

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»

Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання
встановленою потужністю 1470 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
Макаренко Олексій Владленович

(підпис)

Керівник: к.ф-м.н., доцент
Падалко Анатолій Михайлович

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Макаренко Олексій Владленович. Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. . Рукопис.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026 .

Кваліфікаційний проєкт бакалавра складається з п'яти розділів, списку використаних джерел, додатків.

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

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

Annotation

Makarenko Oleksiy Vladlenovych. Power supply to a medical equipment manufacturing factory with an installed capacity of . 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

РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ ..	7
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	11
2.1 Розрахунок силового електричних навантажень	11
2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень	14
2.3 Визначення результуючих навантажень	15
2.4 Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень	16
2.5 Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності	16
2.6 Компенсація реактивної потужності	18
2.7 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	18
2.8 Проєктування мережі живлення підприємства	19
2.9 Проєктування внутрішньої розподільної мережі	19
2.10 Розрахунок струмів короткого замикання	21
2.11 Вибір апаратури	21
2.11.1 Вибір комплектних розподільчих пристроїв	21
2.11.2 Вибір роз'єднувачів	22
2.11.3 Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	22
2.12 Розрахунок низьковольтної мережі цеху	23
2.12.1 Вибір схеми електропостачання	23
2.12.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	24
2.12.3 Вибір трансформаторів струму	28
2.12.4 Вибір автоматичних вимикачів	29
2.12.5 Вибір рубильників	30
2.15 Проєктування освітлювальної мережі	30
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В СИСТЕМІ SIMULINK	32
3.1. Реалізація моделі асинхронного двигуна системі Simulink	32
3.2. Скалярне керування згідно моделі двигуна.	35
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР) ..	37
5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	39
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	41
ДОДАТКИ	43
Додаток А Використані методики	43
Додаток Б Специфікації та переліки посилань	71

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Макаренко О.В.					Д	6	71
Перевірів	Падалко АМ					ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Реценз.								
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

ВСТУП

Проектоване підприємство є сучасним високотехнологічним комплексом з виробництва складного медичного обладнання, що включає лінійку діагностичних систем, апаратів штучної вентиляції легень та спеціалізованого хірургічного інструментарію. Актуальність даного проекту обумовлена стрімким розвитком медичних технологій та потребою у вітчизняному виробництві сертифікованої апаратури, яка відповідає міжнародним стандартам якості. Встановлена потужність заводу становить 1470 кВт, що відносить його до споживачів середньої потужності, проте специфіка медичного виробництва висуває надзвичайно високі вимоги до надійності та якості електричної енергії. Підприємство працює у тримінному режимі з безперервним циклом у критичних цехах, що забезпечує річний обсяг випуску продукції, достатній для переоснащення провідних клінічних центрів країни. Технологічні особливості виробництва передбачають використання прецизійного верстатного парку, чистих кімнат з автоматизованими системами підтримання мікроклімату та складних випробувальних стендів, що потребує інтеграції систем безперебійного живлення для відповідальних електроприймачів першої категорії надійності. Система електропостачання розрахована на тривалий термін експлуатації з можливістю подальшого розширення потужностей без радикальної реконструкції головної понижувальної підстанції. Основним завданням даного проекту є створення ефективної, безпечної та економічно доцільної мережі, яка забезпечить мінімізацію втрат енергії та високий рівень автоматизації керування силовими мережами.

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Архітектура промислового комплексу побудована за функціонально-вузловою схемою, де кожен підрозділ виконує завершений етап створення медичного продукту. Основним ядром виробництва є цех прецизійної механічної обробки та складання корпусів, де зосереджено найбільш енергоємне обладнання, включаючи багатоосові обробні центри з програмним керуванням, що формують основу металевих та полімерних конструкцій медичних приладів. Поруч розташовано цех виготовлення друкованих плат та мікроелектроніки, який вимагає особливого підходу до електропостачання через чутливість компонентів до електромагнітних завад та необхідність забезпечення високого рівня стерильності повітря. Третім ключовим підрозділом є ділянка вакуумного напилення та термічної обробки, де відбуваються процеси зміцнення робочих поверхонь інструментів та нанесення біосумісних покриттів у спеціальних печах, що характеризуються високим коефіцієнтом використання встановленої потужності. Для забезпечення фінального вигляду виробів функціонує автоматизований цех лакофарбового покриття та стерилізаційної підготовки, обладнаний потужними вентиляційними системами та ультрафіолетовими установками. Логістичне супроводження забезпечує автоматизований складський термінал, оснащений підйнятно-транспортними механізмами та системами підтримання температурного режиму для зберігання готової продукції та сировини. Допоміжні функції покладено на інженерно-лабораторний корпус, де проводяться вхідний контроль матеріалів та сертифікаційні випробування прототипів у камерах штучного клімату. Завершує структуру адміністративно-побутовий корпус, який інтегрує системи диспетчеризації всього заводу та забезпечує комфортні умови для персоналу.

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. Пояснювальна записка	Лім.	Арк.	Аркушів
Розробив	Макаренко О.В.					Д	8	3
Перевірів	Падалко АМ					ФАБЕ, зр ЕЕ-41		
Реценз.								
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-10/0,4 кВ, відстань до якої становить 0,35 км. Потужність КЗ на шинах джерела живлення дорівнює 98 МВА.

Реактивна потужність, дозволена енергосистемою, становить 115 кВАр

Загальна територія підприємства становить 44100 м², площа будівель складає 10020 м². Характеристики об'єктів в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Характеристики об'єктів

Назва	S, m^2	$P_{вст\Sigma}, кВт$
Цех прецизійної механічної обробки та складання	1152	326
Цех мікроелектроніки та друкованих плат	1344	273
Ділянка вакуумного напилення та термічної обробки	1764	209
Цех лакофарбового покриття та стерилізації	1296	199
Автоматизований складський термінал	1440	205
Інженерно-лабораторний корпус	1512	178
Адміністративно-побутовий корпус	1512	80
Всього	10020	1470

Цех прецизійної механічної обробки та складання є провідним підрозділом фабрики, де реалізується повний цикл перетворення заготовок у готові модулі медичних систем. Технологічний процес розпочинається з високоточної обробки металевих та композитних деталей на багатофункціональних верстатах, що потребує стабільної частоти струму для забезпечення мікронної точності позиціонування інструменту. Першим ключовим механізмом у ланцюзі є п'ятиосьовий обробний центр, який виконує фрезерування складних геометричних поверхонь корпусів апаратів МРТ та КТ. Для створення циліндричних компонентів високої точності використовується токарно-револьверний автомат, що забезпечує чистову обробку валів та втулок. Важливу роль відіграє прецизійний шліфувальний верстат, призначений для фінішного доведення поверхонь інструментарію до дзеркального блиску, що критично для медичної стерильності. Лазерна установка для різання та маркування металу дозволяє виконувати розкрій тонколистових деталей з

