

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

**Бакалаврська дипломна робота на тему:**

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ГОФРОКОМБІНАТ "ТОРГТЕХНІКА""

Виконав: студент 4-го курсу, групи  
Е-22-МС

спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханік

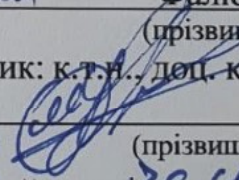
(шифр і назва спеціальності)



Фалюкович О.І.

(прізвище та ініціали)

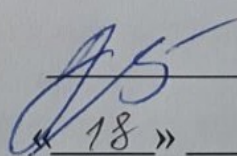
Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

  
Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

« 14 » серпня 2024 р.

Рецензент к.т.н. доц. каф. ЕСЕМ



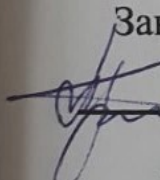
Лоско В.О.

(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ

  
проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 11 » 06 2024р.

**ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Фалюкович Олег Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз системи електропостачання товариства з обмеженою  
відповідальністю "Гофрокомбінат "Торгтехніка"

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц.,  
затверджені наказом по ВНТУ від «11» « березня 2024 року, №80

2. Строк подання студентом роботи «11» 06 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.

Анотація.

Вступ.

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. Оцінка терміну життя світлодіодів в залежності від умов їх експлуатації

3.1 Визначення життєвого циклу світлодіодів та його параметри  
3.2 Вплив параметрів експлуатації на термін життєвого циклу

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3 Пожежна безпека

Висновки

Література

5. Перелік графічного матеріалу.

– Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподілу мережею

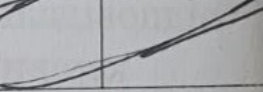
– План цеху і силової мережі

– Розрахунково-монтажна таблиця

– Однолінійна схема електропостачання підприємства

– Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 03 » 05 2024 року

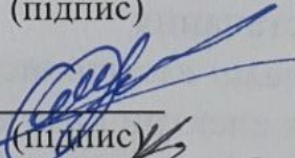
## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів бакалаврської дипломної роботи        | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|-------|----------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз системи електропостачання підприємства      | 29.05.24                      | вик      |
| 2     | Дослідження з актуальної для підприємства тематики | 07.06.24                      | вик      |
| 3     | Охорона праці                                      | 10.06.24                      | вик      |
| 4     | Графічна частина роботи                            | 11.06.24                      | вик      |

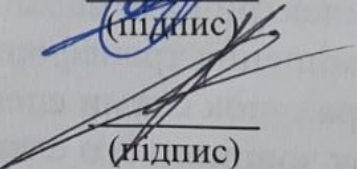
Студент

  
(підпис)

Керівник бакалаврської  
дипломної роботи

  
(підпис)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Фалюкович О.І.  
(прізвище та ініціали)

Кравець О.М.  
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Фалюкович О. І. Аналіз системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Гофрокомбінат "Торгтехніка" . Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ. 2024.– 66 с. Бібліогр.: 19. Іл.: 11. Табл.: 17.

В данній роботі було проведено аналіз та розраховано навантаження мережі цеху та навантаження гофрокомбінату вцілому. Побудована схема живлення цехової мережі і здійснений вибір автоматичних вимикачів та провідників цехової та заводської мереж.

Було виконано дослідження з актуальної для підприємства тематики а саме оцінка терміну життя світлодіодів в залежності від умов їх експлуатації

Ключові слова: електропостачання, трансформаторна підстанція, мережа, світлодіод.

## ABSTRACT

Falyukovych O. I. Analysis of the power supply system of the limited liability company "Gofrokombinat "Torgtechnika". Bachelor's thesis work. - Vinnytsia: VNTU. 2024. - 66 pp. Bibliogr.: 19. Ill.: 11. Tab.: 17.

In this work, an analysis was carried out and the load of the workshop network and the load of the corrugated plant as a whole were calculated. The power supply scheme of the workshop network was built and the selection of automatic switches and conductors of the workshop and factory networks was made.

A study was carried out on a topic relevant to the company, namely the assessment of the life of LEDs depending on the conditions of their operation

Keywords: power supply, transformer substation, network, LED.

## ЗМІСТ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                                      | 8  |
| 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО                                                     | 9  |
| 1.1 Відомості про технологічні процеси                                                     | 9  |
| 1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання | 10 |
| 2. АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА                                           | 12 |
| 2.1 Розрахунок електричних навантажень                                                     | 12 |
| 2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій                                        | 15 |
| 2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства                               | 19 |
| 2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху                                                | 26 |
| 3. ОЦІНКА ТЕРМІНУ ЖИТТЯ СВІТЛОДІОДІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ                 | 31 |
| 3.1 Визначення життєвого циклу світлодіодів та його параметри                              | 31 |
| 3.2 Вплив параметрів експлуатації на термін життєвого циклу                                | 36 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ                                                                           | 42 |
| 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта                                      | 43 |
| 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії                                | 47 |
| 4.3 Пожежна безпека                                                                        | 53 |
| ВИСНОВКИ                                                                                   | 56 |
| ЛІТЕРАТУРА                                                                                 | 57 |
| ДОДАТКИ                                                                                    | 60 |
| Додаток А                                                                                  | 60 |
| Додаток Б                                                                                  | 61 |
| Додаток В                                                                                  | 62 |

Додаток Г

63

Додаток Д

64

## ВСТУП

Актуальність теми. Основними споживачами електричної енергії в нашій державі являються промислові підприємства, які витрачають близько 70% електричної енергії, що виробляється.

Система електропостачання даних підприємств повинна задовольняти вимоги надійності, економічності, зручності, і безпеки експлуатації, забезпечувати відповідну якість електричної енергії (рівень напруги, стабільність частоти і т. д.).

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Метою даної бакалаврської дипломної роботи є розробка системи електропостачання підприємства, здійснити вибір і перевірку комутаційно-захисної апаратури, провідників цехової і заводської мереж, вибір та місце розташування трансформаторних підстанцій. А також проведення дослідження яке є актуальним для даного підприємства

Спорудження електричних мереж та підстанцій систем електропостачання зв'язані з великими матеріальними затратами. Тому при проектуванні повинен проводитись детальний аналіз економічності проектних рішень та режимів роботи всіх елементів системи електропостачання.

Методи розрахунку. Розрахунок навантажень цехів проводиться за методом коефіцієнта розрахункового максимуму. Розрахунок активної і реактивної потужності силового обладнання і освітлення заводу в цілому проводиться за методами коефіцієнта попиту та питомої потужності освітлення.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

#### 1.1 Відомості про технологічні процеси

Група компаній «ТОРГТЕХНІКА» має власне потужне виробництво, розраховане на виготовлення, транспортування та зберігання різноманітної упаковки із картону. На підприємстві встановлено 15 видів обладнання провідних європейських виробників, що дає можливість цій компанії випускати широкий асортимент продукції різної конфігурації: 3-х та 5-ти шаровий гофрокартон білого и бурого кольорів, 4-х клапанні ящики американського типу, ящики лоткового типу, короби зі зйомними верхніми частинами, шоу-бокси, гофрокомплектції та інші вироби зі складною висічкою. Обладнання по нанесенню друку дозволяє використовувати до 4-х кольорів. Завдяки висікальним секціям деяких машин в конструкцію гофротари можна додати додаткові елементи, такі як ручки для переносу та вентиляційні отвори. На даний час підприємство виготовляє гофроупаковку із картону марки Т20-27 та П30-35, профіля «В», «С», «Е», «ВЕ», «СЕ» та «ВС». В процесі роботи використовується сировина як вітчизняного, так і європейського виробництва. Також наявні сучасні транспортно-упаковочні лінії для запакування гофроящиків на піддони.

На підприємстві знаходиться склад сировини, склад готової продукції, власний автопарк та лабораторія по контролю якості на кожному етапі роботи. Працівники використовують провідне програмне забезпечення для конструювання та розрахунку технологічного процесу виготовлення упаковки.

## 1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

Для того щоб більш коректно описати відомості про електричні навантаження на рисунку 1.1 наведемо генплан підприємства

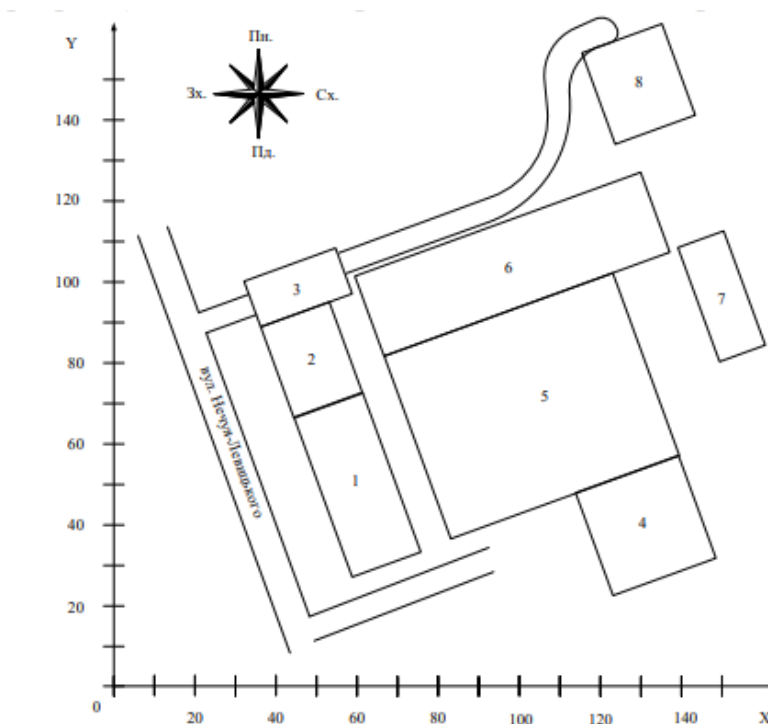


Рисунок 1.1- Генплан підприємства

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

| № | Назва цеху                 | Силове навантаження |
|---|----------------------------|---------------------|
|   |                            | $P_H, \text{кВт}$   |
| 1 | Корпус №1                  | 300                 |
| 2 | Адміністративна будівля    | 110                 |
| 3 | Прохідна                   | 60                  |
| 4 | Інструментальний цех       | 300                 |
| 5 | Головний виробничий корпус | 850                 |
| 6 | Корпус №2                  | 600                 |
| 7 | Котельня                   | 200                 |
| 8 | Гараж                      | 120                 |
|   | Всього по підприємству     | 2540                |

Так як на данному підприємстві встановлено три двотрансформаторні підстанції можемо зробити висновок що воно належить до споживачів II категорії електропостачання

## РОЗДІЛ 2

## АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

## 2.1 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок активної та реактивної потужності силового обладнання підприємства, здійснюємо методом коефіцієнта попиту за такими формулами:

$$P_c = K_{\Pi} \cdot P_H; \quad Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.1)$$

За методом коефіцієнта попиту визначаємо також розрахункове навантаження освітлювальних установок. Орієнтовно номінальна потужність освітлення визначена наближено за питомою потужністю на 1 м<sup>2</sup> площі цеху. В цілому розрахункова потужність електричного освітлення визначена за формулою:

$$P_o = P_{\text{Пит.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F; \quad (2.2)$$

$$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg} \phi_{\text{О.О}}; \quad (2.3)$$

де  $P_{\text{Пит.О}}$  - питома густина освітлювального навантаження знаходиться в

межах : 0,011-0,022 в залежності від приміщення;

$K_{\text{ПО}}$  - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$K_{\text{ПРА}}$  - коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

$F$  - площа цеху, м<sup>2</sup>.

$$K_{\text{ПО}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases} \quad (2.4)$$

$$K_{\text{ПРА}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ}; \\ 1,2 - \text{люмінесцентні} - \text{стартерні}; \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні} - \text{безстартерні}. \end{cases} \quad (2.5)$$

Розрахункові потужності дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_{\text{Р}} = P_{\text{С}} + P_{\text{О}}; \quad Q_{\text{Р}} = Q_{\text{С}} + Q_{\text{О}}; \quad (2.6)$$

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначають з виразу:

$$P_{\text{Р}\Sigma} = K_{\text{О}} \left( \sum_{i=1}^N P_{\text{Р}i} + P_{\text{РЦ}i} + P_{\text{РЗ}} \right) + P_{\text{О}\Sigma}; \quad Q_{\text{Р}\Sigma} = K_{\text{О}} \left( \sum_{i=1}^N Q_{\text{Р}i} + Q_{\text{РЦ}i} + Q_{\text{РЗ}} \right); \quad (2.7)$$

де  $P_{\text{Р}i}$ ,  $Q_{\text{Р}i}$  - розрахункові максимальні навантаження ТП або цехів, кВт, квар;

$N$  - число ТП або цехів;

$P_{\text{РЦ}i}$ ,  $Q_{\text{РЦ}i}$  - розрахункове максимальне навантаження загальноцехових ЕП високої напруги 10(6) кВ, які приєднані безпосередньо до РП 10(6) кВ, кВт, квар;

$K_{\text{О}}$  - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження визначається з [1];

$P_{\text{Р}\Sigma}$ ,  $Q_{\text{Р}\Sigma}$  - розрахункові максимальні навантаження загальнозаводських ЕП і цехових трансформаторних підстанцій, приєднаних безпосередньо до ГПП, кВт, квар.

З [1, таблиця 1.4] визначаємо, що  $K_{\text{О}} = 0,95$ .

