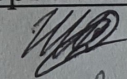


ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання
(повна назва кафедри)
та енергетичного менеджменту

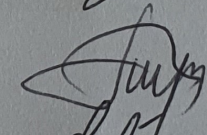
Бакалаврська дипломна робота

на тему: «Розробка системи електропостачання
Вінницького учбово-виробничого підприємства
Українського товариства сліпих»

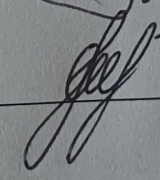
Виконав: студент 4 курсу, групи ЗЕЕ-206
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
Освітня програма «Електроенергетика та електротехніка»

 Швабауер Д.С.

Керівник

 Терешкевич Л.Б.

Рецензент

 к.т.н. ст. вик. каф. ЕЕ
Сікорська О.В.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
Д.Т.Н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

« 19 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
проф. Бурбело М.Й.

„ 10 ” 03 2024 р

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу
Швабауеру Данилу Сергійовичу

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства Українського товариства сліпих
керівник роботи Терешкевич Леонід Борисович, к.т.н., професор,
затверджені наказом по ВНТУ від « 11 » березня 2024 року, № 80

2. Строк подання студентом дипломної роботи « 10 » червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

1. Загальні відомості про підприємство

1.1 Відомості про технологічні процеси

1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

2. Аналіз системи електропостачання підприємства.

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання

2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі

3 Дослідження ефективності джерел світла різного типу при реконструкції системи освітлення

3.1 Постановка задачі

3.2 Аналіз ефективності різних джерел світла

3.3 Числовий приклад та висновки

4. Охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу.

1. Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
2. Однолінійна схема електропостачання підприємства
3. План цеху і силової мережі
4. Розрахунково-монтажна таблиця
5. Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів дипломної роботи

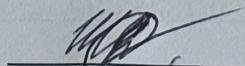
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдан прийн
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 15 » березня 2024 року

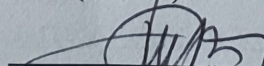
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Загальні відомості про підприємство.	10.05.2024	
2	Аналіз системи електропостачання підприємства.	15.05.2024	
3	Розрахунок схеми електропостачання цеху	20.05.2024	
4	Охорона праці	31.05.2024	
5	Графічна частина роботи	05.06.2024	
6	Написання розрахунково-пояснювальної записки	10.06.2024	

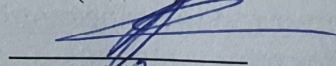
Студент


(підпис)

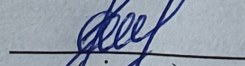
Керівник дипломної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Рецензент


(підпис)

Швабауер Д. С.
(прізвище та ініціали)

Терешкевич Л.Б.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Синорська О.В.
(прізвище та ініціали)

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання

(повна назва кафедри)

та енергетичного менеджменту

Бакалаврська дипломна робота

на тему: «Розробка системи електропостачання
Вінницького учбово-виробничого підприємства
Українського товариства сліпих»

Виконав: студент 4 курсу, групи ЗЕЕ-206

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

Освітня програма “Електроенергетика та електротехніка»

Швабауер Д.С.

Керівник

Терешкевич Л.Б.

Рецензент _____

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р

Вінниця ВНТУ - 2024 року

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ANNOTATION	6
ВСТУП	7
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Характеристика підприємства та електроприймачів, що експлуатуються	9
1.2 Відомість виробничих об'єктів Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих	10
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	14
2.1 Розрахунок навантажень підприємства та окремих його підрозділів	14
2.2 Вибір потужності силових трансформаторів	15
2.3 Розрахунок оптимальної потужності компенсувальних пристроїв	18
2.4 Розрахунок картограми електричних навантажень підприємства і визначення місця розташування ТП	19
2.5 Розрахунок перерізу лінії живлення 10 кВ	23
2.6 Вибір електрообладнання ЦРП	25
2.6.1 Розрахунок струмів КЗ з боку 10 кВ	25
2.6.2 Вибір комутаційного обладнання 10 кВ та його перевірка в аварійних режимах	28
2.6.3 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В	30
2.6.4 Вибір електроустаткування ТП з боку 0,4 кВ	32
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ	34
3.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	34
3.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури цехової мережі	36
3.3 Вибір перерізів провідників в цеховій мережі	41
3.4 Перевірка комутаційних апаратів цехової мережі за умовою комутаційної здатності	43

	4
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА РІЗНОГО ТИПУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ	48
4.1 Постановка задачі	48
4.2 Аналіз ефективності різних джерел світла	48
4.3 Числовий приклад та висновки	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації електропривода	55
5.1.1 Електробезпека	55
5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	57
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	58
5.2.1 Мікроклімат	58
5.2.2 Склад повітря робочої зони	59
5.2.3 Штучне та природне виробниче освітлення	60
5.2.4 Виробничий шум	61
5.2.5 Виробничі вібрації	61
5.3 Пожежна безпека	62
ВИСНОВКИ	65
ЛІТЕРАТУРА	66
ДОДАТКИ	70
Додаток А. Вихідна інформація для виконання роботи	71
Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	73
Додаток В. Генплан підприємства з електричними мережами	74
Додаток Г. Однолінійна схема електропостачання підприємства	75
Додаток Д. Силові мережі заготівельної ділянки	76
Додаток Є. Розрахунково-монтажна таблиця	77
Додаток Ж. Ефективність джерел світла різного типу	78

АНОТАЦІЯ

Швабауер Данило Сергійович, Розробка системи електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства Українського товариства сліпих. Бакалаврська кваліфікаційна робота. Вінниця. ВНТУ, 2024, 77 с. Іл.: 9, Табл: 41.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі розробляється система електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства УТОС.

Усі рішення, прийняті в роботі, базуються на результатах розрахунків, що проведені відповідно до діючих норм та із врахуванням вимог ПУЕ. В роботі розраховані живильні мережі 10 кВ та мережі розподільні 0,4 кВ. Місце установки ТП прийнято за результатами розрахунку ЦЕН. Вибрані трансформатори, комутаційне і захисне електрообладнання. Для зниження активних втрат в трансформаторах та мережах 10 кВ передбачена установки БСК. Їх потужності забезпечують вимоги енергопостачальної організації

Цехова мережа, що розроблена в роботі, забезпечує допустимі значення відхилень напруг на затискачах електроприймачів, та допустимі нагрівання струмом. Для захисту мережі вибрано сучасне електрообладнання

Досліджено ефективність джерел світла різного типу. По отриманим результатам зроблені рекомендації, корисні для практичного використання.

Ключаві слова: система електропостачання, трансформаторна підстанція, коротке замикання, термічна стійкість, динамічна стійкість, комутаційний апарат.

ANNOTATION

Danylo Serhiyovych Schwabauer, Development of the power supply system of the Vinnytsia educational and production enterprise of the Ukrainian Society of the Blind. Bachelor thesis. Vinnitsa. VNTU, 2024, VNTU, 2024, 77 p. Fig.: 9, Table: 41.

In the bachelor thesis, the power supply system of the Vinnytsia educational and production enterprise UTOS is developed.

All decisions made in the work are based on the results of calculations carried out in accordance with the current norms and taking into account the requirements of the PUE. In the work, 10 kV feeder networks and 0.4 kV distribution networks are calculated. The place of installation of the TP was adopted based on the results of the price calculation. Selected transformers, switching and protective electrical equipment. To reduce active losses in transformers and 10 kV networks, BSK installations are provided. Their capacities meet the requirements of the energy supply organization

The workshop network, developed in the work, provides permissible values of voltage deviations on the clamps of electrical receivers, and permissible current heating. Modern electrical equipment was chosen to protect the network

The effectiveness of different types of light sources was investigated. Recommendations useful for practical use were made based on the obtained results.

Key words: power supply system, transformer substation, short circuit, thermal stability, dynamic stability, switchgear.

ВСТУП

Актуальність теми. Система електропостачання будь-якого промислового виробництва повинна мати відповідну надійність, бути економічною та зручною, безпечною при експлуатації. В такій системі має бути забезпечена якість електричної енергії.

Процес монтажу мережі системи електропостачання пов'язаний з великими матеріальними витратами. Виходячи з цього при розробці системи електропостачання має проводитись аналіз економічності рішень, що приймаються.

Всі прийняті в роботі рішення, що стосуються обсягів і трудомісткості монтажних робіт, зручності та безпечності експлуатації систем електропостачання, обґрунтовані. Тому робота, в якій розроблена система електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих із врахуванням зазначених факторів, є актуальною.

Мета бакалаврської роботи – провести аналіз системи електропостачання виробничої бази УТОС з метою забезпечення економічного та надійного електропостачання технологічного процесу виробництва.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються такі основні задачі:

- визначення розрахункових навантажень підприємства та його виробничих підрозділів;
- вибір необхідного комутаційного та захисного електрообладнання;
- розрахунок зовнішньої та внутрішньої системи електропостачання підприємства.
- розрахунок мереж 0,4 кВ одного із виробничих підрозділів;

Об'єктом дослідження є процес проектування системи електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих.

Предметом дослідження є розробка систем зовнішнього, внутрішнього та цехового електропостачання.

Методи розрахунку. Розрахунок навантажень заготівельної ділянки підприємства проводиться за методом упорядкованих діаграм. Розрахунок активної і реактивної потужності силового обладнання цехів підприємства проводиться за методами коефіцієнта попиту та питомої потужності освітлювального навантаження..

Наукова новизна одержаних результатів полягає в подальшому розвитку методик проектування для умов Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих.

Практичне значення одержаних результатів полягає в отриманні практичних рішень, які задовільняють вимогам нормативних документів: надійності, економічності, зручності, і безпечної експлуатації і забезпечують нормовану якість електроенергії для системи електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих.

Особистий внесок автора. Усі результати, що представлені в бакалаврській дипломній роботі, отримані особисто.

Апробація результатів бакалаврської дипломної роботи. Викладені в роботі результати апробацію на конференціях не проходили.

Публікації. Публікації по роботі відсутні.

Розділ 1.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Характеристика підприємства та електроприймачів, що експлуатуються

Вінницьке учбово-виробниче підприємство товариства сліпих є одним з найпотужніших підприємств України по виготовленню електричних побутових насосів, які мають патенти на винаходи. Господарсько-правова форма: колективне підприємство, засноване на власності громадської організації, яка створюється рішенням президії ЦП УТОС. Основна спеціалізація підприємства - товари народного споживання.

Основною метою діяльності підприємства є раціональне і якісне працевлаштування інвалідів по зору I і II груп.

За минулі роки кількість тих, що працюють на підприємстві збільшилися з 6 до 453 чоловік, з яких 248 чоловік, - інваліди по зору. Істотно змінилася і номенклатура продукції, що випускається: від сільськогосподарського інвентарю (постромки, мотузки) до виробництва високопродуктивних електронасосів, побутових кип'ятильників і водопровідних реле тиску, з використанням найсучасніших технологій проектування та виготовлення виробів.

Основною продукцією підприємства є:

- електронасоси побутові серії 'VODOLEY' БВ-0,1-40-У5, БВ-0,1-63-У5, БВ-0,14-63-У5;
- електрокип'ятильники побутові потужністю 0,7; 1,0; 1,2 і 1,5 квт
- реле тиску водопровідне РДВ
- тени для електричних плиток
- побутові електроплитки.

Всі електричні навантаження підприємства працюють на напрузі 0,4 кВ.

1.2 Відомість виробничих об'єктів Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих

Інформація про основні виробничі та адміністративні підрозділи учбово-виробничого підприємства товариства сліпих наведений в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Перелік виробничих об'єктів УВП УТОС

Поз Поз нач.	Найменування	Кіл	Потужність Р _н , кВт	cos φ	Кп
1	Виробничий корпус	1	350	0,75	0,6
2	Заготівельна ділянка	1			
3	Столярка	1	100	0,8	0,5
4	Адміністративний корпус	1	150	0,75	0,5
5	Прохідна	1	3	0,9	0,2
6	Гараж	1	20	0,8	0,3
7	Склад 1	1	3	0,9	0,2
8	Склад 2	1	3	0,9	0,2
9	Склад 3	1	25	0,9	0,2
10	Склад 4	1	10	0,9	0,2
11	Майстерня	1	45	0,8	0,4
12	Житловий будинок, що будується	1	500	0,75	0,6
13	Житловий масив (приватний сектор)	1	250	0,75	0,6
14	Перспективне розширення виробництва	1	100	0,8	0,5

Генплан підприємства товариства сліпих наведено на рис. 1.1.

Інформація, що необхідна для розрахунків електричних мереж заготівельної ділянки наведена в табл. 1.2.

Висота приміщення заготівельної ділянки – 7 м;

Виробничі умови приміщення заготівельної ділянки – сухе, опалюється.

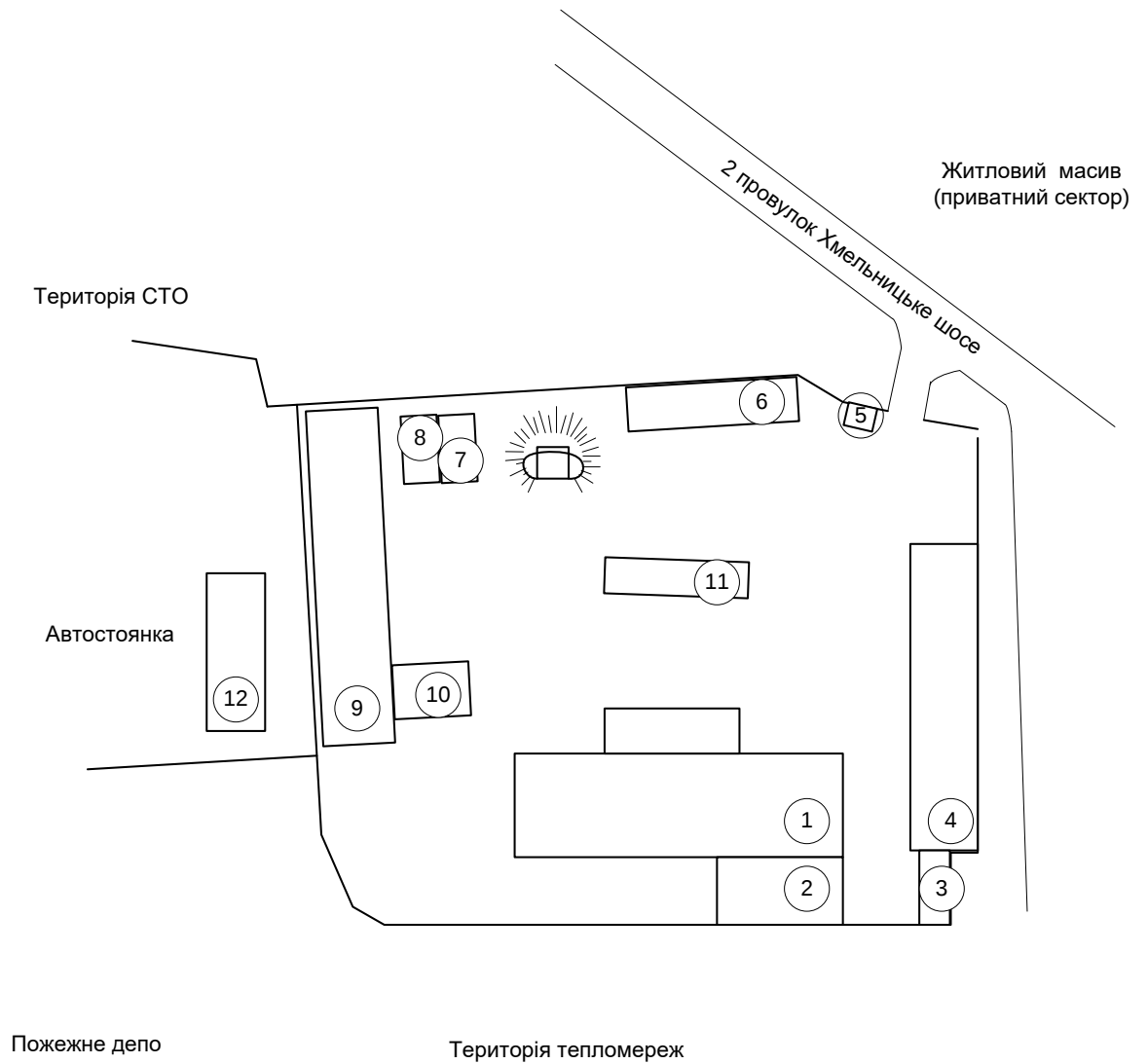


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Будівельні та технологічні планування заготівельної ділянки представлені на рис. 1.2