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

мінімальною зоною термічного впливу. П'ятим критичним елементом є потужна припливно-витяжна вентиляційна установка, яка забезпечує необхідну кратність обміну повітря та видалення дрібнодисперсного пилу, підтримуючи заданий клас чистоти приміщення. На етапі підготовки поверхонь працює ультразвукова мийна ванна, яка видаляє залишки мастил та мікрочастинок з каналів складної форми. Процес складання підтримується напівавтоматичною лінією монтажу, де відбувається інтеграція механічних частин з електронними блоками. Для перевірки герметичності та міцності вузлів використовується гідравлічний випробувальний стенд, що імітує робочі навантаження. Завершує цикл пакувальний автомат, який здійснює вакуумну герметизацію готових модулів перед їх передачею на склад

Таблиця 1.2 - Характеристики обладнання

Назва	n	$P_{\text{вст}}$
Обробний центр Hermle C400	2	22
Токарний автомат DMG MORI NLX	3	18,5
Шліфувальний верстат Studer S33	4	12,5
Лазерна установка Trumpf TruLaser	3	20
Ультразвукова мийка ElmaSonic XL	4	11,5
Вентиляційна установка Systemair Torvex	1	10
Лінія монтажу складська Bosch Rexroth	2	15
Гідравлічний стенд контролю Parker	1	14
Пакувальна машина Multivac R145	1	16,5

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силового електричних навантажень

Результати розрахунків електричних навантажень зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків

Назва електроприймача		$P_{\text{ном}}$	n	$P_{\text{вст}}$	$K_{\text{в}}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	m	n	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{ср.зм, кВт}}$	$Q_{\text{ср.зм, квар}}$	$P_{\text{р кВт}}$	$Q_{\text{р кВар}}$
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Група А	Обробний центр Hermle C400	22	2	44	0,2	0,85	0,62	1,91	8	1,96	8,80	5,45	57,24	18,24
	Токарний автомат DMG MORI NLX	18,5	2	37	0,2	0,82	0,70				7,40	5,17		
	Шліфувальний верстат Studer S33	12,5	2	25	0,2	0,8	0,75				5,00	3,75		
	Лазерна установка Trumpf TruLaser	20	2	40	0,2	0,9	0,48				8,00	3,87		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
	Ультразвукова мийка Elmasonic XL	11,5	2	23	0,7	0,84	0,64 593 618 9				16,10	10,40	16,10	10,40
всього			10	169							45,30	28,64	73,34	28,64

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Макаренко О.В.				Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Падалко АМ					Д	10	21
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Васцелюк 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	Токарний автомат DMG MORI NLX	18,5	1	18,5	0,2	0,82	0,70	2,00	9	1,95	3,70	2,58	45,66	15,33
	Вентиляційна установка Systemair Topvex	10	1	10	0,2	0,92	0,43				2,00	0,85		
	Шліфувальний верстат Studer S33	12,5	2	25	0,2	0,8	0,75				5,00	3,75		
	Лазерна установка Trumpf TruLaser	20	1	20	0,2	0,9	0,48				4,00	1,94		
	Лінія монтажу складська Bosch Rexroth	15	2	30	0,1	0,8	0,75				3,00	2,25		
	Гідравлічний стенд контролю Parker	14	1	14	0,17	0,78	0,80				2,38	1,91		
	Пакувальна машина Multivac R145	16,5	1	16,5	0,2	0,85	0,62				3,30	2,05		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
	Ультразвукова мийка Elmasonic XL	11,5	2	23	0,7	0,84	0,75				16,10	12,08	16,10	12,08
всього Б			11	157						39,48	27,40	61,76	27,40	
ВСЬОГО по цеху			21	326							84,78	56,0	135,1	56,04

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

Таблиця 2.2 - Результати розрахунків силового навантаження

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
Цех прецизійної механічної обробки та складання	326,00	84,78	56,04	101,65	135,10	56,04	146,30
РП 1	169,00	45,30	28,64	53,60	73,34	28,64	78,73
РП 2	157,00	39,48	27,40	48,06	61,76	27,40	67,57
Цех мікроелектроніки та друкованих плат	273,00	60,06	42,04	73,31	126,13	46,25	134,34
РП 1	141,96	31,23	21,86	38,12	65,59	24,05	69,86
РП 2	131,04	28,83	20,18	35,19	60,54	22,20	64,48
Цех лакофарбового покриття та стерилізації	209,00	104,50	73,15	127,56	219,45	80,47	233,74
РП 1	108,68	32,60	22,82	39,80	68,47	25,11	72,93
РП 2	100,32	23,07	16,15	28,16	48,45	17,77	51,61
Ділянка вакуумного напилення та термічної обробки	199,00	109,45	76,62	133,60	229,85	84,28	244,81
РП 1	103,48	23,80	16,66	29,05	49,98	18,33	53,23
РП 2	95,52	21,01	14,71	25,65	44,13	16,18	47,00
Автоматизований складський термінал	205,00	44,20	30,94	53,95	92,82	34,03	98,86
РП 1	106,60	24,52	17,16	29,93	51,49	18,88	54,84
РП 2	98,40	19,68	13,78	24,02	41,33	15,15	44,02
Інженерно-лабораторний корпус	178,00	106,80	74,76	130,37	224,28	82,24	238,88
РП 1	92,56	32,40	22,68	39,54	68,03	24,94	72,46
РП 2	85,44	25,63	17,94	31,29	53,83	19,74	57,33
Адміністративно-побутовий корпус	80,00	48,00	33,60	58,59	100,80	36,96	107,36
РП 1	41,60	24,96	14,98	29,11	74,88	16,47	76,67
Всього	1470,00	557,79	387,15	678,98	1128,41	420,26	1204,28

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Розрахунок освітлювальних навантажень

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	$\cos\varphi$	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
Цех прецизійної механічної обробки та складання	1152	5	10	11,52	1	0,85	0,95	9,79	3,22
Цех мікроелектроніки та друкованих плат	1344	4	11	14,78	1	0,85	0,95	12,57	4,13
Ділянка вакуумного наплення та термічної обробки	1764	4	11	19,40	1	0,85	0,95	16,49	5,42
Цех лакофарбового покриття та стерилізації	1296	4	11	14,26	1	0,95	0,95	13,54	4,45
Автоматизований складський термінал	1440	4	11	15,84	1	0,95	0,95	15,05	4,95
Інженерно-лабораторний корпус	1512	5	12	18,14	1	0,85	0,95	15,42	5,07
Адміністративно-побутовий корпус	1512	5	9	13,61	1	0,95	0,95	12,93	4,25
Зовнішнє	44100		0,12	5,29	0,95	1	0,95	5,29	1,74
Всього	10020			112,85				101,09	33,23