Сумарне навантаження підприємства:

$$S_{\text{Р}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{Р}\Sigma}^2 + Q_{\text{Р}\Sigma}^2}; \quad (2.8)$$

Для прикладу проведемо розрахунок для 1 цеху

$$\begin{aligned}
 P_c &= K_{\Pi} \cdot P_H = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ (кВт)}; \\
 Q_c &= P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi = 180 \cdot 1,17 = 210,44 \text{ (кВар)}; \\
 P_o &= 0,013 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 756 = 9,43 \text{ (кВт)}; \\
 P_p &= 180 + 9,43 = 189,43 \text{ (кВт)}; \\
 Q_p &= 210,44 \text{ (кВар)}; \\
 S_p &= \sqrt{189,43^2 + 210,44^2} = 283,15 \text{ (кВА)}.
 \end{aligned}$$

Використовуючи дані формули здійснюємо розрахунок навантажень підприємств за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

| № | Назва цеху                 | Силове навантаження |           |                |                             |             |              | Освітлювальне навантаження |                                       |                 |                  | Сумарне навантаження |             |              |             |
|---|----------------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------------------|-------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|
|   |                            | $P_H$ , кВт         | $K_{\Pi}$ | $\cos \varphi$ | $\operatorname{tg} \varphi$ | $P_c$ , кВт | $Q_c$ , квар | $F, \text{м}^2$            | $P_{\text{пит.}}$ , Вт/м <sup>2</sup> | $K_{\text{по}}$ | $K_{\text{пра}}$ | $P_o$ , кВт          | $P_p$ , кВт | $Q_p$ , квар | $S_p$ , кВА |
| 1 | Корпус №1                  | 300                 | 0,6       | 0,65           | 1,17                        | 180         | 210,44       | 756                        | 0,013                                 | 0,8             | 1,2              | 9,43                 | 189,43      | 210,44       | 283,15      |
| 2 | Адміністративна будівля    | 110                 | 0,6       | 0,85           | 0,62                        | 66          | 40,90        | 432                        | 0,016                                 | 0,9             | 1,2              | 7,46                 | 73,46       | 40,90        | 84,08       |
| 3 | Прохідна                   | 60                  | 0,4       | 0,85           | 0,62                        | 24          | 14,87        | 288                        | 0,014                                 | 0,9             | 1,2              | 4,35                 | 28,35       | 14,87        | 32,02       |
| 4 | Інструментальний цех       | 300                 | 0,6       | 0,68           | 1,08                        | 180         | 194,09       | 729                        | 0,013                                 | 0,8             | 1,2              | 9,10                 | 189,10      | 194,09       | 270,97      |
| 5 | Головний виробничий корпус | 850                 | 0,6       | 0,65           | 1,17                        | 510         | 596,26       | 2880                       | 0,014                                 | 0,9             | 1,2              | 43,55                | 553,55      | 596,26       | 813,59      |
| 6 | Корпус №2                  | 600                 | 0,6       | 0,65           | 1,17                        | 360         | 420,89       | 1575                       | 0,013                                 | 0,8             | 1,2              | 19,66                | 379,66      | 420,89       | 566,82      |
| 7 | Котельня                   | 200                 | 0,6       | 0,85           | 0,62                        | 120         | 74,37        | 360                        | 0,013                                 | 0,75            | 1,1              | 3,86                 | 123,86      | 74,37        | 144,47      |
| 8 | Гараж                      | 120                 | 0,45      | 0,85           | 0,62                        | 54          | 33,47        | 504                        | 0,012                                 | 0,6             | 1,1              | 3,99                 | 57,99       | 33,47        | 66,96       |
|   | Всього по підприємству     | 2540                |           |                |                             | 1494        | 1585,28      | 7524                       |                                       |                 |                  | 101,41               | 1520,71     | 1506,02      | 2140,24     |

## 2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,38 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{pi} = 2140,24; \quad (2.9)$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 7524; \quad (2.10)$$

Середнє питоме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{2140,24}{7524} = 0,28 \text{ (кВА/м}^2\text{)}; \quad (2.11)$$

$$S_{\text{НОМ.Т}} = \begin{cases} 630,1000 \text{ кВА} & \text{якщо } S_{\text{пит}} < 0,2 \text{ кВА/м}^2, \\ 1600 \text{ кВА} & \text{якщо } S_{\text{пит}} = 0,2 \div 0,3 \text{ кВА/м}^2, \\ 2500 \text{ кВА} & \text{якщо } S_{\text{пит}} = 0,3 \div 0,4 \text{ кВА/м}^2. \end{cases} \quad (2.12)$$

Згідно з [1] при даній густині навантаження потрібно встановлювати трансформатори потужністю 1600 кВА.

Розрахуємо кількість двотрансформаторних підстанцій:

$$N_{\text{ск}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ск}} \cdot k_3} = \frac{2140,24}{2 \cdot 1600 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 0,79 \div 0,84. \quad (2.13)$$

де  $k_3 = 0,8 \div 0,85$  - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансфо-

рматорної підстанції споживачів II – III категорії.

Так як дане підприємство належить до споживачів II категорії електропостачання для нього необхідно встановити три двотрансформаторних підстанції.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження. Дані розрахунку приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

| № ТП | № цеху | Назва цеху                 | Рр, кВт | Qр, кВАр | Sp, кВА | St, кВА | N, шт. | Kз, в.о. |
|------|--------|----------------------------|---------|----------|---------|---------|--------|----------|
| ТП1  | 1      | Корпус №1                  | 189,43  | 210,44   | 283,15  |         |        |          |
|      | 2      | Адміністративна будівля    | 73,46   | 40,90    | 84,08   |         |        |          |
|      | 3      | Прохідна                   | 28,35   | 14,87    | 32,02   |         |        |          |
|      | 4      | Інструментальний цех       | 189,10  | 194,09   | 270,97  |         |        |          |
|      | 5      | Головний виробничий корпус | 553,55  | 596,26   | 813,59  |         |        |          |
|      | 6      | Корпус №2                  | 379,66  | 420,89   | 566,82  |         |        |          |
|      | 7      | Котельня                   | 123,86  | 74,37    | 144,47  |         |        |          |
|      | 8      | Гараж                      | 57,99   | 33,47    | 66,96   |         |        |          |
|      |        | <b>Всього по ТП1</b>       | 1595,41 | 1585,28  | 2249,10 | 1600    | 2      | 0,70     |

Отже для живлення цехів заводу встановлено двотрансформаторну підстанцію з потужністю трансформаторів 1600 кВА. Номінальні параметри яких представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Номінальні параметри трансформаторів

| Марка      | S <sub>н</sub> ,<br>кВА | U <sub>ВН</sub> ,<br>кВ | U <sub>НН</sub> ,<br>кВ | ΔP <sub>xx</sub> ,<br>кВт | ΔP <sub>к</sub> ,<br>кВт | I <sub>xx</sub> ,<br>% | U <sub>к</sub> ,<br>% |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| ТМ-1600/10 | 1600                    | 10                      | 0,4                     | 2,8                       | 18                       | 1,3                    | 5,5                   |

Розрахуємо місце установки цехових ТП за формулами:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}; \quad (2.14)$$

Таблиця 2.5 – Координати розміщення ЕП

| № | Цех                        | ТП | Рр, кВт  | X, м      | У, м      | Рр*Х, кВт*м  | Рр*У, кВт*м  |
|---|----------------------------|----|----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| 1 | Корпус №1                  | 1  | 189,43   | 60        | 50        | 11366,09     | 9471,74      |
| 2 | Адміністративна будівля    | 1  | 73,46    | 49        | 81        | 3599,78      | 5950,66      |
| 3 | Прохідна                   | 1  | 28,35    | 45        | 98        | 1275,96      | 2778,75      |
| 2 | Інструментальний цех       | 1  | 189,10   | 131       | 40        | 24771,83     | 7563,92      |
| 5 | Головний виробничий корпус | 1  | 553,55   | 105       | 71        | 58122,29     | 39301,74     |
| 6 | Корпус №2                  | 1  | 379,66   | 98        | 105       | 37206,29     | 39863,88     |
| 7 | Котельна                   | 1  | 123,86   | 150       | 96        | 18579,15     | 11890,66     |
| 8 | Гараж                      | 1  | 57,99    | 130       | 149       | 7538,92      | 8640,76      |
|   |                            |    | ΣРр, кВт | ΣРр*Х/ΣРр | ΣРр*У/ΣРр | ΣРр*Х, кВт*м | ΣРр*У, кВт*м |
|   | Сумарно по ТП1             |    | 1595,41  | 101,83    | 78,64     | 162460,30    | 125462,10    |

За допомогою розрахованих координат розміщення ТП вибираємо оптимальні координати. Для зручності покажемо це у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Координати розміщення цехових ТП

|      | Розраховані |       | Оптимальні на генплані |      |
|------|-------------|-------|------------------------|------|
|      | Х, м        | У, м  | Х, м                   | У, м |
| ТП 1 | 101,83      | 78,64 | 78                     | 62   |

Для уточнення місця розташування ТП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності.

Приймаємо масштаб рівним  $m_p = 0,1 \text{ кВт/м}^2$ . Визначимо радіуси кругів при даному масштабі за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.15)$$

Сектор освітлювального навантаження цеху складає:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.16)$$

Розрахунки для всіх цехів здійснимо за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Дані для побудови картограми навантажень

| № | Цех                        | X,м | Y,м | P <sub>p</sub> , кВт | P <sub>o</sub> , кВт | r, м  | α°   | d, м  |
|---|----------------------------|-----|-----|----------------------|----------------------|-------|------|-------|
| 1 | Корпус №1                  | 60  | 50  | 189,43               | 9,43                 | 24,56 | 17,9 | 49,12 |
| 2 | Адміністративна будівля    | 49  | 81  | 73,46                | 7,46                 | 15,30 | 36,6 | 30,59 |
| 3 | Прохідна                   | 45  | 98  | 28,35                | 4,35                 | 9,50  | 55,3 | 19,01 |
| 4 | Інструментальний цех       | 131 | 40  | 189,10               | 9,10                 | 24,54 | 17,3 | 49,08 |
| 5 | Головний виробничий корпус | 105 | 71  | 553,55               | 43,55                | 41,99 | 28,3 | 83,97 |
| 6 | Корпус №2                  | 98  | 105 | 379,66               | 19,66                | 34,77 | 18,6 | 69,54 |
| 7 | Котельна                   | 150 | 96  | 123,86               | 3,86                 | 19,86 | 11,2 | 39,72 |
| 8 | Гараж                      | 130 | 149 | 57,99                | 3,99                 | 13,59 | 24,8 | 27,18 |

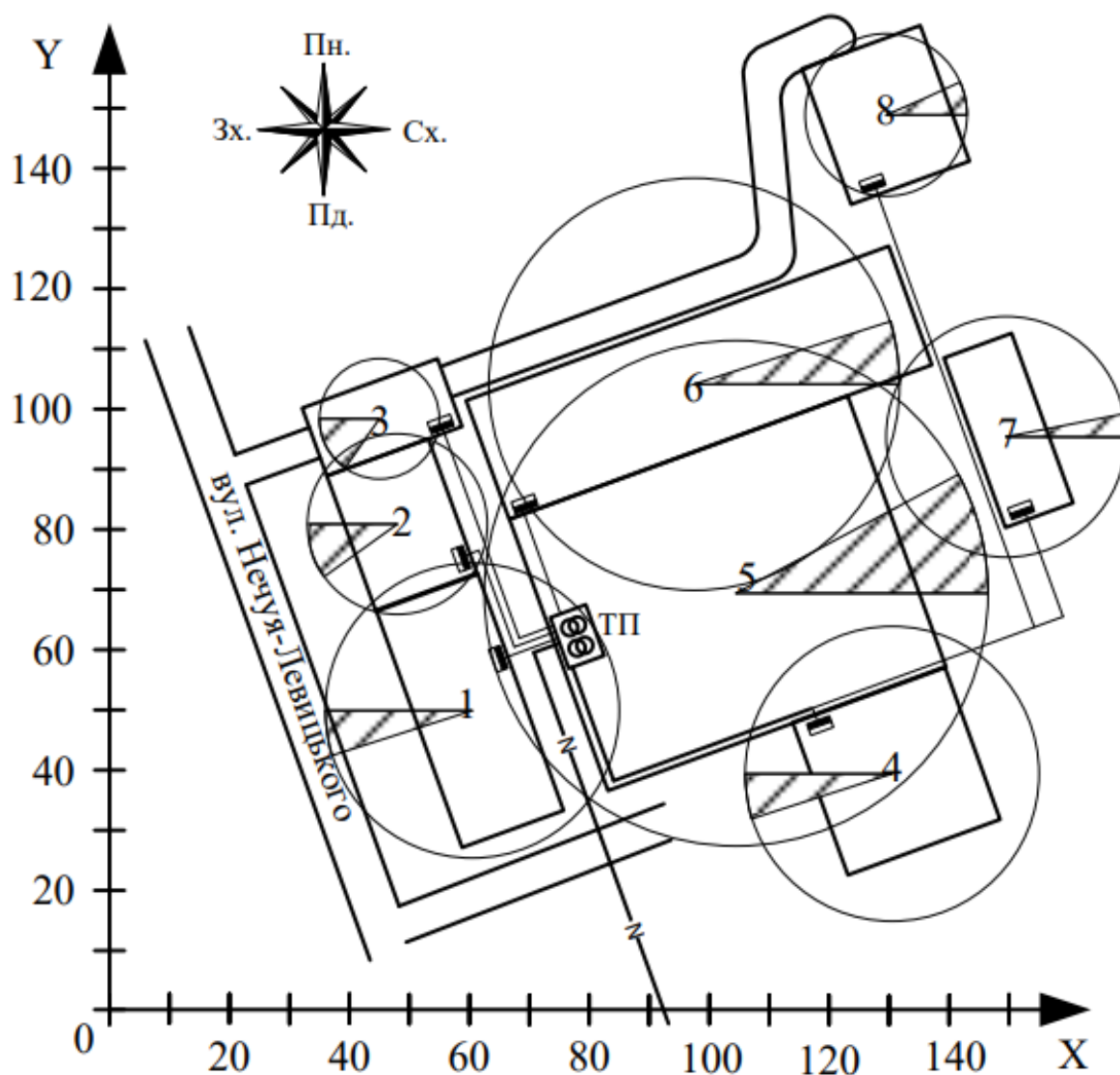


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень підприємства

## 2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

### 2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання

Живлення здійснюється від п/ст. 110/10, що знаходиться на відстані 2 км від підприємства. Приймаємо рішення спорудження однієї ЦТП.

Зовнішню лінію живлення виконаємо кабелем АПвЭБВ-10.

Згідно із ПУЕ [1] всі електричні апарати вибирають за характером установлення, номінальним струмом та напругою, а також перевіряють їх на

термічну і динамічну стійкість.