Необхідна інформація для розробки системи електроспоживання про електроприймачі, які експлуатуються на ділянці, наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Інформація про електричні навантаження заготівельної ділянки Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих

Поз Поз нач.	Найменування	Кіл	Рн, кВт	cosφ	К _в
1-2	Прес 100т	2	11	0,8	0,4
3	Гільотина	1	7,5	0,85	0,2
4	Наждак	1	4	0,8	0,4
5-6	Станок для гнуття	2	2	0,8	0,43
7-8	Прес 40 т	2	5,5	0,8	0,4
9-10	Прес 6,3 т	1	4	0,8	0,4
11-12	Машина контактного зварювання	2	20	0,7	0,43
13	Компресор	1	20	0,85	0,6
14	Пилка відрізна	1	5,5	0,8	0,4
15	Прес для рубки паперу	1	5,5	0,85	0,4
16	Машина для різки паперу	1	4	0,8	0,4
17	Свердлильний верстат	1	1,5	0,85	0,14
18	Прес 63 т	1	5,5	0,8	0,4
19	Відрізний верстат	1	1,1	0,75	0,4
20	Правильно-відрізний верстат	1	7,5	0,8	0,4
21	Прес 5,5 т	1	4	0,85	0,4
22	Наждачний верстат	1	1,1	0,8	0,4
23	Установка для зняття окалини	1	1,5	0,8	0,6
24	Правильно-відрізний верстат	1	2	0,8	0,4
25	Піч	1	20	0,95	0,8

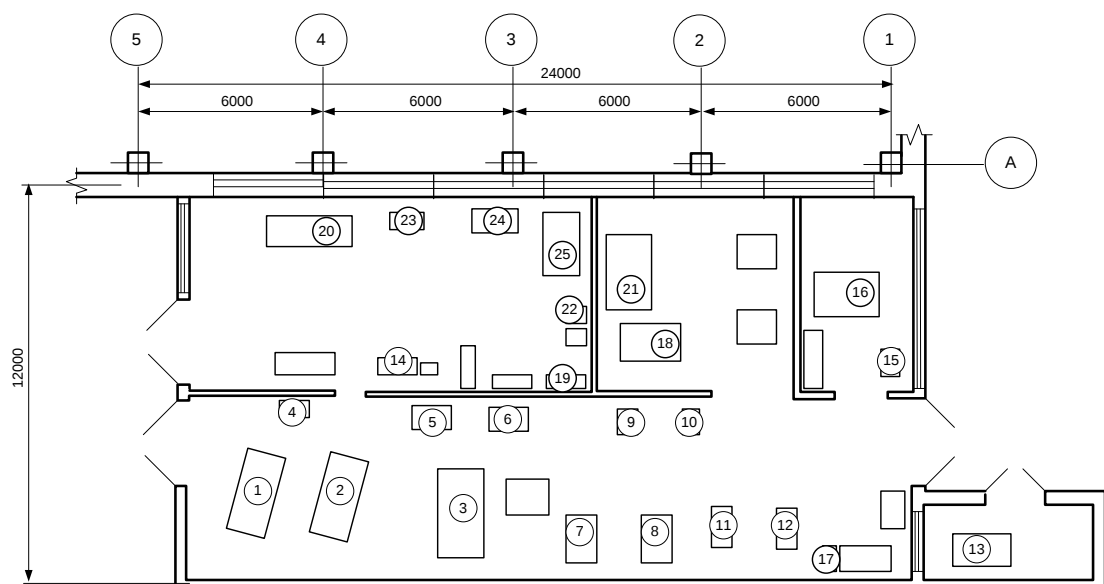


Рисунок 1.2 – Будівельні та технологічні планування заготівельної ділянки

За надійністю учбово-виробниче підприємство відноситься до споживачів другої категорії.

Підприємство живиться від районної трансформаторної підстанції 110/10 кВ «Промислова», яка знаходиться на відстані 4,0 км. Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ РТП має значення $S''=500$ МВА.

Енергопостачальною компанією в години максимальних навантажень для учбово-виробничого підприємства товариства сліпих визначена для споживання реактивна потужність 100 квар.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень підприємства та окремих його підрозділів

Вибір трансформаторів, перерізів ліній, комутаційних та захисних апаратів здійснюється по розрахунковій потужності. Ця обставина свідчить про важливість правильного розрахунку електричних навантажень.

Аналізуючи генплан підприємства, можна зробити висновок про доцільність живлення його виробничих підрозділів від двох окремозбудованих трансформаторних підстанцій. Їх живлення здійснюється ЦРП. Від однієї із заводських ТП живиться мікрорайон, де розміщені приватні домоволодіння.

Розрахуємо електричні навантаження виробничих об'єктів підприємства методом коефіцієнта попиту а освітлювальне навантаження методом питомої потужності [2]. Наприклад, для виробничого корпусу:

$$P_{MC} = K_{\pi} P_H = 0,6 \cdot 350 = 210 \text{ кВт}; \quad (2.1)$$

$$Q_{MC} = K_{\pi} P_H \operatorname{tg} \varphi = 0,88 \cdot 210 = 185,2 \text{ квар}. \quad (2.2)$$

$$P_{MO} = K_{\pi} F \cdot p_{\text{пит}} = 0,85 \cdot 1200 \cdot 0,012 = 12,2 \text{ кВт}.$$

Розрахункова потужність виробничого корпусу в цілому дорівнює сумі розрахункових потужностей навантаження силового та освітлювального:

$$P_M = P_{MC} + P_{MO} = 210 + 12,2 = 222,2 \text{ кВт};$$

$$Q_M = Q_{MC} = 185,2 \text{ квар}.$$

Отримані результати розрахунків всіх виробничих об'єктах занесені до таблиці 2.1.

Розрахункові потужності по окремим ТП та ЦРП визначаємо:

Для ТП-1

- сумарне активне навантаження:

$$P_M = K_o (P_{MC} + P_{MO}) = 0,8 \cdot 515,6 = 412,5 \text{ кВт},$$

де K_0 – коефіцієнт одночасності розрахункових навантажень окремих об'єктів [2];

- сумарне реактивне навантаження:

$$Q_M = Q_{MC} = 384 \text{ квар.} \quad (2.3)$$

Повне розрахункове навантаження

$$S_M = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{412,5^2 + 384^2} = 563,5 \text{ кВА.}$$

Для ТП-2

$$P_M = K_0 (P_{MC} + P_{MO}) = 0,8 \cdot 562 = 449,6 \text{ кВт;}$$

$$Q_M = Q_{MC} = 438,3 \text{ квар,} \quad (2.4)$$

Повне розрахункове навантаження

$$S_M = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{449,6^2 + 438,3^2} = 627,9 \text{ кВА.}$$

Для ЦРП (по підприємству в цілому):

$$P_M = 412,5 + 449,6 = 862,1 \text{ кВт;}$$

$$Q_M = 384 + 438,3 = 822,3 \text{ квар;}$$

$$S_M = \sqrt{862,1^2 + 822,3^2} = 1191,4 \text{ кВА.}$$

2.2 Вибір потужності силових трансформаторів

Визначення числа і потужності трансформаторів здійснюється враховуючи:

а) надійність електропостачання, зокрема для споживачів I та II категорії необхідно використовувати двотрансформаторні ТП для забезпечення вимоги живлення таких споживачів від двох незалежних джерел;

б) економічні показники цехових і заводських мереж;

в) практичну доцільність уніфікації, яка надає можливість утримувати в резерві менше число трансформаторів.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантаження по підприємству

№ спож.	назва цеху	Рн.кВт	F.м^2	cosφ	Кп	Рплт	Кпо	Рпо	Рр	Qр	Sp
1.	Виробничий корпус	350	1200	0,75	0,6	0,012	0,85	12,2	222,2	185,2	289,3
2.	Заготівельна дільниця	163,2	288	0,85	0,76	0,011	0,8	2,53	126,6	76,87	148,1
3.	Столярка	100	84	0,8	0,5	0,011	0,8	0,74	50,74	37,5	63,09
4.	Адміністративний корпус	150	720	0,75	0,5	0,02	0,85	12,2	87,24	66,14	109,5
5.	Прохідна	3	16	0,9	0,2	0,01	0,7	0,11	0,712	0,291	0,769
6.	Гараж	20	256	0,8	0,3	0,01	0,7	1,79	7,792	4,5	8,998
11.	Майстерня	45	189	0,8	0,4	0,015	0,8	2,27	20,27	13,5	24,35
ТП1	Всього	831,2	2753						515,6	384	578,6
7.	Склад 1	3	84	0,9	0,2	0,016	0,95	1,28	1,877	0,291	1,899
8.	Склад 2	3	84	0,9	0,2	0,012	0,8	0,81	1,406	0,291	1,436
9.	Склад 3	25	910	0,9	0,2	0,014	0,8	10,2	15,19	2,422	15,38
10.	Склад 4	10	150	0,9	0,2	0,012	0,82	1,48	3,476	0,969	3,608
12.	Житловий будинок, що будується	500	2970	0,75	0,6	0,015	0,9	40,1	340,1	264,6	430,9
13.	Житловий масив (приватний сектор)	250		0,75	0,6			0	150	132,3	200
14.	Перспективне розширення виробництва	100		0,8	0,5			0	50	37,5	62,5
ТП2	Всього	891	4198						562	438,3	641,5

В технічній літературі [2] наведена інформація, що номінальну потужність трансформаторів ТП слід вибирати враховуючи густину навантаження на 1 м² площі цехів.

Значення питомої густини навантаження визначимо за формулою:

Для ТП-1):

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{563,5}{2753} = 0,2 \text{ кВА/м}^2.$$

Для ТП-2

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{627,9}{4198} = 0,15 \text{ кВА/м}^2.$$

Для споживачів, які відносяться до II категорії за надійністю електропостачання, при $S_{\text{пит}} < 0,2$ інтервал економічних потужностей трансформаторів знаходиться між $630 \div 1000$ кВА. Крім того, для даного виробництва необхідно прийняти двотрансформаторні підстанції щоб забезпечити вимогу що до надійності їх електропостачання.

Номінальна потужність трансформаторів ТП визначемо за формулою:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{М}} / N \cdot \beta_{\text{т}}, \quad (2.5)$$

де $S_{\text{ном.т.р}}$ – повна номінальна розрахункова потужність;

N – кількість трансформаторів ТП;

$\beta_{\text{т}}$ – оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора цехової ТП (при проектуванні $\beta_{\text{т}} = 0,8 - 0,85$ при переважанні споживачів II і III категорій).

Для ТП-1

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{563,5}{2 \bullet 0,8} \geq 352,2 \text{ кВА.}$$

Для ТП-2

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{627,9}{2 \bullet 0,8} \geq 392,4 \text{ кВА.}$$

Отримані результати свідчать, що для двотрансформаторних цехових ТП доцільно встановити трансформаторн типу ТМ потужністю 400 кВА.

2.3 Розрахунок оптимальної потужності компенсувальних пристроїв

Як енергоощадний захід, що зменшує втрати активної потужності в електричних мережах, а також збільшує пропускну здатність трансформаторів і ліній живлення, передбачимо установку на стороні 0,4 кВ ПТ батареї статичних конденсаторів (БСК).

За результатами розрахунку навантаження по кожній з ТП становить: $S_{рТП1} = 563,5$ кВА, $S_{рТП2} = 627,9$ кВА.

Енергопостачальною компанією значення вхідної реактивної потужності для підприємства становить $Q_{вх} = 100$ квар. Як видно із графічної частини роботи ЦРП знаходиться поряд із ТП1. Тому всю вхідну реактивну потужність доцільно спожити на цій ТП. Тому значення потужностей БСК по кожній ТП підприємства становить:

$$Q_{кy1} = \sum Q - Q_{вх} = 384 - 100 = 284 \text{ квар};$$

$$Q_{кy2} = \sum Q = 438,3 \text{ квар}.$$

У разі двотрансформаторної підстанції розраховану потужність БСК по ТП розділимо порівну по кожній секції збірних шин трансформаторів. Виберемо комплектні БСК. Результати такого вибору наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри БСК

№ ТП	Тип БСК	Загальна реактивна потужність, квар	Число та потужність ступенів регулювання кожної БСК, квар
ТП-1	2*УК 05-0,4-11УЗ	2*120	5*10
ТП-2	2*УК 05-0,4-20УЗ	2*200	5*20

Шафи вибраних БСК виготовляються 3 типорозмірів. Їх конструкція має модульний принцип. Це надає зручності при виконанні монтажних робіт та експлуатації.

Вибрані установки укомплектовані мікропроцесорними регуляторами реактивної потужності, що дозволяє здійснювати керування потужністю БСК відповідності до змін реактивної потужності, що споживається.

Оскільки прийняте рішення з установки БСК змінює значення реактивних навантажень в елементах живильної мережі, виконаємо уточнений розрахунок навантаження по ТП підприємства з урахуванням встановлення БСК.

По ТП-1

$$S_{p1} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{ky})^2} = \sqrt{412,5^2 + (384 - 240)^2} = 436,9 \text{ кВА.} \quad (2.6)$$

По ТП-2

$$S_{p1} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{ky})^2} = \sqrt{449,6^2 + (438,3 - 400)^2} = 451,2 \text{ кВА.} \quad (2.7)$$

Перевіримо фактичний коефіцієнт завантаження трансформаторів ТП.

$$K_{31} = \frac{S_p}{S_{нтр}} = \frac{439,6}{2 * 400} = 0,55; \quad (2.8)$$

$$K_{32} = \frac{S_p}{S_{нтр}} = \frac{451,2}{2 * 400} = 0,56.$$

Отримані результати розрахунків свідчать, що трансформатори істотно розвантажилися в результаті встановлення БСК і, що найголовніше, наблизилися до оптимального коефіцієнту завантаження, коли ККД трансформатора максимальне. Оптимальний коефіцієнт завантаження визначається з формули $\beta_{опт} = \sqrt{\frac{P_{оН}}{P_{кН}}} = \sqrt{\frac{2,08}{5,5}} = 0,61$ [9].

2.4 Розрахунок картограми електричних навантажень підприємства і визначення місця розташування ТП

Картограма електричних навантажень [2, 3]- це схематичний генплан підприємства, на якому на площі окремих об'єктів наносяться навантаження

підрозділу за характером (силове, освітлювальне) у вигляді кіл, радіус яких визначається за формулою [3]:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (2.9)$$

де- m - масштаб картограми навантажень; кВт/м².

