК}, \text{квар}}$	295,87
Тип НБК	УКМ58-0.4-140/2,5

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

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

Таблиця 2.8 – Розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження	Значення
$P_{\text{ср.зм}\Sigma \text{кВт}}$	604,58
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma \text{квар}}$	482,20
$Q_{\text{НБК} \text{квар}}$	280
$P_{\text{р3} \text{кВт}}$	604,58
$Q_{\text{р3} \text{квар}}$	202,20
$S_{\text{р3} \text{кВА}}$	637,50
$\Delta P_{\text{Т} \text{кВт}}$	12,75
$\Delta Q_{\text{Т} \text{квар}}$	63,75
$P_{\text{р4} \text{кВт}}$	617,33
$Q_{\text{р4} \text{квар}}$	265,95
$S_{\text{р4} \text{кВА}}$	672,18

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

За додатком А проведемо перевірку живлячих ліній АПвЕгаПу-10 -10 кВ
Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.9

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{пл}}, \%$	$K_{\text{зл}}$	$\Delta P_{\text{н}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{д}}, \text{кВт}$	$C_e, \text{тис. грн.}$	$З, \text{тис. грн.}$	$K, \text{тис. грн.}$
35	115	118,45	0,89	0,095	34,89	0,35	0,70	0,164	50,57	1,357	14,463	176,463	1296
50	140	144,2	0,63	0,09	25,32	0,25	0,51	0,164	53,05	0,961	10,238	254,925	1957,5
70	165	169,95	0,45	0,086	18,68	0,19	0,37	0,135	52,64	0,686	7,313	291,488	2273,4
95	205	211,15	0,33	0,083	14,24	0,14	0,28	0,114	59,59	0,503	5,363	332,063	2613,6
120	216	222,48	0,258	0,081	11,57	0,12	0,23	0,092	51,72	0,393	4,193	392,318	3105
150	246	253,38	0,206	0,79	28,98	0,29	0,58	0,087	53,56	0,314	3,348	469,098	3726
185	275	283,25	0,167	0,077	8,16	0,08	0,16	0,069	54,26	0,255	2,714	549,464	4374
240	314	323,42	0,115	0,075	6,22	0,06	0,12	0,060	48,72	0,175	1,869	670,119	5346

Обираємо АПвЕгаПу-10 -перерізом АПвЕгаПу-10 3×35

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем ВБбШв та розподільчих пунктів ПР11-7065 (Електроград) проведемо в таблиці 2.10 та 2.11

Таблиця 2.10 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{п.ав}, \text{А}$	$l, \text{км}$	S	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$I''_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{нор}}, \%$	$\Delta U_{\text{ПДВ}}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП1.1	2	83,82	63,67	127,35	0,114	25	150	155	162	0,800	0,0700	2,26	4,51
ТП-РП1.2	2	92,22	70,05	140,11	0,126	25	150	155	162	0,800	0,0700	2,74	5,49
ТП-РП2.1	2	69,65	52,91	105,82	0,114	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,86	5,73
ТП-РП2.2	2	61,95	47,06	94,12	0,108	16	115	118	162	0,800	0,0700	2,41	4,83
ТП-РП3.1	2	90,08	68,43	136,86	0,09	25	150	155	162	0,800	0,0700	1,91	3,83

Продовження таблиці 2.10

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП3.2	2	103,87	78,91	157,81	0,114	25	150	155	124,2	1,250	0,0700	2,80	5,59
ТП-РП4.1	2	63,39	48,16	96,31	0,09	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,06	4,12
ТП-РП4.2	2	64,45	48,96	97,93	0,108	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,51	5,02
ТП-РП5.1	2	64,75	49,19	98,38	0,108	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,52	5,05
ТП-РП5.2	2	62,33	47,35	94,69	0,096	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,16	4,32
ТП-РП6.1	2	48,96	37,19	74,39	0,108	10	85	88	91,8	2,000	0,0700	3,01	6,01
ТП-РП6.2	2	46,49	35,32	70,64	0,144	10	85	88	91,8	2,000	0,0700	3,81	7,61
ТП-РП7.1	2	60,82	46,20	92,40	0,096	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,11	4,21
ТП-РП7.2	2	62,39	47,39	94,79	0,12	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,70	5,40

