

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

канд. техн. наук, професор

Петро ПЛЄШКОВ

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ**

**ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

### **«Розробка системи електропостачання заводу важкого машинобудування»**

Виконала здобувачка вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ–20,

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

Ірина ПТАШНИК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

Василь ЗІНЗУРА

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Рецензент \_\_\_\_\_

м. Кропивницький

# Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

\_\_\_\_\_ Петро ПЛІШКОВ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Пташник Ірини Олексіївни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання заводу важкого машинобудування

Development of a power supply system for a heavy engineering plant

2. Керівник роботи Зінзура Василь Васильович, канд. техн. наук, доцент  
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка системи електропостачання заводу важкого машинобудування. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних навантажень. 2. Провести розрахунок картограми електричних навантажень. 3. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 4. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 5. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 6. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 7. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

| Розділ                    | Консультант                  | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------|------------------------------|----------------|------------------|
|                           |                              | Завдання видав | Завдання прийняв |
| <i>Спеціальний розділ</i> | <i>доцент Н.Ю. Гарасьова</i> |                |                  |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                             | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | <i>Розрахунок електричних навантажень</i>                                       | <i>08.04-19.04</i>            |          |
| 2     | <i>Картограма електричних навантажень</i>                                       | <i>20.04-23.04</i>            |          |
| 3     | <i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>           | <i>24.04-26.04</i>            |          |
| 4     | <i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>                   | <i>27.04-1.05</i>             |          |
| 5     | <i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>               | <i>2.05-5.05</i>              |          |
| 6     | <i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i> | <i>6.05-9.05</i>              |          |
| 7     | <i>Спеціальний розділ</i>                                                       | <i>10.05-20.05</i>            |          |
| 8     | <i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>                                    | <i>21.05-26.05</i>            |          |
| 9     | <i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>                                     | <i>27.05-30.05</i>            |          |

Дата видачі завдання  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Підпис керівника \_\_\_\_\_

Василь ЗІНЗУРА

Завдання прийнято до виконання  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Ірина ПТАШНИК

## **АНОТАЦІЯ**

Кваліфікаційна робота: 71 с.; 15 рис.; 23 табл.; 6 джерел

**Пташник І. О. Розробка системи електропостачання заводу важкого машинобудування. – Рукопис.**

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Робота присвячена розробці системи електропостачання заводу важкого машинобудування. В роботі вирішувались питання розрахунку: електричних навантажень, розрахунку режимів реактивної потужності, визначення струмів коротких замикань, обґрунтування та вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання а також вибір високовольного обладнання системи електропостачання.

Спеціальний розділ присвячений питанню розробки системи освітлення складського приміщення заводу. Результати розрахунків показали, що спроектована система задовольняє вимогам, що висуваються до систем освітлення приміщень складів промислових підприємств.

**Ключові слова:** розрахункові навантаження, електрична мережа, освітлювальна мережа

## **ABSTRACT**

Qualification work: 71 p.; 15 Fig.; 23 tables; 6 sources

### **Ptashnyk I. Development of a power supply system for a heavy engineering plant. – Manuscript.**

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

The work is devoted to the development of the power supply system of the heavy engineering plant. The work dealt with the calculation of: electrical loads, calculation of reactive power modes, determination of short-circuit currents, substantiation and selection of external and internal power supply schemes, as well as selection of high-voltage equipment of the power supply system.

A special section is devoted to the development of a lighting system for the plant's warehouse. The results of the calculations showed that the designed system meets the requirements for the lighting systems of warehouses of industrial enterprises.

**Keywords:** calculated loads, electrical network, lighting network

## ЗМІСТ

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП .....</b>                                                                              | <b>7</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ .....</b>                                       | <b>8</b>  |
| 1.1 Силові електричні навантаження до 1 кВ .....                                                | 8         |
| 1.2 Освітлювальні електричні навантаження.....                                                  | 9         |
| 1.3 Силові електричні навантаження вище 1 кВ.....                                               | 10        |
| 1.4 Графіки електричних навантажень заводу .....                                                | 15        |
| <b>РОЗДІЛ 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....</b>                                        | <b>20</b> |
| <b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ .....</b>           | <b>22</b> |
| 3.1 Схема зовнішнього електропостачання.....                                                    | 22        |
| 3.2 Схема внутрішнього електропостачання .....                                                  | 25        |
| <b>РОЗДІЛ 4. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ .....</b>                   | <b>27</b> |
| 4.1 Баланс реактивної потужності.....                                                           | 28        |
| 4.2 Вибір кількості, потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв .....              | 29        |
| <b>РОЗДІЛ 5. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА.....</b>                | <b>32</b> |
| <b>РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ .....</b> | <b>33</b> |
| 6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень .....                                                  | 33        |
| 6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ .....                                                  | 40        |
| 6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги.....                                             | 43        |
| 6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб .....                      | 44        |
| <b>РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ СКЛАДУ .....</b>    | <b>46</b> |
| 7.1 Загальна характеристика складських будівель .....                                           | 46        |
| 7.2 Особливості розробки системи освітлення складських приміщень .....                          | 50        |
| 7.3 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщення складу .....                       | 55        |
| 7.4 Моделювання системи освітлення складу в пакеті DIALux .....                                 | 60        |
| 7.5 Електричний розрахунок системи освітлення складського приміщення .....                      | 62        |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                           | <b>70</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>                                                         | <b>71</b> |

|           |              |          |        |      |                                                                                                                                               |                   |       |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|---------|
|           |              |          |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ<br>(БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ                                                                        |                   |       |         |
| Зм.       | Арк.         | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                                               |                   |       |         |
| Розроб.   | Пташник І.О. |          |        |      | Розробка системи електропостачання<br>заводу важкого машинобудування<br>Development of a power supply system for a<br>heavy engineering plant | Літ.              | Аркуш | Аркушів |
| Перев.    | Зінзура В.В. |          |        |      |                                                                                                                                               |                   | 6     | 71      |
|           |              |          |        |      |                                                                                                                                               | ЦНТУ<br>зр. ЕЕ-20 |       |         |
| Н. контр. | Зінзура В.В. |          |        |      |                                                                                                                                               |                   |       |         |
| Затвер.   | Плешков П.Г. |          |        |      |                                                                                                                                               |                   |       |         |

## ВСТУП

Робота присвячена розробці системи електропостачання заводу важкого машинобудування

Питання енергозабезпечення виробничого об'єкту вкрай важливе в теперішніх реаліях. Електрика відіграє ключову роль у забезпеченні належного функціонування численних промислових процесів та обладнання. Саме тому стабільне, безперебійне енергопостачання є запорукою високої продуктивності та оптимальної ефективності підприємства.

Слід зазначити, що потреба в електроенергії на промислових підприємствах постійно зростає через впровадження нових технологій та автоматизацію виробничих ліній. Сучасне високотехнологічне обладнання потребує значних обсягів електричної енергії для забезпечення належного функціонування. Тому керівництву підприємств необхідно ретельно планувати та оптимізувати системи енергозабезпечення, враховуючи поточні та майбутні потреби.

Крім того, важливо звернути увагу на ефективність використання електроенергії. Впровадження енергозберігаючих технологій, модернізація обладнання та оптимізація виробничих процесів можуть значно зменшити споживання електрики без зниження продуктивності. Такі заходи не лише позитивно впливають на економічні показники підприємства, а й сприяють екологічній стійкості виробництва.

|      |      |             |        |      |  |      |
|------|------|-------------|--------|------|--|------|
|      |      |             |        |      |  | Арк. |
|      |      |             |        |      |  | 7    |
| Вим. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |  |      |

# РОЗДІЛ 1

## РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

### 1.1 Силові електричні навантаження до 1 кВ

Приклад розрахунку силових ел. навант. для мережі до 1000 В механічного цеху наведено нижче.

$$m = \frac{P_{н.маx}}{P_{н.мін}} = \frac{90}{7,8} = 12$$

$$P_{зм} = P_{\Sigma} K_{в} = 4000 \cdot 0,3 = 1000 \text{ кВт}$$

$$Q_{зм} = P_{зм} \operatorname{tg} \varphi = 1000 \cdot 0,88 = 881,9 \text{ квар}$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \sum P_{н}}{P_{н.маx}} = \frac{2 \cdot 4000}{90} \approx 89$$

Згідно [1]  $K_p = 1,20$ .

Отже, розрахункові навантаження механічного цеху дорівнюють:

$$P_p = P_{зм} K_p = 1000 \cdot 1,2 = 1204 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{зм} = 881,9 \text{ квар},$$

Результати розрахунків для інших цехів приведені в табл. 1.1.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 8   |
|  |  |  |  |  |  |     |

Таблиця 1.1. Силові ел. навант. заводу в мережі до 1000 В

| №  | Назва цеху                         | $N_{\text{спож шт}}$ | $P_{\text{одн.сп.}}$ |                   | $P_{\text{сум, кВт}}$ | $m$        | $K_{\text{в}}$ | $\cos\varphi$ | $\text{tg}\varphi$ | $\text{Сер. зм. нав.}$ |                       | $n_{\text{эф}}$ | $K_{\text{р}}$ | Розрах. навант.        |                         |                        |
|----|------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|    |                                    |                      | $\text{min, кВт}$    | $\text{max, кВт}$ |                       |            |                |               |                    | $P_{\text{зм, кВт}}$   | $Q_{\text{зм, квар}}$ |                 |                | $P_{\text{розр, кВт}}$ | $Q_{\text{розр, квар}}$ | $S_{\text{розр, кВА}}$ |
| 1  | Механічний цех                     | 200                  | 7,8                  | 90                | 4000                  | 12         | 0,25           | 0,750         | 0,880              | 1000,00                | 881,92                | 89              | 1,20           | 1204                   | 881,9                   | 1492,3                 |
| 2  | Цех металоко-<br>нструкцій         | 68                   | 5                    | 60                | 1395                  | 12         | 0,50           | 0,600         | 1,330              | 697,50                 | 930,00                | 46              | 1,16           | 806,2                  | 930                     | 1230,8                 |
| 3  | Складальний цех                    | 50                   | 2,5                  | 50                | 986                   | 20         | 0,25           | 0,800         | 0,750              | 246,50                 | 184,87                | 39              | 1,32           | 326,2                  | 184,9                   | 374,95                 |
| 4  | Ливарний корпус                    | 100                  | 10                   | 75                | 6900                  | 7,5        | 0,60           | 0,800         | 0,750              | 4140,00                | 3105,00               | 100             | 1,08           | 4459                   | 3105                    | 5433,5                 |
| 5  | Котельня                           | 10                   | 20                   | 50                | 600                   | 2,5        | 0,60           | 0,750         | 0,880              | 360,00                 | 317,49                | 10              | 1,29           | 463,7                  | 349,2                   | 580,5                  |
| 6  | Компресорна                        | 5                    | 20                   | 50                | 400                   | 2,5        | 0,65           | 0,850         | 0,620              | 260,00                 | 161,13                | 5               | 1,38           | 359,6                  | 177,2                   | 400,87                 |
| 7  | Деревооброб-<br>ний цех            | 15                   | 12                   | 70                | 475                   | 5,8        | 0,25           | 0,700         | 1,020              | 118,75                 | 121,15                | 14              | 1,58           | 188                    | 121,2                   | 223,67                 |
| 8  | Склад моделей                      | 10                   | 10                   | 40                | 160                   | 4          | 0,60           | 0,900         | 0,480              | 96,00                  | 46,49                 | 8               | 1,33           | 127,8                  | 51,14                   | 137,61                 |
| 9  | Насосна<br>протипожежна<br>станція | 5                    | 20                   | 90                | 480                   | 4,5        | 0,65           | 0,850         | 0,620              | 312,00                 | 193,36                | 5               | 1,38           | 431,5                  | 212,7                   | 481,05                 |
| 10 | Головний<br>магазин                | 12                   | 10                   | 30                | 380                   | 3          | 0,60           | 0,900         | 0,480              | 228,00                 | 110,43                | 12              | 1,26           | 286,8                  | 110,4                   | 307,33                 |
| 11 | Корпус<br>допоміжних<br>цехів      | 35                   | 5                    | 100               | 700                   | 20         | 0,30           | 0,700         | 1,020              | 210,00                 | 214,24                | 14              | 1,51           | 316,6                  | 214,2                   | 382,23                 |
| 12 | Склад ПММ                          | 7                    | 10                   | 20                | 120                   | 2          | 0,70           | 0,900         | 0,480              | 84,00                  | 40,68                 | 7               | 1,25           | 105,1                  | 44,75                   | 114,27                 |
| 13 | Медпункт                           | 8                    | 1                    | 15                | 65                    | 15         | 0,80           | 0,900         | 0,480              | 52,00                  | 25,18                 | 8               | 1,00           | 52                     | 27,7                    | 58,92                  |
|    | <b>Всього</b>                      | <b>525</b>           | <b>1</b>             | <b>100</b>        | <b>16661</b>          | <b>100</b> | <b>0,47</b>    | <b>0,777</b>  | <b>0,810</b>       | <b>7804,75</b>         | <b>6331,94</b>        | <b>333</b>      | <b>1,00</b>    | <b>7805</b>            | <b>6332</b>             | <b>10050</b>           |

## 1.2 Освітлювальні електричні навантаження

Приклад розрахунку освітлювальних ел. навант. для мережі до 1000 В механічного цеху наведено нижче.

$$P_{\text{BCT}} = FP_0 \cdot 10^{-3} = 6300 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 94,5 \text{ кВТ}$$

$$P_p = K_{\Pi} K_1 P_{\text{БСТ}} = 0,95 \cdot 1,20 \cdot 94,5 = 107,7 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi = 107,7 \cdot 0,484 = 52,1 \text{ квар}$$

Результати розрахунків для інших цехів приведені в таб. 1.2.

Таблиця 1.2. Освітлювальні ел. навант. заводу

| №  | Назва цеху                   | $N_{\text{спож шт}}$ | $P_{\text{одн.сп.}}$ |             | $P_{\text{сум.}}$<br>кВт | $m$        | $K_v$       | $\cos\varphi$ | $\text{tg}\varphi$ | Сер. зм. навл.              |                              | $n_{\text{эф}}$ | $K_p$       | Розрах. навант.               |                                |                               |
|----|------------------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------|-------------|---------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|    |                              |                      | мін,<br>кВт          | мак,<br>кВт |                          |            |             |               |                    | $P_{\text{зм}}, \text{кВт}$ | $Q_{\text{зм}}, \text{квар}$ |                 |             | $P_{\text{розр}}, \text{кВт}$ | $Q_{\text{розр}}, \text{квар}$ | $S_{\text{розр}}, \text{кВА}$ |
| 1  | Механічний цех               | 200                  | 7,8                  | 90          | 4000                     | 12         | 0,25        | 0,750         | 0,880              | 1000,00                     | 881,92                       | 89              | 1,20        | 1204                          | 881,9                          | 1492,3                        |
| 2  | Цех металокопирів            | 68                   | 5                    | 60          | 1395                     | 12         | 0,50        | 0,600         | 1,330              | 697,50                      | 930,00                       | 46              | 1,16        | 806,2                         | 930                            | 1230,8                        |
| 3  | Складальний цех              | 50                   | 2,5                  | 50          | 986                      | 20         | 0,25        | 0,800         | 0,750              | 246,50                      | 184,87                       | 39              | 1,32        | 326,2                         | 184,9                          | 374,95                        |
| 4  | Ливарний корпус              | 100                  | 10                   | 75          | 6900                     | 7,5        | 0,60        | 0,800         | 0,750              | 4140,00                     | 3105,00                      | 100             | 1,08        | 4459                          | 3105                           | 5433,5                        |
| 5  | Котельня                     | 10                   | 20                   | 50          | 600                      | 2,5        | 0,60        | 0,750         | 0,880              | 360,00                      | 317,49                       | 10              | 1,29        | 463,7                         | 349,2                          | 580,5                         |
| 6  | Компресорна                  | 5                    | 20                   | 50          | 400                      | 2,5        | 0,65        | 0,850         | 0,620              | 260,00                      | 161,13                       | 5               | 1,38        | 359,6                         | 177,2                          | 400,87                        |
| 7  | Деревообробний цех           | 15                   | 12                   | 70          | 475                      | 5,8        | 0,25        | 0,700         | 1,020              | 118,75                      | 121,15                       | 14              | 1,58        | 188                           | 121,2                          | 223,67                        |
| 8  | Склад моделей                | 10                   | 10                   | 40          | 160                      | 4          | 0,60        | 0,900         | 0,480              | 96,00                       | 46,49                        | 8               | 1,33        | 127,8                         | 51,14                          | 137,61                        |
| 9  | Насосна протипожежна станція | 5                    | 20                   | 90          | 480                      | 4,5        | 0,65        | 0,850         | 0,620              | 312,00                      | 193,36                       | 5               | 1,38        | 431,5                         | 212,7                          | 481,05                        |
| 10 | Головний магазин             | 12                   | 10                   | 30          | 380                      | 3          | 0,60        | 0,900         | 0,480              | 228,00                      | 110,43                       | 12              | 1,26        | 286,8                         | 110,4                          | 307,33                        |
| 11 | Корпус допоміжних цехів      | 35                   | 5                    | 100         | 700                      | 20         | 0,30        | 0,700         | 1,020              | 210,00                      | 214,24                       | 14              | 1,51        | 316,6                         | 214,2                          | 382,23                        |
| 12 | Склад ПММ                    | 7                    | 10                   | 20          | 120                      | 2          | 0,70        | 0,900         | 0,480              | 84,00                       | 40,68                        | 7               | 1,25        | 105,1                         | 44,75                          | 114,27                        |
| 13 | Медпункт                     | 8                    | 1                    | 15          | 65                       | 15         | 0,80        | 0,900         | 0,480              | 52,00                       | 25,18                        | 8               | 1,00        | 52                            | 27,7                           | 58,92                         |
|    | <b>Всього</b>                | <b>525</b>           | <b>1</b>             | <b>100</b>  | <b>16661</b>             | <b>100</b> | <b>0,47</b> | <b>0,777</b>  | <b>0,810</b>       | <b>7804,75</b>              | <b>6331,94</b>               | <b>333</b>      | <b>1,00</b> | <b>7805</b>                   | <b>6332</b>                    | <b>10050</b>                  |

### 1.3 Силові електричні навантаження вище 1 кВ

Результати розрахунків згідно методики, наведеної в [1] приведені в таб.

