

**Міністерство освіти і науки України**

**Луцький національний технічний університет**

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет архітектури, будівництва та енергетики**

(повне найменування факультету)

**Кафедра електричної інженерії**

(повне найменування кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

### ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

#### «Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт»

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

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

Виконав здобувач вищої освіти  
групи    ЕЕ-43

Пась Сергій Валерійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент  
Грицюк Ірина Василівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційний проект  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Волинець Владислав Ігорович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2026 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

|                      |                                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------------|
| Факультет            | архітектури, будівництва та енергетики                   |
| Кафедра              | електричної інженерії                                    |
| Ступінь вищої освіти | бакалавр                                                 |
| Галузь знань         | 14 Електрична інженерія                                  |
| Спеціальність:       | 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка |
| Освітня програма     | Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка     |

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Пасю Сергію Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема кваліфікаційного проекту:** Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт

**Керівник проекту:** канд. техн. наук, доцент Грицюк Ірина Василівна  
затверджені наказом ВНЗ від « 31 » грудня 2025 р. № 971/01-07

**2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційного проекту** 15 травня 2026 р.

**3. Вихідні дані до проекту** Генеральний план підприємства, план розташування обладнання, відомості про електроприймачі підприємства (номінальні параметри, режими роботи, категорія по надійності електропостачання), класи пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон об'єктів, умови компенсації реактивної потужності, час споживання максимальної потужності, інформація про джерело живлення.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):**

1. Коротка характеристика об'єкту проектування.

2. Основні проектні рішення.

3. Електропостачання насосної станції.

4. САПР.

5. Електробезпека.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

1. Генеральний план підприємства.

2. Однолінійна схема електропостачання.

3. План розміщення обладнання.

4. Схема керування електроприводом засувки насосного агрегату.

**6. Консультанти розділів роботи**

| Розділ                                         | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис         |                  |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1. Коротка характеристика об'єкту проектування | Грицюк І.В.                               |                |                  |
| 2. Основні проектні рішення                    | Грицюк І.В.                               |                |                  |
| 3. Електропостачання насосної станції          | Грицюк І.В.                               |                |                  |
| 4. САПР                                        | Грицюк І.В.                               |                |                  |
| 5. Електробезпека                              | Грицюк І.В.                               |                |                  |

7. Дата видачі завдання 3 січня 2026 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційного проекту бакалавра | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Коротка характеристика об'єкту проектування     | 03.02.2026                     |          |
| 2     | Основні проектні рішення                        | 03.03.2026                     |          |
| 3     | Електропостачання насосної станції              | 17.03.2026                     |          |
| 4     | САПР                                            | 24.03.2026                     |          |
| 5     | Електробезпека                                  | 07.04.2026                     |          |
| 6     | Оформлення пояснювальної записки                | 21.04.2026                     |          |
| 7     | Оформлення графічного матеріалу                 | 10.05.2026                     |          |
| 8     | Перевірка на плагіат кваліфікаційного проекту   | 15.05.2026                     |          |

**8. Затвердження відповідності графічного матеріалу вимогам нормативних документів**

| № з/п | Назва креслення                                            | Підпис | Дата |
|-------|------------------------------------------------------------|--------|------|
| 1     | Генеральний план підприємства                              |        |      |
| 2     | Однолінійна схема електропостачання                        |        |      |
| 3     | План розміщення обладнання                                 |        |      |
| 4     | Схема керування електроприводом засувки насосного агрегату |        |      |

Здобувач вищої освіти

(підпис)

( Пась С.В. )  
(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

(підпис)

( Грицюк І.В. )  
(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Пась С.В. Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт. Рукопис.

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

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

У проєкті розроблено (запропоновано) систему електропостачання промислового підприємства. Проєктування виконане на основі електротехнічних розрахунків: розрахунку силових електричних навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм на основі ієрархічного підходу; розрахунку освітлювальних навантажень на основі методу питомої густини освітлювального навантаження; розрахунку техніко-економічних показників прийнятих проєктних рішень на основі методу приведених затрат.

У результаті розрахунків отримали систему електропостачання даного підприємства з високими показниками економічної обґрунтованості.

Прийняті проєктні рішення дозволяють перейти до їх практичної реалізації й впровадження спроектованої системи електропостачання.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), лінія електропередач, електроприймачі, електричні навантаження, струми короткого замикання, компенсація реактивної потужності, електрична апаратура, електробезпека.

## ANNOTATION

S. Pas. Development of the power supply system of a furniture factory with an installed capacity of 1050 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of OP "Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of five sections, a list of used sources, and appendices.

The project developed (proposed) the power supply system of an industrial enterprise. The design is made on the basis of electrical engineering calculations: calculation of power electrical loads using the method of ordered diagrams based on a hierarchical approach; calculation of lighting loads based on the method of specific density of lighting load; calculation of technical and economic indicators of adopted project decisions based on the method of reduced costs.

As a result of the calculations, we received the electricity supply system of this enterprise with high indicators of economic validity.

Adopted design decisions allow to proceed to their practical implementation and implementation of the designed power supply system.

Key words: power supply system (SEP), power line, power receivers, electrical loads, short-circuit currents, reactive power compensation, electrical equipment, electrical safety.

# ЗМІСТ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                    | 8  |
| РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ                                                          | 9  |
| РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....                                                                        | 11 |
| 2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....                                                          | 11 |
| 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....                                                               | 12 |
| 2.3. Визначення результуючих навантажень.....                                                                 | 13 |
| 2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного<br>центру навантажень.....                    | 14 |
| 2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням<br>компенсації реактивної потужності..... | 15 |
| 2.6. Компенсація реактивної потужності.....                                                                   | 16 |
| 2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....                                                  | 16 |
| 2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....                                                           | 17 |
| 2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....                                                        | 18 |
| 2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....                                                             | 20 |
| 2.11. Вибір обладнання.....                                                                                   | 21 |
| 2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....                                                         | 21 |
| 2.11.2. Вибір роз'єднувачів.....                                                                              | 22 |
| 2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....                                                     | 23 |
| 2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....                                                              | 23 |
| 2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....                                                                    | 23 |
| 2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....                                           | 25 |
| 2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....                                                                     | 28 |

|           |               |          |        |      |                                                                                          |  |  |  |  |                |      |         |    |  |  |
|-----------|---------------|----------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|----------------|------|---------|----|--|--|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ                                                                       |  |  |  |  |                |      |         |    |  |  |
| Зм.       | Арк.          | № докум. | Підпис | Дата | Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт.<br>Пояснювальна записка. |  |  |  |  | Літ.           | Арк. | Аркушів |    |  |  |
| Розроб.   | Пась С.В.     |          |        |      |                                                                                          |  |  |  |  |                |      | 6       | 71 |  |  |
| Перевір.  | Грицюк І.В.   |          |        |      |                                                                                          |  |  |  |  | ФАБЕ, гр.ЕЕ–43 |      |         |    |  |  |
|           |               |          |        |      |                                                                                          |  |  |  |  |                |      |         |    |  |  |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                          |  |  |  |  |                |      |         |    |  |  |
| Затверд.  | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                          |  |  |  |  |                |      |         |    |  |  |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....          | 29 |
| 2.12.5. Вибір рубильників.....                     | 30 |
| РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....   | 31 |
| РОЗДІЛ 4 САПР.....                                 | 34 |
| РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА .....                      | 37 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....                        | 38 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....                      | 39 |
| ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....            | 42 |
| ДОДАТОК 2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ..... | 63 |
| ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....                      | 70 |

## ВСТУП

Проектування системи електропостачання (СЕП) меблевої фабрики виконуватиметься відповідно до методик [1, 3]. Для зручності методики розрахунків, які використовуються в проєкті, зведено в додатки [Д.1 – Д.3].

СЕП меблевої фабрики повинна відповідати вимогам, зазначеним у відповідних нормативних актах та документах, зокрема [2].

Однією з основних вимог до СЕП підприємств є належний рівень надійності електропостачання. Тому для забезпечення надійності живлення електроприймачів I та II категорії застосовують два джерела живлення (двотрансформаторну підстанцію, дві паралельні лінії зовнішнього електропостачання) із можливістю автоматичного або ручного ввімкнення резерву відповідно. При виконанні перевірки мережі за перевантажувальною здатністю в післяаварійному режимі не враховують протужність приймачів III категорії, які можуть бути відключені на час ліквідації пошкодження.

Для забезпечення якості електричної енергії втрати потужності та напруги в проєктованих мережах повинні бути мінімальними. Для можливості впливу на показники якості в межах СЕП меблевої фабрики доцільно застосовувати засоби регулювання напруги, зокрема пристрої перемикачів без збудження та конденсаторні батареї.

Технічні рішення, прийняті в процесі експлуатації СЕП промислових підприємств, повинні бути економічно обґрунтованими. Для вибору перерізів ліній високої напруги в [1, 3] рекомендовано застосування методу економічної густини струму навантаження, для вибору силових трансформаторів – методу питомої густини навантаження.

Застосування автоматизованих систем проектування забезпечує точність виконаних проєктних розрахунків.

Також СЕП фабрики повинна передбачати систему заходів та засобів для безпечної експлуатації електрообладнання та електричних мереж.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 8    |

## РОЗДІЛ 1

### КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Структуру виробництва меблевої фабрики наведено на рисунку 1.1. Окрім цехів, де відбувається основний виробничий процес, у складі фабрики є й допомідні будівлі (позначено зеленим).

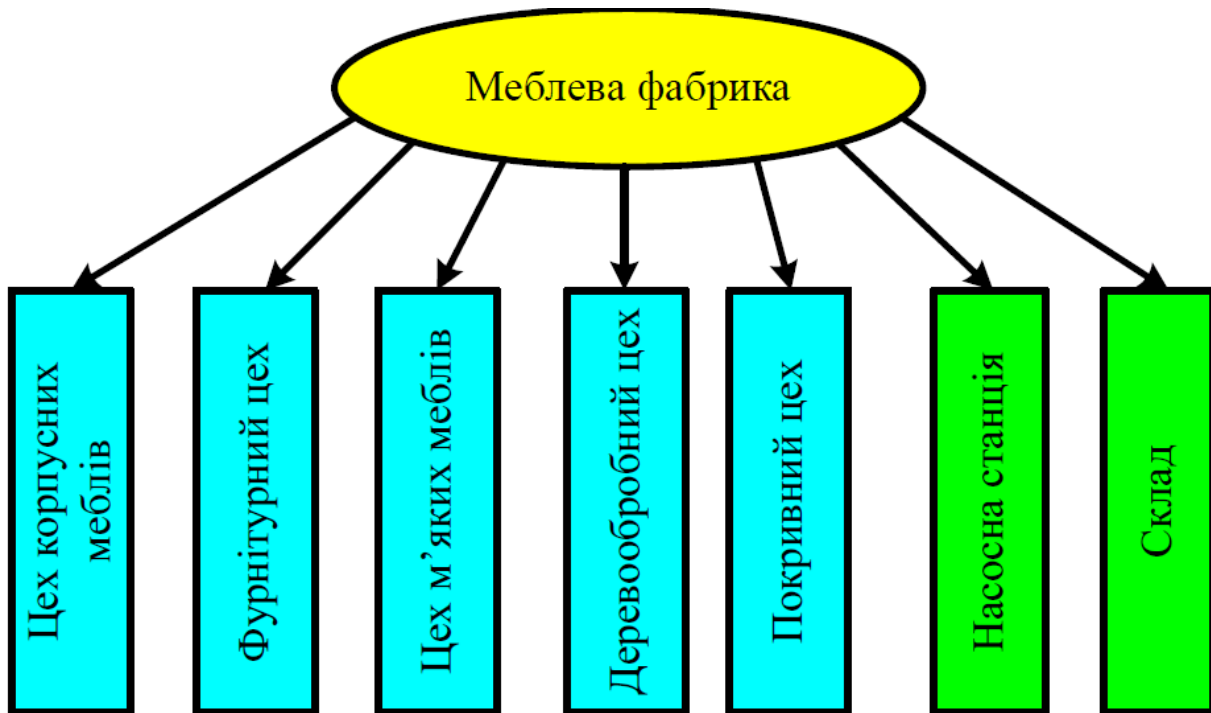


Рисунок 1.1 – Структура меблевої фабрики

Приймачі електричної енергії, долучені безпосередньо до процесу виробництва, та електроприймачі насосної станції належать до II категорії надійності електропостачання. Приймачі складу або ті, що не приймають безпосередньої участі у виробничому процесі, належать до III категорії.

