

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

**Розробка системи електропостачання
заводу із виготовлення ДСП плит**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41
спеціальності 141
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

<u>Боднар В. П.</u>
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник	<u>Бабюк С. М.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль	<u>Коваль В. П.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри	<u>Коваль В. П.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент	<u>Романюк Л. А.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 27 » січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Боднару Владиславу Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання заводу із виготовлення ДСП плит

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-52

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план заводу, технологічний план розташування обладнання, встановлена активна потужність цеху, категорії надійності споживачів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Схема вводу головного розподільного пункту. Схема однієї секції шин ГРП. Картограма електричних навантажень. План прокладання кабельних ліній. Розріз та компонування коміррки КРП. Схема АВР. Схема заземлення трансформаторної підстанції. Схема заземлення та блискавкозахисту ГРП. Склад АСТОЕ ActiV-Energy. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	К.т.н., доцент Гурик О. Я.		

7. Дата видачі завдання 27 січня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2025	
2	Аналітичний розділ	28.02.2025	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2025	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2025	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2025	
6	Висновки	10.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2025	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2025	

Студент

(підпис)

Боднар В. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Боднар Владислав Петрович – Розробка системи електропостачання заводу із виготовлення ДСП плит.

Стор. – 58; рис. - 14; табл. - 14; джерел - 21; додатків - - .

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання заводу із виготовлення ДСП плит.

У випускній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи електропостачання заводу з випуску деревостружкових плит. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю забезпечення якісного та надійного електроживлення технологічних процесів підприємства, що включає широкий спектр електроприймачів, таких як асинхронні електроприводи, верстати, перетворювачі та технологічні лінії.

Основна мета роботи – розробка надійної та енергоефективної системи електропостачання. В межах дослідження проведено аналіз методів проектування, визначення електричних навантажень, вибір силових трансформаторів, розрахунки струмів короткого замикання, систем заземлення та блискавкозахисту. Практична значимість роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів як для електропостачання заводу ДСП, так і для аналогічних промислових підприємств.

Перелік ключових слів: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, СИЛОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ, ГОЛОВНИЙ РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПУНКТ (ГРП), КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ (КЗ), ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЗАХИСНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, БЛИСКАВКОЗАХИСТ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Сучасні технології енергопостачання промислових підприємств	8
1.2 Особливості проектування систем електропостачання заводу з виробництва ДСП плит	9
1.3 Огляд методів проектування систем електропостачання заводу з виробництва ДСП плит	9
1.4 Загальна характеристика заводу з виробництва ДСП плит	10
1.5 Схеми електропостачання заводу	12
1.6 Висновки до розділу 1	14
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Розрахунок навантажень підприємства	15
2.2 Вибір та розрахунок системи електропостачання підприємства	17
2.3 Розрахунок струмів КЗ	29
2.4 Висновки до розділу 2	31
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	32
3.1 Вибір електрообладнання ГРП	32
3.1.1 Вибір комутаційних апаратів	32
3.1.2 Вибір захисного обладнання системи електропостачання	36
3.2 Вибір та розрахунок систем заземлення та блискавкозахисту	38
3.3 Вибір системи обліку електричної енергії	44
3.4 Висновки до розділу 3	46

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	47
4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки	47
4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56

ВСТУП

Забезпечення стабільного та ефективного електропостачання є ключовим елементом для функціонування будь-якого промислового підприємства. Сучасні тенденції в розвитку технологій і підвищені вимоги до енергоефективності ставлять перед виробництвом завдання, які потребують вирішення в сфері систем електропостачання.

Промислові підприємства в сучасному світі стикаються з наростаючими викликами у забезпеченні безперебійного електроживлення своїх виробничих процесів. Проблеми з надійністю електромереж, втрати енергії та високі витрати на електроенергію вимагають впровадження нових технологій, спрямованих на оптимізацію систем електропостачання.

Зважаючи на сучасні стандарти енергозбереження та використання відновлювальних джерел енергії, ця робота передбачає створення інтегрованої системи, що включатиме всі аспекти сталого розвитку та оптимізації електропостачання механічного підприємства.

Сучасні промислові підприємства стикаються з низкою проблем у сфері електропостачання, які впливають на їхню ефективність, надійність та конкурентоспроможність.

Актуальність розробки у тому, що електропостачання заводу необхідне забезпечення технологічних процесів роботи підприємства. Виробниче обладнання заводу включає велику кількість електроприймачів (асинхронні електроприводи, верстати, перетворювачі, технологічні лінії і т.д.), експлуатація яких вимагає якісного та надійного живлення від електричної мережі.

Мета роботи: розробка надійного та енергоефективного електропостачання підприємства.

Завдання роботи:

- розглянути особливості та методи проектування системи електропостачання заводу;
- визначити електричні навантаження;

- вибрати силові трансформатори цехових трансформаторних підстанцій (ТП) та головного розподільчого пункту (ГРП);
- розрахувати зовнішнє та внутрішнє електропостачання;
- визначити струми КЗ;
- вибрати електрообладнання ГРП;
- вибрати захисне обладнання системи електропостачання заводу;
- провести вибір та розрахунок систем заземлення та блискавкозахисту;
- здійснити розрахунок вартості схеми електропостачання заводу.

Практична значимість роботи полягає у можливості реалізації електропостачання заводу ДСП плит згідно з розробленою системою електропостачання. Також результати роботи можуть бути використані при розробці систем електропостачання інших підприємств та подібних об'єктів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Сучасні технології енергопостачання промислових підприємств

Енергопостачання підприємств — це ядро стратегічного розвитку та вдосконалення виробничих процесів. Зважаючи на глобальні тенденції сталого розвитку і необхідність зниження впливу на навколишнє середовище, сучасні технології націлені на підвищення енергоефективності, застосування відновлюваних джерел енергії і автоматизацію енергетичних систем.

Одним із важливих аспектів сучасних технологій є використання систем зберігання та керування енергією. Це дозволяє ефективно урівноважувати піки споживання, зберігати електроенергію у періоди низького споживання, та максимально використовувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергія.

Впровадження енергоефективних технологій у виробничі процеси, таких як когенерація, використання вискоелективного обладнання і технологій зниження енергоспоживання, є важливим етапом у створенні стійких та конкурентоспроможних виробничих систем.

Особлива увага надається інтеграції відновлюваних джерел енергії. Завдяки встановленню сонячних панелей, вітрових турбін та інших альтернативних джерел, промислові підприємства можуть знижувати залежність від традиційних джерел і зменшувати викиди в атмосферу.

У контексті сучасних технологій енергозабезпечення також важливий аспект кібербезпеки. Забезпечення захисту енергосистем від кібератак і недобросовісного втручання є критичним для забезпечення безперебійності виробничих процесів і мінімізації можливих ризиків для енергетичної інфраструктури підприємства.

Таким чином, сучасні технології енергозабезпечення промислових підприємств спрямовані на створення стійких, енергоефективних і екологічно чистих систем, що сприяють зниженню витрат.

1.2 Особливості проектування систем електропостачання заводу з виробництва ДСП плит

Цей завод є типовим середнім промисловим підприємством. Згідно з вихідними даними та специфікою виробництва, можна виділити такі особливості проектування системи електропостачання:

- зовнішнє живлення КЛ 10 кВ передбачає живлення підприємства від головного розподільчого пункту (ГРП) 10 кВ;
- наявність споживачів 1 і 2 категорій надійності електропостачання передбачає загальні вимоги до електропостачання заводу як до споживача першої категорії, електропостачання споживачів першої категорії має забезпечуватися безперебійно, для чого на шинах 10 кВ ГРП буде забезпечено автоматичний ввід резерву (АВР) живлення;
- необхідно враховувати пожежонебезпечну специфіку виробництва та приймати відповідні технічні рішення (встановлювати протипожежні пристрої захисного відключення (ПЗВ) тощо).

Найбільш значущими питаннями проектування системи електропостачання підприємства є забезпечення максимальної надійності та енергоефективності електропостачання.

1.3 Огляд методів проектування систем електропостачання заводу з виробництва ДСП плит

За результатами аналізу літератури та інших джерел інформації, визначено методи проектування СЕП, які будуть використовуватися при проектуванні СЕС заводу, що розглядається:

- метод коефіцієнта попиту активних навантажень: для розрахунків електричних навантажень ділянок та заводу загалом;
- метод розрахунку навантаження освітлення за питомою потужністю: для розрахунків освітлювальних навантажень;

- метод визначення місцезнаходження ГРП по центру електричних навантажень та картограмі навантажень: для вибору місця розташування ГРП;

1.4 Загальна характеристика заводу з виробництва ДСП плит

Технологічний процес виробництва ДСП включає первинну переробку деревної сировини у сировинному цеху, виготовлення плит ДСП у спеціалізованих цехах, їх фінішне пресування, сушіння та фарбування. Готова продукція поставляється склади, відвантаження продукції здійснюється вантажним автотранспортом.

На території підприємства розташовано 15 виробничих ділянок. Генеральний план заводу представлено на рис. 1.1. Відомість навантажень заводу – у таблиці 1.1.

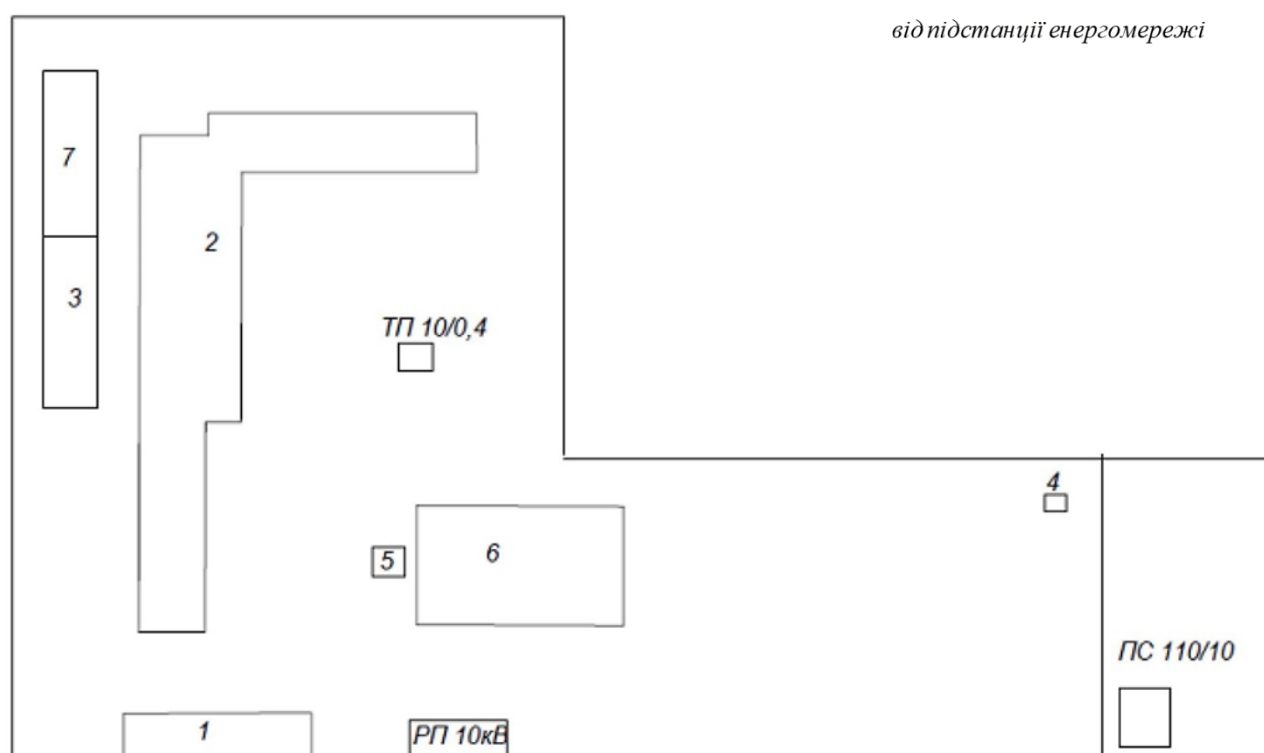


Рисунок 1.1 – Генеральний план заводу

Таблиця 1.1 – Відомість навантажень заводу

№	Цехи	$\Sigma P_{ном},$ кВт	K_{II}	$\cos \varphi$
1	Сировинний цех	2690	0.56	0.74
2	Деревообробний цех	2895	0.73	0.74
3	Склад	400	0.39	0.92
4	Цех ДСП №1	1290	0.6	0.74
5	Цех ДСП №2	710	0.55	0.74
6	Цех ДСП №3	1100	0.48	0.74
7	Цех смол	1120	0.54	0.85
8	Заводоуправління	180	0.3	0.9
9	Пресувальний цех	495	0.3	0.81
10	Компресорна 0,4 кВ	240	0.6	0.8
	10 кВ	2000	0.6	0.8
11	Сушильний цех №1	1610	0.7	0.82
12	Сушильний цех №2	200	0.7	0.82
13	Гараж	410	0.25	0.92
14	Насосна	930	0.58	0.75
15	Фарбувальна	300	0.3	0.74

Джерелом живлення може бути підстанція (ПС) енергомережі з напругою 10 кВ на збірних шинах низької напруги (НН), струм трифазного КЗ на шинах 10 кВ ПС становить 3,74 кА. ПС розташована на відстані 2.3 км. до підприємства. Живлення заводу буде виконано за кабельною лінією (КЛ) 10 кВ.