1.3.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 10  |
|  |  |  |  |  |  |     |

Таблиця 1.3. Силові ел. навант. заводу в мережі вище 1000 В

| Назва                                  | $N_{\text{спож}} \text{ шт}$ | $P \text{ одн.сп.}$ |          | $P_{\text{сум, кВт}}$ | $m$  | $K_{\text{в}}$ | $\cos \varphi$ | $\text{tg} \varphi$ | Сер. зм. нав.        |                       | $n_{\text{эф}}$ | $K_{\text{р}}$ | Розрах. навант.        |                         |                        |
|----------------------------------------|------------------------------|---------------------|----------|-----------------------|------|----------------|----------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                        |                              | мін, кВт            | мах, кВт |                       |      |                |                |                     | $P_{\text{зм, кВт}}$ | $Q_{\text{зм, квар}}$ |                 |                | $P_{\text{розр, кВт}}$ | $Q_{\text{розр, квар}}$ | $S_{\text{розр, кВА}}$ |
| ТП 1,2                                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| Механічний цех                         |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| силове навант.:                        | 200                          | 7,8                 | 90       | 4000                  | 11,5 | 0,25           | 0,75           | 0,9                 | 1000                 | 881,92                | 89              | 1,20           | 1203,75                | 881,92                  | 1492,25                |
| освітлювальне навант.:                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 94,5                 |                       |                 |                | 107,73                 | 52,14                   |                        |
| Всього:                                |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 1094,5               | 881,92                |                 |                | 1311,48                | 934,06                  | 1610,11                |
| Цех металокоonstrukцій                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| силове навант.:                        | 68                           | 5                   | 60       | 1395                  | 12,0 | 0,50           | 0,60           | 1,3                 | 697,5                | 930                   | 46              | 1,16           | 806,23                 | 930                     | 1230,82                |
| освітлювальне навант.:                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 27,54                |                       |                 |                | 31,4                   | 15,2                    |                        |
| Всього:                                |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 725,04               | 930                   |                 |                | 837,63                 | 945,2                   | 1262,94                |
| Складальний цех                        |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| силове навант.:                        | 50                           | 2,5                 | 50       | 986                   | 20,0 | 0,25           | 0,80           | 0,8                 | 246,5                | 184,87                | 39              | 1,32           | 326,21                 | 184,87                  | 374,95                 |
| освітлювальне навант.:                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 43,2                 |                       |                 |                | 49,25                  | 23,84                   |                        |
| Всього:                                |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 289,7                | 184,87                |                 |                | 375,46                 | 208,71                  | 429,57                 |
| Всього по трансф. підст. № 1,2:        |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| силове навант.:                        | 318                          | 2,5                 | 90       | 6381                  | 36,0 | 0,30           | 0,70           | 1                   | 1944                 | 1996,79               | 142             | 1,14           | 2206,59                | 1996,79                 | 2975,94                |
| освітлювальне навант.:                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 165,24               |                       |                 |                | 188,38                 | 91,18                   |                        |
| Батарей конденсаторів 0,4 кВ           |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      | -800                  |                 |                |                        | -800                    |                        |
| Всього 0,4 кВ ТП № 1,2:                |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 2109,24              | 1196,79               |                 |                | 2394,97                | 1287,97                 | 2719,33                |
| Втрати потужн. в тр-рах:               |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                | 30,14                  | 157,68                  |                        |
| К-сть силових тр-рів4                  |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| Ном. потужн. силового тр-ра, кВА: 1000 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| $K_3 = 0,68$                           |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| Всього 10 кВ ТП № 1,2:                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                | 2425,11                | 1445,65                 | 2823,3                 |
| ТП 3,4,5,6                             |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| Ливарний корпус                        |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |
| силове навант.:                        | 100                          | 10                  | 75       | 6900                  | 7,5  | 0,60           | 0,80           | 0,8                 | 4140                 | 3105                  | 100             | 1,08           | 4458,92                | 3105                    | 5433,51                |
| освітлювальне навант.:                 |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 69,61                |                       |                 |                | 79,36                  | 38,41                   |                        |
| Всього:                                |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     | 4209,61              | 3105                  |                 |                | 4538,28                | 3143,41                 | 5520,6                 |
| Котельня                               |                              |                     |          |                       |      |                |                |                     |                      |                       |                 |                |                        |                         |                        |

Продовження табл. 1.3

| Назва                                  | $N_{\text{спож}}$<br>шт | $P$ одн.сп. |          | $P_{\text{сум}}$<br>кВт | $m$  | $K_v$ | $\cos \varphi$ | $\text{tg} \varphi$ | Сер. зм. нав.         |                        | $n_{\text{эф}}$ | $K_p$ | Розрах. навант.         |                          |                         |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------|----------|-------------------------|------|-------|----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|-------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                        |                         | мін, кВт    | мах, кВт |                         |      |       |                |                     | $P_{\text{зм}}$ , кВт | $Q_{\text{зм}}$ , квар |                 |       | $P_{\text{розр}}$ , кВт | $Q_{\text{розр}}$ , квар | $S_{\text{розр}}$ , кВА |
| силове навант.:                        | 10                      | 20          | 50       | 600                     | 2,5  | 0,60  | 0,75           | 0,9                 | 360                   | 317,49                 | 10              | 1,29  | 463,69                  | 349,24                   | 580,5                   |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 9,72                  |                        |                 |       | 11,08                   | 5,36                     |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 369,72                | 317,49                 |                 |       | 474,77                  | 354,6                    | 592,58                  |
| Склад моделей                          |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 10                      | 10          | 40       | 160                     | 4,0  | 0,60  | 0,90           | 0,5                 | 96                    | 46,49                  | 8               | 1,33  | 127,75                  | 51,14                    | 137,61                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 12,96                 |                        |                 |       | 14,77                   | 7,15                     |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 108,96                | 46,49                  |                 |       | 142,52                  | 58,29                    | 153,98                  |
| Деревообробний цех                     |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 15                      | 12          | 70       | 475                     | 5,8  | 0,25  | 0,70           | 1                   | 118,75                | 121,15                 | 14              | 1,58  | 188,02                  | 121,15                   | 223,67                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 63,65                 |                        |                 |       | 72,56                   | 35,12                    |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 182,4                 | 121,15                 |                 |       | 260,58                  | 156,27                   | 303,85                  |
| Склад ПММ                              |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 7                       | 10          | 20       | 120                     | 2,0  | 0,70  | 0,90           | 0,5                 | 84                    | 40,68                  | 7               | 1,25  | 105,14                  | 44,75                    | 114,27                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 12,15                 |                        |                 |       | 13,85                   | 6,7                      |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 96,15                 | 40,68                  |                 |       | 118,99                  | 51,45                    | 129,64                  |
| Медпункт                               |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 8                       | 1           | 15       | 65                      | 15,0 | 0,80  | 0,90           | 0,5                 | 52                    | 25,18                  | 8               | 1,00  | 52                      | 27,7                     | 58,92                   |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 30,1                  |                        |                 |       | 34,31                   | 16,61                    |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 82,1                  | 25,18                  |                 |       | 86,31                   | 44,31                    | 97,02                   |
| Всього по трансф. підст. № 3,4,5,6:    |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 150                     | 1           | 75       | 8320                    | 75,0 | 0,58  | 0,80           | 0,8                 | 4850,75               | 3655,99                | 150             | 1,06  | 5164,39                 | 3655,99                  | 6327,49                 |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 198,19                |                        |                 |       | 225,93                  | 109,35                   |                         |
| Батареї конденсаторів 0,4 кВ           |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       | -2808                  |                 |       |                         | -2808                    |                         |
| Всього 0,4 кВ ТП 3,4,5,6:              |                         |             |          |                         |      |       |                |                     | 5048,94               | 847,99                 |                 |       | 5390,32                 | 957,34                   | 5474,67                 |
| Втрати потужн. в тр-рах:               |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       | 60,81                   | 318,06                   |                         |
| К-сть силових тр-рів8                  |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| Ном. потужн. силового тр-ра, кВА: 1000 |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| $K_3 = 0,68$                           |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| Всього 10 кВ ТП 3,4,5,6:               |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       | 5451,13                 | 1275,4                   | 5598,35                 |
| ТП 7                                   |                         |             |          |                         |      |       |                |                     |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |

Продовження табл. 1.3

| Назва                                  | $N_{\text{спож}}$<br>шт | $P$ одн.сп. |          | $P_{\text{сум}}$<br>кВт | $m$   | $K_b$ | $\cos\varphi$ | $\text{tg}\varphi$ | Сер. зм. нав.         |                        | $n_{\text{эф}}$ | $K_p$ | Розрах. навант.         |                          |                         |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------|----------|-------------------------|-------|-------|---------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|-------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                        |                         | мін, кВт    | мах, кВт |                         |       |       |               |                    | $P_{\text{зм}}$ , кВт | $Q_{\text{зм}}$ , квар |                 |       | $P_{\text{розр}}$ , кВт | $Q_{\text{розр}}$ , квар | $S_{\text{розр}}$ , кВА |
| Компресорна                            |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 5                       | 20          | 50       | 400                     | 2,5   | 0,65  | 0,85          | 0,6                | 260                   | 161,13                 | 5               | 1,38  | 359,56                  | 177,24                   | 400,87                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 3,89                  |                        |                 |       | 4,43                    | 2,14                     |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 263,89                | 161,13                 |                 |       | 363,99                  | 179,38                   | 405,79                  |
| Насосна протипожежна станція           |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 5                       | 20          | 90       | 480                     | 4,5   | 0,65  | 0,85          | 0,6                | 312                   | 193,36                 | 5               | 1,38  | 431,47                  | 212,7                    | 481,05                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 7,56                  |                        |                 |       | 8,62                    | 4,17                     |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 319,56                | 193,36                 |                 |       | 440,09                  | 216,87                   | 490,62                  |
| Корпус допоміжних цехів                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 35                      | 5           | 100      | 700                     | 20,0  | 0,30  | 0,70          | 1                  | 210                   | 214,24                 | 14              | 1,51  | 316,55                  | 214,24                   | 382,23                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 17,82                 |                        |                 |       | 20,31                   | 9,83                     |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 227,82                | 214,24                 |                 |       | 336,86                  | 224,07                   | 404,58                  |
| Головний магазин                       |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 12                      | 10          | 30       | 380                     | 3,0   | 0,60  | 0,90          | 0,5                | 228                   | 110,43                 | 12              | 1,26  | 286,81                  | 110,43                   | 307,33                  |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 8,42                  |                        |                 |       | 9,6                     | 4,65                     |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 236,42                | 110,43                 |                 |       | 296,41                  | 115,08                   | 317,97                  |
| Територія заводу                       |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 10,8                  |                        |                 |       | 12,1                    | 20,96                    |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 10,8                  | 0                      |                 |       | 12,1                    | 20,96                    | 24,2                    |
| Всього по трансф. підст. № 7:          |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 57                      | 5           | 100      | 1960                    | 20,0  | 0,52  | 0,83          | 0,7                | 1010                  | 679,16                 | 39              | 1,16  | 1176,19                 | 679,16                   | 1358,19                 |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 48,49                 |                        |                 |       | 55,06                   | 41,75                    |                         |
| Батареї конденсаторів 0,4 кВ           |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       | -134                   |                 |       |                         | -134                     |                         |
| Всього 0,4 кВ ТП 7:                    |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 1058,49               | 545,16                 |                 |       | 1231,25                 | 586,91                   | 1363,98                 |
| Втрати потужн. в тр-рах:               |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       | 15,13                   | 79,16                    |                         |
| К-сть силових тр-рів2                  |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| Ном. потужн. силового тр-ра, кВА: 1000 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| $K_3 = 0,68$                           |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| Всього 10 кВ ТП 7:                     |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       | 1246,38                 | 666,07                   | 1413,2                  |
| Всього по об'єкту                      |                         |             |          |                         |       |       |               |                    |                       |                        |                 |       |                         |                          |                         |
| силове навант.:                        | 525                     | 1           | 100      | 16661                   | 100,0 | 0,47  | 0,95          | 0,3                | 7804,75               | 2589,94                | 333             | 1,00  | 7804,75                 | 2589,94                  | 8223,25                 |
| освітлювальне навант.:                 |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 48,49                 |                        |                 |       | 469,37                  | 242,28                   |                         |
| Всього:                                |                         |             |          |                         |       |       |               |                    | 8216,67               | 2589,94                |                 |       | 8274,12                 | 2832,22                  | 8745,43                 |

Продовження табл. 1.3

| Назва                                    | N<br>спож<br>шт | P одн.сп. |              | P сум,<br>кВт | m | K <sub>в</sub> | cosφ | tgφ | Сер. зм. нав.         |                        | n <sub>еф</sub> | K <sub>р</sub> | Розрах. навант.         |                          |                         |
|------------------------------------------|-----------------|-----------|--------------|---------------|---|----------------|------|-----|-----------------------|------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                          |                 | мін, кВт  | макс,<br>кВт |               |   |                |      |     | P <sub>зм</sub> , кВт | Q <sub>зм</sub> , квар |                 |                | P <sub>розр</sub> , кВт | Q <sub>розр</sub> , квар | S <sub>розр</sub> , кВА |
| Потужність батарей конденсаторів 0,4 кВ: |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       | -3742                  |                 |                |                         | -3742                    |                         |
| Втрати потужн. в тр-рах:                 |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                | 106,08                  | 554,9                    |                         |
| Всього по заводу:                        |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                | 8380,2                  | 3387,12                  | 9038,82                 |
| Ел. навант. напругою вище 1 кВ           |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                |                         |                          |                         |
| ІЛК-6                                    | 2               | 3000      | 3000         | 6000          |   | 0,70           | 0,90 | 0,5 | 4200                  | 2034,15                |                 |                | 4200                    | 2034,15                  | 4666,67                 |
| АД                                       | 2               | 600       | 600          | 1200          |   | 0,75           | 0,90 | 0,5 | 900                   | 435,89                 |                 |                | 900                     | 435,89                   | 1000                    |
| Всього високовольтного ел. навант.:      |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                | 5100                    | 2470,04                  | 5666,67                 |
| Всього по заводу 10 кВ:                  |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                | 13480,2                 | 5857,16                  | 14697,69                |
| Потужність батарей конденсаторів 10 кВ:  |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                |                         | -3900                    |                         |
| Всього 10 кВ з КП:                       |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                | 13480,2                 | 1957,16                  | 13621,54                |
| tgφ = 0,145                              |                 |           |              |               |   |                |      |     |                       |                        |                 |                |                         |                          |                         |

## 1.4 Графіки електричних навантажень заводу

У цьому параграфі наведені результати розрахунків параметрів графіків електр. навантажень згідно [1]. Результати розрахунків наведено нижче.