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів.

$$U_{\text{НОМ.В}} \geq U_{\text{НОМ.мережі}}; \quad (2.17)$$

$$I_{\text{НОМ.В}} \geq I_{\text{max}}; \quad (2.18)$$

Визначимо  $I_{\text{max}}$  для нормального та після аварійного режиму для ТП:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2140,24}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 61,8 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1,3 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 120 \text{ (A)},$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВБЭ-М-10-20/630. Номінальний струм вимикачів  $I_{\text{НОМ.В}} = 630 \text{ A} > I_{\text{м.ав}}$  для всіх приєднань. Власний час відключення вимикача 0,075 с.

Для живлення заводу вибираємо броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭБВ-10 прокладені в траншеї. Вибір кабелю виконаємо за допустимим струмом.

Визначаємо переріз провідників для живлення ЦРП:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.19)$$

$$123,6 \text{ (A)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 140 = 138,5 \text{ (A)}.$$

де  $k_1$  - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища;

$k_2$  - поправочний коефіцієнт в залежності від глибини прокладання;

$k_3$  - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту;

$k_4$  - поправочний коефіцієнт в залежності від відстані між фазами;

$k_5$  - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів;

$k_6$  - поправочний коефіцієнт при прокладанні в трубах і каналах.

Для живлення ЦРП вибираємо кабель АПвЕБВ-10 перерізом  $3 \times 50 \text{ мм}^2$  з  $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$  [1].

### 2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

З метою вибору вимикачів і кабелів проводимо розрахунок струмів короткого замикання.

Розрахунок струму короткого замикання здійснюємо згідно чинного державного стандарту ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008. За допомогою даного стандарту знаходимо струми трифазних КЗ в системі середніх напруг із величинами у відносних одиницях [2].

Розрахуємо струми КЗ на шинах РУ 10 кВ для перевірки живлячої кабельної лінії. Схема заміщення зображена на рисунку 2.2.

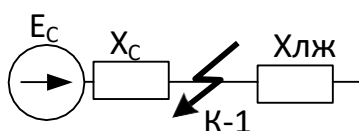


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема і схема заміщення

Розраховуємо значення струмів у точці К-1:

$$I_R = \frac{S_R}{\sqrt{3} \cdot U_R} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 16,5 \text{ (кА)}, \quad (2.20)$$

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

Для системи:

$$X_C = \frac{S_R}{S_K} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ (в.о.)}, \quad (2.21)$$

Результуючий опір рівний:

$$X_\Sigma = X_C = 5 \text{ (в.о.)}, \quad (2.22)$$

Визначаємо періодичну складову струму трифазного К<sub>3</sub> в початковий момент часу:

$$I_{\text{ПО}} = \frac{E_C''}{X_\Sigma} \cdot I_R = \frac{1}{5} \cdot 16,5 = 3,3 \text{ (кА)}, \quad (2.23)$$

Періодична складова струму від енергосистеми не змінюється:

$$I_{\text{Пт.С}} = I_{\text{ПО}} = 3,3 \text{ (кА)}, \quad (2.24)$$

Для визначення аперіодичної складової струму КЗ та теплового імпульсу  $B_K$ , розрахуємо відносні активні опори елементів:

$$R_e \approx 0,1 \cdot X_C = 0,1 \cdot 5 = 0,5, \quad (2.25)$$

$$R_\Sigma = R_e = 0,5, \quad (2.26)$$

Визначаємо постійну часу затухання аперіодичної складової струму:

$$T_{ac} = \frac{X_\Sigma}{\omega \cdot R_\Sigma} = \frac{X_\Sigma}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_\Sigma} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032 \text{ (с)}, \quad (2.27)$$

Розрахунковий час початку розмикання контактів вимикача:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{в.в.} = 0,01 + 0,055 = 0,065 \text{ (с)}, \quad (2.28)$$

де  $t_{pz.min}$  - мінімальний час спрацювання реле захисту;

$t_{в.в.}$  - власний час відключення вимикача (до моменту розходження головних контактів).

Аперіодична складова струму КЗ при  $t = \tau = 0,065$  с:

$$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot I_{НО} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} = \sqrt{2} \cdot 3,3 \cdot e^{\frac{-0,065}{0,032}} = 0,612 \text{ (кА)}, \quad (2.29)$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{уд.С} = \sqrt{2} \cdot I_{НО} \cdot \left( 1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 3,3 \cdot \left( 1 + e^{\frac{-0,065}{0,032}} \right) = 5,279 \text{ (кА)}, \quad (2.30)$$

Час відключення КЗ:

$$t_{\text{від}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{нВ}} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ (с)}, \quad (2.31)$$

Тепловий імпульс:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{від}} + T_{\text{ас}}) = 3,3^2 \cdot (0,06 + 0,032) = 6,9 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}. \quad (2.32)$$

Розраховуємо значення струмів у точці К-2:

$$I_{\text{R}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ (кА)},$$

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов: Для трансформатора:

$$X_{\text{T}} = \frac{U_{\text{к}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{R}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{1000}{4} = 18,75 \text{ (в.о.)}, \quad (2.33)$$

Результуючий опір рівний:

$$X_{\Sigma} = X_{\text{C}} + X_{\text{T}} = 5 + 18,75 = 23,75 \text{ (в.о.)},$$

$$I_{\text{ПО}} = \frac{1}{23,75} \cdot 57,7 = 2,43 \text{ (кА)},$$

$$I_{\text{Пт.С}} = I_{\text{ПО}} = 2,43 \text{ (кА)},$$

$$T_{\text{ас}} = \frac{23,75}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,15 \text{ (с)},$$

$$\tau = t_{\text{рз. min}} + t_{\text{в.в.}} = 0,01 + 0,07 = 0,08 \text{ (с)},$$

$$i_{\text{ат.С}} = \sqrt{2} \cdot 2,43 \cdot e^{\frac{-0,08}{0,15}} = 2,02 \text{ (кА)},$$

$$i_{\text{уд.С}} = \sqrt{2} \cdot 2,43 \cdot \left( 1 + e^{\frac{-0,08}{0,15}} \right) = 5,45 \text{ (кА)},$$

$$t_{\text{від}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{нВ}} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ (с)},$$

$$B_{\text{к}} = 2,43^2 \cdot (0,06 + 0,15) = 4,4 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Відповідно до ГОСТ 687 - 78 високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також на термічну стійкість до дії струмів КЗ. Перевіримо вимикачі, які були вибрані в попередніх розрахунках на комутаційну здатність і стійкість до дії струмів КЗ.

Таблиця 2.8 – Порівняльні дані вимикачів

| Умова вибору                                                                                                                                | Номінальні параметри вимикачів                                                        | Розрахункові параметри мережі                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Вимикач типу ВБЭМ-10-20/630 на стороні 10 кВ                                                                                                |                                                                                       |                                                    |
| $I_{\text{ном.від}} = I_{\text{Пт.}}$                                                                                                       | $I_{\text{ном.від}} = 20 \text{ кА}$                                                  | $I_{\text{Пт}} = I_{\text{ПтС}} = 2,43 \text{ кА}$ |
| $\sqrt{2} \cdot I_{\text{ном.від}} \cdot \left( 1 + \frac{\beta_{\text{H}}}{100} \right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{Пт}} + i_{\text{ат}}$ | $\sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left( 1 + \frac{21}{100} \right) = 34 \text{ кА}$           | $\sqrt{2} \cdot 3,3 + 0,312 = 6,212 \text{ кА}$    |
| $i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$                                                                                                         | $i_{\text{дин}} = 51 \text{ кА}$                                                      | $i_{\text{уд.С}} = 5,279 \text{ кА}$               |
| $I_{\text{дин}} \geq I_{\text{ПО}}$                                                                                                         | $I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$                                                      | $I_{\text{ПО}} = 3,3 \text{ кА}$                   |
| $I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} \geq B_{\text{к}}$                                                                                       | $I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $B_{\text{к}} = 6,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$   |

Перевіримо вибрані кабелі на термічну стійкість:

$$S \geq S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C_{\text{Т}}} \cdot 10^3, \quad (2.34)$$

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{6,9}}{90} \cdot 10^3 = 29 \text{ (мм}^2\text{)} < 35 \text{ (мм}^2\text{)},$$

Отже переріз усіх кабелів було вибрано вірно.

## 2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

### 2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

Оскільки радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання, тому вибираємо радіальну схему цехової мережі, що було показано на рисунку 1.1.

Переріз провідників в мережах напругою до 1 кВ вибирають за допустимим нагріванням.

$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_p - \text{для нормальних приміщень,} \\ 1,25 \cdot I_p - \text{для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases} \quad (2.35)$$

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись наступні умови:

$$I_{\text{н.розч}} \geq K_{\text{відс}} \cdot I_p ; \quad (2.36)$$

$$I_{\text{с.в}} = K_{\text{н}} \cdot I_{\text{п}} . \quad (2.37)$$

$$I_{\text{н.ВідК}} \geq I_{\text{К.мах}}^{(3)} . \quad (2.38)$$

де  $I_{\text{н.розч}}$  - номінальний струм розчіплювача;

$I_{\text{с.в}}$  - струм спрацювання відсічки;

$K_{\text{відс}}$  - коефіцієнт відстроювання, що визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його неспрацювання (повернення) при (після) пуску або само запуску;

$I_{\text{м}}$  - розрахунковий струм окремого електроприймача;

$K_{\text{н}}$  - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

$I_n$  - піковий (пусковий) струм.

Розрахунковий струм ЕП-1:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n}; \quad (2.39)$$

$$I_p = \frac{13,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 20,51 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм визначимо наближено, в залежності від типу приводу:

$$I_p = \begin{cases} 5 \cdot I_p - \text{для АД з КЗ ротором чи СД;} \\ 2,5 \cdot I_p - \text{для АД з ФР;} \\ 3 \cdot I_p - \text{для ДПС та зварювальних Т – рів;} \end{cases} \quad (2.40)$$

$$I_n = 5 \cdot I_p = 5 \cdot 20,51 = 102,56 \text{ (A)}.$$

Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки для ЕП-1:

$$I_{n, \text{розчіп}} \geq 1 \cdot 20,51 = 20,51 \text{ (A)};$$

$$I_{с. \text{відс}} \geq 2,1 \cdot 102,56 = 215,37 \text{ (A)}.$$

Захисні апарати, що захищають РП 1-3 встановлюються в розподільчому пристрою низької напруги трансформаторної підстанції.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{17,53}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 26,64 \text{ (A)}$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_n = I_p - K_v \cdot I_{n.\max} + I_{n.\max}; \quad (2.41)$$

де  $I_{n.\max}$ ,  $I_{n.\max}$  - номінальний і піковий струми електроприймача групи з найбільшим пусковим струмом;

$K_v$  - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_n = 26,64 - 0,12 \cdot \frac{13,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} + 5 \cdot \frac{13,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 126,74 \text{ (A)}.$$

Розрахуємо номінальний струм розчіплювала та струм спрацювання відсічки для РП-1:

$$I_{n.\text{розчіп}} \geq 1,1 \cdot 26,64 = 29,31 \text{ (A)}$$

$$I_{с.\text{відс}} \geq 1,5 \cdot 126,74 = 190,1 \text{ (A)}$$

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ЕП-48:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_n} \cdot l; \quad (2.42)$$

$$\Delta U_{\text{РЩ-РП2}} = \frac{26,01 \cdot 1,54 + 34,27 \cdot 0,072}{380} \cdot 9 = 1 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{РП2-ШРА2}} = \frac{27,54 \cdot 1,54 + 29,74 \cdot 0,072}{380} \cdot 15 = 1,8 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{ШРА2-ЕП48}} = \frac{32 \cdot 1,54 + 32 \cdot 1,2 \cdot 0,072}{380} \cdot 1 = 0,2 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{РЩ-ЕП48}} = \Delta U_{\text{ТП-РП2}} + \Delta U_{\text{РП2-ШРА2}} + \Delta U_{\text{ШРА2-ЕП48}} = 1, + 1,8 + 0,2 = 3 \text{ (В)}; \quad (2.43)$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП-ЕП48}} = \frac{3}{380} \cdot 100\% = 0,8\%.$$

Така втрата напруги є допустимою, для інших споживачів розрахунок виконуємо аналогічно.

#### 2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі

Згідно з розрахунками які ми виконали в попередньому розділі виконуємо вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі.

В якості вимикачів на лініях будуть встановлені автоматичні вимикачі від виробника ЕТІ типу ЕВ з напівпровідниковим чи тепловими і електромагнітним розчіплювачем.

Для живлення ЕП цехової мережі обираємо провідники АПВ прокладених у трубі, а для живлення ШРА та РП кабель АВВГ прокладений відкрито.

Вибираємо для захисту ЕП-1 автоматичний вимикач ЕВ 100/3L 25А 3р з напівпровідниковим розчіплювачем номінальним струмом вимикача 25 А, номінальним струмом розчіплювача 25 А та струмом спрацювання відсічки 125 А.

Вибираємо для захисту РП-1 автоматичний вимикач серії ЕВ 100/3L 63А 3р з номінальним струмом 63 А, номінальним струмом розчіплювача 63 А та струмом спрацювання відсічки 300 А.

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів для інших споживачів.