Таблиця 2.11 – Вибір розподільчих пунктів ПР-11

Назва будівлі	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{дон}, \text{А}$
Заготівельно-штампувальний цех	83,82	63,67	250
	92,22	70,05	250
Цех лиття та пресування пластмас	69,65	52,91	250
	61,95	47,06	250
Механообробний цех	90,08	68,43	250
	103,87	78,91	250
Гальванічний цех	63,39	48,16	250
	64,45	48,96	250
Обмотувально-намотувальний цех	64,75	49,19	250
	62,33	47,35	250
Складальний цех	48,96	37,19	250
	46,49	35,32	250
Інструментальний цех	60,82	46,20	250
	62,39	47,39	250

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{кз} = 100$ МВА . Результати розрахунків згідно додатку А запишемо в наступну таблицю 2.12

Таблиця 2.12 –Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Значення
$S_{кз}$ МВА	100
$\dot{X}_{C*}$	1,000
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	0,116
$\dot{X}_{КЛ12*}$	0,058
$\dot{X}_{рез*}$	1,058
I_6 кА	5,50
I_{n0} кА	5,196
k_y	1,4
i_y кА	10,288
$K_T \frac{A \cdot c^{1/2}}{MM^2}$	118
t_n с	0,25
F_{min} мм ²	22,0
B_K кА ² ·с	6,75

2.11. Вибір апаратури

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для розподілу електроенергії на стороні ТП 10 кВ ми приймаємо камери серії КСО-366м (ТОВ «Енерго Айсен»), з вимикачами навантаження ВНВ-10/630-20з УЗ (Екватор) 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-16 (ТОВ «Енерго Айсен»)

Таблиця 2.13 – Перевірка комірок

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	19,40
$I_{max}, \text{А}$	38,81
$i_y, \text{кА}$	10,288
$I_{n0} \text{кА}$	6,75

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі обладнані заземлюючими ножами РВЗ-10/400 (Завод ПРБ). Згідно додатку А проведемо перевірку. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 – Перевірка роз'єднувача

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	19,40
$I_{max}, \text{А}$	38,81
$i_y, \text{кА}$	10,288
$I_{n0} \text{кА}$	5,196
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	6,75

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

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

Таблиця 2.15 – Перевірка вимикачів навантаження

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	19,40
$I_{max}, \text{А}$	38,81
$i_y, \text{кА}$	10,288
$I_{n0} \text{кА}$	5,196
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	6,75

Вибираємо запобіжники ПКТ 113-10-80 (Кварц) , результати перевірки запобіжників в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Перевірка запобіжника

Показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{max}, \text{А}$	38,81
$I_{н0} \text{кА}$	5,196
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	6,75

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Розрахуємо низьковольтну мережу на прикладі цеху лиття та пресування пластмас. Результати вибору кабелів зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір кабелів цехової розподільчої мережі

Назва електроприймача	РН, кВт	$\cos \varphi$	I, А	F, мм ²	$I_{тр.доп}, \text{А}$	Кабель
Група А						
Змішувач полімерів S-150	11	0,75	22,28	4	37	ВВГнгд -4х4
Сушильна шафа СЕШ-12	12	0,95	19,19	4	37	ВВГнгд -4х4
Термопластавтомат KuASY-22	22	0,82	40,76	10	66	ВВГнгд -4х10
Гідравлічний прес ДГ2432	18	0,78	35,06	10	66	ВВГнгд -4х10
Вентиляційна установка ВЦ-14	14	0,80	26,59	4	37	ВВГнгд -4х4
Група Б						
Сушильна шафа СЕШ-12	12	0,95	19,19	4	37	ВВГнгд -4х4
Компресорна станція Remeza	12	0,85	21,45	4	37	ВВГнгд -4х4
Термопластавтомат KuASY-22	22	0,82	40,76	10	66	ВВГнгд -4х10
Гідравлічний прес ДГ2432	18	0,78	35,06	10	66	ВВГнгд -4х10
Промисловий чиллер CW-16	13	0,84	23,51	4	37	ВВГнгд -4х4
Роторний гранулятор RG-15	12	0,76	23,99	4	37	ВВГнгд -4х4
Зачисний верстат фінішної обробки	10	0,75	20,26	4	37	ВВГнгд -4х4
Вентиляційна установка ВЦ-14		0,80	26,59	4	37	ВВГнгд -4х4