Таблиця 1.4. Дані для розрахунку параметрів графіків

| №  | Роб. дні |      | Вих.дні |      |
|----|----------|------|---------|------|
|    | P, %     | Q, % | P, %    | Q, % |
| 1  | 100      | 100  | 56      | 73   |
| 2  | 92       | 94   | 56      | 73   |
| 3  | 97       | 95   | 56      | 73   |
| 4  | 77       | 80   | 56      | 73   |
| 5  | 45       | 58   | 56      | 73   |
| 6  | 45       | 60   | 56      | 73   |
| 7  | 70       | 80   | 56      | 73   |
| 8  | 70       | 87   | 42      | 73   |
| 9  | 73       | 85   | 42      | 59   |
| 10 | 68       | 80   | 42      | 59   |
| 11 | 70       | 81   | 42      | 59   |
| 12 | 66       | 82   | 42      | 59   |
| 13 | 56       | 73   | 42      | 59   |
| 14 | 52       | 80   | 42      | 59   |
| 15 | 67       | 76   | 42      | 59   |
| 16 | 73       | 84   | 42      | 59   |
| 17 | 75       | 90   | 42      | 59   |
| 18 | 72       | 85   | 42      | 59   |
| 19 | 70       | 80   | 56      | 73   |
| 20 | 65       | 65   | 56      | 73   |
| 21 | 70       | 76   | 56      | 73   |
| 22 | 45       | 73   | 56      | 73   |
| 23 | 60       | 70   | 56      | 73   |
| 24 | 100      | 100  | 56      | 73   |

Таблиця 1.5. Результати розрахунків доб. графіків

| №  | Зим. дні            |                      |                     |                     |                      |                     | Літн. дні           |                      |                     |                     |                      |                     |
|----|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|    | Роб. дні            |                      |                     | Вих. дні            |                      |                     | Роб. дні            |                      |                     | Вих. дні            |                      |                     |
|    | $P_{\text{дп}}$ кВт | $Q_{\text{дп}}$ квар | $S_{\text{дп}}$ кВА | $P_{\text{дп}}$ кВт | $Q_{\text{дп}}$ квар | $S_{\text{дп}}$ кВА | $P_{\text{дп}}$ кВт | $Q_{\text{дп}}$ квар | $S_{\text{дп}}$ кВА | $P_{\text{дп}}$ кВт | $Q_{\text{дп}}$ квар | $S_{\text{дп}}$ кВА |
| 1  | 13480               | 1957                 | 13621               | 7549                | 1429                 | 7683                | 11458               | 1663                 | 11578               | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 2  | 12402               | 1840                 | 12538               | 7549                | 1429                 | 7683                | 10541               | 1564                 | 10656               | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 3  | 13076               | 1859                 | 13207               | 7549                | 1429                 | 7683                | 11114               | 1580                 | 11226               | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 4  | 10380               | 1566                 | 10497               | 7549                | 1429                 | 7683                | 8823                | 1331                 | 8923                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 5  | 6066                | 1135                 | 6171                | 7549                | 1429                 | 7683                | 5156                | 965                  | 5246                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 6  | 6066                | 1174                 | 6179                | 7549                | 1429                 | 7683                | 5156                | 998                  | 5252                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 7  | 9436                | 1566                 | 9565                | 7549                | 1429                 | 7683                | 8021                | 1331                 | 8131                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 8  | 9436                | 1703                 | 9588                | 5662                | 1429                 | 5840                | 8021                | 1447                 | 8150                | 4812                | 1214                 | 4963                |
| 9  | 9840                | 1663                 | 9980                | 5662                | 1155                 | 5779                | 8364                | 1414                 | 8483                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 10 | 9166                | 1566                 | 9299                | 5662                | 1155                 | 5779                | 7791                | 1331                 | 7904                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 11 | 9436                | 1585                 | 9568                | 5662                | 1155                 | 5779                | 8021                | 1347                 | 8133                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 12 | 8897                | 1605                 | 9041                | 5662                | 1155                 | 5779                | 7562                | 1364                 | 7684                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 13 | 7549                | 1429                 | 7683                | 5662                | 1155                 | 5779                | 6416                | 1214                 | 6530                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 14 | 7010                | 1566                 | 7183                | 5662                | 1155                 | 5779                | 5958                | 1331                 | 6105                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 15 | 9032                | 1487                 | 9154                | 5662                | 1155                 | 5779                | 7677                | 1264                 | 7780                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 16 | 9840                | 1644                 | 9976                | 5662                | 1155                 | 5779                | 8364                | 1397                 | 8480                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 17 | 10110               | 1761                 | 10262               | 5662                | 1155                 | 5779                | 8594                | 1497                 | 8723                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 18 | 9706                | 1663                 | 9847                | 5662                | 1155                 | 5779                | 8250                | 1414                 | 8370                | 4812                | 981                  | 4911                |
| 19 | 9436                | 1566                 | 9565                | 7549                | 1429                 | 7683                | 8021                | 1331                 | 8131                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 20 | 8762                | 1272                 | 8854                | 7549                | 1429                 | 7683                | 7448                | 1081                 | 7526                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 21 | 9436                | 1487                 | 9552                | 7549                | 1429                 | 7683                | 8021                | 1264                 | 8120                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 22 | 6066                | 1429                 | 6232                | 7549                | 1429                 | 7683                | 5156                | 1214                 | 5297                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 23 | 8088                | 1370                 | 8203                | 7549                | 1429                 | 7683                | 6875                | 1164                 | 6973                | 6416                | 1214                 | 6530                |
| 24 | 13480               | 1957                 | 13621               | 7549                | 1429                 | 7683                | 11458               | 1663                 | 11578               | 6416                | 1214                 | 6530                |

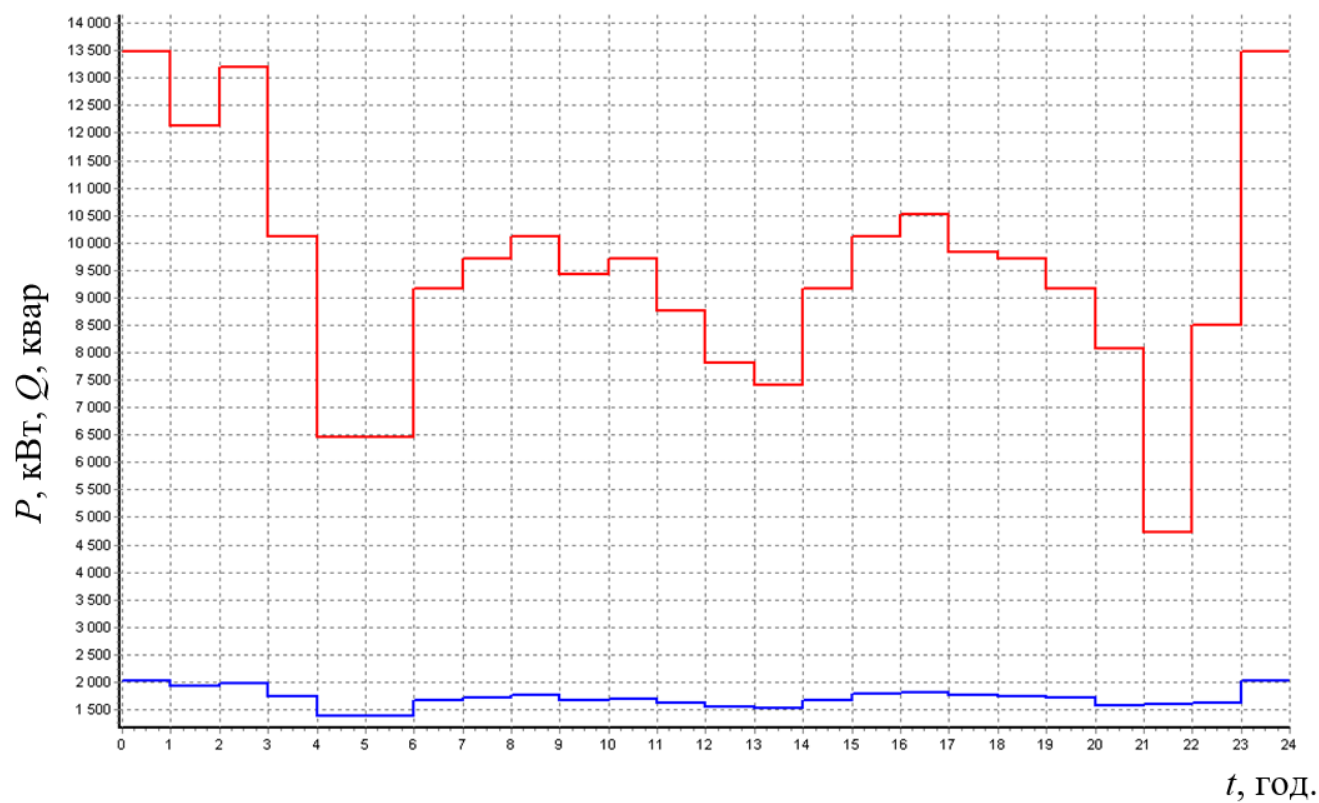


Рис. 1.1. Доб. графіки (зимові роб.)

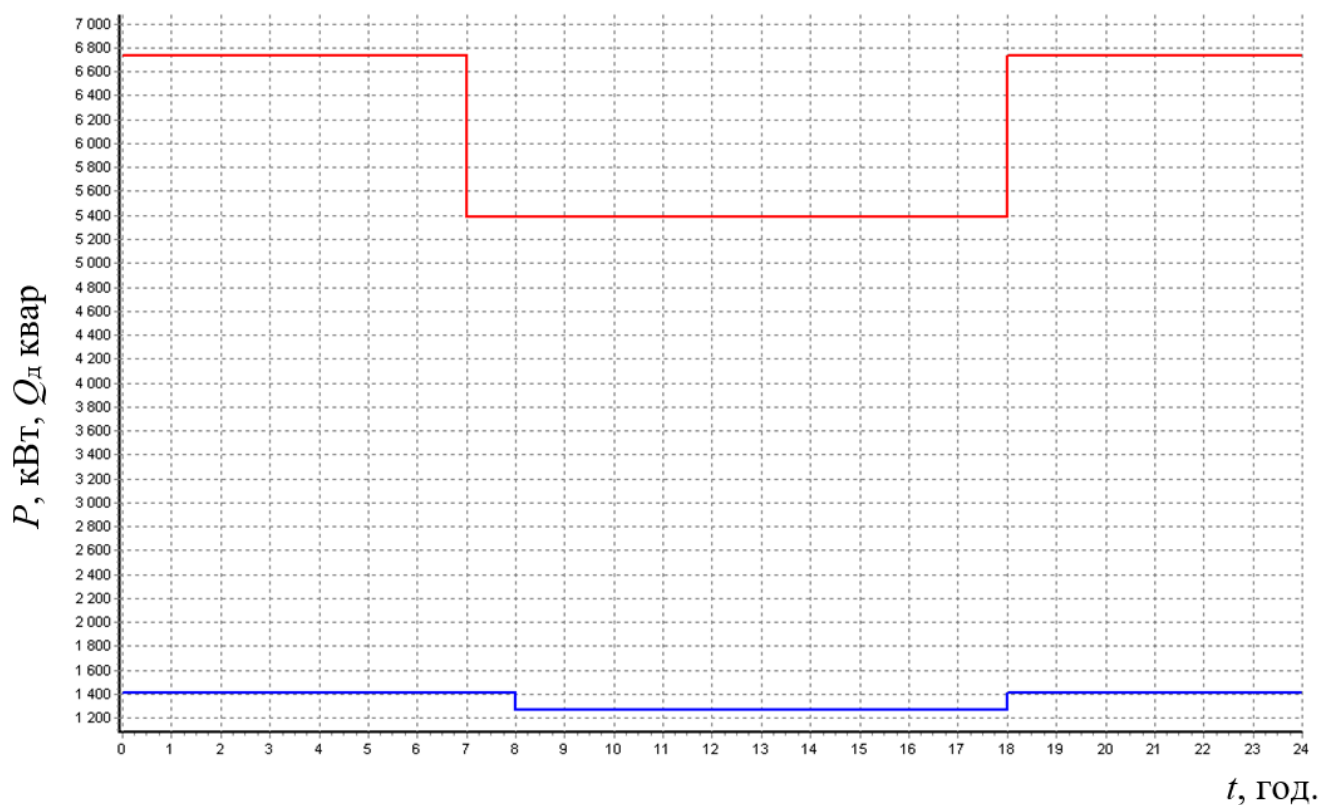


Рис. 1.2. Доб. графіки активн. (зимові вих.)

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

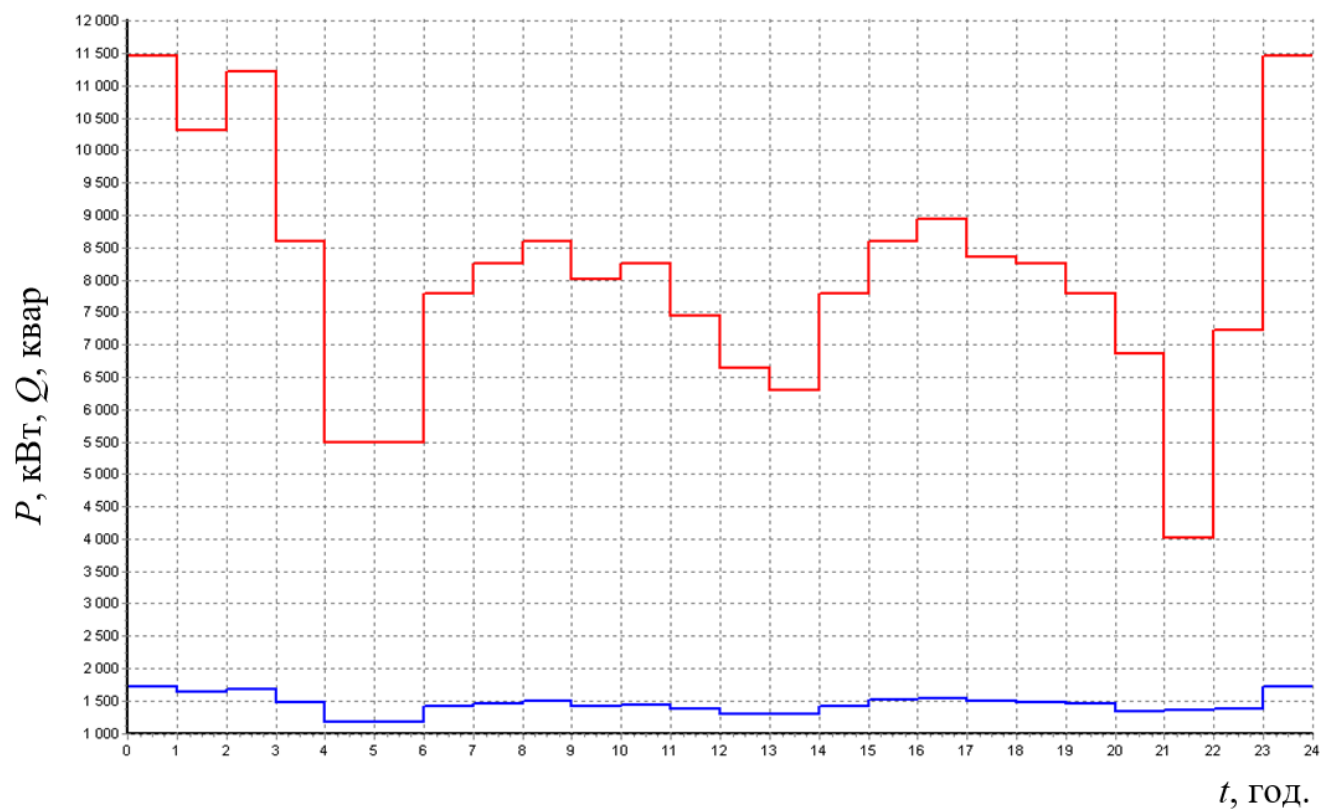


Рис. 1.3. Доб. графіки (літні роб.)