Найбільш відповідальними приймачами фабрики є пристрої пожежної сигналізації та установки евакуаційного освітлення. Вони належать до I категорії надійності.

В тексті проєкту наводитимемо посилання на аркуші його графічного частини.

|           |               |          |        |      |                                                                                          |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ                                                                       |      |         |
| Зм.       | Арк.          | № докум. | Підпис | Дата | Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт.<br>Пояснювальна записка. |      |         |
| Розроб.   | Пась С.В.     |          |        |      |                                                                                          |      |         |
| Перевір.  | Грицюк І.В.   |          |        |      |                                                                                          |      |         |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                          |      |         |
| Затверд.  | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                          |      |         |
|           |               |          |        |      | Літ.                                                                                     | Арк. | Аркушів |
|           |               |          |        |      |                                                                                          | 9    | 2       |
|           |               |          |        |      | ФАБЕ, гр.ЕЕ-43                                                                           |      |         |

Мережу зовнішнього та внутрішньозаводського електропостачання проєктуватимемо для фабрики в цілому; мережу внутрішньозаводського електропостачання – для деревообробного цеху.

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

| Назва об'єкту           | Розміри будівлі |           |                               | Встановлена потужність, кВт |
|-------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|
|                         | Довжина, м      | Ширина, м | Площа будівлі, м <sup>2</sup> |                             |
| 1. Цех корпусних меблів | 84              | 42        | 3528                          | 235                         |
| 2. Фурнітурний цех      | 72              | 36        | 2592                          | 145                         |
| 3. Цех м'яких меблів    | 54              | 36        | 1944                          | 215                         |
| 4. Деревообробний цех   | 66              | 30        | 1980                          | 210                         |
| 5. Покривний цех        | 60              | 18        | 1080                          | 135                         |
| 6. Насосна станція      | 24              | 24        | 576                           | 72                          |
| 7. Склад                | 72              | 18        | 1296                          | 38                          |
| Разом                   |                 |           | 12996                         | 1050                        |

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

| Назва параметру                                                          | Одиниці вимірювання | Значення |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|
| Кількість змін                                                           | –                   | 2        |
| Тривалість роботи електрообладнання в рік $\tau$                         | год.                | 4300     |
| Час використання максимального навантаження $T_{\max}$                   | год.                | 2320     |
| Джерело живлення                                                         | –                   | РП-10 кВ |
| Відстань до джерела $l$                                                  | км                  | 1,9      |
| Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$ | МВА                 | 50,5     |
| Вхідна реактивна потужність $Q_{e \max}$                                 | кВАр                | 182      |
| Загальна територія підприємства                                          | м <sup>2</sup>      | 38628    |
| Категорія надійності споживачів:                                         |                     |          |
| I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)               | %                   | 0,4      |
| II (приймачі основних виробничих <del>цехів</del> )                      | %                   | 72,3     |
| III (приймачі складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)          | %                   | 27,3     |



Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень силових приймачів підприємства

| Номер цеху | $P_H$ , кВт | Середні навантаження за найбільш завантажену зміну |                    |                   | Розрахункові навантаження |              |             |
|------------|-------------|----------------------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|--------------|-------------|
|            |             | $P_{ср.зм}$ , кВт                                  | $Q_{ср.зм}$ , кВАр | $S_{ср.зм}$ , кВА | $P_p$ , кВт               | $Q_p$ , кВАр | $S_p$ , кВА |
| 1          | 117,50      | 116,33                                             | 165,34             | 135,13            | 127,96                    | 186,10       | 117,50      |
| 2          | 65,25       | 65,90                                              | 92,74              | 71,78             | 72,49                     | 102,01       | 65,25       |
| 3          | 107,50      | 129,00                                             | 167,92             | 129,00            | 141,90                    | 191,77       | 107,50      |
| 4          | 63,25       | 69,49                                              | 93,97              | 75,90             | 76,44                     | 107,72       | 63,25       |
| 4.1        | 33,38       | 36,12                                              | 49,18              | 40,06             | 39,73                     | 56,42        | 33,38       |
| 4.2        | 29,87       | 33,37                                              | 44,79              | 35,84             | 36,71                     | 51,31        | 29,87       |
| 4.3        | 17,01       | 16,67                                              | 23,82              | 20,41             | 18,34                     | 27,44        | 17,01       |
| 4.4        | 20,79       | 20,37                                              | 29,11              | 24,95             | 22,41                     | 33,54        | 20,79       |
| 5          | 66,15       | 66,81                                              | 94,02              | 82,69             | 73,49                     | 110,63       | 66,15       |
| 6          | 50,40       | 37,80                                              | 63,00              | 65,52             | 41,58                     | 77,60        | 50,40       |
| 7          | 11,40       | 11,06                                              | 15,88              | 14,82             | 12,16                     | 19,17        | 11,40       |
| Всього     | 481,45      | 496,39                                             | 692,87             | 574,83            | 546,03                    | 795,01       | 481,45      |

## 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Площі цехів меблевої фабрики доволі значні (табл.1.1, аркуш 1). Тому частка освітлювальних навантажень складає більше 10%. Тип та характеристики джерел світла обираємо з [4]. Навантаження, створювані цими джерелами, розраховуємо за значеннями питомої потужності залежно від розрядів зорових робіт у кожному цеху, висоти приміщень та нормативної освітленості.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

| Номер будівлі | Розряд зорової роботи | $E_{норм}$ , лк | Тип світильника                | F, лм | P, кВт |
|---------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|-------|--------|
| 1             | Va                    | 300             | LightProm 200W, 24000Lm, 5000K | 24000 | 200    |
| 2             | Va                    | 300             | LightProm 200W, 24000Lm, 5000K | 24000 | 200    |
| 3             | Va                    | 300             | LightProm 200W, 24000Lm, 5000K | 24000 | 200    |
| 4             | Va                    | 300             | LightProm 200W, 24000Lm, 5000K | 24000 | 200    |
| 5             | Va                    | 300             | LightProm 200W, 24000Lm, 5000K | 24000 | 200    |
| 6             | VIII6                 | 75              | AL1004 100W                    | 11000 | 100    |
| 7             | VIII6                 | 75              | AL1004 100W                    | 11000 | 100    |

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

| Номер цеху | F, м <sup>2</sup> | h, м | P <sub>пит</sub> , $\frac{Вт}{м^2}$ | P <sub>о</sub> , кВт | K <sub>пра</sub> | K <sub>п</sub> | tgφ  | P <sub>р.о</sub> , кВт | Q <sub>р.о</sub> , квар |
|------------|-------------------|------|-------------------------------------|----------------------|------------------|----------------|------|------------------------|-------------------------|
| 1          | 3528              | 8    | 4,98                                | 17,57                | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 18,97                  | 6,26                    |
| 2          | 2592              | 8    | 4,98                                | 12,91                | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 13,94                  | 4,60                    |
| 3          | 1944              | 8    | 4,98                                | 9,68                 | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 10,46                  | 3,45                    |
| 4          | 1980              | 8    | 4,98                                | 9,86                 | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 10,65                  | 3,51                    |
| 5          | 1080              | 8    | 4,98                                | 5,38                 | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 5,81                   | 1,92                    |
| 6          | 576               | 5    | 4,51                                | 2,60                 | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 2,81                   | 0,93                    |
| 7          | 1296              | 5    | 4,51                                | 5,84                 | 1,2              | 0,9            | 0,33 | 6,31                   | 2,08                    |
| Всього     | 12996             |      |                                     | 63,84                |                  |                |      | 68,95                  | 22,75                   |

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла EVROLIGHT 36W 2280Lm IP65:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,6 \cdot 0,85 \cdot 10}{2880} = 7,67 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 11; L = 11 \cdot 10 = 110 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 2880 \text{ м}; N = \frac{2880}{110} = 26,2 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 27;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 27 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,97 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 1,05 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 1,05 \cdot 0,33 = 0,35 \text{ кВАр}.$$

### 2.3. Визначення результуючих навантажень

Навантаження на третьому ієрархічному рівні СЕП меблевої фабрики визначаємо на шинах вторинної напруги трансформаторної підстанції. Для цього спочатку розраховуємо сумарні навантаження кожного цеху, які складаються з силових та освітлювальних навантажень. Навантаження на шинах 0,4 кВ підстанції розраховуємо як суму навантажень усіх цехів та освітлення території.

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

| Номер<br>цеху           | $P_{вст\Sigma}$ ,<br>кВт | $P_{ср.зм\Sigma}$ ,<br>кВт | $Q_{ср.зм\Sigma}$ ,<br>квар | $S_{ср.зм\Sigma}$ ,<br>кВА | $P_{p\Sigma}$ ,<br>кВт | $Q_{p\Sigma}$ ,<br>квар | $S_{p\Sigma}$ ,<br>кВА |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1                       | 252,57                   | 136,47                     | 122,59                      | 183,45                     | 154,10                 | 134,22                  | 204,36                 |
| 2                       | 157,91                   | 79,19                      | 70,50                       | 106,03                     | 85,72                  | 77,09                   | 115,28                 |
| 3                       | 224,68                   | 117,96                     | 132,45                      | 177,36                     | 139,46                 | 145,35                  | 201,43                 |
| 4                       | 219,86                   | 73,90                      | 73,01                       | 103,88                     | 86,55                  | 79,96                   | 117,83                 |
| 4.1                     | 75,00                    | 33,38                      | 36,12                       | 49,18                      | 40,06                  | 39,73                   | 56,42                  |
| 4.2                     | 65,00                    | 29,87                      | 33,37                       | 44,79                      | 35,84                  | 36,71                   | 51,31                  |
| 4.3                     | 31,50                    | 17,01                      | 16,67                       | 23,82                      | 20,41                  | 18,34                   | 27,44                  |
| 4.4                     | 38,50                    | 20,79                      | 20,37                       | 29,11                      | 24,95                  | 22,41                   | 33,54                  |
| 5                       | 140,38                   | 71,96                      | 68,73                       | 99,51                      | 88,50                  | 75,41                   | 116,27                 |
| 6                       | 74,60                    | 53,21                      | 38,73                       | 65,81                      | 68,33                  | 42,51                   | 80,47                  |
| 7                       | 43,84                    | 17,71                      | 13,14                       | 22,06                      | 21,13                  | 14,25                   | 25,49                  |
| Освітлення<br>території | 0,97                     | 1,05                       | 0,35                        | 1,11                       | 1,05                   | 0,35                    | 1,11                   |
| Всього                  | 1114,81                  | 551,45                     | 519,49                      | 737,14                     | 644,82                 | 569,13                  | 836,74                 |

#### 2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Побудова картограми електричних навантажень цехів фабрики (аркуш 1) необхідна для наглядного показу співвідношень сумарних навантажень.

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

| № цеху  | х, м | у, м | $P_{p\Sigma} \cdot x$ | $P_{p\Sigma} \cdot y$ | $Q_{p\Sigma} \cdot x$ | $Q_{p\Sigma} \cdot y$ | г  | $\alpha$ |
|---------|------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----|----------|
| 1       | 72   | 24   | 11095                 | 3698                  | 9664                  | 3221                  | 36 | 44       |
| 2       | 180  | 54   | 15429                 | 4629                  | 13877                 | 4163                  | 27 | 59       |
| 3       | 150  | 141  | 20918                 | 19663                 | 21803                 | 20494                 | 36 | 27       |
| 4       | 213  | 138  | 18435                 | 11944                 | 17031                 | 11034                 | 27 | 44       |
| 5       | 198  | 78   | 17522                 | 6903                  | 14931                 | 5882                  | 27 | 24       |
| 6       | 72   | 126  | 4919                  | 8609                  | 3060                  | 5356                  | 23 | 15       |
| 7       | 48   | 159  | 1014                  | 3360                  | 684                   | 2265                  | 13 | 108      |
| Всього  |      |      | 89333                 | 58806                 | 81049                 | 52416                 |    |          |
| $X_{ц}$ | 140  |      |                       |                       |                       |                       |    |          |
| $Y_{ц}$ | 92   |      |                       |                       |                       |                       |    |          |

Координати центру навантажень підприємства розраховані для визначення місця встановлення трансформаторної підстанції (аркуш 1).