Категорії надійності електропостачання електроприймачів представлено – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Категорії надійності електропостачання ділянок

Цехи	Категорія
Сировинний цех	2
Деревообробний цех	
Склад	3
Цех ДСП №1	2
Цех ДСП №2	
Цех ДСП №3	
Цех смол	
Заводоуправління	3
Пресувальний цех	2
Компресорна	1
Сушильний цех №1	2
Сушильний цех №2	
Гараж	3
Насосна	1
Фарбувальна	2

1.5 Схеми електропостачання заводу

Внутрішнє електропостачання (КЛ 10 кВ) заводу виконується за змішаною схемою електропостачання. Це обумовлено економією електротехнічних матеріалів та обладнання. При подальшій експлуатації СЕП змішана схема також забезпечить зниження амортизаційних та експлуатаційних витрат [2]. Загалом використання змішаної схеми рекомендовано для більшості випадків проектування СЕП підприємств.

Електрична частина ГРП включає електроустаткування, з'єднане струмоведучими частинами за певними схемами, регламентованими нормативними та технічними документами та правилами [3]. Правильний вибір та застосування певних типів схем забезпечать надійну тривалу роботу ГРП протягом усього розрахункового експлуатаційного терміну, а також мінімальні капітальні та експлуатаційно-ремонтні витрати.

Схема вводу головного розподільного пункту (ГРП) показано на рис 1.2.

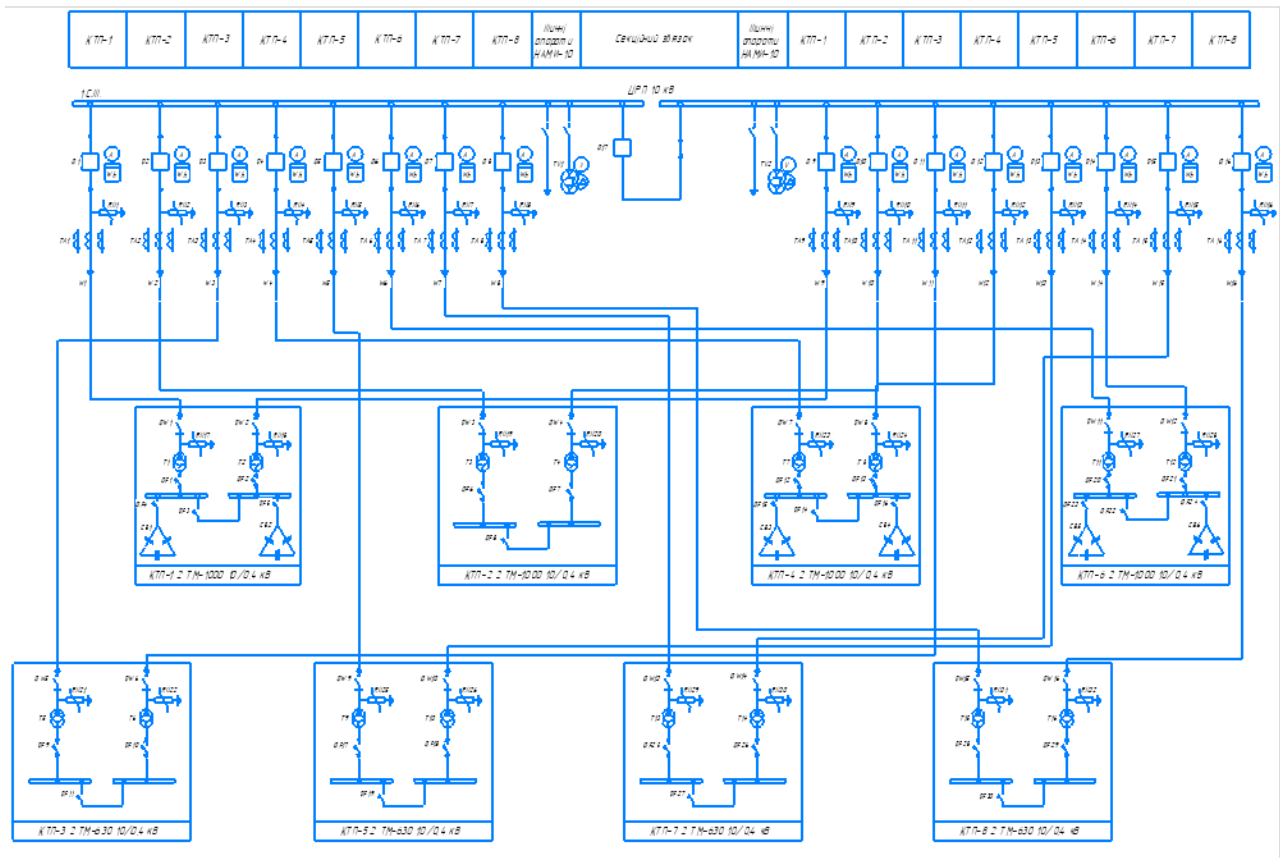


Рисунок 1.2 – Схема вводу ГРП

Схема однієї секції шин ГРП показано на рис. 1.3.

Збірні шини 3,61 кА																										
Сигнальний трансформатор ТМ3-2500-10/04																										
Вимикач																										
Трансформатор струму																										
Вимикач на ввіді ВВ/ТЕЛ-10																										
Тип камери, панелі		КСО 399		Панель вводу ЩО70-08-19УЗ	Лінійна панель ЩО70-05-19УЗ				Лінійна панель ЩО70-05-19УЗ				Секційна панель і ТАВР ЩО70-06-19УЗ	Лінійна панель ЩО70-05-19УЗ				Лінійна панель ЩО70-05-19УЗ	Панель вводу ЩО70-08-19УЗ	КСО 399						
Номер камери, панелі		1.1	T1	2.1	1				2				СВ і ТАВР		3		4		2.2		T2	1.2				
Конструктивне виконання (кабель або шинопровід)		К		К	К				К				К		К		К		К		К	К				
Розрахунковий струм фідера, А					354,7	294,37	174,8	352,2	352,2	389,13	261,7	493,8	550,76		950	425,5	425,5	425,5	372,2	212,7	123	28,5	58,19			
Вимикач	Тип вимикача			Э40В	ВА-52-39				ВА-52-39				ВА-55 41	Э40В		ВА-55 43	ВА-52-39				ВА-52-39				Э40В	
	Номинальний струм, А			4000	630	400	250	630	630	630	630	630	800	4000	1250	630	630	630	630	400	160	160	160	4000		
	Струм розщеплювача, А			4000	500	400	250	500	500	630	630	630	800	4000	1250	500	500	500	500	400	160	125	125	4000		
Трансформатор струму, тип і коефіцієнт трансформації		ТОЛ 10/5 УЗ		ТШН-0,66 4000/5	ТШН 0,66 400/5	ТШН 0,66 300/5	ТШН 0,66 200/5	ТШН 0,66 400/5	ТШН 0,66 400/5	ТШН 0,66 400/5	ТШН 0,66 300/5	ТШН 0,66 600/5	ТШН 0,66 600/5	ТШН-0,66 4000/5	ТШН 0,66 1000/5	ТШН 0,66 500/5	ТШН 0,66 500/5	ТШН 0,66 500/5	ТШН 0,66 400/5	ТШН 0,66 300/5	ТШН 0,66 150/5	ТШН 0,66 50/5	ТШН 0,66 75/5	ТШН-0,66 4000/5	ТОЛ 10/5 УЗ	
Вимірювальні прилади	Амперметр ЭА0704			0-4000 А	0-400 А	0-300 А	0-200 А	0-400 А	0-400 А	0-400 А	0-300 А	0-600 А	0-600 А		0-1000 А	0-500 А	0-500 А	0-500 А	0-400 А	0-300 А	0-150 А	0-50 А	0-75 А	0-4000 А		
	Вольтметр ЭВ0704			0-500 В																			0-500 В			
	Лічильник			—																			—			

Рисунок 1.3 – Схема секції шин ГРП

1.6 Висновки до розділу 1

У першому розділі було наведено загальну характеристику підприємства, систематизовано вихідні дані для розробки системи електропостачання. Проведено аналіз вихідних даних та специфіки виробництва, особливостей проектування СЕП даного підприємства, ці умови будуть враховані при розробці СЕП заводу з виготовлення ДСП плит, що розглядається.

Також в даному розділі вибрано основні методи проектування системи електропостачання. Вибрано схеми електропостачання заводу. Внутрішнє електропостачання буде виконане за змішаною схемою.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

Навантаження ділянками визначаються шляхом коефіцієнтів попиту активної потужності [2].

Середньозмінні навантаження ділянок:

$$P_{сер} = K_n \cdot P_{вст},$$

де K_n – коефіцієнт попиту навантаження [2];

P – встановлене навантаження, кВт [2].

$$Q_{сер} = P_{сер} \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

$$S_{сер} = \sqrt{P_{сер}^2 + Q_{сер}^2}.$$

Для сировинного цеху (ділянка №1) параметри електроспоживання за електричними навантаженнями:

$$K_n = 0,56;$$

$$\cos \varphi = 0,74 \text{ (відповідає } \operatorname{tg} \varphi = 0,91 \text{)}.$$

Отримаємо:

$$P_{сер} = 0,56 \cdot 2690 = 1506,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{сер} = 1506,4 \cdot 0,91 = 1369,21 \text{ кВАр};$$

$$S_{сер} = \sqrt{1506,4^2 + 1369,21^2} = 2035,68 \text{ кВА}.$$

Розрахунки навантажень зведені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень підприємства

№	Цехи	$\operatorname{tg} \varphi$	K_n	Середньозмінні навантаження		
				$P_{сер}$, кВт	$Q_{сер}$, кВАр	$S_{сер}$, кВА
1	2	3	4	5	6	7
1	Сировинний цех	0.91	0.56	1506.4	1369.21	2035.68
2	Деревообробний цех	0.91	0.73	2113.35	1920.88	2855.88
3	Склад	0.43	0.39	156	66.46	169.57
4	Цех ДСП №1	0.91	0.6	774	703.51	1045.95

продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
5	Цех ДСП №2	0.91	0.55	390.5	354.94	527.70
6	Цех ДСП №3	0.91	0.48	528	479.91	713.51
7	Цех смол	0.62	0.54	604.8	374.82	711.53
8	Заводоуправління	0.48	0.3	54	26.15	60.00
9	Пресувальний цех	0.72	0.3	148.5	107.51	183.33
10	Компресорна 0,38 кВ	0.75	0.6	144	108.00	180.00
	10 кВ	0.75	0.6	1200	0	1200
11	Сушильний цех №1	0.7	0.7	1127	786.65	1374.39
12	Сушильний цех №2	0.7	0.7	140	97.72	170.73
13	Гараж	0.43	0.25	102.5	43.66	111.41
14	Насосна	0.88	0.58	539.4	475.71	719.20
15	Фарбувальна	0.91	0.3	90	81.80	121.62
Σ				9618.45	6996.94	11894.19

Освітлювальні навантаження по ділянках:

$$P_{nut} = P_0 \cdot K_{no} \cdot F,$$

де P_0 – питома потужність (світлодіодне освітлення), $Вт / м^2$;

K_{no} – коефіцієнт попиту освітлення [2];

F – площа будівлі, $м^2$.

$$Q_{nut} = Q_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

Для ділянки №1):

$$P_{nut} = 3,8 \cdot 0,95 \cdot 2991 = 10,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{nut} = 10,8 \cdot 0,88 = 9,503 \text{ кВАр}$$

З освітленням навантаження ділянки №1:

$$P'_p = 1506,4 + 10,8 = 1517,2 \text{ кВт};$$

$$Q'_p = 1369,21 + 9,503 = 1378,71 \text{ кВАр};$$

$$S_{сер} = \sqrt{1517,2^2 + 1378,71^2} = 2050,06 \text{ кВА}.$$

Навантаження по всіх ділянках зведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Навантаження ділянок (з урахуванням освітлення).