Для лінії РЩ – РП 1 обираємо кабель марки АВВГ прокладений

Відкрито перерізом 3х16+1х10 з допустимим струмом  $I_{\text{доп}} = 67$ .

$$I_{\text{доп}} = 67 \text{ (А)} > I_p = 26,64 \text{ (А)}.$$

Для усіх інших ліній вибір провідників проводиться

Усі обрані елементи комутаційно-захисної апаратури і провідників заносимо до таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників

| Лінія            | $I_p$ , А | $I_n$ , А | Тип АВ           | $I_{ном}$ , А | $I_{розч}$ , А | $I_{св}$ , А | $I_{н.відк}$ , кА | Тип ЛДЖ | S, мм <sup>2</sup> | спос. прок. | $I_{доп}$ , А |
|------------------|-----------|-----------|------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------|---------|--------------------|-------------|---------------|
| 1                | 2         | 3         | 4                | 5             | 6              | 7            | 8                 | 9       | 10                 | 11          | 12            |
| РЩ - РП-1        | 26,64     | 126,74    | ЕВ 100/3Л 63А 3р | 100           | 63             | 300          | 6                 | АВВГ    | 3х16+1х10          | відкрито    | 67            |
| РЩ - ШР-1        | 32,73     | 88,33     | ЕВ 100/3Л 63А 3р | 100           | 63             | 300          | 6                 | АВВГ    | 3х16+1х10          | відкрито    | 67            |
| РЩ - РП-2        | 65,37     | 302,63    | ЕВ 100/3Л 80А 3р | 100           | 80             | 400          | 6                 | АВВГ    | 3х25+1х16          | відкрито    | 88            |
| РП-2 - ШР-2      | 61,59     | 298,85    | ЕВ 100/3Л 80А 3р | 100           | 80             | 400          | 6                 | АВВГ    | 3х25+1х16          | відкрито    | 88            |
| РП-1 - ЕП 1      | 20,51     | 102,56    | ЕВ 100/3Л 25А 3р | 100           | 25             | 125          | 6                 | АПВ     | 4(1х6)             | в трубі     | 30            |
| РП-1 - ЕП 2      | 14,43     | 72,17     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-1 - ЕП 6      | 11,40     | 56,98     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-1 - ЕП 7      | 9,42      | 47,1      | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-1 - ЕП 26     | 1,82      | 9,12      | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| РП-2 - ЕП 27     | 1,67      | 8,36      | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| РП-2 - ЕП 28     | 1,22      | 6,08      | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| РП-2 - ЕП 29-34  | 2,43      | 12,15     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| РП-2 - ЕП 35     | 20,51     | 102,56    | ЕВ 100/3Л 25А 3р | 100           | 25             | 125          | 6                 | АПВ     | 4(1х6)             | в трубі     | 30            |
| ШР-2 - ЕП 36     | 1,82      | 9,12      | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-2 - ЕП 37     | 6,08      | 30,39     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-2 - ЕП 38, 46 | 15,19     | 75,97     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-2 - ЕП 39-45  | 4,86      | 24,31     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-2 - ЕП 47     | 15,19     | 75,97     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |
| ШР-2 - ЕП 48     | 48,62     | 243,09    | ЕВ 100/3Л 63А 3р | 100           | 63             | 300          | 6                 | АПВ     | 4(1х25)            | в трубі     | 70            |
| ШР-2 - ЕП 49-50  | 5,47      | 27,35     | ЕВ 100/3Л 16А 3р | 100           | 16             | 80           | 6                 | АПВ     | 4(1х4)             | в трубі     | 23            |

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА ТЕРМІНУ ЖИТТЯ СВІТЛОДІОДІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

#### 3.1 Визначення життєвого циклу світлодіодів та його параметри

##### 3.1.1 Надійність

Надійність напівпровідникового елемента — це властивість, яка вказує на те, наскільки надійно виконується призначена виробу функція протягом певного періоду часу. Він підпорядковується випадковому процесу і описується ймовірністю виживання  $R(t)$ . Несправність або збій вказується, якщо компонент більше не може виконувати призначені йому функції. Відмови та частота відмов поділяються на три фази:

- 1.Ранній період відмови
- 2.Випадкові або спонтанні збої
- 3.Термін зносу

Оскільки інтенсивність відмов особливо висока на початку та в кінці циклу продукту, інтенсивність відмов з часом приймає форму кривої «ванни» (рис. 3.1).

Таким чином, кожен окремий механізм відмови демонструє свою власну хронологічну прогресію та показує індивідуальну криву ванни. Для кожного з цих етапів у літературі можна знайти багато різних типів визначень, методів аналізу та математичних формул надійності. Найважливіші визначення та методи, які застосовуються до світлодіодів, описані в цьому розділі.

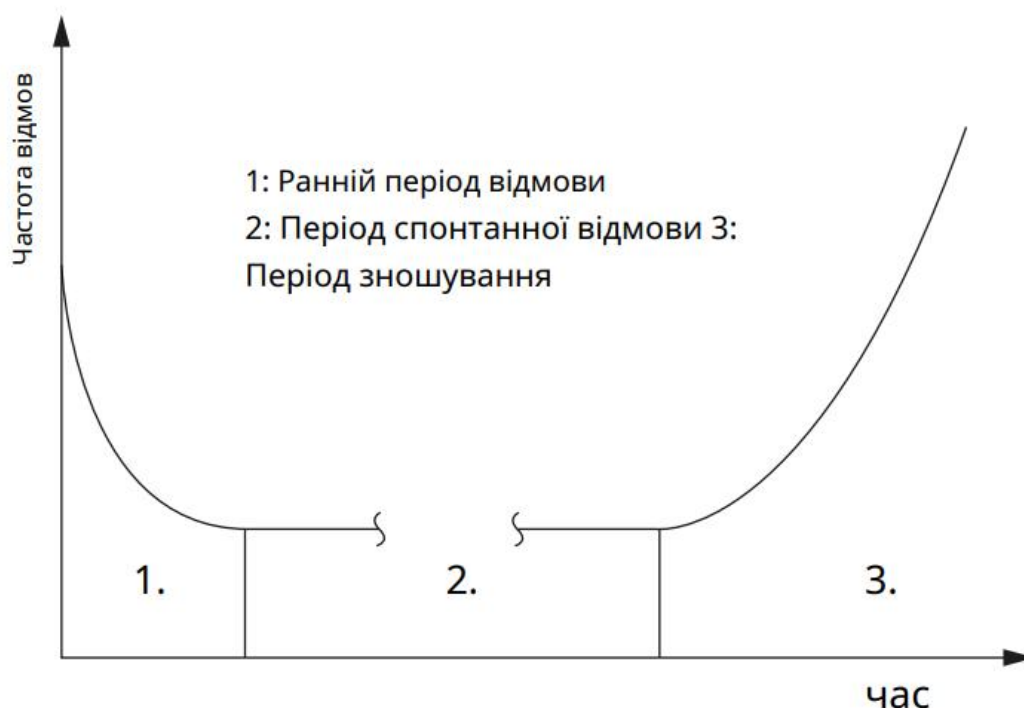


Рисунок 3.1- Рівень відмов з часом («крива ванни»)

Для простоти перші дві фази об'єднані в так званий «період зовнішньої надійності». Третя фаза, період зношування, відповідно позначається як «період внутрішньої надійності».

### 3.1.2 Період зовнішньої надійності

Зовнішні відмови (ранні та спонтанні відмови) породжуються дефектними матеріалами, відхиленнями у виробничому процесі. Понад 99 % цих зовнішніх несправностей можна спостерігати під час встановлення деталей у програму (наприклад, за допомогою пайки) або в перші години роботи. На відміну від цього, між раннім періодом відмови та періодом зносу частота спонтанних відмов для світлодіодів надзвичайно низька. У математиці надійності цей період відмови описується експоненціальним розподілом. Експоненціальний розподіл базується на постійному рівні відмов у часі.

Як правило, експериментальне визначення середньої інтенсивності відмов надзвичайно складне. З цієї причини ams-OSRAM AG використовує стандарт SN

29500 від Siemens AG, який включає досвід несправностей у польових умовах у типову кількість відмов для світлодіодів (рис. 3.2). У процесі не робиться різниці щодо причини окремих несправностей.

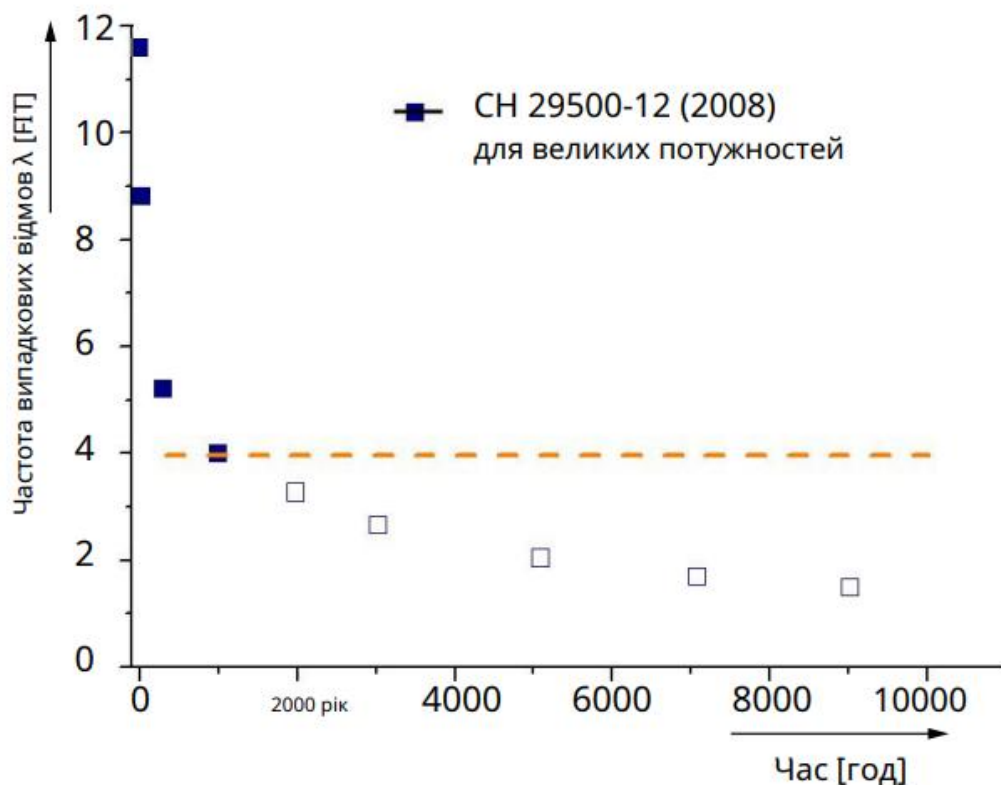


Рисунок 3.2 - Рівень відмов світлодіодів у зовнішньому періоді відповідно до стандарту Siemens SN29500

### 3.1.3 Період внутрішньої надійності

Період внутрішньої надійності описує так званий період зношування компонента в кінці циклу продукту. В основі лежить підвищене зношення і старіння матеріалу. Ця безперервна зміна з часом, як правило, піддається вимірюванню і називається деградацією. Для світлодіодів найважливішими параметрами деградації є зміни яскравості або кольорних координат. Інші параметри відіграють підпорядковану роль. Під час роботи світлодіодів відбувається поступове зменшення світлового потоку, який вимірюється в

люменах. Як правило, це прискорюється робочим струмом і температурою світлодіода, а також з'являється, коли світлодіод працює в межах специфікацій (рис. 3.3). Термін «підтримка світлового потоку» (L) використовується у зв'язку з погіршенням світла в світлодіодах. Це описує залишковий світловий потік у часі відносно вихідного світлового потоку світлодіода. Через постійну деградацію необхідно встановити критерій відмови, щоб отримати конкретну оцінку відмови світлодіода. Точка часу, коли світловий потік світлодіода досягає критерію відмови, тоді описується як термін служби світлодіода. Як правило, критерій відмови визначається застосуванням. Типові значення становлять 50 % (L50) або 70 % (L70), залежно від ринку світлодіодного продукту

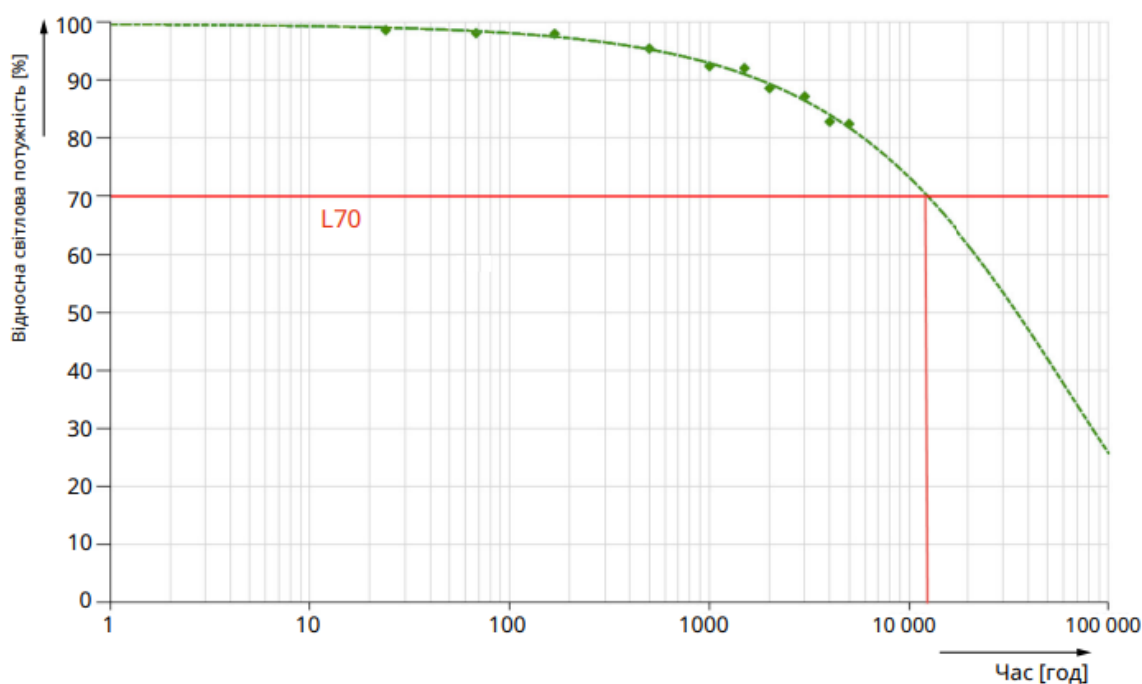


Рисунок 3.3 - Крива деградації

Оскільки старіння базується на зміні властивостей матеріалу і, отже, підлягає статистичним процесам, значення тривалості служби також базуються на статистичному розподілі.