2.3. Визначення результуючих навантажень

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

Таблиця 2.4 - Визначення результуючих навантажень

Назва об'єкта		$P_{вст\Sigma}, \text{кВт}$	$P_{ср.зм\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{ср.зм\Sigma}, \text{квар}$	$S_{ср.зм\Sigma}, \text{кВА}$	$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{p\Sigma}, \text{квар}$	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$
Цех прецизійної механічної обробки та складання	РП 1	180,52	55,09	31,86	63,64	73,34	28,64	78,73
	РП 2	157,00	39,48	27,40	48,06	71,55	30,62	77,83
	Σ	337,52	94,57	59,26	111,70	144,89	59,26	156,56
Цех мікроелектроніки та друкованих плат	РП 1	141,96	31,23	21,86	38,12	65,59	24,05	69,86
	РП 2	145,82	41,40	24,31	48,01	73,11	26,33	77,70
	Σ	287,78	72,63	46,17	86,13	138,69	50,38	147,56
Ділянка вакуумного напilenня та термічної обробки	РП 1	108,68	32,60	22,82	39,80	68,47	25,11	72,93
	РП 2	119,72	39,57	21,57	45,07	64,95	23,19	68,96
	Σ	228,40	72,17	44,40	84,73	133,42	48,29	141,89
Цех лакофарбового покриття та стерилізації	РП 1	103,48	23,80	16,66	29,05	49,98	18,33	53,23
	РП 2	109,78	34,56	19,16	39,51	57,67	20,63	61,25
	Σ	213,26	58,36	35,82	68,48	107,65	38,96	114,49
Автоматизований складський термінал	РП 1	106,60	24,52	17,16	29,93	51,49	18,88	54,84
	РП 2	114,24	34,73	18,72	39,45	56,38	20,10	59,85
	Σ	220,84	59,25	35,88	69,27	107,86	38,98	114,69
Інженерно-лабораторний корпус	РП 1	92,56	32,40	22,68	39,54	68,03	24,94	72,46
	РП 2	103,58	41,05	23,01	47,06	69,25	24,81	73,56
	Σ	196,14	73,45	45,69	86,50	137,28	49,75	146,02
Адміністративно-побутовий корпус	РП 1	41,60	24,96	14,98	29,11	74,88	16,47	76,67
	Σ	93,61	64,77	38,04	75,11	144,26	41,42	150,08
Зовнішнє		5,29	5,29	1,74	5,57	5,29	1,74	5,57
Всього		1582,85	500,48	307,01	587,49	919,34	328,78	976,86

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Результати розрахунків

Назва об'єкта	x, м	y, м	$Q_{P\Sigma} \cdot x$	$Q_{P\Sigma} \cdot y$	r	α	$P_{P\Sigma} \cdot x$	$P_{P\Sigma} \cdot y$
Цех прецизійної механічної обробки та складання	110	141,6	17222	22169	48	24	15938	20516
Цех мікроелектроніки та друкованих плат	138	118,8	20363	17530	47	33	19140	16477
Ділянка вакуумного напilenня та термічної обробки	146,8	70	20829	9932	46	45	19586	9339
Цех лакофарбового покриття та стерилізації	119,2	37,2	13647	4259	41	45	12832	4005
Автоматизований складський термінал	72,4	31,2	8304	3578	41	50	7809	3365
Інженерно-лабораторний корпус	34,4	37,2	5023	5432	47	40	4722	5107
Адміністративно-побутовий корпус	34,8	84,8	5223	12727	48	32	5020	12233
Ца	92,5	77,3						
Цр	275,6	230,0						
Всього			90610	75627			85047	71042

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

Результати вибору силових трансформаторів запишемо в таблицю 2.6:

Таблиця 2.6 - Результати вибору

Показник	І група	
	I	II
$P_{\text{ср.3м}\Sigma}, \text{кВт}$	500,48	500,48
$Q_{\text{ср.3м}\Sigma}, \text{кВАр}$	307,01	307,01
$S_{\text{ср.3м}\Sigma}, \text{кВА}$	587,49	587,49
$F, \text{м}^2$	10020	10020
Тип трансформатора	ТМ-250	ТМ-400
$N_{\text{min}}, \text{шт.}$	2,50	1,56
$N_{\text{опт}}, \text{шт.}$	4,0	2,0
$Q_{\text{max T}}, \text{кВАр}$	624,11	398,89
$Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$	0,0	0,0
K_{p1}	12	12
K_{p2}	27	27
γ	0,29	0,29
$Q_{\text{НБК2}}, \text{квар}$	17,01	75,01
$Q_{\text{НБК}}, \text{квар}$	17,01	75,0
Тип НБК	0	УКМ58-0.4-35/2,5
$\Delta P_X, \text{кВт}$	1,05	1,45
$\Delta P_K, \text{кВт}$	3,7	5,5
$\Delta W, \text{тис.кВт} \cdot \text{год}$	17,822	14,639
$C_e, \text{тис.грн.}$	213,868	175,672
$K, \text{тис.грн.}$	1118,208	785,484
$З, \text{тис.грн.}$	353,644	273,858
Перевірка трансформаторів на можливість перевантаження в аварійному режимі	$1,4 \cdot 630 = 882 \text{кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,35) \cdot 587,49}{2} = 858 \text{кВА}$	

2.6 Компенсация реактивной мощности

Результаты расчетов зведемо в таблицю 2.7.

Таблица 2.7 - Результаты расчетов

Показник	Значения
$Q_{\text{ср.з\text{м}\Sigma}}$, квар	307,01
$Q_{\text{е\text{т}а\text{х}}}$, квар	115
$Q_{\text{НБКф}}$, квар	70
$\Delta Q_{\text{Т}}$, квар	20
$K_{\text{НС}}$	0,75
$Q_{\text{М1}}$, квар	230,25
$Q_{\text{К1}}$, квар	115,25
$Q_{\text{НСТ}}$, квар	277,01
$Q_{\text{ВБК}}$, квар	85,25
Тип НБК	УКМ58-0.4-50/2,5

2.7 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Результаты расчетов електричних навантажень на вищих рівнях СЕП зведемо в таблицю 2.8

Таблица 2.8 - Результаты расчетов

Розрахункове навантаження	Значения
$P_{\text{ср.з\text{м}\Sigma}}$ кВт	500,48
$Q_{\text{ср.з\text{м}\Sigma}}$ квар	307,01
$Q_{\text{НБК}}$ квар	100
$P_{\text{р3}}$ кВт	500,48
$Q_{\text{р3}}$ квар	207,01
$S_{\text{р3}}$ кВА	541,60
$\Delta P_{\text{Т}}$ кВт	10,83
$\Delta Q_{\text{Т}}$ квар	54,16
$P_{\text{р4}}$ кВт	511,32
$Q_{\text{р4}}$ квар	261,17
$S_{\text{р4}}$ кВА	574,15

2.8 Проектування мережі живлення підприємства

Результати розрахунків живлячих ліній АПвЕгаПу-10 (Крок-ГТ) зведемо в таблицю 2.9

Таблиця 2.9

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{ПЛАВ}}, \%$	$K_{3Л}$	$\Delta P_{\text{Н}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{Д}}, \text{кВт}$	$C_e, \text{тис. грн.}$	$З, \text{тис. грн.}$	$K, \text{тис. грн.}$
35	115	118,45	0,89	0,095	7,73	0,08	0,15	0,140	13,11	0,25671627	5,31991	47,320	336
50	140	144,2	0,63	0,09	5,61	0,06	0,11	0,140	13,11	0,25671627	5,31991	67,203	507,5
70	165	169,95	0,45	0,086	4,14	0,04	0,08	0,115	13,75	0,18172050	3,76578	76,365	589,4
95	205	211,15	0,33	0,083	3,15	0,03	0,06	0,098	13,65	0,12980036	2,68984	86,673	677,6
120	216	222,48	0,258	0,081	2,56	0,03	0,05	0,078	15,45	0,09518693	1,97255	102,167	805
150	246	253,38	0,206	0,79	6,42	0,06	0,13	0,074	13,41	0,07441887	1,54217	121,981	966
185	275	283,25	0,167	0,077	1,81	0,02	0,04	0,059	14,07	0,04817035	0,99823	142,748	1134
240	314	323,42	0,115	0,075	1,38	0,01	0,03	0,051	12,63	0,03317120	0,68740	173,937	1386