Вибрані кабелі перевіряємо за втратами напруги. Результати перевірки кабелів за втратами напруги зведемо в таблицю 2.18.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.18 – Перевірка кабелів цехової розподільчої мережі за втратами 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						
Змішувач полімерів S-150	3	5	0,09	0,033	1,277	ВВГнгд -4х4
				0,039	1,509	ВВГнгд -4х4
				0,045	1,741	ВВГнгд -4х4
Сушильна шафа СЕШ-12	2	5	0,09	0,051	2,132	ВВГнгд -4х4
				0,057	2,382	ВВГнгд -4х4
				0,063	2,633	ВВГнгд -4х4
Термопластавтомат KuASY-22	2	2	0,07	0,067	2,091	ВВГнгд -4х10
				0,079	2,466	ВВГнгд -4х10
Гідравлічний прес ДГ2432	2	2	0,07	0,033	0,846	ВВГнгд -4х10
				0,055	1,410	ВВГнгд -4х10
Вентиляційна установка ВЦ-14	2	5	0,09	0,069	3,390	ВВГнгд -4х4
				0,063	3,095	ВВГнгд -4х4
Група Б						
Сушильна шафа СЕШ-12	2	5	0,09	0,033	1,379	ВВГнгд -4х4
				0,039	1,630	ВВГнгд -4х4
Компресорна станція Remeza	2	5	0,09	0,045	1,891	ВВГнгд -4х4
				0,051	2,143	ВВГнгд -4х4
Термопластавтомат KuASY-22	2	2	0,07	0,059	1,842	ВВГнгд -4х10
				0,065	2,029	ВВГнгд -4х10
Гідравлічний прес ДГ2432	2	2	0,07	0,06	1,384	ВВГнгд -4х10
				0,054	0,923	ВВГнгд -4х10
Промисловий чиллер CW-16	2	5	0,09	0,036	1,913	ВВГнгд -4х4
				0,042	1,913	ВВГнгд -4х4
Роторний гранулятор RG-15	1	5	0,09	0,035	1,477	ВВГнгд -4х4
Зачисний верстат фінішної обробки	1	5	0,09	0,04	1,407	ВВГнгд -4х4
Вентиляційна установка ВЦ-14	1	5	0,09	0,062	3,046	ВВГнгд -4х4
				0,069	3,420	ВВГнгд -4х4

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

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

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

Показник	Значення
$U_{0\text{кВ}}$	0,4
$I_{\text{к}10} \text{ кА}$	5,196
$U_{\text{с}10} \text{ кВ}$	10,5
$S_{\text{ном.Т}} \text{ кВА}$	630
$\Delta P_{\text{к}} \text{ кВт}$	7,6
$u_{\text{к}} \%$	5,5

