

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет будівництва, транспорту та енергетики  
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”  
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ  
к.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ П. Плешков  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ  
ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

**«Проектування електротехнічної системи  
електроспоживання та електрозбереження комбінату  
хлібопродуктів  
Design of an electrical system for power consumption and  
power saving at a bakery plant»**

Виконав здобувач IV курсу групи ЕЕ-20  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
\_\_\_\_\_ К. Куценко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник роботи  
професор, канд.техн.наук  
\_\_\_\_\_ С. Серебренніков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

м. Кропивницький

**Міністерство освіти і науки України**  
**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

\_\_\_\_\_ П. Плешков

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

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

\_\_\_\_\_ Куценку Костянтину Олеговичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Проектування електротехнічної системи електроспоживання та електрозбереження комбінату хлібопродуктів  
Design of an electrical system for power consumption and power saving at a bakery plant

2. Керівник роботи Серебренніков Сергій Валентинович, к.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 10.06.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи розрахунок електричних навантажень; побудова графіків та картограм електричних навантажень; вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання; розрахунок режимів реактивної потужності; вибір трансформаторів; розрахунок струмів К.З. та облік електроенергії; розрахунок спеціального розділу кваліфікаційної роботи

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                    | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | <i>Вступ. Вихідні данні до проектування</i>            | <i>26.03.24</i>               |          |
| 2     | <i>Розрахунок електричних навантажень</i>              | <i>02.04.24</i>               |          |
| 3     | <i>Побудова графіків електричних навантажень</i>       | <i>14.04.24</i>               |          |
| 4     | <i>Побудова картограми електричних навантажень</i>     | <i>24.04.24</i>               |          |
| 5     | <i>Вибір напруги і електричних схем</i>                | <i>26.05.24</i>               |          |
| 6     | <i>Режими реактивної потужності</i>                    | <i>30.04.24</i>               |          |
| 7     | <i>Вибір трансформаторів</i>                           | <i>10.05.24</i>               |          |
| 8     | <i>Розрахунок струмів К.З. та облік електроенергії</i> | <i>18.05.24</i>               |          |
| 9     | <i>Спеціальний розділ</i>                              | <i>22.05.24</i>               |          |
| 10    | <i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>           | <i>28.05.24</i>               |          |
| 11    | <i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>            | <i>04.06.24</i>               |          |
|       |                                                        |                               |          |
|       |                                                        |                               |          |
|       |                                                        |                               |          |
|       |                                                        |                               |          |
|       |                                                        |                               |          |
|       |                                                        |                               |          |

Дата видачі завдання

Підпис керівника \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завдання прийнято до виконання

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **АНОТАЦІЯ**

Кваліфікаційна робота: 70 с.; 11 рис.; 19 табл.; 18 джерел

**Куценко К. О. Проектування електротехнічної системи електроспоживання та електрозбереження комбінату хлібопродуктів. – Рукопис.**

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

Бакалаврська робота присвячена розробці сучасної системи електропостачання та електрозбереження для комбінату хлібопродуктів з урахуванням вимог економічності та надійності. Основні розділи роботи включають техніко-економічні розрахунки: електричних навантажень, струмів короткого замикання, режимів реактивної потужності, вибір схем електропостачання, трансформаторних підстанцій, струмопроводів, компенсуючих установок, високовольтного обладнання.

У спеціальному розділі досліджено шляхи економії електроенергії на комбінаті хлібопродуктів, зокрема: організаційно-технічні заходи, вибір раціональних напруг живлячої та розподільчої мережі, силових трансформаторів, економія за рахунок заміни малозавантажених двигунів, зниження експлуатаційних втрат електроенергії, нормування електроспоживання та електробаланс, визначення оптимальних режимів роботи насосних установок.

Виконана оцінка очікуваного економічного ефекту від впровадження заходів.

**Ключові слова:** електричне навантаження, потужність, підстанція, струми короткого замикання, економія електроенергії, зниження втрат, оптимальні режими роботи.

## ABSTRACT

Qualification work: 70 p.; Fig. 11; 19 tables; 18 sources

**Kutsenko K. O. Design of an electrical system for power consumption and power saving at a bakery 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 bachelor's thesis is devoted to the development of a modern power supply and power saving system for a bakery plant, taking into account the requirements of economy and reliability. The main sections of the work include technical and economic calculations: electrical loads, short-circuit currents, reactive power modes, selection of power supply schemes, transformer substations, power lines, compensating installations, high-voltage equipment.

In a special section, ways to save electricity at a bakery plant are explored, in particular: organizational and technical measures, the choice of rational voltages of the supply and distribution network, power transformers, savings due to the replacement of low-load engines, reduction of operational losses of electricity, rationing of electricity consumption and electricity balance, determination of optimal operating modes pumping installations.

An assessment of the expected economic effect from the implementation of measures has been carried out.

**Key words:** electrical load, power, substation, short-circuit currents, saving electrical energy, reducing losses, optimal operating modes.

# ЗМІСТ

СТ.

1. Вступ. Технологічний процес підприємства
  2. Розрахунок ел. навантажень
    - 2.1. Розрахунок силових навантажень в мережах до 1000 В
    - 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень
    - 2.3. Розрахунок силових навантажень в мережах понад 1000 В
  3. Побудова графіків електричних навантажень підприємства
  4. Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції)
  5. Вибір електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства
    - 5.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання
    - 5.2. Вибір напруги та схем внутрішнього електропостачання
  6. Режими реактивної потужності системи електропостачання
    - 6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах
    - 6.2. Вибір кількості, потужності та розташування компенсуючих пристроїв
  7. Трансформаторні підстанції
  8. Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання і високовольтних мереж системи електропостачання
  9. Спеціальний розділ роботи
  10. Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

|           |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              |                 |      |         |
|-----------|---------------|----------|--------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|---------|
|           |               |          |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА<br>(БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ОСВІТИ                                                                                                                                                    |                 |      |         |
|           |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              |                 |      |         |
| Змн.      | Лист          | № докум. | Підпис | Дата | Проектування електротехнічної системи<br>електроспоживання та електрозбереження<br>комбінату хлібопродуктів<br>Design of an electrical system for power<br>consumption and power saving at a bakery<br>plant | Літ.            | Арк. | Акрушів |
| Розроб.   | Куценко       |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              |                 | 6    | 70      |
| Перевір.  | Серебренніков |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              |                 |      |         |
| Реценз.   |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              |                 |      |         |
| Н. Контр. |               |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              |                 |      |         |
| Затверд.  | Плешков       |          |        |      |                                                                                                                                                                                                              | ЦНТУ, гр. ЕЕ-20 |      |         |

## **1. ВСТУП. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХ ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА**

На хлібокомбінаті передбачається випуск широкого асортименту борошняних виробів, включно з хлібобулочною та кондитерською продукцією, у режимі дворазової зміни.

Виробництво хлібопекарських виробів розміщується на трьох поверхах підприємства. Споживачі комбінату належать до другої та третьої категорій за надійністю електропостачання.

Окрема будівля, що межує з основним приміщенням комбінату, призначена для розташування складських приміщень для зберігання борошна загальною ємністю 200 тонн. Склад облаштований восьмима металевими бункерами діаметром 3 метри, що дозволяє паралельне зберігання кількох сортів борошна.

Транспортування борошна повністю автоматизоване та здійснюється за допомогою пневмотранспорту зі стисненим повітрям, що генерується компресорними установками. Бункери обладнані тензометричними вагодозувальними пристроями, вмонтованими в опори, що дає змогу віддалено контролювати кількість борошна на складі та відпускати на виробництво заздалегідь встановлені порції.

Додаткова сировина для виробництва, зокрема пресовані дріжджі, цукор, жири, масло, зберігається у спеціальних коморах, а молочна сироватка, сіль у вигляді розчину та патока - в окремих резервуарах.

Замішування тіста для хлібобулочних виробів виконується у тістомісильних машинах. Випікання продукції здійснюється у ротаційних хлібопекарських печах "Муссон-ротор", універсальність яких дозволяє виготовляти широкий асортимент хлібобулочних та кондитерських виробів.

Спечені хлібобулочні вироби транспортуються на стелажних візках до хлібосховищ для зберігання. Приготування тіста для напівфабрикатів, а також різноманітних начинок і кремів, виконується у взбивальних машинах.

## 2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

### 2.1. Розрахунок електричних навантажень в мережах до 1000 В

Розрахункове активне навантаження ( $P_p$ ) визначається через середнє активне навантаження ( $P_{cm}$ ) та коефіцієнт максимуму ( $K_m$ ) за формулою (2.1)

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m \quad (2.1)$$

Коефіцієнт використання ( $K_u$ ) розраховується за формулою (2.2)

$$K_u = \frac{\sum_1^n P_{cm}}{\sum_1^n P_n} \quad (2.2)$$

де враховується середнє навантаження ( $P_{cm}$ ), встановлена потужність ( $P_n$ ) та кількість груп електроприймачів ( $n$ ).

Ефективне число електроприймачів ( $n_e$ ) обчислюється згідно з формулою (2.3)

$$m = \frac{P_{n, \max}}{P_{n, \min}} \quad (2.3)$$

яка залежить від максимальної ( $P_{n, \max}$ ) та мінімальної ( $P_{n, \min}$ ) потужностей електроприймачів. При виконанні умов  $m > 3$  та  $K_u > 0,2$ , значення  $n_e$  визначається за спрощеною формулою (2.4)

$$n_e = \frac{2 \sum P_n}{P_{n, \max}} \quad (2.4)$$

Розрахункове реактивне навантаження ( $Q_p$ ) встановлюється різним чином залежно від величини  $n_e$ . При  $n_e > 10$  воно дорівнює середньому реактивному навантаженню  $Q_{cm}$  згідно з (2.5).

$$Q_p = Q_{cm} \quad (2.5)$$

При  $n_e \leq 10$  застосовується формула (2.6) з коефіцієнтом 1,1

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm} \quad (2.6)$$

Середнє реактивне навантаження  $Q_{cm}$  розраховується за (2.7) через  $P_{cm}$  та коефіцієнт потужності  $\text{tg}\phi$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.7)$$

Максимальне навантаження визначається згідно з (2.8) через розрахункові активне та реактивне навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.8)$$

Як приклад, наведено розрахунок електричних навантажень для хлібопекарського цеху

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}} = \frac{60}{1,1} = 55$$

Середнє навантаження та усталена потужність:

$$P_{cm} = P_{cm} K_u = 742,55 \cdot 0,5 = 371,28 \text{ кВт}$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \operatorname{tg} \varphi = 371,28 \cdot 0,62 = 230,1 \text{ квар.}$$

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{n \max}} = \frac{2 \cdot 742,55}{60} = 25$$

За довідниками знаходимо  $K_m = 1,21$ . Розрахункове активне навантаження за (2.1) становить

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m = 371,28 \cdot 1,21 = 453,06 \text{ кВт,}$$

$$Q_p = Q_{cm} = 230,1 \text{ квар (оскільки } n_e > 10);$$

Детальний розрахунок навантажень до 1000 В наведено у Додатку, таблиці 2.1.

## 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Нижче приведено розрахунок осв. на вант. цеху.

$$F = 1180 \text{ м}^2,$$

$$P_0 = 14,1 \text{ Вт / м}^2.$$

$$P_y = F \cdot P_0 \cdot 10^{-3} = 1180 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 16,52 \text{ кВт}$$

$$K_n = 0,8; \cos \varphi = 0,5 \text{ [4].}$$

$$\text{тоді } \operatorname{tg} \varphi = 1,73,$$

$$P_p = K_n K_1 P_y = 0,8 \cdot 1,12 \cdot 16,52 = 14,8 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi = 14,8 \cdot 1,73 = 25,63 \text{ кВар}.$$

Результати показано в Додатку, таблиця 2.2.

### 2.3. Розрахунок електричних навантажень в мережах понад 1000 В

Сумарні втрати активної потужності в трансформаторах дорівнюють сумі  $\Delta P_{xx}$  і  $\Delta P_{kz}$ :

Втрати холостого ходу  $\Delta P_{xx}$  і короткого замикання  $\Delta P_{kz}$  розраховуються за формулою (2.14) -(2.15):

$$\Delta P = n(\Delta P_x + \Delta P_k K_z^2) \quad (2.14)$$

$$\Delta Q = n\left(\frac{I_x}{100} S_n + \frac{U_k}{100} S_n K_z^2\right) \quad (2.15)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;  $\Delta P_x$  - втрати холостого ходу в відсотках від номінальної потужності трансформатора.  $K_z$  - коефіцієнт завантаження трансформатора

Результати розрахунку електричних навантажень в силових мережах понад 1000 В, включно з втратами потужності в трансформаторах, наведено у Додатку, таблиці 2.3.

### 3. ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок річних витрат електроенергії .

Приймаються такі вихідні дані:

Кількість робочих днів: взимку - 147, влітку - 105

Кількість вихідних днів: взимку - 65, влітку - 48

Річні витрати активної ( $W_p$ ) та реактивної ( $W_q$ ) енергії розраховуються за формулами:

$$W_{\varepsilon} = \sum P_i T_i \quad (3.1)$$

де  $P_p$ ,  $Q_p$  - розрахункові активне та реактивне навантаження на робочі дні;  
 $P_{п}$ ,  $Q_{п}$  - те саме на вихідні дні;  $T_p$ ,  $T_{п}$  - тривалість використання відповідних навантажень протягом року.

Кількість годин використання максимуму навантаження ( $T_m$ ) визначається за (3.3)

$$T_{\max} = \frac{\sqrt{W_p^2 + Q_p^2}}{P_p} \quad (3.3)$$

Річний час повних втрат ( $T_{пв}$ ) знаходиться за формулою (3.4)

$$\tau = (0.124 + \frac{T_{\max}}{10^4})^2 \cdot 8760 \quad (3.4)$$

Розрахунки для побудови графіків навантаження робочого та вихідного днів, а також визначення розрахункових величин з цих графіків, наведені у Додатку, таблиця 3.1.

Розрахункові величини, знайдені з графіків:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 2115,07 \text{ кВт} \\ Q_{\max} &= 1667,01 \text{ квар} \\ S_{\max} &= 2693,04 \text{ кВА} \end{aligned}$$

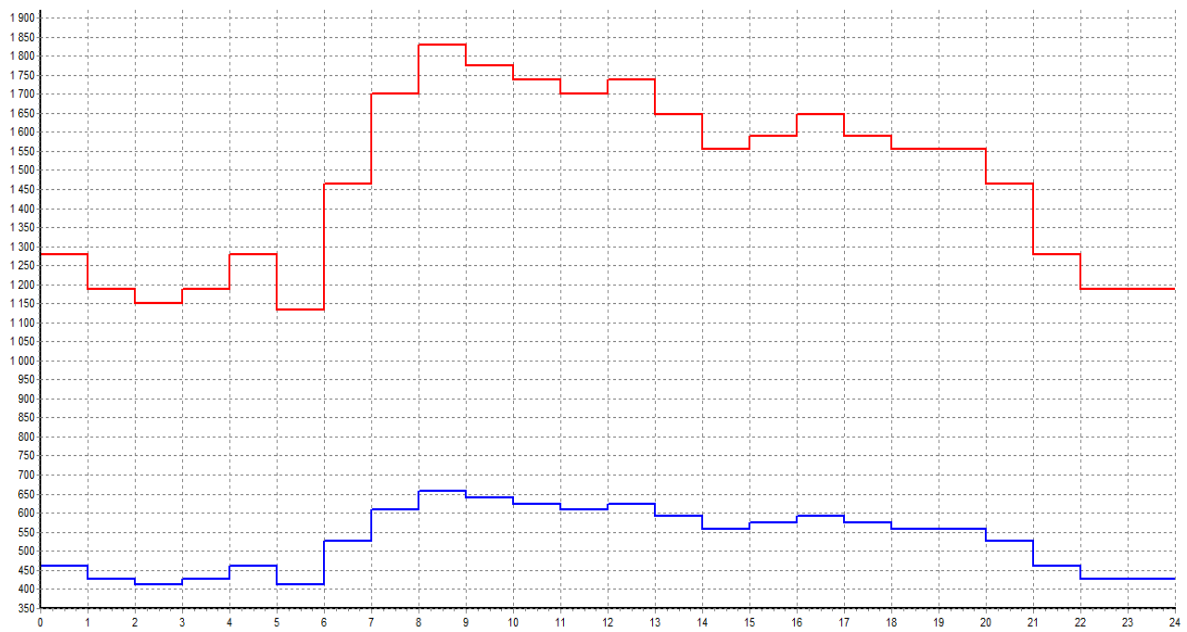


Рис.3.1. Споживання навантаження активного і реактивного в літній робочий та вихідний день

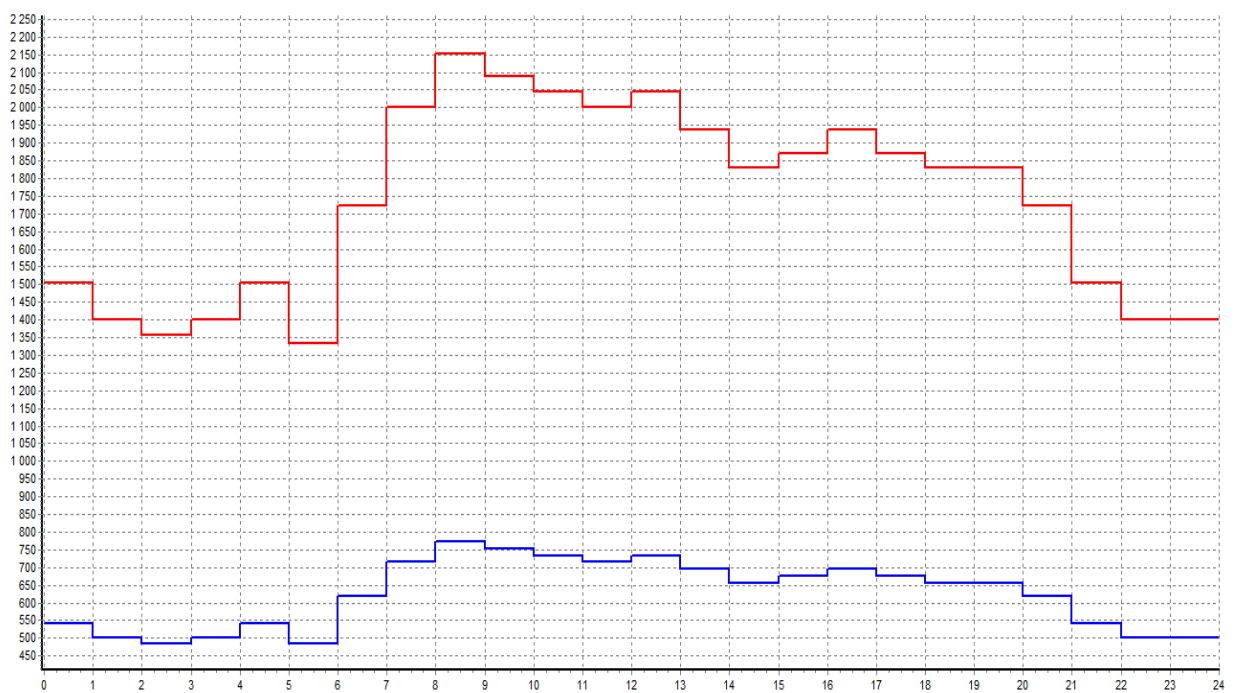


Рис.3.2. Споживання навантаження активного і реактивного в зимовий робочий та вихідний день