Відсоток компонентів, які вийшли з ладу, описується терміном «смертність» (B). Таким чином, значення B50 описує момент часу, коли 50 % компонентів вийшли з ладу. Це значення зазвичай вказується як типовий середній термін

служби,  $t_{50}$  або  $t_{мл}$ , для світлодіодів. На додаток до медіанного значення (B50), також можна вказати значення, коли 10 % компонентів вийшли з ладу (значення B10). Це дозволяє зробити висновок про ширину розподілу часу життя (рис. 3.4).

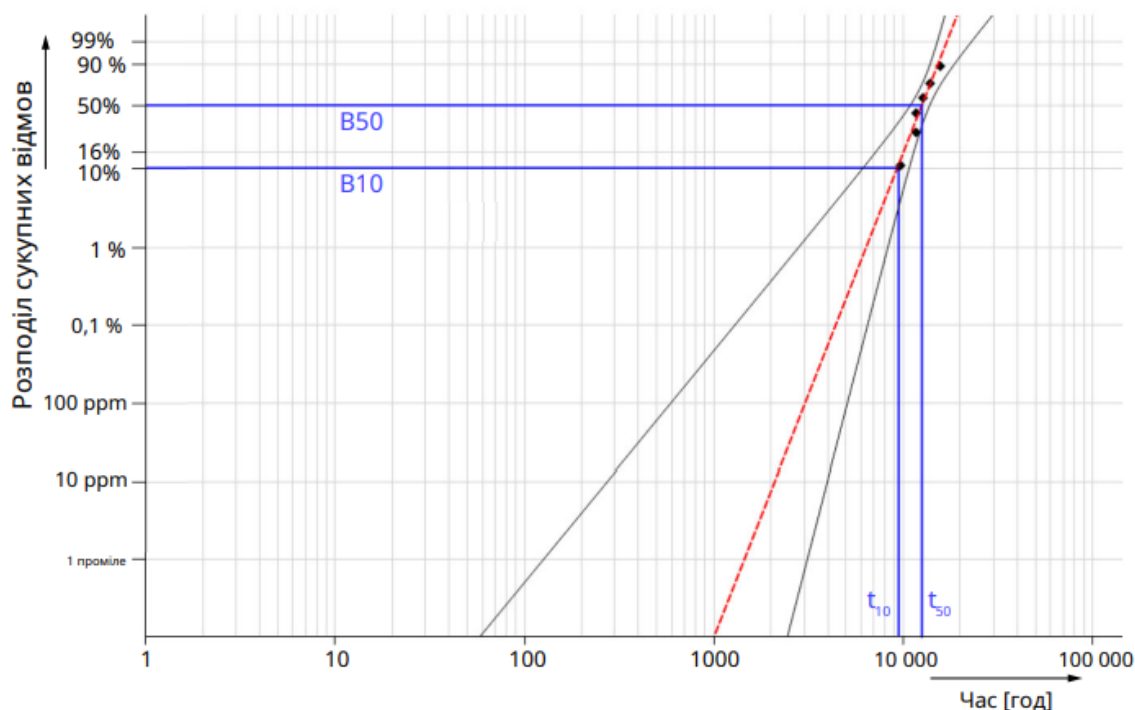


Рисунок 3.4 - Сукупний розподіл відмов, що показує термін служби

Однак для термомеханічного навантаження на компонент (наприклад, температурні цикли) безперервний процес старіння, як правило, неможливо виміряти. Це означає, що постійний процес старіння, який призводить до поломки, не можна описати за допомогою характерного параметра вимірювання, такого як погіршення освітленості під час електричної роботи. Екстраполяція кривої деградації до визначеного критерію відмови, як показано на рис. 3.3, тут неможлива. У цьому випадку, щоб мати можливість зробити твердження про час відмови або розподіл відмови, випробування повинні проводитися до появи перших раптових відмов. Прикладом цього є втомна клейових або склеєних з'єднань.

### 3.2 Вплив параметрів експлуатації на термін життєвого циклу

Подібно до звичайних ліхтарів, надійність і термін служби світлодіодних джерел світла також залежать від різних факторів або можуть впливати на ці фактори. Найважливішими фізичними факторами впливу є вологість, температура, струм і напруга, механічні сили, хімічні речовини та світлове випромінювання (рис. 3.5)

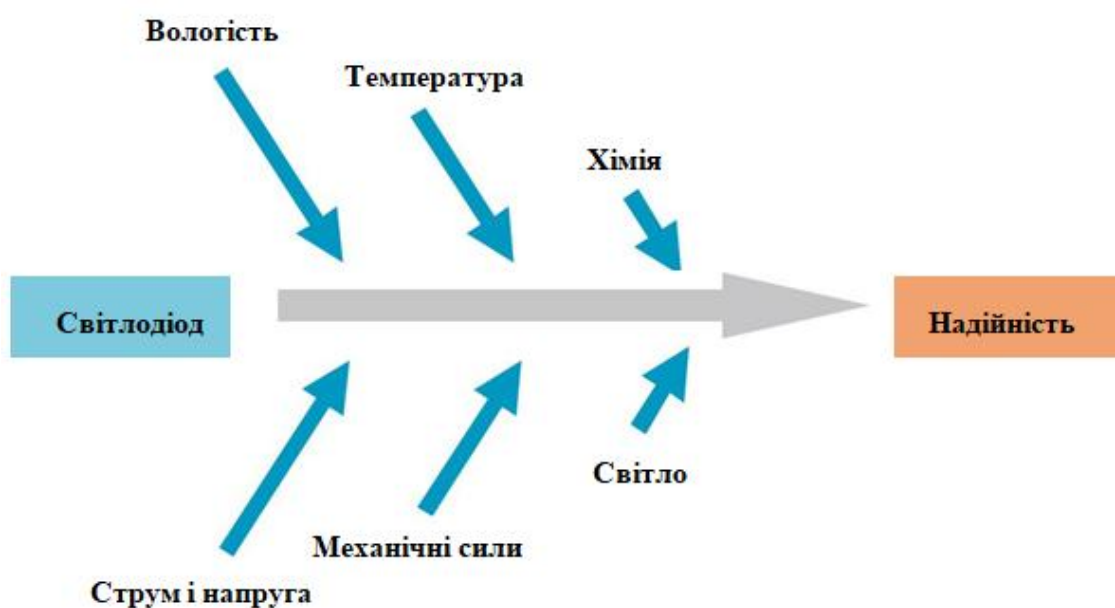


Рисунок 3.5 - Фактори, що впливають на надійність і термін служби

У найгіршому випадку це може навіть призвести до повного виходу з ладу або вплинути на характеристики старіння в довгостроковій перспективі (наприклад, яскравість), і таким чином призвести до зміни надійності та терміну служби. Такими прямими факторами впливу є температура та результуюча температура спаю  $T_j$  (з'єднання) світлодіода, наприклад, але величина струму, який використовується для керування світлодіодом, також є впливовим фактором. За інших рівних умов експлуатації підвищення температури навколишнього середовища, а також збільшення струму призводить до збільшення температури

переходу. Загалом, однак, збільшення температури переходу призводить до зменшення терміну служби (рис. 3.6).

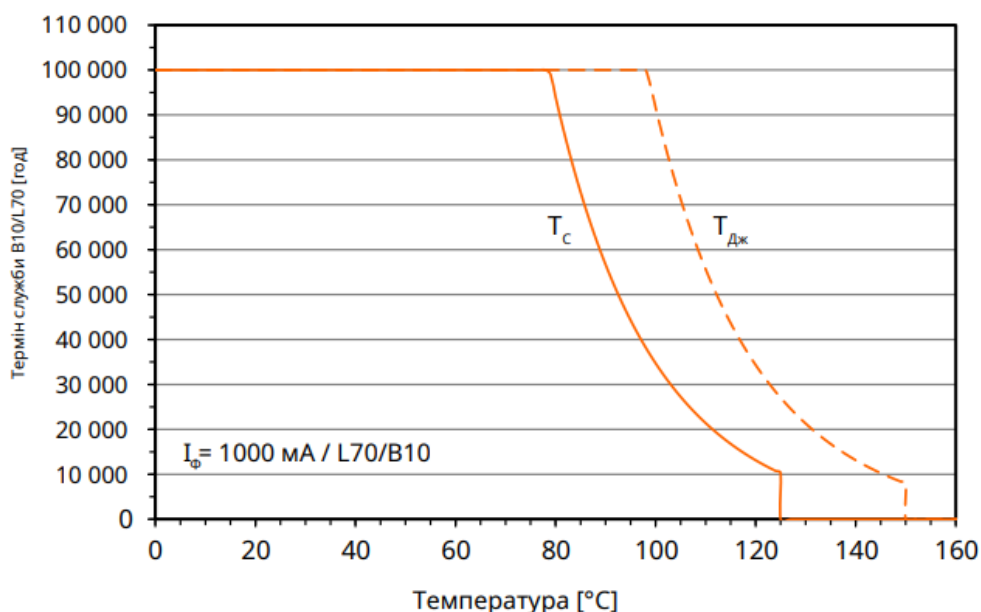


Рисунок 3.6 - Залежність терміну служби від температури спаю та температури точки пайки

Іншим прямим фактором впливу є механічна сила. Наприклад, якщо до світлодіода прикладати великі механічні зусилля, це зазвичай призводить до пошкодження, яке може додатково призвести до повного виходу з ладу світлодіода. Походження окремих факторів можна знайти в різних областях, таких як дизайн світлодіодів, обробка світлодіодів, застосування клієнта та навколишнє середовище, а звідти їх можна простежити до різних аспектів і параметрів (рис. 3.7). Якщо розглянути ці чотири області більш детально, можна визначити, що на три з чотирьох областей може безпосередньо впливати виробник або користувач світлодіодів. Остання сфера, середовище, в кінцевому підсумку не може бути змінена і повинна розглядатися як даність у заявці.

Наприклад, джерело фактору впливу, температуру, можна віднести до двох областей: дизайн світлодіодів і застосування клієнта. У сфері дизайну світлодіодів джерело температурного впливу полягає як в електричних параметрах, так і в передачі тепла.



Рисунок 3.7 - Джерела факторів впливу

Залежно від застосовуваного струму ( $I_{\Phi}$ ) і відповідну напругу ( $U_{\Phi}$ ), створюється розсіювана потужність, яка значною мірою перетворюється на тепло. Це призводить до підвищення температури в місці спаю світлодіода. Величина розсіюваної потужності пропорційна змінам температури переходу.

Фактором пропорційності є тепловий опір корпусу ( $R_{th}$ , точка спаювання) світлодіода. Це відображає характеристики теплопередачі світлодіода. Чим нижче термічний опір світлодіода, тим кращими стають теплові властивості світлодіода. Якщо тепло передається ефективно з упаковки, підвищення температури переходу не таке велике. Як приклад, два компоненти з різними  $R_{th}$  значення (2,5 і 8 K/Вт) досліджуються при тій самій температурі точки пайки  $T_S = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  і однакові робочі умови (струм) (рис. 3.8).

Температура з'єднання компонента з низьким тепловим опором підвищується лише до  $\sim 115\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На відміну від цього, компонент з вищим термічним опором демонструє температуру переходу  $> 144\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Як згадувалося раніше, термін служби світлодіода зменшується зі збільшенням температури переходу. При

однаковій температурі точки пайки компонент з нижчим  $R_{th}$  забезпечує довший термін служби, ніж компонент із вищим  $R_{th}$ . Окрім збільшеного терміну служби, низький термічний опір пропонує додаткову перевагу: при тій самій температурі припою компонент із низьким  $R_{th}$  досягає більшої світловіддачі. Причина для зниження ефективності світлодіода зі збільшенням температури переходу. Для виробника світлодіодів фактори впливу, які мають значний вплив на термін служби та надійність, можуть бути враховані вже на етапі розробки.

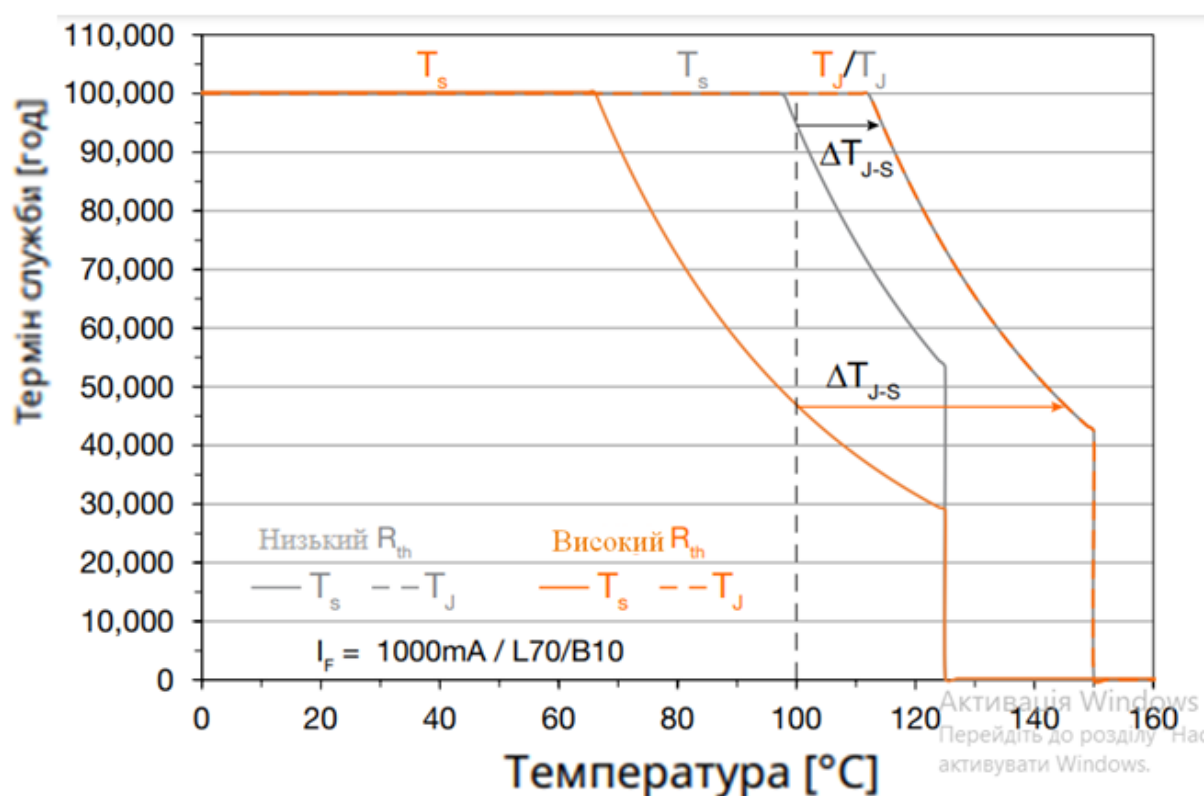


Рисунок 3.8 - Залежність тривалості життя від температури через вплив різних значень  $R_{th}$  (приклад)

Вплив цих факторів можна зменшити за допомогою таких заходів:

1. Надійна конструкція;
2. Оптимальне управління температурою;
3. Стабільні та оптимізовані виробничі процеси з метою мінімізації ризику спонтанного збою;

4. Підтримка клієнтів щодо включення світлодіодних конструкцій у клієнтську програму У сфері застосування замовника фактор впливу температури можна простежити до розсіювання тепла.