№	Цехи	$P_{\text{нм}},$ кВт	$Q_{\text{нм}},$ кВАр	$F, \text{ м}^2$	Середньозмінні навантаження		
					$P_{\text{сеп}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{сеп}}, \text{ кВАр}$	$S_{\text{сеп}}, \text{ кВА}$
1	Сировинний цех	10.80	9.50	2991	1517.20	1378.71	2050.06
2	Деревообробний	10.27	9.04	2846	2123.62	1929.92	2869.56
3	Склад	3.84	3.38	2907	159.84	69.83	174.43
4	Цех ДСП №1	11.61	10.21	3215	785.61	713.72	1061.40
5	Цех ДСП №2	13.52	11.89	3744	404.02	366.83	545.71
6	Цех ДСП №3	15.32	13.48	4744	543.32	493.40	733.92
7	Цех смол	15.34	13.50	4250	620.14	388.32	731.69
8	Заводоуправління	5.89	5.19	1674	59.89	31.34	67.60
9	Пресувальний	8.97	7.90	2485	157.47	115.41	195.23
10	Компресорна 0,38	3.66	3.22	1070	147.66	111.22	184.86
	10 кВ	0	0	1070	1200	0	1200
11	Сушильний цех	10.65	9.37	3297	1137.65	796.02	1388.49
12	Сушильний цех	10.84	9.54	3358	150.84	107.26	185.09
13	Гараж	12.94	11.39	3785	115.44	55.06	127.90
14	Насосна	7.64	6.72	2233	547.04	482.43	729.37
15	Фарбувальна	11.44	10.06	3541	101.44	91.87	136.85
Σ		152.73	134.40	47209	9771.18	7131.35	12096.78

2.2 Вибір та розрахунок системи електропостачання підприємства

Навантаження ділянок підприємства розподіляються по ТП 10/0,4 кВ з урахуванням оптимальної потужності трансформаторів. Ділянки із навантаженням менше 250 кВ·А слід жити від РП 0.4 кВ [2].

Оптимальна потужність трансформаторів ТП:

$$S_T = \frac{S_{\text{см}}}{\beta \cdot n},$$

де $S_{\text{см}}$ – навантаження, кВ·А;

β – нормативний коефіцієнт завантаження [2];

n – число трансформаторів, шт.

Втрати потужності в КЛ до ТП:

$$\Delta P_l \approx 0,03 \cdot S_p$$

Розрахункова потужність компенсуючих пристроїв (КУ):

$$Q_{p.K.Y.} = \sum P_p \cdot (\operatorname{tg} \varphi_p - \operatorname{tg} \varphi_{ек})$$

$$\sum P_p = P_p + \Delta P_l$$

де P_p – активне навантаження, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_p$ – розрахунковий тангенс кута φ навантаження;

$\operatorname{tg} \varphi_{ек} = 0,35$ - оптимальний тангенс кута φ навантаження [2].

$$\operatorname{tg} \varphi_p = \frac{\sum Q_p}{\sum P_p}$$

Після вибору КУ:

$$Q'_p = Q_p - Q_{K.Y.}$$

Приклад вибору трансформаторів.

ТП - 1 (сировинний цех), навантаження:

Оптимальна потужність трансформаторів, (6):

$$P_p = 1517,2 \text{ кВт}, Q_p = 1378,7 \text{ кВАр}, S_p = 2050,1 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Вибираю трансформатор *ТМГ35–1600/10*, зовнішній вигляд енергоефективного трансформатора серії ТМГ35 представлено на рис. 2.11



Рисунок 2.1 –Силовий трансформатор серії ТМГ35

Для всіх ТП розрахунки зведено таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір силових трансформаторів ТП.

№ ТП	Розміщ. на генплані, № будівлі	Навантаж. № ПУ	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	S_0 , кВА	$S_{н.т.}$, кВА
ТП - 1	Будівля №1	1	1517.2	1378.7	2050.1	1464.3	1600
ТП - 2	Будівля №2	2	2123.6	1929.9	2869.6	2049.7	2500
ТП - 4	Будівля №4	4,3,8	1005.3	814.9	1294.1	924.4	1000
ТП - 5	Будівля №5	5,13, освіт. тер.	545.6	444.9	704.0	502.8	630
ТП - 6	Будівля №6	6	543.3	493.4	733.9	524.2	630
ТП - 7	Будівля №7	7	620.1	388.3	731.7	522.6	630
ТП - 9	Будівля №9	9,12,15	409.8	314.5	516.6	369.0	400
ТП - 11	Будівля №11	11,10	1285.3	907.2	1573.2	1123.7	1250
ТП - 14	Будівля №14	14	547.0	482.4	729.4	521.0	630

Розрахунок КРМ на ТП - 1.

Втрати потужності в лінії до ТП:

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot 2050,1 = 61,5 \text{ кВт}.$$

Розрахункова потужність КУ:

$$\sum P_p = 1517,2 + 61,5 = 1578,7 \text{ кВт}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_p = \frac{1378,7}{1578,7} = 0,87$$

$$Q_{p.к.у.} = 1578,7 \cdot (0,87 - 0,35) = 826,2 \text{ кВАр}$$

Приймаємо до встановлення компенсаційні установки по 415 кВАр кожна, типу АКУ – 0,4 – 415, зовнішній вигляд показаний на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Компенсаційна установки типу АКУ

Навантаження ТП після компенсації реактивної потужності:

$$Q'_p = 1378,71 - 2 \cdot 415 = 548,71 \text{ кВАр.}$$

$$S'_p = \sqrt{1578,1^2 + 548,71^2} = 1671,34 \text{ кВА.}$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора у післяаварійному режимі:

$$K_n = \frac{S_p}{S_{H.T.}},$$

$S_{H.T.}$ – номінальна потужність, кВА.

$$K_n = \frac{2050,1}{1600} = 1,28 \leq 1,4$$

Розрахунок компенсації реактивної потужності на ТП зведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок компенсації реактивної потужності на ТП.

№ ТП	$\sum P_p,$ кВт	$\Delta P_{\text{л}},$ кВт	$Q_{p.K.Y.},$ кВАр	$\text{tg } \varphi_p$	Число та потужність АКУ, шт-кВАр	$S'_p,$ кВА	$Q_{p.K.Y.},$ кВАр	K_n
ТП - 1	1578.70	61.50	826.2	0.87	2-415	1671.34	548.71	1.28
ТП - 2	2209.71	86.09	1156.5	0.87	2-580	2340.00	769.92	1.15
ТП - 4	1044.16	38.82	449.4	0.78	2-225	1106.08	364.90	1.29
ТП - 5	566.70	21.12	246.5	0.79	2-125	599.27	194.87	1.12
ТП - 6	565.34	22.02	295.5	0.87	2-150	597.51	193.40	1.16
ТП - 7	642.09	21.95	163.6	0.60	2-85	678.20	218.32	1.16
ТП - 9	425.25	15.50	165.7	0.74	2-85	449.14	144.54	1.29
ТП - 11	1332.50	47.20	440.9	0.68	2-220	1412.05	467.24	1.26
ТП - 14	568.92	21.88	283.3	0.85	2-145	600.58	192.43	1.16

Разом обрані комплектні $KTHH-10/0,4$ з трансформаторами марок $TMГ35-400..1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ та $TMГ12-2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$. Компенсація реактивної потужності на ТП забезпечуватиметься автоматичними установками АКУ.

Втрати потужності у трансформаторах ТП:

$$\Delta P_m = \frac{\Delta P_{\kappa}}{n} \cdot \frac{P_p^2 + Q_p^2}{S_n^2} + n \cdot \Delta P_{xx}$$

де ΔP_{κ} – втрати короткого замикання, кВт;

ΔP_{xx} – втрати холостого ходу, кВт.

$$\Delta Q_m = \frac{U_\kappa}{n \cdot 100} \cdot \frac{P_p^2 + Q_p^2}{S_H^2} + \frac{n \cdot I_{xx}}{100} \cdot S_H,$$

де U_κ – напруга короткого замикання, %;

I_{xx} – струм холостого ходу, %.

Втрати потужності в ТП - 1:

$$\Delta P_m = \frac{16}{2} \cdot \frac{1578,7^2 + 548,7^2}{1600^2} + 2 \cdot 1,7 = 12,13 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = \frac{6}{2 \cdot 100} \cdot \frac{1578,7^2 + 548,7^2}{1600^2} + \frac{2 \cdot 0,5}{100} \cdot 1600 = 68,38 \text{ кВАр}$$

Розрахунок втрат потужності на ТП зведено таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок втрат потужності на ТП.

№	ΔP , кВт	ΔQ , кВАр	$P_p + \Delta P$, кВт	$Q_p + \Delta Q$, кВАр
ТП - 1	12.13	68.38	1590.83	617.09
ТП - 2	14.46	85.23	2224.17	855.16
ТП - 4	8.62	45.64	1052.78	410.54
ТП - 5	4.65	24.50	571.35	219.37
ТП - 6	4.64	24.40	569.98	217.80
ТП - 7	5.51	28.90	647.60	247.22
ТП - 9	2.90	18.55	428.15	163.09
ТП - 11	11.32	60.35	1343.83	527.59
ТП - 14	4.67	24.56	573.58	216.99
Σ Е	68.90	380.51	9866.20	4927.48

Навантаження ГРП:

$$Q_{10} = \sum Q_{HH} + \sum \Delta Q_m;$$

$$P_{\text{сум}} = \sum P_p + \sum \Delta P_m,$$

де $\sum Q_{HH}$, $\sum P_p$ – навантаження ТП і РУ, кВАр (кВт);

$\sum \Delta Q_m$, $\sum \Delta P_m$ – втрати потужності у ТП, кВАр (кВт).

$$Q_{10} = 4546,96 + 380,51 = 4927,48 \text{ кВАр};$$

$$P_{\text{сум}} = 9797,3 + 68,9 = 9866,2 \text{ кВт}$$

Значення потужності, яку необхідно компенсувати на кожній шині 10 кВ:

$$Q_{\text{кв}} / 2 = \frac{Q_{10} - Q_{\text{сист}} - Q_c}{2},$$

де $Q_{\text{сист}}$, Q_c , одержувана з енергосистеми та від СД, кВАр.

$$Q_c = \frac{\alpha_m \cdot P_n \cdot \text{tg} \varphi}{\eta_n},$$

де α_m – допустиме навантаження СД по реактивній потужності;

P_n – номінальна потужність СД, кВт;

$\text{tg} \varphi$ – відповідає номінальному $\cos \varphi$;

η_n – ККД, в.о.

Для СД 1000 кВт:

$$P_n = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ кВт};$$

$$Q_c = \frac{0,92 \cdot 2000 \cdot 0,75}{0,95} = 1452,63 \text{ кВАр}.$$

$$Q_{\text{сист}} = \alpha \cdot \sum P_p,$$

де α – еквівалент нормативного $\text{tg} \varphi = 0,33$.

$$Q_{\text{кв}} / 2 = \frac{4927,48 - 0,33 \cdot 9797,3 - 1452,63}{2} = 120,9 \text{ кВАр}$$

Приймається до встановлення дві батареї УК56–10,5–125 по 125 кВАр, зовнішній вигляд показаний на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Конденсаторні батареї УК56–10,5.

Разом навантаження ГРП:

$$Q_{pk} = 4927,48 - 2 \cdot 125 = 4677,48 \text{ кВАр};$$

$$P_{pk} = P_{сум} = 9866,2 \text{ кВт}.$$

З урахуванням різночасності навантажень:

$$S \sqrt{(k_{рма} \cdot P_{pk})^2 + (k_{рмр} \cdot Q_{pk})^2}$$

де $k_{рма}$ і $k_{рмр}$ – коефіцієнти різночасності [2].

$$S \sqrt{(0,9 \cdot 9866,2)^2 + (0,9 \cdot 4677,48)^2} = 9826,94 \text{ кВА}$$

ГРП доцільно розташовувати у центрі електричних навантажень (ЦЕН). Це забезпечить мінімальну загальну довжину КЛ розподільчої мережі, траншей під прокладку кабелів та мінімальні втрати електроенергії в лініях [2]. Для визначення координат ЦЕН та наочності показу електричних навантажень далі проводиться побудова картограми навантажень.

Радіус кіл, що показують навантаження цехів:

$$R = \sqrt{\frac{S_p}{\pi \cdot m}}$$

де S_p – навантаження, кВт · А;

m – масштаб.

Сектор навантаження освітлення:

$$\alpha = 360 \cdot \frac{S_{oc}}{S_p}$$

де S_{oc} – навантаження освітлення, кВт · А.

Координати ЦЕН:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n (S_p \cdot x_i)}{\sum_1^n S_p}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n (S_p \cdot y_i)}{\sum_1^n S_p}$$

x_i, y_i – координати центру ПУ, м; n – число виробничих ділянок, шт.