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

Вибір діапазону допустимих потужностей для силових трансформаторів підстанції виконуємо за питомою густиною навантаження [3], розрахованою за значенням середнього навантаження підприємства (табл.2.7).

Визначаємо реактивну потужність, яку необхідно зкомпенсувати на шинах 400 В підстанцій (табл.2.8).

Для економічного обґрунтування прийнятих технічних рішень виконуємо порівняння двох імовірних варіантів встановлення (табл.2.9).

З [5] обрані трансформатори марки ТМ – 10 / 0,4; з [6] – низьковольтні батареї конденсаторів марки ККУ – 0,4.

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

| Варіант встановлення | $\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$ | $S_T, \text{кВА}$ | N    | $N_{\min}$ | m | $N_{\text{опт}}$ | $Q_{\max T}, \text{кВАр}$ |
|----------------------|-----------------------------------------|-------------------|------|------------|---|------------------|---------------------------|
| I                    | 0,06                                    | 400               | 1,97 | 2          | 0 | 2                | 97,50                     |
| II                   |                                         | 630               | 1,25 | 2          | 0 | 2                | 688,35                    |

Таблиця 2.8 – Вибір низьковольтних батарей конденсаторів

| Варіант встановлення | $Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$ | $k_{p1}$ | $k_{p2}$ | $\gamma$ | $Q_{\text{НБК2}}, \text{кВАр}$ | $Q_{\text{НБК}}, \text{кВАр}$ | Потужність НБК |
|----------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|
| I                    | 421,99                         | 12       | 17       | 0,35     | 0                              | 421,99                        | 200            |
| II                   | 0,00                           | 12       | 27       | 0,3      | 141,49                         | 141,49                        | 70             |

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

| Варіант встановлення | $\Delta P_X, \text{кВт}$ | $\Delta P_K, \text{кВт}$ | $\tau, \text{год}$ | $W, \text{тис.кВт} \cdot \text{год}$ | $C_e, \text{тис.грн}$ | $K, \text{тис.грн}$ | $Z, \text{тис.грн}$ |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| I                    | 0,95                     | 5,6                      | 1110               | 9,69                                 | 72,6021               | 787,44              | 171,03              |
| II                   | 1,18                     | 8,5                      | 1110               | 12,46                                | 93,325                | 887,36              | 204,25              |

Вибираємо  $2 \times \text{ТМ} - 400 / 10$ ;  $2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 200 - 10 - 21\text{У3}$ .

$$1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,27,3) \cdot 737,14}{2} = 535,9 \text{ кВА}.$$

## 2.6. Компенсація реактивної потужності

Потужність обраних НБК в п.2.5 може виявитись недостатньою для забезпечення рівня вхідної реактивної потужності на вводі підприємства, задекларованого енергосистемою. В такому випадку слід встановити додатково високовольтні конденсаторні батареї або замінити вибрані НБК на більш потужні.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

| Показник                 | Од.вимір. | Значення |
|--------------------------|-----------|----------|
| $Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$ | кВАр      | 519,49   |
| $Q_{\text{еmax}}$        | кВАр      | 182      |
| $Q_{\text{НБК ф}}$       | кВАр      | 400      |
| $\Delta Q_{\text{Т}}$    | кВАр      | 20       |
| $K_{\text{НС}}$          | –         | 0,80     |
| $Q_{\text{М1}}$          | кВАр      | 415,59   |
| $Q_{\text{К1}}$          | кВАр      | 233,61   |
| $Q_{\text{НС Т}}$        | кВАр      | 159,49   |
| $Q_{\text{ВБК}}$         | кВАр      | -126,39  |

$Q_{\text{ВБК}} < 0$ , тобто потужність НБК лишається незмінною:

$$2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 200 - 10 - 21\text{У3}.$$

## 2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Найвищий четвертий ієрархічний рівень СЕП меблевої фабрики відповідає рівню шин високої напруги трансформаторної підстанції.

Для визначення цих навантажень до значень  $S_{p3}$  додаємо втрати в трансформаторах та віднімаємо потужність, яку компенсуватимуть обрані НБК.

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

| Розрахункове навантаження | Одиниці вимірювання | Значення |
|---------------------------|---------------------|----------|
| $P_{p3}$                  | кВт                 | 551,45   |
| $Q_{p2}$                  | кВАр                | 519,49   |
| $Q_{НБК}$                 | кВАр                | 400      |
| $P_{p3}$                  | кВт                 | 551,45   |
| $Q_{p3}$                  | кВАр                | 119,49   |
| $S_{p3}$                  | кВА                 | 564,24   |
| $\Delta P_T$              | кВт                 | 11,28    |
| $\Delta Q_T$              | кВАр                | 56,42    |
| $P_{p4}$                  | кВт                 | 562,73   |
| $Q_{p4}$                  | кВАр                | 175,91   |
| $S_{p4}$                  | кВА                 | 589,59   |

## 2.8. Проектування мережі живлення підприємства

В сучасних електричних мережах для виконання кабельних ліній високої напруги перевагу надають кабелям з ізоляцією із пероксиднозшитого поліетилену. Обираємо кабелі АПВВ – 10 з [8]. Застосовуємо два паралельні кабелі для резервування споживачів підприємства у разі виходу з ладу одного з них:

$$z [7] \ j_e = 1,9 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{589,59}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 17,02 \text{ А};$$

$$I_{\text{п АВ}} = \frac{589,59}{\sqrt{3} \cdot 10} = 34,04 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{17,02}{1,9} = 17,92 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Таблиця 2.12 – Вибір кабельних ліній високої напруги

| F,<br>мм <sup>2</sup> | I <sub>доп</sub> ,<br>А | I' <sub>доп</sub> ,<br>А | r <sub>0</sub> ,<br>$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | x <sub>0</sub> ,<br>$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $\Delta U_{\text{норм}}$ ,<br>В | $\Delta U_{\text{норм}}$ ,<br>% | $\Delta U_{\text{П АВ}}$ ,<br>% |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 35                    | 143                     | 147,29                   | 0,641                                             | 0,09                                              | 31,75                           | 0,32                            | 0,63                            |
| 50                    | 169                     | 174,1                    | 0,58                                              | 0,086                                             | 28,88                           | 0,29                            | 0,58                            |
| 70                    | 211                     | 217,3                    | 0,45                                              | 0,084                                             | 22,99                           | 0,23                            | 0,46                            |
| 95                    | 260                     | 267,8                    | 0,31                                              | 0,083                                             | 16,68                           | 0,17                            | 0,33                            |

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

| F,<br>мм <sup>2</sup> | K <sub>зл</sub> | $\Delta P_{\text{н}}$ ,<br>кВт | $\Delta P_{\text{д}}$ ,<br>кВт | C <sub>е</sub> ,<br>тис.<br>грн. | K,<br>тис.<br>грн. | З,<br>тис.<br>грн. |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| 35                    | 0,116           | 135,17                         | 1,805                          | 15,008                           | 1835,4             | 244,433            |
| 50                    | 0,098           | 170,82                         | 1,633                          | 13,580                           | 2249,6             | 294,780            |
| 70                    | 0,078           | 206,59                         | 1,267                          | 10,536                           | 2340,8             | 303,136            |
| 95                    | 0,064           | 216,10                         | 0,873                          | 7,258                            | 2732,2             | 348,783            |

$$Z_{\min} \Rightarrow 2 \times \text{АПВВ} - 10 - 3 \times 35.$$

## 2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

До складу внутрішньої розподільної мережі меблевої фабрики входять кабелі з ізоляцією з полівінілхлоридного пластикату АВВГ – 0,4, вибрані з [11], ввідно-розподільні пристрої головних виробничих цехів, вибрані з [9], та розподільні пункти допоміжних будівель, вибрані з [10].

Для внутрішньозаводського електропостачання обрано радіально-магістральну схему, оскільки є будівлі, в яких встановлено виключно приймачі III категорії.

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

| Назва РП | $S_{р\sum}$ , кВА | $I_{п.ав}$ , А | Тип розподільного пристрою | $I_{доп.РП}$ , А | $n_{прийм}$ | $n_{мод}$ |
|----------|-------------------|----------------|----------------------------|------------------|-------------|-----------|
| ВРП1     | 204,36            | 310,49         | ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4     | 400              | 4           | 4         |
| ВРП2     | 115,28            | 175,16         | ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4     | 250              | 3           | 4         |
| ВРП3     | 201,43            | 306,04         | ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4     | 400              | 4           | 4         |
| ВРП4     | 117,83            | 179,02         | ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4     | 250              | 3           | 4         |
| РП4.1    | 56,42             | 85,72          | ПР11 – 3045 – 21 У3        | 100              | 11          | 12        |
| РП4.2    | 51,31             | 77,96          | ПР11 – 3045 – 21 У3        | 100              | 12          | 12        |
| РП4.3    | 27,44             | 41,69          | ПР11 – 3045 – 21 У3        | 100              | 10          | 12        |
| РП4.4    | 33,54             | 50,95          | ПР11 – 3045 – 21 У3        | 100              | 9           | 12        |
| ВРП5     | 116,27            | 176,65         | ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4     | 250              | 3           | 4         |
| РП6      | 105,95            | 160,98         | ПР11 – 3051 – 21 У3        | 250              | 12          | 14        |
| РП7      | 25,49             | 38,72          | ПР11 – 3045 – 21 У3        | 100              | 12          | 12        |

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

| Назва КЛ   | $n$ | $S_{р\sum}$ , кВА | $I_{норм}$ , А | $I_{п.ав}$ , А | Переріз кабелю | $I_{доп}$ , А | $I'_{доп}$ , А | $I''_{доп}$ , А | $l$ , км | $r_0$ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $x_0$ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $\Delta U_{норм}$ , % | $\Delta U_{п.ав}$ , % |
|------------|-----|-------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ТП – ВРП1  | 2   | 204,36            | 155,24         | 310,49         | 4×240          | 401           | 413            | 433             | 0,106    | 0,125                                 | 0,059                                 | 1,01                  | 2,02                  |
| ТП – ВРП2  | 2   | 115,28            | 87,58          | 175,16         | 4×95           | 165           | 170            | 178             | 0,040    | 0,35                                  | 0,06                                  | 0,50                  | 1,01                  |
| ТП – ВРП3  | 2   | 201,43            | 153,02         | 306,04         | 4×240          | 401           | 413            | 433             | 0,058    | 0,125                                 | 0,059                                 | 0,54                  | 1,09                  |
| ТП – ВРП4  | 2   | 117,83            | 89,51          | 179,02         | 4×120          | 200           | 206            | 216             | 0,104    | 0,28                                  | 0,06                                  | 1,10                  | 2,21                  |
| ТП – РП4.1 | 2   | 56,42             | 42,86          | 85,72          | 5×35           | 95            | 98             | 103             | 0,030    | 0,95                                  | 0,06                                  | 0,47                  | 0,93                  |
| ТП – РП4.2 | 2   | 51,31             | 38,98          | 77,96          | 5×25           | 75            | 77             | 81              | 0,030    | 1,33                                  | 0,07                                  | 0,59                  | 1,18                  |
| ТП – РП4.3 | 2   | 27,44             | 20,84          | 41,69          | 5×16           | 60            | 62             | 65              | 0,012    | 2,08                                  | 0,07                                  | 0,19                  | 0,39                  |
| ТП – РП4.4 | 2   | 33,54             | 25,48          | 50,95          | 5×16           | 60            | 62             | 65              | 0,010    | 2,08                                  | 0,07                                  | 0,20                  | 0,40                  |
| ТП – ВРП5  | 2   | 116,27            | 88,33          | 176,65         | 4×95           | 165           | 170            | 178             | 0,108    | 0,35                                  | 0,06                                  | 1,37                  | 2,74                  |
| ТП – РП6   | 2   | 105,95            | 80,49          | 160,98         | 4×95           | 165           | 170            | 178             | 0,082    | 0,35                                  | 0,06                                  | 0,95                  | 1,89                  |
| РП6 – РП7  | 1   | 25,49             | 38,72          | 38,72          | 4×16           | 60            | 62             | 65              | 0,036    | 2,08                                  | 0,07                                  | 1,08                  | 1,08                  |

## 2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Короткі замикання (КЗ) є найбільш небезпечними пошкодженнями. В мережах високої напруги СЕП меблевої фабрики для захисту від струмів КЗ застосовано плавкі запобіжники. Крім того, кабелі та апарати високої напруги (вимикачі навантаження, роз'єднувачі) повинні бути стійкими до термічної та електродинамічної дії цих струмів.