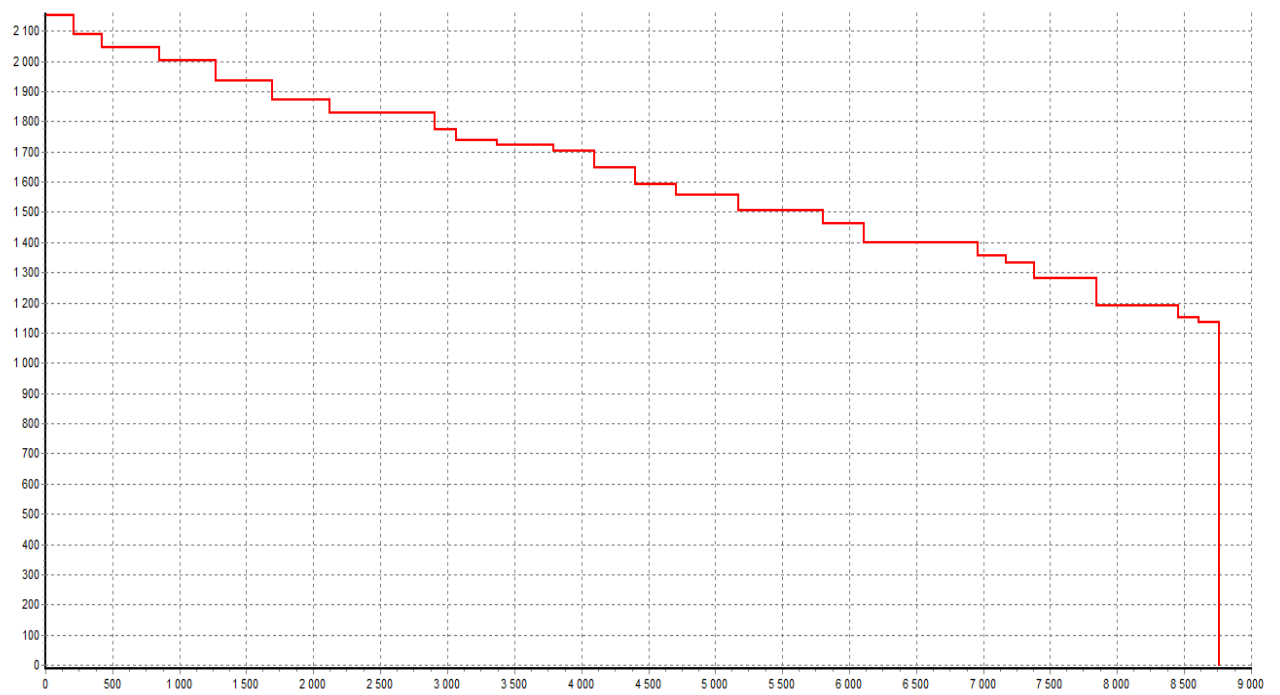


Рис. 3.3. Річний графік за тривалістю навантаження

#### 4. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ, ЦРП І РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИСТРОЮ (РП)

1. Для кожного цеху визначається радіус кола  $R_i$ , площа якого  $\pi R_i^2$  дорівнює навантаженню цеху  $P_i$  за формулами (4.1) і (4.2):

$$P_i = \pi R_i^2 m \quad (4.1)$$

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}} \quad (4.2)$$

де  $m$  - масштаб картограми.

2. Координати ( $X$ ,  $Y$ ) центра навантажень всіх цехів знаходяться за формулою (4.3):

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$
$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (4.3)$$

де  $X_i$ ,  $Y_i$  - координати центрів навантаження  $i$ -го цеху.

3. Освітлювальне навантаження наноситься на картограму у вигляді сектора з кутом  $\alpha$ , який розраховується за (4.4):

$$\alpha_i = \frac{P_{i,ос} \cdot 360}{\pi R_i^2} \quad (4.4)$$

де  $P_o$  - потужність освітлювального навантаження.

4. Як приклад, наводяться розрахунки для побудови картограми хлібопекарського цеху

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{467,86}{3,14 \cdot 0,25}} = 24,41 \text{ см}$$

$$\alpha = \frac{P_{\text{росс}} \cdot 360^{\circ}}{\pi \cdot R_1^2 \cdot m} = \frac{14,8 \cdot 360}{3,14 \cdot 0,2441^2 \cdot 0,25} = 11,39^{\circ}.$$

Результати всіх розрахунків для картограми зведені у Додатку, таблиця 4.1.

## 5. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Одним із можливих джерел енергопостачання хлібопекарського заводу з навантаженням 2693,04 кВА може стати підстанція 35/10 кВ. Відстань від трансформаторної підстанції становить 0,23 км. Таким чином, можна розглянути два варіанти вибору класу напруги – 35 або 10 кВ.

Сукупні витрати за певним варіантом розраховуються за формулою:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{\text{стр.і}} + U_i \quad (5.1)$$

Де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних інвестицій,  $K_i$  – обсяг капітальних вкладень,  $C_i$  – витрати на передачу й розподіл електроенергії,  $C_{\text{стр.і}}$  – вартість втрат електричної енергії,  $U_i$  – можливий збиток від перерв в електропостачанні.

Витрати  $C_i$  є сумою витрат на амортизацію  $C_{ai}$  та поточний ремонт  $C_{ei}$ :

$$C_i = C_{ai} + C_{ei} \quad (5.2)$$

Вартість втрат електроенергії визначається за формулою:

$$C_{\text{стр}} = c_0 \Delta W \quad (5.3)$$

Тут  $c_0$  – тариф за 1 кВт-год, а  $\Delta W$  – обсяг втрат енергії.

Втрати енергії в лініях електропередачі розраховуються таким чином:

$$\Delta W = \Delta P_{1\text{км}} l \sum K_z^2 \tau \quad (5.4)$$

Де  $\Delta P_{1\text{км}}$  – втрати потужності на 1 км лінії,  $l$  – загальна довжина лінії в км,  $K_z$  – коефіцієнт завантаження лінії,  $\tau$  – тривалість максимальних втрат.

Втрати в трансформаторі обчислюються за окремою методикою:

$$\Delta W = \Delta P_x t + \Delta P_k K_z^2 \tau \quad (5.5)$$

де  $t$  – тривалість роботи трансформатора протягом року.

Під час розрахунку збитків від перебоїв в електропостачанні визначається показник потоку відмов для одного ланцюга:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (5.6)$$

Тут  $\lambda_i$  - параметр відмов окремого елемента, а  $n$  - загальна кількість елементів у ланцюзі.

Час відновлення роботи однієї лінії електропередачі обчислюється за формулою:

$$T_{\varepsilon} = \frac{\sum \lambda_i T_{\varepsilon i}}{\lambda} \quad (5.7)$$

Де  $T_{\varepsilon}$  - період, необхідний для відновлення роботи окремого елемента.

Коефіцієнт простою режиму одного ланцюга розраховується так:

$$K_n = 1.2 K_{n \max} \quad (5.8)$$

Коефіцієнт аварійного простою окремого ланцюга визначається наступним чином:

$$K_a = \lambda T_{\varepsilon} \quad (5.9)$$

За умови, що другий ланцюг відключається через пошкодження, коефіцієнт аварійного простою набуває такого вигляду:

$$K_{an} = 0.5 \lambda K_n^2 \quad (5.10)$$

Коефіцієнт аварійного простою для двох ліній електропередачі:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2 K_{an} \quad (5.11)$$

Тривалість аварійного простою обчислюється за формулою:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 \quad (5.12)$$

Очікуваний збиток від перерв в електропостачанні визначається наступним чином:

$$Y = Y_0 P_{cp} T_a \quad (5.13)$$

Де  $Y_0$  - питомий збиток, а  $P_{cp}$  - середньорічне навантаження підприємства у кВт.

Виконуємо техніко-економічне порівняння двох варіантів: з класами напруги 35 та 10 кВ (рис.5.1).

**Варіант 1.** Живлення здійснюється напругою 10 кВ (рис 5.1, а).

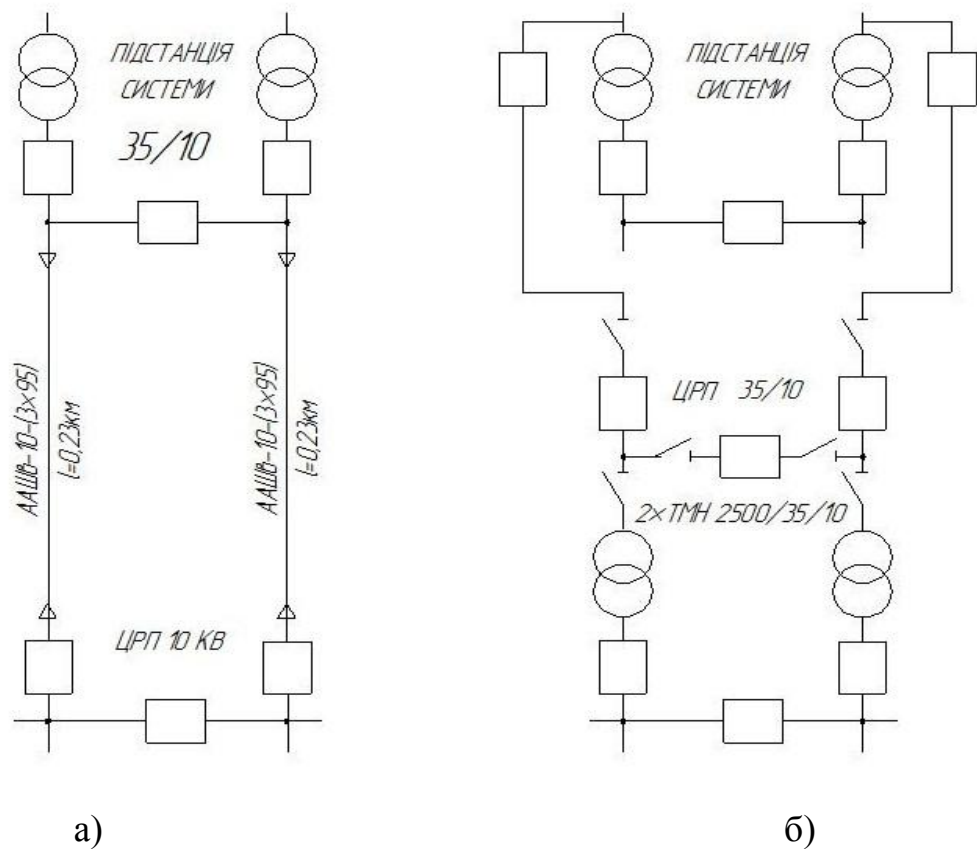


Рис. 5.1. Варіанти схеми зовнішнього електропостачання

Розрахунковий струм для проекту становить:

$$I_P = \frac{S_P}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2693}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 77,74 \text{ А}$$

Площа перерізу кабельної лінії за економічною густиною струму:

$$F_{\epsilon} = \frac{I_P}{j_{\epsilon k}} = \frac{77,74}{1,1} = 70,7 \text{ мм}^2$$

Для прокладання обираємо кабель ААШВ-10 (3х95) з перерізом 95 мм<sup>2</sup>, допустимим струмом  $I_{\text{доп}} = 205 \text{ А}$  та питомими втратами  $\Delta P_{1\text{км}} = 16 \text{ кВт}$  на 1 км довжини.

Завантаження кабелю:

$$155,7 / 205 = 0,76$$

У разі аварійної ситуації лінія, працюючи з перевантаженням, забезпечить живлення:

$$205 * 1,2 * 0,87 = 215 \text{ А}$$

Де Кап - коефіцієнт аварійного перевантаження, а 0,87 - поправочний коефіцієнт для кількості кабелів.

Втрати потужності  $\Delta P$  та енергії  $\Delta W$  при  $T_{\max} = 5456$  годин:

$$\Delta P = 16 * 0,23 * 0,76^2 = 0,53 \text{ кВт}$$

$$\Delta W = 0,53 * 5456 = 2892 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Де  $t_{\text{нб}}$  - час використання максимального навантаження.

Загальна довжина кабельних ліній:

$$L_{\text{сум}} = l * n_l = 2 * 0,23 = 0,46 \text{ км}$$

$n_l$  - кількість кабельних ліній

Вартість втрат енергії:

$$C_{\text{стр}} = \Delta W C_0 = 4556 \cdot 5.549 = 25286 = 25,3 \text{ тис.грн.}$$

**Варіант 2.** Розглянемо варіант живлення від лінії електропередачі 35 кВ (рис. 5.1, б).

Розрахунковий струм для цього випадку:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot 35} = \frac{2693}{\sqrt{3} \cdot 35} = 44,5 \text{ А}$$

Необхідна площа перерізу кабельної лінії за економічною густиною струму:

$$F = \frac{I_p}{J_{\text{ек}}} = \frac{44,4}{1,1} = 40,4 \text{ мм}^2$$

Обираємо дволанцюгову повітряну лінію, виконану проводом АС-70 з перерізом проводів 70 мм<sup>2</sup>. Її параметри:  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ ,  $\Delta P_{1\text{км}} = 125 \text{ кВт/км}$ .

Завантаження лінії:

$$K_z = \frac{I_p}{n \cdot I_{\text{доп}}} = \frac{60,60}{2 \cdot 265} = 0,229.$$

На розподільчому пункті встановлюємо два трансформатори ТМН-2500/35/10 з номінальними параметрами:  $\Delta P_x = 4,6$  кВт,  $\Delta P_k = 25$  кВт,  $u_k = 6,5\%$ ,  $u_{BH} = 35$  кВ,  $u_{HH} = 10,5$  кВ.

Завантаження трансформатора:

$$K_z = 2693,04 / (2 * 2500) = 0,57$$

Перевірка на аварійне перевантаження:

$$K_z \text{ ав} = 0,57 * 2 = 1,1 < 1,4 \text{ (умова виконується)}$$

Втрати енергії:

$$\text{у лінії } \Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{I_{\text{км}}} l_{\Sigma} K_z^2 = 125 \cdot 0,23 \cdot 0,2290^2 = 1,5 \text{ кВт,}$$

$$\Delta W = \Delta P_{\text{л}} \tau = 1,50 \cdot 3927 = 5946,4 \text{ кВт-год}$$

- в трансформаторі:

$$\Delta W = n(\Delta P_x t + \Delta P_k K_z^2 \tau) = 2(4,60 \cdot 8760 + 25 \cdot 0,229^2 \cdot 3927) = 90889 \text{ кВт-год.}$$

Сумарні втрати:

$$\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{\text{л}} + \Delta W_{\text{т}} = 5946,4 + 90889 = 96835,4 \text{ кВт-год}$$

Вартість втрат:

$$\text{Свтр} = \Delta W_{\Sigma} * C_0 = 96835,4 * 4,476 = 436500 = 436,5 \text{ тис.грн}$$

Розрахунки капітальних вкладень та витрат за варіантами наведено в таблицях 5.1 - 5.2 (Додаток).

### **Розрахунок збитку від паузи в енергопостачанні**

**Варіант 1.** Схема ланцюга живлення включає кабельну лінію 0,23 км та вимикач 10 кВ.

Кабельна лінія:

$$\lambda_a = 1,016 \text{ 1/рік; } T_a = 0,000007 \text{ рік, } K_i = 0,0009 \text{ в.о.}$$

Вимикач 10 кВ:

$$\lambda_a = 0,004 \text{ 1/рік; } T_a = 0,00045 \text{ рік, } K_i = 0,002 \text{ в.о.}$$

Показник потоку відмов ланцюга:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,01 + 0,48 = 0,481 \text{ 1/рік,}$$

Час відновлення роботи лінії:

$$T_a = \frac{\sum \lambda_i \dot{O}_{a_i}}{\lambda} = \frac{(0,01 \cdot 1,1 + 0,48 \cdot 0,007) \cdot 10^{-3}}{0,49} = 6,88 \cdot 10^{-3} \text{ год/рік,}$$

Коефіцієнт планового простою ланцюга:

$$K_n = 1,2 K_{n_{\max}} = 1,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт аварійного простою ланцюга:

$$K_{an} = 0,5 \lambda K_n = 0,5 \cdot 0,49 \cdot (2,4 \cdot 10^{-3})^2 = 0,142 \cdot 10^{-6} \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт аварійного простою двох ліній:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2K_{an} = (0,337 \cdot 10^{-6})^2 + 2 \cdot 0,142 \cdot 10^{-6} = 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ в.о.}$$

Середньорічний час аварійного простою:

$$P_{cp} = \frac{P_p T_m}{8760} = \frac{11480 \cdot 4354}{8760} \cdot 10^{-3} = 5,705 \quad P_{cp} = \frac{P_p T_m}{8760} = \frac{11480 \cdot 4354}{8760} \cdot 10^{-3} = 5,705 \text{ год.}$$

Середньорічне навантаження підприємства:

$$P_{cp} = \frac{P_p T_m}{8760} = \frac{11480 \cdot 4354}{8760} \cdot 10^{-3} = 5,705 \text{ МВт.}$$

Очікуваний збиток від перерви в електропостачанні:

$$Y = Y_0 P_{cp} T_a = 2,55 \cdot 5,705 \cdot 0,0124 = 1,81 \text{ тис.грн}$$

де  $Y_0$  - питомий збиток;  $P_{cp}$  - середньорічне навантаження у кВт.

