

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Центр заочної та дистанційної освіти  
Кафедра “Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент”

“Допущено до захисту ”  
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ  
к.т.н., професор  
\_\_\_\_\_Петро ПЛЄШКОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за першим (бакалаврським) рівнем вищої**  
**освіти**  
**на тему**  
**“Проектування системи електропостачання**  
**зернового елеватора продуктивністю 70 тис. тон”**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу, групи ЕЕ-22-мбз  
ОПП «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

\_\_\_\_\_ Гулий Р.М.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_2025р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Андрій КОТИШ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_2025р.

Рецензент \_\_\_\_\_

м. Кропивницький

# Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Плешков П.Г.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

Гулого Ростислава Миколайовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Проектування системи електропостачання зернового елеватора продуктивністю 70 тис. тон

Design of a power supply system for a grain elevator with a capacity of 70 thousand tons

2. Керівник роботи (проекту)

Котвиш Андрій Іванович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Вступ; 1.Електричні навантаження; 2.Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки; 3.Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання; 4.Компенсація реактивної потужності; 5.Трансформаторні підстанції; 6.Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання; 7.Спеціальний розділ; Висновки; Перелік посилань.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

| Розділ                    | Консультант                      | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------|----------------------------------|----------------|------------------|
|                           |                                  | Завдання видав | Завдання прийняв |
| <i>Спеціальний розділ</i> | <i>к.т.н., доц. Н. Гарасьова</i> |                |                  |
|                           |                                  |                |                  |
|                           |                                  |                |                  |
|                           |                                  |                |                  |
|                           |                                  |                |                  |

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи  | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1     | <i>Вступ</i>   | <i>08.05.25</i>               |          |
| 2     | <i>Електричні навантаження</i>   | <i>12.05.25.</i>              |          |
| 3     | <i>Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки</i>                         | <i>16.05.25.</i>              |          |
| 4     | <i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>                    | <i>19.05.25.</i>              |          |
| 5     | <i>Компенсація реактивної потужності</i>   | <i>21.05.25.</i>              |          |
| 6     | <i>Трансформаторні підстанції</i>  | <i>24.05.25</i>               |          |
| 7     | <i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i> | <i>28.05.25.</i>              |          |
| 8     | <i>Спеціальний розділ</i>  | <i>01.06.25.</i>              |          |

Дата видачі завдання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис керівника \_\_\_\_\_

Завдання прийнято до виконання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 79 с.; 22 рис.; 16 табл.; 12 джерел.

Гулий Р.М. Проектування системи електропостачання зернового елеватора продуктивністю 70 тис. тон. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький, 2025 р.

Мета даної кваліфікаційної роботи - проектування системи електропостачання зернового елеватора продуктивністю 70 тисяч тон. При проектуванні було здійснено вибір основного силового електрообладнання, вирішення питань різноманітних схемних рішень системи, компенсації реактивної потужності, певних техніко-економічних питань тощо.

У спеціальному розділі кваліфікаційної роботи було запропоновано захист від замикань на землю в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллю на основі використання адаптивного управління резистором в нейтралі, що забезпечує оптимальну дію процесу.

Ключові слова: зерновий елеватор, електричне навантаження, потужність, електрична енергія, електротехнічна система електроспоживання, замикання на землю, нейтраль.

## SUMMARY

Hulyi R.M. Design of a power supply system for a grain elevator with a capacity of 70 thousand tons. 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics" EPP, "Electric power, electrical engineering and electromechanics". Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi, 2025.

The purpose of this qualification work is to design a power supply system for a grain elevator with a capacity of 70 thousand tons. During the design, the main power electrical equipment was selected, various circuit solutions of the system were resolved,

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

reactive power compensation was resolved, certain technical and economic issues were resolved, etc.

In a special section of the qualification work, protection against ground faults in networks with an isolated and compensated neutral was proposed based on the use of adaptive control of a resistor in the neutral, which ensures optimal operation of the process.

Keywords: grain elevator, electrical load, power, electric energy, electrical power consumption system, ground fault, neutral.

|      |      |          |        |      |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
|      |      |          |        |      |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

# ЗМІСТ

Стор.

|   |  |
|---|--|
| Вступ.....  |  |
| 1. Електричні навантаження.....   |  |
| 2. Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної роподільної установки (головної знижувальної підстанції)..... |  |
| 3. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.....                              |  |
| 4. Компенсація реактивної потужності.....   |  |
| 5. Трансформаторні підстанції.....  |  |
| 6. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання.....           |  |
| 7. Спеціальний розділ роботи.....   |  |
| Висновки.....   |  |
| Перелік посилань.....   |  |

|                 |                |                 |                |            |  |  |  |                                    |              |                |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------------|--|--|--|------------------------------------|--------------|----------------|
|                 |                |                 |                |            | <b>Випускна кваліфікаційна робота</b>  |  |  |                                    |              |                |
| <i>Зм.</i>      | <i>Арк.</i>    | <i>Недокум.</i> | <i>Підпис.</i> | <i>Дат</i> |  |  |  | <i>Літ.</i>                        | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розроб.</i>  | <i>Гулий</i>   |                 |                |            | <i>Проектування системи електропостачання зернового елеватора продуктивністю 70 тис. тон</i> |  |  | <b>ЦНТУ</b><br><i>гр. ЕЕ-22мбз</i> |              |                |
| <i>Перевір.</i> | <i>Котиш</i>   |                 |                |            |  |  |  |                                    |              |                |
| <i>Н.контр.</i> |                |                 |                |            |  |  |  |                                    |              |                |
| <i>Затвер.</i>  | <i>Плешков</i> |                 |                |            |  |  |  |                                    |              |                |

## ВСТУП

Елеватор ємністю 70 тисяч тонн – це сучасний зернозберігаючий комплекс, призначений для приймання, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зернових і олійних культур.

Функціональність підприємства полягає у прийманні зерна з автотранспорту та залізниці, очищення та доведення до потрібних кондицій, довготривале зберігання із забезпеченням якісних характеристик, відвантаження на продаж або переробку.

Робоча споруда є інженерною конструкцією, в якій зосереджена більшість виробничого обладнання, зокрема: норії, конвеєри та їхні візки, сушильні й очисні агрегати, поворотні механізми, засувки, клапани, аспіраційні системи та інші технічні пристрої.

Для приймання зерна з автомобільного транспорту передбачено приймальну споруду з чотирма проїздами. Сушіння здійснюється за допомогою зерносушильного агрегату з продуктивністю 70 тонн на годину. Нещодавно були встановлені дві зерноочисні машини нової конструкції, кожна з яких має продуктивність 200 тонн на годину. Завантаження зерна на залізничний транспорт відбувається по двох лініях, що дозволяє одночасно наповнювати два вагони через люки в даху.

Керування електродвигунами та сигналізація про роботу обладнання здійснюється з центрального пульта, розташованого на першому поверсі з'єднувальної галереї між робочою спорудою та силосним корпусом. У всіх корпусах передбачено систему дистанційного контролю температури зерна.