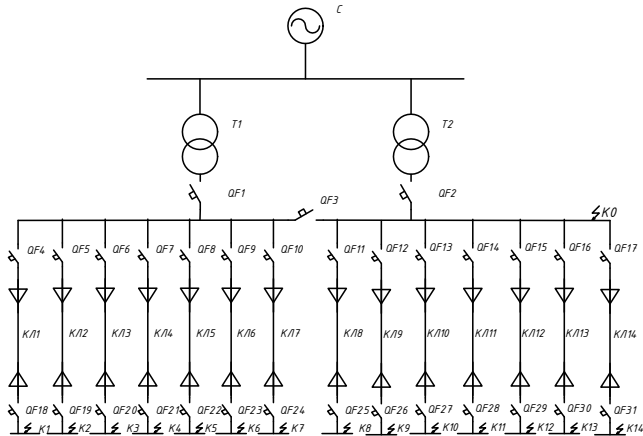


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

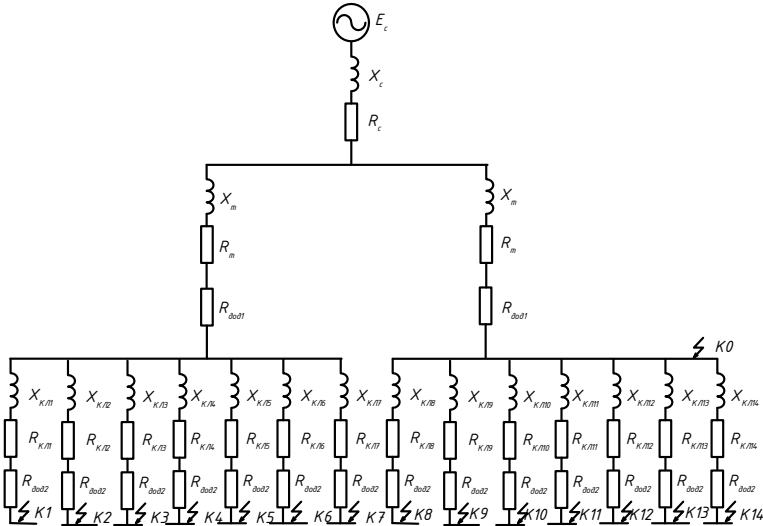


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

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 Ом	1,202
X_c Ом	1,167
$\dot{R}_c$ МОм	1,744
$\dot{X}_c$ МОм	1,693
$\dot{R}_T$ МОм	3,064
$\dot{X}_T$ МОм	13,968
$\dot{R}_{рез0}$ МОм	19,807
$\dot{X}_{рез0}$ МОм	15,661
$Z_{рез0}$ МОм	25,251
I_K кА	9,146
k_y –	1,05
i_y кА	13,581

Таблиця 2.21 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва лінії	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R , МОм	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X , МОм
ТП-РП1.1	0,114	0,800	91,2	0,0700	7,98
ТП-РП1.2	0,126	0,800	100,8	0,0700	8,82
ТП-РП2.1	0,114	1,250	142,5	0,0700	7,98
ТП-РП2.2	0,108	0,800	135	0,0700	7,56
ТП-РП3.1	0,09	0,800	72	0,0700	6,3
ТП-РП3.2	0,114	1,250	91,2	0,0700	7,98
ТП-РП4.1	0,09	1,250	112,5	0,0700	6,3
ТП-РП4.2	0,108	1,250	135	0,0700	7,56
ТП-РП5.1	0,108	1,250	135	0,0700	7,56
ТП-РП5.2	0,096	1,250	120	0,0700	6,72
ТП-РП6.1	0,108	2,000	216	0,0700	7,56
ТП-РП6.2	0,144	2,000	288	0,0700	10,08
ТП-РП7.1	0,096	1,250	120	0,0700	6,72

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

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

Точка КЗ	$R_{\text{дод}},$ мОм	$\dot{R}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{X}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{Z}_{\text{рез}},$ мОм	$I_{\text{к}},$ кА	$i_{\text{у}},$ кА	$F_{\text{мін}},$ мм ²	Прийнятий переріз
K1	20	116,01	23,64	118,39	1,951	2,759	8,3	25
K2	20	125,61	24,48	127,97	1,805	2,552	7,6	25
K3	20	167,31	23,64	168,97	1,367	1,933	5,8	16
K4	20	159,81	23,22	161,49	1,430	2,022	6,1	16
K5	20	96,81	21,96	99,27	2,326	3,290	9,9	25
K6	20	116,01	23,64	118,39	1,951	2,759	8,3	25
K7	20	137,31	21,96	139,05	1,661	2,349	7,0	16
K8	20	159,81	23,22	161,49	1,430	2,022	6,1	16
K9	20	159,81	23,22	161,49	1,430	2,022	6,1	16
K10	20	144,81	22,38	146,53	1,576	2,229	6,7	16
K11	20	240,81	23,22	241,92	0,955	1,350	4,0	10
K12	20	312,81	25,74	313,86	0,736	1,041	3,1	10
K13	20	144,81	22,38	146,53	1,576	2,229	6,7	16