Застосовуємо відносно наближене зведення :

$$S_6 = 100 \text{ МВА}; U_6 = 10,5 \text{ кВ}.$$

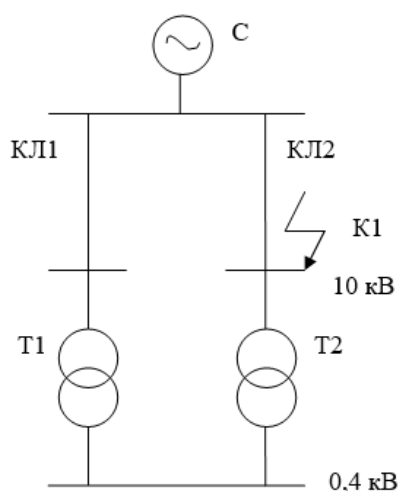


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

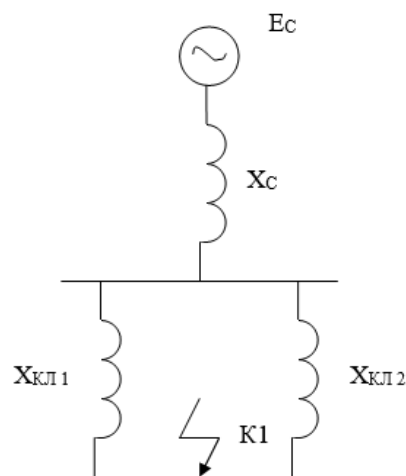


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

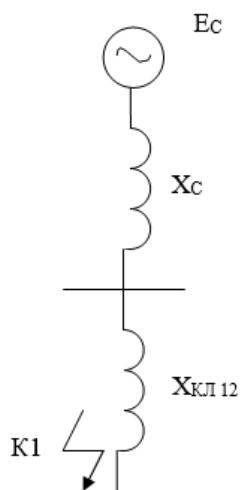


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

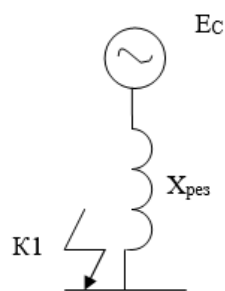


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Таблиця 2.16 – Розрахунок струмів КЗ. Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

| Показник                         | Одиниці вимірювання            | Значення           |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| $S_{КЗ}$                         | МВА                            | 50,5               |
| $\dot{X}_{C*}$                   | —                              | 1,980              |
| $\dot{R}_{КЛ1*}, \dot{R}_{КЛ2*}$ | —                              | 1,105              |
| $\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$ | —                              | 0,155              |
| $\dot{R}_{КЛ12*}$                | —                              | 0,552              |
| $\dot{X}_{КЛ12*}$                | —                              | 0,078              |
| $\dot{R}_{рез*}$                 | —                              | 0,552              |
| $\dot{X}_{рез*}$                 | —                              | 2,058              |
| $\dot{Z}_{рез*}$                 | —                              | 2,131              |
| $I_{\sigma}$                     | кА                             | 5,50               |
| $I_{n0}$                         | кА                             | 2,581              |
| $k_y$                            | —                              | 1,42               |
| $i_y$                            | кА                             | 5,183              |
| $K_T$                            | $\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$ | 125                |
| $t_n$                            | с                              | 0,25               |
| $F_{min}$                        | мм <sup>2</sup>                | 10,3               |
| Тип та переріз<br>кабелю з п.2.8 | —                              | АПвВ – 10 – 3 × 35 |
| $B_K$                            | кА <sup>2</sup> · с            | 1,67               |

## 2.11. Вибір обладнання

### 2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Закритий розподільний пристрій високої напруги трансформаторної підстанції укомплектовано комірками КСО – 399, обраними з [14]; закритий розподільний пристрій низької напруги – панелями ЩО – 99, обраними з [15]. Усі розподільні пристрої мають одностороннє обслуговування.

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільних пристроїв трансформаторної підстанції

| Призначення                                | Обладнання                                                                           | Кількість | Каталожний номер |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
| Комірки КСО 399 10 кВ                      |                                                                                      |           |                  |
| Ввідні                                     | Комірка КСО 399-03106 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 030-10-630 УЗ                | 2         | 03               |
| Комутація і захист силових трансформаторів | Комірка КСО 399-04061 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 03П-10-630 УЗ і запобіжником | 2         | 04               |
| Секційна                                   | Комірка КСО 399-01106 УЗ роз'єднувачами РВ030-10-630 УЗ                              | 1         | 01               |
| Розподільчі панелі ЩО 99 0,4 кВ            |                                                                                      |           |                  |
| Ввідні                                     | ЩО 99-2101 УЗ                                                                        | 2         | –                |
| Лінійні                                    | ЩО 99-2308 УЗ                                                                        | 4         | –                |
| Секційна                                   | ЩО 99-2208 УЗ                                                                        | 1         | –                |

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$17,02 < 630 \text{ А};$$

$$34,04 < 630 \text{ А};$$

$$5,183 < 51 \text{ кА};$$

$$1,67 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

### 2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Створення видимого розриву в колах високої напруги підстанції забезпечене роз'єднувачами, вибраними з [16]:

$$\text{РВ030} - 10 - 630$$

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$17,02 < 630 \text{ А};$$

$$34,04 < 630 \text{ А};$$

$$5,183 < 41 \text{ кА};$$

$$1,67 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

### 2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Для комутування нормальних та післяаварійних струмів навантаження застосовано вимикачі навантаження, вибрані з [17]; для розривання кола за наявності струмів КЗ застосовано запобіжники, вибрані з [18]:

Ввідні комірки  
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$17,02 < 630 \text{ А};$$

$$34,04 < 630 \text{ А};$$

$$2,581 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,183 < 80 \text{ кА};$$

$$1,67 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Трансформаторні комірки  
ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$17,02 < 630 \text{ А};$$

$$34,04 < 630 \text{ А};$$

$$2,581 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,183 < 80 \text{ кА};$$

$$1,67 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

ПКТ – 10 – 40 – 12,5 УЗ:

$$34,04 < 40 \text{ А};$$

$$2,581 < 12,5 \text{ кА};$$

$$44,7 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,581 = 44,7 \text{ МВА}.$$

### 2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

До складу низьковольтної мережі деревообробного цеху входять: кабелі живлення окремих струмоприймачів ВВГнгд – 0,4 [19]; розподільні пункти низької напруги ПР11 – 3045 – 21УЗ [10]; кабелі живлення розподільних пунктів АВВГнгд – 0,4 [11].

#### 2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Згідно з [2] в приміщенні деревообробного цеху обрано радіальну схему електропостачання.

Кабелі по території цеху прокладено в кабельних лотках.

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

| Назва електроприймача                                         | $P_n$ , кВт | $\cos \varphi$ | $I$ , А | $F$ , мм <sup>2</sup> | $I_{тр.доп}$ , А | Кабель       |
|---------------------------------------------------------------|-------------|----------------|---------|-----------------------|------------------|--------------|
| <b>РП4.1</b>                                                  |             |                |         |                       |                  |              |
| Фугувальний деревообробний верстат DMA 53L                    | 12          | 0,67           | 27,10   | 4                     | 34               | ВВГнгд-5×4   |
| Поздовжньо-обрізнний верстат OWD 2/350                        | 5,5         | 0,67           | 12,42   | 2,5                   | 26               | ВВГнгд-5×2,5 |
| Торцювальний верстат 3-пилковий FWR 500                       | 4           | 0,67           | 9,03    | 2,5                   | 26               | ВВГнгд-5×2,5 |
| Шафа витяжна                                                  | 2           | 0,75           | 4,05    | 2,5                   | 26               | ВВГнгд-5×2,5 |
| <b>РП4.2</b>                                                  |             |                |         |                       |                  |              |
| Брусувальний верстат TD 500                                   | 5,5         | 0,67           | 12,42   | 2,5                   | 26               | ВВГнгд-5×2,5 |
| Дисковий двопилковий верстат радіального розпили TTPP 450-550 | 4           | 0,64           | 9,49    | 2,5                   | 26               | ВВГнгд-5×2,5 |
| Конвеєр стрічковий                                            | 15          | 0,70           | 32,39   | 4                     | 34               | ВВГнгд-5×4   |
| Шафа витяжна                                                  | 2           | 0,75           | 4,05    | 2,5                   | 26               | ВВГнгд-5×2,5 |

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

| Назва електроприймача                                                      | n     | $r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | l, км | $\Delta U\%$ | Кабель       |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------|------------------------------------|-------|--------------|--------------|
|                                                                            | РП4.1 |                                    |                                    |       |              |              |
| Фугувальний<br>деревообробний верстат<br>DMA 53L                           | 4     | 5                                  | 0,09                               | 0,011 | 0,445        | ВВГнгд-5×4   |
|                                                                            |       | 5                                  | 0,09                               | 0,023 | 0,953        | ВВГнгд-5×4   |
|                                                                            |       | 5                                  | 0,09                               | 0,008 | 0,318        | ВВГнгд-5×4   |
|                                                                            |       | 5                                  | 0,09                               | 0,012 | 0,525        | ВВГнгд-5×4   |
| Поздовжньо-обрізний<br>верстат<br>OWD 2/350                                | 2     | 8                                  | 0,09                               | 0,016 | 0,478        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,028 | 0,848        | ВВГнгд-5×2,5 |
| Торцювальний верстат 3-<br>пилковий<br>FWR 500                             | 3     | 8                                  | 0,09                               | 0,015 | 0,334        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,018 | 0,399        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,023 | 0,514        | ВВГнгд-5×2,5 |
| Шафа витяжна                                                               | 2     | 8                                  | 0,09                               | 0,019 | 0,208        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,030 | 0,339        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            | РП4.2 |                                    |                                    |       |              |              |
| Брусувальний верстат<br>TD 500                                             | 4     | 8                                  | 0,09                               | 0,049 | 1,518        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,041 | 1,268        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,036 | 1,117        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,037 | 1,144        | ВВГнгд-5×2,5 |
| Дисковий <u>двопилковий</u><br>верстат радіального розпили<br>TTPP 450-550 | 7     | 8                                  | 0,09                               | 0,006 | 0,139        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,012 | 0,274        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,018 | 0,409        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,014 | 0,308        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,019 | 0,431        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,023 | 0,526        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,029 | 0,660        | ВВГнгд-5×2,5 |
| Конвеєр стрічковий                                                         | 1     | 5                                  | 0,09                               | 0,006 | 0,312        | ВВГнгд-5×4   |
| Шафа витяжна                                                               | 2     | 8                                  | 0,09                               | 0,014 | 0,152        | ВВГнгд-5×2,5 |
|                                                                            |       | 8                                  | 0,09                               | 0,026 | 0,294        | ВВГнгд-5×2,5 |

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

Для захисту від струмів КЗ (та перевантажень) в мережі низької напруги застосовано автоматичні вимикачі. Крім того, кабелі та апарати низької напруги (рубильники, автоматичні вимикачі, трансформатори струму) повинні бути стійкими до термічної дії цих струмів.