Результати розрахунків ймовірного збитку зведено в Таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Техніко-економічні показники варіантів

| Показники                     | Варіанти   |             |
|-------------------------------|------------|-------------|
|                               | I          | II          |
| Капітальні вкладення          | 4029       | 4685        |
| Поточні витрати               | 300        | 582         |
| Вартість втрат електроенергії | 41         | 697         |
| Збиток                        | 18,2       | 32,75       |
| <b>Зведені витрати</b>        | <b>842</b> | <b>1874</b> |

## 6. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

КП  $Q_{кп}$  можуть бути встановлено в мережі 0,4 і в мережі 10 кВ.

### 6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв у високовольтних та низьковольтних мережах

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв визначається за формулою:

$$Q_{кп} = Q_p - Q_e. \quad (6.1)$$

де  $Q_p$  - розрахункове реактивне навантаження;

$Q_e$  - реактивна потужність, яку може передати система споживачу.

Реактивна потужність системи  $Q_e$  розраховується наступним чином:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (6.2)$$

Тут  $P_p$  - розрахункове активне навантаження;  $\operatorname{tg} \varphi = 0,15$  - задане значення.

При проектуванні розглядають варіанти компенсації з встановленням найменшого  $N = N_0$ , збільшеного на один  $N = N_0 + 1$ , та збільшеного на два  $N = N_0 + 2$  числа трансформаторів, де:

$$N_0 = \frac{P_p}{K_z \cdot S_{ном}} \quad (6.3)$$

$P_p$  - споживання активної потужності в мережі до 1000 В;

$K_z$  - коефіцієнт завантаження;

$S_{ном}$  - номінальна потужність.

Реактивна потужність, яку можна передати з мережі 10 кВ до мережі 1000В:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot K_z \cdot S_{ном})^2 - P_p^2} \quad (6.4)$$

Потужність компенсуючих пристроїв, які встановлюють у мережі до 1000 В, визначається з умови балансу:

$$Q_{кп} = Q_{ном} - Q_1 \quad (6.8)$$

Тоді потужність компенсуючих пристроїв в мережі 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_p - Q_{кп} - Q_e \quad (6.9)$$

## 6.2. Вибір кількості, потужності та розташування компенсуючих пристроїв

Витрати на компенсацію реактивної потужності розраховують за формулою:

$$З = E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + C_0 \cdot \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{КТП}), \quad (6.10)$$

де  $E_H$  - нормативний коефіцієнт;  $K_{KH}$ ,  $K_{KB}$ ,  $K_{КТП}$  - вартість конденсаторних установок низької напруги, високої напруги та комплектних трансформаторних підстанцій відповідно;  $\Delta P_{KH}$ ,  $\Delta P_{KB}$ ,  $\Delta P_{КТП}$  - втрати потужності в цих елементах;  $C_0$  - тариф на електроенергію;  $\tau$  - тривалість максимальних втрат.

Втрати у конденсаторних установках визначаються як:

$$\Delta P_K = P_{ПИТ} \cdot Q_K, \quad (6.11)$$

де  $P_{ПИТ}$  - питомі втрати активної потужності в конденсаторах;  $Q_K$  - сумарна потужність батарей конденсаторів.

Втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори:

$$\Delta P_{ТП} = \frac{Q_{ТП}^2}{U_{НОМ}^2} R_{СК}. \quad (6.12)$$

Навантаження на стороні 0,4 кВ:

$$P_{\kappa} = 2115 \text{ кВт}, \quad Q_{\kappa} = 1667 \text{ квар.}$$

Втрати в трансформаторах:

$$\Delta P_{т} = 27,4 \text{ кВт}, \quad \Delta Q_{т} = 214,3 \text{ квар.}$$

Сумарне навантаження:

$$P_p = 2142,4 \text{ кВт}, \quad Q_p = 1881,3 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність від енергосистеми:

$$Q_{\epsilon} = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\epsilon} = 2142,4 \cdot 0,15 = 321,36 \text{ квар.}$$

Треба скомпенсувати Реактивна потужність:

$$Q_{КП} = Q_p - Q_{\epsilon} = 1881,3 - 321,36 = 1559,94 \text{ квар.}$$

Мінімальна кількість трансформаторів:

$$N_{0(630)} = \frac{P_n}{K_z P_{ном}} = \frac{2115}{0,7 \cdot 630} \approx 6 \text{ шт.}$$

Варіант 1.  $N = N_0$ .

Визначимо реактивну потужність  $Q_1$ , яку можна передати до мережі 0,4 кВ при  $N = N_0$ :

$$Q_n = \sqrt{(N \cdot K_z \cdot S_{ном})^2 - P_n^2} = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 2115^2} = 821 \text{ квар.}$$

Потужність компенсуючих пристроїв QKH, які встановлюються в мережі до 1000 В, визначається з балансу потужності:

$$Q_{кх} = Q_n - Q_1 = 1667 - 821 = 846 \text{ МВар.}$$

Для компенсації реактивної потужності на стороні 0,4 кВ встановлюються такі батареї конденсаторів:

- 2 шт - УKM58-0,4-300-33,3
- 1 шт - УKM58-0,4-100-33
- 1 шт - УKM58-0,4-150-30
- 1 шт - УKM 58-0,4-112,5-37,5

Дані про розміщення низьковольтних компенсуючих пристроїв наведено в Таблиці 6.1.

Потужність компенсуючих пристроїв на 0,4 кВ:

$$Q_{KH} = 300 + 300 + 100 + 150 + 112,5 = 962,5 \text{ квар}$$

Потужність компенсуючих пристроїв на 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_p - Q_{кх} - Q_{\epsilon} = 1881,3 - 321,36 - 962,5 = 597 \text{ квар.}$$

На стороні 10 кВ встановлюємо:

- БК потужністю 150 квар, приймаємо 4 шт - КУЭП2-10,5-150У2

Потужність компенсуючих пристроїв на 10 кВ:  $Q_{KB} = 4 \cdot 150 = 600 \text{ квар}$

Втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори:

$$\Delta P_{mn} = Q_n^2 \cdot R_{ек} / U_n^2 = 1881,3^2 \cdot 300,9 / 10,5^2 = 9,6 \text{ кВт}$$

$$\partial e R_{ек} = (\Delta P_{кз} \cdot U_n^2) / (N_{тр} \cdot S_{нтр}^2) = 6,5 \cdot 10,5^2 / (6 \cdot 630^2) = 300,9 \cdot 10^{-6} \text{ кОм}$$

Втрати потужності в низьковольтних БК:

$$\Delta P_{KH} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{KB} = 0,0045 \cdot 962,5 = 4,33 \text{ кВт}$$

Втрати потужності у високовольтних БК:

$$\Delta P_{KB} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{KB} = 0,003 \cdot 600 = 1,8 \text{ кВт}$$

Вартість низьковольтних БК:

$$K_{KH} = N_{БК}^{0,4} i \cdot K_{КУ}^{0,4} i = 38960 \cdot 1 + 36720 \cdot 1 + 47110 \cdot 1 + 67130 \cdot 2 = 257,05 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних БК:

$$K_{KB} = N_{БК}^{10} i \cdot K_{КУ}^{10} i = 63550 \cdot 4 = 201300 = 201,30 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо вартість трансформаторних підстанцій за даними Таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Вартість комплектних трансформаторних підстанцій

| Тип КТП | Кількість | Вартість, тис. грн. |
|---------|-----------|---------------------|
| 1х630   | 4         | 3480                |
| 2х630   | 1         | 980                 |

$$K_{КТП} = 4 \cdot 980 + 1 \cdot 3480 = 7400 \text{ тис. грн.}$$

Розрахункові витрати:

$$\begin{aligned} Z &= E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{ТП}) C_0 \tau = \\ &= 0,12(25,705 + 201,30 + 740) + (4,33 + 1,8 + 9,6) \cdot 4,45 \cdot 3927 = 392163 \\ &= 0,12(25,705 + 201,30 + 740) + (4,33 + 1,8 + 9,6) \cdot 4,45 \cdot 3927 = 392163 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

Результати розрахунку варіантів з  $N = N_0 + 1$ ,  $N = N_0 + 2$  зведені в таблицю 6.3.

Мінімум затрат відповідає варіанту 1 з  $N = 6$ .

Результати з врахуванням компенсації показано у Додатку табл. 6.4.

## 7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА

Кількість трансформаторів НТР пов'язана з їх номінальною потужністю:

$$N_{TP} = \frac{S_p}{K_3 \cdot S_{НОМ\text{ ЕК}}} \quad 7.1)$$

де  $S_{НОМ\text{ ЕК}}$  – економічна потужність трансформатора.

Значення  $S_{НОМ\text{ ЕК}}$  приймається від густини навантаження.

Розрахункове навантаження визначається за формулою:

$$S_{П1} = \sqrt{(P_{П} + P_{Р})^2 + (Q_{П} + Q_{Р})^2} \quad (7.5)$$

де  $P_{П}$ ,  $Q_{П}$  - пускові потужності двигунів;  $P_{Р}$ ,  $Q_{Р}$  - навантаження інших електроприймачів.

Для живлення споживачів приймаються до встановлення комплектні трансформаторні підстанції КТП-10/0,4 кВ вбудованого типу.

Вибір підстанцій здійснюється у вигляді Таблиці 7.1 (Додаток).

## 8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО УСТАТКУВАННЯ

### 8.1. Обрахунок струмів короткого замикання

Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання (КЗ) розраховується за формулою:

$$I_{n0} = I'' = \frac{E''_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot X_{PE3}} \quad (8.1)$$

де  $E''$  - надперехідна ЕРС;  $x''\Sigma$  - приведений надперехідний опір.

У разі віддаленості точки КЗ від джерел живлення:  $SK3 = \infty$ ,  $x_c = 0$ ,  $E'' = U_c = \text{const}$ .

Ударний струм КЗ визначається як:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot \left( 1 + e^{\frac{-0.01}{T_a}} \right) \quad (8.2)$$

Де  $k_u$  - ударний коефіцієнт;  $T_a$  - стала часу затухання аперіодичної складової:  $T_a = x''\Sigma / (\omega \cdot [R_a + R_c])$

$R_a$ ,  $R_c$  - активні опори відповідно обмоток і системи.

Опори різних елементів:

Енергосистеми:

$$X_c = \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{K3}} \quad (8.3)$$

Генераторів, компенсаторів:

$$X_{ген} = \frac{x''_{d\%}}{100} \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{ном}}, \quad (8.4)$$

$$X_{ад} = \frac{1}{I_{пуск}^*} \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{ном}} \quad (8.5)$$

Двохобмоточного трансформатора:

$$x_{mp} = \frac{u_{k\%}}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}} \quad (8.6)$$

Трансформаторів з розщепленою обмоткою НН:

$$x_{mp(p)} = 0.125 \frac{u_{k\%}}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}} \quad (8.7a)$$

$$x_{н1} = x_{н2} = 1.75 \frac{u_{k\%}}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}} \quad (8.7б)$$

Реакторів:

$$x_p = \frac{x_{p\%}}{100} \frac{U_{\delta}^2}{\sqrt{3} I_{ном} U_{ср}} \quad (8.8)$$

Повітряних та кабельних ліній:

$$x_{л} = x_0 \cdot l \cdot \frac{U_{\delta}^2}{U_{ср}^2} \quad (8.9)$$

де  $U_{\delta}$  - базисна напруга, кВ;  $U_{ср}$  - середня номінальна напруга;  $S_{ном}$  - номінальна потужність елемента;  $I_{ном}$  - номінальний струм;  $I_{пуск}$  - кратність пускового струму;  $x_{p\%}$  - реактивний опір реактора;  $u_{k\%}$  - напруга КЗ трансформатора;  $x_0$  - питомий опір лінії.

Перед розрахунком струмів КЗ складається схема (рис. 8.1). На основі розрахункової схеми складається схема заміщення (рис. 8.2)

Реалізуємо розрахунок струмів КЗ для схеми заміщення ТП1.

Розрахунки показано на прикладі:

$$R_{кл} = l \cdot r_0 = 0,23 \cdot 0,48 = 0,11 \text{ Ом};$$

$$X_{кл} = l \cdot x_0 = 0,23 \cdot 0,06 = 0,0138 \text{ Ом.}$$

для трансформаторів:

$$Z_m = \frac{\Delta P_K \cdot U_{ном}^2}{S_{ном}^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{630^2} = 0,019 \text{ Ом};$$

$$X_m = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_{ном}}{S_{ном}} = \frac{5,5 \cdot 10}{100 \cdot 0,63} = 8,73 \text{ Ом.}$$

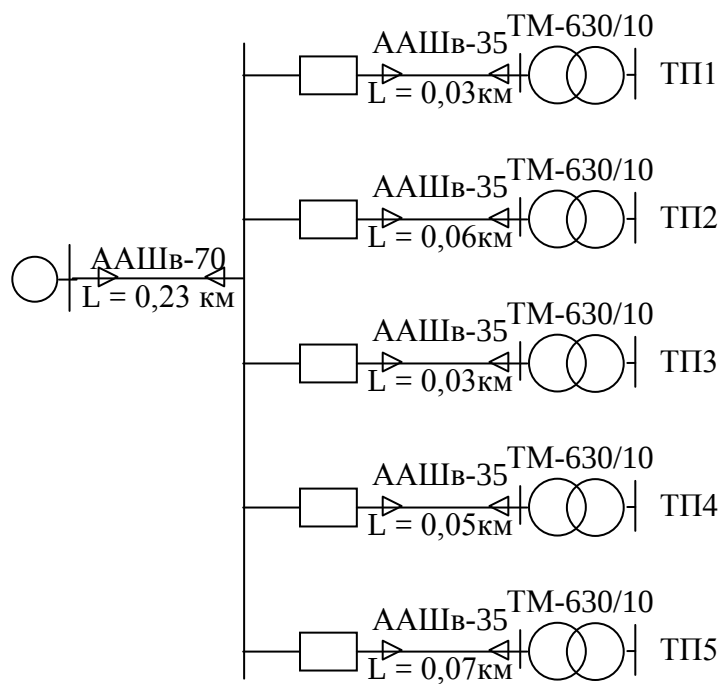


Рисунок 8.1. Схема для розрахунку струмів КЗ

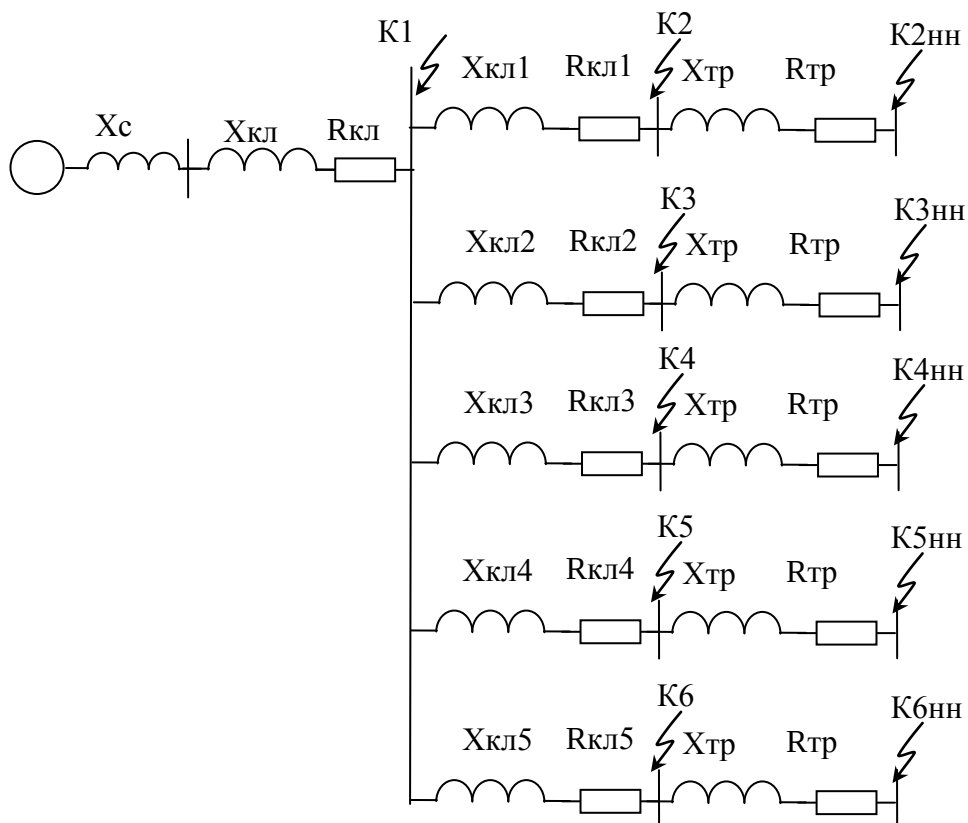


Рис. 8.2. Схема заміщення

Результати обчислень для інших ТП зведені у таблицю 8.1 (Додаток).

## 8.2. Вибір високовольтного устаткування системи електропостачання

Визначення кабелів напруги 10 кВ для електромережі.

Обираємо кабельну лінію від розподільчої підстанції до трансформаторної підстанції ТП-1. Переріз кабелю розраховуємо за формулою:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{n \cdot j_{ек}} = \frac{20,5}{1 \cdot 1,1} = 18,72 \text{ мм}^2.$$

$$\text{де } I_p = \frac{S_p}{n \sqrt{3} U_n} = \frac{710}{2 \sqrt{3} \cdot 10,5} = 20,5 \text{ А.}$$

При максимальній тривалості  $T_{тах}=3927$  годин, коефіцієнт економічної густини струму  $J_{ек}=1,1$ .