Розрахунок координат ЦЕН зведено у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок координат ЦЕН

Цехи	$X_i,$ м	$Y_i,$ м	$S_p,$ кВА	$S_p \cdot X_i,$ кВА	$S_p \cdot Y_i,$ кВА
Сировинний цех	64	246	4050	147300	668839
Деревообробний цех	410	246	4870	601855	926419
Склад	246	218	173	56908	55552
Цех ДСП №1	370	218	1061	398846	228037
Цех ДСП №2	25	406	536	19076	114225
Цех ДСП №2	155	404	723	113042	138420
Цех смол	499	406	724	418847	150641
Заводоуправління	325	445	68	49306	15448
Пресувальний цех	530	193	195	105302	27915
Компресорна 0,28 кВ	124	112	185	43314	40844
10 кВ	124	112	1400	158368	125163
Сушильний цех №1	483	105	1288	292682	135609
Сушильний цех №2	288	105	185	71891	19311
Гараж	21	53	148	2973	6955
Насосна	483	42	749	406801	16997
Фарбувальна	554	32	127	75379	5837
Σ			12121	2706422	2812801
Координати Ц Е Н	$X, м$	$Y, м$			
	2 2 2	2 0 2			

Ділянка №1 (сировинний цех). Радіус кола та частка сектора освітлення:

$$R = \sqrt{\frac{2050}{0,4 \cdot 3,14}} = 40,4 \text{ м};$$

$$\alpha = 360 \cdot \frac{14,4}{2050} = 2,5^\circ.$$

Розрахунки зведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок картограми навантажень

Цехи	$R, м$	α	$S_{oc}, кВА$
Сировинний цех	40.40	0.4	2.5
Деревообробний цех	47.80	0.4	1.7
Склад	11.78	0.4	10.6
Цех ДСП №1	29.07	0.4	5.2
Цех ДСП №2	20.84	0.4	11.9
Цех ДСП №2	24.17	0.4	10.0
Цех смол	24.14	0.4	10.1
Заводоуправління	7.34	0.4	41.9
Пресувальний цех	12.47	0.4	22.1
Компресорна 0,4 кВ	12.13	0.4	9.5
10 кВ	30.91	0.4	0.0
Сушильний цех №1	33.25	0.4	3.7
Сушильний цех №2	12.14	0.4	28.1
Гараж	10.09	0.4	48.6
Насосна	24.10	0.4	5.0
Фарбувальна	10.44	0.4	40.1

З урахуванням розташування будівель і місця підходу живильної ЛЕП, ГРП розміщується за цехом №.7, на північний схід від нього.

Картограму навантажень показано на рис. 2.4.

Джерелом живлення буде ПС енергомережі з напругою ВН 10 кВ].

Робочий струм КЛ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n}$$

л/3 •ін ■ п

S_p – навантаження, кВ·А; т

U_n – номінальна напруга, кВ;

n – число кіл, шт.

$$I_p = \frac{9826,9}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 2} = 270,2 \text{ A.}$$

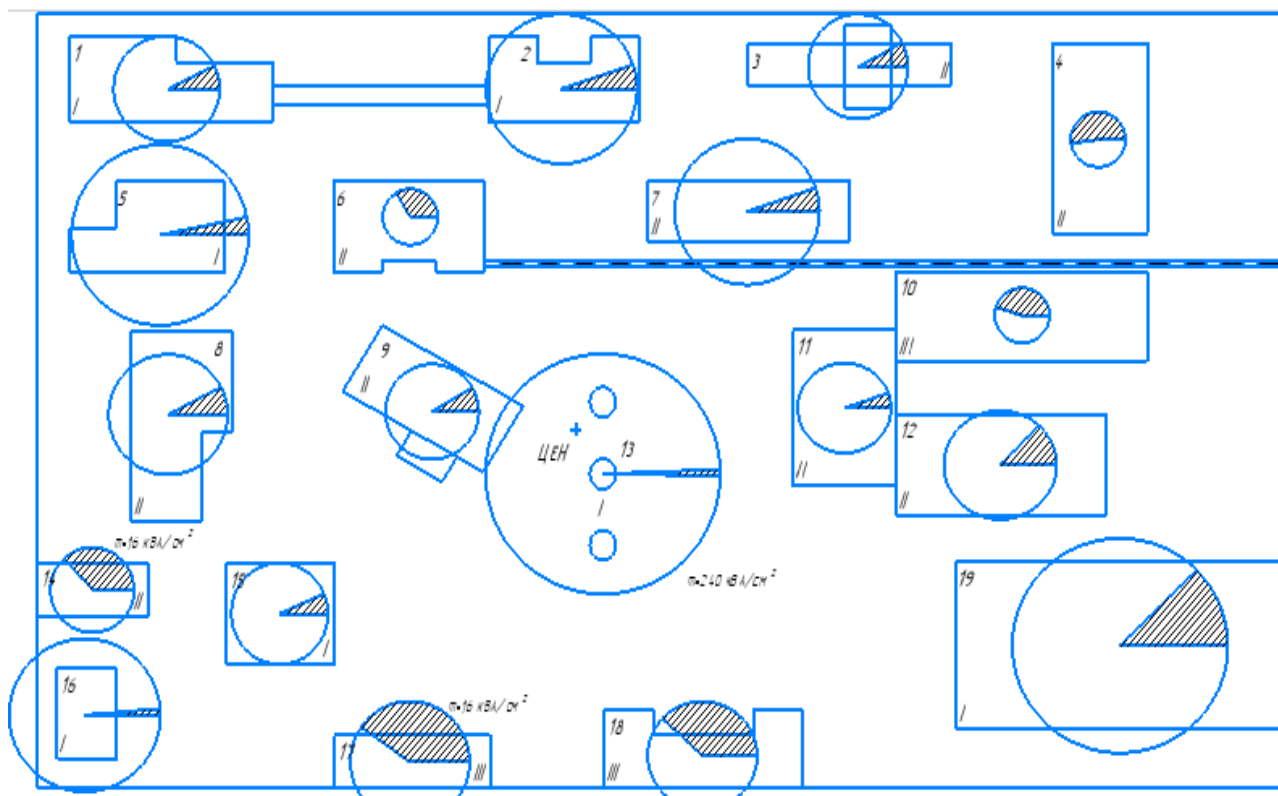


Рисунок 2.4 – Картограма електричних навантажень.

Економічний перетин жил:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}},$$

де $j_{ек}$ – економічна щільність струму, $A / мм^2$.

$$F_{ек} = \frac{270,2}{1,4} = 193 \text{ мм}^2$$

З урахуванням подвоєного аварійного струму КЛ, приймаються дроти АПвП – 1х400.

Струм аварійного режиму:

$$I_{ав} = \frac{9826,9}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1} = 540,3 < I_{дон} = 570 \text{ A}.$$

Втрати напруги в КЛ:

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi),$$

де I_p – розрахунковий струм, А;

L – довжина КЛ, км;

r_0, x_0 питомі опори дроту, Ом / км.

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 540,3 \cdot 2,3 \cdot 100}{10500} \cdot (0,07 \cdot 0,94 \cdot +0,056 \cdot 0,428) = 1,79 \leq 10\%.$$

Розподільна мережа 10 кВ усередині підприємства виконується за змішаною схемою електропостачання (частина ТП заживлена на стороні 10 кВ від інших ТП відповідно до розташування ТП, ГРП та вимог до категорій надійності електропостачання цехів) як найбільш дешевої та вигідної в реалізації та експлуатації [1].

Для ділянки мережі ГРП-ТП2, робочий та післяаварійний (при відключенні одного кола) струм КЛ:

$$I_p = \frac{4089,2}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 118 \text{ А.}$$

$$I_{ав} = \frac{4089,2}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 236,1 \text{ А.}$$

Економічна щільність струму:

$$F_{ек} = \frac{118}{1,4} = 84 \text{ мм}^2$$

З поправкою на аварійний струм приймаємо кабель АПвП 3×185, $I_{дон} = 264 \text{ А}$ (з урахуванням групової прокладки).

Втрати напруги в КЛ:

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 236,1 \cdot 0,165 \cdot 100}{10500} \cdot (0,167 \cdot 0,932 \cdot +0,08 \cdot 0,361) = 0,2 \leq 5\%.$$

Вибраний переріз підходить. Кабель не перегріватиметься при повному завантаженні КЛ і буде забезпечувати достатній рівень напруги на вводі цехової ТП.

Для КЛ 10 кВ розрахунки зведено в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір кабелів 10 кВ

КЛ	$I_{ав}, A$	$F_{см}, мм^2$	$I''_{дон}, A$	$L, км$	$\Delta U, \%$
ГРП - ТП - 2	236.1	185	264	0.165	0.2
ТП-2 - ТП - 1	98.5	50	119	0.204	0.6
ГРП - ТП - 4	91.7	35	98	0.101	0.3
ТП-4 - ТП - 9	26.5	16	64	0.402	0.8
ГРП - ТП - 7	108.4	50	119	0.011	0.9
ТП-7 - ТП - 6	70.6	35	98	0.159	0.5
ТП-6 - ТП - 5	35.3	16	64	0.148	0.5
ГРП - ТП - 14	130.6	70	140	0.659	0.7
ТП-14 - ТП - 11	83.4	35	98	0.071	0.3
ГРП-РУ-1	108.8	50	119	0.498	0.7

КЛ 0,4 кВ живитимуть розподільні пункти малопотужних цехів. Приклад вибору кабелю ТП4 – РПЗ, струм КЛ:

$$I_p = \frac{174,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 242,2 \text{ A.}$$

Приймаємо кабель АВБШв 4×150, $I_{дон} = 260 \text{ A}$ (з урахуванням умов прокладання).

Втрати напруги в КЛ:

$$\Delta U_{\lambda} = \frac{\sqrt{3} \cdot 244,2 \cdot 0,09 \cdot 100}{380} \cdot (0,326 \cdot 0,74) = 1,5 \leq 5\%.$$

Вибраний переріз підходить, вибір кабелів зведений у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір кабелів 0,4 кВ

КЛ	I_p, A	Кабель АВБШв, переріз	$I_{дон}, A$	$\Delta U, \%$
ТП4 - РПЗ	244.2	4 X 95	260	1.5
ТП4 - РП8	97.6	4 X 16	95	1.8
ТП11 - РП10	133.4	4 X 95	251	0.7
ТП9 - РП12	133.6	4 X 120	279	0.6
ТП9 - РП15	98.8	4 X 70	205	1.4
ТП5 - РП13	184.6	4 X 70	220	1.9

План прокладання кабельних ліній показано на рис. 2.5.

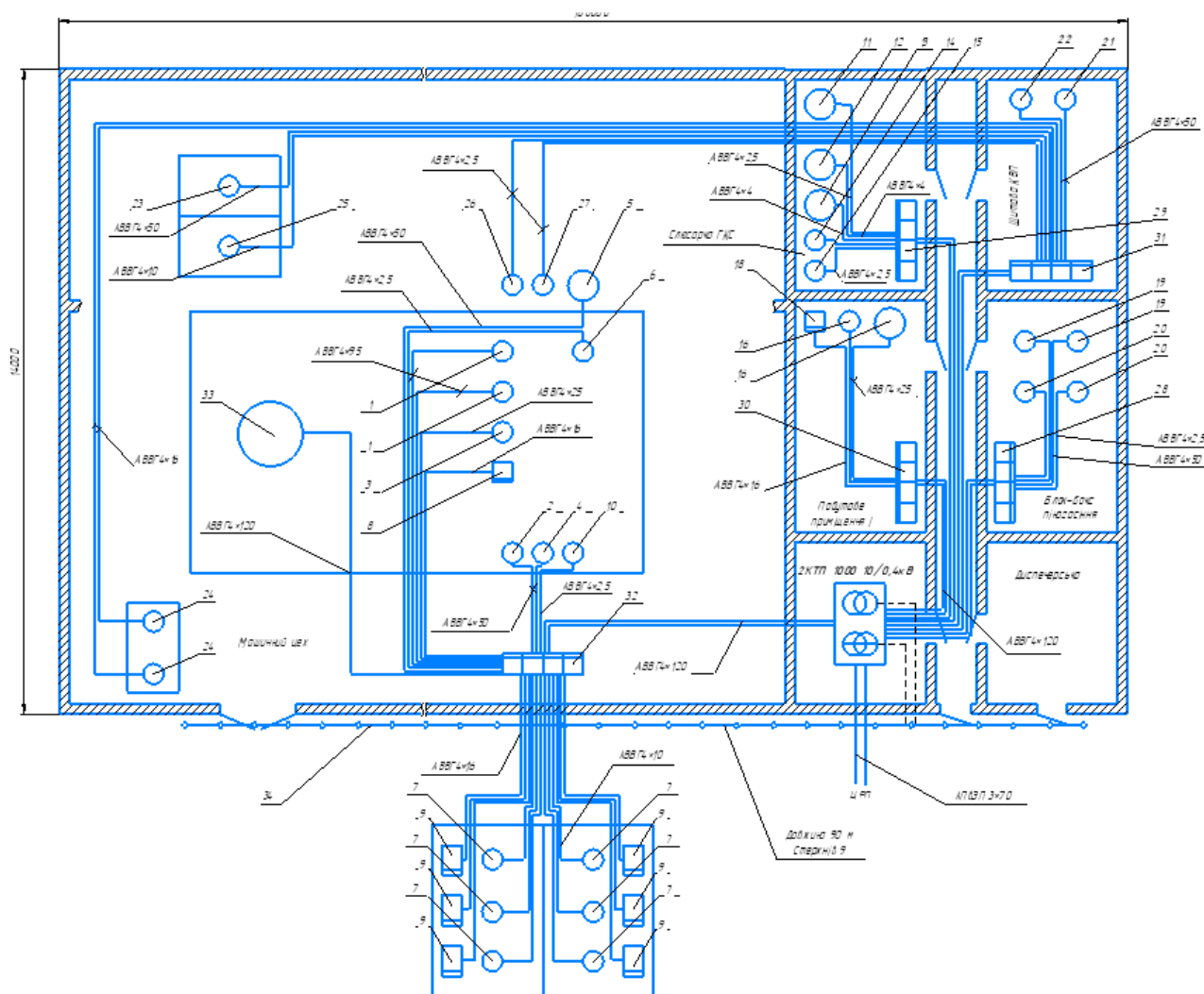


Рисунок 2.5 – План прокладання кабельних ліній.