Обераємо - АПвЕгаПу-10 (Крок-ГТ) перерізом 35мм²

2.9 Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем АВББШв (Енергопром) та пунктом розподільчим ПР8501-3090 (Електроград) (250А) проведемо в таблиці 2.10 та 2.11

Таблиця 2.10 - Результати розрахунків

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{н.ав}, \text{А}$	$l, \text{км}$	S	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$I''_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{ПЛАВ}}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП1.1	2	78,73	59,81	119,62	0,126	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,51	5,02
ТП-РП1.2	2	77,83	59,12	118,25	0,12	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,36	4,72
ТП-РП2.1	2	69,86	53,07	106,13	0,108	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	1,91	3,82
ТП-РП2.2	2	77,70	59,03	118,06	0,114	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,24	4,48
ТП-РП3.1	2	72,93	55,40	110,80	0,15	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,77	5,53

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					19

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП3.2	2	68,96	52,39	104,78	0,138	35	111	114	98,28	1,200	0,0700	2,41	4,81
ТП-РП4.1	2	53,23	40,44	80,88	0,108	25	91	94	98,28	1,200	0,0700	1,99	3,99
ТП-РП4.2	2	61,25	46,53	93,06	0,114	25	91	94	98,28	1,200	0,0700	2,42	4,85
ТП-РП5.1	2	54,84	41,66	83,32	0,108	25	91	94	98,28	1,200	0,0700	2,05	4,11
ТП-РП5.2	2	59,85	45,47	90,94	0,102	25	91	94	98,28	1,200	0,0700	2,12	4,24
ТП-РП6.1	2	72,46	55,05	110,09	0,15	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,75	5,50
ТП-РП6.2	2	73,56	55,88	111,76	0,15	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,79	5,58
ТП-РП7.1	2	76,67	58,24	116,49	0,132	35	111	114	119,88	0,868	0,0600	2,56	5,12

Таблиця 2.11 - Результати розрахунків

Назва	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$
Цех прецизійної механічної обробки та складання	78,73	59,81	250
	77,83	59,12	250
Цех мікроелектроніки та друкованих плат	69,86	53,07	250
	77,70	59,03	250
Ділянка вакуумного напилення та термічної обробки	72,93	55,40	250
	68,96	52,39	250
Цех лакофарбового покриття та стерилізації	53,23	40,44	250
	61,25	46,53	250
Автоматизований складський термінал	54,84	41,66	250
	59,85	45,47	250
Інженерно-лабораторний корпус	72,46	55,05	250
	73,56	55,88	250
Адміністративно-побутовий корпус	76,67	58,24	250

2.10 Розрахунок струмів короткого замикання

$S_{кз} = .98 \text{ МВА}$. Результати розрахунків запишемо в таблицю 2.12

Таблиця 2.12 - Результати розрахунків

Показник	Значення
$S_{кз} \text{ МВА}$	98
$\dot{X}_{C*}$	1,020
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	0,030
$\dot{X}_{КЛ12*}$	0,015
$\dot{X}_{рез*}$	1,035
$I_6 \text{ кА}$	5,50
$I_{n0} \text{ кА}$	5,310
k_y	1,4
$i_y \text{ кА}$	10,514
$K_T \frac{A \cdot c^{1/2}}{\text{мм}^2}$	118
$t_n \text{ с}$	0,25
$F_{min} \text{ мм}^2$	22,5
$B_K \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	7,05

2.11 Вибір апаратури

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для розподілу електроенергії на стороні ТП 10 кВ ми приймаємо камери камери серії КСО-393 (Завод ПРБ) з, ВНА-10/630 (УкрЕлектро) Результати перевірки зводимо в таблицю 2.13. Розподільний вузол 0,4 кВ виконаний у вигляді двох збірних шин з панелями ЩО-70 (ТЗОВ ВП «Електросервіс»).

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.13 - Результати розрахунків

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	16,57
$I_{max}, \text{А}$	33,15
$i_y, \text{кА}$	10,514
$I_{n0} \text{кА}$	7,05

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Результати перевірки роз'єднувачів РВЗ-10/400 УЗ (УкрЕлектро) зведемо в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 - Результати розрахунків

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	16,57
$I_{max}, \text{А}$	33,15
$i_y, \text{кА}$	10,514
$I_{n0} \text{кА}$	5,310
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	7,05

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Результати перевірки вимикачів навантаження ВНАп 10-630-20-2з УЗ (УкрЕлектро) таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 - Результати перевірки вимикачів навантаження

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	16,57
$I_{max}, \text{А}$	33,15
$i_y, \text{кА}$	10,514
$I_{n0} \text{кА}$	5,310
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	7,05

Вибираємо запобіжника ПКТ 103-10-80 (Елакс), результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 - Результати перевірки запобіжників

Показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{max}, \text{А}$	33,15
$I_{n0} \text{кА}$	5,310
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	7,05

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Результати вибору кабелів цеху прецизійної механічної обробки та складання зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 - Результати вибору кабелів

Назва електроприймача	$P_H, \text{кВт}$	$\cos \phi$	$I, \text{А}$	$F, \text{мм}^2$	$I_{тр. доп}, \text{А}$	Кабель
Група А						
Обробний центр Hermle C400	22	0,85	39,32	6	0,07	ВВГнгд -4х6
Токарний автомат DMG MORI NLX	18,5	0,82	34,28	6	0,07	ВВГнгд -4х6
Шліфувальний верстат Studer S33	12,5	0,8	23,74	2,5	0,07	ВВГнгд -4х2,5
Лазерна установка Trumpf TruLaser	20	0,9	33,76	6	0,07	ВВГнгд -4х6
Ультразвукова мийка Elmasonic XL	11,5	0,84	20,80	2,5	0,07	ВВГнгд -4х2,5
Група Б						
Токарний автомат DMG MORI NLX	18,5	0,82	34,28	6	0,07	ВВГнгд -4х6
Вентиляційна установка Systemair Torvex	10	0,92	16,51	2,5	0,07	ВВГнгд -4х2,5
Шліфувальний верстат Studer S33	12,5	0,80	23,74	2,5	0,07	ВВГнгд -4х2,5
Лазерна установка Trumpf TruLaser	20	0,90	33,76	6	0,07	ВВГнгд -4х6
Лінія монтажу складська Bosch Rexroth	15	0,80	28,49	4	0,07	ВВГнгд -4х4
Гідравлічний стенд контролю Parker	14	0,78	27,27	4	0,07	ВВГнгд -4х4
Пакувальна машина Multivac R145	16,5	0,85	29,49	4	0,07	ВВГнгд -4х4
Ультразвукова мийка Elmasonic XL	11,5	0,84	20,80	2,5	0,07	ВВГнгд -4х2,5

Результати перевірки кабелів за втратами напруги зведемо в таблицю 2.18.