Вибираємо алюмінієвий кабель марки ААШв перерізом 35 мм<sup>2</sup> з номінальним струмом  $I_{доп}=210$  А.

Перевірка допустимого струму:  $278 \text{ А} > 210 \text{ А}$ .

За умовою термостійкості мінімальний переріз кабелю становить:

$$F_{тер} = \frac{\sqrt{B_k}}{K} = \frac{\sqrt{58,5}}{94} = 62,4 \text{ мм}^2,$$

де  $K$  – коефіцієнт термостійкості.

### Підбір вимикачів 10 кВ

На стороні 10 кВ встановлюємо вакуумні вимикачі типу ВР0-10-12,5/630.

На лініях до ТП монтуємо вимикачі ВР0-10-12,5/630.

Параметри вибраних вимикачів зведені в таблицях 8.2 і 8.3 (Додаток):

$$\tau = t_g + t_{pz.min} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ с.}$$

$$t_{омкл} = t_{pz} + t_g = 1,5 + 0,055 = 1,555 \text{ с;}$$

$$B_k = I''^2 \cdot (t_{омк} + T_a) = 6,75^2 \cdot (1,555 + 0,03) = 72,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Високовольтні вимикачі 10 кВ монтуються в комплектні розподільчі пристрої серії КУ-10Ц з такими параметрами:

- Номінальна напруга 10 кВ;
- Найвища робоча напруга 12 кВ;

- Номінальний струм збірних шин 630 А;
- Номінальний струм відключення 20 кА;
- Термічна стійкість 20 кА;
- Електродинамічна стійкість 52 кА.

### **Вибір вимикачів навантаження**

Обраний вимикач навантаження - ВНВП-10/400.

Дані по вибору зведені в таблицю 8.4. (Додаток).

### **Вибір потужності трансформаторів власних потреб**

Номінальну потужність трансформатора власних потреб (ТВП) визначають за сумарною потужністю підключених споживачів. Розрахункове навантаження ТВП:

$$S_p = K_c S_n ,$$

де  $K_c$  - коефіцієнт попиту - 0,7;  $S_n$  - сумарна потужність власних потреб.

Дані для розрахунку навантаження власних потреб зведені в таблицю 8.5. (Додаток).

Навантаження трансформаторів власних потреб:

$$S_{уст} = \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = \sqrt{16^2 + 0^2} = 16 \text{ кВА.}$$

Приймаємо потужність ТВП:  $STB_{п} = 25 \text{ кВА}$

Вибираємо трансформатор ТМ-25/10 з паспортними даними:

$S_{ном} = 25 \text{ кВА}$ ,  $U_{вн} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{нн} = 0,4 \text{ кВ}$

При відключенні одного трансформатора, другий буде завантажений на  $(16/25) \cdot 100\% = 64\%$ .

### **Вибір розрядників і обмежувачів перенапруг**

На напругу 10 кВ встановлюємо обмежувачі перенапруг ОПНн-10/11,5/10/2 УХЛ1 з параметрами:

1. Клас напруги - 10 кВ;
2. Найвища допустима напруга ОПН - 11,5 кВ;
3. Номінальна напруга ОПН - 10 кВ.

## 9. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 9.1. *Заходи з енергозбереження*

У таблиці 9.1 (Додаток) наведено перелік цих заходів та коефіцієнти можливої економії електроенергії для кожного з них.

До заходів, що забезпечують економію електроенергії при експлуатації, належать:

- Використання раціонального режиму навантаження устаткування;
- компенсація реактивної потужності;
- Покращення якості електроенергії.

Скорочення експлуатаційних витрат досягається завдяки застосуванню сучасних типів елементів системи електропостачання.

До організаційних заходів належать (Додаток, табл. 9.1):

- Керування реактивною потужністю;
- Автоматичне управління системами освітлення;
- Автоматизація технологічних процесів;
- Облік електроенергії.

### 9.2. Економія електричної енергії в трансформаторах

При передачі електроенергії від джерела живлення до споживачів втрачається 10-15%. Скорочення втрат електроенергії в трансформаторах можна досягти вибором їх потужності.

Робота трансформаторів в режимі холостого ходу через низький коефіцієнт потужності призводить до зайвих втрат у трансформаторі та у всій системі живлення.

Ефективність вимкнення частини трансформаторів в цеховій мережі:

$$\sum \Delta P = n \cdot (\Delta P_{xx} + K_{xx} \cdot \Delta Q_{xx}) + \frac{1}{n} \cdot (\Delta P_{xz} + K_{xz} \cdot \Delta Q_{xz}) \cdot K_z^2,$$

де  $n$  - кількість увімкнених трансформаторів;  $W_{xx}$ ,  $W_{кз}$  - втрати холостого ходу й короткого замикання;  $W_{рк}$  - реактивні втрати:

$$W_{рк} = \Delta P_{к} U_{Ixx}^2 + \beta_{к2}(1-\beta_{к2}) S T^2$$

Для живлення трансформаторів 630 кВА від мережі 10 кВ потрібен струм:

$$I_p = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,64 \text{ А}$$

Визначаємо втрати при роботі 1-го трансформатора:

$$\Delta Q_{x.x} = \frac{S_{ном} \cdot I_{x.x}}{100} = \frac{630 \cdot 1,6}{100} = 10,08 \text{ квар};$$

$$\Delta Q_{x.з.} = \frac{S_{ном} \cdot U_{к\%}}{100} = \frac{630 \cdot 5,5}{100} = 34,65 \text{ квар};$$

$$K_s = \frac{S_n}{S_{ном}} = \frac{70}{630} = 0,111;$$

$$\sum \Delta P = 1 \cdot (2 + 0,12 \cdot 10,1) + \frac{1}{2} \cdot (7,3 + 0,12 \cdot 34,67) \cdot 0,111^2 = 4,483 \text{ кВт}$$

Втрати для 2-х трансформаторів:

$$K_s = \frac{S_n}{S_{ном}} = \frac{900}{1260} = 0,7;$$

$$\sum \Delta P = 2 \cdot (2 + 0,12 \cdot 10,1) + \frac{1}{2} \cdot (17,3 + 0,12 \cdot 34,65) \cdot 0,7^2 = 19,53 \text{ кВт};$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 9.3.

У таблиці 9.3 побудовано графіки залежності втрат активної потужності в трансформаторах від їх навантаження (Рис. 9.1).

Крива 1 показує залежність втрат при роботі 1-го трансформатора, а крива 2 - втрати при роботі 2-х трансформаторів.

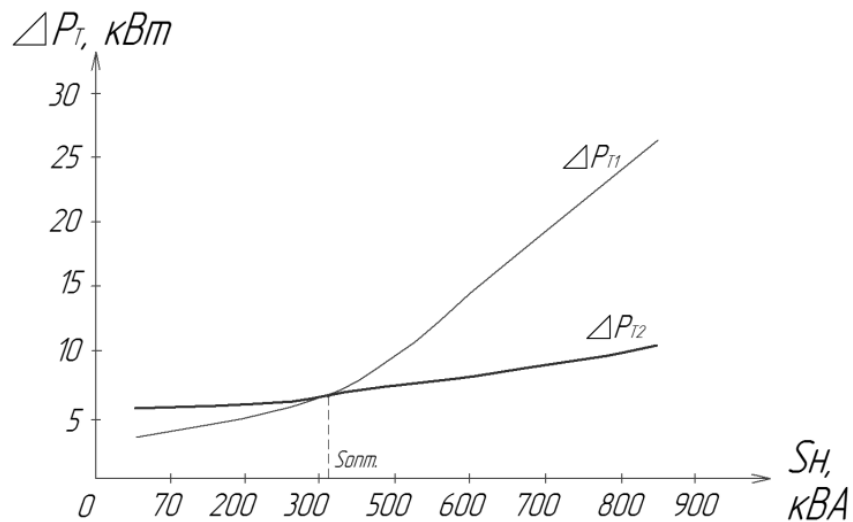


Рис. 9.1 Залежність втрат потужності в силових трансформаторах від навантаження

З графіків видно, що при навантаженні  $S < S_{opt}$  раціонально відключати один з трансформаторів, оскільки сумарні втрати при роботі одного трансформатора менші. Однак при  $S > S_{opt}$  втрати стають меншими при роботі двох трансформаторів одночасно через менше навантаження на кожен.

### 9.3. Економія електричної енергії за рахунок заміни малозавантаженого двигуна

Якщо навантаження на електродвигун становить менше 45% від номінальної потужності, то заміна його на менш потужний двигун завжди доцільна. При навантаженні двигуна більше 70% номінальної потужності заміна є недоцільною.

При навантаженні в межах 45-70% номінальної потужності сумарні втрати активної потужності в двигуні можуть бути визначені за формулою:

$$\Delta P = P_0 + (k_v \Delta Q_0 + P_{xx} \Delta P_n) \beta^2 + P_n \beta (1 - \beta)$$

де  $\Delta Q_0$  - реактивна потужність холостого ходу;  $I_0$  - струм холостого ходу;  $U$  - номінальна напруга;  $\beta$  - коефіцієнт завантаження;  $P$  - середнє навантаження двигуна;  $\eta$  - ККД двигуна;  $\cos \phi$  - коефіцієнт потужності;  $k_v$  - коефіцієнт підвищення втрат (0,1 кВт/квар).

$\Delta P_H = P_H - P_0$ , де  $P_0$  - втрати холостого ходу.

Перевіримо доцільність заміни двигуна А82 потужністю 75 кВт на двигун А52 потужністю 45 кВт для тарного цеху при навантаженні 40 кВт.

Параметри встановленого двигуна А82:

$$P_{\text{НОМ}} = 75 \text{ кВт}; U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}; \eta_{\delta} = 0,91; \cos \varphi_{\text{НОМ}} = 0,92; I_{\text{ЛЛ}} = 42,6 \text{ А}; \Delta P_{\text{ЛЛ}} = 3,2 \text{ кВт}$$

Визначимо:

$$Q_{\text{ЛЛ}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot I_{\text{ЛЛ}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 42,6 \cdot 10^{-3} = 28,03 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\delta}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{НОМ}} = \frac{75}{0,91} \cdot 0,426 = 35 \text{ квар};$$

$$K_H = \frac{P}{P_{\text{НОМ}}} = \frac{40}{75} = 0,53;$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{\text{ЛЛ},\%}}{(1 - \eta_{\text{н},\%}) - \Delta P_{\text{ЛЛ},\%}} = \frac{3,2}{(100 - 91) - 3,2} = 4,36;$$

$$\Delta P_{\text{з.н}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \left( \frac{1 - \eta_{\delta}}{\eta_{\delta}} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + \gamma} \right) = 75 \cdot \frac{1 - 0,92}{0,92} \cdot \frac{1}{1 + 4,36} = 4,9 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\Sigma} = [Q_{\text{ЛЛ}} \cdot (1 - K_H^2) + K_H^2 \cdot Q_{\text{НОМ}}] \cdot K_{\text{з}} + \Delta P_{\text{ЛЛ}} + K_H^2 \cdot \Delta P_{\text{з.н}} = \\ = [28,03 \cdot (1 - 0,53^2) + 0,53^2 \cdot 35] \cdot 0,1 + 3,2 + 0,53^2 \cdot 4,9 = 7,575 \text{ кВт};$$

Параметри двигуна на заміну:

$$P_{\text{НОМ}} = 45 \text{ кВт}; U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}; \eta_{\delta} = 0,91; \cos \varphi_{\text{НОМ}} = 0,9; I_{\text{ЛЛ}} = 29 \text{ А}; \Delta P_{\text{ЛЛ}} = 2,4 \text{ кВт};$$

Визначаємо:

$$\gamma = \frac{\Delta P_{\text{ЛЛ},\%}}{(1 - \eta_{\text{н},\%}) - \Delta P_{\text{ЛЛ},\%}} = \frac{2,4}{(100 - 91) - 2,4} = 0,36;$$

$$\Delta P_{\text{з.н}} = 45 \cdot \frac{1 - 0,91}{0,91} \cdot \frac{1}{1 + 0,36} = 3,27 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\Sigma}'' = [19,08 \cdot (1 - 0,89^2) + 0,89^2 \cdot 23,95] \cdot 0,1 + 2,4 + 0,89^2 \cdot 3,27 = 7,2 \text{ кВт};$$

У результаті заміни малозавантаженого двигуна А82 на А52 отримали зменшення втрат активної потужності на  $\Delta P$ . Економічний ефект від заміни двигуна:  $E = \Delta P \cdot T_p \cdot \text{Цел}$ , де  $T_p$  - число годин роботи двигуна за рік, Цел - вартість 1 кВт\*год електроенергії.

#### 9.4. Економія електроенергії в насосі при регулюванні частотою

Розглянемо насос АК13-16-0,4 У4 в компресорній з номінальною потужністю електродвигуна  $P_n = 160$  кВт.

Напірна характеристика насоса:

$$H = 125 \cdot (n/1500)^2 - 0,0001 \cdot Q^2$$

Залежність подачі від частоти обертання  $n$ :

$$Q = Q_6 \sqrt{\frac{(n/n_{\text{ном}})^2 - (H_{\text{ст}}/H_6)}{1 - (H_{\text{ст}}/H_6)}} = 0,56 \sqrt{\frac{(n/1500)^2 - (20/125)}{1 - (20/125)}} = 0,56 \sqrt{\frac{(n/1500)^2 - 0,16}{0,84}}$$

Момент опору насоса:  $M_c = 1020,7$  Н\*м

Гранична частота обертання:

$$n_{\text{гр}} = n_{\text{ном}} \sqrt{\frac{H_{\text{ст}}}{H_6}} = 1500 \sqrt{\frac{20}{125}} = 1150$$

Гранична подача насоса:

$$Q = 0,56 \sqrt{\frac{(n/1500)^2 - 0,16}{0,84}} = 0,56 \sqrt{\frac{(1150/1500)^2 - 0,16}{0,84}} = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Вхідні дані для розрахунку економії при регулюванні частотою:

- Максимальна подача  $Q_6 = 0,46$  м<sup>3</sup>/с
- Напір при  $Q_6$ ,  $H_6 = 25$  м
- Мінімальна подача  $Q_m = 0,328$  м<sup>3</sup>/с
- Статичний напір  $H_{\text{ст}} = 20$  м
- ККД насоса  $\eta_n = 0,85$
- Тривалість періоду  $T = 8760$  год

$$P = \frac{\rho g Q H \cdot K_z}{1000 \eta_n} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,46 \cdot 25}{1000 \cdot 0,85} = 132,7 \text{ кВт}$$

Відносна  $Q_m$ :  $l = 0,71$  Відносний  $H_{\text{ст}}$ :  $H_{\text{ст}}^* = 0,22$

Для  $l = 0,71$ ,  $H_{\text{ст}}^* = 0,22$  економія енергії  $w^* = 0,21$

Отже, зниження енергоспоживання насоса

$$\Delta W = P \cdot T \cdot w^* = 132,71 \cdot 8760 \cdot 0,21 \cdot 1 = 232490 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Зменшення втрат:

$$\Delta P = \Delta P' - \Delta P'' = 7,575 - 7,2 = 0,375 \text{ кВт};$$

Ефект:

$$E = \Delta P \cdot T_{\text{роб}} \cdot C_0 = 0,375 \cdot 8760 \cdot 4,45 = 3414,8 \text{ грн}$$

## 9.5. Шляхи енергозбереження в електроприводі

Підвищення навантаження робочих машин знижує витрати електроенергії на привід.

На рис. 9.2 показано криві залежності відносних втрат енергії в електроприводі від коефіцієнта навантаження  $\beta$  і коефіцієнта потужності  $\cos\varphi$ . За цими кривими можна визначити економію енергії при підвищенні навантаження привода.

Розрахунок економії. Верстат працює з навантаженням 25% від номінальної потужності ( $\beta=0,25$ ) і з  $\cos\varphi=0,6$ . Згідно графіку рис. 9.2, витрата енергії складає 210% від мінімально можливої. При збільшенні навантаження до  $\beta=0,7$  і підвищенні  $\cos\varphi=0,85$ , відносна витрата енергії знижується до 106%.

Враховуючи, що річна витрата енергії  $W = P \cdot T$ , де  $P$  - потужність привода,  $T$  - річний фонд часу роботи, при  $\beta=0,25$ ,  $\cos\varphi=0,6$  і  $\beta=0,7$ ,  $\cos\varphi=0,85$  отримаємо економію електроенергії:

$$\Delta E = (\beta_1 - \beta_2) \Delta E_0 = (2,1 - 1,06) 1,48 = 2,14 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

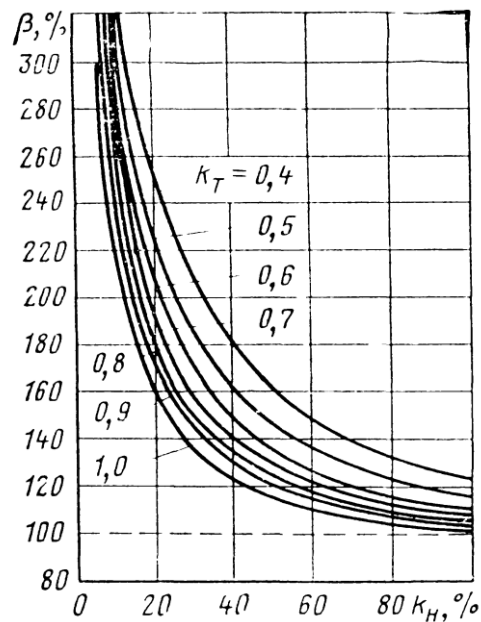


Рис. 9.2. Залежність відносних витрат електроенергії в електроприводі від навантаження  $\beta$  і коефіцієнта потужності  $\cos\varphi$

#### *Автоматичне обмеження холостого ходу робочих машин*

За допомогою діаграми на рис. 9.3 можна визначити економію електроенергії, що досягається при використанні обмежувачів холостого ходу.