2.3 Розрахунок струмів КЗ

Струми к.з. визначаються для вибору електрообладнання ГРП за допустимими параметрами.

Схема заміщення електричної мережі представлено на рис. 2.6.

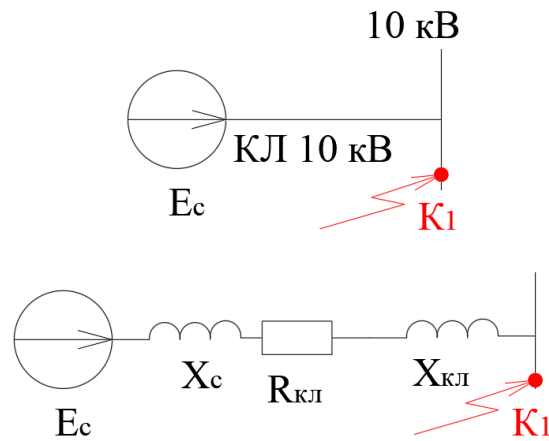


Рисунок 2.6 – Схема заміщення електричної мережі

Повний опір кола КЗ:

$$z = \sqrt{(\sum r)^2 + (\sum x)^2},$$

Опір енергосистеми (ЕС):

$$X_c = \frac{U_c}{I_\kappa}$$

U_c – напруга енергосистеми, кВ.

I_κ – струм трифазного КЗ на шинах 10 кВ ПС енергосистеми, кА.

$$X_c = \frac{10,5}{3,74} = 2,807 \text{ Ом.}$$

Струми трифазного та двофазного КЗ:

$$I_\kappa = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot z};$$

$$I_{\kappa,3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_\kappa$$

Ударні струми КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_\kappa$$

де k_y – ударний коефіцієнт.

$$k_y = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}}$$

де T_a стала аперіодичної складової, с.

$$T_a = \sum X / 314 \sum R$$

Розрахунок струмів КЗ на шинах 10 кВ ГРП (точка К1).

Опір КЛ 10 кВ:

$$R_{кл} = r_0 \cdot L;$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot L;$$

$$R_{кл} = 0,07 \cdot 2,3 = 0,129 \text{ Ом};$$

$$X_{кл} = 0,056 \cdot 2,3 = 0,129 \text{ Ом}.$$

Еквівалентні опори кола:

$$\sum r = R_{кл} = 0,161 \text{ Ом};$$

$$\sum x = X_c + X_{кл} = 2,807 + 0,129 = 2,936 \text{ Ом};$$

$$z = \sqrt{0,161^2 + 2,936^2} = 2,941 \text{ Ом}.$$

Струми КЗ:

$$I_k = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,941} = 2,06 \text{ кА};$$

$$k_y = 1 + e^{\frac{0,01}{0,02}} = 1,81;$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,81 \cdot 2,06 = 5,28 \text{ кА};$$

$$I_{к.з}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2,06 = 1,79 \text{ кА}.$$

Результати розрахунків представлені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків струмів КЗ на ГРП.

Місце КЗ	I'' , кА	I_y , кА	$I_{к.з}^{(2)}$, кА.
Точка К1	2.06	5.28	1.79

2.4 Висновки до розділу 2

В даному розділі проведено розрахунок навантажень підприємства. Забезпечено достатню енергоефективність електропостачання. На цехових ТП встановлено енергозберігаючі силові трансформатори серій ТМГ12 та ТМГ35,

що компенсують установки АКУ; на шинах низької напруги головного розподільчого пункту КРМ забезпечуватиметься конденсаторними установками УК56.

Вибрано оптимальне місце розташування ГРП, для чого складено картограму навантажень. З урахуванням розташування будівель і місця підходу живильних ЛЕП, максимально наближений до центру електричних навантажень. Живлення ГРП від ПС енергосистеми буде виконано по двоколовій КЛ 10 кВ.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір електрообладнання ГРП

3.1.1 Вибір комутаційних апаратів

Високовольтні вимикачі забезпечують комутацію силових кіл під навантаженням та гасіння електричної дуги при розриві струмопровідних контактів. Умови вибору вимикачів:

$$U_{ном} \geq U_{роб};$$

$$I_{ном} \geq I_{роб};$$

$$I_{ном.вим} \geq I_{\kappa};$$

$$i_{пр.с} \geq i_y;$$

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_{\kappa},$$

де $I_{ном.вим}$ – струм відключення, кА;

I_{κ} – струм трифазного к.з., кА;

$i_{пр.с}$ – наскрізний струм к.з., кА;

i_y – ударний струм к.з., кА;

$I_{тер}$ – струм термічної стійкості, кА;

$t_{тер}$ – час дії струму, с;

B_{κ} – тепловий імпульс, $кА^2 / с$.

$$B_{\kappa} = I_{тер}^2 \cdot t_{вим},$$

де $t_{вим}$ – час к.з., с.

$$t_{вим} = t_{р.з.} + t_{вим.В}$$

де $t_{р.з.}$ – час спрацювання релейного захисту;

$t_{вим.В}$ – час вимкнення вимикача.

На стороні 10 кВ, тепловий імпульс к.з.:

$$t_{вим} = 0,025 + 0,06 = 0,085 с;$$

$$B_{\kappa} = 2,062 - 0,085 = 0,36 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Вибираються вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10. Здійснимо перевірку вибраних вимикачів:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{роб}} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А} \geq I_{\text{роб}} = 574 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.вим}} = 20 \text{ кА} \geq I_{\kappa} = 2,06 \text{ кА};$$

$$i_{\text{пр.с}} = 40 \text{ кА} \geq i_y = 5,28 \text{ кА};$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_{\kappa} = 1200 \text{ кА}^2 = 0,36 \text{ кА}^2,$$

Вимикачі проходять перевірку.

Умови вибору роз'єднувачів:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{н.вст}};$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{роб.тах}};$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\kappa};$$

$$i_{\text{дин}} \geq i_y.$$

Вибираються роз'єднувачі РВ-10/630. Здійснимо перевірку вибраних роз'єднувачів:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{роб}} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А} \geq I_{\text{роб}} = 574 \text{ А};$$

$$i_{\text{пр.с}} = 40 \text{ кА} \geq i_y = 5,28 \text{ кА};$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_{\kappa} = 3600 \text{ кА}^2 = 0,36 \text{ кА}^2,$$

Вибір трансформаторів струму та напруги.

На фідерах ГРП встановлюємо ТПЛК-10/30...300 (залежно від струмів КЛ), на вводах ГРП: ТПЛК-10/600.

Перевірка обраних ТС:

- по динамічній та термічній стійкості:

$$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА} \geq i_y = 5,28 \text{ кА};$$

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 1200 \text{ кА}^2 / \text{с} \geq B_{\kappa} = 3600 \text{ кА}^2 / \text{с} = 0,36 \text{ кА}^2,;$$

- за похибкою. Опір навантаження:

$$Z_{2\Sigma} = Z_{\text{прил}} + Z_{\text{пров}} + Z_{\text{конт}}$$

2ь прил. пров. конт.е V /

де $Z_{\text{прил}}$, $Z_{\text{пров}}$, $Z_{\text{конт}}$ – опори приладів, проводів, контактів, Ом.

$$Z_{\text{пров}} = \frac{l_{\text{пров}} \cdot \rho}{S_{\text{пров}}} = \frac{7,2 \cdot 0,0175}{4} = 0,0315 \text{ Ом.}$$

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{н.прил.}}^2} = \frac{1}{5^2} = 0,04 \text{ Ом.}$$

$$Z_{2\Sigma} = 0,04 + 0,0315 + 0,1 = 0,1715 \text{ Ом}$$

Похибки ТС будуть меншими за 10%. Вибрані ТС підходять.

Умови вибору ТН [1]:

$$U_{\text{н}} \geq U_{\text{н.вст}};$$

$$S_{\text{н}} \geq S_{2\Sigma}.$$

Приймаємо ТН типу НТМИ-10-95.

$$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{н.вст}} = 10 \text{ кВ.}$$

Навантаження ТН зведено до табл. 3.1.

Таблиця 13 - Навантаження ТН

Таблиця 3.1 – Навантаження ТН

Прилади	Навантаження, Вт	К-сть	$\cos \varphi$	Σ навантаження		
				$P, \text{ Вт}$	$Q, \text{ ВАр}$	$S, \text{ ВА}$
$sm - 963e_8$	0,15	10	0.67	1.50	1.66	2.24
Лічильник	2	9	0.38	18.00	43.82	47.37
Σ				19	45	49

Сумарне навантаження менше допустимого для ТН 200 В · А

Вибір Трансформатора власних потреб (ТВП).

ТВП забезпечує живлення власних потреб (ВП) ГРП. Розрахунок навантаження ВП представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок навантаження ВП

Споживач	Встановлена потужність			$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Навантаженн	
	на од.	Число приймачів	Σ , кВт			P , кВт	Q , кВАр
Опалення, освітлення, вентиляція РП-10 кВ	7	1	7	0.97	0.25	7	1.75
Апаратура зв'язку та телемеханіки	8.7	1	8.7	0.85	0.62	8.7	5.39
Маслогосподарство	16.2	1	16.2	1	0	16.2	0
Разом						31.9	7.15

Навантаження ВП для двох ТВП:

$$S_{розр} = \frac{\sqrt{P_{розр}^2 + Q_{розр}^2}}{2} = \frac{\sqrt{31,9^2 + 7,15^2}}{2} = 16,35 \text{ кВА.}$$

Вибираємо ТВП марки ТМГ-25/10, аварійний коефіцієнт завантаження:

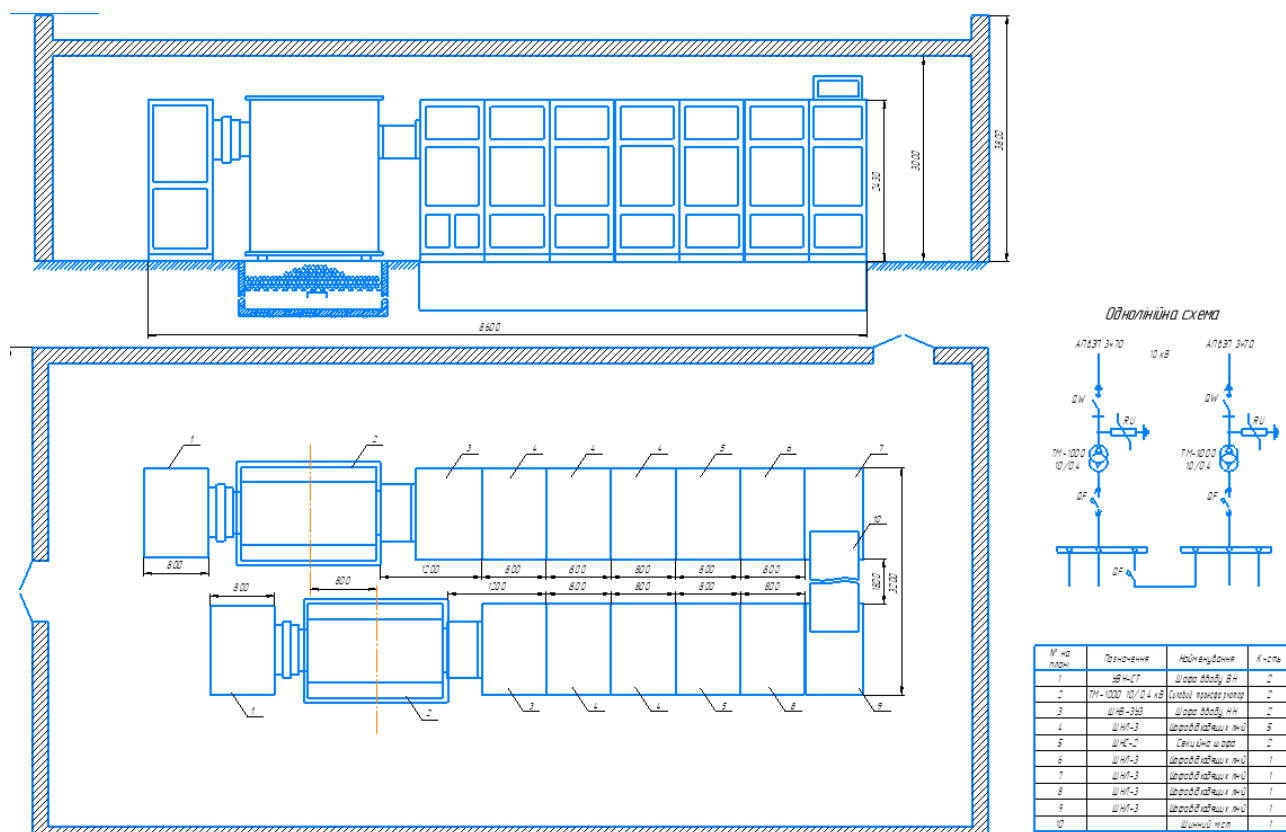
$$K_3 = \frac{2 \cdot 16,35}{25} = 1,31 < 1,4.$$

Потужності ТВП буде достатньо в аварійному режимі.