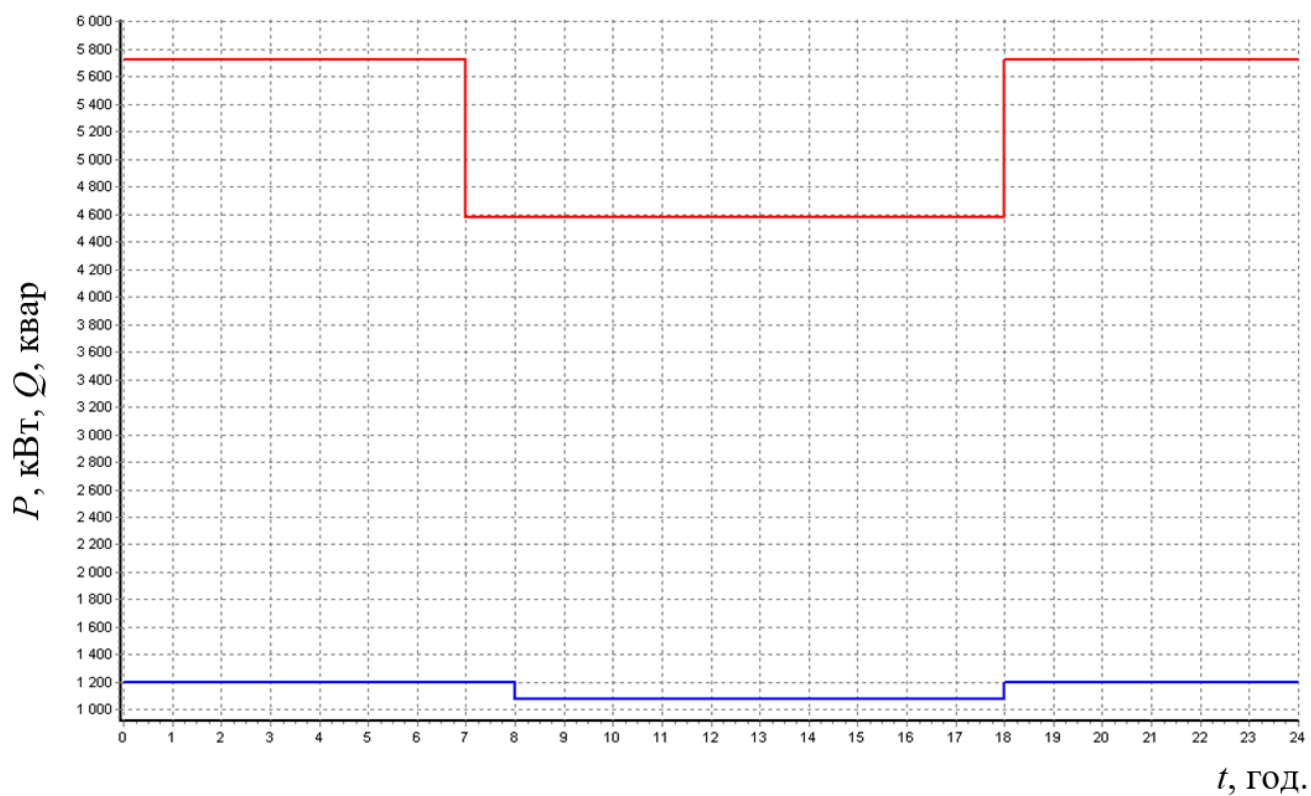


Рис. 1.4 Доб. графіки (літні вих.)

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

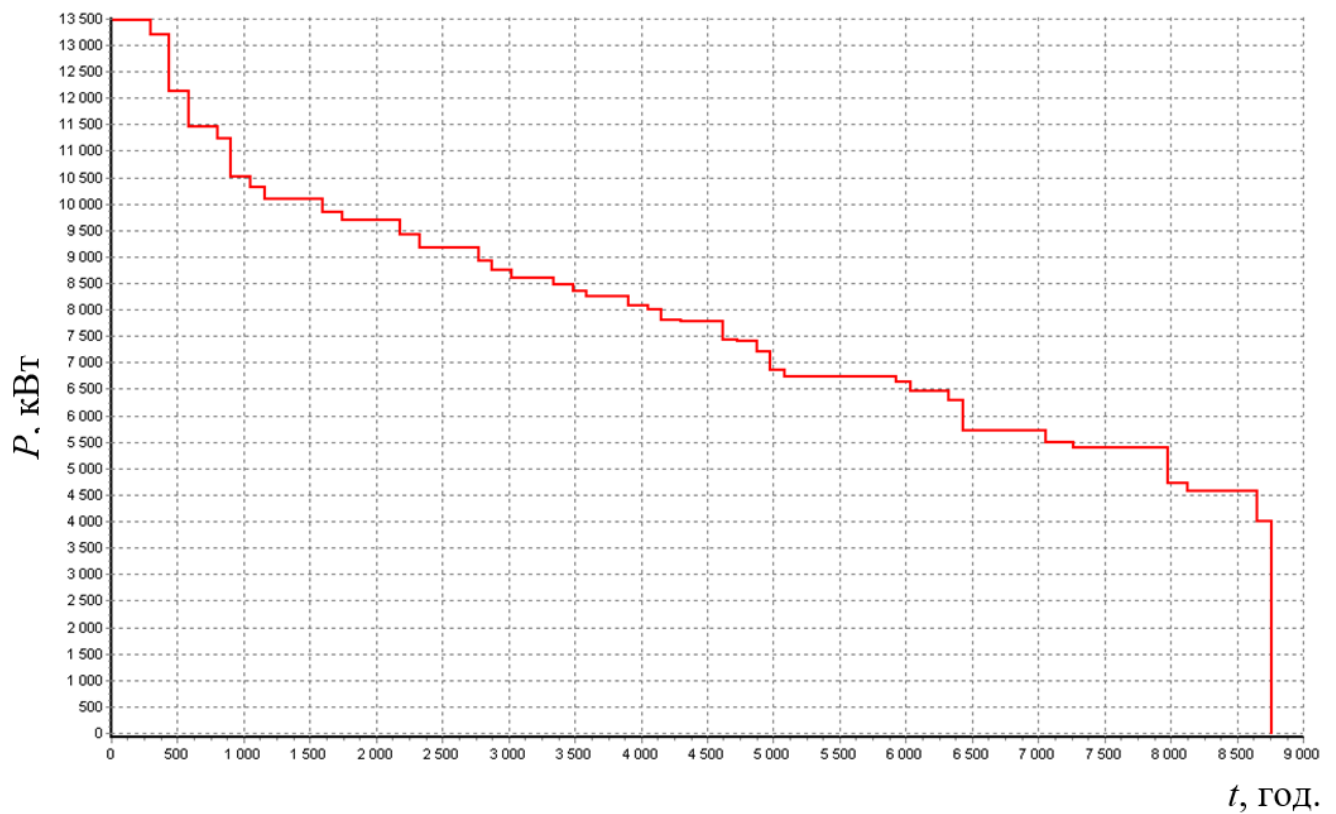


Рис. 1.5. Річн. графік за тривалістю (Р)

Таблиця 1.6. Результати розрах. параметрів графіків

| №  | Назва параметру        | Знач.    | Од. вим. |
|----|------------------------|----------|----------|
| 1  | $S_{\text{розр}}$      | 13621,32 | МВА      |
| 2  | $W_{\text{зим.роб.}}$  | 33250812 | кВт·год  |
| 3  | $V_{\text{зим.роб.}}$  | 5563950  | квар·год |
| 4  | $W_{\text{зим.вих.}}$  | 10427235 | кВт·год  |
| 5  | $V_{\text{зим.вих.}}$  | 2051140  | квар·год |
| 6  | $W_{\text{літн.роб.}}$ | 20187930 | кВт·год  |
| 7  | $V_{\text{літн.роб.}}$ | 3377745  | квар·год |
| 8  | $W_{\text{літн.вих.}}$ | 6544320  | кВт·год  |
| 9  | $V_{\text{літн.вих.}}$ | 1286688  | квар·год |
| 10 | $W_{\text{річн}}$      | 70410297 | кВт·год  |
| 11 | $V_{\text{річн}}$      | 12279523 | квар·год |
| 12 | $T_{\text{м}}$         | 5247,147 | год      |
| 13 | $\tau_{\text{м}}$      | 3686,478 | год      |

## РОЗДІЛ 2

### КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Приклад розрахунків картограми навантаж. механічного цеху приведено нижче:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_{\text{осв}} + P_{\text{сил}}}{\pi t}} = \sqrt{\frac{1203,75 + 107,73}{3,14 \cdot 0,2}} = 45,69 \text{ мм},$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360}{P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}}} = \frac{107,73 \cdot 360}{1311,48} = 29,57^\circ.$$

Розрахунок картограм інших цехів приведено в таблиці 2.1.

Центр електричних навантажень

$$X = \frac{\sum_{j=1}^m X_j P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} = \frac{1689332,07}{14695,47} = 114,96 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{j=1}^m Y_j P_j}{\sum_{j=1}^m P_j} = \frac{3484441,02}{14695,47} = 237,11 \text{ м}.$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 20  |

Таблиця 2.1. Картограма ел. навантажень

| №   | Назва цеху                   | $P_{\text{сип}}, \text{ кВт}$ | $P_{\text{осв}}, \text{ кВт}$ | $P_{\text{л}}, \text{ кВт}$ | $m$ | $R, \text{ мм}$ | $\alpha, \text{ град}$ | $\chi, \text{ м}$ | $y, \text{ м}$ | $P_1 \cdot \chi, \text{ кВт} \cdot \text{м}$ | $P_1 \cdot y, \text{ кВт} \cdot \text{м}$ |
|-----|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----|-----------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1.  | Механічний цех               | 1203,75                       | 107,73                        | 1311,48                     | 0,2 | 45,69           | 29,57                  | 240,00            | 285,00         | 314755,20                                    | 373771,80                                 |
| 2.  | Цех металоконструкцій        | 806,23                        | 31,4                          | 837,63                      | 0,2 | 36,51           | 13,50                  | 210,00            | 315,00         | 175902,30                                    | 263853,45                                 |
| 3.  | Складальний цех              | 326,21                        | 49,25                         | 375,46                      | 0,2 | 24,45           | 47,22                  | 270,00            | 309,00         | 101374,20                                    | 116017,14                                 |
| 4.  | Ливарний корпус:             |                               |                               |                             |     |                 |                        |                   |                |                                              |                                           |
|     | а) 0.4 кВ                    | 4458,92                       | 79,36                         | 4538,28                     | 0,2 | 84,99           | 6,30                   | 60,00             | 240,00         | 272296,80                                    | 1089187,20                                |
|     | б) 10.5 кВ (ДЛК-6)           | 4200                          | 0                             | 4200,00                     | 0,2 | 81,76           | 0,00                   | 60,00             | 240,00         | 252000,00                                    | 1008000,00                                |
| 5.  | Котельня                     | 463,69                        | 11,08                         | 474,77                      | 0,2 | 27,49           | 8,40                   | 36,00             | 339,00         | 17091,72                                     | 160947,03                                 |
| 6.  | Компресорна                  |                               |                               |                             |     |                 |                        |                   |                |                                              |                                           |
|     | а) 0.4 кВ                    | 359,56                        | 4,43                          | 363,99                      | 0,2 | 24,07           | 4,38                   | 225,00            | 150,00         | 81897,75                                     | 54598,50                                  |
|     | б) 10.5 кВ (АД)              | 900                           | 0                             | 900,00                      | 0,2 | 37,85           | 0,00                   | 225,00            | 150,00         | 202500,00                                    | 135000,00                                 |
| 7.  | Деревообробний цех           | 188,02                        | 72,56                         | 260,58                      | 0,2 | 20,36           | 100,24                 | 150,00            | 75,00          | 39087,00                                     | 19543,50                                  |
| 8.  | Склад моделей                | 127,75                        | 14,77                         | 142,52                      | 0,2 | 15,06           | 37,31                  | 75,00             | 165,00         | 10689,00                                     | 23515,80                                  |
| 9.  | Насосна протипожежна станція | 431,47                        | 8,62                          | 440,09                      | 0,2 | 26,47           | 7,05                   | 300,00            | 150,00         | 132027,00                                    | 66013,50                                  |
| 10. | Головний магазин             | 286,81                        | 9,6                           | 296,41                      | 0,2 | 21,72           | 11,66                  | 195,00            | 210,00         | 57799,95                                     | 62246,10                                  |
| 11. | Корпус допоміжних цехів      | 316,55                        | 20,31                         | 336,86                      | 0,2 | 23,15           | 21,71                  | 45,00             | 210,00         | 15158,70                                     | 70740,60                                  |
| 12. | Склад ПММ                    | 105,14                        | 13,85                         | 118,99                      | 0,2 | 13,76           | 41,90                  | 45,00             | 90,00          | 5354,55                                      | 10709,10                                  |
| 13. | Медпункт                     | 52                            | 34,31                         | 86,31                       | 0,2 | 11,72           | 143,11                 | 90,00             | 330,00         | 7767,90                                      | 28482,30                                  |
| 14. | Територія заводу             | 0                             | 12,1                          | 12,10                       | 0,2 | 4,39            | 360,00                 | 300,00            | 150,00         | 3630,00                                      | 1815,00                                   |
|     | <b>Всього по заводу</b>      | <b>14226,10</b>               | <b>469,37</b>                 | <b>14695,47</b>             |     |                 |                        |                   |                | <b>1689332,07</b>                            | <b>3484441,02</b>                         |





Таблиця 3.1. Розрах. кап. Вкладень для 1 вар.

| №      | Назва    | Од. | К-сть | Вартість | Всього |
|--------|----------|-----|-------|----------|--------|
| 1      | КЛ 10 кВ | км  | 14,8  | 58       | 858,4  |
| 2      | Траншея  | км. | 3,7   | 14,3     | 52,91  |
| 3      | Шафи КРП | шт. | 2     | 10,7     | 21,40  |
| Всього |          |     |       |          | 932,71 |

В табл. 3.2 наведено розрахунки поточних витрат

Таблиця 3.2. Поточні витрати для 1 вар.

| №      | Назва    | $K_j$  | $P_{aj}$ | $C_{aj}$ | $C_{aj}$ | $C_j$  |
|--------|----------|--------|----------|----------|----------|--------|
| 1      | КЛ 10 кВ | 858,40 | 5,0      | 42,92    | 42,92    | 85,84  |
| 2      | Траншея  | 52,9   | 5,0      | 2,64     | 2,64     | 5,291  |
| 3      | Шафи КРП | 21,40  | 15,0     | 3,21     | 1,07     | 4,280  |
| Всього |          |        |          |          |          | 95,411 |

Розрахунок збитку від недовідпуску електроенергії наведено нижче.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 0,592 = 0,596 \quad 1/\text{рік}$$

$$T_{\text{відн}} = \frac{\sum \lambda_i T_{\text{відн.}i}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 0,592 \cdot 0,000518)}{0,596} = 0,00051754 \quad \text{рік}$$

$$K_{\text{пр}} = 1,2 K_{\text{пр max}} = 1,2 \cdot 0,002 = 0,0024$$

$$K_{\text{а.п}} = \lambda T_{\text{відн}} = 0,596 \cdot 0,000517543624161074 = 0,000308456$$

$$K_{\text{а.п}} = \lambda T_{\text{відн}} = 0,596 \cdot 0,000517543624161074 = 0,000308456$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 24  |
|  |  |  |  |  |  |     |

$$K_{a.пp}^{(2)} = K_{a.п}^2 + 2K_{a.пp} = 0,0000000951451 + 2 \cdot 0,00000171648 = 0,0000035281$$

$$T_{ав} = K_{a.пp}^{(2)} \cdot 8760 = 0,0000035281 \cdot 8760 = 0,03091$$

$$3б = 3б_0 P_{cp} T_{ав} = 27,3 \cdot 8,07 \cdot 0,03091 = 6,81$$

Зведені витрати:

$$З = E_n K + C + C_{втр} + 3б = 0,12 \cdot 932,71 + 95,411 + 1008 + 6,81 = 1222,15$$

Аналогічним способом проводяться розрахунки і для II вар-ту (табл 3.3)

Таблиця 3.3. Результати порівняння схем зовн. електропостачання

| Назва показника                    | Варіанти схем зовн. електропостачання |                |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
|                                    | 1                                     | 2              |
| Капітальні вкладення               | 932,71                                | 2357,63        |
| Поточні витрати                    | 95,411                                | 445,26         |
| Вартість втрат електричної енергії | 1008                                  | 2378,22        |
| Збиток                             | 6,81                                  | 5,47           |
| <i>Зведені витрати</i>             | <i>1222,15</i>                        | <i>3111,87</i> |

З табл. 3.3 можна побачити, що для I вар-ту схеми величина зведених витрат менша, тому саме його і приймемо для подальших розрахунків.

### 3.2 Схема внутрішнього електропостачання

Для внутрішньої схеми електропостачання було обрано радіальну схему кабельних ліній 10 кВ. Цей вибір зумовлений низкою переваг:

1. Порівняно з альтернативними варіантами, радіальна схема забезпечує вищий рівень надійності електропостачання. Завдяки резервним лініям живлення, у випадку виникнення збоїв або проведення ремонтних робіт, електропостачання може бути швидко відновлене.

2. Невелика сумарна довжина кабельних ліній у радіальній схемі мінімізує втрати активної потужності під час передачі електроенергії. Це сприяє підвищенню енергоефективності системи та зменшенню експлуатаційних витрат.

Деталізована схема внутрішнього електропостачання, що ілюструє розташування кабельних ліній, трансформаторних підстанцій та розподільних пунктів, представлена в презентаційній частині роботи. Крім того, в ній наведені технічні характеристики обраного обладнання та розрахунки параметрів мережі.