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.18 - Результати перевірки кабелів

Назва електроприймача	n	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l, км	$\Delta U\%$	Кабель
Група А						
Обробний центр Hermle C400	2	31	3,08	0,212	106,293	ВВГнгд -4х6
				0,2180,2	109,301	ВВГнгд -4х6
Токарний автомат DMG MORI NLX	2	31	3,08	0,23	97,682	ВВГнгд -4х6
				0,2360,2	100,230	ВВГнгд -4х6
Шліфувальний верстат Studer S33	2	14	12,1	0,246	49,138	ВВГнгд -4х2,5
				0,258	51,535	ВВГнгд -4х2,5
Лазерна установка Trumpf TruLaser	2	31	3,08	0,212	95,405	ВВГнгд -4х6
				0,234	105,306	ВВГнгд -4х6
Ультразвукова мийка Elmasonic XL	2	14	12,1	0,248	43,088	ВВГнгд -4х2,5
				0,242	42,045	ВВГнгд -4х2,5
Група Б						
Токарний автомат DMG MORI NLX	2	31	3,08	0,212	90,037	ВВГнгд -4х6
				0,212	90,037	ВВГнгд -4х6
Вентиляційна установка Systemair Torvex	2	14	12,1	0,224	29,713	ВВГнгд -4х2,5
				0,224	29,713	ВВГнгд -4х2,5
Шліфувальний верстат Studer S33	2	14	12,1	0,238	47,540	ВВГнгд -4х2,5
				0,244	48,739	ВВГнгд -4х2,5
Лазерна установка Trumpf TruLaser	2	31	3,08	0,239	90,005	ВВГнгд -4х6
				0,239	90,005	ВВГнгд -4х6
Лінія монтажу складська Bosch Rexroth	2	25	4,61	0,215	65,330	ВВГнгд -4х4
				0,221	65,330	ВВГнгд -4х4
Гідравлічний стенд контролю Parker	1	25	4,61	0,214	59,543	ВВГнгд -4х4
Пакувальна машина Multivac R145	1	25	4,61	0,219	69,710	ВВГнгд -4х4
Ультразвукова мийка Elmasonic XL	2	14	12,1	0,241	41,872	ВВГнгд -4х2,5
				0,248	56,101	ВВГнгд -4х2,5

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.

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.19 - Розрахунок струмів короткого замикання

Показник	Значення
U_{ϕ} кВ	0,4
I_{k10} кА	5,310
U_{c10} кВ	10,5
$S_{ном.Т}$ кВА	400
ΔP_k кВт	5,5
u_k %	4,5

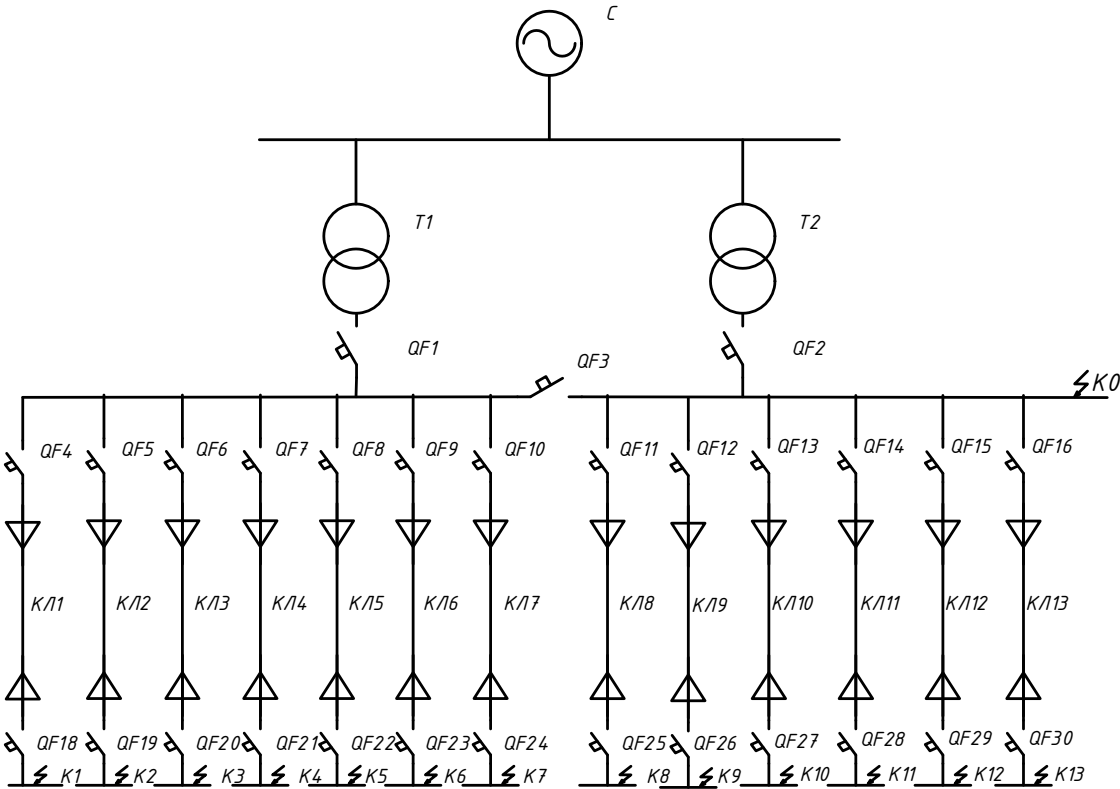


Рисунок 2.1 - Розрахунок струмів короткого замикання

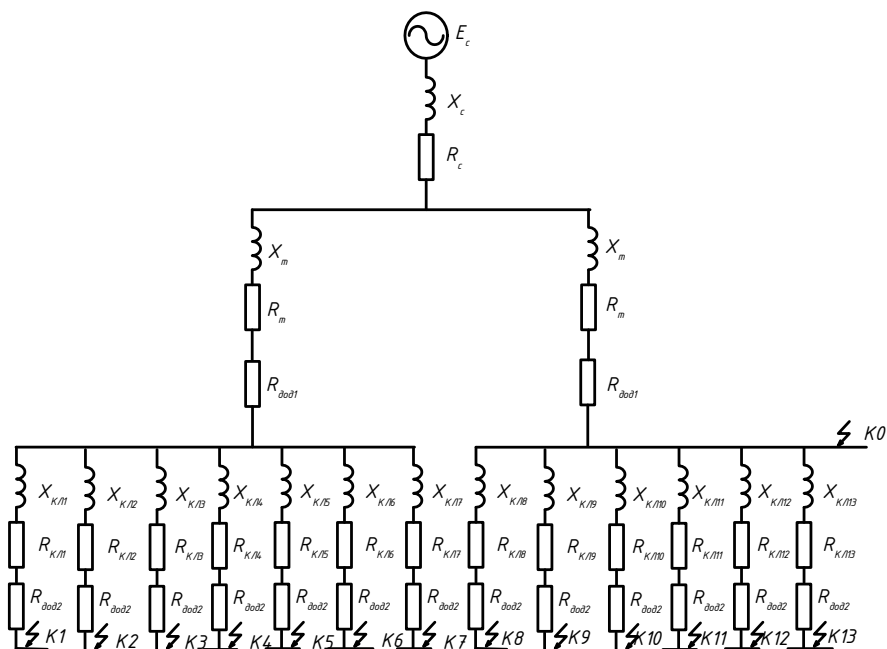


Рисунок 2.2 - Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахуємо струми КЗ, результати розрахунків зведемо в таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 - Результати розрахунків