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

$$U_6 = 0,4 \text{ кВ}; U_{c10} = 10,5 \text{ кВ}.$$

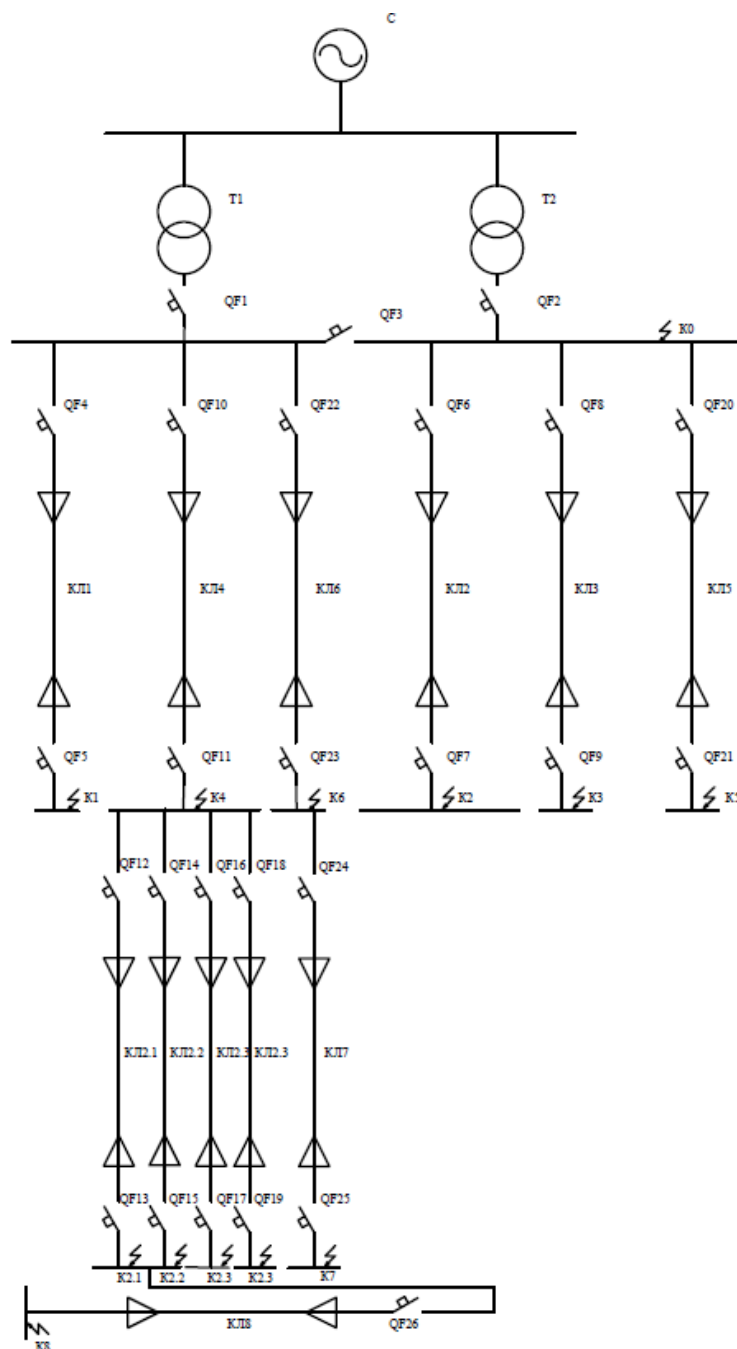


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

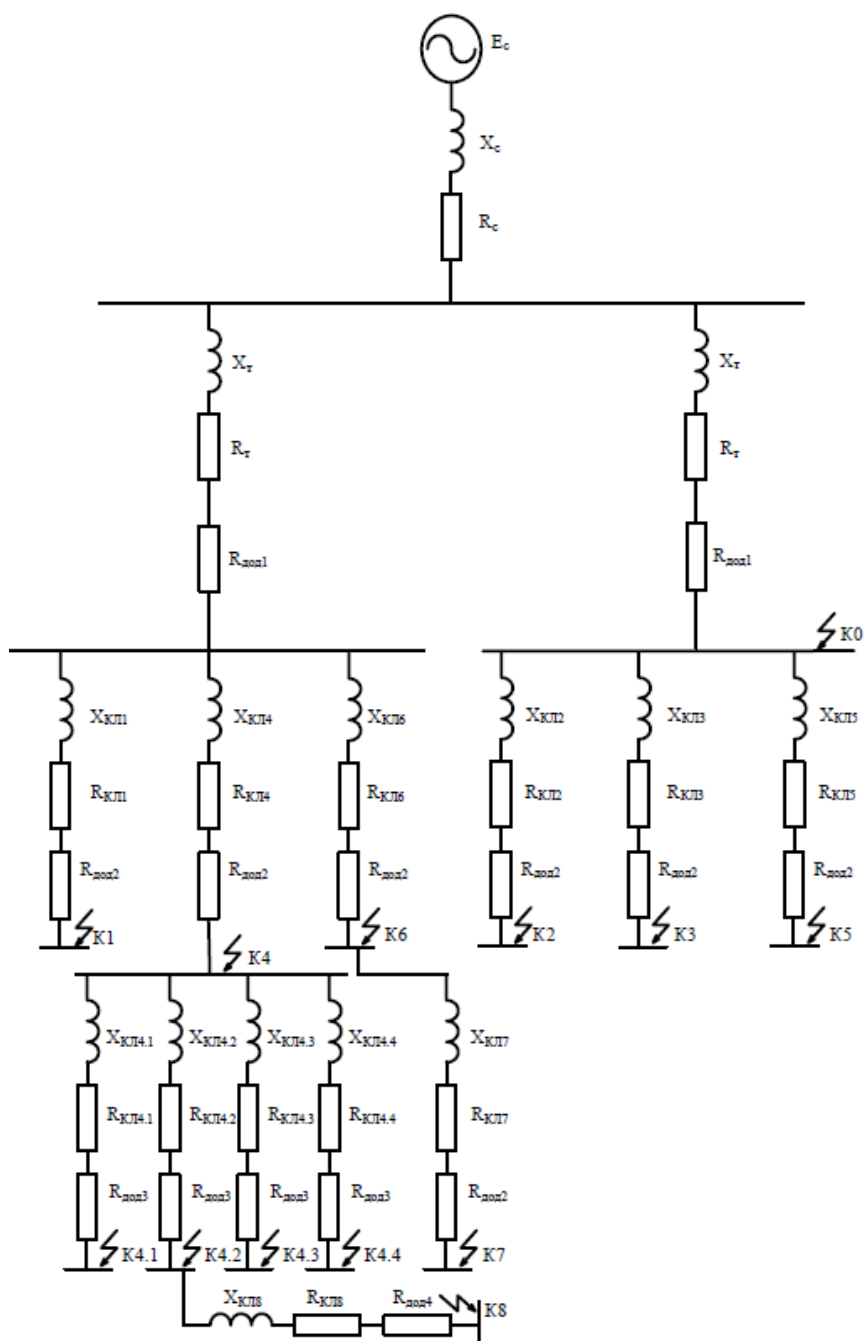


Рисунок 2.6 – Заступна схема НВ мережі

Таблиця 2.20 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

| Показник     | Одиниці вимірювання | Значення |
|--------------|---------------------|----------|
| $U_6$        | кВ                  | 0,4      |
| $I_{к10}$    | кА                  | 2,581    |
| $U_{с10}$    | кВ                  | 10,5     |
| $S_{ном.Т}$  | кВА                 | 400      |
| $\Delta P_k$ | кВт                 | 5,6      |
| $u_k$        | %                   | 6        |

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

| Показник         | Одиниці вимірювання | Значення |
|------------------|---------------------|----------|
| $R_c$            | Ом                  | 0,609    |
| $X_c$            | Ом                  | 2,349    |
| $\dot{R}_c$      | МОм                 | 0,884    |
| $\dot{X}_c$      | МОм                 | 3,409    |
| $\dot{R}_T$      | МОм                 | 2,800    |
| $\dot{X}_T$      | МОм                 | 12,000   |
| $\dot{R}_{рез0}$ | МОм                 | 18,684   |
| $\dot{X}_{рез0}$ | МОм                 | 15,409   |
| $Z_{рез0}$       | МОм                 | 24,218   |
| $I_K$            | кА                  | 9,536    |
| $k_y$            | –                   | 1,05     |
| $i_y$            | кА                  | 14,160   |

Таблиця 2.22 – Визначення опорів кабельних ліній

| Назва кабельної лінії | $l$ , км | $r_0$ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $R$ , МОм | $x_0$ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | $X$ , МОм |
|-----------------------|----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|
| ТП – ВРП1             | 0,106    | 0,125                                 | 13,200    | 0,059                                 | 6,230     |
| ТП – ВРП2             | 0,040    | 0,35                                  | 14,000    | 0,06                                  | 2,400     |
| ТП – ВРП3             | 0,058    | 0,125                                 | 7,200     | 0,059                                 | 3,398     |
| ТП – ВРП4             | 0,104    | 0,28                                  | 29,120    | 0,06                                  | 6,240     |
| ТП – РП4.1            | 0,030    | 0,95                                  | 28,500    | 0,06                                  | 1,800     |
| ТП – РП4.2            | 0,030    | 1,33                                  | 39,900    | 0,07                                  | 2,100     |
| ТП – РП4.3            | 0,012    | 2,08                                  | 24,960    | 0,07                                  | 0,840     |
| ТП – РП4.4            | 0,010    | 2,08                                  | 20,800    | 0,07                                  | 0,700     |
| ТП – ВРП5             | 0,108    | 0,35                                  | 37,660    | 0,06                                  | 6,456     |
| ТП – РП6              | 0,082    | 0,35                                  | 28,560    | 0,06                                  | 4,896     |
| РП6 – РП7             | 0,036    | 2,08                                  | 74,880    | 0,07                                  | 2,520     |
| РП4.2 – Рmax          | 0,006    | 5                                     | 29,500    | 0,09                                  | 0,531     |

Умови термічної стійкості не виконуються для кабелю КЛ8 (табл.2.23):

приймаємо ВВГнгд –  $5 \times 10$ .

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

| Точка<br>КЗ | $R_{\text{дод}},$<br>МОм | $\dot{R}_{\text{рез}},$<br>МОм | $\dot{X}_{\text{рез}},$<br>МОм | $\dot{Z}_{\text{рез}},$<br>МОм | $I_{\text{к}},$<br>кА | $k_y$ | $i_y,$<br>кА | $F_{\text{min}},$<br>мм <sup>2</sup> | Вибраний<br>переріз |
|-------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------|--------------|--------------------------------------|---------------------|
| К1          | 20                       | 36,88                          | 21,64                          | 42,76                          | 5,400                 | 1     | 7,637        | 20,0                                 | 4×240               |
| К2          | 20                       | 37,68                          | 17,81                          | 41,68                          | 5,541                 | 1     | 7,836        | 20,5                                 | 4×95                |
| К3          | 20                       | 30,88                          | 18,81                          | 36,16                          | 6,387                 | 1     | 9,032        | 23,7                                 | 4×240               |
| К4          | 20                       | 52,80                          | 21,65                          | 57,07                          | 4,047                 | 1     | 5,723        | 15,0                                 | 4×120               |
| К4.1        | 25                       | 86,30                          | 23,45                          | 89,43                          | 2,582                 | 1     | 3,652        | 9,6                                  | 5×35                |
| К4.2        | 25                       | 97,70                          | 23,75                          | 100,55                         | 2,297                 | 1     | 3,248        | 8,5                                  | 5×25                |
| К4.3        | 25                       | 82,76                          | 22,49                          | 85,76                          | 2,693                 | 1     | 3,808        | 10,0                                 | 5×16                |
| К4.4        | 25                       | 78,60                          | 22,35                          | 81,72                          | 2,826                 | 1     | 3,997        | 10,5                                 | 5×16                |
| К5          | 20                       | 61,34                          | 21,86                          | 65,12                          | 3,546                 | 1     | 5,015        | 13,1                                 | 4×95                |
| К6          | 20                       | 52,24                          | 20,30                          | 56,05                          | 4,120                 | 1     | 5,827        | 15,3                                 | 4×95                |
| К7          | 20                       | 136,32                         | 22,82                          | 138,22                         | 1,671                 | 1     | 2,363        | 6,2                                  | 4×16                |
| К8          | 30                       | 132,20                         | 24,28                          | 134,41                         | 1,718                 | 1     | 2,430        | 6,4                                  | 5×4                 |

### 2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Шинні трансформатори струму, обрані з [21], застосовано в схемі для пониження струму та підключення ряду вимірювальних приладів та приладів обліку, а саме:

лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку  
НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [20];

амперметри АСКО – УКРЕМ 2000А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{836,74}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 635,65 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{836,74}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1271,3 \text{ А}.$$

Вторинне навантаження трансформаторів струму :

$$r_k = 0,05 \text{ Ом}; \text{ тоді згідно з [10];}$$

$$S_{\text{прил}} = 10 \text{ ВА};$$

$$r_{\text{прил}} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 4}{2,5} = 0,045 \text{ Ом};$$

$$z_2 \approx r_2 = 0,4 + 0,045 + 0,05 = 0,495 \text{ Ом}.$$

Комерційний облік :

$$TШ - 0,66 \ 1500 / 5$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$635,65 < 1500 \text{ А};$$

$$1271,3 < 1500 \text{ А};$$

$$14,16 < 51 \text{ кА};$$

$$22,73 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

Технічний облік :

$$T - 0,66 \ 400 / 5$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$310,49 < 400 \text{ А};$$

$$7,637 < 51 \text{ кА};$$

$$7,29 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

#### 2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Вибираємо з [22] автоматичні вимикачі.

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

| Номер<br>вимикача | Тип<br>вимикача             | Каталожні дані          |                             |                             | Розрахункові дані       |                        |                         |                      |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
|                   |                             | $U_{\text{ном}},$<br>кВ | $I_{\text{ном розщ}},$<br>А | $I_{\text{гр вимк}},$<br>кА | $U_{\text{уст}},$<br>кВ | $I_{\text{ном}},$<br>А | $I_{\text{п.ав}},$<br>А | $I_{\text{к}},$<br>А |
| 1                 | 2                           | 3                       | 4                           | 5                           | 6                       | 7                      | 8                       | 9                    |
| QF1               | e.industrial.acb.1600D.1600 | 0,4                     | 1600                        | 80                          | 0,4                     | 635,65                 | 1271,30                 | 9,536                |
| QF2               | e.industrial.acb.1600D.1600 | 0,4                     | 1600                        | 80                          | 0,4                     | 635,65                 | 1271,30                 | 9,536                |
| QF3               | e.industrial.acb.1600D.1600 | 0,4                     | 1600                        | 80                          | 0,4                     | 635,65                 | 1271,30                 | 9,536                |
| QF4               | BA 88 – 37                  | 0,4                     | 315                         | 35                          | 0,4                     | 155,24                 | 310,49                  | 5,400                |
| QF5               | BA 88 – 37                  | 0,4                     | 315                         | 35                          | 0,4                     | 155,24                 | 310,49                  | 5,400                |
| QF6               | BA 88 – 35                  | 0,4                     | 200                         | 35                          | 0,4                     | 87,58                  | 175,16                  | 5,541                |

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 29   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

Продовження таблиці 2.24

| 1    | 2          | 3   | 4   | 5  | 6   | 7      | 8      | 9     |
|------|------------|-----|-----|----|-----|--------|--------|-------|
| QF7  | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 87,58  | 175,16 | 5,541 |
| QF8  | BA 88 – 37 | 0,4 | 315 | 35 | 0,4 | 153,02 | 306,04 | 6,387 |
| QF9  | BA 88 – 37 | 0,4 | 315 | 35 | 0,4 | 153,02 | 306,04 | 6,387 |
| QF10 | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 89,51  | 179,02 | 4,047 |
| QF11 | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 89,51  | 179,02 | 4,05  |
| QF12 | BA 88 – 33 | 0,4 | 100 | 35 | 0,4 | 42,86  | 85,72  | 2,582 |
| QF13 | BA 88 – 33 | 0,4 | 100 | 35 | 0,4 | 42,86  | 85,72  | 2,582 |
| QF14 | BA 88 – 33 | 0,4 | 80  | 35 | 0,4 | 38,98  | 77,96  | 2,297 |
| QF15 | BA 88 – 33 | 0,4 | 80  | 35 | 0,4 | 38,98  | 77,96  | 2,30  |
| QF16 | BA 88 – 33 | 0,4 | 50  | 35 | 0,4 | 20,84  | 41,69  | 2,693 |
| QF17 | BA 88 – 33 | 0,4 | 50  | 35 | 0,4 | 20,84  | 41,69  | 2,69  |
| QF18 | BA 88 – 33 | 0,4 | 63  | 35 | 0,4 | 25,48  | 50,95  | 2,826 |
| QF19 | BA 88 – 33 | 0,4 | 63  | 35 | 0,4 | 25,48  | 50,95  | 2,83  |
| QF20 | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 88,33  | 176,65 | 3,546 |
| QF21 | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 88,33  | 176,65 | 3,546 |
| QF22 | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 80,49  | 160,98 | 4,120 |
| QF23 | BA 88 – 35 | 0,4 | 200 | 35 | 0,4 | 80,49  | 160,98 | 4,120 |
| QF24 | BA 88 – 33 | 0,4 | 40  | 35 | 0,4 | 38,72  | 38,72  | 1,671 |
| QF25 | BA 88 – 33 | 0,4 | 40  | 35 | 0,4 | 38,72  | 38,72  | 1,67  |
| QF26 | BA 88 – 32 | 0,4 | 40  |    | 0,4 | 32,39  | 32,39  | 1,718 |

**2.12.5. Вибір рубильників**

Вибираємо з [23] рубильники:

PE 19 – 43; 1600 A;

$0,38 < 0,66$  кВ;

$635,65 < 1500$  A;

$1271,3 < 1500$  A;

$14,16 < 50$  кА;

$22,73 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 30   |

## РОЗДІЛ 3

### ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Потребу у водопостачанні виробничих цехів меблевої фабрики забезпечує насосна станція, яка знаходиться на балансі підприємства:

$$Q_3 = 55 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; H_C = 200 \text{ м}; l_{\text{вх}} = 80 \text{ м}; l_{\text{н}} = 100 \text{ м}; l_{\text{кл}} = 22 \text{ м}.$$

Для створення належного рівню тиску в трубопровідній мережі підприємства застосовуємо лопатеві відцентрові насоси з високим коефіцієнтом корисної дії [23].

Спрощений гідравлічний розрахунок насосної станції:

$$v_p = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ з [23];}$$

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 55}{3600 \cdot 2,0 \cdot 3,14}} = 0,099 \text{ м}; \text{ приймаємо } d_n = 100 \text{ мм};$$

$$d_{\text{вх}} = 100 + 50 = 150 \text{ мм};$$

$$Q_{\text{гр}} = 55 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \text{ з [23];}$$

$$55 = 55 \frac{\text{м}^3}{\text{год}};$$

$$\alpha = \left[ (26,714 + 3,115) \cdot (80 + 100) + 0,2 \cdot (63,75 + 12,59) \right] \cdot 10^{-6} = 0,0054 \frac{\text{год}^2}{\text{м}^5};$$

$$H_T = 200 - 0,0054 \cdot Q^2;$$

вибираємо з [23] насоси ЦНС 60 – 50 – 250:

$$Q_H = 60 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; H_H = 50 \div 250 \text{ м}; H_H = 27,8 + 0,077 \cdot Q - 0,00199 \cdot Q^2.$$

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                        |  |  |
|-----------|---------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ                                                                                                                                                                     |  |  |
|           |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Зм.       | Арк.          | № докум. | Підпис | Дата | <div>Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка.</div> <div>Літ.      Арк.      Аркушів</div> <div>31      3</div> <div>ФАБЕ, гр.ЕЕ-43</div> |  |  |
| Розроб.   | Пась С.В.     |          |        |      |                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Перевір.  | Грицюк І.В.   |          |        |      |                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                                                                                                        |  |  |
| Затверд.  | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                                                                                                        |  |  |

Для визначення оптимальної кількості насосів будуюмо характеристики мережі та нагнітальні характеристики на графіку (рис.3.1).

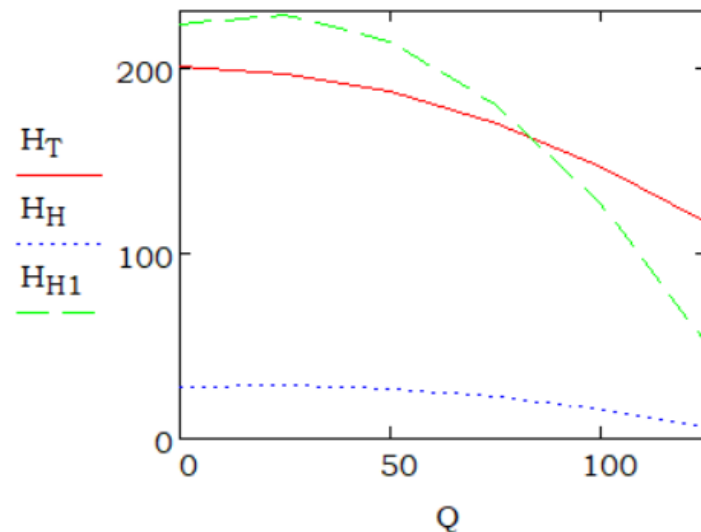


Рисунок 3.1 – Визначення робочої точки

Для 8 послідовних насосів :  $Q_p = 84 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ ;  $H_p = 162 \text{ м}$ ;

$55 < 84 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ ;  $H_0 = 222,4 \text{ м}$ ;  $0,9 \cdot 222,4 = 200,6 > 200 \text{ м}$ .

Електропостачання насосної станції :

$$P = \frac{1,2 \cdot 84 \cdot 162 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,82 \cdot 8} = 6,78 \text{ кВт};$$

з [23]  $\Rightarrow$  двигун А2 :  $P_{\text{дв}} = 7,5 \text{ кВт}$ ;  $\eta_{\text{дв}} = 88,5\%$ ;  $\cos\varphi_{\text{дв}} = 0,87$ .

$$I_{\text{дв}} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,885 \cdot 0,87} = 14,82 \text{ А};$$

$$j_e = 1,6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}; F = \frac{14,82}{1,6} = 9,26 \text{ мм}^2;$$

з [18] вибираємо кабель ВВГнгд –  $5 \times 10$ ;

$$r_0 = 2 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}; x_0 = 0,07 \frac{\text{Ом}}{\text{км}};$$

СЕП насосної станції складається з таких елементів: силовий трансформатор; КЛ1 (ТП-РП6); лінія КЛ2 (РП6-двигун насоса):

$$\Delta U_r = \frac{5,6}{400} \cdot 100 = 1,4\%;$$

$$\Delta U_x = \sqrt{6^2 - 1,4^2} = 5,83\%;$$

$$\Delta U_{TP} = 0,7 \cdot (1,4 \cdot 0,8 + 5,83 \cdot 0,6) = 3,23\%;$$

$$\Delta U_{KJI} = 1,89\%;$$

$$\Delta U_{KJI2} = \sqrt{3} \cdot 14,82 \cdot 0,022 \cdot (2 \cdot 0,87 + 0,07 \cdot \sin(\arccos 0,87)) \cdot \frac{100}{380} = 0,26\%;$$

$$\Delta U = 3,23 + 1,89 + 0,26 = 5,39\% < 10\%.$$

$$R_T = \frac{5,6 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^3 = 0,006 \text{ Ом};$$

$$X_T = \frac{6 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 400} \cdot 10^3 = 0,024 \text{ Ом};$$

$$R_{KJI} = 0,0286 \text{ Ом}; \quad X_{KJI} = 0,0049 \text{ Ом};$$

$$R_{KJI2} = 2 \cdot 0,022 = 0,044 \text{ Ом};$$

$$X_{KJI2} = 0,07 \cdot 0,022 = 0,002 \text{ Ом};$$

$$Z = \sqrt{(0,006 + 0,0286 + 0,044)^2 + (0,024 + 0,0049 + 0,002)^2} = 0,084 \text{ Ом};$$

$$U_{02} = 1,05 \cdot 380 = 399 \text{ В};$$

$$I_K^{(3)} = \frac{399}{\sqrt{3} \cdot 0,084} = 2748,43 \text{ А};$$

$$F_{\min} = \frac{2748,43 \cdot \sqrt{0,25}}{155} = 8,87 \text{ мм}^2; \quad 8,87 < 10 \text{ мм}^2.$$

## РОЗДІЛ 4

### САПР

Автоатизацію розрахунку системи електропостачання насосної станції виконано в середовищах Microsoft Excel 2003, Mathcad15.