Зернопереробне підприємство відноситься до другої категорії пожежної та вибухонебезпеки. Особлива увага приділяється безпеці праці, яка підтримується на найвищому рівні. Щотижня керівництво обов'язково проводить навчання з безпечної експлуатації та ремонту електрообладнання та інших робочих механізмів.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

Живлення підприємства забезпечується від підстанції енергосистеми з необмеженою потужністю. На підстанції встановлено два трансформатори напругою 35/10 кВ, які працюють незалежно один від одного. Відстань від підстанції до підприємства становить 2700 метрів. З огляду на особливості технологічного процесу, підприємство функціонує в одну, дві або три зміни, залежно від пори року та виробничих потреб.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

# 1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

## 1.1. Визначення силових електричних навантажень в мережах до 1000 В

Порядок розрахунку електричних навантажень в мережі до 1000 В:

- 1) для розрахункового вузла підсумовують кількість силових електроприймачів та їхні номінальні потужності;
- 2) обчислюють середні активні та реактивні навантаження робочих електроприймачів;
- 3) визначають груповий коефіцієнт використання та середньозважений коефіцієнт потужності;
- 4) розраховують ефективну кількість електроприймачів у вузлі;
- 5) за графіками або таблицями знаходять коефіцієнт максимуму та максимальне електричне навантаження силових електроприймачів;
- 6) якщо у вузлі є приймачі з постійним графіком роботи, визначають їхню сумарну номінальну потужність і середнє навантаження;
- 7) розрахункове силове навантаження вузла визначають як суму розрахункових навантажень електроприймачів із змінним графіком та середніх навантажень електроприймачів із постійним графіком.

$$P_p = P_{cm} \cdot K_m, \quad (1.1)$$

$P_{cm}$  - активне середнє навантаження групи електроприймачів (ЕП) або вузла навантаження;

$K_m$  - коефіцієнт максимуму.

$K_m$  знаходиться за відповідними таблицями, джерело [1; 2].

Груповий коефіцієнт використання  $K_H$  визначаємо за виразом

$$K_H = \Sigma P_{cm} / \Sigma P_H, \quad (1.2)$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Так зване ефективне число ЕП в групі  $n_e$  визначається залежно від значення  $K_H$  та відношення

$$m = P_{H \max} / P_{H \min} , \quad (1.3)$$

При  $m \geq 3$ , а  $K_H > 0,2$  значення  $n_e$  визначається за формулою

$$n_e = 2 \cdot \Sigma P_H / P_{H \max} , \quad (1.4)$$

Якщо число  $n_e$  по (1.4) виявиться більше дійсного числа ЕП групи  $n$ , тоді приймається  $n_e = n$ .

Реактивне розрахункове навантаження групи ЕП або вузла навантаження:

$$Q_p = Q_{cm} , \quad (1.5)$$

при  $n_e > 10$ ;

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm} , \quad (1.6)$$

при  $n_e \leq 10$ ,

де

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.7)$$

Максимум розрахункового навантаження

$$S_p = \sqrt{P_p^2 \cdot Q_p^2} \quad (1.8)$$

Таким чином за викладеною методикою виконується розрахунок навантажень табличним способом в електричній мережі до 1000 В. Див. Додаток табл. Д 1.1.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

## 1.2. Визначення освітлювальних навантажень.

На промислових об'єктах близько 10% спожитої електроенергії витрачається на освітлення. Раціональне проектування та виконання освітлювальних систем сприяє ефективному використанню енергії, покращенню якості виробленої продукції, підвищенню продуктивності праці, зниженню кількості аварій і травматизму, а також зменшенню втомлюваності працівників.

Проектування освітлювальних установок передбачає розробку світлотехнічного та електротехнічного розділів проекту.

Електротехнічна частина охоплює вибір схем живлення освітлювальних систем, оптимальної напруги, типу та перерізу проводів, а також способу прокладання електромережі.

Розрахунок освітлювальних навантажень здійснюється на основі питомої потужності освітлення, визначеної на одиницю корисної площі виробничого приміщення.

Встановлена потужність (активна) освітлювальних ЕП, кВт:

$$P_y = p_o \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (1.9)$$

$p_o$  - питома активна потужність освітлювального навантаження, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  - площа виробничого приміщення (цеху), м<sup>2</sup>.

Розрахункова активна потужність освітлювальних ЕП, кВт:

$$P_p = K_c \cdot P_y, \quad (1.10)$$

$K_c$  - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження.

Для освітлювальних установок із застосуванням газорозрядних ламп реактивне розрахункове навантаження визначаємо за виразом

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.11)$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

На елеваторі для освітлення виробничих приміщень та підрозділів підприємства використовуємо газорозрядні лампи типу ДРЛ. Для освітлення побутових та адміністративних приміщень – світлодіодні світильники.

Таким чином за викладеною методикою виконується розрахунок освітлювальних навантажень табличним способом. Див. Додаток табл. Д 1.2.

### 1.3. Визначення електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

При визначенні навантаження в мережах напругою понад 1000 В розрахунковими вузлами є шини 10 кВ трансформаторних підстанцій (ТП). Тому перед початком розрахунку необхідно встановити кількість ТП, потужність трансформаторів та їх розміщення на території підприємства.

Для визначення кількості ТП, їхніх трансформаторів та оптимального розташування використовують картограму навантаження. На її основі розробляють схеми живлення цехів, де встановлення окремих ТП є нерентабельним. У таких випадках їхнє електропостачання здійснюється напругою 0,4 кВ від ТП сусідніх цехів, за умови, що відхилення напруги на клеммах електроприймачів не перевищує норм, визначених Держстандартом України.

Тут при розрахунку враховується високовольтне навантаження, компенсуючі пристрої, а також втрати у трансформаторах.

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_x + \Delta P_k \cdot K_3^2); \quad (1.12)$$

$$\Delta Q = n \cdot (I_x \cdot S_{\text{ном}} / 100 + U_k \cdot S_{\text{ном}} \cdot K_3^2), \quad (1.13)$$

$n$  - число трансформаторів;

$\Delta P_x$ ,  $\Delta P_k$  - втрати відповідно х.х. і КЗ, кВт;

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$I_x$  - струм х.х.,

$U_k$  - напруга КЗ, %;

$S_{ном}$  - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$k_3$  - коефіцієнт завантаження трансформатора.

Навантаження в цілому по підприємству визначається аналогічно навантаженню окремих ТП. Якщо до складу вузла навантаження входять батареї конденсаторів і (або) синхронні двигуни для поліпшення коефіцієнта потужності, то їхнє реактивне навантаження під час розрахунку беремо зі знаком " – ".

Таким чином за викладеною методикою виконується розрахунок силових високовольтних електричних навантажень табличним способом. Див. Додаток табл. Д 1.3.

#### 1.4 Графіки електричних навантажень

При здійсненні низки обчислень кваліфікаційної роботи потрібні дані, які визначаються за графіками електричних навантажень. З цією метою у проєкті виконуємо побудову добових графіків по активній та реактивній потужностях для різних сезонів навантаження з огляду на технологічні особливості підприємства (в нашому випадку це осінній і весняний періоди). Також будуємо річний графік активного навантаження за тривалістю. Побудову графіків виконуємо на основі типових графіків електричних навантажень, які було досліджено та отримано під час проходження переддипломної практики.

Як побудову графіків, так і визначення основних величин, які їх характеризують виконуємо у роботі за допомогою прикладних комп'ютерних програм, розроблених на кафедрі «ЕТС та ЕМ».