Тут важливу роль відіграє компонування та матеріал друкованої плати (PCB). Узагальнюючи під терміном «теплове управління», яке, серед іншого, включає вибір відповідного матеріалу друкованої плати (наприклад, FR4, IMS), розташування світлодіодів, щільність компонентів, додаткове охолодження тощо, користувач також має можливість спеціально орієнтуватися на його застосування, щоб пристосуватися до факторів впливу.

Можна вжити наступних заходів:

1. Оптимальне управління термоплатою;
2. Оптимальний дизайн для ефективного використання світлодіода;
3. Поводження зі світлодіодом відповідно до специфікацій;
4. Розгляд сильних і слабких сторін світлодіодів.

Недостатній контроль температури безпосередньо призводить до зниження надійності та терміну служби світлодіода. Однак загалом можна констатувати, що, незважаючи на високу надійність світлодіодів amsOSRAM AG, можна досягти високої загальної або системної надійності лише через розгляд усіх областей і всіх мінливих ефектів і залежностей.

Згідно із вищевикладеним дослідженням [3] можемо зробити такі висновки:

Зі зростанням складності технічного обладнання, модулів або навіть окремих компонентів аспекти надійності та терміну служби, а отже, витрати, пов'язані з заміною та переглядом, стають все більш важливими для клієнта. Тут слід враховувати оптимізацію між вимогами, функціями та витратами протягом усього терміну служби продукту.

Для сучасних потужних компонентів чи пристроїв уже недостатньо єдиної вимоги щодо надійності пристрою. Частіше очікується, що вони виконують свої

необхідні функції без збоїв. Однак можна лише зробити прогноз (ймовірність), підтверджений статистичними даними та експериментами щодо того, наскільки такі вимоги можуть бути виконані. Не можна дати прямої відповіді чи твердження щодо того, чи буде окремий пристрій або компонент працювати без збоїв протягом певного періоду часу.

В даний час для дослідження та перевірки цих типів питань використовуються сучасні методи управління якістю та моделювання надійності.

Також даний матеріал дає можливість нам зрозуміти як саме можна обрати електроосвітлювальне обладнання, для наших потреб відповідно до середвища в якому воно буде встановлено та буде експлуатуватись.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час монтажу та обслуговування обладнання системи електропостачання ТОВ «Гофрокомбінат «Торгтехніка». Шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний оперативно-ремонтний персонал підприємства [4, 5]:

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.

## 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

### 4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [7, 8], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від

допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин

забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Заносити довгі предмети (труби, драбини тощо) та працювати з ними в РУ, в яких унеможливлено випадковий дотик до частин, що перебувають під напругою, потрібно вдвох під постійним наглядом керівника робіт. Риштування та драбини, що застосовуються для ремонтних робіт, мають бути виготовлені за ДСТУ чи ТУ на них. Опорна частина драбин, що встановлюються на гладких поверхнях, має бути оббита гумою, а на опорних частинах драбин, що встановлюються на землі, мають бути гострі металеві наконечники. Драбини повинні верхнім кінцем надійно спиратися на міцну опору. У разі необхідності обіперти драбину на провід, вона повинна бути обладнана гачками в верхній частині. Зв'язані драбини застосовувати забороняється. В разі встановлення приставних драбин на підкранових балках, елементах металевих конструкцій тощо необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях. В процесі обслуговування та ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою III; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з

струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

#### 4.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізолювані 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.

2) При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

#### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, 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.

Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється. Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

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; показчики 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.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [9] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [10]: температури внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятися (не більше ніж на 2°C за

діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Іа.

| Період року | Категорія робіт              | Допустимі |             |               |
|-------------|------------------------------|-----------|-------------|---------------|
|             |                              | t, °C     | W, %        | V, м/с        |
| Теплий      | Середньої важкості<br><br>Іа | 18-27     | 65 при 26°C | 0,2-0,4       |
| Холодний    |                              | 17-23     | До 75%      | не більше 0,3 |

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup> [9]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

| Найменування<br>Речовини | ГДК, мг/куб.м         |                | Клас<br>небезпеки |
|--------------------------|-----------------------|----------------|-------------------|
|                          | Максимальна<br>разова | Середньодобова |                   |
| Оксид вуглецю            |                       | 20             | 4                 |
| Пил нетоксичний          | 4                     | 4              | 4                 |

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [10]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

#### 4.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [11] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4.2.

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 освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 4.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

| Характер зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Характеристика фону | Штучне при системі комбінованого освітлення |                        | Природне Ен пр | Сумісне Е сум |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------------|---------------|
|                         |                                                            |                       |                           |                          |                     | всього                                      | у т. ч. від загального |                |               |
| Середньої точності      | Від 0,5 до 1,0 включно                                     | IV                    | б                         | малий                    | світлий             | 500                                         | 200                    | 4              | 2,4           |

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

#### 4.2.4 Виробничий шум

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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» [12]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – 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 | 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.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

#### 4.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу – За [13]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, зерносушарки, транспортери, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

| Категорія вібрації по санітарним нормам | Напрямок дії    | Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення |     |                                              |    |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------|----|
|                                         |                 | Віброприскорення                                                            |     | Віброшвидкість                               |    |
|                                         |                 | $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$                                              | ДБ  | $\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$ | ДБ |
| Загальна                                | $Z_o, Y_o, X_o$ | 0,1                                                                         | 100 | 0,2                                          | 92 |

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

#### 4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [14, 15]. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [16], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [17].

Отже, приміщення ТОВ Гофрокомбінат «Торгтехніка», відносяться до категорії В з вибухонебезпечними зонами класу 22 – простір, в якому вибухонебезпечний паперовий пил у завислому стані може з'являтися нечасто та існувати недовго (у разі аварії).

Виробничі приміщення відносяться до категорії Б (пожежонебезпечна), якщо в них наявні горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, пере-робляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-займистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м<sup>2</sup> кожна перевищує 180 МДж•м<sup>-2</sup>.

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівлі, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [18] наведено в таблиці 4.5.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [18] наведено в таблиці 4.6.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.7 (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 4.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за таблицею 4.7 (знаменник) [18].

Таблиця 4.5 – 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 площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток | пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами | елементи суміщених покриттів |                          |
|                                 | несучі та сходових кліток                                                                                          | само-несучі  | зовнішні не-несучі | внутрішні не-несучі (перегородки |             |                                                                 |                                                              | пли-ти, насти-ли, прого-ни   | балки, ферми, арки, рами |
| II                              | REI 120<br>M0                                                                                                      | REI 60<br>M0 | E 15<br>M0         | E1 15<br>M0                      | R 120<br>M0 | R 60<br>M0                                                      | REI 45<br>M0                                                 | RE 15<br>M0                  | R 30<br>M0               |

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

| Протипожежні перешкоди | Типи протипожежних перешкод або їх елементів | Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах) | Тип заповнення прорізів, не нижче | Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
| Стіни                  | 3                                            | REI 45                                                              | 2                                 | 2                                        |
| Перегородки            | 2                                            | EI 15                                                               | 3                                 | 2                                        |
| Перекриття             | 4                                            | REI 15                                                              | 3                                 | 2                                        |

На території ТОВ «Гофрокомбінат «Торгтехніка» встановлено 45 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та ВВП-9 [19].

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасниками; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки порошковими вогнегасниками ВП-5 або піском; зупинити обладнання.

Таблиця 4.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

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

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі було проведено аналіз системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Гофрокомбінат "Торгтехніка" . Виконано розрахунок електричних навантажень цеху і підприємства в цілому.

Виконано розрахунок цехової та внутрізаводської мережі.

На території підприємства встановлено три двотрансформаторні підстанції, що отримують живлення від підстанції 110/10 кВ кабельними лініями 10 кВ.

Обрані комутаційно-захисна апаратура та живлячі провідники заводської мережі перевірені на допустимість, та термічну стійкість на основі розрахунку коротких замикань.

На лініях, що підходять безпосередньо до електроприймачів вибираємо автоматичні вимикачі серії ЕВ з тепловим і електромагнітними розчіплювачами. Розроблена система електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

Також було проведено оцінку терміну життя світлодіодів в залежності від умов їх експлуатації. Визначено основні фактори впливу на життєвий цикл світлодіодів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
2. Силові трансформатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bisik.kiev.ua/uk/transformers>
3. Надійність і довговічність світлодіодів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [file:///C:/Users/user/Downloads/AN006\\_Reliability%20and%20lifetime%20of%20LEDs.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/AN006_Reliability%20and%20lifetime%20of%20LEDs.pdf)
4. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
5. 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. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->
6. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=48644](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644).
7. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

8. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

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

11. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

12. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

13. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

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

15. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

16. ДСТУ 8829:2019 Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

18. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf).

19. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

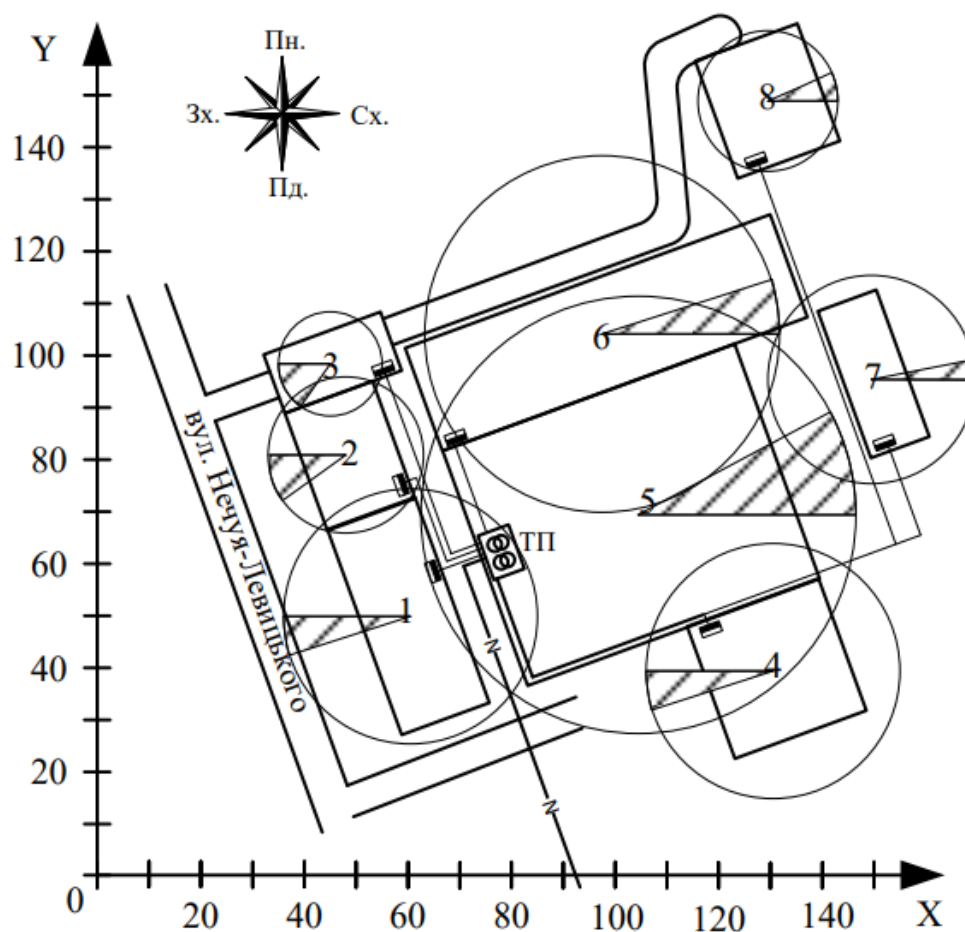


Рисунок А.1 - Генплан підприємства із картограмою навантажень із розподільною мережею

| № | Найменування цехів         | Р <sub>н</sub> , кВт |
|---|----------------------------|----------------------|
| 1 | Корпус №1                  | 300                  |
| 2 | Адміністративна будівля    | 110                  |
| 3 | Прохідна                   | 60                   |
| 4 | Інструментальний цех       | 300                  |
| 5 | Головний виробничий корпус | 850                  |
| 6 | Корпус №2                  | 600                  |
| 7 | Котельна                   | 200                  |
| 8 | Гараж                      | 120                  |