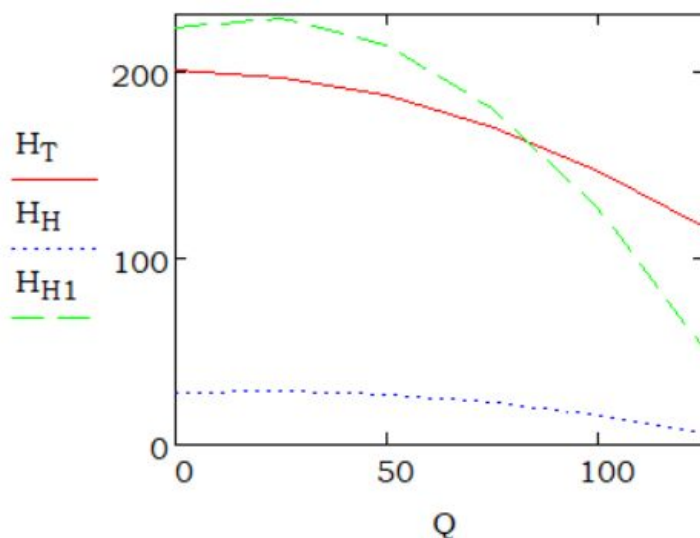
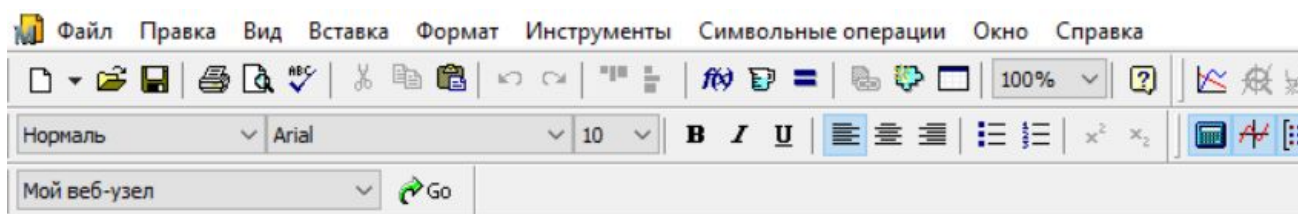
| Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?                                                                                                                                                                                                                                               |                            |       |   |   |                                     |                                                                                     |      |      |      |      |      |      |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| <div><div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div>Вставить</div><div>Буфер обмена</div><div>Шрифт</div><div>Выравнивание</div><div>Число</div><div>Условное форматирование</div><div>Форматирование как табл</div></div></div> |                            |       |   |   |                                     |                                                                                     |      |      |      |      |      |      |     |
| B63                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |       |   |   |                                     |                                                                                     |      |      |      |      |      |      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | A                          | B     | C | D | E                                   | F                                                                                   | G    | H    | I    | J    | K    | L    |     |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Таблица 3.1                |       |   |   | Внутренний диаметр трубопровода, мм | Пропускная способность трубопровода (м³/год) при скорости воды v <sub>р</sub> , м/с |      |      |      |      |      |      |     |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Qз, м3/год                 | 55    |   |   |                                     | 1,8                                                                                 | 2    | 2,2  | 2,4  | 2,5  | 2,7  | 3    |     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Нс, м                      | 200   |   |   |                                     | 100                                                                                 | 50   | 55   | 60   | 70   | 72   | 75   | 85  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | lвх, м                     | 80    |   |   |                                     | 150                                                                                 | 110  | 120  | 135  | 150  | 155  | 165  | 185 |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | lн, м                      | 100   |   |   |                                     | 200                                                                                 | 200  | 220  | 245  | 270  | 280  | 300  | 330 |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | lкл, м                     | 22    |   |   |                                     | 250                                                                                 | 315  | 350  | 390  | 420  | 440  | 480  | 530 |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |       |   |   |                                     | 300                                                                                 | 450  | 500  | 550  | 600  | 630  | 680  | 750 |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Таблица 3.2                |       |   |   | 350                                 | 620                                                                                 | 690  | 760  | 830  | 860  | 930  | 1030 |     |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | V <sub>р</sub> , м/с       | 2     |   |   | 400                                 | 810                                                                                 | 900  | 990  | 1080 | 1110 | 1210 | 1350 |     |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | d <sub>н</sub> , мм        | 0,099 |   |   | 450                                 | 1025                                                                                | 1140 | 1250 | 1360 | 1420 | 1530 | 1700 |     |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | d <sub>н.прием</sub> , мм  | 100   |   |   | 500                                 | 1270                                                                                | 1410 | 1550 | 1690 | 1760 | 1900 | 2110 |     |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Q <sub>гр</sub> , м³ / год | 55    |   |   | 600                                 | 1840                                                                                | 2040 | 2240 | 2450 | 2550 | 2750 | 3050 |     |
| 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | d <sub>вх</sub> , мм       | 150   |   |   |                                     |                                                                                     |      |      |      |      |      |      |     |

Рисунок 4.1 – Визначення параметрів трубопровідної мережі

| Файл                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Главная                  | Вставка      | Разметка страницы | Формулы | Данные                   | Рецензирование | Вид     | Акробат                  | Что вы хотите сделать? |        |       |                 |           |            |                                                                            |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------|---------|--------------------------|----------------|---------|--------------------------|------------------------|--------|-------|-----------------|-----------|------------|----------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| <div><div><div>Вставить</div><div>Буфер обмена</div><div>Шрифт</div><div>Выравнивание</div><div>Число</div><div>Условное форматирование</div><div>Форматировать как таблицу</div><div>Стили ячеек</div><div>Вставить Удалить Формат</div><div>Автосумма</div><div>Заполнить</div><div>Очистить</div></div></div> |                          |              |                   |         |                          |                |         |                          |                        |        |       |                 |           |            |                                                                            |   |   |   |
| B63                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                          |              |                   |         |                          |                |         |                          |                        |        |       |                 |           |            |                                                                            |   |   |   |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A                        | B            | C                 | D       | E                        | F              | G       | H                        | I                      | J      | K     | L               | M         | N          | O                                                                          | P | Q | R |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Таблица 3.3              |              |                   |         | Диаметр трубопровода, мм | Питомый опір   |         | Диаметр трубопровода, мм | Питомый опір           |        | № п/п | 1.1 Тип насоса  | Q, м³/год | Напір Н, м | Характеристика напору одного колеса<br>H = H <sub>з</sub> + A · Q - B · Q² |   |   |   |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A <sub>д</sub> , год²/м⁶ | 3,115        |                   |         | 50                       | 1050,41        | 1020,11 | 325                      | 0,0517                 | 0,5714 | 1.    | ЦНС38-44-220    | 38        | 44-220     | H = 26,8 + 0,168 · Q - 0,00787 · Q²                                        |   |   |   |
| 17                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A <sub>д</sub> , год²/м⁶ | 26,714       |                   |         | 75                       | 122,72         | 201,5   | 350                      | 0,0349                 | 0,4248 | 2.    | ЦНС40-50-250    | 60        | 50-250     | H = 27,8 + 0,077 · Q - 0,00199 · Q²                                        |   |   |   |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A <sub>д</sub> , год²/м⁶ | 12,59        |                   |         | 100                      | 26,714         | 63,75   | 375                      | 0,0242                 | 0,3223 | 3.    | ЦНС40-66-330    | 60        | 66-330     | H = 40,4 + 0,031 · Q - 0,00287 · Q²                                        |   |   |   |
| 19                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A <sub>м</sub> , год²/м⁵ | 63,75        |                   |         | 125                      | 8,186          | 26,11   | 400                      | 0,0172                 | 0,249  | 4.    | ЦНС105-98-460   | 105       | 98-460     | H = 53,5 + 0,168 · Q - 0,00200 · Q²                                        |   |   |   |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ξ                        | 0,2          |                   |         | 150                      | 3,115          | 12,59   | 425                      | 0,0124                 | 0,1954 | 5.    | ЦНС180-45-425   | 180       | 85-425     | H = 48,5 + 0,06 · Q - 0,00054 · Q²                                         |   |   |   |
| 21                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | α, год²/м³               | 0,0054       |                   |         | 175                      | 1,376          | 6,79    | 450                      | 0,0092                 | 0,1554 | 6.    | ЦНС180-76-880   | 180       | 76-880     | H = 75 + 0,139 · Q - 0,0098 · Q²                                           |   |   |   |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Тип насоса               | ЦНС60-50-250 |                   |         | 200                      | 0,678          | 3,95    | 475                      | 0,0069                 | 0,1262 | 7.    | ЦНС180-500-900  | 180       | 500-900    | H = 105,5 + 0,996 · Q - 0,007 · Q²                                         |   |   |   |
| 23                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Но                       | 27,8         |                   |         | 225                      | 0,363          | 2,48    | 500                      | 0,0052                 | 0,102  | 8.    | ЦНС300-120-600  | 300       | 120-600    | H = 66,9 + 0,04 · Q - 0,00022 · Q²                                         |   |   |   |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A                        | 0,077        |                   |         | 250                      | 0,207          | 1,63    |                          |                        |        | 9.    | ЦНС300-700-1040 | 300       | 700-1040   | H = 122,4 + 0,056 · Q - 0,00045 · Q²                                       |   |   |   |
| 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | B                        | -0,00199     |                   |         | 275                      | 0,125          | 1,11    |                          |                        |        | 10.   | ЦНС300-780-1300 | 300       | 780-1300   | H = 142 + 0,087 · Q - 0,00046 · Q²                                         |   |   |   |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                          |              |                   |         | 300                      | 0,079          | 0,7871  |                          |                        |        | 11.   | ЦНСК300-160-800 | 500       | 130-800    | H = 81,2 + 0,024 · Q - 0,00055 · Q²                                        |   |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |              |                   |         |                          |                |         |                          |                        |        | 12.   | ЦНСК750-240-960 | 850       | 240-960    | H = 126,2 + 0,035 · Q - 0,000049 · Q²                                      |   |   |   |

Рисунок 4.2 – Вибір насоса

|           |               |          |        |      |                                                                                       |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ                                                                    |      |         |
| Зм.       | Арк.          | № докум. | Підпис | Дата | Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка. |      |         |
| Розроб.   | Пась С.В.     |          |        |      |                                                                                       |      |         |
| Перевір.  | Грицюк І.В.   |          |        |      |                                                                                       |      |         |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                       |      |         |
| Затверд.  | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                       |      |         |
|           |               |          |        |      | Літ.                                                                                  | Арк. | Аркушів |
|           |               |          |        |      |                                                                                       | 34   | 3       |
|           |               |          |        |      | ФАБЕ, гр.ЕЕ-43                                                                        |      |         |