Сектор кола картограми, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначається:

$$\alpha_{осв\ i} = \frac{P_{po} \cdot 360}{P_m}, \quad (2.10)$$

де P_{po} - розрахункова потужність освітлювального навантаження, кВт;

P_{pi} - розрахункова потужність силового навантаження, кВт.

Для прикладу, розрахуємо радіус кола картограми навантажень для виробничого корпусу.

Приймаємо радіус кола навантажень виробничого корпусу $r_2 \approx 5$ см. Тоді

$$m_p = \frac{P_2}{\pi \cdot r_2^2} = \frac{222,2}{3,14 \cdot 5^2} = 2,83 \left(\frac{\text{кВт}}{\text{см}^2} \right). \quad (2.11)$$

Відповідно вибираємо масштаб картограми, $m_p=5$ кВт/см².

Радіус кола при даному масштабі для виробничого корпусу:

$$r_1 = \sqrt{\frac{222,2}{3,14 \cdot 5}} = 3,8 \text{ см.}$$

Розмір вказаного сектору освітлення для виробничого корпусу:

$$\alpha^0 = \frac{360^0 \cdot P_{м.о.}}{P_m} = \frac{360^0 \cdot 12,2}{222,2} = 19,8^0.$$

Координати центрів електричних навантажень цехових ТП підприємства знаходяться за формулами:

$$x_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot x_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad y_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad (2.12)$$

де X_i, Y_i - координати центру навантажень i -го виробничого об'єкту.

Величини P_m беремо з табл. 2.1, координати X_i і Y_i з генплану підприємства.

Результати розрахунку координатів ЦЕН (проміжних та остаточного) групи соживачів по кожній з ТП визначено в табличній формі, табл. 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Розрахунок координат ЦЕН для групи споживачів, що під'єднані до ТП-1

№ п/п	Назва цеха	P_p , кВт	X_m	Y_m	$P_p \cdot X_m$, кВт*м	$P_p \cdot Y_m$, кВт*м
1	Виробничий корпус	222,2	90	22	19998	4888,4
2	Заготівельна дільниця	126,6	109	6	13799,4	759,6
3	Столярка	50,7	140	6	7098	304,2
4	Адмінкорпус	87,3	142	43	12396,6	3753,9
5	Прохідна	0,71	125	97	88,8	68,9
6	Гараж	7,8	96	98	748,8	764,4
11	Майстерня	20,3	88	65	1786,4	1319,5
	Разом	515,6			55916	11858,9

$$X_o = \frac{55916}{515,6} = 108,4 \text{ м} \quad Y_o = \frac{11858,9}{515,6} = 23,0 \text{ м.}$$

Те саме, для ТП-2.

Таблиця 2.4 – Розрахунок координат ЦЕН для групи споживачів, які під'єднані до ТП-2

№ п/п	Назва цеха	P _p . кВт	X,м	У,м	P _p *X, кВт*м	P _p *У, кВт*м
7	Склад №1	1,9	48	90	91,2	171
8	Склад №2	1,4	41	90	57,4	126
9	Склад №3	15,2	27	66	410,4	1003,2
10	Склад №4	3,5	43	45	150,5	157,5
12	Житловий будинок, що будується	340,1	5	52	1700,5	17685,2
13	Житловий масив (приватний сектор)	150				
14	Перспективне розши- рення виробництва	50				
	Разом	562,1			2410	19142,9

$$X_o = \frac{2410}{562,1} = 4,3\text{м} \quad Y_o = \frac{19142,9}{562,1} = 34\text{м}.$$

Результати розрахунку центрів навантажень по ТП1 (ЦЕН ТП1), по групі навантажень ТП2 (ЦЕН ТП2) та в цілому по підприємству наведені на рис. 2.1 і в графічній частині роботи.

За отриманими результатами розмістимо ЦРП із ТП1. ТП1 та ТП2 розмістимо безпосередньо біля розрахованих центрів навантажень.

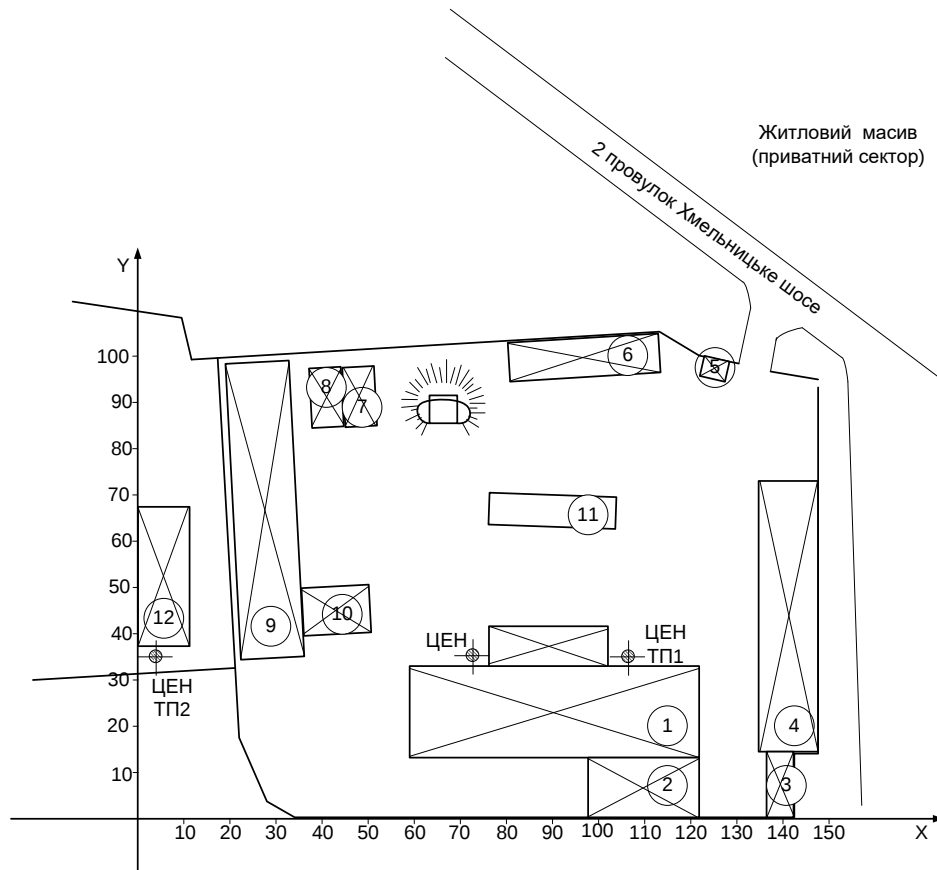


Рисунок 2.1 – Розраховані ЦЕН на плані підприємства

2.5 Розрахунок перерізу лінії живлення 10 кВ

Вважаючи те, що потужність підприємства відносно невелика, а також відстань до системної підстанції (4 км) також невелика, приймаємо рішення електропостачання підприємства здійснити на напрузі 10 кВ. Живлення підприємства виконати двома кабельними лініями.

Перерізи кабельних ліній 10кВ, якими живиться підприємство розрахуємо за економічною густиною струму [1].

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.13)$$

де I_p - розрахунковий струм лінії, А;

S_p - повна розрахункова потужність підприємства, кВА;

U_H - номінальна напруга кабелю, кВ,

$$I_p = \frac{1191,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 34,4 \text{ A}.$$

Визначемо переріз живлячого кабелю, мм:

$$F = I_p / j_T, \quad (2.14)$$

де $j_T = 1,2 \text{ A/мм}^2$ – економічна густина струму по [1];

$$F = 34,4 / 1,2 = 28,7 \text{ мм}^2.$$

Вибиремо кабель марки ААБ (3*35) перерізом 35 мм^2 , $I_{\text{доп}}=145 \text{ A}$.

Аналогічно виберемо кабелі до цехових ТП.

$$I_{p\text{max}} = \frac{1,4 * S_{\text{н тр}}}{\sqrt{3} * 10} = 32,4 \text{ A};$$

$$F = 32,4 / 1,2 = 26,97 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель марки ААБ (3*25), переріз якого 25 мм^2 , $I_{\text{доп}}=125 \text{ A}$.

Відповідно до ПУЕ [4] габельні лінії 10кВ повинні перевірятись на термічну стійкість до дії струмів короткого замикання. Таку перевірку виконаємо розрахувавши струми короткого замикання.

Однолінійна схема електропостачання підприємства наведена на рис. 2.2. У відповідності до вибраної схеми в подальшому вибирається комутаційне обладнання та вимірювальні прилади.

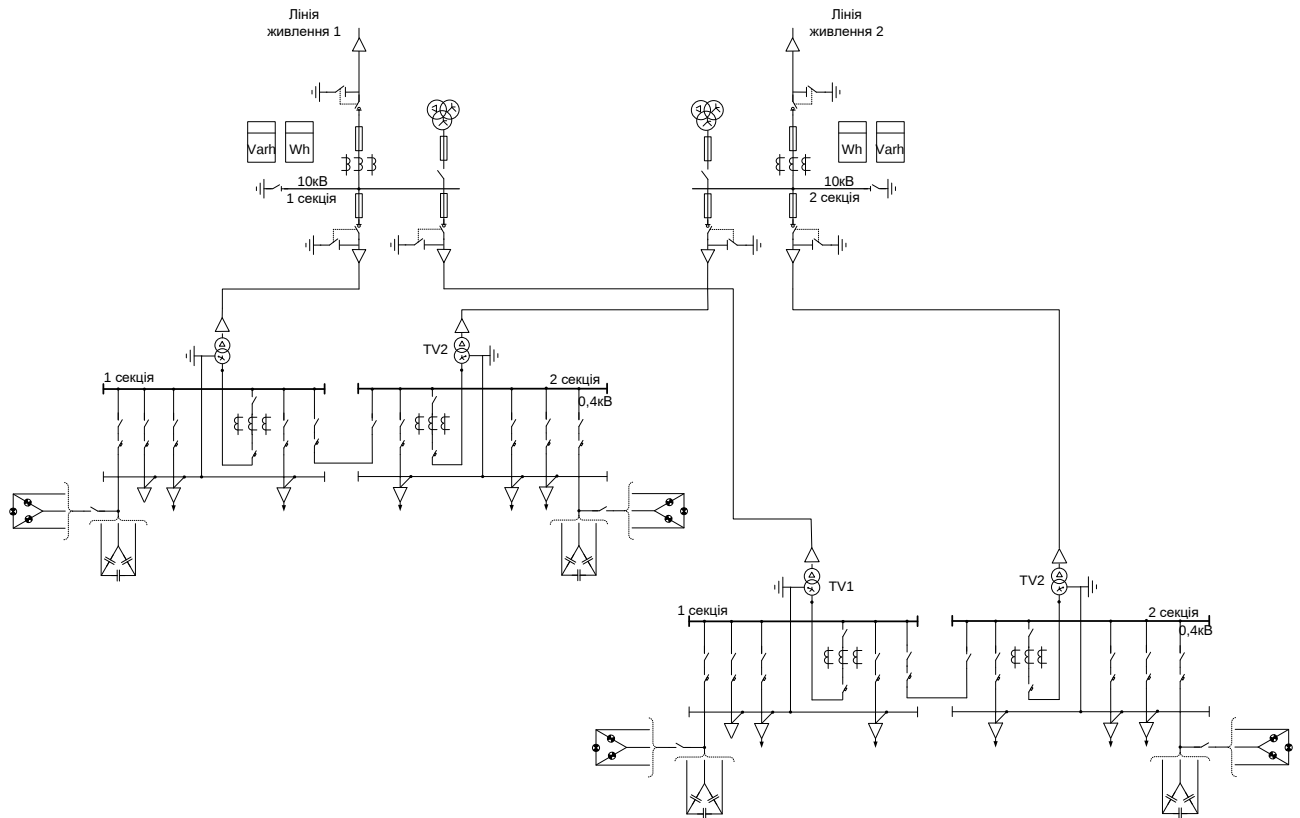


Рисунок 2.2 – Однолінійна схема електропостачання підприємства

2.6 Вибір електрообладнання ЦРП

2.6.1 Розрахунок струмів КЗ з боку 10 кВ

Електрообладнання має надійно працювати також і в аварійних режимах, які супроводжуються різким підвищенням струму. Тому встановлене в системах електропостачання електроустаткування повинно бути стійким до струмів короткого замикання. Ця вимога забезпечується при його виборі. Для здійснення цієї вимоги необхідно розрахувати значення струмів короткого замикання.

Такий розрахунок має бути виконаним для системи електропостачання, що розробляється. На рис 2.3 зображені спрощена однолінійна схема електропостачання та схема заміщення для розрахунку струмів КЗ на напрузі 10 кВ.

Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ системної підстанції складає $S''=500$ МВА. ЦРП підприємства живиться двома кабельними лініями ААБ (3*35) довжиною 4 км.

Виберемо базисні умови: $U_6=10,5$ кВ, $S_6=500$ МВА.

Розрахунки виконаємо у відносних базисних одиницях за формулами точного приведення:

$$X_1 = \frac{S_6}{S''} = \frac{500}{500} = 1. \quad (2.15)$$

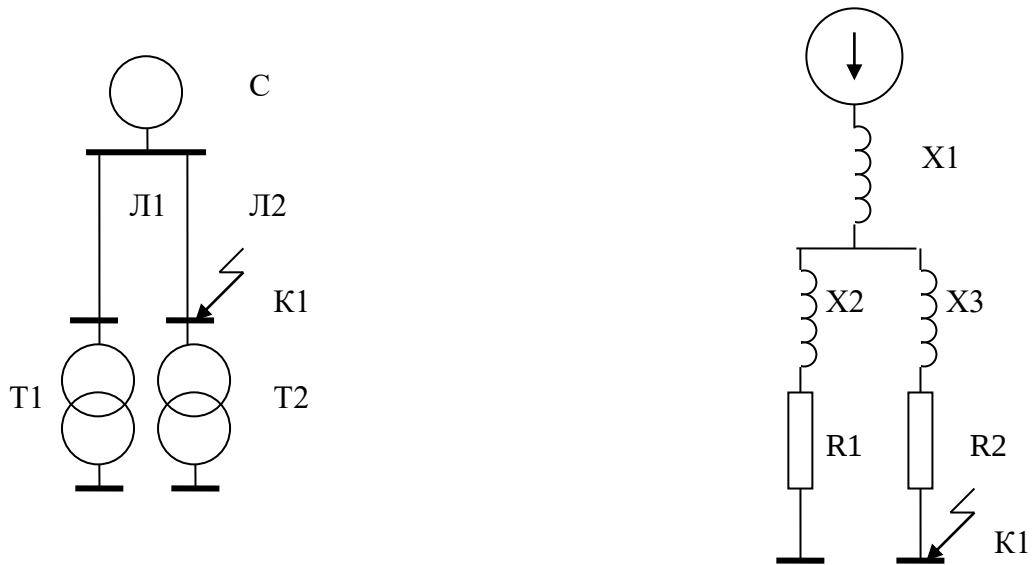


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема і схема заміщення для точки К-1

$$X_2 = X_3 = X_0 * L * \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.16)$$

де X_0 -питомий реактивний опір кабельної, Ом/км;

L -довжина лінії;

$$X_2 = X_3 = 0,075 * 4 * \frac{500}{10,5^2} = 1,36;$$

$$R_1 = R_2 = R_0 * L * \frac{S_6}{U_H^2}, \quad (2.17)$$

де R_0 - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/км;

$$R_1 = R_2 = 0,95 * 4 * \frac{500}{10,5^2} = 17,2.$$

Розрахуємо сумарний опір, який обмежує струм короткого замикання в точці К₁

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2} = \sqrt{17,2^2 + (1 + 1,36)^2} = 17,36.$$

Струм короткого замикання в даному випадку (оскільки він створюється джерелом безмежної потужності) не змінюється в часі. Тому діюче значення струму КЗ визначиться таким чином:

$$I'' = \frac{1}{Z_{\Sigma}} = \frac{1}{17,36} = 0,06. \quad (2.18)$$

Те ж, в іменованих одиницях, приведених до напруги 10 кВ:

$$I'' = I'' \cdot I_6 = 0,06 \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 10} = 1,66 \text{ кА}. \quad (2.19)$$

Миттєве значення ударного струму:

$$I_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I'', \quad (2.20)$$

де K_y -ударний коефіцієнт, K_y залежить від $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$.

$$\text{При } \frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{2,36}{17,2} = 0,14 \quad K_y = 1,0$$

$$i_y = 1,0 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,66 = 2,34 \text{ кА}.$$

Потужність короткого замикання

$$S_k = \sqrt{3} U_{\text{сн}} \cdot I'' = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1,66 = 30,15 \text{ МВА}.$$

Визначаємо тепловий імпульс:

$$B_k = I_{\text{пос}}^2 (t_{\text{відкл}} + T_{\text{а с}}) = 1,66^2 (0,62 + 0,03) = 1,79 \text{ кА}^2\text{с}, \quad (2.21)$$

де $t_{\text{відкл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{п.в}} = 0,12 + 0,5 = 0,62 \text{ с}$ - час відключення КЗ.