## Додаток Б

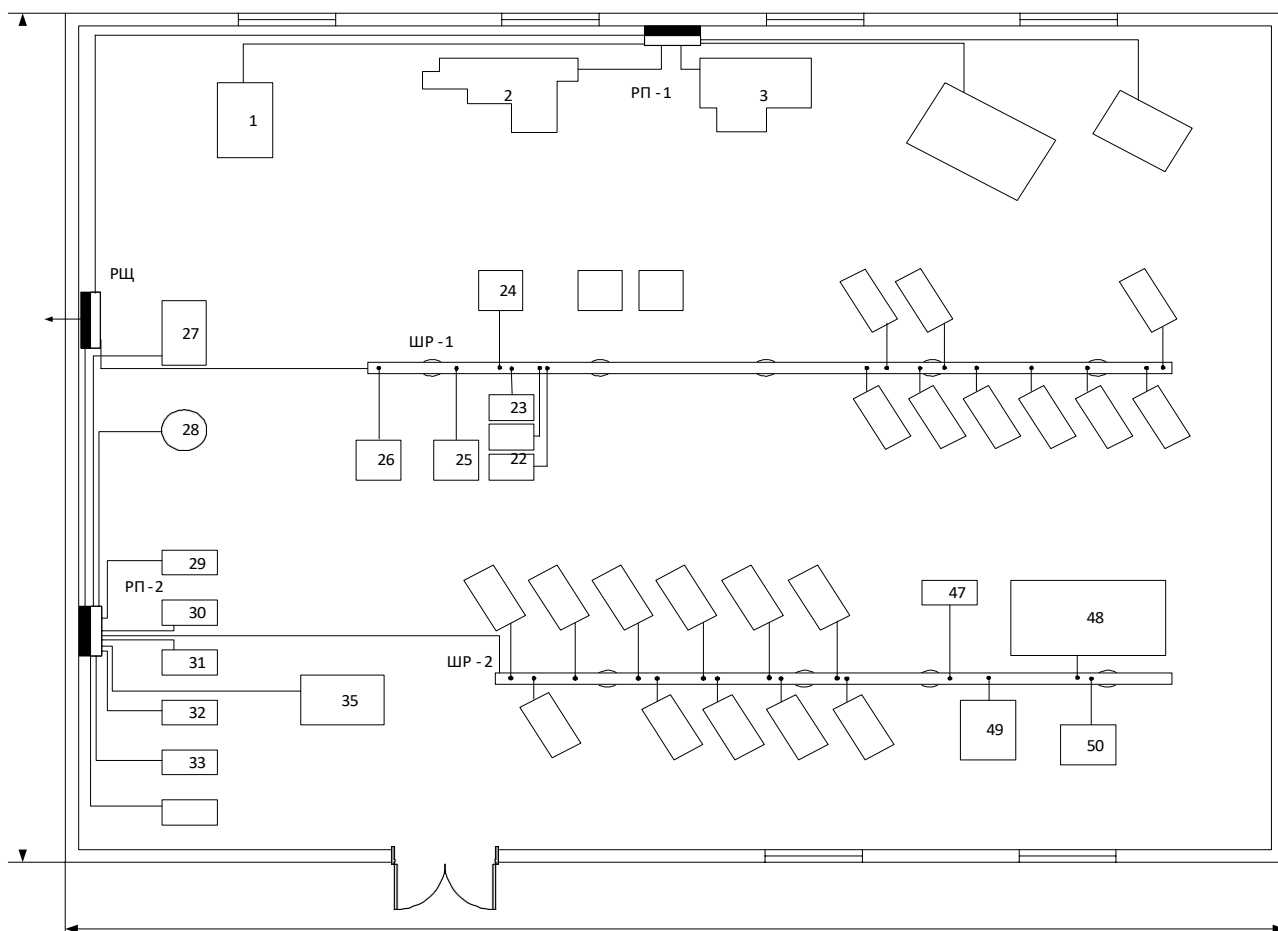


Рисунок Б.1 - План цеху і силової мережі

| №              | Найменування цехів                | Рн, кВт |
|----------------|-----------------------------------|---------|
| 1-35           | Різьбонарізний станок             | 13,5    |
| 2              | Універсально шліфувальний станок  | 9,5     |
| 3              | Плоскошліфувальний станок         | 4,46    |
| 4,36           | Токарно гвинторізний станок       | 9,6     |
| 5              | Токарно гвинторізний станок       | 4,6     |
| 6              | Універсально фрезерний станок     | 7,5     |
| 7              | Універсально фрезерний станок     | 6,2     |
| 8              | Горизонтально фрезерний станок    | 5,6     |
| 9-13           | Вертикально фрезерний станок      | 5,2     |
| 14             | Універсально фрезерний станок     | 3,5     |
| 15-17,24       | Свердильний станок                | 0,7     |
| 18-20,25,29-34 | Різьбонарізний станок             | 1,6     |
| 21-23          | Свердильний станок                | 2,1     |
| 26             | Вертикально свердильний станок    | 1,2     |
| 27             | Універсально заточувальний станок | 1,1     |
| 28             | Вертикально фрезерний станок      | 0,8     |
| 37             | Токарно гвинторізний станок       | 4       |
| 38,46          | Токарно гвинторізний станок       | 10      |
| 39-45          | Токарно гвинторізний станок       | 3,2     |
| 47             | Піч нагрівальна                   | 10      |
| 48             | Торце-розкатний станок            | 32      |
| 49,50          | Полірувальний станок              | 3,6     |

## Додаток В

| Захист     |                     |                      |                        |                     | Струмове дуча лінія |                       |                     |                       | Захист     |                     |                      |                        |                     | Розподільча ліній   |                    |       |                       |                       | Електроприймачі         |               |        |      |          | Найменування<br>приймача      |   |
|------------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|--------|------|----------|-------------------------------|---|
| Тип<br>авт | I <sub>n</sub><br>А | I <sub>св</sub><br>А | I <sub>п.р.</sub><br>А | I <sub>н</sub><br>А | Спосіб<br>прокладки | Марка<br>і<br>переріз | Довжина<br>ліній, м | I <sub>ном</sub><br>А | Тип<br>авт | I <sub>n</sub><br>А | I <sub>св</sub><br>А | I <sub>п.р.</sub><br>А | I <sub>н</sub><br>А | Спосіб<br>прокладки | Марка і<br>переріз | L, м  | I <sub>ном</sub><br>А | I <sub>ном</sub><br>А | P <sub>ном</sub><br>кВт | №<br>верстата |        |      |          |                               |   |
| ●          | BA 55-37            | 160                  | 128                    | 384                 | 101,9               | В сталелих<br>рукавах | ABBF<br>4x50        | 28                    | 105        | ●                   | ●                    | BA 51-25               | 25                  | 250                 | 25                 | 20,51 | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x6)           | 14                      | 26            | 102,5  | 13,5 | 1        | Різьбонарізний станок         |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     |                     | 160                |       |                       | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)             | 5             |        |      |          |                               | 2 |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 80                  | 8                  | 6,78  | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 2                       | 21            | 33,8   | 4,46 | 3        |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 160                 | 16                 | 14,59 | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 11                      | 21            | 72,93  | 9,6  | 4        |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 80                  | 8                  | 6,99  | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 17                      | 21            | 34,9   | 4,6  | 5        |                               |   |
|            | BA 55-37            | 128                  | 384                    | 101,9               | В сталелих          | ABBF                  | 10                  | 105                   | ●          | ●                   | ●                    | BA 51-25               |                     |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах |                       |                         |               |        |      | 6        | Універсально фрезерний станок |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     |                     | 100                |       |                       | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)             | 1,5           |        |      |          |                               | 7 |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 100                 | 10                 | 8,5   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 1,5                     | 21            | 42,5   | 5,6  | 8        |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 100                 | 10                 | 7,9   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 1                       | 21            | 39,5   | 5,2  | 9-13     |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 44,1                | 6,3                | 5,3   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 1                       | 21            | 26,6   | 3,5  | 14       |                               |   |
|            | BA 55-37            | 160                  | 128                    | 384                 | 101,9               | В сталелих<br>рукавах | ABBF<br>4x50        | 9                     | 105        | ●                   | ●                    | BA 51-25               |                     |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах |                       |                         |               |        |      | 15-17,24 | Свердлильний станок           |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 44,1                | 6,3                | 2,4   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 3                       | 21            | 12,1   | 1,6  | 18-20,25 |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           |                         |               |        |      | 21-23    |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 44,1                | 6,3                | 1,8   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 3                       | 21            | 9,1    | 1,2  | 26       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах |                       |                         |               |        |      | 27       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     | 44,1                |                    |       | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 9                       |               |        |      | 28       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 44,1                | 6,3                | 2,4   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 5                       | 21            | 8,36   | 1,6  | 35       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-31               | 100                 | 217                 | 31                 | 20,5  | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x10)          | 8                       | 38            | 102,56 | 13,5 | 36       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 55-37               |                     |                     |                    |       |                       |                       |                         |               |        |      | 37       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах |                       |                         |               |        | 9,6  | 39-49    |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     | 100                 |                    |       | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 2                       |               |        | 4    | 47       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 100                 | 10                 | 8,5   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 2                       | 21            | 42,5   |      | 48       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах |                       |                         |               |        | 3,2  | 49       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               | 25                  | 44,1                | 6,3                | 5,3   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 3                       | 21            | 26,6   | 10   | 49       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-25               |                     |                     |                    |       | В сталелих<br>рукавах |                       |                         |               |        | 32   | 49       |                               |   |
|            |                     |                      |                        |                     |                     |                       |                     |                       |            |                     |                      | BA 51-31               | 25                  | 44,1                | 6,3                | 2,4   | В сталелих<br>рукавах | АПВ- 4(1x4)           | 1                       | 21            | 12,1   | 3,6  | 49,50    |                               |   |

Рисунок В.1 - Розрахунково-монтажна таблиця

## Додаток Г

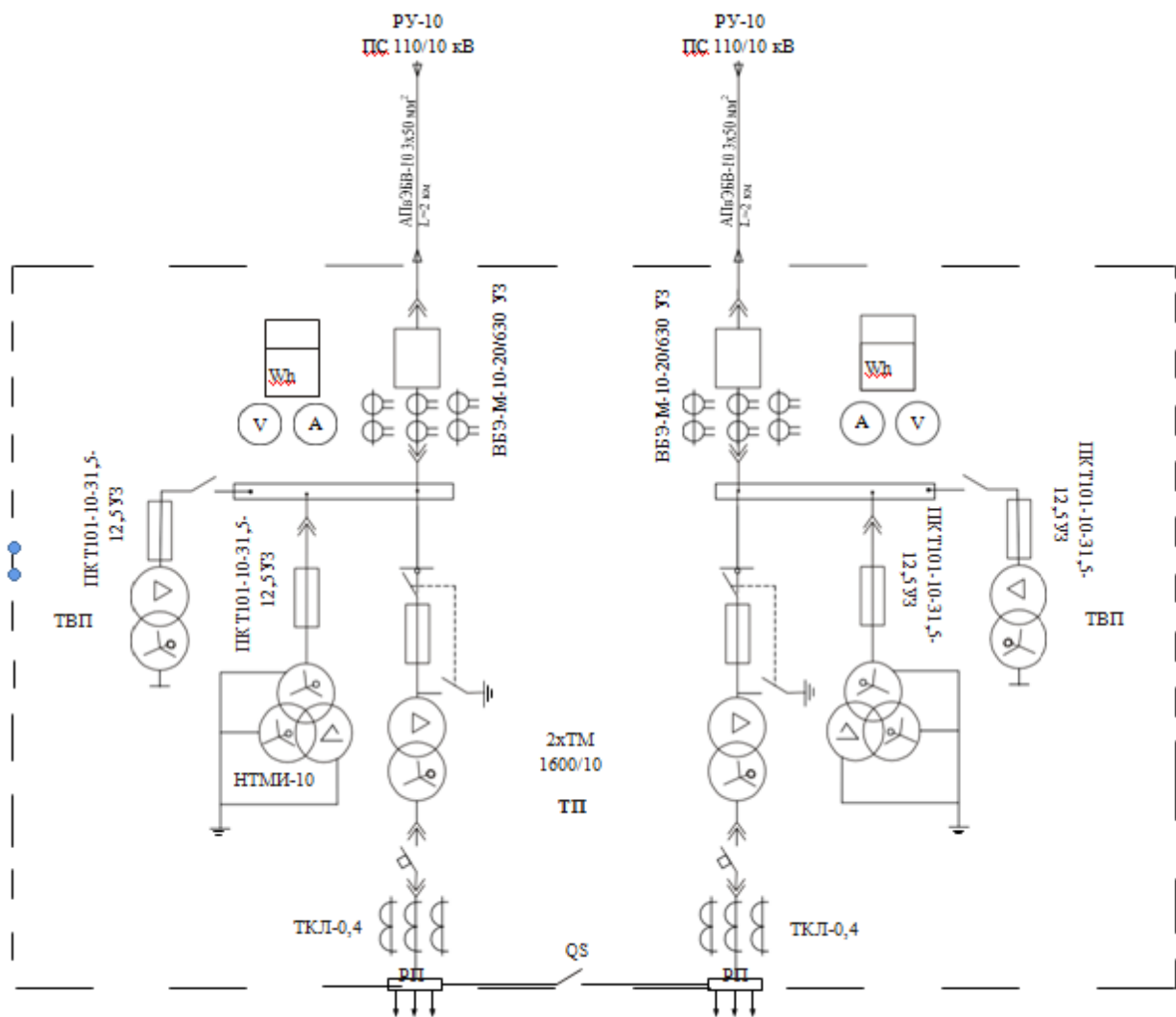


Рисунок Г.1 - Однолінійна схема електропостачання підприємства

## Додаток Д

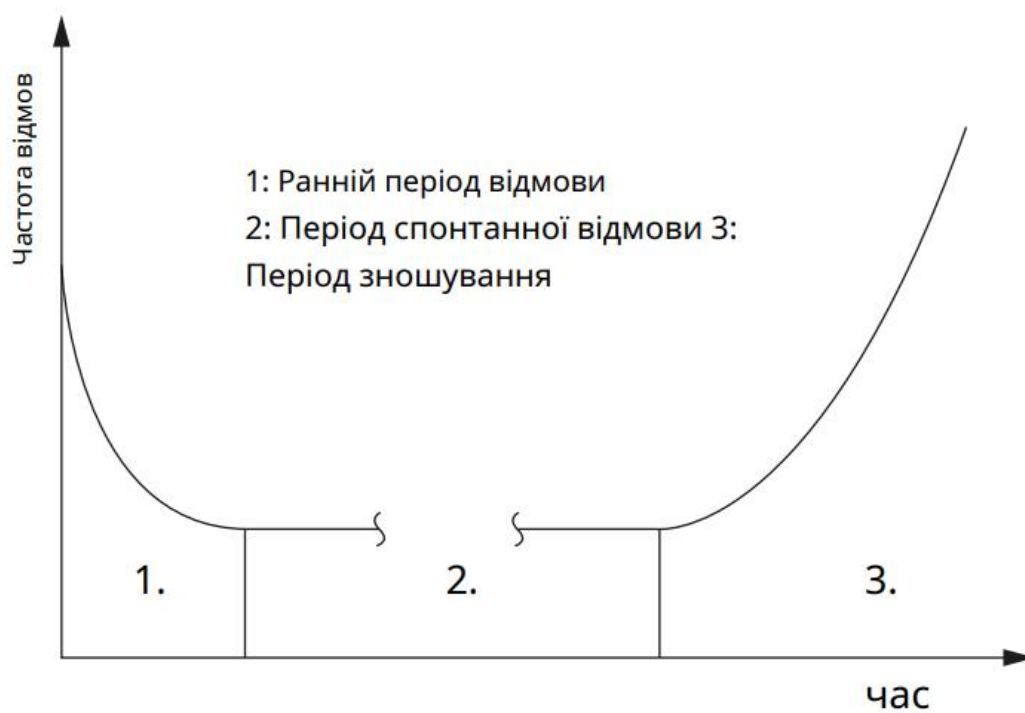


Рисунок Д.1 - Рівень відмов з часом («крива ванни»)