Слід зазначити, що при проектуванні радіальної схеми було враховано можливість майбутнього розширення виробничих потужностей підприємства. Завдяки модульній структурі система внутрішнього електропостачання може бути легко масштабована шляхом додавання нових ліній живлення та трансформаторних підстанцій.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 26  |

## РОЗДІЛ 4

### РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Компенсація реактивної потужності є важливим аспектом у системі електропостачання промислового підприємства. Вона дозволяє підвищити ефективність використання електроенергії та зменшити втрати в мережі.

Реактивна потужність виникає при роботі індуктивних і ємнісних навантажень, таких як трансформатори, електродвигуни, зварювальне обладнання та інші пристрої з електромагнітними колами. Вона не виконує корисної роботи, але необхідна для створення магнітного поля, яке забезпечує функціонування цих пристроїв.

Надлишок реактивної потужності в мережі призводить до зниження коефіцієнта потужності, що, в свою чергу, викликає додаткові втрати напруги та потужності в лініях електропередач та трансформаторах. Це може призвести до перевантаження обладнання, зниження якості електроенергії та збільшення витрат на оплату електроенергії.

Для компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах встановлюються спеціальні пристрої – батареї конденсаторів або синхронні компенсатори. Вони генерують реактивну потужність, протилежну за знаком до реактивної потужності навантаження, тим самим зменшуючи або повністю компенсуючи її.

Правильно розрахована і впроваджена система компенсації реактивної потужності дозволяє знизити втрати електроенергії, зменшити навантаження на обладнання, підвищити якість електроенергії та, як результат, зменшити витрати на електропостачання промислового підприємства.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 27  |
|  |  |  |  |  |  |     |

#### 4.1 Баланс реактивної потужності

Розрахунки балансу реакт. потужності, проведені згідно методики [1] наведено нижче.

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_\epsilon = 9556,54 + 98,36 + 5100 = 14754,9 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_n + \Delta Q_m + Q_\epsilon = 6574,22 + 516,32 + 2470,04 = 9560,58 \text{ кВар}$$

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 14754,9 \cdot 0,15 = 2213,24 \text{ кВар}$$

$$Q_{KP} = Q_p - Q_e = 9560,58 - 2213,24 = 7347,34 \text{ кВар}$$

Мін. к-сть силових трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_n}{\beta \cdot S_{ном}} = \frac{9556,54}{0,7 \cdot 1000} = 13,65 \approx 14 \text{ шт.}$$

**Варіант 1.**  $N = 14$  шт.

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном})^2 - P_n^2} = \sqrt{(14 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 9556,54^2} = 2170,84 \text{ кВар}$$

$$Q_{KH} = Q_n - Q_1 = 6574,22 - 2170,84 = 4403,38 \text{ кВар}$$

$$Q_{KB} = Q_p - Q_{KH} - Q_e = 9560,58 - 4403,38 - 2213,24 = 2943,96 \text{ кВар}$$

Розрахунок КП для варіантів  $N_0 + 1$  та  $N_0 + 2$  здійснюється аналогічно

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 28  |



Таблиця 4.4. Результати розрахунків з вибору КП ( $N_T = 16$  шт.)

| № ТП    | К-сть тр. | $P_{розр}$ , кВт | $Q_{розр}$ , квар | $Q_{прон}$ , квар | $Q_{комп}$ , квар | К-сть та потужн. батарей конд., шт. · кВАр | $Q_{БКсум}$ , квар | $Q_{кт} - Q_{БК}$ , квар | $K_{зав}$ | $S_{розр}$ , кВА |
|---------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------|------------------|
| 1,2     | 5         | 2420,54          | 2222,84           | 2528,04           | 0                 |                                            | 0                  | 0                        | 0,66      | 3286,34          |
| 3,4,5,6 | 9         | 5449,87          | 4077,1            | 3160,52           | 916,58            | 8 · 100; 1 · 112,5;                        | 912,5              | 4,08                     | 0,7       | 6302,045         |
| 7       | 2         | 1244,49          | 790,6             | 641,28            | 149,32            | 2 · 67;                                    | 134                | 15,32                    | 0,7       | 1407,082         |

БК 0,4 кВ: 1046,5 квар.; БК. 10 кВ: 6300 квар.

Втрати потужності:

$$\Delta P_{БКН} = P_{пит}^{БКН} \cdot Q_{БКН} = 0,0045 \cdot 3742 = 16,84 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{БКВ} = P_{пит}^{БКВ} \cdot Q_{БКВ} = 0,003 \cdot 3900 = 11,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_T = \frac{P_n^2 + Q_l^2}{U_{ном}^2} R_{тр} \cdot 10^{-3} = \frac{9556,54^2 + 2170,84^2}{10^2} \cdot 0,06 \cdot 0,001 = 57,62 \text{ кВт}$$

Вартість КП:

$$K_{БКН} = \sum_{i=1}^n N_{БКНi} K_{БКНi} = 2 \cdot 3,53 + 4 \cdot 4,75 + 4 \cdot 5,32 + 4 \cdot 10,23 = 88,26 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{БКВ} = \sum_{i=1}^n N_{БКВи} K_{БКВи} = 2 \cdot 10,07 + 2 \cdot 23,63 = 67,4 \text{ тис.грн.}$$

Вартість ТП:

$$K_{ТП} = N_{ТП2} K_{ТП2} + N_{ТП1} K_{ТП1} = 7 \cdot 638 + 0 \cdot 337,5 = 4466 \text{ тис.грн.}$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 30  |

Приведені витрати:

$$Z = E_H (K_{БКН} + K_{БКВ} + K_{ТП}) + C_0 \tau (\Delta P_{БКН} + \Delta P_{БКВ} + \Delta P_{ТП}) =$$

$$= 0,12 \cdot (88,26 + 67,4 + 4466) + 5,09 \cdot 3686,4 \cdot (16,84 + 11,7 + 57,62) \cdot 10^{-3} =$$

$$= 2171,29 \text{ тис.грн.}$$

В табл. 4.5 приведені розрахунки для інших варіантів

Таблиця 4.5. Розрахунок привед. витрат на КП

| № | $Q_{БКН}$ ,<br>кВАр | $\Delta P_{БКН}$ ,<br>кВт | $Q_{БКВ}$ ,<br>квар | $\Delta P_{БКВ}$ ,<br>кВт | $N_{Т}$ ,<br>шт. | $R_{с}$ ,<br>Ом | $S_{проп}$ ,<br>кВА | $\Delta P_{Т}$ ,<br>кВт | $K_{БКН}$ ,<br>тис.<br>грн. | $K_{БКВ}$ ,<br>тис.<br>грн. | $K_{ТП}$ ,<br>тис.<br>грн. | $Z$ ,<br>тис.<br>грн. |
|---|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 3742                | 16,8                      | 3900                | 11,7                      | 14               | 0,06            | 9800                | 57,62                   | 88,26                       | 67,4                        | 4466                       | 2171                  |
| 2 | 1847                | 8,31                      | 5700                | 17,1                      | 15               | 0,06            | 10500               | 66,15                   | 61,6                        | 85,22                       | 4803,5                     | 2312                  |
| 3 | 1047                | 4,71                      | 6300                | 18,9                      | 16               | 0,05            | 11200               | 62,72                   | 40,32                       | 87,12                       | 5141                       | 2252                  |

За результатами розрахунків приймаємо 1-й варіант.



## РОЗДІЛ 6

## 6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень

Розрахунок проводиться згідно методики [1].

Розрахункова схема мережі наведена на рис. 6.1, а схема заміщення – на рис. 6.2.

### Опори елементів мережі:

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{K.3.}} = \frac{10,5^2}{100} = 1,103 \text{ OM}$$

$$R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{1,103}{25} = 0,044 \text{ OM}$$

$$R_{\kappa l} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\kappa l}} = \frac{0,129 \cdot 3,7}{2} = 0,2387 \text{ OM}$$

$$X_{\text{к.т}} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{\text{к.т}}} = \frac{0,075 \cdot 3,7}{2} = 0,14 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{k7} = 1,103 + 0,14 = 1,243 \text{ OM}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{K2} = 0,044 + 0,2387 = 0,283 \text{ OM}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0.283^2 + 1.243^2} = 1.275 \text{ OM}$$

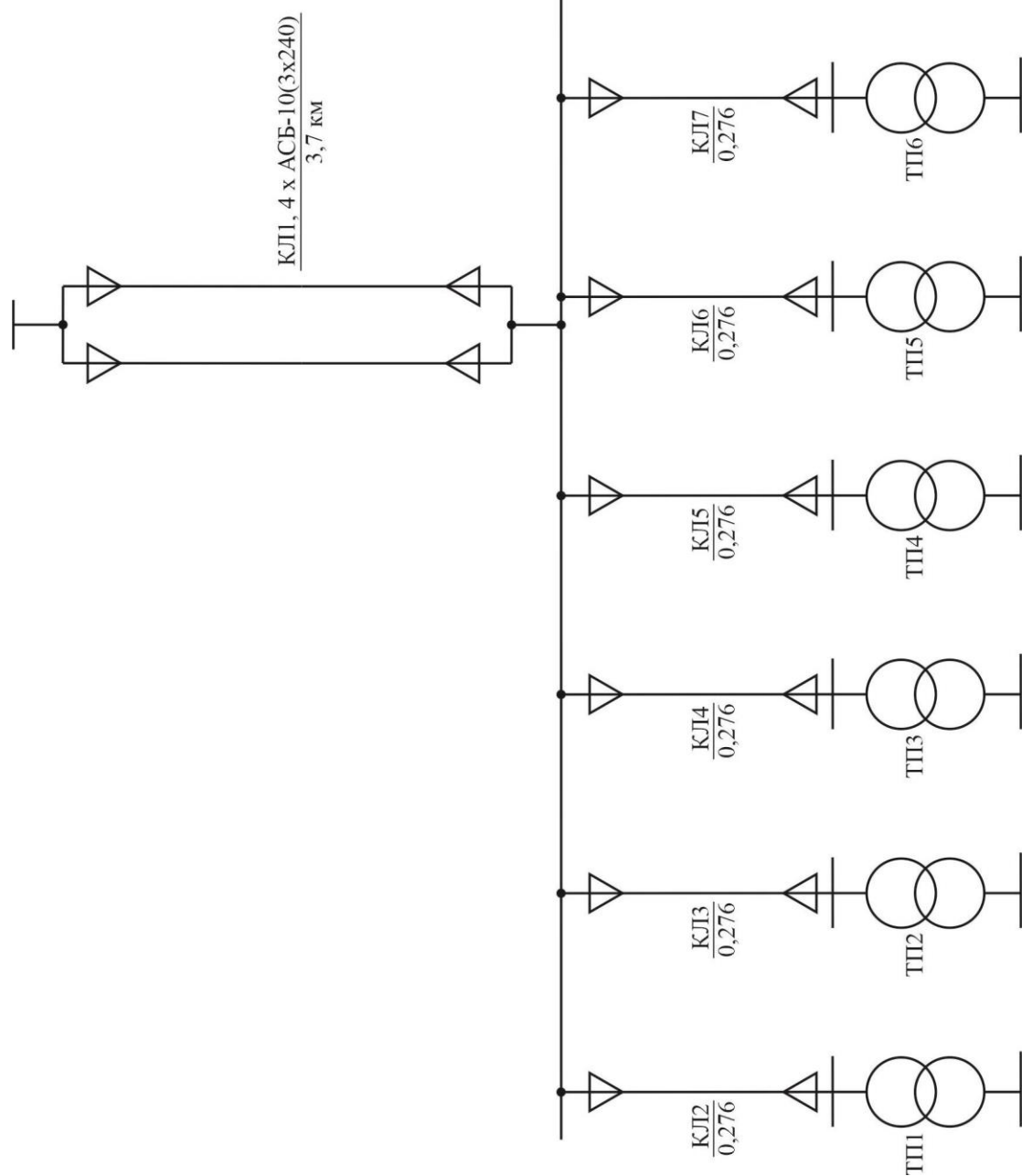


Рис. 6.1.1. Розрахункова схема

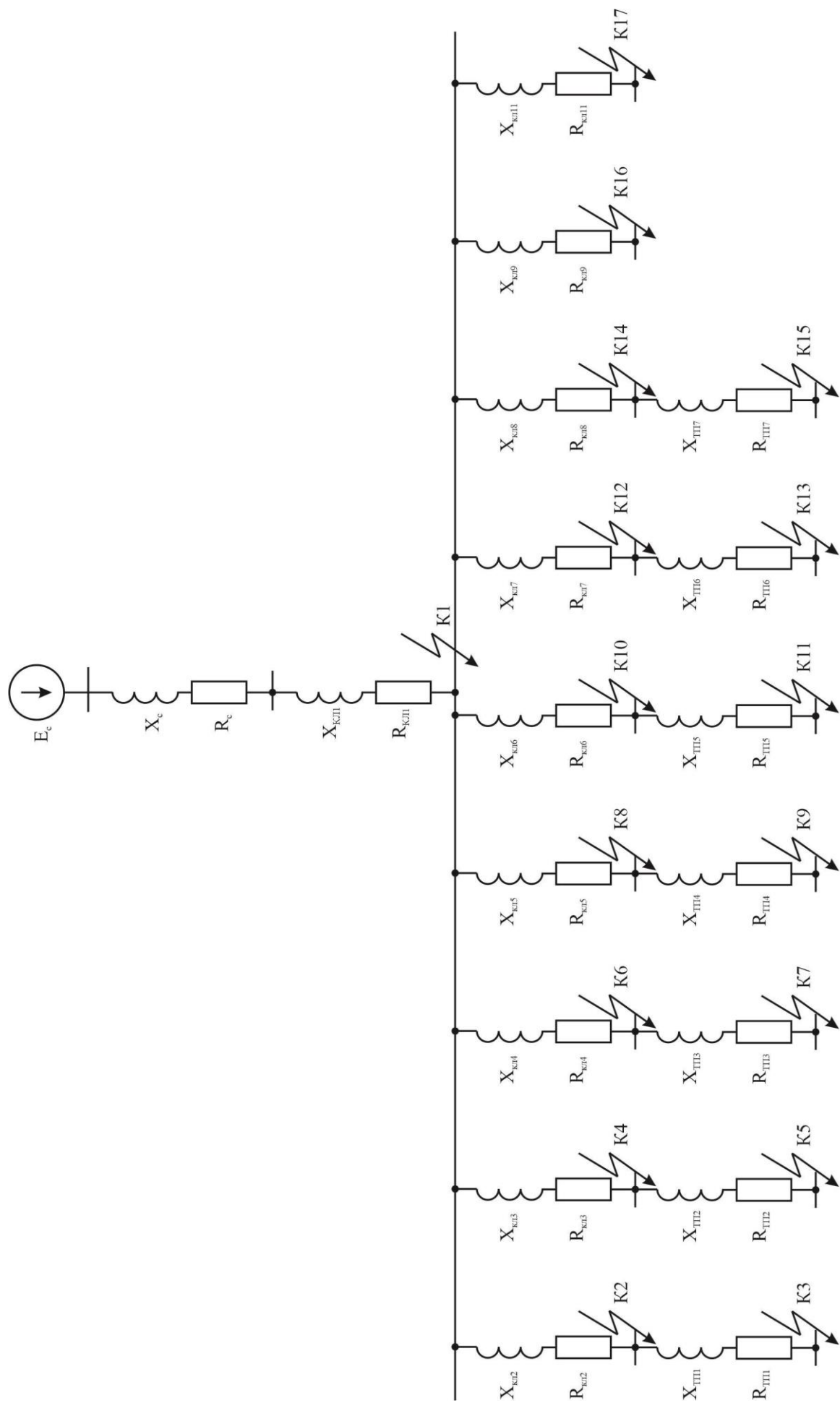


Рис. 6.2. Схема заміщення

Параметри струму к.з. в т. К1:

$$I''_{K1(c)} = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,275} = 4,75 \text{ кА}$$

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{1,243}{314 \cdot 0,283} = 0,014 \text{ с}$$

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,014}} = 1,49$$

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial}I''_{K1(c)} = \sqrt{2} \cdot 1,49 \cdot 4,75 = 10,01 \text{ кА}$$

Струм підживлення від АД 10 кВ:

$$S_{ном} = \frac{P_{ном}}{\cos\varphi_{ном} \cdot \eta} = \frac{0,6}{0,75 \cdot 0,92} = 0,87 \text{ МВА}$$

$$X_{АД} = \frac{1}{I_{пуск}} \frac{U_{cp.ном.}^2}{S_{ном}} = \frac{10,5^2}{5,2 \cdot 0,87} = 24,37 \text{ Ом}$$

$$I''_{K1(АД)} = n_{АД} \frac{E_* \cdot U_{cp.ном.}}{\sqrt{3}X_{АД}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 24,37} = 0,45 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial 1(АД)} = \sqrt{2}k_{y\partial(АД)}I''_{K1(АД)} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 0,45 = 1,08 \text{ кА}$$

$$I''_{K1} = I''_{K1(c)} + I''_{K1(АД)} = 4,75 + 0,45 = 5,2 \text{ кА}$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 36  |

$$i_{y\partial 1} = i_{y\partial 1(c)} + i_{y\partial 1(A\Gamma)} = 10,01 + 1,08 = 11,09 \text{ кА}$$

Параметри вибору КЛ1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{cp,ном}} = \frac{1403,89}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 38,6 \text{ А}$$

$$B_k = I_{K1}^2(t_{p.з.min} + T_a) = 5,2^2(1,365 + 0,014) = 37,29 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{37,29 \cdot 10^3} = 64,96 \text{ мм}^2$$

Обираємо кабель ААШВ-10(3 х 70).