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники ACE 6000 (Itron / Actaris)
Для технічного обліку, встановлюємо амперметри DE-72 (Dixsen). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму Т-0,66 ЕТІ та Т-0,66-1ЕТІ з коефіцієнтом трансформації 200/5 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
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	589,32
$I_{max}, \text{А}$	1178,64
$i_y, \text{кА}$	13,581
$I_{n0}, \text{кА}$	9,146
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	20,91
$z_2, \text{Ом}$	0,255

Таблиця 2.24 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{max}, \text{А}$	157,81
$i_y, \text{кА}$	3,290
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	1,35
$z_2, \text{Ом}$	0,115

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

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

Таблиця 2.25 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

Назва	Тип вимикача	$I_{номрозщ}, \text{А}$	$I_{грвмк}, \text{кА}$	$I_{норм}, \text{А}$	$I_{max}, \text{А}$	$I_K, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7
QF1	ВА 88-43	1250	50	589,32	1178,64	9,146
QF2	ВА 88-43	1250	50	589,32	1178,64	9,146
QF3	ВА 88-43	1250	50	589,32	1178,64	9,146
QF4	ВА 88-33	160	36	63,67	127,35	1,951
QF5	ВА 88-33	160	36	63,67	127,35	1,951
QF6	ВА 88-33	160	36	70,05	140,11	1,805
QF7	ВА 88-33	160	36	70,05	140,11	1,805
QF8	ВА 88-33	125	36	52,91	105,82	1,367

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7
QF9	BA 88-33	125	36	52,91	105,82	1,367
QF10	BA 88-32	100	36	47,06	94,12	1,430
QF11	BA 88-32	100	36	47,06	94,12	1,430
QF12	BA 88-33	160	36	68,43	136,86	2,326
QF13	BA 88-33	160	36	68,43	136,86	2,326
QF14	BA 88-33	160	36	78,91	157,81	1,951
QF15	BA 88-33	160	36	78,91	157,81	1,951
QF16	BA 88-32	100	36	48,16	96,31	1,661
QF17	BA 88-32	100	36	48,16	96,31	1,661
QF18	BA 88-32	100	36	48,96	97,93	1,430
QF19	BA 88-32	100	36	48,96	97,93	1,430
QF20	BA 88-32	100	36	49,19	98,38	1,430
QF21	BA 88-32	100	36	49,19	98,38	1,430
QF22	BA 88-32	100	36	47,35	94,69	1,576
QF23	BA 88-32	100	36	47,35	94,69	1,576
QF24	BA 88-32	80	36	37,19	74,39	0,955
QF25	BA 88-32	80	36	37,19	74,39	0,955
QF26	BA 88-32	80	36	35,32	70,64	0,736
QF27	BA 88-32	80	36	35,32	70,64	0,736
QF28	BA 88-32	100	36	46,20	92,40	1,576
QF29	BA 88-32	100	36	46,20	92,40	1,576

2.12.5. Вибір рубильників

Здійснимо попередній вибір рубильників РЕ19-416 (НВП Універсал-Т) 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
$I_{норм}, \text{А}$	589,32
$I_{max}, \text{А}$	1178,64
$i_y, \text{кА}$	13,581
$I_{п0}, \text{кА}$	9,146
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	20,91