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Табл. 1.1.  
Добовий графік навантажень P, Q, %

| №  | Робочі дні |      | Вихідні дні |      |
|----|------------|------|-------------|------|
|    | P, %       | Q, % | P, %        | Q, % |
| 1  | 56         | 57   | 50          | 70   |
| 2  | 56         | 57   | 50          | 70   |
| 3  | 56         | 57   | 50          | 70   |
| 4  | 56         | 57   | 50          | 70   |
| 5  | 56         | 57   | 50          | 70   |
| 6  | 56         | 57   | 50          | 70   |
| 7  | 33         | 30   | 50          | 70   |
| 8  | 22         | 21   | 40          | 70   |
| 9  | 89         | 96   | 40          | 63   |
| 10 | 100        | 91   | 40          | 63   |
| 11 | 44         | 96   | 40          | 63   |
| 12 | 67         | 46   | 40          | 63   |
| 13 | 89         | 64   | 40          | 63   |
| 14 | 100        | 86   | 40          | 63   |
| 15 | 78         | 100  | 40          | 63   |
| 16 | 67         | 79   | 40          | 63   |
| 17 | 61         | 64   | 40          | 63   |
| 18 | 61         | 68   | 40          | 63   |
| 19 | 44         | 61   | 50          | 70   |
| 20 | 67         | 46   | 50          | 70   |
| 21 | 72         | 64   | 50          | 70   |
| 22 | 61         | 68   | 50          | 70   |
| 23 | 74         | 61   | 50          | 70   |
| 24 | 56         | 57   | 50          | 70   |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

Табл. 1.2.

Добовий графік навантажень P, Q, S

| №  | Зимові дні |         |        |             |         |        | Літні дні  |         |        |             |         |        |
|----|------------|---------|--------|-------------|---------|--------|------------|---------|--------|-------------|---------|--------|
|    | Робочі дні |         |        | Вихідні дні |         |        | Робочі дні |         |        | Вихідні дні |         |        |
|    | P, кВт     | Q, кВар | S, кВА | P, кВт      | Q, кВар | S, кВА | P, кВт     | Q, кВар | S, кВА | P, кВт      | Q, кВар | S, кВА |
| 1  | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |
| 2  | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |
| 3  | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |
| 4  | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |
| 5  | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |
| 6  | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |
| 7  | 398        | 280     | 487    | 604         | 652     | 889    | 339        | 238     | 414    | 513         | 555     | 756    |
| 8  | 266        | 196     | 330    | 483         | 652     | 811    | 226        | 166     | 280    | 410         | 555     | 690    |
| 9  | 1074       | 895     | 1398   | 483         | 587     | 760    | 913        | 761     | 1189   | 410         | 499     | 646    |
| 10 | 1207       | 848     | 1475   | 483         | 587     | 760    | 1026       | 721     | 1254   | 410         | 499     | 646    |
| 11 | 531        | 895     | 1041   | 483         | 587     | 760    | 451        | 761     | 885    | 410         | 499     | 646    |
| 12 | 809        | 429     | 916    | 483         | 587     | 760    | 687        | 364     | 777    | 410         | 499     | 646    |
| 13 | 1074       | 596     | 1228   | 483         | 587     | 760    | 913        | 507     | 1044   | 410         | 499     | 646    |
| 14 | 1207       | 802     | 1449   | 483         | 587     | 760    | 1026       | 681     | 1231   | 410         | 499     | 646    |
| 15 | 941        | 932     | 1324   | 483         | 587     | 760    | 800        | 792     | 1126   | 410         | 499     | 646    |
| 16 | 809        | 736     | 1094   | 483         | 587     | 760    | 687        | 626     | 929    | 410         | 499     | 646    |
| 17 | 736        | 596     | 947    | 483         | 587     | 760    | 626        | 507     | 806    | 410         | 499     | 646    |
| 18 | 736        | 634     | 971    | 483         | 587     | 760    | 626        | 539     | 826    | 410         | 499     | 646    |
| 19 | 531        | 569     | 778    | 604         | 652     | 889    | 451        | 483     | 661    | 513         | 555     | 756    |

Продовження Табл. 1.2.

| №  | Зимові дні |         |        |             |         |        | Літні дні  |         |        |             |         |        |
|----|------------|---------|--------|-------------|---------|--------|------------|---------|--------|-------------|---------|--------|
|    | Робочі дні |         |        | Вихідні дні |         |        | Робочі дні |         |        | Вихідні дні |         |        |
|    | P, кВт     | Q, кВар | S, кВА | P, кВт      | Q, кВар | S, кВА | P, кВт     | Q, кВар | S, кВА | P, кВт      | Q, кВар | S, кВА |
| 20 | 809        | 429     | 916    | 604         | 652     | 889    | 687        | 364     | 777    | 513         | 555     | 756    |
| 21 | 869        | 596     | 1054   | 604         | 652     | 889    | 739        | 507     | 896    | 513         | 555     | 756    |
| 22 | 736        | 634     | 971    | 604         | 652     | 889    | 626        | 539     | 826    | 513         | 555     | 756    |
| 23 | 893        | 569     | 1059   | 604         | 652     | 889    | 759        | 483     | 900    | 513         | 555     | 756    |
| 24 | 676        | 531     | 860    | 604         | 652     | 889    | 575        | 452     | 731    | 513         | 555     | 756    |

|     |      |          |        |
|-----|------|----------|--------|
|     |      |          |        |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис |
|     |      |          | Дата   |

Арк.

Табл. 1.3.