Опір КЛ1:

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл} = 0,086 \cdot 0,376 = 0,032 \text{ Ом}$$

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл} = 0,443 \cdot 0,376 = 0,167 \text{ Ом}$$

Опори інших ліній наведено в табл. 6.1.

Параметри струму к.з. в т. К2:

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{кл} = 0,283 + 0,167 = 0,45 \text{ Ом}$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{кл} = 1,243 + 0,032 = 1,275 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,45^2 + 1,275^2} = 1,352 \text{ Ом}$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 37  |

Таблиця 6.1. Розрахунок опорів КЛ

| №      | Довжина $l$ ,<br>км | Пит. опір $r_0$ ,<br>Ом/км | Пит. опір $x_0$ ,<br>Ом/км | Опір $R$ , Ом | Опір $X$ , Ом |
|--------|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| 1      | 3,700               | 0,129                      | 0,075                      | 0,239         | 0,139         |
| 2      | 0,376               | 0,443                      | 0,086                      | 0,167         | 0,032         |
| 3      | 0,376               | 0,443                      | 0,086                      | 0,167         | 0,032         |
| 4      | 0,114               | 0,443                      | 0,086                      | 0,051         | 0,010         |
| 5      | 0,115               | 0,443                      | 0,086                      | 0,051         | 0,010         |
| 6      | 0,117               | 0,443                      | 0,086                      | 0,052         | 0,010         |
| 7      | 0,121               | 0,443                      | 0,086                      | 0,054         | 0,010         |
| 8      | 0,324               | 0,443                      | 0,086                      | 0,144         | 0,028         |
| 9, 10  | 0,090               | 0,167                      | 0,077                      | 0,015         | 0,007         |
| 11, 12 | 0,207               | 0,443                      | 0,086                      | 0,092         | 0,018         |

$$I_{K2}'' = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,352} = 4,48 \text{ кА}$$

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{1,275}{314 \cdot 0,45} = 0,009 \text{ с}$$

$$k_{y\varnothing 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,009}} = 1,329$$

$$i_{y\varnothing 2} = \sqrt{2}k_{y\varnothing}I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1,329 \cdot 4,48 = 8,42 \text{ кА}$$

Параметри струму к.з. в т. КЗ:

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left( \frac{U_{HH}}{U_{BH}} \right)^2 = (0,45 + 0,948) \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,002 \text{ Ом}$$

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left( \frac{U_{HH}}{U_{BH}} \right)^2 = (1,275 + 6,064) \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0107 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,002^2 + 0,0107^2} = 0,0109 \text{ Ом}$$

$$I_{K3}'' = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0109} = 21,19 \text{ кА}$$

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0107}{314 \cdot 0,002} = 0,017 \text{ с}$$

$$k_{y\partial 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,017}} = 1,555$$

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} k_{y\partial} I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,555 \cdot 21,19 = 46,6 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів к.з. в інших точках мережі наведено в табл. 6.2.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 39  |

Таблиця 6.2. Розрахунок струмів к.з.

| №  | Опір $R$ ,<br>Ом | Опір $X$ ,<br>Ом | Струм $I_k''$ ,<br>кА | Постійна<br>часу $T_a$ , с | Ударний<br>коэф. $k_{уд}$ | Ударний<br>струм $i_{уд}$ ,<br>кА |
|----|------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 0,2830           | 1,2430           | 5,20                  | 0,0140                     | 1,490                     | 11,09                             |
| 2  | 0,4500           | 1,2750           | 4,48                  | 0,0090                     | 1,329                     | 8,42                              |
| 3  | 0,0020           | 0,0107           | 21,19                 | 0,0170                     | 1,555                     | 46,60                             |
| 4  | 0,4500           | 1,2750           | 4,48                  | 0,0090                     | 1,329                     | 8,42                              |
| 5  | 0,0020           | 0,0107           | 21,19                 | 0,0170                     | 1,555                     | 46,60                             |
| 6  | 0,3340           | 1,2530           | 4,67                  | 0,0119                     | 1,432                     | 9,46                              |
| 7  | 0,0019           | 0,0106           | 21,38                 | 0,0178                     | 1,570                     | 47,47                             |
| 8  | 0,3340           | 1,2530           | 4,67                  | 0,0119                     | 1,432                     | 9,46                              |
| 9  | 0,0019           | 0,0106           | 21,38                 | 0,0178                     | 1,570                     | 47,47                             |
| 10 | 0,3350           | 1,2530           | 4,67                  | 0,0119                     | 1,432                     | 9,46                              |
| 11 | 0,0019           | 0,0106           | 21,38                 | 0,0178                     | 1,570                     | 47,47                             |
| 12 | 0,3370           | 1,2530           | 4,67                  | 0,0118                     | 1,429                     | 9,44                              |
| 13 | 0,0019           | 0,0106           | 21,38                 | 0,0178                     | 1,570                     | 47,47                             |
| 14 | 0,4270           | 1,2710           | 4,52                  | 0,0095                     | 1,349                     | 8,62                              |
| 15 | 0,0020           | 0,0106           | 21,38                 | 0,0169                     | 1,553                     | 46,96                             |
| 16 | 0,2980           | 1,2500           | 4,72                  | 0,0134                     | 1,474                     | 9,84                              |
| 17 | 0,3750           | 1,2610           | 4,61                  | 0,0107                     | 1,393                     | 9,08                              |

## 6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ

Параметри вибору КЛ до ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{1403,89}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 38,6 \text{ А}$$

Обираємо ААШв-10(3х70).

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 40  |

$$I_p = 38,6 \text{ A} \leq K_n \cdot I_{\partial on} = 0,9 \cdot 165 = 148,5 \text{ A}$$

$$I_{\partial e} = 77,2 \text{ A} \leq K_{an} \cdot K_n' \cdot I_{\partial on} = 1,35 \cdot 1 \cdot 165 = 222,75 \text{ A}$$

$$B_k = I_{Kl}^2 (t_{p.з.min} + T_a) = 5,2^2 (1,365 + 0,014) = 64,96 \text{ кА}^2 \text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{37,29} \cdot 10^3 = 64,96 \text{ мм}^2$$

В табл. 6.3 наведено результати вибору КЛ.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 41  |

Таблиця .6.3. Вибір КЛ

| №      | $n_{\text{КЛ}},$<br>шт | $S_{\text{розр}},$<br>МВА | Струм<br>$I_p, A$ | Струм<br>$I_{\text{р.ав.}}, A$ | Тепл.<br>імп. $B_{\text{к}},$<br>$\text{кА}^2\text{с}$ | Переріз<br>$F_{\text{мін}},$<br>$\text{мм}^2$ | Марка КЛ            | Струм<br>$I_{\text{доп}}, A$ | Коеф.<br>$K_{\text{п}}$ | $K_{\text{п}} I_{\text{доп}}, A$ | Коеф.<br>$K_{\text{ап}}$ | Коеф.<br>$K_{\text{п}},$<br>$K_{\text{ап}}$ | $K_{\text{ап}} K_{\text{п}} I_{\text{доп}}$<br>$A$ |
|--------|------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1      | 4                      | 13623,21                  | 187,27            | 374,54                         | 37,29                                                  | 64,96                                         | 4 x АСБ-10(3 x 240) | 355                          | 0,8                     | 284                              | 1,35                     | 0,9                                         | 431,33                                             |
| 2      | 2                      | 1403,89                   | 38,6              | 77,2                           | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 3      | 2                      | 1403,89                   | 38,6              | 77,2                           | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 4      | 2                      | 1398,92                   | 38,46             | 76,92                          | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 5      | 2                      | 1398,92                   | 38,46             | 76,92                          | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 6      | 2                      | 1398,92                   | 38,46             | 76,92                          | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 7      | 2                      | 1398,92                   | 38,46             | 76,92                          | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 8      | 2                      | 1407,08                   | 38,68             | 77,36                          | 37,29                                                  | 64,96                                         | 2 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 0,9                     | 148,5                            | 1,35                     | 1                                           | 222,75                                             |
| 9, 10  | 1                      | 3332,9                    | 183,26            | -                              | 37,29                                                  | 64,96                                         | 1 x ААШВ-10(3x185)  | 310                          | 1                       | 310                              | -                        | -                                           | -                                                  |
| 11, 12 | 1                      | 666,67                    | 36,66             | -                              | 37,29                                                  | 64,96                                         | 1 x ААШВ-10(3x70)   | 165                          | 1                       | 165                              | -                        | -                                           | -                                                  |

### 6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги

Розрахункові параметри вибору ввідного вимикача наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4. Вибір ввідного вимикача

| Назва параметру                                                                     | Умова                                                                                                                                                | Розрах. значення                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Номінальна напруга, кВ                                                              | $U_{вст} \leq U_{ном}$                                                                                                                               | $10 \leq 11$                                                                                                |
| Довготр. струм, кА                                                                  | $I_{п.ф.} \leq I_{ном}$                                                                                                                              | $786,41 \leq 1000$                                                                                          |
| Відключаюча здатність:<br>- симетр. струм:<br>- аперіод. склад.:<br>- повний струм: | $I_{н\tau} \leq I_{в.н.}$<br>$i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_{ном} I_{в.н.}$<br>$\sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{н.в.}(1 + \beta_{ном})$ | $5,2 \leq 20$<br>$0 \leq 11,31$<br>$1,41 \cdot 5,2 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$<br>$7,35 \leq 39,6$ |
| Динамічна стійкість:<br>- симетр. струм:<br>- уд. струм:                            | $I'' \leq I_{д.ст.}$<br>$i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{д.ст.}$                                                                                              | $5,2 \leq 52$<br>$11,09 \leq 132,37$                                                                        |
| Термічна стійкість                                                                  | $B_K \leq I_{т.ном}^2 t_{т.ном}$                                                                                                                     | $33,96 \leq 1200$                                                                                           |

$$\tau = t_{пз. min} + t_{с.с} = 0,5 + 0,042 = 0,542 \text{ с}$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 5,2 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,014}} = 0 \text{ кА}$$

$$B_K = I''^2 (t_{с.с.} + t_{пз. max} + T_a) = 5,2^2 (0,042 + 1,2 + 0,014) = 33,96 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Обираємо ВР2-10-20/1000.

Інші вимикачі в схемі обираються аналогічно.

Для обмеження перенапруг обираємо ОПН-10/420/12-УХЛ1.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 43  |

## 6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Схема приєднання ТВП до мережі наведена на рис. 6.3.

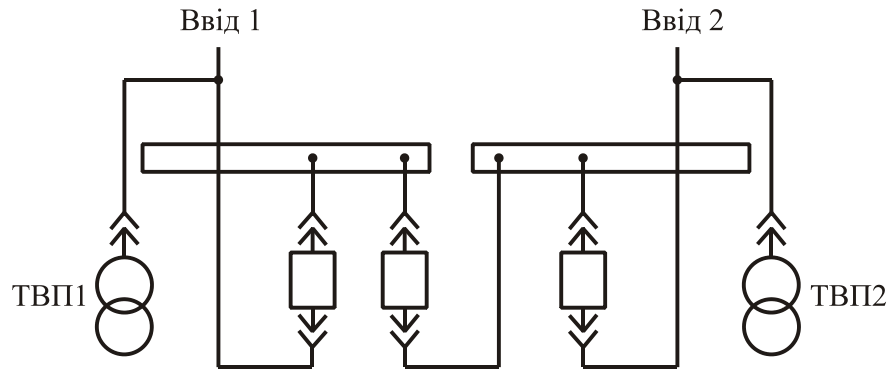


Рис. 6.3. Схема приєднання ТВП до мережі

Таблиця 6.5. Розрахунок електр. навант. ТВП

| №      | Назва споживача                                         | $P_{н},$<br>кВт | $n$ , шт. | $P_{\Sigma},$<br>кВт | $\cos\varphi$ | $\tan\varphi$ | $P_{вст},$<br>кВт | $Q_{вст},$<br>квар |
|--------|---------------------------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------|---------------|---------------|-------------------|--------------------|
| 1.     | Пристрої підігріву комірок КРП                          | 0,6             | 26        | 15,6                 | 0,97          | 0,25          | 15,6              | 4                  |
| 2.     | Опалення і освітлення приміщення оперативного персоналу | 6               | 3         | 18                   | 0,97          | 0,25          | 18                | 5                  |
| 3.     | Зовнішнє освітлення                                     | 4,5             | 4         | 18                   | 0,97          | 0,25          | 18                | 5                  |
| 4.     | Споживання оперативними колами                          | 4,5             | 4         | 18                   | 0,97          | 0,25          | 18                | 5                  |
| Всього |                                                         |                 |           |                      |               |               | 69,6              | 19                 |

Сумарне електр. навант. ТВП:

$$S_{\text{вст}} = \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = \sqrt{69,6^2 + 19^2} = 72,15 \text{ кВА}$$

$$S_{\text{розр}} = K_{\text{п}} S_{\text{вст}} = 0,8 \cdot 72,15 = 57,72 \text{ кВА}$$

Обираємо ТМ-40/10.

$$K_{\text{зав}} = \frac{S_{\text{розр}}}{n_{\text{т}} S_{\text{н.т.}}} = \frac{57,72}{2 \cdot 40} = 0,72$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 45  |
|  |  |  |  |  |  |     |

## РОЗДІЛ 7

### СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ СКЛАДУ

#### 7.1 Загальна характеристика складських будівель

У нормативних актах визначено, що до складських будівель належать споруди, призначені для прийняття, зберігання, сортування, комплектування та відвантаження вантажів. Крім власне складських приміщень, такі будівлі можуть включати адміністративні та побутові зони. У складських приміщеннях використовуються різні способи розміщення та зберігання продукції (див. рис. 1.1):

- зберігання безпосередньо на підлозі (підлогове зберігання)
- розміщення на стелажних конструкціях (стелажне зберігання)
- комбінований варіант, що поєднує обидва попередні методи (змішане зберігання)



а)



б)



в)

Рис.7.1 – Типи складського зберігання продукції:

а – підлоговий; б – змішаний и – стелажний;

Варто зазначити, що вибір конкретного методу зберігання залежить від специфіки продукції, її габаритів, виду упаковки, інтенсивності вантажопотоків та інших факторів. Наприклад, стелажне зберігання дозволяє ефективно використовувати висоту приміщення і збільшити ємність складу. Водночас воно вимагає більших початкових інвестицій і періодичних витрат на обслуговування стелажів. Підлогове зберігання простіше в організації, але менш компактне.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 46  |

Змішаний спосіб часто застосовується для зберігання різнорідних вантажів з метою оптимізації використання площ.

Класифікація складських будівель здійснюється за декількома критеріями: об'ємно-планувальними рішеннями, рівнем інженерного облаштування, загальною площею. Прийнято виділяти чотири основні класи складських споруд: А, В, С та D.

Найвищий клас А присвоюється сучасним одноповерховим будівлям із висотою стелі від 12 метрів. Вони розташовані поблизу автомобільних чи залізничних шляхів для зручності під'їзду транспорту. Склади класу А обладнані передовими інженерними системами, включаючи якісне охоронне відеоспостереження, сигналізацію, засоби протипожежного захисту.

Такі високотехнологічні складські комплекси дозволяють організувати ефективні вантажопотоки, забезпечують належні умови зберігання вантажів різної специфіки. Сучасний дизайн фасадів та внутрішнього облаштування відповідає корпоративним стандартам провідних компаній.

Склади нижчих класів В, С та D мають менш досконалі конструктивні рішення, обмежений перелік інженерних комунікацій, невисокі стелі. Водночас вони також широко використовуються підприємствами для вирішення різноманітних логістичних завдань залежно від специфіки діяльності та бюджетних можливостей.

Щоб склад відносився до найвищого класу А, він має відповідати таким жорстким вимогам:

а) Об'ємно-планувальні рішення:

- Довжина прольотів між рядами колон - не менше 22 метрів.