Координати робочої точки:



$$Q_{\text{роб}} = 83.926$$

$$|Q_{\text{роб}}| = 83.926$$

$$H_{\text{роб}} = 161.965$$

$$|H_{\text{роб}}| = 161.965$$

Перевіримо вірність вибору насосів за умовами:

$$\text{Умова1} := \begin{cases} 1 & \text{if } Q_{\text{роб}} \geq Q_3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Умова2} := \begin{cases} 1 & \text{if } 0.9 \cdot H_{01} \geq H_c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Умова1} = 1$$

$$\text{Умова2} = 1$$

Рисунок 4.3 – Визначення координат робочої точки та перевірка умов роботи насоса

| Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы                            |                           |       |     |                    |      |     |                    |      |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-----|--------------------|------|-----|--------------------|------|--|
| <div> <div>Вставить</div> <div>Буфер обмена</div> <div>Шрифт</div> <div>Выравнивание</div> <div>Число</div> </div> |                           |       |     |                    |      |     |                    |      |  |
| <div> <div>B63</div> <div> <div>✕</div> <div>✓</div> <div><math>\text{fx}</math></div> </div> </div>               |                           |       |     |                    |      |     |                    |      |  |
| A                                                                                                                  | B                         | C     | D   | E                  | F    | G   | H                  | I    |  |
| 28                                                                                                                 | n                         | 8     | Рдв | $\eta_{\text{дв}}$ | cos  | Рдв | $\eta_{\text{дв}}$ | cos  |  |
| 29                                                                                                                 | Qp                        | 84    | 2,2 | 0,825              | 0,83 | 30  | 0,91               | 0,91 |  |
| 30                                                                                                                 | Нр                        | 162   | 3   | 0,835              | 0,84 | 40  | 0,915              | 0,91 |  |
| 31                                                                                                                 |                           |       | 4   | 0,86               | 0,85 | 55  | 0,925              | 0,92 |  |
| 32                                                                                                                 | Таблица 3.5               |       | 5,5 | 0,87               | 0,86 | 75  | 0,925              | 0,92 |  |
| 33                                                                                                                 | K <sub>с</sub>            | 1,2   | 7,5 | 0,885              | 0,87 | 100 | 0,928              | 0,92 |  |
| 34                                                                                                                 | P, кВт                    | 6,78  | 10  | 0,885              | 0,87 | 132 | 0,93               | 0,89 |  |
| 35                                                                                                                 | Тип двигателя             | A2    | 13  | 0,885              | 0,89 | 160 | 0,934              | 0,9  |  |
| 36                                                                                                                 | P <sub>дв</sub> , кВт     | 7,5   | 17  | 0,89               | 0,89 | 200 | 0,94               | 0,91 |  |
| 37                                                                                                                 | $\eta_{\text{дв}}$        | 0,885 | 22  | 0,9                | 0,9  | 250 | 0,943              | 0,9  |  |
| 38                                                                                                                 | cos $\varphi_{\text{дв}}$ | 0,87  |     |                    |      |     |                    |      |  |

Рисунок 4.4 – Вибір електроприводу

| Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?                                               |                                   |             |            |                  |      |      |      |      |     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|------------------|------|------|------|------|-----|-----|
| <div> <div>Вставить</div> <div>Буфер обмена</div> <div>Шрифт</div> <div>Выравнивание</div> <div>Число</div> <div>Условное форматирование</div> </div> |                                   |             |            |                  |      |      |      |      |     |     |
| <div> <div>B63</div> <div> <div>✕</div> <div>✓</div> <div><math>\text{fx}</math></div> </div> </div>                                                  |                                   |             |            |                  |      |      |      |      |     |     |
| A                                                                                                                                                     | B                                 | C           | D          | E                | F    | G    | H    | I    | J   | K   |
| 41                                                                                                                                                    | I <sub>дв</sub> , А               | 14,82       | ВВГнгд     |                  |      |      |      |      |     |     |
| 42                                                                                                                                                    | F, мм <sup>2</sup>                | 9,26        |            | I <sub>доп</sub> | г0   | х0   |      |      |     |     |
| 43                                                                                                                                                    | Тип кабелю                        | ВВГнгд-5×10 | 2,5        | 26               | 8    | 0,09 |      |      |     |     |
| 44                                                                                                                                                    | I <sub>гр.доп</sub> , А           | 85          | 4          | 34               | 5    | 0,09 |      |      |     |     |
| 45                                                                                                                                                    | I <sub>0</sub> , Ом / км          | 2           | 6          | 45               | 3,33 | 0,09 |      |      |     |     |
| 46                                                                                                                                                    | x <sub>0</sub> , Ом / км          | 0,07        | 10         | 85               | 2    | 0,07 |      |      |     |     |
| 47                                                                                                                                                    | $\Delta U_r$ , %                  | 1,40        | 16         | 115              | 1,25 | 0,07 |      |      |     |     |
| 48                                                                                                                                                    | $\Delta U_x$ , %                  | 5,83        | 25         | 150              | 0,8  | 0,07 |      |      |     |     |
| 49                                                                                                                                                    | $\Delta U_T$ , %                  | 3,23        | 35         | 175              | 0,57 | 0,06 |      |      |     |     |
| 50                                                                                                                                                    | $\Delta U_{\text{КЛ1}}$ , %       | 1,89        | 50         | 215              | 0,4  | 0,06 |      |      |     |     |
| 51                                                                                                                                                    | $\Delta U_{\text{КЛ2}}$ , %       | 0,26        | 70         | 265              | 0,29 | 0,06 |      |      |     |     |
| 52                                                                                                                                                    | $\Delta U$ , %                    | 5,39        | 95         | 310              | 0,21 | 0,06 |      |      |     |     |
| 53                                                                                                                                                    | R <sub>л1</sub> , Ом              | 0,0286      | 120        | 350              | 0,17 | 0,06 |      |      |     |     |
| 54                                                                                                                                                    | X <sub>л1</sub> , Ом              | 0,0049      | 150        | 395              | 0,13 | 0,06 |      |      |     |     |
| 55                                                                                                                                                    | R <sub>л2</sub> , Ом              | 0,044       |            |                  |      |      |      |      |     |     |
| 56                                                                                                                                                    | X <sub>л2</sub> , Ом              | 0,002       |            |                  |      |      |      |      |     |     |
| 57                                                                                                                                                    | R <sub>T</sub> , Ом               | 0,006       |            |                  |      |      |      |      |     |     |
| 58                                                                                                                                                    | X <sub>T</sub> , Ом               | 0,024       | Тр-ри      | Увн              | Унн  | Sном | Px   | Pк   | Ix  | ик  |
| 59                                                                                                                                                    | Z, Ом                             | 0,084       | ТМ-250     | 10               | 0,4  | 250  | 1,05 | 3,7  | 2,3 | 4,5 |
| 60                                                                                                                                                    | U <sub>02</sub> , В               | 399         | ТМ-400     | 10               | 0,4  | 400  | 1,45 | 5,6  | 2,1 | 6   |
| 61                                                                                                                                                    | I <sub>к</sub> <sup>(3)</sup> , А | 2748,43     | ТМ-630     | 10               | 0,4  | 630  | 1,18 | 8,5  | 2   | 6   |
| 62                                                                                                                                                    | F <sub>нр</sub> , мм <sup>2</sup> | 8,87        | 10 ТМ-1000 | 10               | 0,4  | 1000 | 3,3  | 11,6 | 3   | 5,5 |

Рисунок 4.5 – Вибір та перевірка мережі живлення

## РОЗДІЛ 5

### ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Безпечні умови експлуатації електрообладнання, встановленого в деревообробному цеху, створені за рахунок застосування контуру заземлення [25], який має такі характеристики:

$$l = (66 + 30) \cdot 2 = 192 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 192} \cdot \ln \frac{192^2}{0,4 \cdot 0,04} = 2,3 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

$$R_B = \frac{2,3 \cdot 10}{2,3 + 10} = 1,86 \text{ Ом};$$

$$R_{BO} = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 1}{4 \cdot 0,7 - 1} \right) = 55 \text{ Ом};$$

$$\eta_B = 0,65; \eta_{\Gamma} = 0,3;$$

$$n_B = \frac{55}{1,86 \cdot 0,65} = 45,3 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 46 \text{ шт};$$

$$R_{шт} = \frac{55 \cdot 2,3}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 46 \cdot 2,3} = 1,48 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
|-----------|---------------|----------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|           |               |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ                                                                                                                                                                                                |  |  |
|           |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
| Зм.       | Арк.          | № докум. | Підпис | Дата | <div>Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1050 кВт. Пояснювальна записка.</div> <div>Літ.    Арк.    Аркушів</div> <div> <div></div> <div>37</div> <div>1</div> </div> <div>ФАБЕ, гр.ЕЕ-43</div> |  |  |
| Розроб.   | Пась С.В.     |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
| Перевір.  | Грицюк І.В.   |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
| Н. контр. | Ващелюк Ю.І.  |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
| Затверд.  | Волинець В.І. |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                   |  |  |

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В ході проєктування СЕП меблевої фабрики прийняті такі технічні рішення та досягнуті завдяки цим рішенням результати:

- розрахунок електричних навантажень для кожного ієрархічного рівня системи електропостачання дозволив отримати вихідні дані для точного вибору усіх елементів електричної мережі;

- розташування трансформаторної підстанції безпосередньо в центрі електричних навантажень забезпечило скорочення довжин ліній низької напруги та втрат напруги в них;

- застосування двотрансформаторної підстанції забезпечило максимальну перерву в електропостачанні споживачів II категорії надійності на час ручного ввімкнення резерву;

- мінімізовано втрати напруги в силових трансформаторах та кабельних лініях високої напруги завдяки застосуванню засобів компенсації реактивної енергії на рівні шин 400 В підстанції;

- кабелі, якими виконані лінії високої та низької напруги, є стійкими до термічної дії струмів КЗ;

- електричні апарати на боці високої напруги підстанції перевірено за термічною та електродинамічною стійкістю до струмів КЗ;

- для влаштування трансформаторної підстанції та кабелів напругою 10 кВ обрано найбільш економічні варіанти виконання завдяки проведеним техніко-економічним порівнянням;

- живлення виробничих цехів виконано радіально, що забезпечило їх належний рівень надійності;

- передбачено засоби регулювання напруги для підтримування її допустимого значення в мережах приєднаних споживачів;

- забезпечено точність розрахунків за рахунок їх автоматизації;

- передбачено заходи з безпечної експлуатації електрообладнання.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    | 38   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    |      |

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей : Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.
2. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 с.
3. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
4. Промислові LED світильники : каталог. URL : [https://ledmir.com.ua/industrial\\_led\\_lights](https://ledmir.com.ua/industrial_led_lights)
5. Трансформатори силові типу ТМ. URL : [http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori\\_silovie\\_tipa\\_tm.html](http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html)
6. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-0,4. URL : <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>
7. Електричні системи та мережі : методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання ; уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 72с.
8. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
9. Пункт розподільний ЕУ-ПР11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnystvo/punkt-rozpodilnyi.html>.

- 10.Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL :  
<https://www.enersys.in.ua/vyrobnystvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
- 11.Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL :  
<https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/avvg-avvgng-avvgngd/>.
- 12.Грицюк Ю.В. Електрична частина станцій і підстанцій. Методичні вказівки до практичних занять. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – 96 с.
13. Електрична частина станцій і підстанцій : методичні вказівки до виконання курсового проекту ; уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. 84с.
14. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО 399 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <http://uelko.com/kso399.pdf>.
15. Панелі розподільних щитів ЩО 99 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <https://uelko.com/so99.pdf>.
16. Роз'єднувачі РВ, РВО, РВЗ, РВФЗ, РЛВО : каталог. URL: <http://nvacontact.com/category2/razediniteli-10-kv/>.
17. Вимикач навантаження типу ВН-РА-000 : каталог. ООО Укрелетрокомплект URL: <https://uelko.com/vn-ra.pdf>.
18. Високовольтні запобіжники : каталог. URL: [https://www.websor.ru/vjsokovoltnje\\_predohraniteli.html](https://www.websor.ru/vjsokovoltnje_predohraniteli.html).
19. Кабелі силові ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд : каталог. URL :  
<https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/vvg3-vvg3ng-vvg3ngd-vvg5-vvg5ng-vvg5ngd/>.
20. Лічильники електричної енергії НІК2303 : настанова з експлуатації. Київ, 2016. URL: [http://www.nik.net.ua/uploads/RE\\_2303LE.pdf](http://www.nik.net.ua/uploads/RE_2303LE.pdf).
21. Трансформатори струму ТШ-0,66 : каталог. URL: <http://bek-ltd.com.ua/transformatory-toka-t-0-66>.
22. Вимикачі автоматичні серії ВА88 : інструкція з експлуатації. ІЕК. URL:

[https://www.iek.ru/partners/infobaza/files/docs/passp\\_re/bc4722f58a17e3fcaaa9ec94fab2307f.pdf](https://www.iek.ru/partners/infobaza/files/docs/passp_re/bc4722f58a17e3fcaaa9ec94fab2307f.pdf)

23. Роз'єднувач РЕ-19 : каталог продукції : Промелектросервіс. URL: <http://www.elektro-portal.com/series/show/razedinitel-re19>.
24. Електроприймачі в системах електроспоживання : навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк, І.О. Бандура. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 262с.
25. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДЗТ, 2018. 295 с.

|     |      |          |        |      |                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------|------|
|     |      |          |        |      | ЛНТУ.971077.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                    |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                    | 41   |