Вибір комплектних розподільчих пристроїв.

У ГРП буде встановлено КРП марки КРУ-2-10-20 на номінальний струм 630 А, розріз і компонування показано на рис. 3.1.

КРУ марки КРУ-2-10-20 виготовляються відповідно до вимог ДСТУ EN 60947-6-1:2015 [9].



1,2 – ліва і права двері; 3 – болти для заземлення; 4 – трансформатори струму типу ТЗЛ; 5 – заземлювач; 6, 15 – нижні і верхні ножі штепсельних роз'єднувачів; 7 – кабельні воронки (місця установки); 8, 24 – нижня і верхня шторки; 9 – відсік трансформаторів струму і кабельних розробок; 10 – трансформатори струму типу ТПЛ-10; 11 – знімний лист; 12, 14 – нижня і верхня знімні кришки; 13, 16 – перегородки; 17 – ізолятори перехідні типу ОМБ-10; 18 – ізолятори опорні типу ОМБ-Н); 19 – відпайка від збірних шин; 20 – збірні шини; 21 – кришка; 22 – відсік збірних шин; 23 – лист; 25 – скоби для підйому шафи; 26 – знімний лист; 27 – релейна шафа; 28 – корпус шафи; 29 – низьковольтна контактна система; 30 – викотний візок; 31 – ручка; 32 – відсік викотної частини; 33 – опорні швелери шафи; 34 – напрямні для переміщення візка.

Рисунок 3.1 – Розріз та компонування комірки КРП.

3.1.2 Вибір захисного обладнання системи електропостачання

Вибір Обмежувачів перенапруги (ОПН).

У ГРП для захисту електрообладнання буде встановлено ОПН-10/11,5-10/400. Вибухобезпечний струм ОПН має бути більшим, ніж на 20% більше струму КЗ:

$$1,2 \cdot I_{K3} \leq I_{BB};$$

$$1,2 \cdot 2,06 = 2,47 \text{ кА} \leq I_{BB} = 20 \text{ кА}.$$

Вибрані ОПН підходять.

Релейний захист та автоматика (РЗА).

Захист фідерів 10 кВ забезпечується терміналами RZL-100, виробництва ТОВ «Науково-виробниче підприємство «РЕЛСіС» [10]. Поточні параметри роботи обладнання та ділянок ланцюгів контролюються мікропроцесором і, у разі перевищення величин уставок релейного захисту, відключаються високовольтні вимикачі.

Автоматичний ввід резерву (АВР) на шинах ГРП забезпечується, згідно з ПУЕ [6], безперебійне живлення ділянок першої категорії надійності електропостачання.

Схема АВР представлена на рис. 3.2.

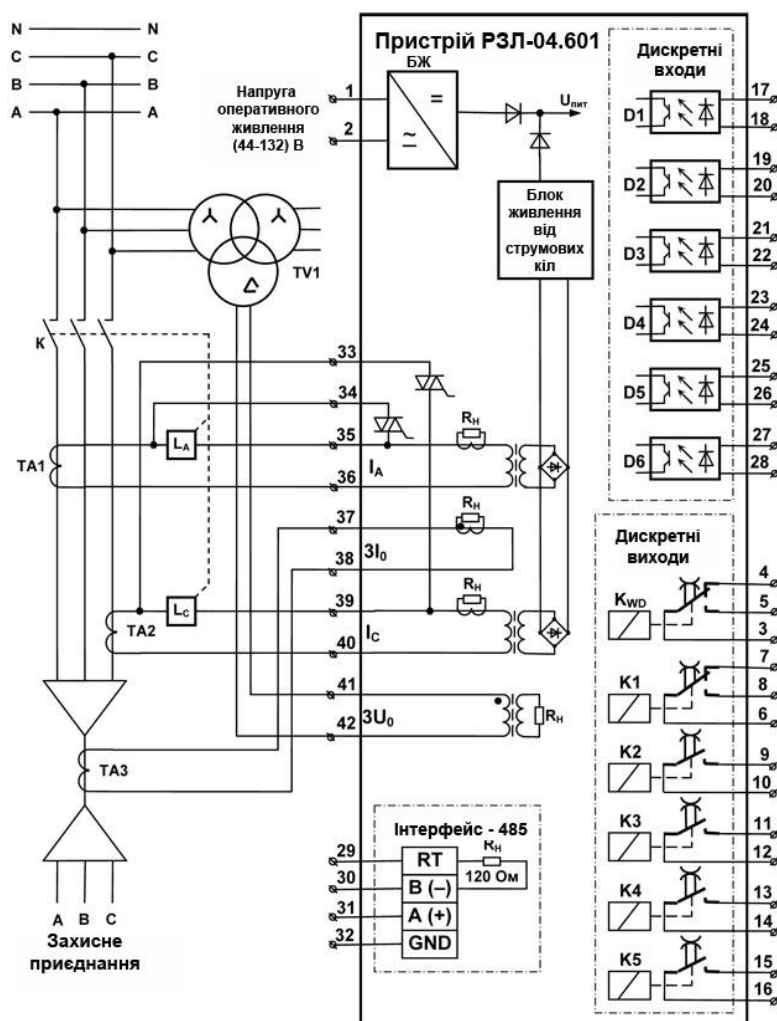


Рисунок 3.2 – Схема АВР

Уставки АВР:

$$U_{cnp1} = (0,25 - 0,4) \cdot U_{ном},$$

$$U_{cnp1} = 0,4 \cdot 10,5 = 4,2 \text{ кВ}$$

$$U_{cnp2} = (0,65 - 0,7) \cdot U_{ном},$$

$$U_{cnp1} = 0,7 \cdot 10,5 = 7,35 \text{ кВ}$$

$$t_{ABP1} = t_{CЗ.макс} + \Delta t$$

де $t_{CЗ.макс}$ – максимальний час АВР, с;

Δt – витримка для селективності [11].

$$t_{ABP1} = 9 + 0,5 = 9,5 \text{ с}$$

$$t_{ABP2} = t_{CB} + t_{зан}$$

де t_{CB} – час включення вимикача,

$t_{зан}$ – запас часу, з [11].

$$t_{ABP2} = 0,1 + 0,4 = 0,5 \text{ с.}$$

Захист ліній 0,4 кВ.

Захист ліній 0,4 кВ забезпечується автоматичними вимикачами серії АВ.

Забезпечується захист від коротких замикань та від перевантаження струмом.

Пристрої захисного відключення (ПЗВ).

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом у приміщеннях з підвищеною електробезпекою встановлюються ПЗВ марки ІЕК ВД1-63 (АС) на струм витоку 10 мА. Для забезпечення пожежної безпеки у ввідних електроцитах встановлюються ПЗВ марки ІЕК ВД1-63 на струм витоку 30 мА [11].

3.2 Вибір та розрахунок систем заземлення та блискавкозахисту

Заземлення та блискавкозахист цехових ТП.

Питомий опір ґрунту для вертикальних (ВЕ) та горизонтального (ГЕ) електродів:

$$\rho_p = \rho \cdot K_c;$$

де ρ питомий опір ґрунту, Ом·м;

K_c – коефіцієнт сезонності.

$$\rho_{pв} = 2000 \cdot 1,1 = 2200 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{pв} = 2000 \cdot 1,4 = 2800 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Опір розтіканню для одного ВЕ:

$$R_{ове} = \frac{\rho_{pв}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) \right] + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right),$$

де l – довжина ВЕ, м;

d – приведений діаметр, м;

t – відстань від поверхні до центру ВЕ, м.

$$d = 0,95 \cdot b$$

де b – ширина кутника, м.

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м};$$

$$t = 3 / 2 + 0,8 = 2,3 \text{ м};$$

$$R_{ове} = \frac{2200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,0475} \right) \right] + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 60,96 \text{ Ом}.$$

Розрахункове число ВЕ:

$$n' = R_{ове} / R_n,$$

де R_n – граничний опір ЗП, Ом.

$$n' = 60,96 / 4 \approx 16 \text{ шт}.$$

Довжина ГЕ:

$$l_2 = 1,05 \cdot a \cdot n',$$

де a – відстань між ВЕ, м.

$$a = l_{пер} / n',$$

де $l_{пер}$ – периметр будівлі ТП, м

$$l_{пер} = 2 \cdot (9,97 + 7,62) = 35,2 \text{ м};$$

$$a = 35,2 / 16 = 2,2 \text{ м};$$

$$l_2 = 1,05 \cdot 2,2 \cdot 16 = 36,96 \text{ м.}$$

Опір розтікання ГЕ:

$$R_{ze} = \frac{\rho_{pe}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left(\frac{l^2}{d \cdot t} \right),$$

$$d = 0,5 \cdot b$$

де b – ширина смуги, м.

$$d = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м;}$$

$$t = 0,05 / 2 + 0,8 = 0,825 \text{ м;}$$

$$R_{ze} = \frac{2800}{2 \cdot 3,14 \cdot 36,96} \cdot \ln \left(\frac{36,96^2}{0,025 \cdot 0,825} \right) = 2,709 \text{ Ом.}$$

Схема заземлення ТП представлено на рис. 3.2.

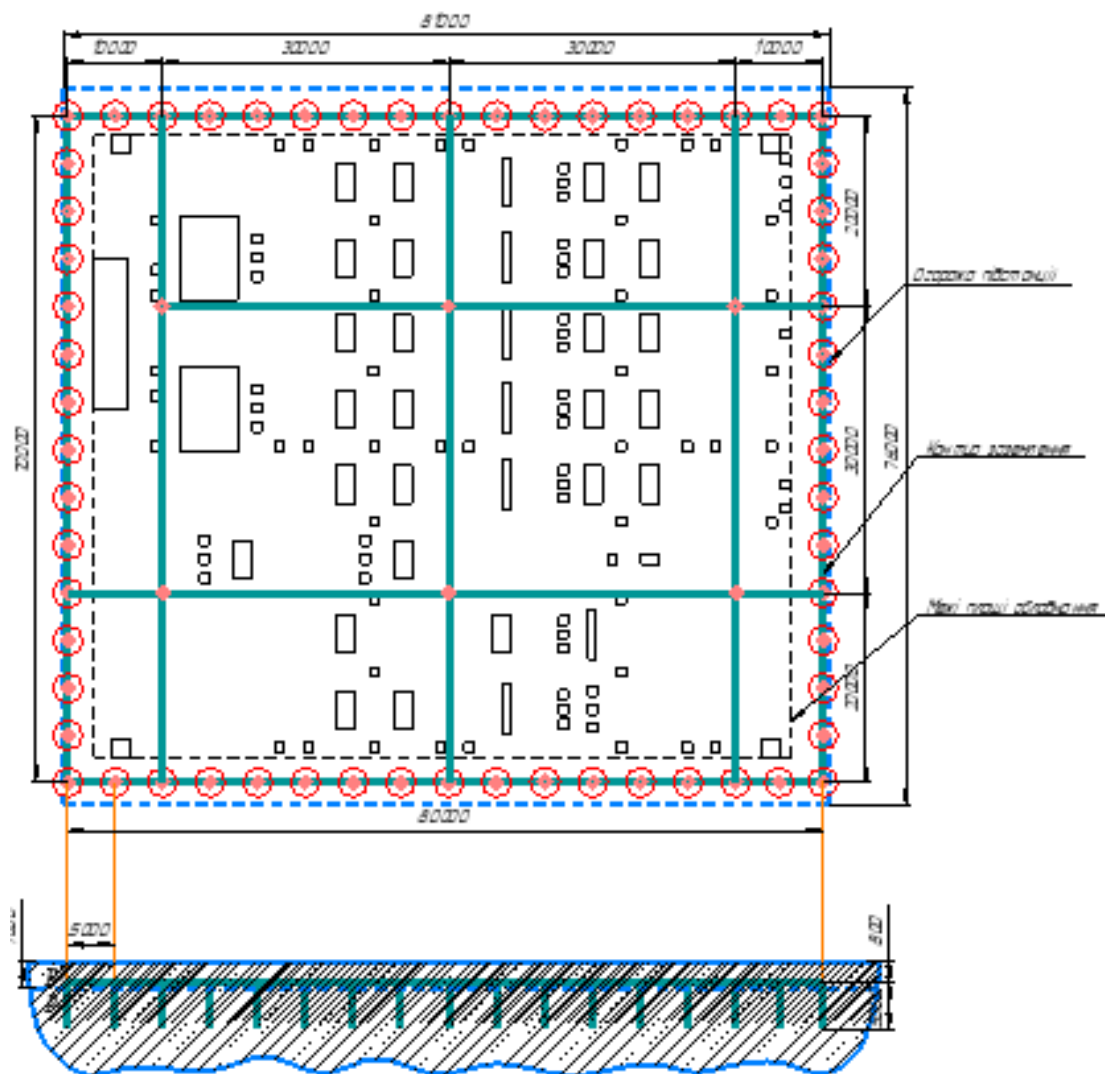


Рисунок 3.2 – Схема заземлення трансформаторної підстанції.