Для розрахунку необхідно мати дані:

- Середню потужність холостого ходу  $P_0$ , яка визначається як сума механічних втрат  $P_{0.мех}$  і втрат в сталі електродвигуна  $P_{0.ст}$ ;
- Номінальну потужність двигуна  $P_n$ ;
- Тривалість періоду  $T$ , год;
- Кількість циклів  $n$ .

Параметри діаграми:  $\alpha = P_0/P_n$  - відносна потужність холостого ходу;  $\beta = T_{хх}/T$  - відносна тривалість холостого ходу

$$a = \frac{P_0^n}{P_{д.ном}} ; \quad b = \frac{1}{4T_{есп}} .$$

За показником ефективності  $\gamma$  з рис. 9.3 визначається економія енергії:

$$\Delta E = \varepsilon \frac{z P_{д.ном} T_{есп}}{3600} , \text{ кВт*год}$$

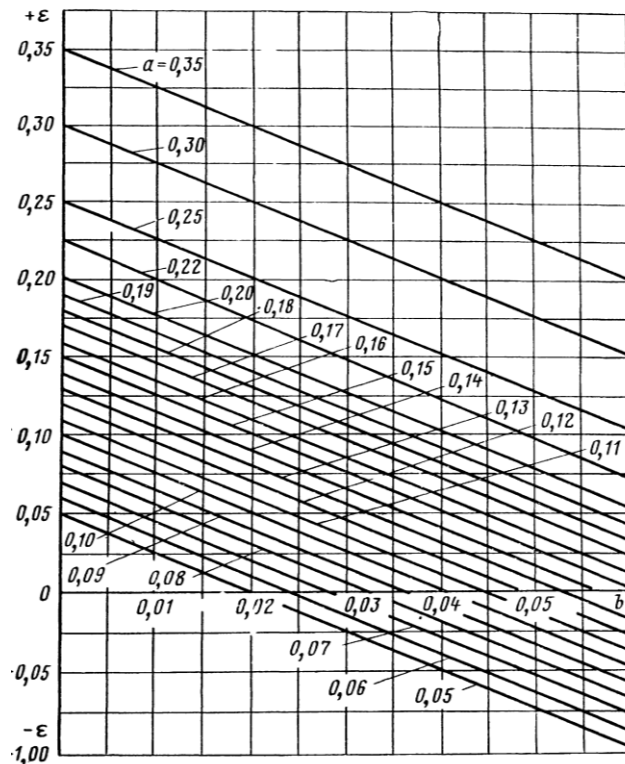


Рис. 9.3 Діаграма для визначення ефективності обмежувачів холостого ходу

1. *Розрахунок економії.* Верстат з електродвигуном  $P_H=15$  кВт має  $P_0=2$  кВт. Час холостого ходу  $T_{xx}=16$  с, кількість циклів  $n=200$  цикл/год.  $\alpha = 2/15 = 0,133$ ;  $\beta = 16200/3600 = 0,089$  З рис. 9.3 знаходимо  $\gamma = 0,066$  Річна економія:  $\Delta W = 0,0661587601 = 8,69$  МВт\*год

2. *Розрахунок перевитрати.* Верстат з  $P_H=5$  кВт,  $P_0=1$  кВт,  $T_{xx}=20$  с,  $n=180$  цикл/год.  $\alpha=0,2$ ;  $\beta=0,1$ . З рис. 9.3:  $\gamma=-0,016$

Перевитрата за годину:  $\Delta W = -0,01651 = -0,08$  кВт\*год

## 9.2. Раціональний вибір силових трансформаторів

При трансформації втрачається 2-3% електроенергії, тому треба застосовувати мінімальну кількість трансформацій.

Мінімальні втрати в трансформаторі досягаються при завантаженні:

$$K_3 = \sqrt{(\Delta P_x / \Delta P_k)}, (9.2)$$

де  $\Delta P_x$ ,  $\Delta P_k$  - втрати в сталі і обмотках.

Критерій економічної ефективності - мінімум приведених затрат:

$$Z = r_{\text{норм}} K + T_{\text{рс0}} * (\Delta P_x + K_3^2 * \Delta P_k), (9.3)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт завантаження,  $T_r$  - годин роботи трансформатора.

Для ТМ-630/10:

$$K_{3.\text{опт}} = 0,741 (9.4)$$

При  $K_3 = K_{3.\text{опт}} \approx 0,75$  досягається умова оптимального завантаження трансформаторів і мінімальні втрати на трансформацію.

## ВИСНОВКИ

1. Розраховано електричні навантаження і розподілено їх по 5 трансформаторним підстанціям загальною потужністю  $6 \times 630$  кВт. Обрано розташування центральної розподільчої підстанції.

2. На основі техніко-економічного порівняння двох варіантів схеми зовнішнього електропостачання (кабельна лінія 10 кВ та повітряна лінія 35 кВ) обрано більш економічний варіант - кабельну лінію 10 кВ.

3. Виконано оптимальну компенсацію реактивної потужності на ТП, що забезпечило високий коефіцієнт потужності  $\cos\phi$  близький до 1.

4. Проведено розрахунки струмів короткого замикання і визначено надперехідні та ударні складові в контрольних точках, що дозволило обрати високовольтне обладнання.

5. У спеціальному розділі досліджені можливості енергозбереження на КХП: організаційно-технічні заходи, раціональний вибір напруг та трансформаторів, економія шляхом заміни двигунів, обмеження холостого ходу, регулювання частоти обертання насосів тощо.

Виконано оцінку очікуваного економічного ефекту від впровадження заходів з енергозбереження.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання / Плешков П.Г. та ін. – МОН України, ЦНТУ. – Кропивницький: ПП "Ексклюзив", 2021. – 209 с.
2. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання: навч. посіб. / Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А. та ін.; Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: Лисенко, 2019. – 272 с.
3. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.І. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград: КДТУ, 2004. – 133 с.
5. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
6. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.
7. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
8. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
9. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
10. 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.

11. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми: Університетська книга, 2006. –153 с.

12. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств / О.І. Соловей, В.П. Розен, П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, К.Г. Петрова, 2015. – 316 с.

13. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Серебренніков С.В., Гарасьова Н.Ю., Зінзура В.В. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 242с.

14. Енергоефективний електропривод у промисловості та сільськогосподарському виробництві: навч. посіб. / Плешков С.П., Серебренніков С.В. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2015. – 159 с.

15. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007. – 259 с.

16. Харченко В. Ф. Електропостачання міст і промислових підприємств : Конспект лекцій для студентів 4–5 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0906 – Електротехніка (6.050701 – Електротехніка та електротехнології) / В. Ф. Харченко; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 168 с.

17. Електропостачання та електрозбереження : Конспект лекцій (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – Електротехнічні системи електроспоживання) / [О. Г. Гриб, О. М Довгалюк, Д. М. Калюжний, Ю. Г. Куцан, Г. А Сендерович]. – Харків. ХНАМГ, 2006. – 145 с.

18. Енергетичний контроль. Методичні вказівки для виконання курсового проекту / Плешков П.Г., Савеленко І.В., Котиш А.І. - Кіровоград: КНТУ, 2009 – 112 с.

## ДОДАТКИ

Таблиця 2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

| № | Назва вузлів навантаження<br>та груп електроприймачів | Кількість<br>ел. спо-<br>живачів | Встановлена по- |         | m    | Кв  | cos  | tg    | Середнє<br>навантаження за<br>зміну, кВт |        | ne | Км  | Розрахункова потужність,<br>кВт |       |        |
|---|-------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------|------|-----|------|-------|------------------------------------------|--------|----|-----|---------------------------------|-------|--------|
|   |                                                       |                                  | тужність, кВт   |         |      |     |      |       | Pcp                                      | Qcp    |    |     | Pp                              | Qp    | Sp     |
|   |                                                       |                                  | Одного          | Сумарна |      |     |      |       |                                          |        |    |     |                                 |       |        |
| 1 | 2                                                     | 3                                | 4               | 5       | 6    | 7   | 8    | 9     | 10                                       | 11     | 12 | 13  | 14                              | 15    | 16     |
|   |                                                       |                                  |                 |         |      |     |      |       |                                          |        |    |     |                                 |       |        |
|   | Хлібозавод                                            |                                  |                 |         |      |     |      |       |                                          |        |    |     |                                 |       |        |
|   |                                                       |                                  |                 |         |      |     |      |       |                                          |        |    |     |                                 |       |        |
| 1 | Хлібопекарський цех                                   |                                  |                 |         |      |     |      |       |                                          |        |    |     |                                 |       |        |
|   | Тістозмішувачі RMS-100                                | 8                                | 3,0 - 9         | 49      | 3    | 0,2 | 0,7  | 1,02  | 9,84                                     | 10,04  |    |     |                                 |       |        |
|   | Конусні зкруглювачі RS-360                            | 6                                | 1,3 - 4         | 15      |      | 0,2 | 0,7  | 1,02  | 2,94                                     | 3,00   |    |     |                                 |       |        |
|   | Вентилятори обдуву                                    | 3                                | 3,0 - 9         | 18      | 3    | 0,6 | 0,8  | 0,882 | 10,80                                    | 9,52   |    |     |                                 |       |        |
|   | Змішувачі                                             | 3                                | 3,0 - 4,0       | 11      | 1    | 0,4 | 0,7  | 1,169 | 4,20                                     | 4,91   |    |     |                                 |       |        |
|   | Машина для виготовл. печення                          | 6                                | 3,1 - 5,0       | 24      | 2    | 0,3 | 0,9  | 0,484 | 7,29                                     | 3,53   |    |     |                                 |       |        |
|   | Рециркуляційні вентилятори                            | 4                                | 5,5 - 7,5       | 26      | 1    | 0,7 | 0,8  | 0,75  | 19,24                                    | 14,43  |    |     |                                 |       |        |
|   | Робочі столи                                          | 6                                | 1,7 - 1,7       | 10      | 1    | 0,5 | 0,5  | 1,732 | 5,10                                     | 8,83   |    |     |                                 |       |        |
|   | Рогалична машина                                      | 4                                | 2,0 - 4,0       | 12      | 2    | 0,5 | 0,9  | 0,512 | 6,00                                     | 3,07   |    |     |                                 |       |        |
|   | Росточні шафи                                         | 4                                | 1,7 - 4,0       | 11      | 2    | 0,2 | 0,5  | 1,732 | 2,28                                     | 3,95   |    |     |                                 |       |        |
|   | Тістовідокремлювач RM-100                             | 4                                | 3,0 - 3,0       | 12      | 1    | 0,3 | 0,5  | 1,732 | 3,60                                     | 6,24   |    |     |                                 |       |        |
|   | Тісторозкаточні для булок                             | 3                                | 1,7 - 3         | 7       | 2    | 0,3 | 0,8  | 0,75  | 2,12                                     | 1,59   |    |     |                                 |       |        |
|   | Транспортери                                          | 6                                | 4,5 - 4,5       | 27      | 1    | 0,3 | 0,7  | 1,02  | 8,10                                     | 8,26   |    |     |                                 |       |        |
|   | Транспортери готової продукції                        | 6                                | 3,5 - 3,5       | 21      | 1    | 0,3 | 0,5  | 1,732 | 6,30                                     | 10,91  |    |     |                                 |       |        |
|   | Хліборізка АКРА                                       | 4                                | 1,5 - 1,5       | 6       | 1    | 0,2 | 0,5  | 1,732 | 1,20                                     | 2,08   |    |     |                                 |       |        |
|   | Формувачі форми тіста                                 | 6                                | 1,1 - 2,2       | 10      | 2    | 0,5 | 0,7  | 1,169 | 4,95                                     | 5,79   |    |     |                                 |       |        |
|   | Хлібопекарна піч                                      | 7                                | 60,0 - 60,0     | 420     | 1    | 0,6 | 0,9  | 0,484 | 252,00                                   | 122,05 |    |     |                                 |       |        |
|   | Циркуляційні столи                                    | 3                                | 1,1 - 1,1       | 3       | 1    | 0,5 | 0,5  | 1,732 | 1,65                                     | 2,86   |    |     |                                 |       |        |
|   | Приводи печей                                         | 6                                | 10,0 - 10,0     | 60      | 1    | 0,4 | 0,9  | 0,62  | 24,00                                    | 14,87  |    |     |                                 |       |        |
|   | Всього по цеху                                        | 89                               | 1,1 - 60        | 742,55  | 55,5 | 0,5 | 0,85 | 0,62  | 371,281                                  | 203,1  | 25 | 1,2 | 453,06                          | 230,1 | 508,14 |
| 2 | Цех рогаликів та печива                               |                                  |                 |         |      |     |      |       |                                          |        |    |     |                                 |       |        |
|   | Тістозмішувачі                                        | 6                                | 3,0 - 6         | 26      | 2    | 0,3 | 0,8  | 0,75  | 7,65                                     | 5,74   |    |     |                                 |       |        |
|   | Вентилятори обдуву                                    | 3                                | 3,0 - 9         | 18      | 3    | 0,6 | 0,7  | 1,02  | 10,80                                    | 11,02  |    |     |                                 |       |        |
|   | Діжкоповертач                                         | 6                                | 2,2 - 2         | 13      | 1    | 0,2 | 0,7  | 1,02  | 2,90                                     | 2,96   |    |     |                                 |       |        |
|   | Закаточна машина                                      | 3                                | 1,7 - 2         | 5       | 1    | 0,5 | 0,7  | 1,02  | 2,55                                     | 2,60   |    |     |                                 |       |        |

Продовження таблиці 2.1.

| 1 | 2                              | 3  | 4           | 5      | 6  | 7   | 8   | 9     | 10     | 11     | 12 | 13  | 14     | 15     | 16    |
|---|--------------------------------|----|-------------|--------|----|-----|-----|-------|--------|--------|----|-----|--------|--------|-------|
|   | Змішувачі                      | 3  | 3,0 - 3,0   | 9      | 1  | 0,4 | 0,7 | 1,169 | 3,60   | 4,21   |    |     |        |        |       |
|   | Корито Рабіновича              | 6  | 1,7 - 1,7   | 10     | 1  | 0,3 | 0,5 | 1,732 | 3,06   | 5,30   |    |     |        |        |       |
|   | Машина для виготовл. печення   | 6  | 1,1 - 1,1   | 7      | 1  | 0,4 | 0,8 | 0,75  | 2,64   | 1,98   |    |     |        |        |       |
|   | Рециркуляційні вентилятори     | 7  | 3,0 - 7,0   | 35     | 2  | 0,7 | 0,8 | 0,882 | 24,50  | 21,61  |    |     |        |        |       |
|   | Робочі столи                   | 6  | 1,7 - 1,7   | 10     | 1  | 0,4 | 0,5 | 1,732 | 4,08   | 7,07   |    |     |        |        |       |
|   | Рогалична машина               | 4  | 1,7 - 3,0   | 9      | 2  | 0,6 | 0,7 | 1,02  | 5,64   | 5,75   |    |     |        |        |       |
|   | Ростосчні шафи                 | 4  | 3,0 - 3,0   | 12     | 1  | 0,5 | 0,5 | 1,732 | 6,00   | 10,39  |    |     |        |        |       |
|   | Тістовідокремлювач             | 4  | 3,0 - 3,0   | 12     | 1  | 0,4 | 0,5 | 1,732 | 4,80   | 8,31   |    |     |        |        |       |
|   | Тістоосаждачі                  | 5  | 1,1 - 1,1   | 6      | 1  | 0,3 | 0,5 | 1,732 | 1,65   | 2,86   |    |     |        |        |       |
|   | Транспортери                   | 8  | 4,5 - 7,0   | 46     | 2  | 0,5 | 0,6 | 1,333 | 23,00  | 30,67  |    |     |        |        |       |
|   | Транспортери готової продукції | 3  | 1,7 - 3,0   | 7      | 2  | 0,3 | 0,5 | 1,732 | 2,12   | 3,66   |    |     |        |        |       |
|   | Формувачі форми тіста          | 6  | 2,2 - 4,0   | 19     | 2  | 0,5 | 0,7 | 1,169 | 9,30   | 10,87  |    |     |        |        |       |
|   | Хлібопекарна піч               | 5  | 60,0 - 75,0 | 338    | 1  | 0,7 | 0,9 | 0,484 | 239,63 | 116,06 |    |     |        |        |       |
|   | Циркуляційні столи             | 6  | 1,7 - 3,0   | 14     | 2  | 0,7 | 0,5 | 1,732 | 10,14  | 17,56  |    |     |        |        |       |
|   | Приводи печей                  | 5  | 2,2 - 10,0  | 31     | 5  | 0,4 | 0,8 | 0,802 | 12,20  | 9,79   |    |     |        |        |       |
|   | <b>Всього по цеху</b>          | 96 | 1,1 - 75    | 625,45 | 68 | 0,6 | 0,8 | 0,74  | 375,27 | 281,45 | 17 | 1,2 | 454,04 | 281,45 | 534,2 |
| 3 | <b>Цех підготовки борошна</b>  |    |             |        |    |     |     |       |        |        |    |     |        |        |       |
|   | Аераційна установка            | 6  | 9,0 - 9     | 54     | 1  | 0,5 | 0,6 | 1,333 | 24,30  | 32,40  |    |     |        |        |       |
|   | Ваги ДМ-100                    | 4  | 1,2 - 2     | 5      | 1  | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 3,24   | 2,43   |    |     |        |        |       |
|   | Живителі муки                  | 6  | 1,1 - 4     | 15     | 4  | 0,2 | 0,5 | 1,985 | 3,06   | 6,07   |    |     |        |        |       |
|   | Просіювачі                     | 4  | 3,0 - 3     | 12     | 1  | 0,6 | 0,7 | 1,02  | 7,20   | 7,35   |    |     |        |        |       |
|   | Силос мучний                   | 10 | 3,0 - 11    | 70     | 4  | 0,2 | 0,5 | 1,732 | 10,50  | 18,19  |    |     |        |        |       |
|   | Шлюзові затвори                | 4  | 3,0 - 3     | 12     | 1  | 0,3 | 0,7 | 1,02  | 3,60   | 3,67   |    |     |        |        |       |
|   | <b>Всього по цеху</b>          | 34 | 1,1 - 11    | 168,7  | 10 | 0,3 | 0,6 | 1,351 | 50,61  | 67,48  | 31 | 1,3 | 66,82  | 67,48  | 94,97 |
| 4 | <b>Макаронне відділення</b>    |    |             |        |    |     |     |       |        |        |    |     |        |        |       |
|   | Макаронні машини               | 5  | 3,0 - 4     | 18     | 1  | 0,1 | 0,5 | 1,732 | 2,56   | 4,43   |    |     |        |        |       |
|   | Повітряна завіса               | 3  | 5,5 - 6     | 17     | 1  | 0,7 | 1   | 0,329 | 11,55  | 3,80   |    |     |        |        |       |
|   | сушильні шафи                  | 4  | 4,0 - 4     | 16     | 1  | 0,6 | 0,9 | 0,484 | 9,60   | 4,65   |    |     |        |        |       |
|   | Вентилятори                    | 6  | 2,2 - 2     | 13     | 1  | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 7,92   | 5,94   |    |     |        |        |       |
|   | <b>Всього по МВ</b>            | 18 | 2,2 - 6     | 63,95  | 3  | 0,5 | 0,9 | 0,595 | 31,98  | 19,82  | 18 | 1,3 | 40,5   | 19,82  | 45,09 |