## Річний графік за тривалістю P, Q

| №  | P, кВт | T, днів | T*P    | T    | №  | P, кВт | T, днів | T*P   | T    |
|----|--------|---------|--------|------|----|--------|---------|-------|------|
| 1  | 1207   | 147     | 177429 | 147  | 29 | 676    | 147     | 99372 | 3843 |
| 2  | 1207   | 147     | 177429 | 294  | 30 | 676    | 147     | 99372 | 3990 |
| 3  | 1074   | 147     | 157878 | 441  | 31 | 626    | 105     | 65730 | 4095 |
| 4  | 1074   | 147     | 157878 | 588  | 32 | 626    | 105     | 65730 | 4200 |
| 5  | 1026   | 105     | 107730 | 693  | 33 | 626    | 105     | 65730 | 4305 |
| 6  | 1026   | 105     | 107730 | 798  | 34 | 604    | 65      | 39260 | 4370 |
| 7  | 941    | 147     | 138327 | 945  | 35 | 604    | 65      | 39260 | 4435 |
| 8  | 913    | 105     | 95865  | 1050 | 36 | 604    | 65      | 39260 | 4500 |
| 9  | 913    | 105     | 95865  | 1155 | 37 | 604    | 65      | 39260 | 4565 |
| 10 | 893    | 147     | 131271 | 1302 | 38 | 604    | 65      | 39260 | 4630 |
| 11 | 869    | 147     | 127743 | 1449 | 39 | 604    | 65      | 39260 | 4695 |
| 12 | 809    | 147     | 118923 | 1596 | 40 | 604    | 65      | 39260 | 4760 |
| 13 | 809    | 147     | 118923 | 1743 | 41 | 604    | 65      | 39260 | 4825 |
| 14 | 809    | 147     | 118923 | 1890 | 42 | 604    | 65      | 39260 | 4890 |
| 15 | 800    | 105     | 84000  | 1995 | 43 | 604    | 65      | 39260 | 4955 |
| 16 | 759    | 105     | 79695  | 2100 | 44 | 604    | 65      | 39260 | 5020 |
| 17 | 739    | 105     | 77595  | 2205 | 45 | 604    | 65      | 39260 | 5085 |
| 18 | 736    | 147     | 108192 | 2352 | 46 | 604    | 65      | 39260 | 5150 |
| 19 | 736    | 147     | 108192 | 2499 | 47 | 575    | 105     | 60375 | 5255 |
| 20 | 736    | 147     | 108192 | 2646 | 48 | 575    | 105     | 60375 | 5360 |
| 21 | 687    | 105     | 72135  | 2751 | 49 | 575    | 105     | 60375 | 5465 |
| 22 | 687    | 105     | 72135  | 2856 | 50 | 575    | 105     | 60375 | 5570 |
| 23 | 687    | 105     | 72135  | 2961 | 51 | 575    | 105     | 60375 | 5675 |
| 24 | 676    | 147     | 99372  | 3108 | 52 | 575    | 105     | 60375 | 5780 |
| 25 | 676    | 147     | 99372  | 3255 | 53 | 575    | 105     | 60375 | 5885 |
| 26 | 676    | 147     | 99372  | 3402 | 54 | 531    | 147     | 78057 | 6032 |
| 27 | 676    | 147     | 99372  | 3549 | 55 | 531    | 147     | 78057 | 6179 |
| 28 | 676    | 147     | 99372  | 3696 | 56 | 513    | 48      | 24624 | 6227 |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

Саме зображення графіків електричних навантажень можна бачити на рис. 1.1 – 1.5.

Добовий графік нвантаження P, Q (літні робочі дні)

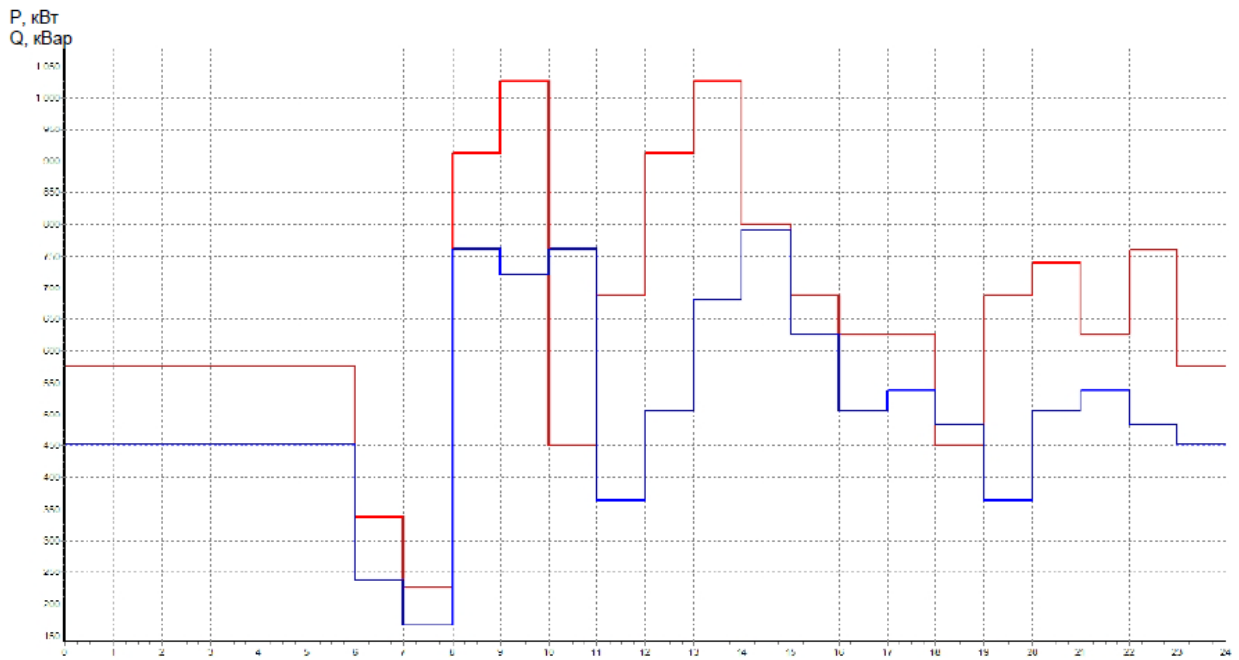


Рис. 1.1.

Добовий графік нвантаження P, Q (зимові робочі дні)

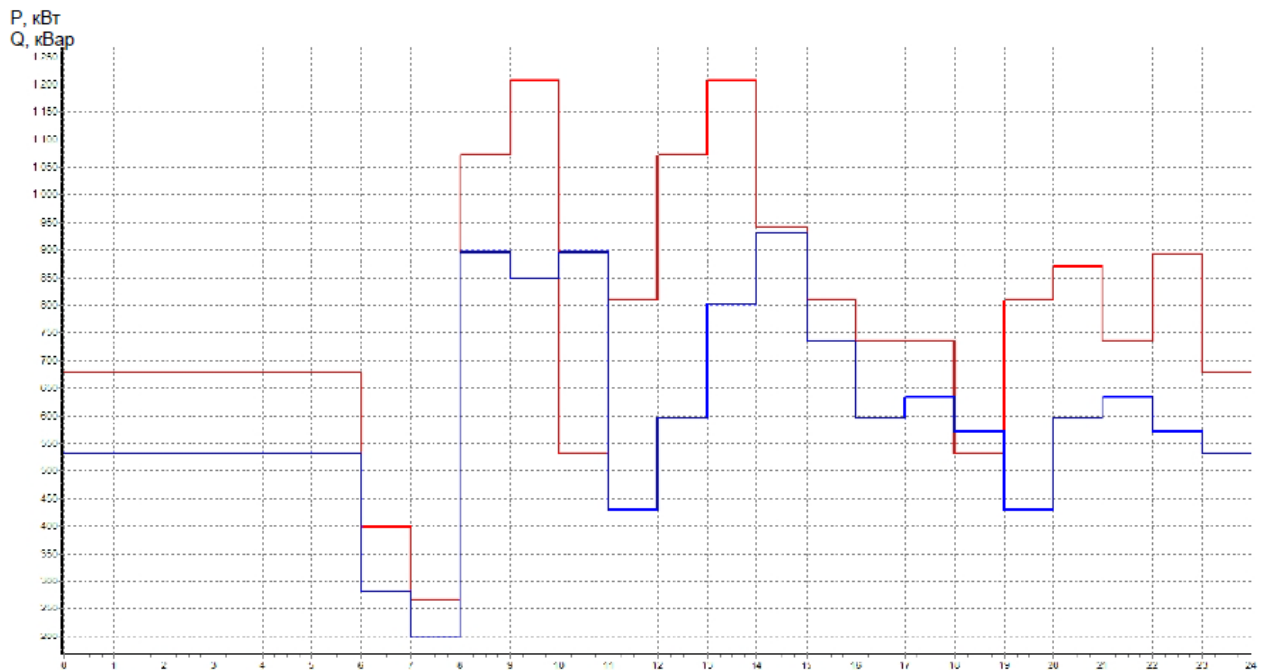


Рис. 1.2.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

Добовий графік навантаження P, Q (літні вихідні дні)