- Висота приміщень від рівня підлоги до низу несучих конструкцій - не менше 10 метрів.

- Горизонтальна підлога зі здатністю витримувати навантаження щонайменше 50 кПа.

Такі великопрольотні та високі приміщення дозволяють оптимально розмістити стелажні системи, організувати зручні проїзди для вантажної техніки. Висока вантажопідйомність підлоги необхідна для безпечної експлуатації

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 47  |

навантажувачів.

Додатково слід зазначити, що склади класу А зазвичай також мають розвинену мережу інженерних комунікацій, зони для навантажувально-розвантажувальних робіт з рампами та доками, приміщення для персоналу та адміністрації. Часто передбачається будівництво окремих будівель для допоміжних служб - ремонтних майстерень, автомобільних боксів, котелень тощо.

Загалом такі високотехнологічні склади забезпечують максимальну ефективність логістичних процесів з високим рівнем автоматизації та механізації.

Окрім сприятливих об'ємно-планувальних рішень, складські будівлі класу А мають відповідати жорстким вимогам щодо інженерного облаштування:

б) Інженерні мережі:

- Система регулювання температурного режиму (опалення, вентиляція, кондиціонування).

- Системи пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння.

- Система механічної, природної або гібридної вентиляції приміщень.

- Відеоспостереження по всьому периметру.

- Резервне електроживлення та автономне теплопостачання на випадок аварій.

- Сучасна оптоволоконна система зв'язку.

в) Містобудівні вимоги:

- Частка забудованої площі не повинна перевищувати 55% від загальної території складського комплексу.

Такі високі стандарти забезпечують комфортні умови праці персоналу, належний мікроклімат для зберігання різноманітних вантажів, пожежну та техногенну безпеку. Наявність резервних інженерних систем гарантує безперебійність логістичних операцій.

Вимога щодо максимальної частки забудови території пов'язана з організацією під'їзних шляхів, відкритих майданчиків для маневрування транспорту, місць для стоянки автомобілів працівників. Це дозволяє уникнути перевантаження території та підвищити ефективність логістичних потоків.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 48  |

Загалом, склади класу А проектується як сучасні високотехнологічні логістичні центри з дотриманням найвищих стандартів якості та безпеки. Їх будівництво потребує значних інвестицій, однак забезпечує довгострокову конкурентоспроможність компаній.

Крім вимог до самої будівлі, для віднесення складу до класу А його прилегла територія також має відповідати певним критеріям:

д) Облаштування прилеглої території:

- Наявність огорожі та системи зовнішнього освітлення по периметру
- Окремі майданчики для паркування вантажних автомобілів та легкового транспорту персоналу
- Маневрені майданчики з твердим покриттям для безперешкодного руху вантажівок
- Наявність окремої будівлі з офісно-адміністративними приміщеннями
- Допоміжні приміщення: санвузли, роздягальні, душові, підсобні кімнати та ін.

Таке ретельне зонування території забезпечує чіткий розподіл транспортних і пішохідних потоків, безпечний рух та маневрування великогабаритного транспорту.

Окремі офісні приміщення дозволяють розмістити адміністративний персонал та логістичні служби поруч зі складом, але в комфортних побутових умовах.

Наявність санвузлів, роздягалень і душових для робітників є обов'язковою для дотримання належних санітарно-гігієнічних норм і забезпечення гідних умов праці.

Загалом, облаштування прилеглої території відіграє ключову роль в організації безперебійної логістичної діяльності складу класу А на високопрофесійному рівні відповідно до сучасних вимог та стандартів.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 49  |

## 7.2 Особливості розробки системи освітлення складських приміщень

У закритих складських приміщеннях як правило використовується система загального освітлення (див. рис. 7.2). Світлові прилади в такій системі розташовуються на значній висоті над рівнем підлоги, утворюючи паралельні ряди з однаковими відстанями між світильниками та рядами.

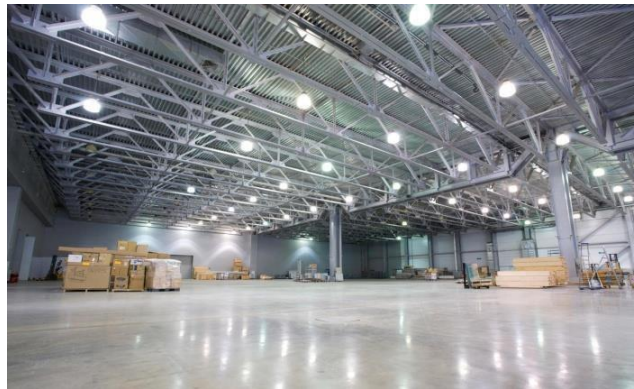


Рис. 7.2. Система загального освітлення складу

Водночас, при наявності стелажних конструкцій для зберігання вантажів, світильники доцільніше розміщувати над проходами між стелажними лініями (рис. 7.3). Це дозволяє забезпечити достатній рівень освітлення робочих зон для переміщення вантажної техніки.

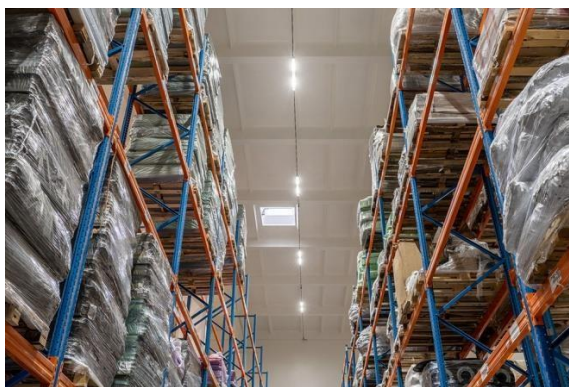


Рис. 7.3. Система освітлення складу із стелажним зберіганням

Слід враховувати, що стелажі не завжди повністю заповнені, тому можуть виникати тіньові зони та нерівномірність освітлення. Такий ефект необхідно передбачати на етапі проектування системи освітлення, щоб мінімізувати його вплив.

Для забезпечення належних умов роботи та безпеки праці персоналу важливо дотримуватись відповідних норм освітленості складських приміщень залежно від їх специфіки та виду діяльності. Зокрема, для зон збереження застосовуються менш жорсткі вимоги, аніж для зон навантаження-розвантаження, комплектації замовлень тощо.

Окрім загального освітлення, часто використовуються і додаткові локальні джерела світла - переносні світильники, освітлення робочих місць операторів тощо. Сучасні енергоефективні джерела світла та системи керування освітленням дозволяють оптимізувати витрати на експлуатацію складських комплексів.

Для більшості складських приміщень системи аварійного освітлення зазвичай не передбачаються. Проте існують деякі виключення та рекомендації:

1. На вибухонебезпечних складах, де зберігаються легкозаймисті чи вибухові речовини і матеріали, обов'язково має проектуватися система аварійного освітлення. Її призначення - забезпечити мінімально необхідний рівень освітленості у разі раптового знеструмлення. Це дозволяє знизити ризики виникнення вибухів та пожеж через неконтрольовані іскроджерела.

2. Для великих високо механізованих складських комплексів рекомендується облаштування системи евакуаційного аварійного освітлення. Її функція - забезпечити належну освітленість евакуаційних шляхів і виходів у випадку позаштатних ситуацій для безпечної евакуації персоналу.

3. Система евакуаційного освітлення одночасно може виконувати роль резервного освітлення для окремих ділянок складу. Це дозволяє персоналу продовжувати роботу при тимчасових перебоях з основним електропостачанням.

Отже, обов'язковість встановлення аварійного освітлення на складах визначається виходячи з категорії приміщень за ступенем вибухопожежної та техногенної небезпеки, а також розмірів об'єкта і кількості задіяного персоналу.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 51  |

Сучасні високотехнологічні логістичні комплекси обладнуються резервними системами освітлення для підвищення безпеки та мінімізації ризиків при нештатних ситуаціях.

Для освітлення складських приміщень можуть використовуватися як традиційні теплові (лампи розжарювання) та газорозрядні (люмінесцентні, ртутні, натрієві лампи) джерела світла, так і новітні напівпровідникові світлодіодні лампи і світильники.

Однак з огляду на сучасні вимоги до енергоефективності та тривалої експлуатації світлотехнічного обладнання перевага надається застосуванню саме напівпровідникових джерел світла на базі світлодіодів. Їх основні переваги:

- Вища світлова віддача (більше лм/Вт), що забезпечує економію електроенергії;
- Тривалий термін служби - до 50-100 тис. годин;
- Зручність і простота в експлуатації та обслуговуванні;
- Незначне зниження світлового потоку протягом усього терміну експлуатації;
- Відсутність пульсацій світлового потоку;
- Екологічність, відсутність шкідливих речовин.

Окрім цього, світлодіодні світильники компактні, дають направлене освітлення, не створюють надлишкового тепловиділення. Вони стійкі до вібрацій та механічних пошкоджень.

Сучасні LED-системи освітлення дозволяють досягати необхідних рівнів освітленості в складських приміщеннях із значною економією енергоресурсів у порівнянні з традиційними рішеннями. Це робить їх все більш затребуваними при проектуванні нових та реконструкції існуючих об'єктів складської логістики.

Визначення належного типу освітлювальних пристроїв для освітлення приміщень складів залежить від методу зберігання матеріалів. У випадку підлогового зберігання немає особливих вимог до вибору освітлювальних приладів, проте їхнє розміщення має відбуватися відповідно до місць складування товарів та висоти зберігання вантажів.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 52  |

Правильне освітлення складу є вкрай важливим для забезпечення безпеки працівників, полегшення навантаження на їхній зір та уможливлення ефективної роботи. Неналежне освітлення може призвести до травм, помилок при інвентаризації чи збору замовлень, а також створити незручні умови праці.

При виборі освітлювальних приладів для складу слід враховувати такі фактори: висота приміщення, наявність стелажів або відкритих зон зберігання, тип товарів, що зберігаються (габарити, колір упаковки тощо), та необхідний рівень освітленості для різних ділянок. Популярними варіантами є світлодіодні лампи, металогалогенні та люмінесцентні світильники, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

У випадку використання стелажної системи зберігання тип освітлювальних приладів обирається з урахуванням висоти стелажів. Коли стелажі мають значну висоту, необхідно віддавати перевагу освітлювальним пристроям, які забезпечують максимальну концентрацію світлового потоку в площинах, перпендикулярних до проходів між рядами стелажів. Зазвичай для таких об'єктів застосовуються світильники з вузькою та глибокою світлорозподільною кривою.

Концентрована крива сили світла дозволяє сфокусувати світловий потік в певній області, забезпечуючи належний рівень освітленості на різних рівнях стелажів та уникаючи розсіювання світла в непотрібних напрямках. Це підвищує ефективність використання енергії та знижує втрати.

Глибока крива сили світла, в свою чергу, допомагає рівномірно освітлити високі стелажі від підлоги до стелі, не створюючи темних зон. Такі світильники часто використовують оптичні лінзи або рефлектори для формування необхідного світлорозподілу.

Варто також враховувати колірну температуру та індекс передачі кольору освітлювальних приладів, оскільки ці параметри впливають на здатність персоналу розрізняти кольори товарів та маркування на упаковці, що є критично важливим для швидкої та безпомилкової ідентифікації вантажів.

У випадку стелажної системи зберігання не рекомендується використовувати світильники прожекторного типу через певні причини. Монтаж прожекторів під

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 53  |

певними кутами може спричинити підвищення рівня прямої яскравості, що ускладнюватиме роботу персоналу та створюватиме незручні умови. Пряме світло від прожекторів може засліплювати працівників, особливо коли вони працюють на верхніх полицях стелажів.

Проте існують винятки, коли використання прожекторів на складах зі стелажною системою може бути доцільним. Наприклад, якщо необхідно обмежити використання світлотехнічних містків або є певні архітектурні чи конструктивні особливості приміщення, які ускладнюють монтаж інших типів світильників. У таких випадках прожектори можуть бути розміщені під певними кутами для забезпечення потрібного рівня освітленості.

Варто зазначити, що сучасні прожектори можуть бути обладнані спеціальними оптичними системами, які дозволяють формувати світлову криву відповідно до вимог об'єкта та мінімізувати негативний вплив прямої яскравості. Проте для складів загалом рекомендується використовувати світильники з концентрованим світлорозподілом, спеціально розроблені для освітлення високих стелажів.

Крім типу освітлювальних приладів, важливо також враховувати їхнє правильне розміщення, щоб забезпечити рівномірне освітлення всіх рівнів стелажів та робочих зон, уникнути утворення тіней та засліплення персоналу.

При використанні стелажів з невеликою висотою в складських приміщеннях рекомендується застосовувати світильники з глибокою і косинусною КСС. Такі освітлювальні прилади забезпечують рівномірний розподіл світлового потоку в горизонтальній площині, що є важливим для належного освітлення проходів і робочих зон між рядами стелажів.

Глибока крива сили світла дозволяє досягти необхідного рівня освітленості на різних рівнях стелажів, водночас уникаючи надмірної яскравості та засліплення персоналу. Косинусна крива забезпечує рівномірний розподіл світла в горизонтальній площині, що особливо корисно при освітленні проходів між стелажимами.

Світильники з такими характеристиками можна розміщувати безпосередньо

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 54  |

на перекриттях приміщень або монтувати на конструкціях самих стелажів. Встановлення на перекриттях дозволяє рівномірно освітлити всю площу складу, тоді як монтаж на стелажах забезпечує більш локалізоване освітлення окремих проходів і зон.

Важливо враховувати висоту розміщення світильників, щоб уникнути засліплення персоналу та створення тіней. Зазвичай рекомендується встановлювати світильники на висоті не менше 4-5 метрів від рівня підлоги.

Крім криви сили світла, при виборі освітлювальних приладів для складів зі стелажми невеликої висоти також слід звертати увагу на ступінь захисту корпусу від впливу навколишнього середовища, а також на ефективність та термін служби джерела світла.

### 7.3 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщення складу

Ключовим параметром у розрахунку освітлення є коефіцієнт використання  $U$ , який враховує втрати світлового потоку в самому світильнику та в приміщенні. Коефіцієнт використання  $U$  визначається як добуток світлового ККД  $\eta_c$  світильника та коефіцієнта корисної дії  $\eta_n$  приміщення:

$$U = \eta_c \cdot \eta_n.$$

Світловий коефіцієнт корисної дії  $\eta_c$  характеризує ефективність перетворення електричної енергії на світловий потік у світильнику і залежить від типу джерела світла, його розташування в світильнику, а також від конструктивних особливостей самого світильника, наприклад, наявності відбивачів та розсіювачів.

Коефіцієнт корисної дії приміщення  $\eta_n$  відображає частку світлового потоку від світильників, яка фактично досягає розрахункової площини (наприклад, робочих поверхонь). Він залежить від форми та розмірів приміщення, коефіцієнтів відбиття стін, стелі та підлоги, а також від розташування та типу світильників.

Значення коефіцієнта використання  $U$  можна визначити за спеціальними таблицями або розрахувати за відповідними методиками, які враховують

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 55  |

геометричні параметри приміщення, відбиваючі властивості поверхонь та характеристики світильників. Правильне визначення  $U$  є ключовим для точного розрахунку необхідної кількості та потужності світильників для досягнення заданого рівня освітленості.

Беручи до уваги, що ККД світлодіодних світильників складає  $\eta_c = 1$ , то маємо:

$$U = \eta_n.$$

Коефіцієнт корисної дії приміщення  $\eta_p$  залежить від низки факторів:

1. Тип кривої сили світла світильників. Різні криві розподілу світлового потоку по-різному взаємодіють з поверхнями приміщення.

2. Коефіцієнти відбиття внутрішніх поверхонь приміщення - стелі, стін і підлоги. Світлі поверхні з високим коефіцієнтом відбиття сприяють кращому використанню світлового потоку.

3. Індекс приміщення - комплексна величина, що враховує габаритні розміри (довжину, ширину та висоту) приміщення, а також його форму.

Індекс приміщення  $i$  розраховується за формулою:

$$i = \frac{S}{h_p(a+b)},$$

або для приміщень значної довжини

$$i = 0,47 \frac{\sqrt{S}}{h_p},$$

де  $A$  і  $B$  – довжина та ширина приміщення відповідно,

$H$  – розрахункова висота підвісу світильників.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 56  |

Чим більше значення індексу приміщення, тим більша частка світлового потоку від світильників буде відбиватися поверхнями і потраплятиме на розрахункову площину.

Після визначення типу КСС, коефіцієнтів відбиття та індексу приміщення, значення коефіцієнта  $\eta_p$  можна знайти у спеціальних таблицях або розрахувати за методиками, наведеними в нормативних документах з освітлення.