2.6.2 Вибір комутаційного обладнання 10 кВ та його перевірка в аварійних режимах

Прийmemo для установки в ЦРП комірku КСО-393В з вимикачем навантаження ВНР. Параметри вимикача вибираємо з [2]. Перевірку комутаційної здатності здійснюємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{нт}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} \geq \sqrt{2}I_{нт} + i_{ат}, \end{cases} \quad (2.22)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{н \geq \text{відкл}} = 20 \text{кА} \geq I_{\text{пос}} = 1,66 \text{кА} \\ \sqrt{2} * I_{\text{відкл}} = \sqrt{2} * 20 \geq \sqrt{2} * I_{\text{пос}} = \sqrt{2} * 1,66 \end{array} \right\}.$$

Умови перевірки обраного вимикача на комутаційну здатність виконуються.

Перевірку вимикача на динамічну стійкість до дії струмів КЗ виконаємо за такими умовами:

$$\begin{cases} i_{дин} \geq i_{уд}, \\ I_{дин} \geq I_{по}, \end{cases} \quad (2.23)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i_{дин} = 51 \text{кА} \geq i_{уд} = 2,34 \text{кА} \\ I_{дин} = 20 \text{кА} \geq I_{по} = 1,66 \text{кА} \end{array} \right\}.$$

Умови перевірки обраного вимикача на динамічну стійкість до дії струмів КЗ теж виконуються.

Вибираємо запобіжник ПКТ-10, який встановлюється в комірках КСО-393В.

Таблиця 2.5 – Вибір запобіжника 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} \leq U_{н.}, \text{ кВ}$	10	10
$I_{р \text{ max}} \leq I_{н}, \text{ А}$	32,4	40
$I_1'' \leq I_{н \text{ отк}}, \text{ кА}$	1,66	31,5

Умови вибору виконуються. Тому вибраний вимикач навантаження та запобіжник приймаємо до установки.

Вимогу електробезпеки що до можливості створення видимих розривів забезпечимо, передбачимо вибравши роз'єднувачі, табл.. 2.6..

Таблиця 2.6 – Вибір роз'єднувача РВЗ 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові данні	Довідникові данні
$I_{н.роз.} \geq I_{р.мах2}$	$I_{р\ max} = \frac{1.4 * 400}{\sqrt{3} * 10} = 32,4\ A$	$I_{нр} = 400\ A$
$U_{н.роз} \geq U_{н2}$	10	10
$i_{пр.екв} \geq i_{уд1}$	2,34	51 кА
$I_t^2 \cdot t_t \geq I_1^2 \cdot t_{пр.кз1}$	$B_k = 1,79\ кА^2 \cdot с$	$20^2 \cdot 1 = 400\ кА^2 \cdot с$

Паспортні дані роз'єднувача наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні дані роз'єднувача

Тип	Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Тип приводу	Номінальний струм відключення, кА
РВЗ - 10/630	10	630	ПР-10	51

Перевіримо вибрані кабельні лінії 10 кВ на термічну стійкість до дії струмів КЗ за умовою:

$$S_{л} = 35\ мм^2 \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} = \frac{\sqrt{1,79 * 10^3}}{92} = 14,5\ мм^2,$$

де C_T - термічний коефіцієнт.

Така умова виконується і тому даний тип ліній може бути використаним в системі електропостачання, що розробляється.

2.6.3 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В

Розрахунок струмів кз в мережі 0,4 кВ виконується для перевірки захисних апаратів 0,4 кВ, що вибрані, за умовою комутаційної здатності. Такий розрахунок проведемо в системі іменованих одиниць [5].

Розрахункова схем та схема заміщення для такого розрахунку наведені на рис. 4.2.

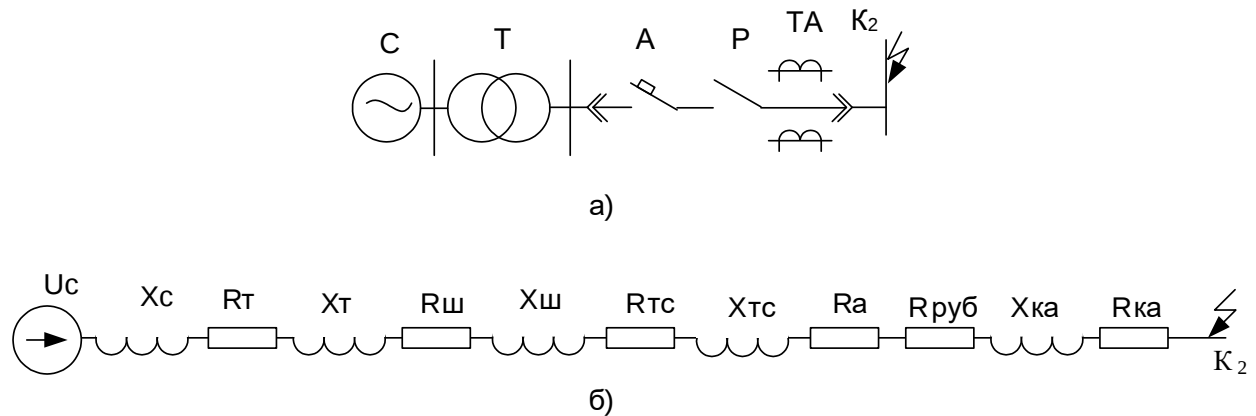


Рисунок 2.4 – Вихідна розрахункова схема а) та схема заміщення б) для точки K2

Розрахунок проведемо, задавшись напругою, $U_6 = 400$ В. Розраховуємо опори схеми заміщення:

$$X_{c1} = \frac{U_6^2}{S_{\text{откл}} \cdot 10^3} = \frac{400^2}{200 \cdot 10^3} = 0,8 \text{ мОм.} \quad (2.24)$$

Вибираємо шини РП 0,4 кВ підстанції, яка проектується, для цього розраховуємо максимальний струм навантаження:

$$I_{p.\max 2} = \frac{S_{\text{ном.тр}} \cdot K_{\text{н.ав}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{400 \cdot 1,4}{1,73 \cdot 0,4} = 809,24 \text{ А.} \quad (2.25)$$

Вибираємо однополосні алюмінієві шини перерізом $(60 \times 6) \text{ мм}^2$

$$I_{\text{ном.доп.}} = 870 \text{ А} > I_{p.\max 2} = 809,24 \text{ А.}$$

З довідника вибираємо опори шин:

$$r_{0\text{ ш}} = 0,102 \text{ мОм /м;} \quad x_{0\text{ ш}} = 0,189 \text{ мОм/м.}$$

Визначаємо опори трансформатора за формулою:

$$r_{*тр} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} = \frac{5,5}{400} = 0,014 \text{ мОм}; \quad (2.26)$$

$$X_{*тр} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.з. \%}}{100}\right)^2 - r_{*тр}^2} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - 0,014^2} = 0,0428 \text{ мОм}. \quad (2.27)$$

Опори трансформаторів приведемо до напруги 0,4 кВ

$$r_{тр} = r_{*тр} \cdot \frac{U_6^2}{S_{ном.тр.}}, \text{ мОм} = 0,014 \cdot \frac{400^2}{400} = 5,6 \text{ мОм}; \quad (2.28)$$

$$X_{тр} = X_{*тр} \cdot \frac{U_6^2}{S_{ном.тр.}} = 0,0428 \cdot \frac{400^2}{400} = 17,12 \text{ мОм}. \quad (2.29)$$

Розраховуємо номінальний струм трансформатора з боку 0,4 кВ:

$$I_{ном2 (max)} = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ А}; \quad I_{ном2 (max)} = \frac{400}{1,73 \cdot 0,4} = 578 \text{ А}. \quad (2.30)$$

З довідникових даних [3], визначаємо опір трансформаторів струму:

$$r_{тс} = 0,05 \text{ мОм}; \quad X_{тс} = 0,07 \text{ мОм}.$$

Вибираємо з довідника [3] опори контактів автоматичного вимикача та рубильника

$$r_a = 0,25 \text{ мОм}; \quad r_{руб} = 0,15 \text{ мОм}.$$

Опори котушок максимального струму автоматичних вимикачів:

$$X_{ка} = 0,094 \text{ мОм}; \quad r_{ка} = 0,12 \text{ мОм}.$$

Знаходимо опори шин

$$r_{ш} = r_{0ш} \cdot L_{ш} = 0,102 \cdot 4 = 0,408 \text{ мОм};$$

$$X_{ш} = X_{0ш} \cdot L_{ш} = 0,189 \cdot 4 = 0,756 \text{ мОм}.$$

Знаходимо еквівалентні опори схеми за формулою:

$$X_{екв.} = X_c + X_{тр} + X_{тс} + X_{ка} + X_{ш} = 0,8 + 17,12 + 0,07 + 0,094 + 0,756 = 18,8 \text{ мОм};$$

$$r_{екв.} = r_T + r_{ш} + r_{тс} + r_{ка} + r_{руб} + r_a = 5,6 + 0,05 + 0,25 + 0,15 + 0,12 + 0,408 = 6,6 \text{ мОм}.$$

Знаходимо повний еквівалентний опір схеми за формулою:

$$Z_{екв} = \sqrt{r_{екв.}^2 + X_{екв.}^2} = \sqrt{6,6^2 + 18,8^2} = 19,9 \text{ мОм}.$$

Знаходимо струми К.З. в точці К2

Надперехідний струм :

$$I''_2 = I_\infty = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{екв.}}} = \frac{400}{1,73 \cdot 19,9} = 11,62 \text{ кА.} \quad (2.31)$$

Ударний струм :

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд.}} \cdot I'' = \sqrt{2} \cdot 1,35 \cdot 11,62 = 22,12 \text{ кА,} \quad (2.32)$$

$$\text{де } K_{\text{уд.}} = \left(\frac{X_{\text{екв.}}}{r_{\text{екв.}}} \right) = \left(\frac{18,8}{6,6} \right) = (2,85) = 1,35.$$

2.6.4 Вибір електроустаткування ТП з боку 0,4 кВ

В трансформаторних підстанціях з трансформаторами 400 кВА встановлені алюмінієві шини прямокутного перерізу 60*6 мм² з однією полозою на фазу.

Перевіримо шини на динамічну стійкість до дії струму КЗ.

Зусилля на середню фазу:

$$F = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-2}; \quad (2.33)$$

де l -довжина прольоту; $l=100$ см;

a -відстань між шинами; $a=24$ см;

$$F = 1,76 \cdot 22,12^2 \cdot \frac{100}{24} \cdot 10^{-2} = 35,9 \text{ кгс.}$$

Момент, що вигибає шину:

$$M = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{35,9 \cdot 100}{8} = 448,5 \text{ кгс*см.} \quad (2.34)$$

Момент опору шини:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,6 \cdot 6^2}{6} = 3,6 \text{ см}^3. \quad (2.35)$$

Напруга в матеріалі шин:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W} = \frac{448,5}{3,6} = 124,6 \text{ кгс/см}^2 = 12,5 \text{ МПа.} \quad (2.36)$$

$\sigma_{\text{доп}} = 70 \text{ МПа}$, що більше розрахованого, значить шини вибрані вірно.

Визначимо мінімальний переріз шин за умовою термічної стійкості.

$$S_{\min} = I_{\infty} * \alpha * \sqrt{t_n} = 11 * 11,62 * \sqrt{1,5} = 156,5 \text{ мм}^2, \quad (2.37)$$

що менше фактичного $60 * 6 = 360 \text{ мм}^2$. Значить, вибрані шини термічно стійкі до дії струму КЗ.

Вибираємо автоматичний вимикач серії АВМ, який встановлений в РП 0,4 кВ комплектної трансформаторної підстанції. Цей вимикач встановлений на вводі комірок 0,4 кВ.

Складемо порівняльну таблицю для вибору автоматичного вимикача АВМ-10Н.

Таблиця 2.8 – Вибір автоматичного вимикача 0,4 кВ

Розрахункові дані	Каталожні дані автоматичного вимикача АВМ-10Н
$U = 0,4 \text{ кВ}$	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{p \text{ max}} = \frac{1,4 * 400}{\sqrt{3} * 0,4} = 809,2 \text{ А}$	$I_H = 1000 \text{ А}$
$i_{уд} = 22,24 \text{ кА}$	$I_{отк} = 42 \text{ кА}$

РОЗДІЛ 3.

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

3.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Розрахунок навантажень можна виконати попередньо вибравши схему живлення цехової мережі. Враховуючи технологічні прийоми приймемо радіальну схему електропостачання споживачів, згрупувавши їх між двома РП.

Розрахунок проведемо методом впорядкованих діаграм [2]. Отримані результати заносимо до таблицю 3.1. Керуємось при цьому певною послідовністю:

1. Графи 1-4 таблиці вводяться вихідна інформація на проектування, граfi 5-6 – коефіцієнти використання K_n та коефіцієнти потужності $\text{tg}\varphi$ кожного із споживачів, використовуючи [1].

2. Значення $K_v, P_n, \text{tg}\varphi, n, P_n^2$, які є проміжними результатами розрахунку, заносяться в граfi 7-9.

де P_n номінальна (встановлена) потужність ЕП.

$$P_{зм} = n K_v P_n ; \quad (3.1)$$

$$Q_{зм} = P_{зм} \cdot \text{tg}\varphi_{зм}. \quad (3.2)$$

Наприклад, по РП-1:

$$P_{зм1-2} = 2 \cdot 11 \cdot 0,4 = 8,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{зм} = 8,8 \cdot 0,75 = 6,6 \text{ квар.}$$

Для гільотини:

$$P_{зм3} = 7,5 \cdot 0,2 = 1,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{зм} = 1,5 \cdot 1,73 = 2,6 \text{ квар.}$$

Для наждака:

$$P_{зм4} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{зм} = 1,5 \cdot 1,73 = 2,6 \text{ квар.}$$

Верстатів для гнуття:

$$P_{зм5-6} = 2 \cdot 4 \cdot 0,43 = 1,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{зм} = 1,7 \cdot 1,02 = 1,75 \text{ квар.}$$

3. Ефективна кількість електроприймачів визначається за формулою:

$$n_E = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n \cdot P_H^2}, \quad (3.3)$$

де $(\sum P_H)^2$ - квадрат групової сумарної встановленої потужності;

n – кількість приймачів однакової потужності (у вузлі живлення);

P_H^2 - квадрат потужності одного електроприймача.