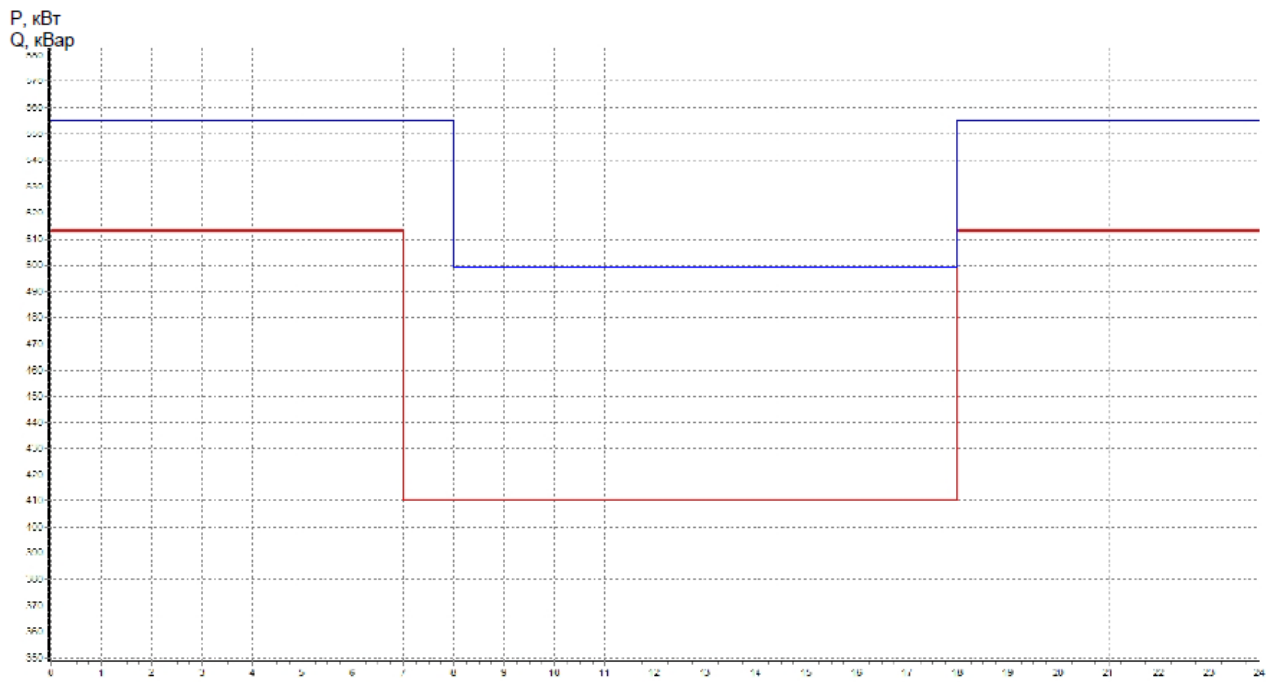


Рис. 1.3.

Добовий графік навантаження P, Q (зимові вихідні дні)