Правильний розрахунок  $\eta_p$  є важливим етапом при проектуванні освітлювальних установок, оскільки він дозволяє оцінити реальну частку корисного світлового потоку та вибрати необхідну кількість і потужність світильників.

Значення ККД приміщення склад визначимо шляхом використання функцій кривих апроксимації згідно формули:

$$U(i) = \eta_n(i) = \frac{p_0}{i^3} + \frac{p_1}{i^2} + \frac{p_2}{i} + p_3,$$

де  $p_0, \dots, p_3$  – коефіцієнти апроксимації.

Для приміщення складу:

$$i = \frac{1395}{6,80 \cdot (46,5 + 30)} = 2,68.$$

Таким чином, ККД приміщення

- для КСС типу Л:

$$U = \frac{-0,2980}{2,68^3} + \frac{0,9440}{2,68^2} + \frac{-1,2290}{2,68} + 1,1290 = 0,78;$$

- для КСС типу К:

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 57  |

$$U = \frac{-0,0508}{2,68^3} + \frac{0,2027}{2,68^2} + \frac{-0,4873}{2,68} + 1,2339 = 1,08;$$

- для КСС типу Г:

$$U = \frac{0,040}{2,68^3} + \frac{-0,0360}{2,68^2} + \frac{-0,3840}{2,68} + 1,1370 = 0,99.$$

Світловий потік  $\Phi$ :

- для КСС типу Г:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{0,99} = 153104 \text{ лм};$$

- для КСС типу К:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{1,08} = 140764 \text{ лм};$$

- для КСС типу Л:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{0,78} = 192883 \text{ лм}.$$

В табл. 7.1 наведено результати світлотехнічних розрахунків для різних значень потужності освітлювальних приладів.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 58  |





Таблиця 7.2. Результати моделювання системи робочого освітлення складу

| Тип КСС | Графіки ізолукс | $E_{\max},$<br>лк | $E_{\min},$<br>лк | $E_{\text{ср}},$<br>лк | $E_{\min}/$<br>$E_{\text{ср}}$ |
|---------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| Л       |                 | 86,0              | 38,0              | 71,0                   | 0,53                           |
| Г       |                 | 94,0              | 34,0              | 77,0                   | 0,44                           |
| К       |                 | 151,0             | 19,0              | 80,0                   | 0,23                           |

## 7.5 Електричний розрахунок системи освітлення складського приміщення

Електричне живлення освітлювальних приладів буде здійснюватись через освітлювальну мережу від розподільчого пристрою (ВРП) шляхом застосування 2-х щитів освітлення.

Приєднання освітлювальних приладів до мережі до освітлювальної електромережі здійснюється з допомогою 3-х жильних мідних кабелів, а освітлювальних щитів – з допомогою 5-ти жильних мідних кабелів типу ВВГнг.

Розрахунок освітлювальної мережі складу здійснимо для освітлювальних щитів ЩО1 і ЩО2. Розрахункова схема наведена на рис. 7.6.

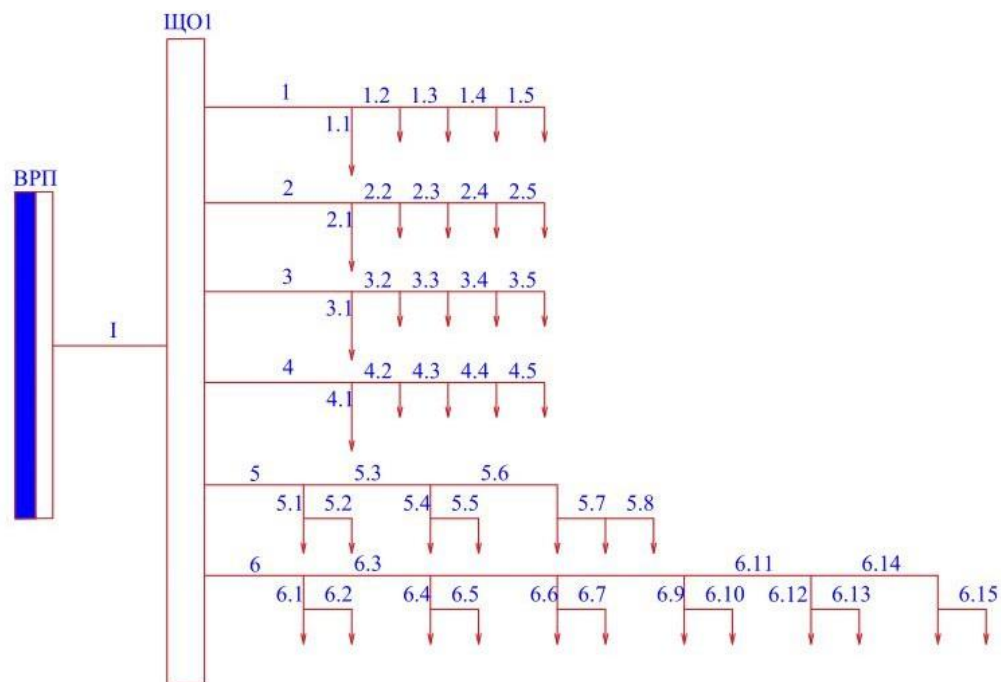


Рис. 7.6. Розрахункова схема мережі освітлення від ЩО1

Розрахунок перері проводу визначається за виразом:

$$S = \frac{M_{\Pi}}{c \cdot \Delta U \%},$$

$$M_{\Pi} = \sum M + \alpha \cdot \sum m,$$

де  $\sum M$  – значення суми моментів розрахункової ділянки;

$\Delta U$  – значення допустимого спаду напруги на ділянці;

$\alpha$  – коефіцієнт, значення якого залежить від номінальної напруги та типу мережі;

$\sum m$  – значення суми моментів ділянок, які отримують живлення через розрахункову ділянку;

Сума моментів ділянки I:

$$\sum M_I = M_I = P \cdot l,$$

де  $P$  – величина потужності освітлювальних приладів;

$l$  – довжина ділянки.

Врахувавши, що потужність  $P = 1,57$  кВт, а довжина  $l = 43,0$  м маємо:

$$\sum M_I = M_I = 1,578 \cdot 43 = 67,85 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Аналогічним чином проводим розрахунок власних моментів інших ділянок.

Сума моментів ділянок які отримують живлення від ділянки I визначається за виразом:

$$\sum m_I = \sum m_1 + \sum m_2 + \sum m_3 + \sum m_4 + \sum m_5 + \sum m_6,$$

Аналогічно для ділянки 6 маємо:

$$\sum m_6 = M_6 + m_{6.1} + m_{6.3},$$

$$m_{6.3} = M_{6.3} + m_{6.4} + m_{6.6} + m_{6.9} + m_{6.11},$$

$$m_{6.11} = M_{6.11} + m_{6.12} + m_{6.14},$$

$$m_{6.1} = M_{6.1} + M_{6.2}, m_{6.4} = M_{6.4} + M_{6.5}, m_{6.6} = M_{6.6} + M_{6.7},$$

$$m_{6.9} = M_{6.9} + M_{6.10}, m_{6.12} = M_{6.12} + M_{6.13}, m_{6.14} = M_{6.14} + M_{6.15}.$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 63  |

або згідно виразу:

$$\sum m_6 = M_6 + M_{6.1} + M_{6.2} + M_{6.3} + M_{6.4} + M_{6.5} + M_{6.6} + M_{6.7} + M_{6.9} \\ + M_{6.10} + M_{6.11} + M_{6.12} + M_{6.13} + M_{6.14} + M_{6.15}.$$

Підставивши числові значення отримаємо наступне:

$$\sum m_6 = 1,79 + 0,18 + 0,09 + 2,86 + 0,24 + 0,24 + 0,05 + 0,02 + 0,05 \\ + 0,02 + 0,22 + 0,10 + 0,13 + 0,48 + 0,09 = 6,48 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Аналогічним чином проводимо розрахунок інших значень моментів:

$$\sum m_1 = 11,70 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\sum m_2 = 10,45 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\sum m_3 = 9,20 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\sum m_4 = 7,95 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\sum m_5 = 12,16 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Підставивши числові значення в формулу отримаємо наступне:

$$\sum m_I = 11,70 + 10,45 + 9,20 + 7,95 + 12,16 + 6,48 = 57,94 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Підставивши значення суми  $m_I$  отримаємо отримаємо:

$$M_{II} = 67,85 + 1,85 \cdot 57,94 = 175,04 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

При розрахунку значення площі поперечного перерізу провідника ділянки I необхідно врахувати наступні умови:

- для 3-фазної ділянки мережі напругою 380/220 В з нульовим проводом та мідними жилами значення коефіцієнту  $c$  складає  $c = 72$ ;

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 64  |

- відхилення напруги складає  $\Delta U = 2,5 \%$  .

Підставивши ці значення у відповідну формулу маємо:

$$S_I = \frac{175,04}{72 \cdot 2,5} = 0,97 \text{ мм}^2.$$

Для здійснення подальших розрахунків приймемо значення площі перерізу  $S = 2,5 \text{ мм}^2$ . Звідки значення реального спаду напруги  $\Delta U$  на ділянці І мережі визначається за виразом:

$$\Delta U_{Ir} \% = \frac{M_I}{c \cdot S_I}.$$

Підставивши числові значення маємо:

$$\Delta U_{Ir} \% = \frac{67,85}{72 \cdot 2,5} = 0,38 \%$$

Значення допустимого спаду напруги на ділянці 6 складає:

$$\Delta U_{6d} \% = \Delta U \% - \Delta U_{Ir} \%$$

Підставивши чисельні значення маємо:

$$\Delta U_{6d} \% = 2,5 - 0,38 = 2,12 \%$$

Площа поперечного перерізу  $S$  ділянки 6 визначається за виразом:

$$S_6 = \frac{\sum m_6}{c \cdot \Delta U_{6d} \%}$$

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 65  |

Підставивши числові значення параметрів отримуємо:

$$S_6 = \frac{6,48}{12 \cdot 2,12} = 0,25 \text{ мм}^2$$

Враховуючи вимоги ПУЕ обираємо переріз провідника рівним  $S = 1,50 \text{ мм}^2$ .

Дійсний спад напруги на ділянці 6 визначається за виразом:

$$\Delta U_{6r} \% = \frac{\sum m_6}{c \cdot S_6}.$$

Підставляючи числові значення отримаємо наступне:

$$\Delta U_{6r} \% = \frac{6,48}{12 \cdot 1,5} = 0,36 \%.$$

Величина допустимого спаду напруги на ділянках мережі 6.1 і 6.3 складає:

$$\Delta U_{6,3d} \% = \Delta U_{6d} \% - \Delta U_{6r} \%.$$

Підставивши числові значення маємо:

$$\Delta U_{6,3d} \% = 2,12 - 0,36 = 1,76 \%.$$

Розрахункове значення площі поперечного перерізу кабелю ділянки складає:

$$S_{6,3} = \frac{4,42}{12 \cdot 1,76} = 0,21 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо значення  $S = 1,50 \text{ мм}^2$ . Тоді дійсний спад напруги складає:

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 66  |

$$\Delta U_{6.3r} \% = \frac{4,42}{12 \cdot 1,5} = 0,25 \%$$

Для ділянки електричної мережі 6.11 отримуємо:

$$\Delta U_{6.11d} \% = 1,76 - 0,25 = 1,51 \%$$

$$S_{6.11} = \frac{1,02}{12 \cdot 1,51} = 0,06 \text{ мм}^2$$

Приймаємо значення  $S = 1,50 \text{ мм}^2$ . Тоді:

$$\Delta U_{6.11r} \% = \frac{1,02}{12 \cdot 1,5} = 0,06 \%$$

Для ділянки освітлювальної мережі 6.14 маємо:

$$\Delta U_{6.14d} \% = 1,51 - 0,06 = 1,46 \%$$

$$S_{6.14} = \frac{0,57}{12 \cdot 1,46} = 0,03 \text{ мм}^2$$

Приймаємо значення  $S = 1,50 \text{ мм}^2$ . Тоді:

$$\Delta U_{6.14r} \% = \frac{0,57}{12 \cdot 1,5} = 0,03 \%$$

Для ділянки освітлювальної мережі 6.5 маємо:

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  | 67  |

$$\Delta U_{6.15d} \% = 1,46 - 0,03 = 1,43 \%$$

$$S_{6.15} = \frac{0,09}{12 \cdot 1,43} = 0,01 \text{ мм}^2$$

Приймаємо значення  $S = 1,50 \text{ мм}^2$ . Тоді:

$$\Delta U_{6.15r} \% = \frac{0,09}{12 \cdot 1,5} = 0,01 \%$$

Сумарне значення спаду напруги від ВРП до найвіддаленішого світильника лінії 6 щитка ЩО1 визначається за виразом:

$$\Delta U_{I\_ЩО\_16} \% = \Delta U_{Ir} \% + \Delta U_{6r} + \Delta U_{6.3r} + \Delta U_{6.11r} + \Delta U_{6.14r} + \Delta U_{6.15r}$$

Підставивши числові значення отримуємо:

$$\Delta U_{I\_ЩО\_16} \% = 0,38 + 0,36 + 0,25 + 0,06 + 0,03 + 0,01 = 1,08 \%$$

Аналогічним чином проводиться розрахунок перерізів і для інших ліній ліній, які отримують живлення від щитка ЩО1. Результати розрахунку показали, що найбільше значення спаду напруги буде спостерігатись на найвіддаленішому світильнику лінії 1.

Розрахункова схема освітлювальної мережі ЩО2 наведена на рис. 7.7. Розрахунок перерізів провідників для даної мережі проводився аналогічно описаному вище.

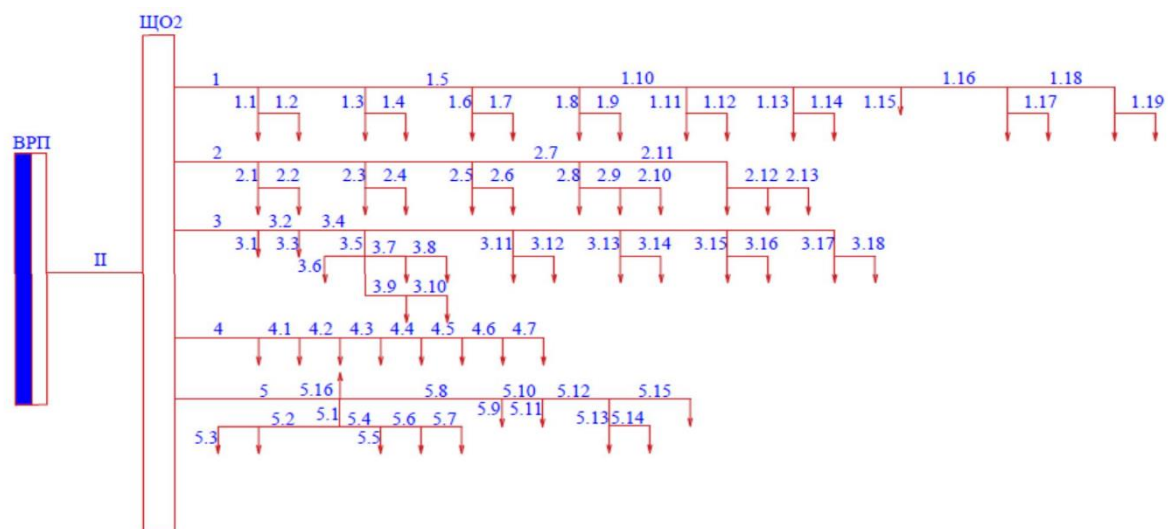


Рис. 7.7. Розрахункова схема мережі освітлення від ЩО2

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішувалось питання розробки системи електропостачання заводу важкого машинобудування.

Проведені розрахунки електричних навантажень, параметрів графіків навантаження, режимів реактивної потужності та режимів к.з. мережі дав змогу здійснити вибір елементів високовольтної електричної мережі підприємства. Спроектована таким чином система електропостачання відповідає основним вимогам, а саме вимогам надійності, гнучкості, ремонтпридатності.

В спеціальному розділі роботи вирішувалась комплексна задача проектування системи освітлення складського приміщення. В даному розділі провівся наскрізний розрахунок, який включав в себе світлотехнічний та електричний розрахунки мережі освітлення.

Шляхом проведення порівняльних розрахунків було обрано тип та кількість сучасних світлодіодних освітлювальних приладів, які застосовуються в енергозберігаючій системі освітлення складського приміщення заводу.

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  | Ар. |
|  |  |  |  |  |  |     |
|  |  |  |  |  |  | 70  |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
2. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
3. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми: СДУ, 2019. – 521 с.
4. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми: Університетська книга, 2007. – 280 с.
5. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.
6. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2006. –153 с.