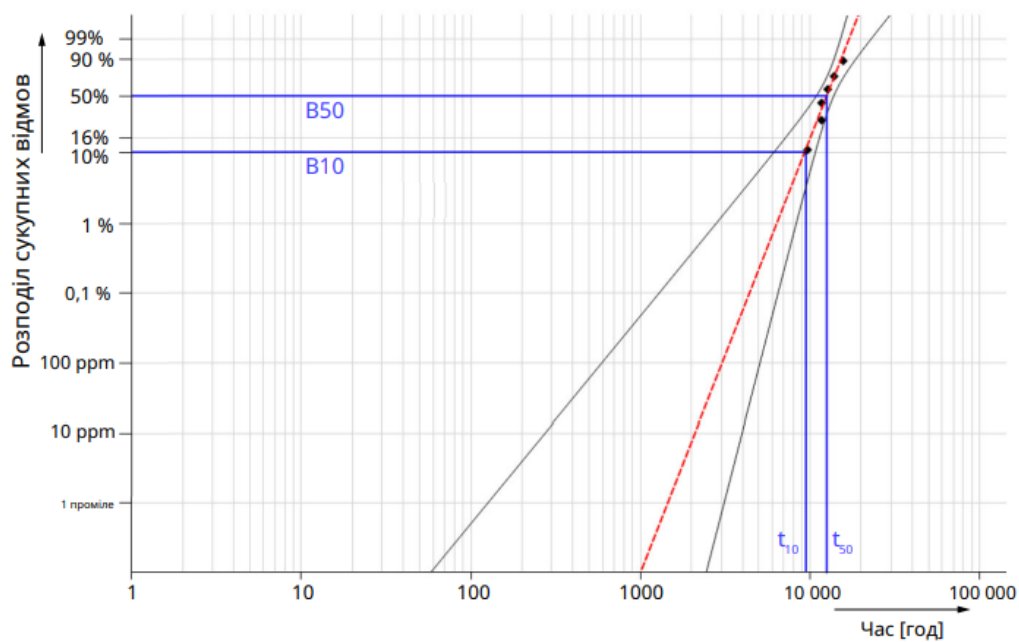


Рисунок Д.4 - Сукупний розподіл відмов, що показує термін служби

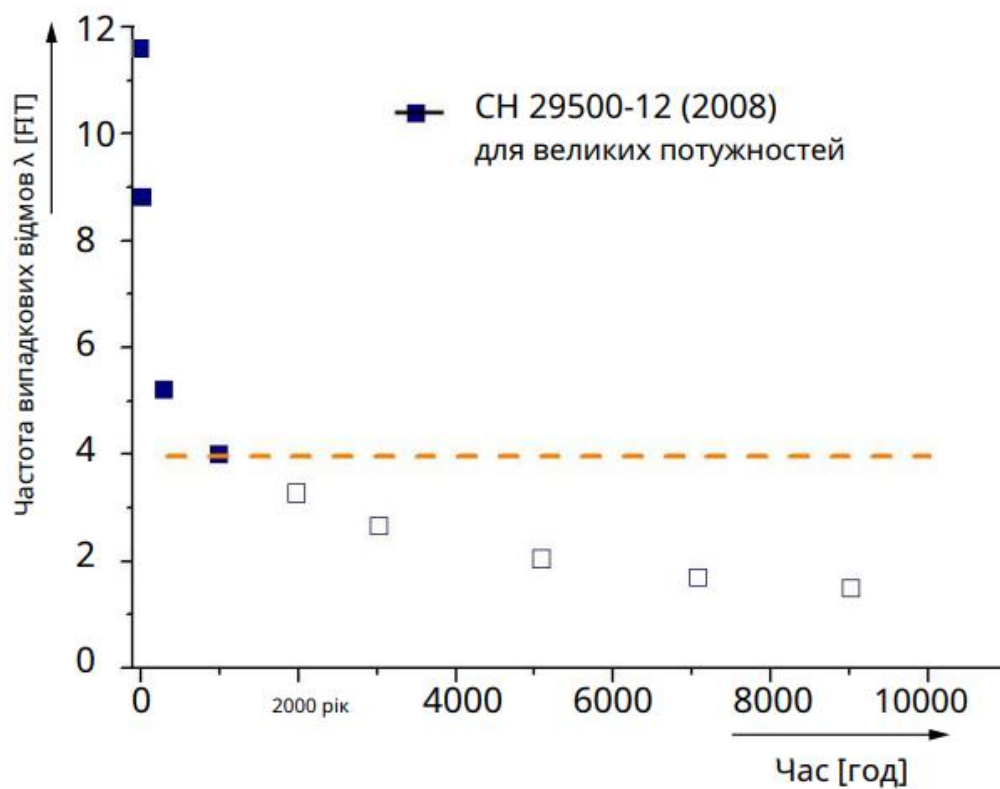


Рисунок Д.2 - Рівень відмов світлодіодів у зовнішньому періоді відповідно до стандарту Siemens SN29500

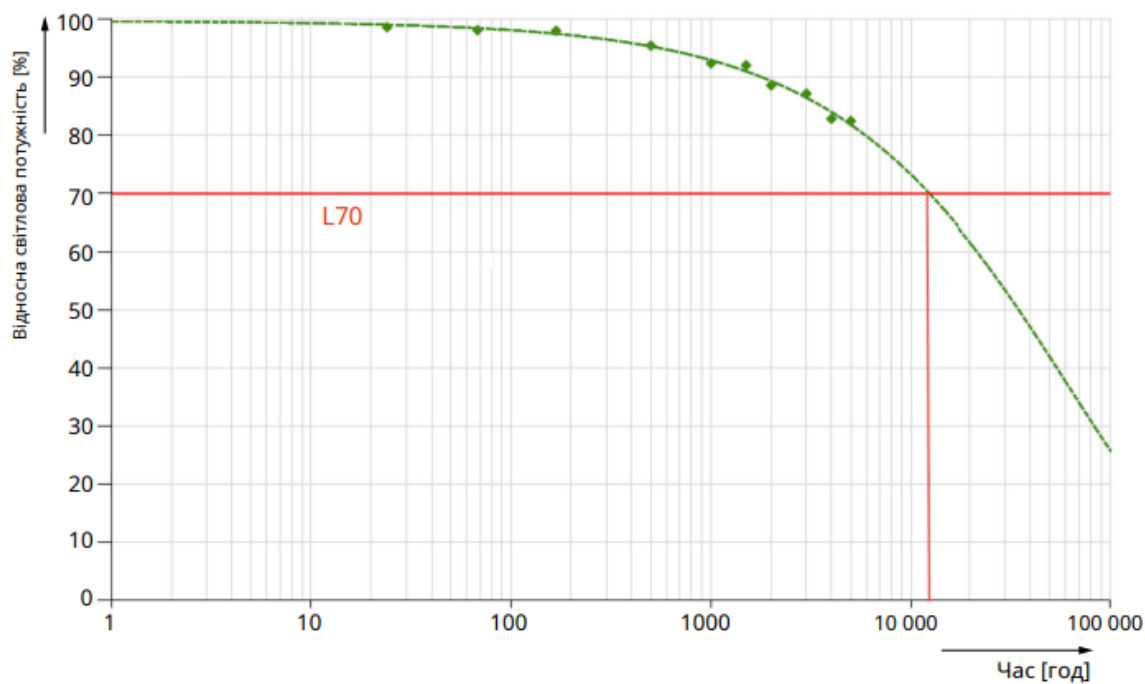


Рисунок Д.3 - Крива деградації

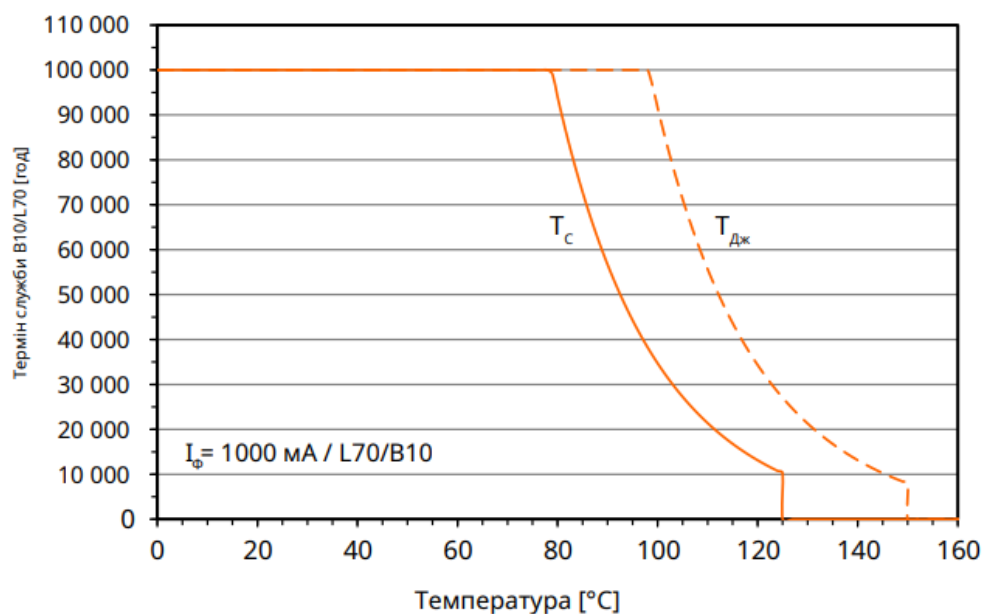


Рисунок Д.5 - Залежність терміну служби від температури спаю та температури точки пайки

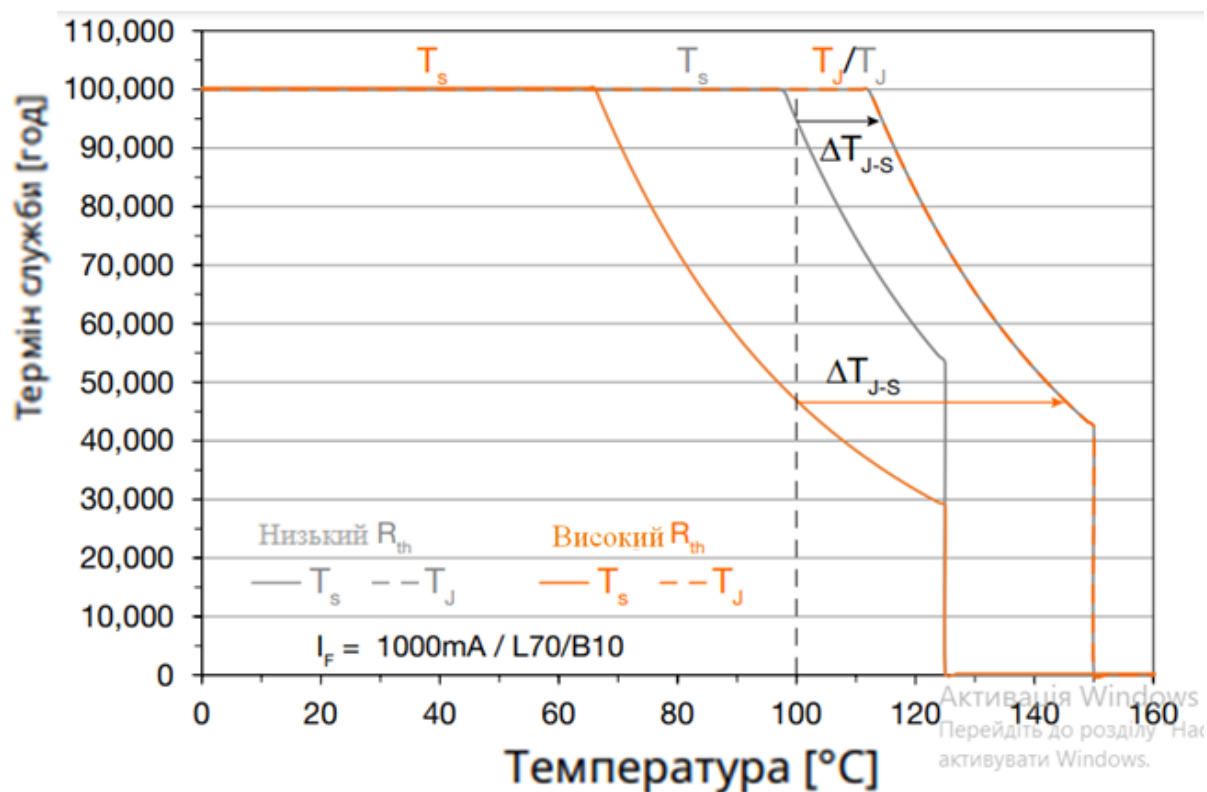


Рисунок Д.6 - Залежність тривалості життя від температури через вплив різних значень  $R_{th}$  (приклад)

Додаток Е – Протокол перевірки роботи на наявність текстових  
запозичень

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Аналіз системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Гофрокомбінат "Торгтехніка"

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 75.1% Схожість 24.9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібно):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Лобода Ю.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_ Міщенко О. В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Кравець О. М.  
(підпис) (прізвище, ініціали)