Отримані дані заносяться в графу 10.

$$n_E = \frac{37,5^2}{322,3} = 4,4.$$

4. . В графу 11 вводяться значення коефіцієнта максимуму K_M для мереж 0,4 кВ приймаються по [2] або номограмі ([2] ст.26). По РП-1 $K_M=1,9$. Тоді:

$$P_M = P_{зм} \cdot K_M = 13,6 \cdot 1,9 = 25,8 \text{ кВт.}$$

Для споживачів тривалого режиму роботи з практично постійним графіком навантаження рекомендується згідно [2] максимальні потужності приймати рівним середнім за найбільш завантажену зміну, тобто

$$P_M = P_{см} = K_B P_H, \quad \text{значить } K_{\max} = 1.$$

5. Розрахункова реактивна потужність (графа 13) розраховується так:

$$\text{При } n_E \leq 10 \quad Q_P = 1,1 \cdot K_{\text{и}} \cdot P_H \cdot \text{tg}\phi;$$

$$\text{При } n_E > 10 \quad Q_P = K_{\text{и}} \cdot P_H \cdot \text{tg}\phi.$$

По РП-1

$$Q_P = 1,1 \cdot K_{\text{и}} \cdot P_H \cdot \text{tg}\phi = 1,1 \cdot 12,4 = 13,6 \text{ квар.}$$

6. Повна розрахункова потужність (графа 14) знаходиться за формулою:

$$S = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = \sqrt{25,8^2 + 13,6^2} = 29,2 \text{ кВА.}$$

7. Розрахункове струмове навантаження (графа 15), за яким вибирається переріз лінії за допустимим нагрівом, визначається за виразом:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{29,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 42,2 \text{ A.}$$

Розрахунок навантажень по іншому РП виконується аналогічно. Отримані результати зведі до табл. 3.1.

Наведений розрахунок використаємо для розрахунку потужності по підприємству в цілому та вибору потужності трансформаторів.

3.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури цехової мережі

Сучасним та найбільш досконалим є автоматичні вимикачі. Вибір автоматичних вимикачів зводиться до перевірки виконання таких умов [1]:

$$I_{н.розч} \geq k_{відс} I_M; \quad (3.4)$$

$$I_{н.відк} \geq I_{K.max}^{(3)}, \quad (3.5)$$

де $I_{н.розч}$ – номінальний струм розчеплювача.

Струмова відсічка автоматичного вимикача має відстоюватись від пускового струму [1]:

$$I_{с.в} \geq k_H I_{\Pi}, \quad (3.6)$$

де $I_{с.в}$ – струм спрацювання відсічки;

k_H – коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки.

Таблиця 3.1 – Розрахунок навантаження цехової мережі

Електроприймачі	n	P _н , кВт	n·P _н , кВт	K _в	cosφ	tgφ	n·P _н ·K _в , кВт	n·P _н ·K _в ·tgφ, квар	n·P _н ² , кВт	n _е	K _м	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
РП-1															
1-2. Прес 100т	2	11	22	0,4	0,8	0,75	8,8	6,6	242						
3.Гільотина	1	7,5	7,5	0,2	0,5	1,73	1,5	2,6	56,3						
4. Наждак	1	4	4	0,4	0,75	0,88	1,6	1,4	16						
5-6.Верстат для гнуття	2	2	4	0,43	0,7	1,02	1,7	1,75	8						
Всього РП-1	6		37,5	0,36			13,6	12,4	322,3	4,4	1,9	25,8	13,6	29,2	42,2
ЦО-1*)												2,53			
Разом по РП-1												28,3	13,6	31,42	45,3
РП-2															
7-8.Прес 40т	2	5,5	11	0,4	0,8	0,75	4,4	3,3	60,5						
9-10. Прес 6,3т	2	4	8	0,4	0,8	0,75	3,2	2,4	32						
11-12.Машина для контактн зварюв.	2	20	40	0,43	0,7	1,02	17,2	17,5	800						
13.Компресор	1	20	20	0,6	0,8	0,75	12	9	400						
17.Свердлильн верстат	1	1,5	1,5	0,14	0,5	1,73	0,21	0,36	2,25						
Всього РП-2	8		80,5	0,46			37	32,6	1294,8	5	1,6	59,2	35,9	69,2	35,6
РП-3															
15. Прес для рубки паперу	1	5,5	5,5	0,4	0,8	0,75	2,2	1,7	30,3						
16.Машина для різки паперу	1	4	4	0,4	0,7	1,02	1,6	1,63	16						
18.Прес 63 т	1	5,5	5,5	0,4	0,8	0,75	2,2	1,7	30,3						
21.Прес 5,5т	1	4	4	0,4	0,8	0,75	1,6	1,2	16						
Всього РП-3	4		19	0,4			7,6	6,2	92,6	3,9	1,85	14,06	6,8	15,6	22,6
РП-4															
14.Пилка відрізна	1	5,5	5,5	0,4	0,75	0,88	2,2	1,9	30,3						
19.Відрізний верстат	1	1,1	1,1	0,4	0,75	0,88	0,44	0,39	1,21						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20.Правильно- відрізний верстат	1	7,5	7,5	0,4	0,75	0,88	3	2,64	56,3						
22.Наждачний верстат	1	1,1	1,1	0,4	0,75	0,88	0,44	0,39	1,21						
23. Установка для зняття окалини	1	1,5	1,5	0,6	0,8	0,75	0,9	0,68	2,25						
24.Правильно- відрізний верстат	1	2	2	0,4	0,75	0,88	0,8	0,7	4						
25.Піч	1	20	20	0,8	0,9	0,48	16	7,7	400						
Всього РП-4	7		38,7	0,61			23,8	14,4	495,3	3	1,5	35,7	15,8	39,06	56,4
Разом по цеху	25		175,7									136,8	73	155,06	224

Вибираємо захисний апарат для лінії ТП – РП 1

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H} = \frac{31,4}{\sqrt{3} * 0,4} = 45,4 \text{ A}.$$

Струм найпотужнішого ЕП РП 1:

$$I_{H \max} = \frac{P_H}{\sqrt{3} * U_H * \cos \varphi_H * \eta_H} = \frac{11}{\sqrt{3} * 0,4 * 0,8 * 0,81} = 24,5 \text{ A}.$$

Піковий струм лінії:

$$I_{\text{пик}} = I_M - K_B * I_{H \max} + 5,5 I_{H \max} = 45,4 - 0,75 * 24,5 + 6 * 24,5 = 174 \text{ A}.$$

Захисний апарат вибираємо за умовами:

$$I_{H. \text{розч}} \geq K_{\text{відс}} * I_M,$$

де $K_{\text{відс}}$ – коефіцієнт відстройки;

$K_{\text{відс}} = 1,1$ для автоматів типу ВА з тепловим та електромагнітним розчеплювачами [1]

$$I_{H. \text{розч}} = 1,1 * I_M = 1,1 * 45,4 = 49,9 \text{ A}; \quad (3.7)$$

$$I_{c.в.} \geq K_H * I_{\text{п}},$$

де K_H – коефіцієнт надійності;

$K_H = 1,5$ для автоматів типу ВА [1].

$$I_{c.в.} \geq 1,5 * 174 = 261 \text{ A}. \quad (3.8)$$

Вибираємо автомат типу ВА 51-31 [3] $I_{\text{ном}} = 100 \text{ A}$; $I_{\text{нрозч}} = 50 \text{ A}$; $I_{c.в.} = 100 * 3 = 300 \text{ A}$.

Аналогічно вибираємо захисну апаратуру для інших споживачів.
Отримані результати заносимо до табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Вибір захисних апаратів цехової мережі

Лінія	I_m, A	I_n, A	Тип захисного апарату	I_n апарату, A	I_n розчеплювача, A	$I_{св}, A$
ТП - РП 1	45,4	174	ВА 52-31	100	50	300
РП 1 - ЕП 1,2	27	162,6	ВА 51-31	100	31,5	300
РП 1 - ЕП 3	25,5	165,8	ВА 51-31	100	31,5	300
РП1-ЕП4	9,8	69,2	ВА 51-25	25	12,5	175
РП 1 ЕП5,6	5,5	38,5	ВА 51-25	25	6,3	175
РП 1 –ЩО	3,12	-	ВА 51-25	25	6,3	175
ТП-РП-2	122,5	343,5	ВА 51-33	160	160	1600
РП2 –ЕП7,8	12,7	89,2	ВА 51-25	25	16	300
РП2 ЕП9,10	9,8	69,2	ВА 51-25	25	12,5	175
РП2 –ЕП11,12	48,6	388,6	ВА 51-31	100	50	700
РП2 –ЕП17	5,5	38,9	ВА 51-25	25	6,3	175
РП2 –ЕП13	48,6	388,6	ВА 51-31	100	50	700
РП2-РП3	22,5	88,4	ВА 51-25	25	25	175
РП3-ЕП15	12,7	89,2	ВА 51-25	25	16	300
РП3-ЕП16	9,8	69,2	ВА 51-25	25	12,5	175
РП3-ЕП18	12,7	89,2	ВА 51-25	25	16	300
РП3-ЕП21	9,8	69,2	ВА 51-25	25	12,5	175
ТП-РП4	56,4	156,3	ВА 51-31	100	63	300
РП4-ЕП14	12,7	89,2	ВА 51-25	25	16	300
РП4-ЕП19	2,7	18,5	ВА 51-25	25	6,3	175
РП4-ЕП20	25,5	165,8	ВА 51-31	100	31,5	300
РП4-ЕП22	2,7	18,5	ВА 51-25	25	6,3	175
РП4-ЕП23	5,5	38,9	ВА 51-25	25	6,3	175
РП4-ЕП24	5,5	38,5	ВА 51-25	25	6,3	175
РП4-ЕП25	35,7	-	ВА 51-31	100	40	300

3.3 Вибір перерізів провідників в цеховій мережі

Відповідно вимог ПУЕ [1] вибираємо такі способи прокладки ліній електричної мережі:

ТП – РП-1: кабель з алюмінієвими жилами марки АВВБ в земляній траншеї;

- РП-1 – ЕП: алюмінієві провoda в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в сталевих трубах.

Провідники в мережах напругою до 1кВ вибирають за допустимим нагрівом:

$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_M & \text{— для нормальних приміщень;} \\ 1,25 \cdot I_M & \text{— для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases}$$

Виконують перевірку вибраних провідників на допустиму втрату напруги. В нормальному режимі провідники повинні забезпечувати відхилення напруги на затискачах електроприймачів, яке не перевищує 5% від номінальної.

Наприклад, для лінії ТП – РП 1 переріз жил кабелю вибираємо з умови

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{мах}} = 45,4 \text{ А.}$$

З ПУЕ [1] вибираємо переріз АВВБ – 4×10, для якого при прокладанні в землі

$$I_{\text{доп}} = 63 \cdot 0,92 = 58 \text{ А.}$$

Переріз кабелю вибираємо з умов:

$$I_{\text{доп}} \geq I_n; \quad 58 \text{ А} > 45,4 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп}} \geq I_n \text{ розч} \quad 58 \text{ А} > 50 \text{ А} \text{ — перевірка вибраного кабелю на}$$

відповідність апарату струмового захисту..

Розрахунок втрат напруги виконаємо за формулою [3]:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_M (R_{\text{пит}} \cos \varphi + X_{\text{пит}} \sin \varphi) l = \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_{\text{ном}}} \cdot l, \quad (3.9)$$

де $R_{\text{пит}}$, $X_{\text{пит}}$ — погонні опори ліній.

Для ЕП-6:

$$\Delta U_{ТП-ЕП6} = \Delta U_{ТП-РП1} + \Delta U_{РП1-ЕП6};$$

$$\Delta U_{ТП-РП1} = 0,025 \frac{27,8 * 3,3 + 14,5 * 0,08}{0,38} = 6,11 \text{ В};$$

$$\Delta U_{РП1-ЕП6} = 0,012 \frac{2 * 13,2}{0,38} = 0,83 \text{ В};$$

$$\Delta U_{ТП-ЕП2} = 6,11 + 0,83 = 6,94 \text{ В}.$$

$$\Delta U_{ТП-ЕП6} = \frac{6,94}{380} 100 = 1,83\% \text{ - дана втрата напруги є допустима.}$$

Таблиця 3.3 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	$I_m, \text{ A}$	Тип проводки	Спосіб прокладки	$\Delta U, \%$	$S, \text{ мм}^2$	$I_{доп}, \text{ A}$	$L, \text{ м}$	$I_{нр}, \text{ A}$
ТП - РП 1	45,4	АВВБ	в земл.траншеї	1,6	4*10	63	25	50
РП 1 - ЕП 1,2	40,1	АПВ	в трубах	0,06	4*16	55	4	31,5
РП 1 - ЕП 3	25,5	АПВ	в трубах	0,14	4*10	39	8	31,5
РП 1 - ЕП 4	5,9	АПВ	в трубах	0,26	4*2,5	19	7	6,3
РП1 – ЕП5,6	4,2	АПВ	в трубах	0,23	4*2,5	19	12	6,3
РП1-ЩО	3,12	АВВГ	відкрито	0,14	2	17	8	6,3
ТП-РП-2	122,5	АВВБ	в земл.траншеї	1,01	4*50	158	35	160
РП2 –ЕП7,8	12,7	АПВ	в трубах	0,5	4*2,5	19	10	16
РП2 ЕП9,10	9,8	АПВ	в трубах	0,4	4*2,5	19	10	12,5
РП2 –ЕП11,12	48,6	АПВ	в трубах	0,19	4*25	65	6	50
РП2 –ЕП17	5,5	АПВ	в трубах	0,03	4*2,5	19	2	6,3
РП2 –ЕП13	48,6	АПВ	в трубах	0,04	4*25	65	2	50
РП2-РП3	22,5	АВВГ	відкрито	0,43	4*6	29	8	25
РП3-ЕП15	12,7	АПВ	в трубах	0,4	4*2,5	19	8	16
РП3-ЕП16	9,8	АПВ	в трубах	0,15	4*2,5	19	4	12,5
РП3-ЕП18	12,7	АПВ	в трубах	0,2	4*2,5	19	4	16
РП3-ЕП21	9,8	АПВ	в трубах	0,07	4*2,5	19	2	12,5
ТП-РП4	56,4	АВВБ	в земляній траншеї	0,78	4*16	81	15	63
РП4-ЕП14	12,7	АПВ	в трубах	0,3	4*2,5	19	6	16

РП4-ЕП19	2,7	АПВ	в трубах	0,11	4*2,5	19	11	6,3
РП4-ЕП20	25,5	АПВ	в трубах	0,05	4*10	38	3	31,5
РП4-ЕП22	2,7	АПВ	в трубах	0,11	4*2,5	19	11	6,3
РП4-ЕП23	5,5	АПВ	в трубах	0,07	4*2,5	19	6	6,3
РП4-ЕП24	5,5	АПВ	в трубах	0,16	4*2,5	19	9	6,3
РП4-ЕП25	35,7	АПВ	в трубах	0,32	4*16	48	11	40

Примітка.

1. Розрахунок втрат напруги для електроприймачів однакової потужності проведено для найбільш віддаленого електроприймача.