Опір заземлюючих пристроїв:

$$R_{ep} = \frac{R_{ove} \cdot R_{ze}}{R_{ove} \cdot \eta_6 \cdot n + R_{ze} \cdot \eta_z}$$

де η_6, η_z – коефіцієнти використання ВЕ та ГЕ [20].

Вибрано комплектні ТП у суцільнометалевому корпусі, з'єднаному із ЗУ. Згідно з ПУЕ, додаткові заходи щодо блискавкозахисту не потрібні [6]. Заземлення та блискавкозахист ГРП.

При розрахунку враховуються вимоги ПУЕ щодо гранично допустимого опору ЗП:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}$$

де I_3 – розрахунковий струм замикання на землю, А.

$$I_3 = \frac{U \cdot L}{10}$$

де U – лінійна напруга, кВ;

L – сумарна довжина приєднаних ліній 10 кВ, км.

$$I_3 = \frac{10 \cdot 2,764}{10} = 2,764 \text{ А}$$

$$R_3 \leq \frac{250}{2,764} \leq 90,45 \text{ Ом}$$

Так, як ЗП використовуватиметься і пристроях 0,4 кВ, приймемо максимально допустимий опір 4 Ом [20].

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м}$$

$$t = 3,5 / 2 + 0,8 = 2,55 \text{ м}$$

$$R_{ove} = \frac{2200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3,5}{0,0475} \right) \right] + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,55 + 3,5}{4 \cdot 2,55 - 3,5} \right) = 47,711 \text{ Ом.}$$

$$n' = 47,711 / 4 \approx 12 \text{ шт.}$$

$$l_{nep} = 2 \cdot (12,6 + 5,6) = 36,4 \text{ м;}$$

$$a = 36,4 / 12 = 3,03 \text{ м;}$$

$$l_z = 1,05 \cdot 3,03 \cdot 12 = 38,18 \text{ м.}$$

$$R_{ze} = \frac{2800}{2 \cdot 3,14 \cdot 38,96} 18 \cdot \ln \left(\frac{38,18^2}{0,025 \cdot 0,825} \right) = 2,709 \text{ Ом.}$$

$$R_{zp} = \frac{47,711 \cdot 2,709}{47,711 \cdot 0,51 \cdot 12 + 2,709 \cdot 0,32} = 3,721 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$$

Контур заземлення складається з 12 вертикальних електродів завдовжки 3,5 м із кутової сталі $50 \times 50 \text{ мм}$, відстань між ВЕ 3,03 м; верхній кінець нижче за рівень землі; на глибині 0,8 м ЗЕ з'єднані смугою $50 \times 5 \text{ мм}$. Даний ЗП матиме еквівалентний опір достатній для надійного захисту людей та обладнання.

Розміри будівлі ГРП: $12,6 \times 5,6 \times 3,9 \text{ м}$. Блискавкозахист забезпечуватиметься одиночним стрижневим блискавковідводом (БВ), встановленим на даху, по центру. Зоною захисту БВ висотою h є конус висотою $h_0 < h$, вершина якого збігається з вертикальною віссю БВ. Радіус перерізу зони захисту:

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0}$$

де r_0 – радіус конуса захисту на рівні землі, м;

h_0 – висота конуса захисту, м;

h_x – розрахункова висота зони захисту, м.

Висота $h_x = 0$ (БВ встановлений на даху), $r_x = r_0$.

$$h_0 = 0,85 \cdot h$$

де h – висота БВ, м.

$$r_0 = 1,2 \cdot h$$

Висоту БВ підбираємо емпірично, за умовою:

$$\sqrt{(A/2)^2 + (B/2)^2} < r_0$$

де A, B – довжина і ширина площі, що захищається, м.

Для БВ висотою 6 м:

$$r_0 = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ м};$$

$$h_0 = 0,85 \cdot 6 = 5,1 \text{ м};$$

$$\sqrt{(12,6/2)^2 + (5,6/2)^2} < 7,2$$

$$6,89 < 7,2$$

Захист забезпечується. Схема заземлення та блискавкозахисту ГРП показана на рис. 3.4.

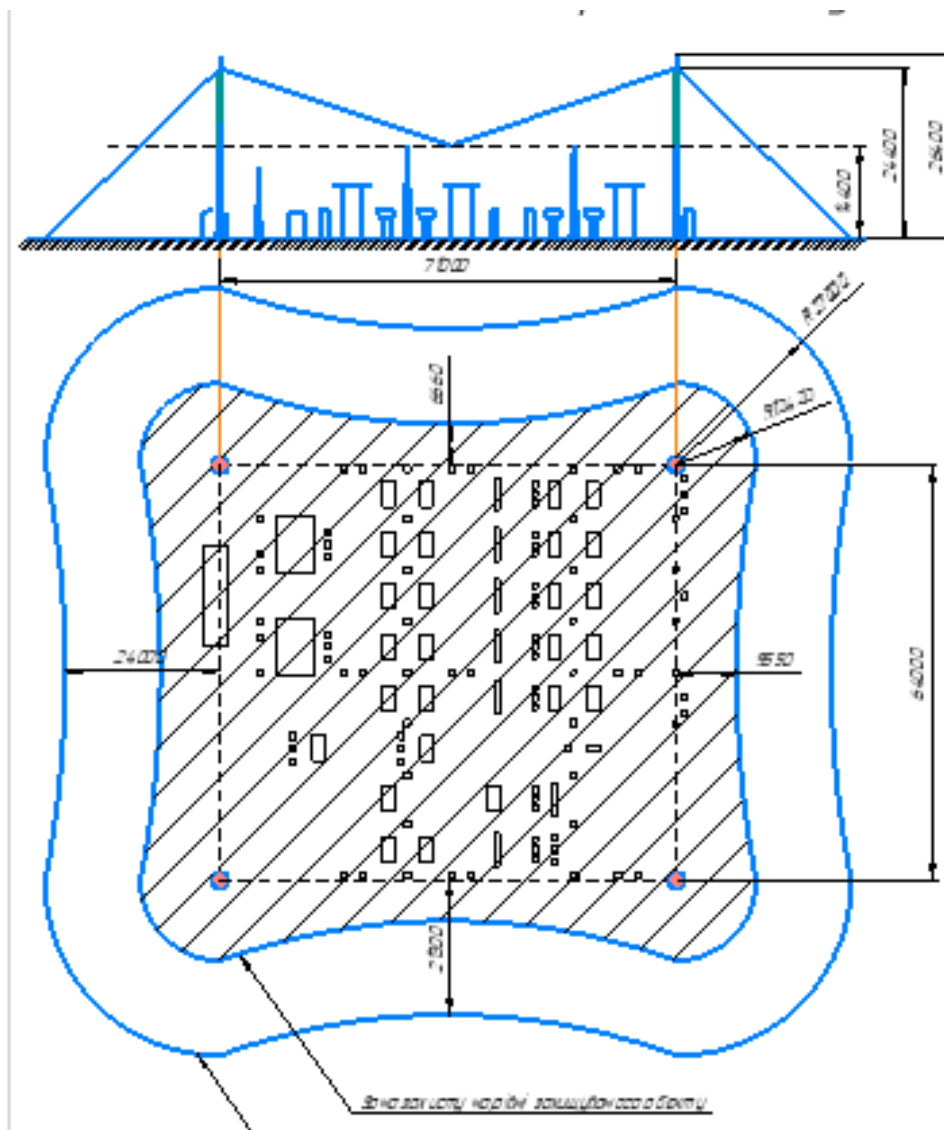


Рисунок 3.4 – Схема заземлення та блискавкозахисту ГРП

3.3 Вибір системи обліку електричної енергії

На підприємстві необхідно забезпечити максимальну енергоефективність технологічних процесів та моніторинг нормативного електроспоживання виробничого обладнання для запобігання ненормативним та аварійним режимам роботи. На об'єкті, що розглядається, пропонується реалізувати автоматизовану

систему технічного обліку електричної енергії (АСТОЕ) на основі програмно-технічного комплексу ActiV-Energy [14], відмінні особливості:

- передова схемотехніка та технологічний процес виробництва;
- спосіб передачі даних по силових проводах (PLC) спрощує та здешевлює реалізацію АСТОЕ та її обслуговування;
- зручне, адаптивне ПЗ;
- надійний вітчизняний постачальник та виробник [14].

У складі АСТОЕ ActiV-Energy промислових підприємств використовується наступне обладнання: лічильники NIK 2303 AP6T.1000.MC.11 (рис. 3.5, а), ПЗПД NIK KC-02 (рис. 3.5, б), Облік електроенергії та підключення споживачів ТП до системи АСТОЕ здійснюється лічильниками NIK 2303 , встановленими на фідерах 10 кВ РП, 10 і 0,4 кВ ТП підключеними до ПЗПД через концентратори RS-485 за протоколом Modbus.

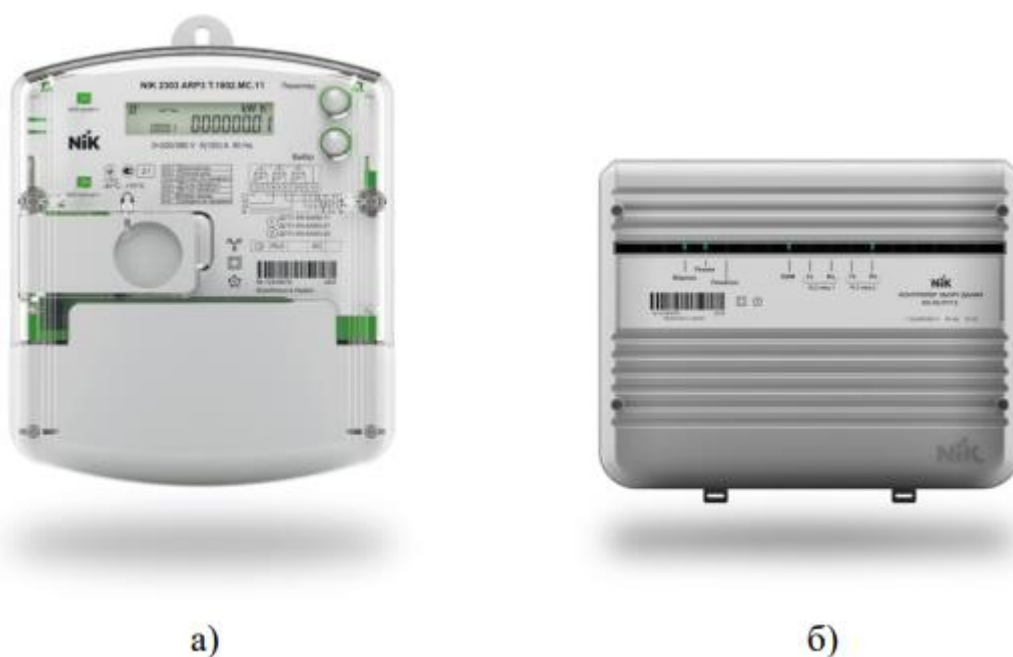


Рисунок 3.5 – Склад АСТОЕ ActiV-Energy

а) лічильник електричної енергії NIK 2303; б) ПЗПД NIK KC-02.

Управління, налаштування та віддалене адміністрування лічильниками (точками обліку) виконується через пропоноване виробником ПЗ, яке має простий, ергономічний і дружній до користувача інтерфейс. Режим роботи

електричних мереж і електроспоживання струмоприймачів неперервно відслідковуються, інформація передається в цифровому форматі на центральний сервер.

3.4 Висновки до розділу 3

В даному розділі здійснено вибір електричного обладнання головної розподільної підстанції, а саме: вибір комутаційних апаратів та вибір захисного обладнання системи електропостачання.

Проведено розрахунок та вибір систем заземлення та блискавкозахисту.

Для забезпечення максимальної енергоефективності технологічних процесів та моніторинг нормативного електроспоживання виробничого обладнання, а також для запобігання ненормативним та аварійним режимам роботи запропоновано реалізувати автоматизовану систему технічного обліку електричної енергії на основі програмно-технічного комплексу ActiV-Energy із використанням обладнання фірми NIK.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки

На кожному підприємстві при експлуатації електрообладнання користуються нормативно-технічною документацією з безпечної експлуатації електроспоживачів: “Закон України про Охорону праці”, ПУЕ, ПТЕ і ПТБ у відповідності до якої електроустановки допущені до експлуатації.

До нормативно-технічної документації входять:

- акти прийому робіт;
- генеральний план ділянки на якому нанесені споруди і підземні електротехнічні комутації;
- акти випробувань і наладки електрообладнання;
- акти прийому електроустановок в експлуатацію;
- виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електрообладнання;
- інструкції по обслуговуванню електроустановок, а також посадові інструкції по кожному робочому місцю.