2.15. Проектування освітлювальної мережі

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

Таблиця 2.27 - Вибір освітлювального обладнання

Параметри	Значення
1	2
a, м	42
b, м	36
$S, \text{м}^2$	1512
H_p м.	4
h_c м.	3
L_p м.	0,4
H_p м.	1
$n_{св}$, шт	6
n_p , рядів	7
l_a , м	1
l_b , м	-2,4
i	4,85
$N_{св}$, шт	42
$\Phi_{розр}$, Лм	22871
$\Phi_{лампи}$, Лм	22500
$\Delta\Phi$ %	1,65
$P_{0кВт}$	3,2
$P_{p.0кВт}$	3,04
$Q_{p.0квар}$	0,99919968
l , м	70
q	0,11
I_{po} , А	5,13
I_p , А	5,72
Δu	0,39
Світильники	ДСП56У2Ех-2х80-341 У2
щит	ОЩВ-3-100-12-0 (УЕК (Україна))
АВ	$I_{ном} = 16 \text{ А};$
ввідний АВ	$I_{ном} = 63 \text{ А}.$
Кабель до світильників	3х2,5 мм ²
Кабель до щита	3×10 мм ²

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗРАХУНКУ СПОЖИТОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Представлена модель використовує замаскований блок ZI_1 для реалізації скалярного принципу керування. Це дозволяє асинхронному двигуну працювати ефективніше, особливо коли він обертається повільно. Завдяки механізму відшкодування спаду напруги на опорі статора, система підтримує стабільні характеристики двигуна. Додатково застосовано блок Saturation для встановлення меж сигналу та Integrator для розрахунку положення ротора. Загалом, така конфігурація є оптимальною для промислових систем, де важлива надійність при роботі на низьких частотах.

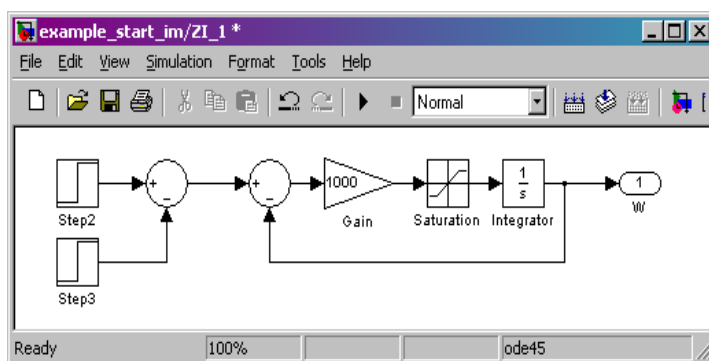


Рисунок 3.1 - Структурна схема моделі скалярного керування.

Рисунок 3.2 - Вікно параметрів блоку ZI_1

					<i>ЛНТУ.971002.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Ващишин М.В.				Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевірів	Коменда Н.В.					Д	33
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41	
Н.контр	Ващелюк Ю.І.						
Затвердив	Волинець В.І.						
						Аркушів	3

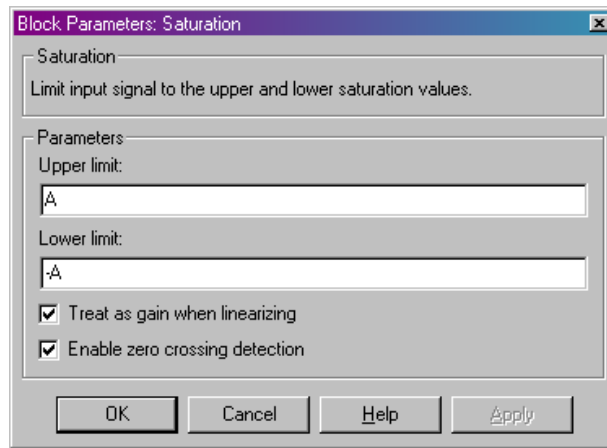


Рисунок. 3.3 - Вікно параметрів блоку Saturation.