2. Максимальна втрата напруги для електроприймачів РП1 становить $\Delta U = 1,6 + 0,26 = 1,86\%$.

3.4 Перевірка комутаційних апаратів цехової мережі за умовою комутаційної здатності

З метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [3] виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки ТП-РП1-ЕП1. Складемо розрахункову схему.

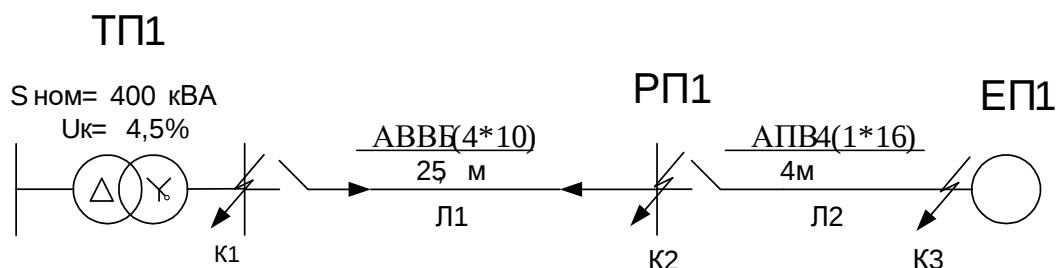


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема мережі

Номінальна потужність трансформатора: $S_{\text{ном.т}} = 400$ (кВА).

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_{\text{т}} = \frac{U_{\text{к}}}{100} * \frac{U^2}{S_{\text{нтр}}} = \frac{4,5}{100} * \frac{380^2}{400 * 10^3} = 16,24 * 10^{-3} = 16,24 \text{ мОм.}$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$Z_{Л1}=Z_{ТП1-РП1}=\sqrt{R_{ПIT}^2 + X_{ПIT}^2} = \sqrt{3,3^2 + 0,08^2} * 25 = 82,5 \text{ мОм};$$

$$Z_{Л2}=\sqrt{R_{ПIT}^2 + X_{ПIT}^2} = \sqrt{2,06^2 + 0,08^2} * 4 = 8,24 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою [3]:

$$I_{к.мах}^{(3)} = \frac{1,05 U_{ном}}{\sqrt{3} Z_{\Sigma}}, \quad (3.10)$$

де Z_{Σ} - загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ.

- для точки К1

$$I_{к \text{ мах}}^3 = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3} * 16,24} = 14,2 \text{ кА};$$

- для точки К2

$$I_{к \text{ мах}}^3 = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3} (16,24 + 82,5)} = 2,34 \text{ кА};$$

- для точки К3

$$I_{к \text{ мах}}^3 = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3} (16,24 + 82,5 + 8,24)} = 2,16 \text{ кА}.$$

Виконаємо перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [3]:

- для точки К1

$$I_{відкл} = 16 \text{ кА} \geq I_{кмах}^3 = 14,2 \text{ кА};$$

- для точки К2

$$I_{н \text{ відкл}} = 6 \geq I_{кмах}^{(3)} = 2,34 \text{ кА};$$

- для точки К3

$$I_{н \text{ відкл}} = 6 \geq I_{кмах}^{(3)} = 2,16 \text{ кА}.$$

Отже, вимикачі, які вибрані для установки на ТП та РП, умовам комутаційної здатності відповідають.

Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж.

Виконаємо перевірку селективності дії захисту.

Визначимо струм однофазного КЗ в точці короткого замикання з урахуванням перехідного процесу:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l}, \quad (3.11)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T$ (мОм) – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ;

$Z_{ф-н}$ - питомий опір петлі фаза-нуль;

l – відстань до місця КЗ.

$$Z^{1\phi\Sigma} = 3 * \frac{U_K}{100} * \frac{U^2}{S_{нтр}} = 3 \frac{4,5}{100} * \frac{380^2}{400 * 10^3} = 48,72 * 10^{-3} = 48,72 \text{ мОм};$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{48,72}{3} + 7,41 * 25} = 1,09 \text{ кА},$$

де $Z_{ф-н} = 7,41 \text{ м ОМ/м}$.

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-1:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l} = \frac{220}{\frac{48,72}{3} + 7,41 * 25 + 5,92 * 4} = 0,977 \text{ кА} \quad (3.12)$$

$$I_{к3}^{(1)} = .$$

Перевіримо, чи виконується умова:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.міп}^{(1)}}{3}. \quad (3.13)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП1-РП1:

$$I_{н розч} = 50 \text{ А} < \frac{I_{к2}^1}{3} = \frac{1090}{3} = 363,3 \text{ А}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1 - ЕП1:

$$I_{н\text{ розч}} = 31,5 \text{ A} < \frac{I_{кз}^1}{3} = \frac{977}{3} = 325,7 \text{ A}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються [4].

Перевіримо селективність дії захисту. Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами [3]:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}, \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (3.14)$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП-1 – РП-1 (вимикач 1), РП-1 – ЕП-1 (вимикач 2) [3].

$$\begin{cases} I_{вВ1} = 300 \text{ A} > 1,3..1,5 I_{сВ2} = 227,5..262,5 \text{ A} \\ t_{сВ1} = 0,2. > t_{сВ2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \end{cases}.$$

Умови селективності виконуються [6].

Будуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

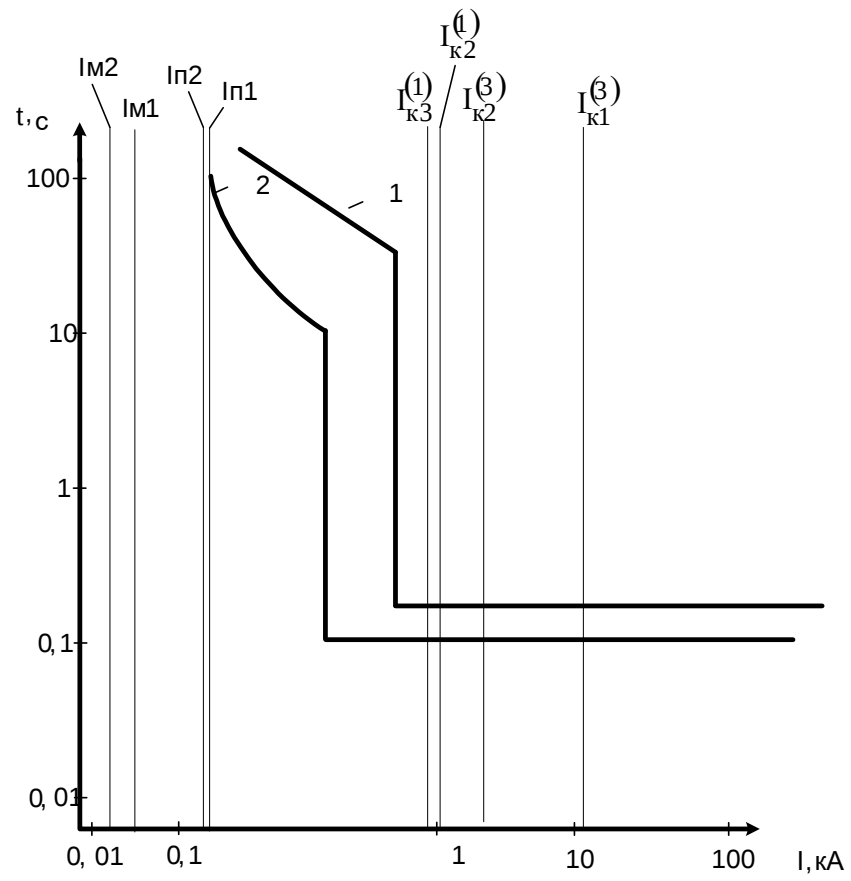


Рисунок 3.2 – Карта селективності дії захисту

РОЗДІЛ 4.

ПОРІВНЯЛЬНА ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

4.1 Постановка задачі

У випадках проектування нових систем освітлення або реконструкції діючих виникає потреба у виборі джерела світла. В сучасних умовах існує певна різноманітність джерел світла, що випускаються промисловістю. Кожне із них має різні економічні, технічні та експлуатаційні характеристики. В багатьох випадках вони суперечливі.

Всі технічні рішення в таких випадках повинні мати економічне обґрунтування. Проведемо обґрунтування технічного рішення з вибору типу джерела світла в залежності від умов його експлуатації (від річної тривалості її експлуатації).

4.2 Аналіз ефективності використання джерел світла, що випускаються промисловістю

Основна функція джерело світла це перетворення електричної енергії в енергію світлового потоку. Ефективність такого перетворення характеризується таким параметром, як світловіддача. Сучасні джерела світла реалізують різні принципи такого перетворення.

Найбільшу світловіддачу мають сучасні світлодіодні лампи, а також газорозрядні лампи. Якщо порівняти ціни на такі джерела світла, то світлодіодні лампи коштують дорожче за лампи газорозрядні (для ламп однакової потужності)

ПУЕ рекомендують для виробничих потреб використовувати саме газорозрядні лампи. Але при високій світловіддачі газорозрядних ламп світильники світильники, призначені для таких ламп, коштують набагато

більше ніж для ламп розжарення, які вже є морально застарілими. Газорозрядні і особливо світлодіодні лампи дорожчі ламп розжарення. Середнє значення світловіддачі ламп розжарення оцінюється ≈ 15 лм/Вт, а для люмінесцентних ламп ≈ 75 лм/Вт. Вартість світильників для ламп розжарення має широкий діапазон межаж і суттєво відрізняється. Світильники для люмінесцентних ламп дорожче коштують ніж світильники в яких встановлюються лампи розжарення (світильники однакового призначення).

Економічно обґрунтовуючи вибір джерела світла, потрібно ще брати до уваги таку характеристику, як термін служби. Термін роботи лампи розжарення приблизно оцінюється ≈ 1000 годин, те саме, для люмінесцентної лампи становить ≈ 7500 годин, а світлодіодна лампа має середній термін роботи ≈ 20000 . Тому за таких умов при виборі джерела світла потрібно брати до уваги всю множину зазначених економічних характеристик різних джерел та враховувати конкретні умови виробництва. Можуть мати місце випадки, коли доцільним буде використання навіть ламп розжарення для освітлення приміщення.

Обґрунтуємо економічно-доцільне джерела світла. Розглянемо та зробимо відповідні порівняння для газорозрядних компакт-ламп з різьбовим цоколем, для яких використовуються такіж світильники, як і для ламп розжарення.

Для обґрунтування економічно доцільного джерела світла до розгляду приймемо також і газорозрядні компакт-лампи з різьбовим цоколем, серійний виробництво яких налагоджено вітчизняною промисловістю і для яких використовуються світильники ламп розжарення.

В розгляд, що проводиться далі, крім зазначених, не включено ряд інших (натрієві, дугові ртутні, дугові ртутні із випромінювальними добавками – ДРИ лампи). Необхідний світловий потік, наприклад, можна забезпечити лампою потужністю 100 Вт або двома лампами того ж типу але по 50 Вт. Тому існує дуже велика кількість варіантів для вибору

оптимального. Практична можливість для економічного обґрунтування джерела світла та світильника з'являється у випадку автоматизації розрахунків, що може бути забезпеченим засобами САПР.

Вибір найкращого варіанта освітлювальної установки (джерела світла та світильника) виконаємо за таким економічним критерієм, як експлуатаційні витрати – $Z_{p.e.}$. За своєю структурою вони складаються із: амортизаційних відрахування з вартості освітлювальної установки (не враховуючи вартість джерела світла) – $Z_{a.y.}$; амортизаційних відрахувань з вартості джерела світла – $Z_{a.d.}$; вартості спожитої електроенергії освітлювальною установкою протягом року – B_e

$$Z_{p.e.} = Z_{a.y.} + Z_{a.d.} + B_e. \quad (4.1)$$

Також мають місце витрати на експлуатацію системи освітлення. Але, вони є не суттєвими і їх значення, в подальшому розгляді не буде враховуватись, як складова витрат. Вартість електромонтажних робіт системи освітлення по всіх варіантах, які порівнюються, однакова і тому також враховуватись не буде

$$Z_{a.y.} = k \cdot m \cdot \alpha, \quad (4.2)$$

де k - вартість світильника відповідного варіанта, грн;

m - кількість світильників;

α - норма амортизаційних відрахувань, $\alpha = 0,15$.

$$Z_{a.d.} = \frac{B}{T_H} \cdot n \cdot T, \quad (4.3)$$

де B - вартість джерела світла, грн;

T_H - термін служби джерела світла, год;

n - кількість джерел світла;

T - число годин використання освітлювальної установки на протягом року, год.

$$B_e = C \cdot P \cdot n \cdot k_{ПРА} \cdot T, \quad (4.4)$$

де C - вартість 1 кВт·год електроенергії, грн;

P - потужність джерела світла, кВт;

$k_{\text{ПРА}}$ - коефіцієнт, що враховує втрати потужності в пуско-регулювальній апаратурі (для ламп розжарення $k_{\text{ПРА}} = 1$, а для інших випадків $k_{\text{ПРА}} = 1,1$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати будуть розраховуватись за формулою:

$$Z_{\text{р.е.}} = k \cdot m \cdot \alpha + \frac{B}{T_{\text{Н}}} \cdot n \cdot T + C \cdot P \cdot n \cdot k_{\text{ПРА}} \cdot T. \quad (4.5)$$

Проведемо розрахунки та зробимо аналіз отриманих результатів для прикладу, в якого визначимо економічну доцільність того, або іншого варіанту. При цьому приймемо такі допущення.

1. Результируючий світловий потік джерел світла по варіантах, які порівнюються, приблизно однаковий. При цьому рівні освітлюваності, що забезпечуються, по всім варіантам також однаковий.

2. В усіх випадках, що розглядаються, використовуються світильники з однаковими характеристиками захисту від впливу навколишнього середовища, наприклад, не герметичні.

3. Все обладнання вітчизняного виробництва.

4. Характеристики розподілу світлового потоку по всім варіантам однакові.

4.3 Числовий приклад та висновки

ПРИКЛАД 4.1. Оцінити економічну доцільність використання на деякому виробництві таких джерел світла

- лампа розжарення P45 CL Philips (цоколь E27);
- люмінесцентна лампа G13 TLD 18W/54;
- енергозберігаюча (компакт) лампа T2 Mini Twist 13 W (цоколь E27);
- світлодіодна лампа LED 10W NW A60-PA (цоколь E27).

Необхідна інформація про зазначені джерела наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Інформація про джерела світла, необхідна для дослідження

Характеристика	Вар. 1 (лампа розжарення)	Вар.2 (люмінесцентна лампа)	Вар.3 (компакт-лампа)	Вар.4 (світлодіодна лампа)
Потужність, P_H , Вт	60	20	11	7
Світловий потік, Φ_H , лм	790	1120	790	800
Світловіддача, φ_H , лм/Вт	$790/60=13,2$	$1120/20=56$	$790/11=72$	$800/10=80$
Кількість ламп, що утворює групу, яка досліджується, n	3	2	3	3
Загальний світловий потік групи джерел світла, лм	2370	2240	2370	2400
Вартість лампи, B , грн	19	29	49	49
Тип світильника	НПО 30-100	ЛПО-20 2x20	НПО 30-100	НПО 30-100
Вартість світильника, K , грн	85	714	85	85
Кількість світильників, що потрібна для визначеної групи ламп, m	3	1	3	3
Номінальний термін роботи, T_H , год	1000	13000	6000	20000
Тариф на електроенергію, який встановлений енергопостачальною компанією, грн/ кВт год	2,75			

Оскільки по всіх варіантах джерелами світла випромінюється приблизно однаковий світловий потік, то і освітленості будуть забезпечуватись однакові .