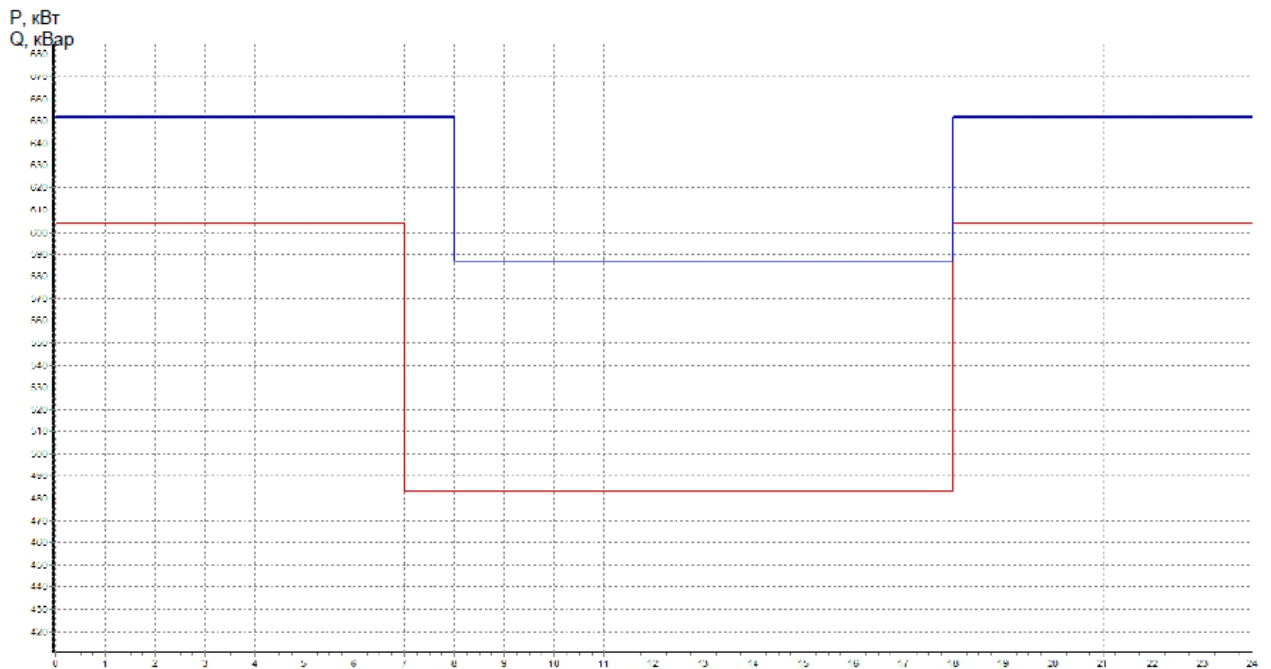


Рис. 1.4.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

Річний графік P,Q за тривалістю

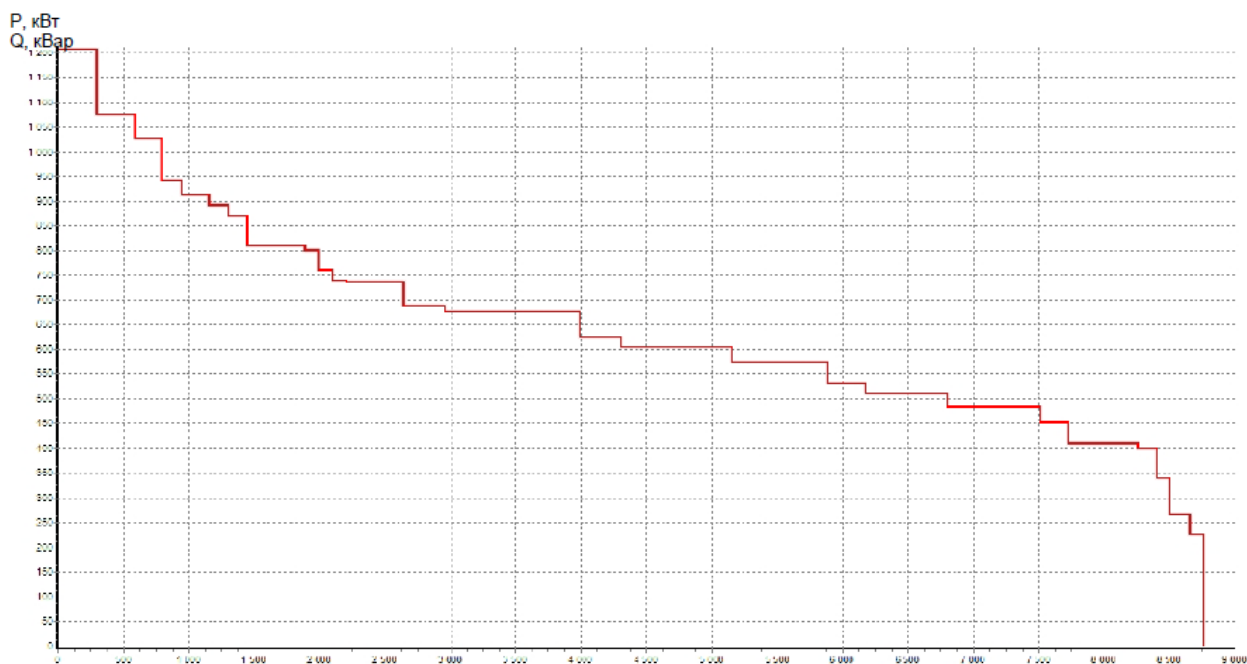


Рис. 1.5.

Розрахункові величини побудованих графіків навантажень

|            |   |          |           |
|------------|---|----------|-----------|
| $S_p$      | = | 1524,95  | MVA       |
| $W_{з.р.}$ | = | 2698626  | кВт год.  |
| $V_{з.р.}$ | = | 2109891  | кВар год. |
| $W_{з.в.}$ | = | 855725   | кВт год.  |
| $V_{з.в.}$ | = | 974870   | кВар год. |
| $W_{л.р.}$ | = | 1638735  | кВт год.  |
| $V_{л.р.}$ | = | 1281315  | кВар год. |
| $W_{л.в.}$ | = | 536592   | кВт год.  |
| $V_{л.в.}$ | = | 612480   | кВар год. |
| $W_p$      | = | 5729678  | кВт год.  |
| $V_p$      | = | 4978556  | кВар год. |
| $T_{max}$  | = | 4977,52  | год.      |
| $\tau$     | = | 3386,402 | год.      |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

## 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Зважаючи на відносно невелику потужність розглянутого підприємства, робимо висновок про недоцільність спорудження головної понижувальної підстанції, отже, надалі використовуватимемо результати побудови картограм електричних навантажень для двох КТП 10/0,4 кВ. Картограму електричних навантажень наносимо на генплан задля визначення їх розташування. При побудові картограми для кожного енергоємного об'єкта визначаємо радіус кола, площа котрого у вибраному масштабі дорівнює розрахунковому навантаженню об'єкта  $P_p$ .

Радіус кола на діаграмі визначаємо за виразом

$$R = \sqrt{P_o \cdot \pi \cdot m}, \quad (2.1)$$

$m$  - масштаб певного кола, кВт/мм<sup>2</sup>.

В даному випадку РП доцільно розміщувати в так званому умовному центрі електричних навантажень (ЦЕН). Координати цього ЦЕН визначають як центр ваги плоских фігур по наступним виразам

$$X_0 = \sum x_i \cdot P_i / \sum P_i, \quad (2.2)$$

$$Y_0 = \sum y_i \cdot P_i / \sum P_i, \quad (2.3)$$

$x_i, y_i$  - координати і-го цеха на генеральному плані підприємства;

$P_i$  - розрахункове навантаження і-го підрозділу (цеха).

Отже, визначаємо ЦЕН для нашого підприємства

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$$X_0 = 5,2 \cdot 8 + 4,6 \cdot 8,7 + 4,3 \cdot 4,1 + 2,2 \cdot 21 + 2 \cdot 3 + 6 \cdot 148,8 + 6 \cdot 493,8 + 6,2 \cdot 85,9 + 6 \cdot 44,3 + 12 \cdot 140 + 11,5 \cdot 63 + 10 \cdot 36 + 4 \cdot 36 + 4 \cdot 36 + 3,5 \cdot 36 + 1 \cdot 22,3 + 7 \cdot 61 / 1305 = 11,6 \text{ см.}$$

$$Y_0 = 1,6 \cdot 8 + 2,5 \cdot 8,7 + 2,7 \cdot 4,1 + 2,8 \cdot 21 + 3,1 \cdot 3 + 2,6 \cdot 148,8 + 3,8 \cdot 493,8 + 4,4 \cdot 85,9 + 3,5 \cdot 44,3 + 6,2 \cdot 140 + 5 \cdot 63 + 5 \cdot 36 + 7,5 \cdot 36 + 7,5 \cdot 36 + 6,2 \cdot 36 + 5,8 \cdot 22,3 + 6 \cdot 61 + 6 \cdot 166 / 1305 = 9,2 \text{ см}$$

Отримані розрахункові координати (11,6; та 9,2) вказують на місце розташування нашого центру електричних навантажень.

Таким чином за викладеною методикою виконується вищеописаний розрахунок. Результати див. Додаток табл. Д 2.1.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

### 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.

Раціонально спроектована схема електропостачання промислового підприємства значною мірою залежить від вірного вибору напруги і схеми зовнішнього електропостачання.

На вибір напруги й схеми зовнішнього електропостачання підприємства впливає безліч різних факторів. Серед них такі ключові: розрахункове навантаження підприємства; можливі величини напруги джерел живлення; віддалення між джерелом живлення і споживачем; рівень надійності електропостачання, котрий притаманний конкретному підприємству та ін.

Для нашого підприємства (елеватора) можливе живлення від п/ст системи (джерела живлення) 35/10 кВ повітряними лініями 35 кВ із спорудженням на підприємстві ГЗП 35/10 кВ потужністю  $S_n = 1000$  кВА (рис. 3.1 (а)) або повітряними лініями напругою 10 кВ із спорудженням на елеваторному комплексі ЦРП (рис.3.1 (б)) Відстань між підстанцією і підприємством 2700 м.