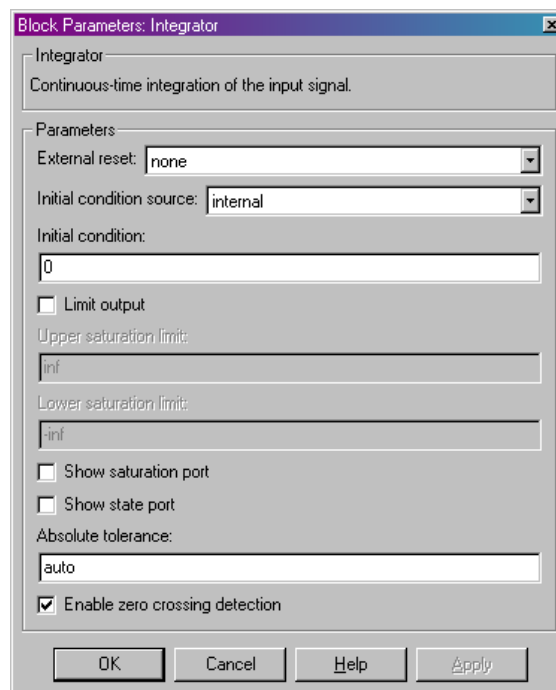


Рисунок 3. 4 - Вікно параметрів блоку Integrator.

Для аналізу перехідних процесів під час пуску асинхронного електродвигуна тривалість моделювання встановлюється на рівні 1,5 с. Налаштування часових параметрів виконується у розділі Simulation Parameters (вкладка Solver). У підрозділі Solver options обрано метод чисельного інтегрування ode45 (Dormant-Prince), що базується на алгоритмі Рунге-Кутти 4-го та 5-го порядку. Цей метод забезпечує необхідну точність розрахунків у блоці Integrator.

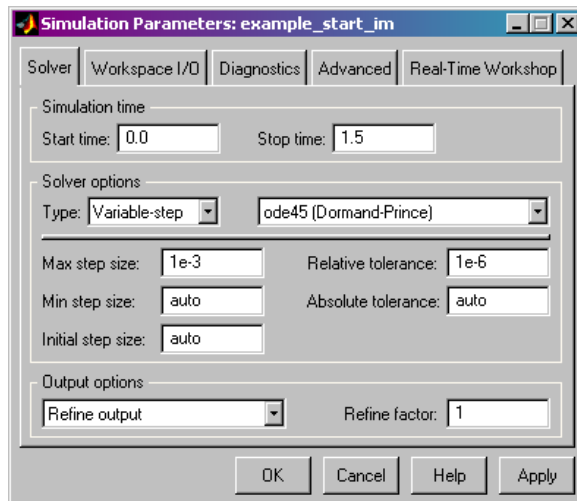


Рисунок 3. 5 - Вікно Simulation Parameters.

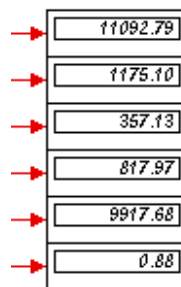


Рисунок 3. 6 - Результати розрахунку параметрів блоку Energy calculator для асинхронного двигуна із ступінчатою зміною моменту статичного опору.

Висновок: За результатами дослідження скалярної системи керування асинхронним двигуном підтверджено ефективність застосування алгоритму на базі підсистеми ZI_1. Реалізований механізм компенсації падіння напруги на активному опорі статора забезпечує стабільність робочих характеристик привода, що є критично важливим у режимах низькочастотного обертання.

Математичне забезпечення моделі, зокрема використання блоків Saturation та Integrator, дозволяє здійснювати точний контроль вихідних координат та кутового положення ротора. Застосування методу чисельного інтегрування ode45 (Dormand-Prince) із часом розрахунку 1,5 с гарантує високу збіжність результатів та адекватне відтворення перехідних процесів. Отримані дані підтверджують перспективність впровадження даної структури керування в сучасних промислових електроприводах.

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)

У ході виконання дипломного проєкту для підвищення точності розрахунків та якості графічного оформлення було застосовано сучасний комплекс програмних засобів автоматизованого проєктування. Основним інструментом для розробки графічної частини став середовище AutoCAD, яке дозволило з високою точністю виконати креслення генерального плану заводу з нанесенням мереж зовнішнього електропостачання та внутрішньоцехових електричних мереж. За допомогою інструментів геометричного моделювання в AutoCAD було побудовано картограму електричних навантажень підприємства, що дало змогу візуалізувати розподіл споживаної потужності по території заводу та математично точно визначити центр електричних навантажень. Це стало основою для обґрунтованого вибору місця розташування головної понижувальної підстанції, що мінімізує витрати кольорового металу на кабельні лінії та знижує загальні втрати напруги в системі. Також у цьому середовищі було розроблено однолінійні схеми розподільних пристроїв та принципові схеми керування, що забезпечило відповідність документації чинним стандартам ЄСКД.