РОЗВ'ЯЗАННЯ. З наведеної в табл. 4.1 інформації однозначний висновок про економічний варіант зробити не можливо. Встановимо аналітичні залежності експлуатаційних витрат від часу використання використання освітлювального навантаження $Z_{p.e.}(T)$.

а) розрахунок для групи ламп розжарення

$$З_{p.e.} = 85 \cdot 3 \cdot 0,15 + \frac{19}{1000} \cdot 3 \cdot T + 2,75 \cdot 0,06 \cdot 3 \cdot T = 38,75 + 0,55 T;$$

б) розрахунок для групи люмінесцентних ламп

$$З_{p.e.} = 714 \cdot 2 \cdot 0,15 + \frac{29}{13000} \cdot 1 \cdot T + 2,75 \cdot 0,02 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot T = 214,2 + 0,1 T;$$

в) розрахунок для варіанта з компакт-лампами

$$З_{p.e.} = 49 \cdot 3 \cdot 0,15 + \frac{49}{6000} \cdot 3 \cdot T + 2,75 \cdot 0,11 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot T = 38,75 + 0,114 T.$$

г) розрахунок для варіанта з світлодіодною лампою

$$З_{p.e.} = 49 \cdot 3 \cdot 0,15 + \frac{49}{20000} \cdot 3 \cdot T + 2,75 \cdot 0,007 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot T = 38,25 + 0,073 T.$$

По отриманих результатах зобразимо графічні залежності $З_{p.e.}(T)$ в одній координатній площині, рис. 4.1.

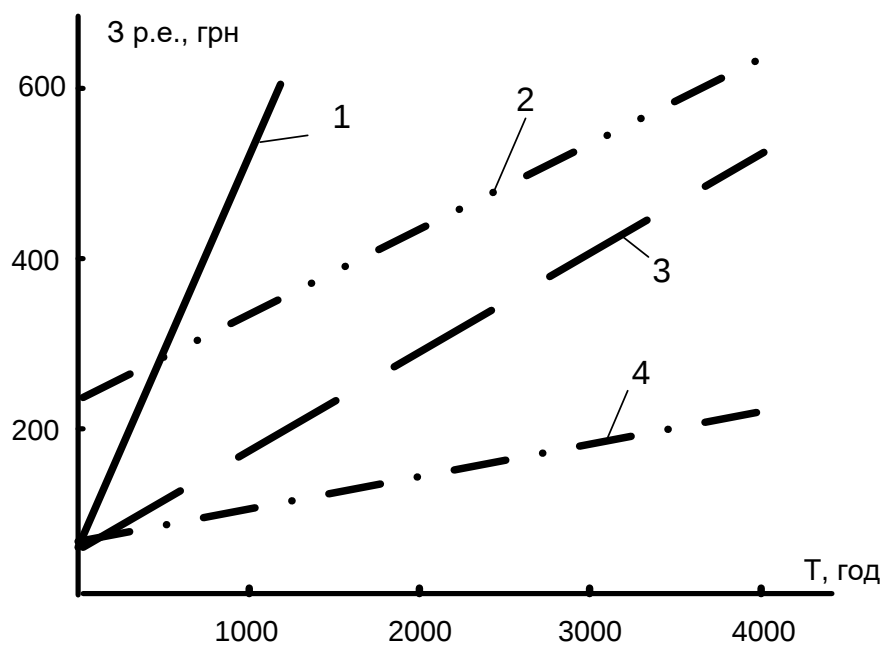


Рисунок 4.1 – Залежності $З_{p.e.}(T)$:

- 1 - залежність $З_{p.e.}(T)$, що відповідає варіанту з лампами розжарення;
- 2 - те саме, для варіанту з люмінесцентними лампами;
- 3 - те саме, для енергозберігаючих-ламп;
- 4 - те саме, для світлодіодних ламп

Аналізуючи отримані залежності, можна прийти до таких висновків.

1. Якщо кількість годин використання освітлювального навантаження несуттєва то система освітлення лампами розжарення більш ефективною в порівнянні з люмінесцентним освітленням.

2. Світлодіодні лампи є більш ефективним варіантом при будь-якій тривалості використання освітлювального навантаження порівнюючи з іншими, які розглядались.

3. Енергозберігаючі лампи є більш ефективні в порівнюючі із люмінесцентними.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ бакалаврської роботи присвячений дотримання вимог охорони праці під час монтажу та обслуговуванню обладнання системи електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства УТОС, зокрема системи обліку електричної енергії (аналізу втрат) в мережах. Отже, на електротехнічний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [31, 32]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Для убезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця

розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електrolічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III — без місцевих оперативних працівників;
- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- при живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

- електрозахисні засоби захисту. Електротехнічний персонал повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря,

швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається: в холодну пору року – використання калорифера; в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання приміщень.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Харак-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природ не Ен пр	Суміс не Е сум
						всього	у т. ч. від загально го		
Середн ьої точност і	Від 0,5 до 1,0 включн о	IV	в	малий середн ій велики й	світли й середн ій темни й	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Норми звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

-

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення ПАТ «Козятинхліб» за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини – зерно, борошно тощо).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II-IV ступенем вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.5.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площі, сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверхами (у т.ч. горищі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	E1 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	Не нормуються	

Противопожні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Противопожні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Противопожні перешкоди	Типи противопожних перешкод або елементів їх	Мінімальна межа вогнестійкості противопожної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип противопожного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.7 (знаменник).

Таблиця 5.7 Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12
III	8/9	8/12	10/15
IIIa, IIIб, IV, IVa, V	10/12	10/15	15/18

На території підприємства на кожному з об'єктів потрібно встановити від 12 до 25 вогнегасників ВП-5, ВВП-5 або аналогічних ємністю 6 або 9 л.

ВИСНОВКИ

1. Система електропостачання ПОГ «Вінницький УВП УТОС» спроектована з використанням сучасних проектних методик і відповідає вимогам ПУЕ.
2. Система електропостачання, що спроектована, забезпечує вимоги надійності електропостачання споживачів другої категорії, до якої відноситься об'єкт проектування.
3. Вибране до установки електрообладнання забезпечує надійну роботу системи електропостачання як в нормальних, так в аварійних режимах роботи, що підтверджено відповідними розрахунками.
4. Максимальний ефект від установки засобів компенсації реактивної потужності буде досягнутий у разі установки сучасної системи керування батареями статичних конденсаторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 153 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування. Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. 280 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ : Мінрегіон України, 2016. 148 с.
4. Бурбело М.Й., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2011. 204 с.
5. Шкрабець Ф.П. Електропостачання. Дніпро: НГУ, 2015. 540 с.
6. Правила улаштування електроустановок. Київ : 2017. 617 с.
7. Зайцев М.О., Кучанський В.О., Гунько І.О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустановок. Монографія. Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2021.
8. Буряк В.М., Дейнеко Н.А. Вибір електричних апаратів захисту в мережах до 1000 В. Харків : ХНАМГ, 2007. 62 с.
9. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.
10. Зорін В.В., Штогрин Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. 224 с.
11. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2013. 424 с.
12. Шестеренко Є.В. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2004. 655 с.
13. Василега П.О. Електропостачання. Суми : вид-во «Університетська книга», 2018. 415 с.

14. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2017. 123 с.
15. Галузеві будівельні норми України. Електротехнічні пристрої. Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2012. 139 с.
16. Електрична частина станцій та підстанцій : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова. Київ : НАУ, 2018. 312с.
17. В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Ярмолюк О. С. Проєктування систем забезпечення споживачів електричною енергією. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 222 с.
18. Букович Н. В. Розрахунок струмів короткого замикання електроенергетичних систем. Львів : Вища шк., 2008. 248 с.
19. Давиденко Л. В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник / Людмила Валеріївна Давиденко, Наталія Володимирівна Коменда, Володимир Анатолійович Давиденко, Микола Миколайович Євсюк – Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022.– 244с.
20. Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І.Перехідні процеси в системах електропостачання. Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2000. 597 с
21. Терешкевич Л.Б , Терешкевич Н.В. Волоцький А.М. Проектування цехових електричних мереж і освітлювальних установок, Вінниця, ВНТУ 2006.
22. Основи охорони праці. Під редакцією М.П. Купчика, Г.П. Гандзюка. – Київ.: 2000.
23. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
24. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації

об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

25. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

26. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

27. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

28. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

29. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

30. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

31. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

32. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

33. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

34. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

35. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

36. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

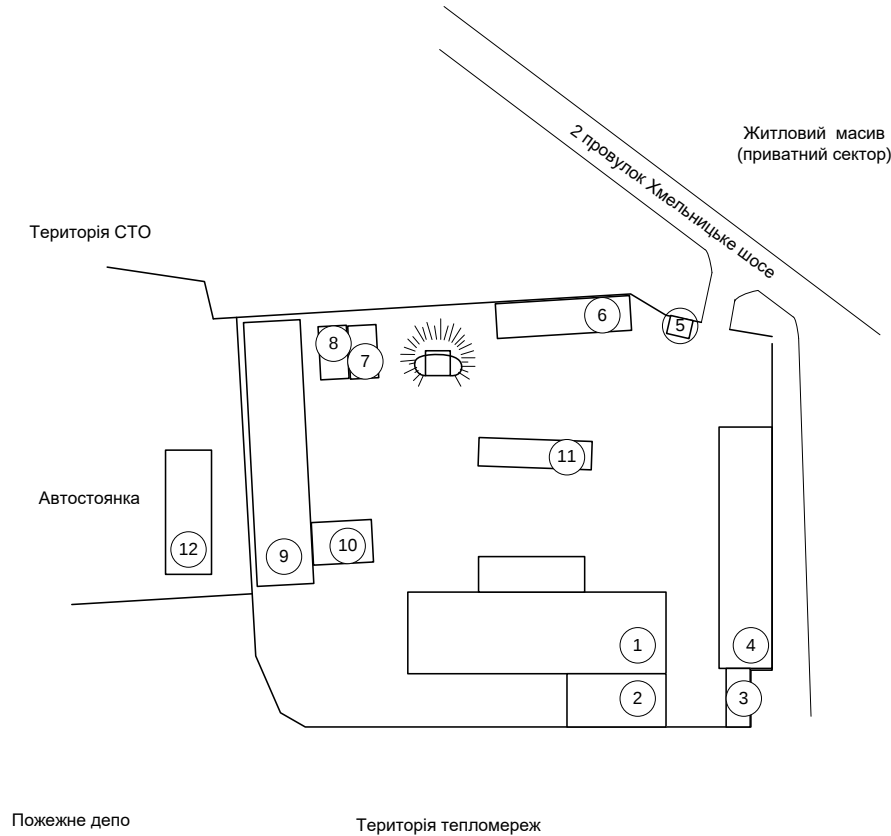
37. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

38. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А. Вихідна інформація для виконання роботи

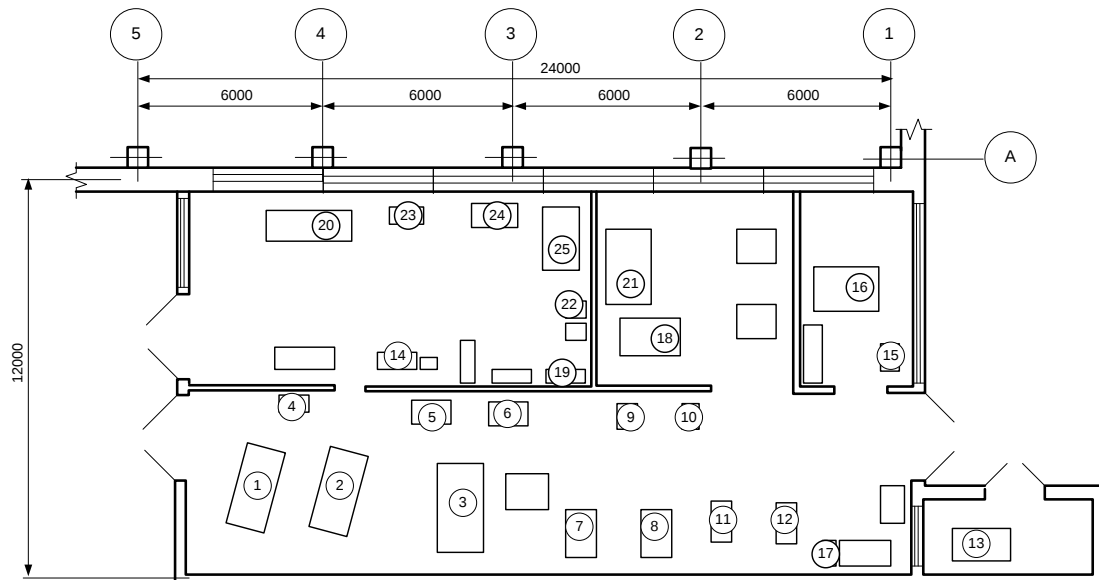
Рисунок А1 Генплан підприємства



Таблиця А.1–Перелік виробничих об’єктів УВП УТОС

Поз Поз нач.	Найменування	Кіл	Потужність Р _н , кВт	cos φ	Кп
1	Виробничий корпус	1	350	0,75	0,6
2	Заготівельна ділянка	1			
3	Столярка	1	100	0,8	0,5
4	Адміністративний корпус	1	150	0,75	0,5
5	Прохідна	1	3	0,9	0,2
6	Гараж	1	20	0,8	0,3
7	Склад 1	1	3	0,9	0,2
8	Склад 2	1	3	0,9	0,2
9	Склад 3	1	25	0,9	0,2
10	Склад 4	1	10	0,9	0,2
11	Майстерня	1	45	0,8	0,4
12	Житловий будинок, що будується	1	500	0,75	0,6
13	Житловий масив (приватний сектор)	1	250	0,75	0,6
14	Перспективне розширення виробництва	1	100	0,8	0,5

Рисунок Б.1 – Будівельні та технологічні планування заготівельної ділянки



Таблиця Б.1–Інформація про електричні навантаження заготівельної ділянки Вінницького учбово-виробничого підприємства товариства сліпих

Поз Поз нач.	Найменування	Кіл	Рн, кВт	cosφ	К _в
1-2	Прес 100т	2	11	0,8	0,4
3	Гільотина	1	7,5	0,85	0,2
4	Наждак	1	4	0,8	0,4
5-6	Станок для гнуття	2	2	0,8	0,43
7-8	Прес 40 т	2	5,5	0,8	0,4
9-10	Прес 6,3 т	1	4	0,8	0,4
11-12	Машина контактного зварювання	2	20	0,7	0,43
13	Компресор	1	20	0,85	0,6
14	Пилка відрізна	1	5,5	0,8	0,4
15	Прес для рубки паперу	1	5,5	0,85	0,4
16	Машина для різки паперу	1	4	0,8	0,4
17	Свердильний верстат	1	1,5	0,85	0,14
18	Прес 63 т	1	5,5	0,8	0,4
19	Відрізний верстат	1	1,1	0,75	0,4
20	Правильно-відрізний верстат	1	7,5	0,8	0,4
21	Прес 5,5 т	1	4	0,85	0,4
22	Наждачний верстат	1	1,1	0,8	0,4
23	Установка для зняття окалини	1	1,5	0,8	0,6
24	Правильно-відрізний верстат	1	2	0,8	0,4
25	Піч	1	20	0,95	0,8

Підприємство живиться від районної трансформаторної підстанції 110/10 кВ «Промислова», яка знаходиться на відстані 4,0 км. Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ РТП має значення $S''=500$ МВА.