Показник	Значення
R_C Ом	0,312
X_C Ом	1,142
$\dot{R}_C$ МОм	0,452
$\dot{X}_C$ МОм	1,657
$\dot{R}_T$ МОм	5,500
$\dot{X}_T$ МОм	18,000
$\dot{R}_{рез0}$ МОм	20,952
$\dot{X}_{рез0}$ МОм	19,657
$Z_{рез0}$ МОм	28,729
I_K кА	8,038
k_y —	1,05
i_y кА	11,937

Результати розрахунків опорів зведемо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21- Результати розрахунків

Назва кабельної лінії	l, км	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R, мОм	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X, мОм
ТП-РП1.1	0,126	0,868	109,368	0,0600	7,56
ТП-РП1.2	0,12	0,868	104,16	0,0600	7,2
ТП-РП2.1	0,108	0,868	93,744	0,0600	6,48
ТП-РП2.2	0,114	0,868	98,952	0,0600	6,84
ТП-РП3.1	0,15	0,868	130,2	0,0600	9
ТП-РП3.2	0,138	1,200	119,784	0,0700	8,28
ТП-РП4.1	0,108	1,200	129,6	0,0700	7,56
ТП-РП4.2	0,114	1,200	136,8	0,0700	7,98
ТП-РП5.1	0,108	1,200	129,6	0,0700	7,56
ТП-РП5.2	0,102	1,200	122,4	0,0700	7,14
ТП-РП6.1	0,15	0,868	130,2	0,0600	9
ТП-РП6.2	0,15	0,868	130,2	0,0600	9
ТП-РП7.1	0,132	0,868	114,576	0,0600	7,92

Результати розрахунку струмів зведемо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 - Результати розрахунків

Точка КЗ	$R_{\text{дод}}, \text{мОм}$	$\dot{R}_{\text{рез}}, \text{мОм}$	$\dot{X}_{\text{рез}}, \text{мОм}$	$\dot{Z}_{\text{рез}}, \text{мОм}$	$I_{\text{к}}, \text{кА}$	$i_y, \text{кА}$	$F_{\text{мін}}, \text{мм}^2$	Прийнятий переріз
1	2	3	4	5	6	7	8	9
K1	20	135,32	27,22	138,03	1,673	2,366	7,1	35
K2	20	130,11	26,86	132,85	1,738	2,458	7,4	35
K3	20	119,70	26,14	122,52	1,885	2,666	8,0	35
K4	20	124,90	26,50	127,68	1,809	2,558	7,7	35
K5	20	156,15	28,66	158,76	1,455	2,057	6,2	35
K6	20	145,74	27,94	148,39	1,556	2,201	6,6	35
K7	20	155,55	27,22	157,92	1,462	2,068	6,2	25
K8	20	162,75	27,64	165,08	1,399	1,978	5,9	25
K9	20	155,55	27,22	157,92	1,462	2,068	6,2	25
K10	20	148,35	26,80	150,75	1,532	2,166	6,5	25

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				27

Продовження таблиці 2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9
K11	20	156,15	28,66	158,76	1,455	2,057	6,2	35
K12	20	156,15	28,66	158,76	1,455	2,057	6,2	35
K13	20	140,53	27,58	143,21	1,613	2,281	6,8	35

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники МТ880 (Iskraemeco). Для технічного обліку, встановлюємо амперметри SF-72 (Tense). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму TORN (НІК) 1000/5 та TORN (НІК) 150/5

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. та 2.24 т

Таблиця 2.23 - Результати розрахунків

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	446,30
$I_{max}, \text{А}$	892,59
$i_y, \text{кА}$	11,937
$I_{н0}, \text{кА}$	8,038
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	16,15
$z_2, \text{Ом}$	0,255
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{max}, \text{А}$	119,62
$i_y, \text{кА}$	2,057
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	0,53
$z_2, \text{Ом}$	0,115

2.12.4 Вибір автоматичних вимикачів

Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.25

Таблиця 2.25 - Результати розрахунків

Назва	Тип вимикача	$I_{номрозщ}, A$	$I_{грвимк}, kA$	$I_{ном}, A$	I_{max}, A	I_K, A
QF1	BA-88-43	1000	50	446,30	892,59	8,038
QF2	BA-88-43	1000	50	446,30	892,59	8,038
QF3	BA-88-43	1000	50	446,30	892,59	8,038
QF4	BA-88-32	125	36	59,81	119,62	1,673
QF5	BA-88-32	125	36	59,81	119,62	1,673
QF6	BA-88-32	125	36	59,12	118,25	1,738
QF7	BA-88-32	125	36	59,12	118,25	1,738
QF8	BA-88-32	125	36	53,07	106,13	1,885
QF9	BA-88-32	125	36	53,07	106,13	1,885
QF10	BA-88-32	125	36	59,03	118,06	1,809
QF11	BA-88-32	125	36	59,03	118,06	1,809
QF12	BA-88-32	125	36	55,40	110,80	1,455
QF13	BA-88-32	125	36	55,40	110,80	1,455
QF14	BA-88-32	125	36	52,39	104,78	1,556
QF15	BA-88-32	125	36	52,39	104,78	1,556
QF16	BA-88-32	100	36	40,44	80,88	1,462
QF17	BA-88-32	100	36	40,44	80,88	1,462
QF18	BA-88-32	100	36	46,53	93,06	1,399
QF19	BA-88-32	100	36	46,53	93,06	1,399
QF20	BA-88-32	100	36	41,66	83,32	1,462
QF21	BA-88-32	100	36	41,66	83,32	1,462
QF22	BA-88-32	100	36	45,47	90,94	1,532
QF23	BA-88-32	100	36	45,47	90,94	1,532
QF24	BA-88-32	125	36	55,05	110,09	1,455
QF25	BA-88-32	125	36	55,05	110,09	1,455
QF26	BA-88-32	125	36	55,88	111,76	1,455
QF27	BA-88-32	125	36	55,88	111,76	1,455
QF28	BA-88-32	125	36	58,24	116,49	1,613
QF29	BA-88-32	125	36	58,24	116,49	1,613

2.12.5 Вибір рубильників

Результати вибору та перевірки РЕ19-416 зведемо в таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 - Результати розрахунків

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	446,30
$I_{max}, \text{А}$	892,59
$i_y, \text{кА}$	11,937
$I_{n0}, \text{кА}$	8,038
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	16,15

2.15 Проектування освітлювальної мережі

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

Таблиця 2.27 - Результати розрахунків

Параметри	Значення
1	2
a, м	36
b, м	32
s, м ²	1152
H_p м.	5
hc м.	2,9
L_p м.	0,4
H_{pm} м.	1
$n_{св}$, шт	8
n_p , рядів	8
l_a , м	0,075
l_b , м	0,075
i	4,84
$N_{св}$, шт	64
$\Phi_{розр}$, Лм	9784
$\Phi_{ламп}$, Лм	9488
$\Delta\Phi$ %	3,11