Для формування текстового документа пояснювальної записки використовувався текстовий редактор MS Word, який забезпечив належне структурування матеріалу, інтеграцію складних таблиць та коректне відображення математичних формул, що сприяло створенню цілісного та логічно завершеного технічного звіту..

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Ващишин М.В.				Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Коменда Н.В.						Д	36	1
Реценз.							ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Вашелюк Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки заземлюючого пристрою цеху за додатком А.14

Таблиця 5.1- Розрахунковий коефіцієнт опору ґрунту:

Позначення	ОД. вим.	Значення
r_1	-	40,4
r_2	-	74,2
k_1	-	1,91
L	м	1,5
H	м	0,78
t_{II}	м	0,61
r	Ом* м	92,1
b	мм	10
t	м	0,77
r_B	Ом	61,4
R_H	Ом	10
h_B	-	0,78
$n_{пр}$	шт	19,68 =20
h	м	2
l_r	мм	38,00
b	мм	40
k_2	-	2,1
h_r	-	0,69
r_2	Ом	5,71
R	Ом	7,75
n	шт	10,16

Приймаємо до установки 11 вертикальних заземлюючів електроди довжиною 1,5м .

					<i>ЛНТУ.971002.000 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання електроапаратного заводу встановленою потужністю 1020 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Ващишин М.В.					Д	37	1
Перевірів	Коменда Н.В.							
Реценз.								
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.					<i>ФАБЕ, зр ЕЕ-41</i>		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті виконання дипломного проєкту було розроблено комплексну систему електропостачання електроапаратного заводу зі встановленою потужністю 1020 кВт, яка повністю відповідає сучасним вимогам надійності, економічності та безпеки. На основі проведеного аналізу технологічного процесу та розрахунку електричних навантажень було обрано оптимальну схему живлення підприємства, що забезпечує безперебійну роботу всіх семи виробничих підрозділів. Виконані розрахунки підтвердили доцільність встановлення двох силових трансформаторів на головній підстанції, що гарантує резервування живлення для споживачів другої категорії у разі виходу з ладу одного з агрегатів. Обране високовольтне та низьковольтне обладнання, включаючи автоматичні вимикачі та роз'єднувачі, пройшло перевірку на стійкість до дії струмів короткого замикання, що підтверджує надійність системи захисту від аварійних режимів.

Важливим досягненням проєкту стало успішне вирішення питання якості електричної енергії та енергоефективності. Завдяки впровадженню автоматичних конденсаторних установок на шинах цехових підстанцій було забезпечено повну компенсацію реактивної потужності, що дозволило довести коефіцієнт потужності до нормативного значення та значно розвантажити силові трансформатори і кабельні лінії. Перевірка обраних перерізів кабелів за допустимим нагрівом та втратою напруги показала, що в усіх режимах роботи відхилення напруги на затискачах найвіддаленіших електроприймачів не перевищує встановлених меж у п'ять відсотків. Таким чином, спроектована система електропостачання є технічно досконалою та готовою до практичного впровадження, створюючи надійну енергетичну базу для стабільного функціонування та подальшого розвитку електроапаратного заводу..

					ЛНТУ.971002.000 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 проектування. 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. ДСТУ ISO 128-22:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. [Чинний від 2005-01-01]. Київ : Технічний центр НАН України, 2005.
5. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Основи електропостачання сільського господарства : навч. посіб. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2011. 462 с.
6. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.
7. Правила улаштування електроустановок / М-во енергетики та вугільної промисловості України. Київ, 2017. 617 с.
8. 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: 01.05.2026).
9. Електротехнічна продукція підприємств України. URL: <http://energotransbud.com.ua> (дата звернення: 24.05.2026).
10. Рябенко І. С., Шевчук С. П., Мейта О. В. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 633 с.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

11. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проєктування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2007. 280 с.

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

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		