Додаток Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи

Назва роботи: Розробка системи електропостачання Вінницького учбово-виробничого підприємства Українського товариства сліпих

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: к.т.н. професор Терешкевич Л.Б.

Показники звіту подібності

Unicheck	
Оригінальність	96,66 %
Схожість	3,34 %

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

_____ Автор Швабауер Д.С.

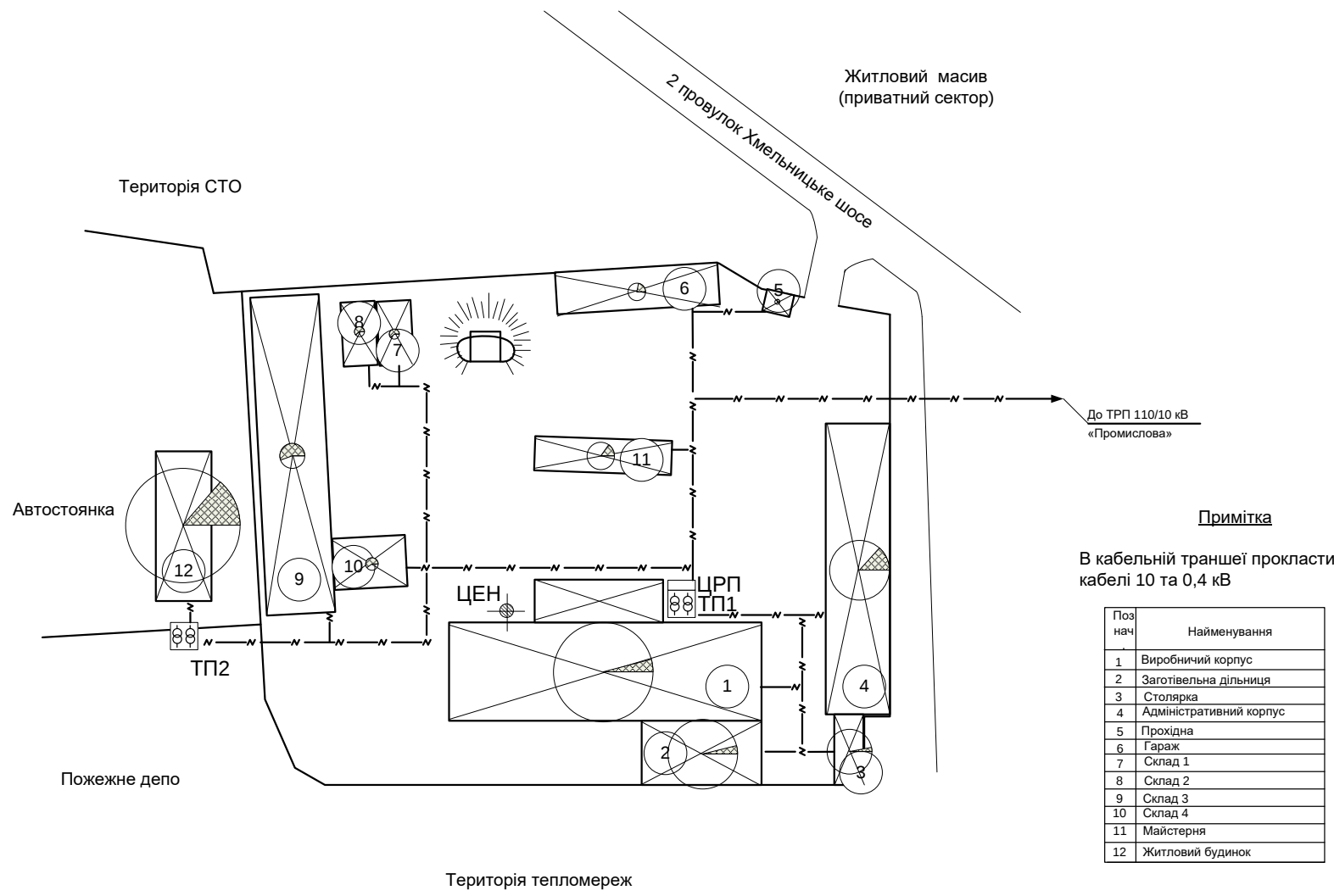
Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

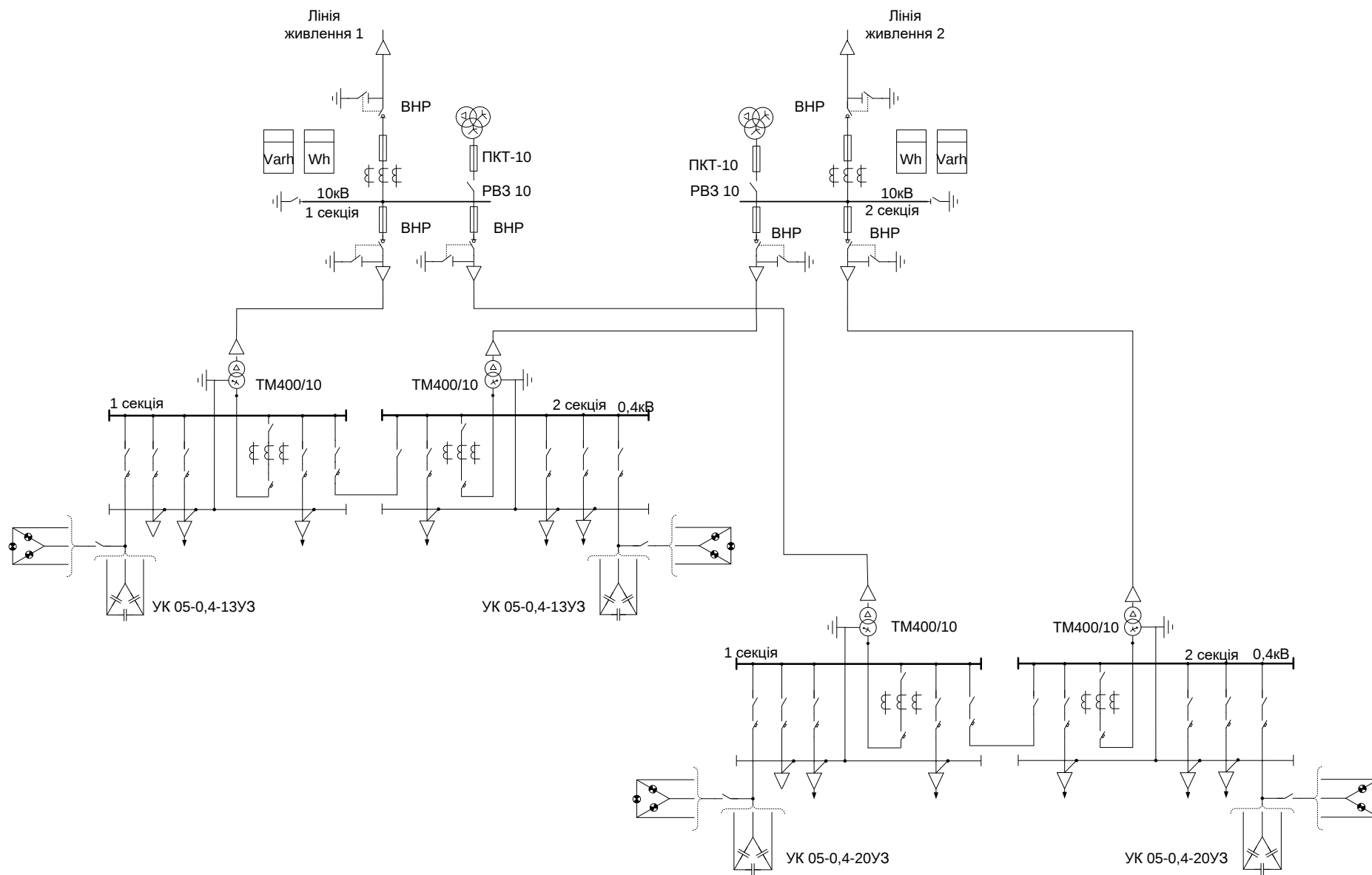
Особа відповідальна за перевірку Лобода Ю.В.

Керівник роботи Терешкевич Л.Б.

Додаток В. Генплан підприємства з електричними мережами



Додаток Г. Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток Е. Силові мережі заготівельної дільниці

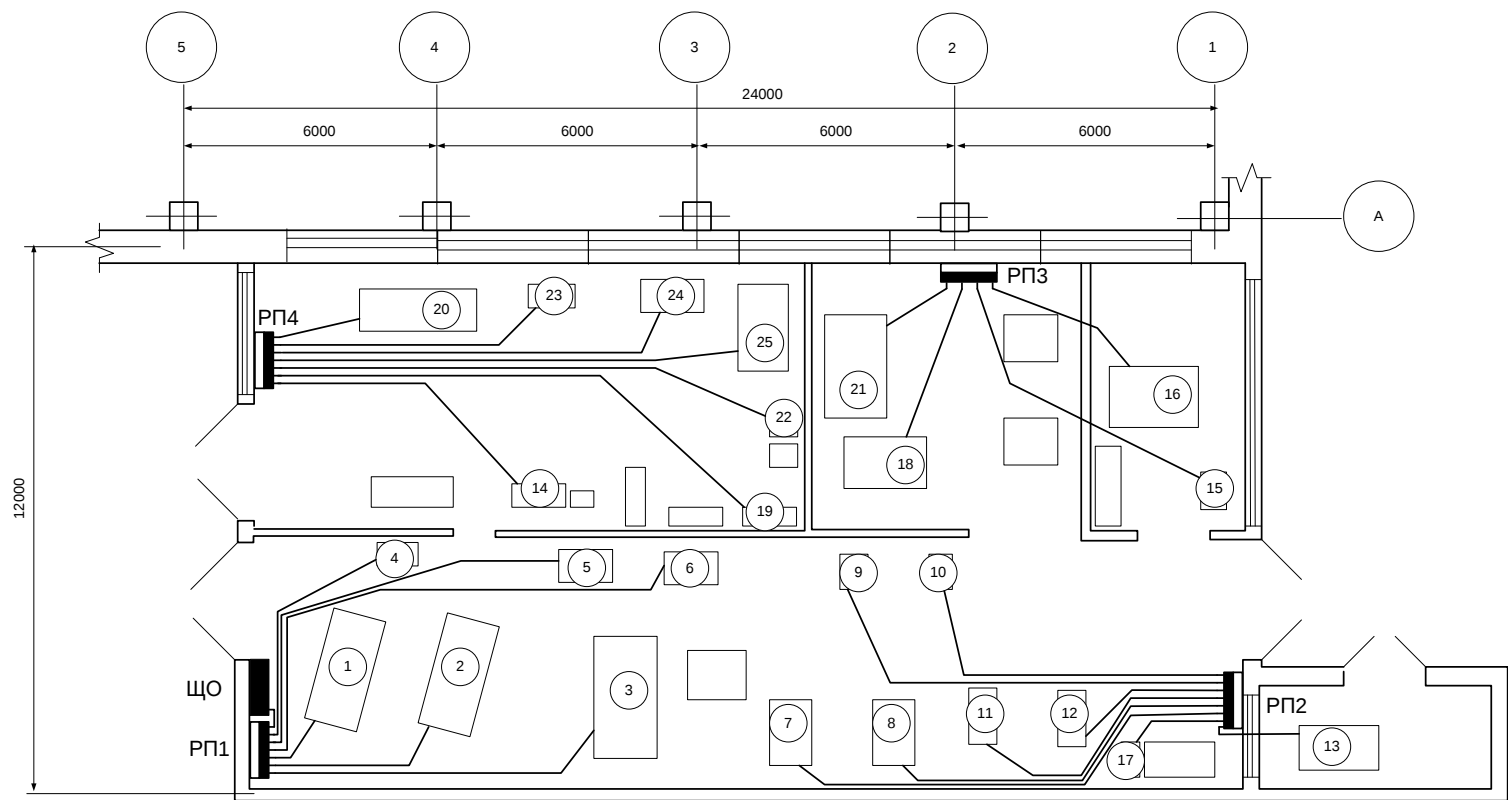
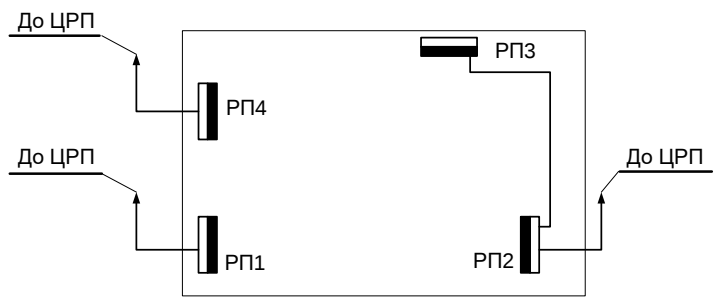


Схема під'єднань РП



Поз Поз нач.	Найменування	Кіл
1-2	Прес 100т	2
3	Гільятина	1
4	Нождак	1
5-6	Станок для гнуща	2
7-8	Прес 40 т	2
9	Прес 6.3 т	1
11-12	Машина контактного зварювання	2
13	Компресор	1
14	Пилка відрізна	1
15	Прес для рубки паперу	1
16	Машина для різки паперу	1
17	Сверлильний верстат	1
18	Прес 63 т	1
19	Відрізний верстат	1
20	Правильно-відрізний верстат	1
21	Прес 5.5 т	1
22	Наждачний верстат	1
23	Установка для зняття окалини	1
24	Правильно-відрізний верстат	1
25	Пін	1

Додаток Ж. Ефективність джерел світла різного типу

величина експлуатаційних витрат

$$З_{р.е.} = З_{а.у.} + З_{а.д.} + В_e$$

амортизаційні відрахування з вартості освітлювальної установки

$$З_{а.у.} = k \cdot m$$

амортизаційні відрахування на джерела світла

$$З_{а.д.} = \frac{B}{T_H} \cdot nT$$

вартість спожитої електроенергії на протязі року

$$В_e = C \cdot P \cdot n \cdot k_{ПРА} \cdot T$$

Світловий потік всіх джерел світла, що порівнюються, приблизно однаковий, що забезпечує однаковий рівень освітлюваності.

Для всіх випадків використовуються світильники, що мають однакові характеристики захисту від навколишнього середовища, наприклад, не герметичні.

Все обладнання вітчизняного виробництва і тому в його вартості відсутній митний збір.

Характеристики розподілу світлового потоку для всіх світильників однакові.

Характеристика	Вар. 1 (лампа розжарення)	Вар.2 (люмінесцентна лампа)	Вар.3 (компакт- лампа)	Вар.4 (світлодіодна лампа)
Потужність, P_H , Вт	60	20	11	7
Світловий потік, Φ_H , лм	790	1120	790	800
Світловіддача, φ_H , лм/Вт	$790/60=13,2$	$1120/20=56$	$790/11=72$	$800/10=80$
Кількість ламп, що утворює групу, яка досліджується, n	3	2	3	3
Загальний світловий потік групи джерел світла, лм	2370	2240	2370	2400
Вартість лампи, B , грн	19	29	49	49
Тип світильника	НПО 30-100	ЛПО-20 2x20	НПО 30-100	НПО 30-100
Вартість світильника, K , грн	85	714	85	85
Кількість світильників, що потрібна для визначеної групи ламп, m	3	1	3	3
Номінальний термін роботи, T_H , год	1000	13000	6000	20000
Тариф на електроенергію, який встановлений енергопостачальною компанією, грн/ кВт год	2,75			