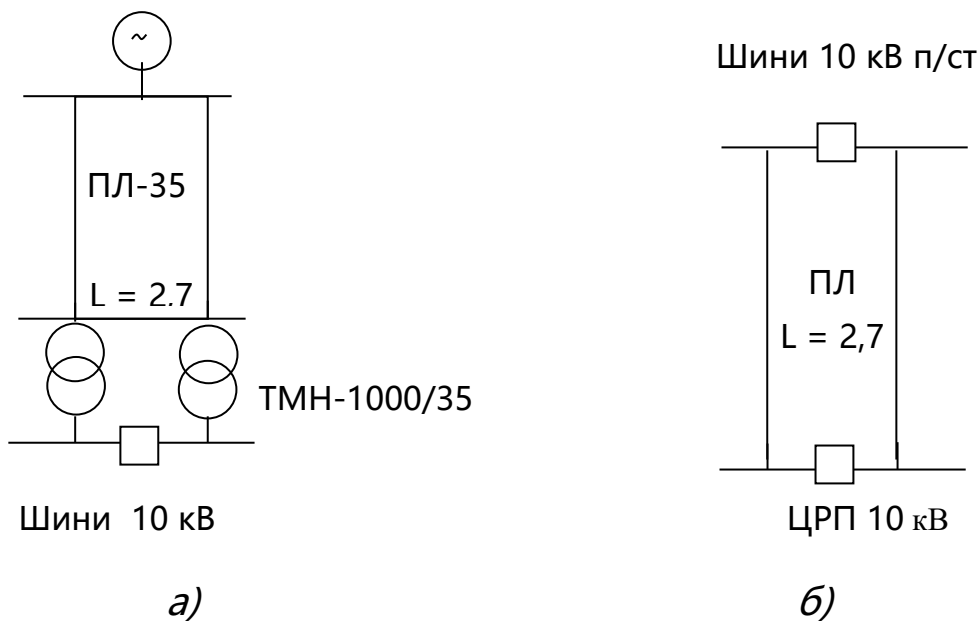


Рис. 3.1. Схема зовнішнього електропостачання

Варіант №1.

Живлення споживачів підприємства здійснюється повітряними лініями від шин підстанції напругою  $U_H = 10$  кВ рис 3.1(б); відстань від підприємства  $l = 2,7$  км.

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3}U_H} = \frac{1449}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = 42 \text{ A}$$

Площа перерізу дротів повітряної лінії:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 42 / 1,1 = 38 \text{ мм}^2$$

де  $j_{ек} = 1,1 \text{ A/мм}^2$  – економічна щільність струму згідно [8] при  $T_m = 4977$  год.

Стандартний переріз  $35 \text{ мм}^2$  Приймаємо провід марки АС– 35.

Для цього проводу допустимий тривалий струм  $I_{доп} = 175,0 \text{ A}$ , втрати потужності на 1 км довжини  $P_{1км} = 88,0 \text{ кВт/км}$ , вартістю

$$K_0 = 49,5 \text{ тис.грн/км.}$$

Коефіцієнт попереднього завантаження лінії

$$K_3 = I_p / I_{доп} = 42 / 175 = 0,24$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{л} \cdot \tau = 25,34 \cdot 1764 = 44707 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$\Delta P_{л} = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \times K_3^2 = 88 \cdot 5 \cdot 0,24^2 = 25,34 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{л} = 0,27 \cdot 2 = 5,4 \text{ км}$$

$$C_{втрат} = \Delta \mathcal{E}_1 \times C_0 = 44707 \cdot 5,54 \cdot 10^{-3} = 247,7 \text{ тис. грн.}$$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$C_0$  – вартість 1 кВт·год електричної енергії; згідно з діючим тарифом  $C_0 = 5,540$  грн/кВт·год (II клас напруги).

Варіант №2.

Живлення заводу напругою 35 кВ від двох трансформаторів, що окремо працюють один від одного. Віддаленість від підприємства 2,7 км. Схема зображена на рисунку 3.1(а)

Розрахунковий струм в лінії електропередачі:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} = \frac{1449}{2 \cdot 1,73 \cdot 35} = 12 \text{ А}$$

Площа перетину проводів повітряної лінії, яка вибрана по економічній щільності струму:

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 12 / 1,1 = 11 \text{ мм}^2$$

де  $j_{ек} = 1,1$  А/мм<sup>2</sup> – економічна щільність струму прийнята по  $T_m = 4977$  год.

Обираємо провід марки АС, з перерізом  $F = 50$  мм<sup>2</sup>

Параметри на один ланцюг:  $P_{1км} = 113,0$  кВт/км;  $I_{доп} = 210,0$  А; Для 2-х цепної ЛЕП  $K_0 = 373,5$  тис.грн/км [8].

На ГЗП передбачаємо встановити два трансформатора потужністю  $S_n = 1000$  кВА кожен, напругою 35/10 кВ.

Обираємо трансформатор типу ТМН-1000/35-73У1 з параметрами:

$$P_k = 16,5 \text{ кВт}; P_{xx} = 3,7 \text{ кВт}; U_{кз} = 6,5 \%$$

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_3 = 1449 / (2 \cdot 1000) = 0,72$$

При відключенні одного з трансформаторів інший, працює з допустимим перевантаженням.

Втрати потужності та електроенергії в лінії:

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{\text{л}} \times \tau = 5,65 \cdot 1764 = 9967 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{лкм}} \times l_{\Sigma} \times K_3^2 = 113 \cdot 5 \cdot 0,1^2 = 5,65 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина лінії

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{\text{л}} = 2,7 \cdot 2 = 5,4 \text{ км}$$

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = 2 \cdot (P_{\text{х}} \cdot t_{\text{вкл}} + P_{\text{к}} \cdot t \cdot K_3^2) = 2 (3,7 \cdot 8760 + 16,5 \cdot 1764 \cdot 0,45^2) = 76612 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Сумарні втрати електроенергії:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_{\text{л}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = 9967 + 76612 = 86579 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Вартість втрат енергії:

$$C_{\text{пот}} = \Delta \mathcal{E} \cdot C_0 = 86579 \cdot 4,47 \cdot 10^{-3} = 387 \text{ тис. грн}$$

тут  $C_0$  – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючим тарифом  $C_0 = 4,47$  грн/кВт·год (I клас напруги).

Розрахунок збитку для обох варіантів електропостачання не має сенсу, оскільки обидва живляться від повітряних ліній різної напруги. Отже, можна не брати до уваги втрати в обох згаданих варіантах.

Табл. 3.1. Розрахунок капітальних вкладень по варіантах схеми

| № п/п      | Найменування об'єкту  | Одиниця | Кількість | Вартість одиниці, тис грн | Вартість всього, т. грн |
|------------|---|---------|-----------|---------------------------|-------------------------|
| I варіант  | Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції живлення | шт      | 2         | 305,16                    | 610,32                  |
|            | Повітряна лінія з проводом АС-50  | км      | 5,4       | 49,5                      | 267,3                   |
|            | Всього  |         |           |                           | 877,62                  |
| II варіант | Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ                                     | км      | 2,7       | 373,5                     | 1008,45                 |
|            | Відкритий розподільчий пристій  | шт      | 1         | 450                       | 450,00                  |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|

Арк.

|  |                                |    |   |     |         |
|--|--------------------------------|----|---|-----|---------|
|  | Трансформатори ГЗП ТМН-1000/35 | шт | 2 | 522 | 1044,00 |
|  | Всього                         |    |   |     | 2502,45 |

Табл. 3.2. Розрахунок поточних витрат

| № п/п      | Найменування об'єкту   | К <sub>i</sub> , тис грн | Р <sub>a</sub> , % | С <sub>a</sub> | Р <sub>e</sub> , % | С <sub>e</sub> | С <sub>п</sub> , тис грн |
|------------|--|--------------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------------|
| I варіант  | Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції | 610,32                   | 15,0               | 91,5           | 5,0                | 30,5           | 121,5                    |
|            | Повітряна лінія типу АС-50   | 267,3                    | 5,0                | 13,4           | 5,0                | 13,4           | 26,80                    |
|            | Всього   |                          |                    | 104,9          |                    | 43,9           | 148,3                    |
| II варіант | Дволанцюгова повітряна лінія напругою 35 кВ                            | 1008,45                  | 5                  | 50,4           | 5                  | 50,4           | 100,8                    |
|            | Відкритий розподільчий пристій   | 450,0                    | 15                 | 67,5           | 5                  | 22,5           | 90,0                     |
|            | Трансформатори ГЗП ТМН-1000/35   | 1044,0                   | 15                 | 156,6          | 5                  | 52,2           | 208,8                    |
|            | Всього   |                          |                    | 274,5          |                    | 125,1          | 399,6                    |