| 1 | 2                                 | 3  | 4           | 5     | 6  | 7    | 8    | 9     | 10     | 11     | 12 | 13  | 14     | 15     | 16     |
|---|-----------------------------------|----|-------------|-------|----|------|------|-------|--------|--------|----|-----|--------|--------|--------|
| 5 | <b>Допоміжне відділення</b>       |    |             |       |    |      |      |       |        |        |    |     |        |        |        |
|   | Живителі заварочних машин         | 5  | 1,0 - 3     | 10    | 3  | 0,3  | 0,5  | 1,985 | 3,00   | 5,95   |    |     |        |        |        |
|   | Заварочні машини                  | 5  | 6,0 - 6     | 30    | 1  | 0,6  | 0,7  | 1,169 | 16,50  | 19,29  |    |     |        |        |        |
|   | Технологічні насоси               | 12 | 3,0 - 7     | 60    | 2  | 0,7  | 0,8  | 0,646 | 42,00  | 27,13  |    |     |        |        |        |
|   | Сантехнічна вентиляція            | 6  | 3,5 - 6     | 27    | 2  | 0,8  | 0,7  | 0,909 | 21,60  | 19,63  |    |     |        |        |        |
|   | Дріжджезмішувачі                  | 5  | 2,0 - 4     | 15    | 2  | 0,5  | 0,8  | 0,75  | 6,75   | 5,06   |    |     |        |        |        |
|   | Насоси перекачки дріжджей         | 4  | 3,0 - 5     | 16    | 2  | 0,6  | 0,8  | 0,882 | 10,24  | 9,03   |    |     |        |        |        |
|   | <b>Всього по відділенню</b>       | 37 | 1,0 - 7     | 158   | 7  | 0,6  | 0,8  | 0,86  | 94,8   | 83,61  | 37 | 1,1 | 107,54 | 83,61  | 136,22 |
| 6 | <b>Кондиторський цех</b>          |    |             |       |    |      |      |       |        |        |    |     |        |        |        |
|   | Електрошафи                       | 4  | 4,0 - 12    | 32    | 3  | 0,7  | 0,9  | 0,484 | 22,40  | 10,85  |    |     |        |        |        |
|   | Кремозмішувачі                    | 3  | 3,0 - 3     | 9,0   | 1  | 0,5  | 0,8  | 0,75  | 4,86   | 3,65   |    |     |        |        |        |
|   | Електропечі                       | 4  | 8,0 - 40    | 96    | 5  | 0,7  | 0,9  | 0,484 | 67,20  | 32,55  |    |     |        |        |        |
|   | Котел варочний                    | 2  | 11 - 11     | 22    | 1  | 0,50 | 0,70 | 1,02  | 11,0   | 11,2   | 2  |     |        |        |        |
|   | Машина тістозмішувальна           | 3  | 17,6 - 17,6 | 52,8  | 1  | 0,70 | 0,75 | 0,88  | 36,960 | 32,596 | 3  |     |        |        |        |
|   | Машина розкатки тіста             | 5  | 3 - 3       | 15    | 1  | 0,60 | 0,75 | 0,88  | 9,000  | 7,937  | 5  |     |        |        |        |
|   | Машина збивальна                  | 3  | 3,5 - 5     | 15    | 1  | 0,60 | 0,70 | 1,02  | 9,000  | 9,182  | 3  |     |        |        |        |
|   | електродуховки                    | 3  | 1,8 - 12    | 21    | 7  | 0,6  | 0,9  | 0,484 | 11,39  | 5,51   |    |     |        |        |        |
|   | вентилятори                       | 3  | 2,0 - 7     | 14    | 4  | 0,6  | 0,8  | 0,75  | 8,64   | 6,48   |    |     |        |        |        |
|   | <b>Всього по цеху</b>             | 30 | 1,8 - 40    | 276   | 22 | 0,7  | 0,8  | 0,665 | 193,2  | 119,73 | 14 | 1,2 | 224,98 | 119,73 | 254,86 |
| 7 | <b>Деревопереробне відділення</b> |    |             |       |    |      |      |       |        |        |    |     |        |        |        |
|   | Обрізні станки                    | 3  | 2,0 - 3     | 7     | 1  | 0,3  | 0,6  | 1,518 | 1,69   | 2,56   |    |     |        |        |        |
|   | Фуговальні станки                 | 2  | 1,2 - 5     | 6     | 4  | 0,5  | 0,6  | 1,333 | 2,79   | 3,72   |    |     |        |        |        |
|   | Строгальні станки                 | 4  | 2,0 - 5     | 14    | 3  | 0,6  | 0,6  | 1,333 | 8,40   | 11,20  |    |     |        |        |        |
|   | Прес                              | 2  | 3,0 - 6     | 9     | 2  | 0,3  | 0,6  | 0,65  | 2,13   | 1,38   |    |     |        |        |        |
|   | <b>Всього по відділенню</b>       | 11 | 1,2 - 6     | 35,45 | 5  | 0,4  | 0,6  | 1,257 | 14,18  | 18,91  | 11 | 1,4 | 20,64  | 18,91  | 27,99  |
| 8 | <b>Механічна майстерня</b>        |    |             |       |    |      |      |       |        |        |    |     |        |        |        |
|   | Металоріжучі станки               | 22 | 7,0 - 21    | 308   | 3  | 0,2  | 0,4  | 2,291 | 61,60  | 141,14 |    |     |        |        |        |
|   | Шліфувальні станки                | 12 | 4,0 - 7     | 66    | 2  | 0,2  | 0,8  | 0,75  | 13,20  | 9,90   |    |     |        |        |        |
|   | Витяжні зонди                     | 3  | 1,0 - 3     | 6     | 3  | 0,7  | 0,8  | 0,882 | 3,90   | 3,44   |    |     |        |        |        |
|   | Зварювальні трансформатори        | 6  | 6,0 - 10    | 48    | 2  | 0,4  | 0,5  | 1,732 | 16,80  | 29,10  |    |     |        |        |        |
|   | Насоси                            | 4  | 3,0 - 15    | 36    | 5  | 0,6  | 0,8  | 0,75  | 21,60  | 16,20  |    |     |        |        |        |

Продовження таблиці 2.1.

| 1  | 2                              | 3  | 4         | 5     | 6  | 7   | 8   | 9     | 10     | 11     | 12 | 13  | 14     | 15     | 16     |
|----|--------------------------------|----|-----------|-------|----|-----|-----|-------|--------|--------|----|-----|--------|--------|--------|
|    | Сантехнічна вентиляція         | 6  | 5,0 - 5   | 30    | 1  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 21,00  | 15,75  |    |     |        |        |        |
|    | Витяжна вентиляція             | 8  | 2,0 - 6   | 32    | 3  | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 19,20  | 14,40  |    |     |        |        |        |
|    | <b>Всього по мехмайстерні</b>  | 61 | 1,0 - 21  | 526   | 21 | 0,3 | 0,6 | 1,462 | 157,8  | 239,62 | 50 | 1,2 | 196,39 | 239,62 | 309,82 |
| 9  | <b>Склад готової продукції</b> |    |           |       |    |     |     |       |        |        |    |     |        |        |        |
|    | Транспортери                   | 5  | 1,0 - 3   | 10    | 3  | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 6,00   | 4,50   |    |     |        |        |        |
|    | Вентилятори                    | 4  | 1,0 - 3   | 8     | 3  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 5,20   | 3,90   |    |     |        |        |        |
|    | <b>Всього по складу</b>        | 9  | 1,0 - 3   | 18    | 3  | 0,7 | 0,8 | 0,724 | 12,6   | 9,45   | 9  | 1,2 | 15,31  | 10,4   | 18,51  |
| 10 | <b>Компресорна</b>             |    |           |       |    |     |     |       |        |        |    |     |        |        |        |
|    | Технологічні насоси            | 4  | 4,0 - 4   | 16    | 1  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 10,40  | 7,80   |    |     |        |        |        |
|    | Компресори                     | 5  | 37,0 - 37 | 185   | 1  | 0,7 | 0,8 | 0,882 | 120,25 | 106,05 |    |     |        |        |        |
|    | Вентилятори                    | 11 | 0,8 - 3   | 21    | 4  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 13,59  | 10,19  |    |     |        |        |        |
|    | Насоси конденсату              | 3  | 2,2 - 2   | 7     | 1  | 0,6 | 0,7 | 1,02  | 3,96   | 4,04   |    |     |        |        |        |
|    | <b>Всього по компресорній</b>  | 23 | 0,8 - 37  | 228,5 | 46 | 0,6 | 0,8 | 0,864 | 137,1  | 120,91 | 12 | 1,2 | 172,46 | 120,91 | 210,62 |
| 11 | <b>Адмінкорпус</b>             | 63 | 0,1 - 3   | 151,2 | 25 | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 105,84 | 79,38  | 63 | 1,1 | 113,21 | 79,38  | 138,27 |
| 12 | <b>Гараж</b>                   | 11 | 2,0 - 6   | 44    | 3  | 0,4 | 0,7 | 1,02  | 17,60  | 17,96  | 11 | 1,4 | 25,562 | 17,96  | 31,29  |
| 13 | <b>Котельня</b>                |    |           |       |    |     |     |       |        |        |    |     |        |        |        |
|    | насоси                         | 8  | 3,0 - 8   | 44    | 3  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 28,60  | 21,45  |    |     |        |        |        |
|    | димосмок                       | 4  | 3,0 - 17  | 40    | 6  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 26,00  | 19,50  |    |     |        |        |        |
|    | насоси підпитки                | 3  | 10,0 - 15 | 38    | 2  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 24,38  | 18,28  |    |     |        |        |        |
|    | Сантехнічна вентиляція         | 8  | 5,5 - 7   | 48    | 1  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 31,20  | 23,40  |    |     |        |        |        |
|    | конденсатні насоси             | 3  | 3,0 - 3   | 9     | 1  | 0,7 | 0,8 | 0,75  | 5,85   | 4,39   |    |     |        |        |        |
|    | вентилятори                    | 10 | 0,5 - 3   | 18    | 6  | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 10,50  | 7,88   |    |     |        |        |        |
|    | <b>Всього по котельній</b>     | 36 | 0,5 - 17  | 196   | 34 | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 117,6  | 88,2   | 23 | 1,1 | 138,32 | 88,2   | 164,05 |
| 14 | <b>Склад</b>                   |    |           |       |    |     |     |       |        |        |    |     |        |        |        |
|    | Вентилятори                    | 3  | 4,5 - 10  | 22    | 2  | 0,6 | 0,8 | 0,75  | 13,05  | 9,79   |    |     |        |        |        |
|    | Кран з ПВ%= 25                 | 3  | 10,0 - 10 | 30    | 1  | 0,2 | 0,5 | 1,732 | 6,00   | 10,39  |    |     |        |        |        |
|    | Транспортери                   | 2  | 2,0 - 10  | 12    | 5  | 0,5 | 0,7 | 1,169 | 6,00   | 7,01   |    |     |        |        |        |
|    | <b>Всього по складу</b>        | 8  | 2,0 - 10  | 63,75 | 5  | 0,4 | 0,7 | 1,086 | 25,5   | 26,02  | 8  | 1,6 | 39,64  | 28,62  | 48,89  |

Таблиця 2.2. Розрахунок освітлювального навантаження

| №<br>п/п | Назва об'єкту              | F, м <sup>2</sup> | $P_0$ ,<br>Вт/м <sup>2</sup> | $P_y$ ,<br>кВт | $K_c$ | $K_1$ | $\cos \varphi$ | $\operatorname{tg} \varphi$ | $P_p$ ,<br>кВт | $Q_p$ ,<br>кВАр | $S_p$ ,<br>кВА |
|----------|----------------------------|-------------------|------------------------------|----------------|-------|-------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1.       | Хлібопекарський цех        | 1180              | 14                           | 16,52          | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 14,8           | 25,63           | 29,6           |
| 2.       | Цех рогаликів та печива    | 1180              | 14                           | 16,52          | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 14,8           | 25,63           | 29,6           |
| 3.       | Цех підготовки борошна     | 350               | 6                            | 2,1            | 0,85  | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 2              | 3,46            | 4              |
| 4.       | Макаронне відділення       | 284               | 14                           | 3,98           | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 3,57           | 6,18            | 7,14           |
| 5.       | Допоміжне відділення       | 552               | 14                           | 7,73           | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 6,93           | 12              | 13,86          |
| 6.       | Кондитерський цех          | 430               | 18                           | 7,74           | 0,9   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 7,8            | 13,51           | 15,6           |
| 7.       | Деревопереробне відділення | 105               | 14                           | 1,47           | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 1,32           | 2,29            | 2,64           |
| 8.       | Механічна майстерня        | 650               | 12                           | 7,8            | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 6,99           | 12,11           | 13,98          |
| 9.       | Склад готової продукції    | 109               | 6                            | 0,65           | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 0,58           | 1               | 1,16           |
| 10.      | Компресорна                | 250               | 8                            | 2              | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 1,79           | 3,1             | 3,58           |
| 11.      | Адмінкорпус                | 1180              | 18                           | 21,24          | 0,9   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 21,41          | 37,08           | 42,82          |
| 12.      | Гараж                      | 292               | 8                            | 2,34           | 0,6   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 1,57           | 2,72            | 3,14           |
| 13.      | Котельня                   | 281               | 8                            | 2,25           | 0,8   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 2,02           | 3,5             | 4,04           |
| 14.      | Сухарне відділення         | 698               | 14                           | 9,77           | 0,9   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 9,85           | 17,06           | 19,7           |
| 15.      | Склад                      | 105               | 6                            | 0,63           | 0,6   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 0,42           | 0,73            | 0,84           |
| 16.      | Вагова                     | 281               | 6                            | 1,69           | 0,6   | 1,12  | 0,5            | 1,732                       | 1,14           | 1,97            | 2,28           |
| 17.      | Територія заводу           | 32199             | 0,2                          | 6,44           | 0,5   | 1,2   | 0,9            | 0,484                       | 3,86           | 1,87            | 4,29           |
|          | Всього                     |                   |                              | 110,8          |       |       |                |                             | 114,7          | 112,7           | 160,8          |

Продовження таблиці 2.3

| Назва групи споживачів                         | К-ть<br>ВС | Р <sub>одн</sub> , кВт  |                          | Р <sub>сум</sub><br>кВт | m    | K <sub>н</sub> | cosφ | tgφ  | Середнє                  |                           | n <sub>сф</sub> | K <sub>н</sub> | Розрахунково навантаження |                       |                      |
|------------------------------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------|----------------|------|------|--------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
|                                                |            | Р <sub>мін</sub><br>кВт | Р <sub>макс</sub><br>кВт |                         |      |                |      |      | Р <sub>ср</sub> ,<br>кВт | Q <sub>ср</sub> ,<br>кВар |                 |                | P <sub>p</sub> , кВт      | Q <sub>p</sub> , кВар | S <sub>p</sub> , кВА |
| Всього за шинах 0.4 кВ ТП№1:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 474,76                   | 323,59                    |                 |                | 364,4                     | 337,25                | 667,96               |
| Втрати в трансформаторах:                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                | 7,63                      | 63,34                 |                      |
| Кількість трансформаторів: 2                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| Номінальна потужність, кВА: 630                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| Коефіцієнт навантаження: K <sub>н</sub> = 0,53 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| Всього за шинах 10 кВ ТП№1:                    |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                | 572,03                    | 420,59                | 710,01               |
| ТП№2                                           |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| Автоматизація                                  |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| силово:                                        | 63         | 0,1                     | 3                        | 151,2                   | 30   | 0,7            | 0,8  | 0,75 | 105,84                   | 79,38                     | 63              | 1,07           | 113,21                    | 79,38                 | 138,27               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 21,24                    |                           |                 |                | 21,41                     | 37,08                 |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 127,08                   | 79,38                     |                 |                | 134,62                    | 116,46                | 178                  |
| Компресори                                     |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| силово:                                        | 23         | 0,8                     | 37                       | 228,5                   | 46,2 | 0,6            | 0,75 | 0,88 | 137,1                    | 120,91                    | 12              | 1,26           | 172,46                    | 120,91                | 210,62               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 2                        |                           |                 |                | 1,79                      | 3,1                   |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 139,1                    | 120,91                    |                 |                | 174,25                    | 124,01                | 213,87               |
| Допоміжне відділення                           |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| силово:                                        | 37         | 1                       | 7                        | 158                     | 7    | 0,6            | 0,75 | 0,88 | 94,8                     | 83,61                     | 37              | 1,13           | 107,54                    | 83,61                 | 136,22               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 7,73                     |                           |                 |                | 6,93                      | 12                    |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 102,53                   | 83,61                     |                 |                | 114,47                    | 95,61                 | 149,15               |
| Всього по ТП№2:                                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                           |                       |                      |
| силово:                                        | 123        | 0,1                     | 37                       | 537,7                   | 370  | 0,63           | 0,77 | 0,84 | 337,74                   | 283,9                     | 29              | 1,14           | 385,49                    | 283,9                 | 478,75               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 30,97                    |                           |                 |                | 30,13                     | 52,18                 |                      |
| БК 0,4 кВ                                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          | 0                         |                 |                |                           | 0                     |                      |
| Всього за шинах 0.4 кВ ТП№2:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 368,71                   | 283,9                     |                 |                | 415,62                    | 336,08                | 534,5                |