Продовження таблиці 2.27

1	2
$P_{0кВт}$	2,56
$P_{р.0кВт}$	2,176
Світильники	ДСП56У2Ех-75-142 УХЛЗ.1
щит	e.mbox.pro.n.24 (E.NEXT)
АВ	$I_{ном} = 16 \text{ A};$
ввідний АВ	$I_{ном} = 63 \text{ A}.$
Кабель до світильників	3х2,5 $I_{тр.доп} = 25 \text{ A}$
Кабель до щита	-3×10

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В СИСТЕМІ SIMULINK

3.1. Реалізація моделі асинхронного двигуна системи Simulink

Математичне моделювання асинхронного двигуна в середовищі Simulink реалізовано за допомогою спеціалізованого маскованого блоку, який має два варіанти виконання — Induction_Motor_1 та Induction_Motor_2. Структурну схему відповідного блоку наведено на рисунку 3.1.

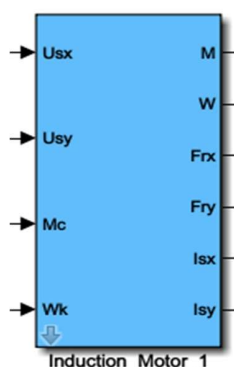


Рисунок 3.1 - Реалізація моделі асинхронного двигуна в системі Simulink

У процесі побудови моделі використано стандартні функціональні елементи бібліотеки Simulink, а саме:

Discrete Transfer Fnc — блоки дискретної передавальної функції;

Product — блоки множення;

Constant — блоки задання сталих значень;

Sum — суматори;

Gain — підсилювачі;

вхідні та вихідні порти.

					<i>ЛНТУ.971022.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Макаренко О.В.				Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. Пояснювальна записка		
Перевірів	Падалко АМ						
Реценз.							
Н.контр	Ващелюк Ю.І.						
Затвердив	Волинець В.І.				ФАБЕ, зр ЕЕ-41		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Д	32	5

Для блоків дискретної передавальної функції задано такі передавальні функції:

$$W(s) = \frac{1}{As + 1} e^{-\tau s}, \quad (3.1)$$

$$W(s) = \frac{1}{B(As + 1)} e^{-\tau s}, \quad (3.2)$$

де А та В — константи, що визначають динамічні характеристики моделі.

Вікно налаштування параметрів блоку Induction_Motor_1 наведено на рисунку 3.2.

Block Parameters: Induction_Motor_1

Asynchronous motor (mask)

Model of the asynchronous machine in variable Is, Fr in relative units (time in physical units).

Parameters

Equivalent inductance o.e, Le.
0.2407

Equivalent resistance o.e, Re.
0.0703

Rotor resistance o.e, Rr.
0.0243

Rotor connection factor, Kr.
0.96

Rotor circuits attenuation factor, Ar.
0.0053

Rotor circuits constant time, Tr.
0.58

equivalent constant time, Te.
0.0108

Mechanical constant time, Ti.
0.307

OK Cancel Help Apply

Рисунок 3.2 - Вікно параметрів блоку Induction_Motor_1.

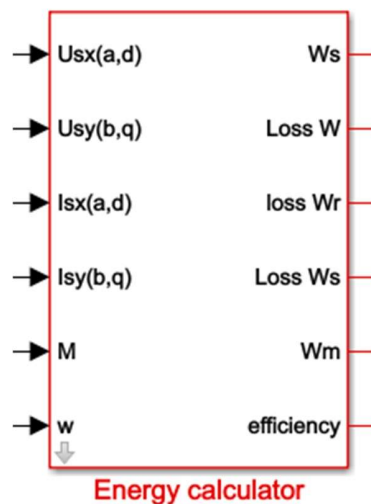


Рисунок 3.3. - Маскований блок Energy calculator Структурна схема блока

Блок Energy Calculator призначений для обробки вхідних сигналів та розрахунку енергетичних показників асинхронного двигуна.

Вхідні сигнали:

- проєкції вектора напруги статора $Usx(\alpha, d)$, $Usy(\beta, q)$;
- проєкції вектора струму статора $Isx(\alpha, d)$, $Isy(\beta, q)$.
- Вихідні сигнали:
- електромагнітний момент M ;
- кутова швидкість ω ;
- спожита енергія W_s , Вт·с;
- сумарні втрати $Loss W$, Вт·с;
- втрати в роторі $Loss W_r$, Вт·с;
- механічна енергія W_m , Вт·с;
- ККД за робочий цикл, %.

У вікні параметрів блоків задаються основні характеристики двигуна: опір статорних обмоток R_s та базова потужність P_b .

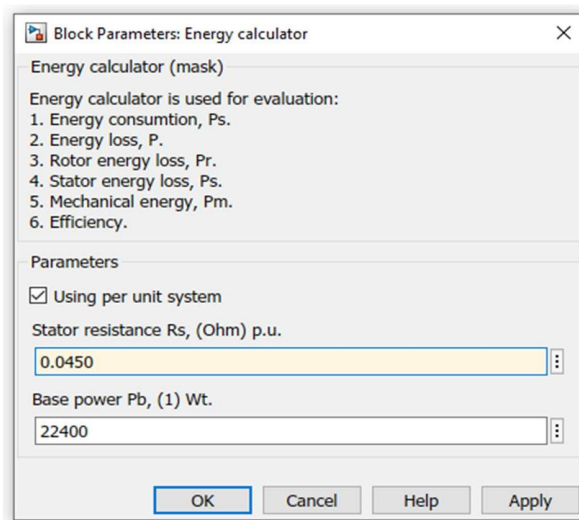


Рисунок 3.4 - Вікно встановлення параметрів

3.2. Скалярне керування згідно моделі двигуна.

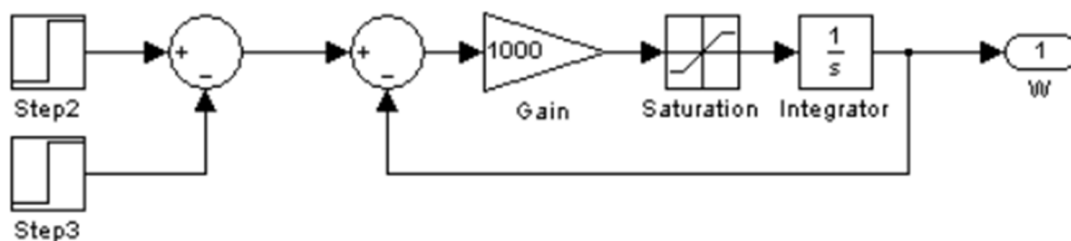
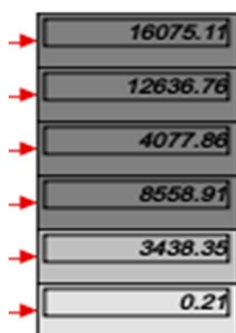
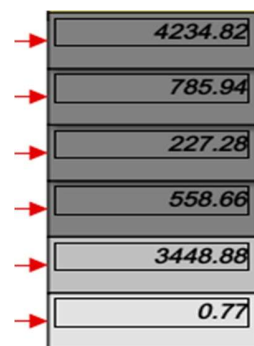


Рисунок. 3.5 - Структурна схема моделі скалярного керування.