Крім того, на кожному цеху необхідно мати:

- паспортні карти або журнал з описанням електрообладнання і засобів захисту із вказанням технічних даних, а також присвоєння інвентарних номерів;
- креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас;
- креслення підземних кабельних трас і заземлюючі пристрої з прив'язками до будівельних споруд, а також з вказанням місць установки з'єднувальних муфт і перемикань з іншими комунікаціями;
- загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремим цехам та ділянкам;

- комплект експлуатаційних інструкцій по обслуговуванню електроустановок цеха, ділянки і комплект посадових інструкцій по кожному робочому місцю і інструкцій по охороні праці.

Всі зміни в електроустановку, які вносяться в процесі експлуатації, повинні відображатися в схемах і кресленнях відразу за підписом особи, яка відповідає за електрогосподарство, з вказанням його посади і дати внесення змін.

Заходи з електробезпеки поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів, що забезпечують безпеку виконання робіт в електроустановках відносяться:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують в порядку технічної експлуатації;
- допуск до роботи;
- наряд під час виконання робіт;
- оформлення перерв в роботі, переводи бригади на інше робоче місце, закінчення роботи

В процесі роботи заводу персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. На робочих місцях повинні бути інструкції по обслуговуванню обладнання, правила техніки безпеки, плакати та попереджувальні написи.

Особи, що обслуговують електроустановки, проходять медогляд, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань кваліфікаційної групи по ТБ.

Технічні заходи.

Для захисту людей в умовах виробничого процесу застосовуються:

- безпечні струми;
- ізоляція проводів;
- механічні огороження;
- захисні заземлення;
- занулення;
- блокування пристроїв;
- захисні засоби.

Захисне заземлення - це заземлення, виконане з метою захисту людей від замикань на землю, або корпус.

Захисне відключення - система захисту, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки.

На підприємстві повинні проводитись протипожежні інструктажі.

Всі працівники підприємства зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки. Для цього з робітниками проводиться пожежно-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і засобів, що використовуються для цього.

Головним завданням пожежної безпеки є забезпечення працюючих комфортними умовами праці, зберігання матеріальних цінностей, а також забезпечення неперервного виробничого процесу.

Основними причинами пожеж на підприємствах харчової промисловості є необережна робота з відкритим вогнем, застосування пошкоджених, вогнегасників які не відповідають класу вибухонебезпечності.

Пожежна безпека заводу забезпечується системою запобігання пожеж і пожежного захисту. Пофарбування зовнішньої поверхні обладнання, яка нагрівається, повинне проводитись жаростійкою фарбою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити організаційні заходи. До них відносяться:

- організація пожежної охорони;
- навчання працюючих;
- розробка і застосування норм та правил.

Пожежна профілактика - це найбільш важлива частина протипожежних заходів і уявляє собою єдиний комплекс організаційних та технічних заходів по попередженню та локалізації пожеж та вибухів.

Головними та найбільш частими причинами горіння, пожеж, вибухів є:

1. порушення правил пожежної безпеки;
2. порушення режиму технологічного процесу;
3. несправність обладнання;

4. самозапалювання, грозові розряди.

Причинами пожеж являються також короткі замикання та струмові навантаження провідників. Електрична дуга може визвати запалення розташованих поблизу горючих матеріалів і маслonaповнених апаратів.

В приміщеннях підприємства передбачені засоби для гасіння пожежі. В електричних установках гасіння пожежі відбувається за допомогою повітряно-механічної піни піноутворювачем (ПО-1 та ПО-6).

Ручні вогнегасники типів ОУ-5 та ОУ-8 передбачені для гасіння невеликих джерел вогню всіх видів.

При виникненні пожеж, якщо електрична установка не відключена та знаходиться під напругою, виникає небезпека враження електричним струмом. Необхідно зняти напругу, а потім гасити її. Якщо напругу зняти не можна, то припускається гасіння установки при дотриманні особистих засобів електробезпеки. На заводі плануються такі протипожежні заходи:

1. На основі даних по вибухо- та пожежонебезпеці технологічних процесів визначені класи вибухо-пожежонебезпеки згідно ПУЕ та здійснено вибір електричного обладнання, електричного освітлення та електричної апаратури.

2. Пускова та розподільча апаратура винесена з вибухонебезпечних приміщень у електрощитові. Світильники вибрані відповідно класу та групи вибухонебезпечної суміші.

3. Розподільчі шафи, пускова апаратура у цехах розташовані у місцях доступних для обслуговування з проходами не менше за 0,8 м від технологічного обладнання.

Згідно ПУЕ приміщення на підприємстві по вибухо- та пожежонебезпеці класифікують (табл 4.1).

Таблиця 4.1 – Перелік вибухо-пожежонебезпечних приміщень на підприємстві

№	Найменування приміщень	Категорії з вибухо-пожеже небезпеки	Клас приміщення згідно умов навколишнього середовища
1	Складські приміщення	В	П-ІІа

2	ГРП	A	B-Ia
3	Дільниця зарядки, акумуляторів електрокара в посудо-тарному цеху, лікерному відділенні	A	B-I
4	Зарядка гаража	A	B-I
5	Склад красок гаража	A	B-I
6	Машинний зал аміачної компресорної	A	B-Iб
7	Камера витяжних вентиляторів із машинного залу	A	B-Iб

Вибухонебезпечною вважається зона в приміщенні в межах до 5 м. по горизонталі і вертикалі від технологічного апарату із якого можливе виділення горючих газів, або парів легкозаймистих речовин, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші рівний або більший 5% вільного об'єму приміщення.

Пожежебезпечною зоною називається простір в приміщеннях і поза приміщеннями в межах якого постійно чи періодично обертаються горючі речовини і в якому вони можуть знаходитись при нормальному технологічному процесі, або при його порушеннях.

4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств

Нові промислові підприємства повинні будуватися з врахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розміщувати розосереджено. Відстань між будівлями повинна забезпечувати протипожежні розриви. При забезпеченні таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу навіть, якщо гасіння пожежі не проводиться.

Ширина протипожежного розриву L_p , м, визначається за формулою:

$$L_p = H_1 + H + 15 \text{ м,}$$

де H і H_1 – висота сусідніх будинків.

Будівлі адміністративно-господарського і обслуговуючого призначення повинні розміщуватись окремо від основних цехів.

Найбільш важливі виробничі споруди треба будувати заглибленими або пониженої висоти, прямокутної форми в плані. Це зменшить парусність будівлі і збільшить її опір ударній хвилі будь-якого вибуху. Висока стійкість до дії ударної хвилі властива залізобетонній будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці.

Для підвищення стійкості до пожеж в будинках повинні застосовуватись вогнестійкі конструкції, а також вогнезахисна обробка горючих елементів будівлі. В кам'яних будинках перекриття повинно бути виготовлене з армованого бетону або з бетонних плит. Велика за розмірами будівля повинна поділятися на секції з негорючими стінами.

В ряді випадків при проектуванні і будівництві промислових будівель і споруд повинна бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного порошку. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

В складських приміщеннях повинно бути якомога менше вікон та дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, нафта, мазут та ін.) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля кордонів об'єкту або за його межами.

Деякі унікальні види технологічного обладнання потрібно розміщувати в більш міцних спорудах (підвалах, підземних спорудах) або будівлях з легких негорючих конструкцій павільйонного типу, під навісами або відкрито. Це обумовлюється тим, що в багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший надлишковий тиск ударної хвилі, ніж будівля, в якій воно знаходиться. При зруйнуванні будівлі внаслідок падіння конструкцій розміщене в них обладнання буде виходити з ладу.

На підприємствах, які виготовляють або споживають сильнодіючі отруйні і вибухонебезпечні речовини, при будівництві чи реконструкції необхідно передбачати захист ємностей і комунікацій від зруйнування ударною хвилею або

падаючими конструкціями, а також заходи, які виключають розливання отруйних і вибухонебезпечних речовин.

Душові приміщення необхідно проектувати з врахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин - з врахуванням використання їх для знезаражування автотранспорту.

Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручний і найкоротший шлях між виробничими будівлями, спорудами і складами. В'їздів на територію об'єкту повинно бути не менше, ніж два з різних напрямків. Внутрішні залізниці повинні забезпечувати найпростішу схему рух та займати мінімальну площу території об'єкту і мати обгінні ділянки. Вводи залізниць в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків в міську каналізаційну мережу і пристосування для аварійних викидів в підготовлені для цього місця.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблено проект надійного та енергоефективного електропостачання заводу з випуску деревостружкових плит.

Вирішені завдання:

- розглянуто особливості та методи проектування СЕП заводу;
- визначено очікувані електричні навантаження по окремих цехах та заводу в цілому. Підсумкові навантаження підприємства становили 9797,3 кВт; 7154,33 кВАр; 12131,43 кВА;
- забезпечено достатню енергоефективність електропостачання. На цехових ТП будуть встановлені енергозберігаючі силові трансформатори серій ТМГ12 та ТМГ35, що компенсують установки АУКРМ; на шинах низької напруги головного розподільчого пункту КРМ забезпечуватиметься конденсаторними установками УК56-125;
- вибрано оптимальне місце розташування головного розподільчого пункту, для чого складено картограму навантажень. З урахуванням розташування будівель і місця підходу ЛЕП, що живить, ГРП максимально наближений до центру електричних навантажень і розміщується за цехом №7, на північний схід від нього. Живлення ГРП від ПС енергосистеми буде виконано по двоколовій КЛ 10 кВ з кабелями АПвП з перетином жил 400 мм², лінія перевірена за втратами напруги та допустимим струмом;
- обрані марки та перерізи жил силових кабелів розподільчої мережі (ліній 10 кВ від ГРП до цехових ТП та ліній 0,4 кВ від ТП до ВРП цехів) за втратами напруги, прокладання кабелів буде проводитися в траншеї;
- складено план прокладання кабельних ліній. Розподільна мережа буде виконана за змішаною схемою як найбільш вигідною та забезпечує мінімальну сумарну довжину КЛ;
- для вибору електрообладнання ГРП визначено струми КЗ;
- вибрано електрообладнання ГРП наступних марок: вимикачі ВВ/TEL-10/630, роз'єднувачі РВ-10/630, вимірювальні трансформатори ТПЛК-

10/30...600, НАМІ-10-95, обмежувачі перенапруг ОПН-10/11,5- 10/400; КРУ марки К-204ЕП на номінальний струм 630 А;

- захист фідерів 10 кВ забезпечується терміналами RZL-100, виробництва ТОВ «Науково-виробниче підприємство «РЕЛСіС;

- спроектовано системи заземлення та блискавкозахисту цехових ТП та ГРП;

- пропонується реалізувати АСТОЕ на основі програмно-технічного комплексу ActiV-Energy. Це забезпечить максимальну енергоефективність технологічних процесів та моніторинг нормативного електроспоживання виробничого обладнання для запобігання ненормативним та аварійним режимам роботи;

Пропонований проект електропостачання заводу відповідає всім сучасним вимогам та може бути рекомендований до виконання

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23
2. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
3. Якунін О. А. Аналіз можливостей підприємств до оптимізації електроспоживання / О. А. Якунін, В. В. Доценко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2016. – №175.– С. 110–112.
4. Бабюк, С. М., Пліс, В.Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.
5. Долішній Т. І., Бабюк С. М. Шляхи підвищення надійності розподільчих електричних мереж // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року. 2024. С. 263–264.
6. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
7. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. [Чинні з 2019-03-01] / Мін-регіон України. К. : Укрархбудінформ, 2018. 137 с. (Державні будівельні норми України).
8. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
9. ДСТУ EN 60947-6-1:2015 Пристрої комплектні розподільчі низьковольтні. Частина 6-1. Багатофункційне обладнання. Перемикальне комутаційне обладнання (EN 60947-6-1:2005, IDT). Зі зміною № 1 (EN 60947-6-1:2005/A1:2014, IDT). БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи

будівельної галузі України. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=74384 (дата звернення: 14.03.2025).

10. IDUser. Пристрої та термінали релейного захисту та автоматики | РЕЛСіС – РЕЛСіС. Головна | РЕЛСіС - РЕЛСіС. <https://reلسis.ua/ua/products/relay-protection-automation> URL: <https://reلسis.ua/ua/products/relay-protection-automation> (дата звернення: 14.03.2025).

11. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с

12. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.

13. ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; ІЕС 62305-3:2010, MOD)

14. Програмно-технічні комплекси. ActiV-Energy - автоматизовані системи контролю обсягів споживання та якості електроенергії. URL: <https://activ-energy.com.ua/prohramno-tekhnichni-kompleisy.html> (дата звернення: 10.04.2025).

15. Бабюк, С. М., Красножоний, О. В., Барило, В. П., & Брич, Б. В. (2020). Фактори, що впливають на надійність електропостачання. Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 84-85.

16. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.— Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.

17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.

18. Algorithms for automatic of metrological characteristics of transducers / Serhiy Babiuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Yaroslav Osadtsa // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 107. — No 3. — P. 67–75.

19. Vakulenko, O., Sysak, I., Babiuk, S., & Bunko, V. (2021, December). Features of the enameled wires insulation diagnosing by voltage. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 27-32). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.

20. Bohdan Orobchuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Serhii Babiuk, Vadym Koval (2023) Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023).

21. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

22. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.