Продовження таблиці 2.3

| Назва групи споживачів                         | К-ть<br>ЕС | Р <sub>одн</sub> , кВт  |                          | Р <sub>сум</sub><br>кВт | m    | K <sub>н</sub> | cosφ | tgφ  | Середнє                  |                           | n <sub>ср</sub> | K <sub>н</sub> | Розрахункові показники |                       |                      |
|------------------------------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------|----------------|------|------|--------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
|                                                |            | Р <sub>мін</sub><br>кВт | Р <sub>макс</sub><br>кВт |                         |      |                |      |      | Р <sub>ср</sub> ,<br>кВт | Q <sub>ср</sub> ,<br>кВар |                 |                | P <sub>p</sub> , кВт   | Q <sub>p</sub> , кВар | S <sub>p</sub> , кВА |
| Втрати в трансформаторах:                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                | 7,15                   | 49,64                 |                      |
| Кількість трансформаторів: 1                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Номінальна потужність, кВА: 630                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Коефіцієнт завантаження: K <sub>з</sub> = 0,85 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Всього за лічиль 10 кВ ТПН2:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                | 422,77                 | 385,72                | 572,29               |
| ТПН3                                           |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Цяк розгалужів та потужна                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| сипова:                                        | 96         | 1,1                     | 75                       | 625,45                  | 68,2 | 0,6            | 0,8  | 0,75 | 375,27                   | 281,45                    | 17              | 1,21           | 454,04                 | 281,45                | 534,2                |
| освітлювальна:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 16,52                    |                           |                 |                | 14,8                   | 25,63                 |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 391,79                   | 281,45                    |                 |                | 468,84                 | 307,08                | 560,45               |
| Максимальна відбудова                          |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| сипова:                                        | 18         | 2,2                     | 6                        | 63,95                   | 2,7  | 0,5            | 0,85 | 0,62 | 31,98                    | 19,82                     | 18              | 1,27           | 40,5                   | 19,82                 | 45,09                |
| освітлювальна:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 3,98                     |                           |                 |                | 3,57                   | 6,18                  |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 35,96                    | 19,82                     |                 |                | 44,07                  | 26                    | 51,17                |
| Всього по ТПН3:                                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| сипова:                                        | 114        | 1,1                     | 75                       | 689,4                   | 68,2 | 0,59           | 0,8  | 0,74 | 407,25                   | 301,27                    | 18              | 1,21           | 492,23                 | 301,27                | 577,11               |
| освітлювальна:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 20,5                     |                           |                 |                | 18,37                  | 31,81                 |                      |
| БК 0,4 кВ                                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          | 0                         |                 |                |                        | 0                     |                      |
| Всього за лічиль 0,4 кВ ТПН3:                  |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 427,75                   | 301,27                    |                 |                | 510,6                  | 333,08                | 609,63               |
| Втрати в трансформаторах:                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                | 8,8                    | 58,5                  |                      |
| Кількість трансформаторів: 1                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Номінальна потужність, кВА: 630                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Коефіцієнт завантаження: K <sub>з</sub> = 0,97 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                |                        |                       |                      |
| Всього за лічиль 10 кВ ТПН3:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                          |                           |                 |                | 519,4                  | 391,58                | 650,47               |







Таблиця 3.1. Розрахункові дані для побудови графіків навантажень

| №  | Зимові дні      |                  |                 |                 |                  |                 | Літні дні       |                  |                 |                 |                  |                 |
|----|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
|    | Робочі дні      |                  |                 | Вихідні дні     |                  |                 | Робочі дні      |                  |                 | Вихідні дні     |                  |                 |
|    | $P, \text{кВт}$ | $Q, \text{кВар}$ | $S, \text{кВА}$ | $P, \text{кВт}$ | $Q, \text{кВар}$ | $S, \text{кВА}$ | $P, \text{кВт}$ | $Q, \text{кВар}$ | $S, \text{кВА}$ | $P, \text{кВт}$ | $Q, \text{кВар}$ | $S, \text{кВА}$ |
| 1  | 1480            | 467              | 1552            | 1480            | 467              | 1552            | 1258            | 397              | 1319            | 1258            | 397              | 1319            |
| 2  | 1375            | 433              | 1442            | 1375            | 433              | 1442            | 1169            | 368              | 1226            | 1169            | 368              | 1226            |
| 3  | 1322            | 417              | 1396            | 1322            | 417              | 1396            | 1133            | 354              | 1187            | 1133            | 354              | 1187            |
| 4  | 1375            | 433              | 1442            | 1375            | 433              | 1442            | 1169            | 368              | 1226            | 1169            | 368              | 1226            |
| 5  | 1480            | 467              | 1552            | 1480            | 467              | 1552            | 1258            | 397              | 1319            | 1258            | 397              | 1319            |
| 6  | 1311            | 417              | 1376            | 1311            | 417              | 1376            | 1115            | 354              | 1170            | 1115            | 354              | 1170            |
| 7  | 1692            | 533              | 1764            | 1692            | 533              | 1764            | 1438            | 453              | 1508            | 1438            | 453              | 1508            |
| 8  | 1967            | 617              | 2061            | 1967            | 617              | 2061            | 1672            | 524              | 1752            | 1672            | 524              | 1752            |
| 9  | 2115            | 667              | 2218            | 2115            | 667              | 2218            | 1798            | 567              | 1885            | 1798            | 567              | 1885            |
| 10 | 2052            | 650              | 2152            | 2052            | 650              | 2152            | 1744            | 553              | 1830            | 1744            | 553              | 1830            |
| 11 | 2009            | 633              | 2106            | 2009            | 633              | 2106            | 1708            | 538              | 1791            | 1708            | 538              | 1791            |
| 12 | 1967            | 617              | 2061            | 1967            | 617              | 2061            | 1672            | 524              | 1752            | 1672            | 524              | 1752            |
| 13 | 2009            | 633              | 2106            | 2009            | 633              | 2106            | 1708            | 538              | 1791            | 1708            | 538              | 1791            |
| 14 | 1904            | 600              | 1996            | 1904            | 600              | 1996            | 1618            | 510              | 1696            | 1618            | 510              | 1696            |
| 15 | 1798            | 567              | 1885            | 1798            | 567              | 1885            | 1528            | 482              | 1602            | 1528            | 482              | 1602            |
| 16 | 1840            | 583              | 1930            | 1840            | 583              | 1930            | 1564            | 496              | 1641            | 1564            | 496              | 1641            |
| 17 | 1904            | 600              | 1996            | 1904            | 600              | 1996            | 1618            | 510              | 1696            | 1618            | 510              | 1696            |
| 18 | 1840            | 583              | 1930            | 1840            | 583              | 1930            | 1564            | 496              | 1641            | 1564            | 496              | 1641            |
| 19 | 1798            | 567              | 1885            | 1798            | 567              | 1885            | 1528            | 482              | 1602            | 1528            | 482              | 1602            |
| 20 | 1798            | 567              | 1885            | 1798            | 567              | 1885            | 1528            | 482              | 1602            | 1528            | 482              | 1602            |
| 21 | 1692            | 533              | 1774            | 1692            | 533              | 1774            | 1438            | 453              | 1508            | 1438            | 453              | 1508            |
| 22 | 1480            | 467              | 1552            | 1480            | 467              | 1552            | 1258            | 397              | 1319            | 1258            | 397              | 1319            |
| 23 | 1375            | 433              | 1442            | 1375            | 433              | 1442            | 1169            | 368              | 1226            | 1169            | 368              | 1226            |
| 24 | 1375            | 433              | 1442            | 1375            | 433              | 1442            | 1169            | 368              | 1226            | 1169            | 368              | 1226            |

Додаток, таблиця 3.2.

Робочі дні:

|        |                                                            |         |
|--------|------------------------------------------------------------|---------|
| Зимові | Річна витрата активної електричної енергії,<br>кВт*год:    |         |
|        | $W_p =$                                                    | 6022296 |
|        | Річна витрата реактивної електричної енергії,<br>квар*год: |         |
| Літні  | $V_p =$                                                    | 1898799 |
|        | Річна витрата активної електричної енергії,<br>кВт*год:    |         |
|        | $W_p =$                                                    | 4301796 |
|        | Річна витрата реактивної електричної енергії,<br>квар*год: |         |
|        | $V_p =$                                                    | 1356171 |

Вихідні дні:

|        |                                                                     |          |
|--------|---------------------------------------------------------------------|----------|
| Зимові | Річна витрата активної електричної енергії,<br>кВт*год:             |          |
|        | $W_p =$                                                             | 2663016  |
|        | Річна витрата реактивної електричної енергії,<br>квар*год:          |          |
| Літні  | $V_p =$                                                             | 839534   |
|        | Річна витрата активної електричної енергії,<br>кВт*год:             |          |
|        | $W_p =$                                                             | 1966535  |
|        | Річна витрата реактивної електричної енергії,<br>квар*год:          |          |
|        | $V_p =$                                                             | 619963   |
|        | Загальна річна витрата активної електричної енергії,<br>кВт*год:    |          |
|        | $W_p =$                                                             | 14953863 |
|        | Загальна річна витрата реактивної електричної енергії,<br>квар*год: |          |
|        | $V_p =$                                                             | 7659934  |
|        | Час використання максимального навантаження,<br>год:                |          |
|        | $T_m =$                                                             | 5757     |
|        | Час максимальних витрат, год:                                       |          |
|        | $\tau =$                                                            | 4289     |

Таблиця 4.1. Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру електричних навантажень

| № за плану | Найменування               | $P_{рсил},$<br>кВт | $P_{росв},$<br>кВт | $P_r,$<br>кВт | $m$  | $R, мм$ | $a$    | $x, м$ | $y, м$ | $P^*x, кВт$<br>$м$ | $P^*y, кВт$<br>$м$ |
|------------|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------|------|---------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|
| 1          | Хлібопекарський цех        | 453,06             | 14,80              | 467,86        | 0,25 | 24,41   | 11,39  | 95,0   | 80,0   | 44446,70           | 37428,80           |
| 2          | Деревопереробне відділення | 20,64              | 2,29               | 22,93         | 0,25 | 5,40    | 35,95  | 145,0  | 150,0  | 3324,85            | 3439,50            |
| 3          | Механічна майстерня        | 196,39             | 6,99               | 203,38        | 0,25 | 16,09   | 12,37  | 57,0   | 120,0  | 11592,66           | 24405,60           |
| 4          | Цех рогаликів та печива    | 454,04             | 14,80              | 468,84        | 0,25 | 24,43   | 11,36  | 125,0  | 133,0  | 58605,00           | 62355,72           |
| 5          | Адмінкорпус                | 113,21             | 21,41              | 134,62        | 0,25 | 13,09   | 57,25  | 125,0  | 65,0   | 16827,50           | 8750,30            |
| 6          | Кондиторський цех          | 224,98             | 7,80               | 232,78        | 0,25 | 17,22   | 12,06  | 135,0  | 135,0  | 31425,30           | 31425,30           |
| 7          | Компресорна                | 172,46             | 1,79               | 174,25        | 0,25 | 14,90   | 3,70   | 154,0  | 54,0   | 26834,50           | 9409,50            |
| 8          | Склад готової продукції    | 15,31              | 0,58               | 15,89         | 0,25 | 4,50    | 13,14  | 100,0  | 155,0  | 1589,00            | 2462,95            |
| 9          | Цех підготовки борошна     | 66,82              | 2,00               | 68,82         | 0,25 | 9,36    | 10,46  | 80,0   | 65,0   | 5505,60            | 4473,30            |
| 10         | Макаронне відділення       | 40,50              | 3,57               | 44,07         | 0,25 | 7,49    | 29,16  | 135,0  | 110,0  | 5949,45            | 4847,70            |
| 11         | Допоміжне відділення       | 107,54             | 6,93               | 114,47        | 0,25 | 12,07   | 21,79  | 125,0  | 90,0   | 14308,75           | 10302,30           |
| 12         | Сухарне відділення         | 180,73             | 9,85               | 190,58        | 0,25 | 15,58   | 18,61  | 115,0  | 120,0  | 21916,70           | 22869,60           |
| 13         | Котельня                   | 138,32             | 2,02               | 140,34        | 0,25 | 13,37   | 5,18   | 43,0   | 125,0  | 6034,62            | 17542,50           |
| 14         | Склад                      | 39,64              | 0,42               | 40,06         | 0,25 | 7,14    | 3,77   | 80,0   | 80,0   | 3204,80            | 3204,80            |
| 15         | Гараж                      | 25,62              | 1,57               | 27,19         | 0,25 | 5,88    | 20,79  | 50,0   | 110,0  | 1359,50            | 2990,90            |
| 16         | Вагова                     |                    | 1,14               | 1,14          | 0,25 | 1,20    | 360,00 | 65,0   | 65,0   | 74,10              | 74,10              |
|            | <b>Всього по заводу</b>    | 2249,26            | 97,96              | 2347,22       |      |         |        |        |        | 251565,43          | 242917,87          |

Визначення центру розміщення ЦРП:  $X_0 = 107,18$   
 $Y_0 = 103,49$

Таблиця 5.1. Розрахунок капітальних вкладень

| №      | Назва елемента          | Од.вим   | Кількість | Вартість | Всього |
|--------|-------------------------|----------|-----------|----------|--------|
| I      | Шафи КРУ з вимикачами   | шт.      | 2         | 450      | 900    |
|        | Вимикачі навантаження   | шт.      | 8         | 370      | 2960   |
|        | Кабель                  | км       | 0,23      | 460      | 105,8  |
|        | Траншея                 | км       | 0,23      | 267      | 64,1   |
| Всього |                         |          |           |          | 4029,2 |
| II     | ЛЕП 35 кВ               | км       | 0,23      | 1163     | 267,5  |
|        | ВРП 35 кВ               | Комплект | 1         | 2500     | 2500   |
|        | Трансформатори 35/10 кВ | шт.      | 2         | 960      | 1920   |
| Всього |                         |          |           |          | 4687,5 |

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат

| №      | Назва елемента           | $K_j$ ,<br>тис.<br>грн. | $P_{aj}$ ,<br>% | $C_{aj}$ ,<br>тис.<br>грн. | $P_{эj}$ ,<br>% | $C_{эj}$ ,<br>тис.<br>грн. | $C_j$ ,<br>тис.<br>грн. |
|--------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| I      | Кабельна лінія з траншеї | 170                     | 5               | 130                        | 5               | 130                        | 260                     |
|        | Шафи КРУ з вимикачами    | 3860                    | 15              | 30                         | 5               | 10                         | 40                      |
| Всього |                          |                         |                 |                            |                 |                            | 300                     |
| II     | Лінія 35 кВ              | 267,5                   | 5               | 99                         | 5               | 99                         | 182                     |
|        | ВРП - 35 кВ              | 2500                    | 15              | 36                         | 5               | 12                         | 48                      |
|        | Трансформатори           | 1920                    | 15              | 234                        | 5               | 128                        | 362                     |
| Всього |                          |                         |                 |                            |                 |                            | 582                     |

Таблиця 6.1. Розміщення низьковольтних компенсуючих пристроїв

| <i>ТП</i> | <i>n</i> | <i>P<sub>p</sub></i> | <i>Q<sub>p</sub></i> | <i>Q<sub>np</sub></i> | <i>Q<sub>кп(ст)</sub></i> | <i>K<sub>з</sub></i> | <i>S<sub>p</sub></i> |
|-----------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| ТП№1      | 2        | 564                  | 357                  | 1281,3                | 300                       | 0,53                 | 710                  |
| ТП№ 2     | 1        | 415                  | 336                  | 563,7                 | 112                       | 0,85                 | 572                  |
| ТП№3      | 1        | 510                  | 333                  | 479,4                 | 300                       | 0,97                 | 650                  |
| ТП№ 4     | 1        | 435                  | 276                  | 548,4                 | 100                       | 0,82                 | 547                  |
| ТП№ 5     | 1        | 356                  | 364                  | 602,7                 | 150                       | 0,8                  | 544                  |

Таблиця 6.3. Розрахунок затрат на компенсацію.

| <i>Показник</i>                             | <i>Варіант</i> |          |          |
|---------------------------------------------|----------------|----------|----------|
|                                             | <i>1</i>       | <i>2</i> | <i>3</i> |
| Потужність компенсуючих пристроїв на 0,4 кВ | 962,5          | 660      | 210      |
| Потужність компенсуючих пристроїв на 10 кВ  | 600            | 900      | 1350     |
| Генерація реактивної потужності СД          | 0              | 0        | 0        |
| Споживання від енергосистеми                | 321,3          | 321,3    | 321,3    |
| Всього баланс                               | 1560           | 1560     | 1560     |
| Затрати на компенсацію                      | 7858           | 8197     | 9423     |
| Сумарні затрати                             | 3921           | 4152     | 4368     |