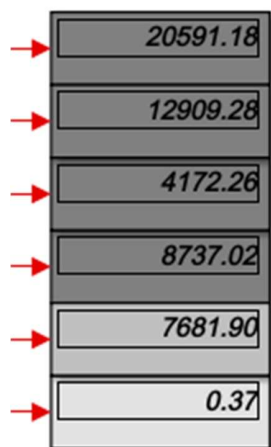


Прямий пуск.

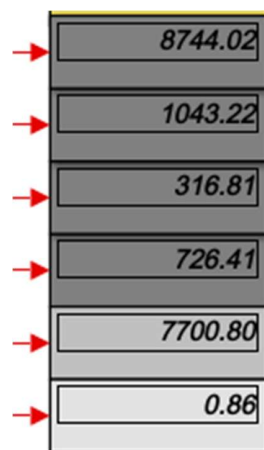


Скалярне керування

Рисунок 3.6 - Результати розрахунку вихідних параметрів блоку Energy calculator:



Прямий пуск.



Скалярне керування.

Рисунок 3.7 - Результати розрахунку вихідних параметрів блоку Energy calculator пуску асинхронного двигуна із ступінчатою зміною моменту статичного опору з параметрами

Модель передбачає два режими роботи асинхронного двигуна — прямий пуск та скалярне керування. Структурна схема скалярного керування наведена на рисунку 3.5.

Результати моделювання для обох режимів, а також при ступінчатій зміні моменту статичного опору, дозволяють оцінити енергетичні показники та ефективність роботи електропривода

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)

У середовищі САПР здійснено реалізацію математичної моделі асинхронного двигуна з використанням спеціалізованих маскованих блоків двох типів — *Induction_Motor_1* та *Induction_Motor_2*. Побудова моделі виконана на основі стандартних функціональних елементів системи. До її структури входять блоки дискретних передавальних функцій (*Discrete Transfer Fnc*), блоки множення (*Product*), константи (*Constant*), суматори (*Sum*), підсилювачі (*Gain*), а також необхідні вхідні й вихідні порти.

Для блоків *Discrete Transfer Fnc* задано такі математичні співвідношення: $H1(z) = A/(z - B)$, $H2(z) = 1/(z - 1)$, де коефіцієнти *A* та *B* є сталими параметрами, що визначають динамічні властивості системи.

Блок *Energy Calculator* виконує обробку вхідних сигналів, представлених проєкціями вектора напруги статора $Usx(\alpha, d)$, $Usy(\beta, q)$ та проєкціями вектора струму статора $Isx(\alpha, d)$, $Isy(\beta, q)$ у відповідній координатній системі.

На виході блоку формуються значення електромагнітного моменту двигуна (*M*), кутової швидкості обертання (ω), спожитої з мережі енергії (*Ws*, Вт·с), сумарних енергетичних втрат (*Loss W*, Вт·с), втрат у роторі (*Loss Wr*, Вт·с), механічної енергії (*Wm*, Вт·с), а також коефіцієнта корисної дії за робочий цикл у відсотках.

Панель налаштувань системи дозволяє задавати основні параметри моделі, зокрема опір статорних обмоток (*Rs*) та базову потужність двигуна (*Pb*).

Передбачено два ключові режими роботи системи: режим прямого пуску та режим скалярного керування. У процесі моделювання отримано енергетичні характеристики для кожного з них, при цьому окрему увагу приділено аналізу поведінки двигуна за умов ступінчатої зміни моменту статичного навантаження.

Результати чисельного моделювання свідчать про наявність суттєвих відмінностей в енергетичних показниках залежно від обраного режиму роботи.

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Макаренко О.В.					Д	37	2
Перевірів	Падалко АМ							
Реценз.								
Н.контр	Вашелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							
						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		

Проведений аналіз дає змогу оцінити ефективність кожного способу керування та ступінь їх впливу на енергетичні характеристики асинхронного двигуна.

Запроваджена модель скалярного керування забезпечує плавний пуск двигуна з одночасним контролем основних енергетичних параметрів, що дозволяє виконувати детальний аналіз ефективності роботи системи в різних експлуатаційних умовах.

Розроблена система автоматизованого проектування надає інструменти для всебічного моделювання процесів в асинхронному двигуні з розрахунком ключових енергетичних показників. Реалізація порівняльного аналізу різних режимів роботи створює можливості для оптимізації параметрів керування та вибору найбільш раціональних режимів відповідно до заданих умов експлуатації.

..

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки за А.14 заземлюючого пристрою цеху:

Таблиця 5.1- Розрахунковий коефіцієнт опору ґрунту:

Позначення	ОД. ВИМ.	Значення
r_1	-	37
r_2	-	74,6
k_1	-	1,57
L	м	3
H	м	0,2
t_{II}	м	0,34
r	Ом*м	38,5
b	мм	10
t	м	2,04
r_B	Ом	13,9
R_H	Ом	4
h_B	-	0,72
$n_{пр}$	шт	4,83 ≈ 5
h	м	3,8
l_r	мм	15,20
b	мм	30
k_2	-	1,5
h_r	-	0,66
r_2	Ом	9,05
R	Ом	5,65
n	шт	3,42

Обрано 4 електроди довжиною 3 м .

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Макаренко О.В.				Електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання встановленою потужністю 1470 кВт. Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Падалко АМ						Д	39	1
Реценз.							ФАБЕ, зр ЕЕ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Результатом виконання даного дипломного проєкту є комплексна система електропостачання фабрики з виготовлення медичного обладнання, яка повністю задовольняє потреби технологічного процесу та відповідає нормативним вимогам надійності. На основі проведеного аналізу структури підприємства та детального вивчення навантажень цеху прецизійної механічної обробки було обґрунтовано вибір схеми живлення та підібрано оптимальне електрообладнання. Розрахункова частина підтвердила, що встановлена потужність у 1470 кВт розподілена раціонально, а обрані трансформатори працюють у режимі оптимального завантаження з урахуванням компенсації реактивної потужності. Впровадження сучасних засобів автоматизації та використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволило розробити гнучку та енергоефективну мережу, здатну забезпечити безперебійну роботу прецизійних верстатів та систем життєзабезпечення підприємства. Проектні рішення передбачають високий рівень електробезпеки для персоналу та захист чутливого медичного обладнання від комутаційних перенапруг і гармонійних спотворень. Підсумкові техніко-економічні показники свідчать про доцільність прийнятих інженерних рішень, які забезпечують мінімальні експлуатаційні витрати та створюють надійну енергетичну базу для успішного функціонування медичного виробництва в довгостроковій перспективі..

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

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. 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: 24.05.2026).
9. Електротехнічна продукція підприємств України. URL: <http://energotransbud.com.ua> (дата звернення: 24.05.2026).

					ЛНТУ.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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.

11. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : 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.971022.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42