Таблиця 6.4. Розрахунок електричних навантажень вище 1 кВ

| Назва групи споживачів | К-ть ЕС | Р <sub>одн.</sub> , кВт |                         | Р <sub>сум</sub> , кВт | m    | K <sub>н</sub> | cosφ | tgφ  | Середнє               |                        | α <sub>сф</sub> | K <sub>м</sub> | Розрахункові навантаження |                       |                      |
|------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------|----------------|------|------|-----------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
|                        |         | Р <sub>мін</sub> , кВт  | Р <sub>макс</sub> , кВт |                        |      |                |      |      | Р <sub>м.</sub> , кВт | Q <sub>сф</sub> , кВар |                 |                | P <sub>p</sub> , кВт      | Q <sub>p</sub> , кВар | S <sub>p</sub> , кВА |
| ППМ-1                  |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| Хлібопекарський цех    |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| сильові:               | 89      | 1,1                     | 60                      | 742,55                 | 54,6 | 0,5            | 0,85 | 0,62 | 371,27                | 230,09                 | 25              | 1,22           | 453,05                    | 230,09                | 508,13               |
| освітлювальні:         |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 16,52                 |                        |                 |                | 14,8                      | 25,63                 |                      |
| Всього:                |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 387,79                | 230,09                 |                 |                | 467,85                    | 255,72                | 533,18               |
| Цех підготовки борошна |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| сильові:               | 34      | 1,1                     | 11                      | 168,7                  | 10   | 0,3            | 0,6  | 1,33 | 50,61                 | 67,48                  | 31              | 1,32           | 66,82                     | 67,48                 | 94,97                |
| освітлювальні:         |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 2,1                   |                        |                 |                | 2                         | 3,46                  |                      |
| Всього:                |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 52,71                 | 67,48                  |                 |                | 68,82                     | 70,94                 | 98,84                |
| Склад                  |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| сильові:               | 8       | 2                       | 10                      | 63,75                  | 5    | 0,4            | 0,7  | 1,02 | 25,5                  | 26,02                  | 8               | 1,55           | 39,64                     | 28,62                 | 48,89                |
| освітлювальні:         |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 0,63                  |                        |                 |                | 0,42                      | 0,73                  |                      |
| Всього:                |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 26,13                 | 26,02                  |                 |                | 40,06                     | 29,35                 | 49,66                |
| Територія заводу       |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| освітлювальні:         |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 6,44                  |                        |                 |                | 3,86                      | 1,87                  |                      |
| Всього:                |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 6,44                  | 0                      |                 |                | 3,86                      | 1,87                  | 4,29                 |
| Вагова                 |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| освітлювальні:         |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 1,69                  |                        |                 |                | 1,14                      | 1,97                  |                      |
| Всього:                |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 1,69                  | 0                      |                 |                | 1,14                      | 1,97                  | 2,28                 |
| Всього по ППМ-1:       |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       |                        |                 |                |                           |                       |                      |
| сильові:               | 131     | 1,1                     | 60                      | 975                    | 54,6 | 0,46           | 0,81 | 0,72 | 447,38                | 323,59                 | 32              | 1,21           | 542,18                    | 323,59                | 631,4                |
| освітлювальні:         |         |                         |                         |                        |      |                |      |      | 27,38                 |                        |                 |                | 22,22                     | 33,66                 |                      |
| БК 0,4 кВ              |         |                         |                         |                        |      |                |      |      |                       | -300                   |                 |                |                           | -300                  |                      |

Продовження таблиці 6.4

| Назва групи споживачів                         | К-ть<br>ЕС | Р <sub>одп'</sub> , кВт |                          | Р <sub>сум</sub><br>кВт | n    | K <sub>н</sub> | cosφ | tgφ  | Середнє                |                         | n <sub>эф</sub> | K <sub>н</sub> | Розрахункове навантаження |                       |                      |
|------------------------------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------|----------------|------|------|------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
|                                                |            | Р <sub>мін</sub><br>кВт | Р <sub>макс</sub><br>кВт |                         |      |                |      |      | Р <sub>ср</sub><br>кВт | Q <sub>ср</sub><br>кВар |                 |                | P <sub>p</sub> , кВт      | Q <sub>p</sub> , кВар | S <sub>p</sub> , кВА |
| Всього на шинях 0,4 кВ ТПН-1:                  |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 474,76                 | 23,59                   |                 |                | 564,4                     | 37,25                 | 567,3                |
| Втрати в трансформаторах:                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                | 6,44                      | 36,92                 |                      |
| Кількість трансформаторів: 2                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| Номінальна потужність, кВА: 630                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| Коефіцієнт навантаження: K <sub>н</sub> = 0,43 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| Всього на шинях 10 кВ ТПН-1:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                | 570,84                    | 114,17                | 582,15               |
| ТПН-2                                          |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| Алгоритм розрахунку                            |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| сілове:                                        | 63         | 0,1                     | 3                        | 151,2                   | 30   | 0,7            | 0,8  | 0,75 | 105,84                 | 79,38                   | 63              | 1,07           | 113,21                    | 79,38                 | 138,27               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 21,24                  |                         |                 |                | 21,41                     | 37,08                 |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 127,08                 | 79,38                   |                 |                | 134,62                    | 116,46                | 178                  |
| Компресорні                                    |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| сілове:                                        | 23         | 0,8                     | 37                       | 228,5                   | 46,2 | 0,6            | 0,75 | 0,88 | 137,1                  | 120,91                  | 12              | 1,26           | 172,46                    | 120,91                | 210,62               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 2                      |                         |                 |                | 1,79                      | 3,1                   |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 139,1                  | 120,91                  |                 |                | 174,25                    | 124,01                | 213,87               |
| Допоміжні відділення                           |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| сілове:                                        | 37         | 1                       | 7                        | 158                     | 7    | 0,6            | 0,75 | 0,88 | 94,8                   | 83,61                   | 37              | 1,13           | 107,54                    | 83,61                 | 136,22               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 7,73                   |                         |                 |                | 6,93                      | 12                    |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 102,53                 | 83,61                   |                 |                | 114,47                    | 95,61                 | 149,15               |
| Всього по ТПН-2:                               |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        |                         |                 |                |                           |                       |                      |
| сілове:                                        | 123        | 0,1                     | 37                       | 537,7                   | 370  | 0,63           | 0,77 | 0,84 | 337,74                 | 283,9                   | 29              | 1,14           | 385,49                    | 283,9                 | 478,75               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 30,97                  |                         |                 |                | 30,13                     | 32,18                 |                      |
| БК 0,4 кВ                                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                        | -112,5                  |                 |                |                           | -112,5                |                      |
| Всього на шинях 0,4 кВ ТПН-2:                  |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 368,71                 | 171,4                   |                 |                | 415,62                    | 223,58                | 471,94               |

Продовження таблиці 6.4

| Назва групи споживачів                         | К-ть<br>БС | Р <sub>одн</sub> , кВт  |                          | Р <sub>сум</sub><br>кВт | m    | K <sub>н</sub> | cosφ | tgφ  | Середнє                   |                            | n <sub>эф</sub> | K <sub>н</sub> | Результуюче навантаження |                       |                      |
|------------------------------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------|----------------|------|------|---------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
|                                                |            | Р <sub>мін</sub><br>кВт | Р <sub>макс</sub><br>кВт |                         |      |                |      |      | Р <sub>сум</sub> ,<br>кВт | Q <sub>сум</sub> ,<br>кВар |                 |                | P <sub>р</sub> , кВт     | Q <sub>р</sub> , кВар | S <sub>р</sub> , кВА |
| Втрати в трансформаторах:                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                | 5,94                     | 43,14                 |                      |
| Кількість трансформаторів: 1                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Номінальна потужність, кВА: 630                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Коефіцієнт навантаження: K <sub>н</sub> = 0,75 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Всього на шинках 10 кВ ТП№2:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                | 421,56                   | 266,72                | 498,86               |
| ТП№3                                           |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Цяк розгалужів та потужна                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| сілова:                                        | 96         | 1,1                     | 75                       | 625,45                  | 68,2 | 0,6            | 0,8  | 0,75 | 375,27                    | 281,45                     | 17              | 1,21           | 454,04                   | 281,45                | 534,2                |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 16,52                     |                            |                 |                | 14,8                     | 25,63                 |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 391,79                    | 281,45                     |                 |                | 468,84                   | 307,08                | 560,45               |
| Мікрозонне відділення                          |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| сілова:                                        | 18         | 2,2                     | 6                        | 63,95                   | 2,7  | 0,5            | 0,85 | 0,62 | 31,98                     | 19,82                      | 18              | 1,27           | 40,5                     | 19,82                 | 45,09                |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 3,98                      |                            |                 |                | 3,57                     | 6,18                  |                      |
| Всього:                                        |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 35,96                     | 19,82                      |                 |                | 44,07                    | 26                    | 51,17                |
| Всього по ТП№3:                                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| сілова:                                        | 114        | 1,1                     | 75                       | 689,4                   | 68,2 | 0,59           | 0,8  | 0,74 | 407,25                    | 301,27                     | 18              | 1,21           | 492,23                   | 301,27                | 577,11               |
| освітлювальні:                                 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 20,5                      |                            |                 |                | 18,37                    | 31,81                 |                      |
| БК 0,4 кВ                                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           | -300                       |                 |                |                          | -300                  |                      |
| Всього на шинках 0,4 кВ ТП№3:                  |            |                         |                          |                         |      |                |      |      | 427,75                    | 1,27                       |                 |                | 510,6                    | 33,08                 | 511,67               |
| Втрати в трансформаторах:                      |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                | 6,69                     | 47,17                 |                      |
| Кількість трансформаторів: 1                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Номінальна потужність, кВА: 630                |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Коефіцієнт навантаження: K <sub>н</sub> = 0,81 |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                |                          |                       |                      |
| Всього на шинках 10 кВ ТП№3:                   |            |                         |                          |                         |      |                |      |      |                           |                            |                 |                | 517,29                   | 80,25                 | 523,48               |







Таблиця 7.1. Вибір трансформаторних підстанцій

| № ТП | Марка         | К-сть | $S_{роз},$<br>кВА | $K_3$ | $S_{ном} >$<br>$S_p/K2$ | $S_{ном} >$<br>$S_p/K1$ | Тип КТП   |
|------|---------------|-------|-------------------|-------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| 1    | ТМ-630-10/0,4 | 2     | 705               | 0,53  | 504                     | 653                     | Вбудована |
| 2    | ТМ-630-10/0,4 | 1     | 563               | 0,85  | 402                     | 521                     | Вбудована |
| 3    | ТМ-630-10/0,4 | 1     | 642               | 0,97  | 459                     | 594                     | Вбудована |
| 4    | ТМ-630-10/0,4 | 1     | 542               | 0,82  | 387                     | 502                     | Вбудована |
| 5    | ТМ-630-10/0,4 | 1     | 532               | 0,8   | 380                     | 493                     | Вбудована |

Таблиця 8.1. Результати розрахунку струмів КЗ

| № точки КЗ             | $R_{кл}$ | $X_{кл}$ | $Z_{кл}$ | $I = I_{бн}/Z_{кл}$ | $i_y = 2 \cdot k_y \cdot I_{кп}$ | $I_{кп}^2 = 0,87 \cdot I_{кп}$ |
|------------------------|----------|----------|----------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| ТП1(К2)                | 0,014    | 1,440    | 1,440    | 3,820               | 6,42                             | 3,33                           |
| ТП1(К2 <sub>нн</sub> ) | 3,452    | 14,624   | 15,026   | 9,620               | 20,20                            | 8,37                           |
| ТП2(К3)                | 0,016    | 1,466    | 1,466    | 3,760               | 6,31                             | 3,27                           |
| ТП2(К3 <sub>нн</sub> ) | 3,453    | 14,650   | 15,051   | 9,600               | 20,16                            | 8,35                           |
| ТП3(К4)                | 0,015    | 1,457    | 1,457    | 3,780               | 6,35                             | 3,29                           |
| ТП3(К4 <sub>нн</sub> ) | 3,453    | 14,641   | 15,043   | 9,610               | 20,17                            | 8,36                           |
| ТП4(К5)                | 0,014    | 1,440    | 1,440    | 3,820               | 6,42                             | 3,33                           |
| ТП4(К5 <sub>нн</sub> ) | 3,452    | 14,624   | 15,026   | 9,620               | 20,20                            | 8,37                           |

Таблиця 8.2 Вибір ввідних вимикачів

| Параметр мережі                                              | Умови вибору                                          | Розрахунок                                              |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 10 кВ                                                        | $U_{уст} \leq U_{ном}$                                | 10 кВ                                                   |
| 3,84 кА                                                      | $I_{н\tau} \leq I_{ном.відкл}$                        | 12,5 кА                                                 |
| 163,8 А                                                      | $I_{роб.форс} \leq I_{ном}$                           | 630 А                                                   |
| $\sqrt{2} \cdot 3,84 \cdot e^{-0,06/0,03} = 0,73 \text{ кА}$ | $\sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{откл}$ | $\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot (1 + 0,4) = 24,7 \text{ кА}$ |
| 6,6 кА                                                       | $i_{a\tau} \leq i_{дин}$                              | 52 кА                                                   |
| 3,84 кА                                                      | $I'' \leq I_{дин.ст}$                                 | 12,5 кА                                                 |
| 136,9 кА <sup>2</sup> ·с                                     | $B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$                            | $20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$       |

Таблиця 8.3 Вибір вимикачів 10 кВ

| Параметр мережі                                              | Умови вибору                                          | Розрахунок                                              |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 10 кВ                                                        | $U_{уст} \leq U_{ном}$                                | 10 кВ                                                   |
| 3,84 кА                                                      | $I_{н\tau} \leq I_{ном.відкл}$                        | 12,5 кА                                                 |
| 31,6 А                                                       | $I_{роб.форс} \leq I_{ном}$                           | 630 А                                                   |
| $\sqrt{2} \cdot 3,84 \cdot e^{-0,06/0,03} = 0,73 \text{ кА}$ | $\sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{откл}$ | $\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot (1 + 0,4) = 24,7 \text{ кА}$ |
| 6,6 кА                                                       | $i_{a\tau} \leq i_{дин}$                              | 52 кА                                                   |
| 3,84 кА                                                      | $I'' \leq I_{дин.ст}$                                 | 12,5 кА                                                 |
| 136,9 кА <sup>2</sup> ·с                                     | $B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$                            | $20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$       |

Таблиця 8.4. Вибір вимикачів навантаження

| Параметр мережі                                              | Умови вибору                                          | Розрахунок                                              |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 10 кВ                                                        | $U_{уст} \leq U_{ном}$                                | 10 кВ                                                   |
| 3,84 кА                                                      | $I_{н\tau} \leq I_{ном.відкл}$                        | 12,5 кА                                                 |
| 31,6 А                                                       | $I_{роб.форс} \leq I_{ном}$                           | 630 А                                                   |
| $\sqrt{2} \cdot 3,84 \cdot e^{-0,06/0,03} = 0,73 \text{ кА}$ | $\sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{откл}$ | $\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot (1 + 0,4) = 24,7 \text{ кА}$ |
| 6,6 кА                                                       | $i_{a\tau} \leq i_{дин}$                              | 52 кА                                                   |
| 3,84 кА                                                      | $I'' \leq I_{дин.ст}$                                 | 12,5 кА                                                 |
| 136,9 кА <sup>2</sup> ·с                                     | $B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$                            | $20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$       |

Таблиця 8.5. Навантаження власних потреб

| Вид споживача                         | потужність |        | $\cos \varphi$ | $\tan \varphi$ | $P_{уст}, \text{кВт}$ |
|---------------------------------------|------------|--------|----------------|----------------|-----------------------|
|                                       | кВт        | Всього |                |                |                       |
| Освітлення, вентиляція приміщення КРП | 3          | 3      | 1              | 0              | 3                     |
| Підігрів комірок КРП                  | 1×11       | 11     | 1              | 0              | 11                    |
| Споживання оперативними колами        | 2          | 2      | 1              | 0              | 2                     |
| Всього                                |            |        |                |                | 16                    |

Таблиця 9.1. Перелік організаційно-технічних заходів та коефіцієнти можливої економії електричної енергії

| №  | Назва заходів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Економія, %                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Заходи з економії електричної енергії в електромережах:<br>Компенсація реактивної потужності в мережах;<br>Впровадження компенсуючих пристроїв;<br>Автоматичне керування реактивної потужності                                                                                                                                                                                                                                       | 0,05...0,06<br>0,1                                                         |
| 2. | Заходи з економії електроенергії в освітлюванні:<br>Заміна ламп розжарювання на:<br>Люмінесцентні,<br>Ртутні,<br>Металогалогенні,<br>Натрієві,<br>Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні<br>Автоматичне управління зовнішнім та внутрішнім освітленням                                                                                                                                                                           | 0,4...0,66<br>0,23...0,57<br>0,55...0,75<br>0,57...0,76<br>до 0,43<br>0,15 |
| 3. | Скорочення втрат у мережах та обладнанні:<br>Впровадження низьковольтних перетинок між підстанціями, які обмежують $I_{xx}$ трансформаторів                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,15                                                                       |
| 4. | Автоматизація і телемеханізація технологічних процесів, що використовують електроенергію                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,02...0,03                                                                |
| 5. | Удосконалення обліку втрат електроенергії:<br>Оснащення виробництва контрольно-вимірювальними приладами<br>Установка приладів обліку споживання електроенергії<br>Впровадження системи контролю та обліку споживання електроенергії<br>Поліпшення організації обліку та контролю за споживанням електроенергії                                                                                                                       | 0,072<br>0,15<br>до 0,05<br>0,01...0,205                                   |
| 6. | Вентиляційні установки:<br>Відключення вентустановок на час обідньої перерви та перезміни<br>Застосування багатошвидкісних електродвигунів замість регулювання приборами в кожній лінії<br>Регулювання витяжної вентиляції приборами на робочих місцях.<br>Регулювання подачі за допомогою циліндричних направляючих апаратів замість дросельного<br>Блокування вентиляторів теплових завіс з пристроями відкриття та закриття воріт | до 0,2<br>0,2...0,3<br>до 0,1<br>до 0,25<br>до 0,7                         |
| 7. | Організаційні заходи.<br>Своєчасне та якісне змащування механічних частин машин та механізмів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | до 0,1                                                                     |

*Примітка:* Наведені значення коефіцієнтів економії є орієнтовними. У тому чи іншому конкретному випадку ефективність заходу повинна бути визначена, зважаючи на місцеві умови виробництва.

Таблиця 9.3 Залежність втрат  $\Delta P_m = f(S_n)$

| $S_n$ | $\Sigma \Delta P$ при $n = 1$ | $\Sigma \Delta P$ при $n = 2$ |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|
| 70    | 3,340                         | 5,630                         |
| 200   | 4,347                         | 5,843                         |
| 300   | 5,780                         | 6,147                         |
| 500   | 10,380                        | 7,120                         |
| 600   | 13,521                        | 7,788                         |
| 700   | 17,250                        | 8,578                         |
| 800   | 21,550                        | 9,490                         |
| 900   | 26,523                        | 10,523                        |