Табл. 3.3. Приведені витрати по варіантам схеми (тис. грн.)

| № п/п | Найменування статті           | Варіант I | Варіант II |
|-------|-------------------------------|-----------|------------|
| 1     | Капіталовкладення у варіанти  | 877,62    | 2502,45    |
| 2     | Поточні витрати               | 148,3     | 399,6      |
| 3     | Вартість втрат електроенергії | 247,7     | 387,0      |
| 4     | Приведені витрати             | 496,8     | 1086,9     |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.



## 4. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Одним із ключових напрямків зменшення втрат електроенергії та підвищення ефективності роботи електроустановок промислових підприємств є компенсація реактивної потужності безпосередньо в їхніх мережах, що також сприяє покращенню якості електроенергії. Передача реактивної потужності через лінії електропередачі та трансформатори є не вигідною, оскільки знижує коефіцієнт корисної дії (ККД) енергосистеми та погіршує якість електропостачання з таких причин:

а) зростають втрати активної потужності в лініях, трансформаторах і генераторах через проходження реактивних струмів;

б) зменшується пропускна здатність мережевих елементів, зокрема трансформаторів;

в) підвищуються втрати напруги у складових мережі, що спричиняє зниження рівня напруги у споживачів.

### 4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Економічно обгрунтоване значення реактивної потужності  $Q_{\text{еф}}$ , яка може бути передана із енергосистеми нашому підприємству та сумарна потужність усіх компенсуючих пристроїв (КП):

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{ф}} - Q_{\text{еф}}, \quad (4.1)$$

$Q_{\text{ф}}$  - фактичне реактивне навантаження мережі у максимальному режимі;

$Q_{\text{еф}}$  - обгрунтована з економічної точки зору реактивна потужність, яка за технічними умовами може бути передана споживачеві в режимі максимуму.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

Загальна потужність компенсуючих пристроїв, що належать установці в системі електропостачання елеватора:

$$Q_{\text{кy}\Sigma} = Q_p - Q_c, \quad (4.2)$$

$Q_p$  - фактичне реактивне навантаження в режимі максимуму;

$Q_c$  - потужність реактивна, яка за технічними умовами може бути передана споживачеві в тому ж режимі:

$$Q_c = P_p \cdot \text{tg}\varphi_c, \quad (4.3)$$

Оптимальний розподіл потужності компенсувальних пристроїв (КП) у мережах високої та низької напруги залежить від витрат на встановлення комутаційного обладнання, додаткових трансформаторів трансформаторних підстанцій (ТП) та вартості енергетичних втрат.

При розробці системи електропостачання слід аналізувати кілька можливих варіантів розміщення КП, щоб обрати найбільш економічно вигідний. Головним критерієм економічності є мінімізація приведених витрат.

Зазначені витрати на компенсацію реактивної потужності визначаємо по формулі:

$$Z = E_H \cdot (K_{\text{кн}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{кп}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{кп}}) \cdot c_0 \cdot \tau, \quad (4.4)$$

$E_H = 0,12$  - коефіцієнт нормативний капіталовкладень;

$K_{\text{кн}}$ ,  $K_{\text{кв}}$ ,  $K_{\text{кп}}$  - відповідно вартість високовольтних, низьковольтних конденсаторних комплектних установок та цехових КТП;

$\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{кп}}$  - втрати активної потужності відповідно в низьковольтних, високовольтних установках та в трансформаторах цехових КТП;

$c_0$  - вартість втрат електроенергії;

$\tau$  - час максимальних втрат.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

При вирішенні питання компенсації має значення також кількість  $N$  трансформаторів (КТП), які встановлюються на підприємстві. При проектуванні розглядають, як правило варіанти компенсації із встановленням мінімально необхідного  $N = N_0$ , збільшеного на одну одиницю  $N = N_0 + 1$  й збільшеного на два  $N = N_0 + 2$  числа трансформаторів (КТП). Мінімальну кількість трансформаторів визначають за формулою:

$$N_0 = P_{\text{ном}} / (k_3 \cdot S_{\text{ном}}), \quad (4.5)$$

$P_{\text{ном}}$  - сумарне (загальне) споживання активної потужності в низьковольтній мережі;

$k_3$  - коефіцієнт завантаження цехових трансформаторів;

$S_{\text{ном}}$  - номінальна потужність КТП.

Значення  $N_0$ , що отримане за формулою (4.5), округлюється до найближчого більшого цілого.

Найбільша величина реактивної потужності, яка може бути передана із мережі 10000 В в мережу 380 В при установці певної кількості ( $N$ ) трансформаторів, визначаємо по формулі:

$$Q_{\text{п}} = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{\text{тр. ном}})^2 - P_{\text{нав}}^2}, \quad (4.6)$$

Потужність КП, що встановлюються в мережі 380 В визначаємо із умови балансу реактивної потужності на шинах КТП:

$$Q_{\text{кн}} = Q_{\text{к}} - Q_{\text{п}}, \quad (4.7)$$

Тоді звичайно потужність КП, які встановлюються в мережі 1000 В:

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{к}} - Q_{\text{кн}}, \quad (4.8)$$

Тоді

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$Q_{\text{еф}} = P_p \cdot \text{tg}\varphi = 1328 \cdot 0,15 = 199 \text{ квар.}$$

Потужність компенсуючих пристроїв:

$$Q_k = Q_\phi - Q_{\text{еф}} = 1360 - 199 = 1161 \text{ квар.}$$

Кількість трансформаторів КТП.

$$N_0 = P_{\text{нав}} / (k_3 \cdot S_{\text{ном}}) = 1328 / (0,7 \cdot 630) = 3,17$$

В нашому випадку приймаємо  $N_0 = 4$ .

Розглянемо в подальшому варіанти компенсації при кількості трансформаторів  $N = N_0$ ,  $N = N_0 + 1$  та  $N = N_0 + 2$ .

Варіант №1.  $N = N_0 = 4$ . Реактивна потужність, яку можна передати через цехові трансформатори зі сторони системи 10000 В:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{\text{тр. ном}})^2 - P_{\text{нав}}^2} = \sqrt{(4 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 1328^2} = 1162 \text{ квар}$$

$P_{\text{нав}}$  - навантаження активне трансформатора, кВт.

Визначаємо реактивну потужність, яку потрібно компенсувати на стороні 0,4 кВ цехових трансформаторів:

$$Q_{\text{кн}} = Q_p - Q_1 = 1360 - 1162 = 198 \text{ квар}$$

Реактивна потужність, яку необхідно компенсувати на стороні 10000 В цехових трансформаторів:

$$Q_{\text{кв}} = Q_k - Q_{\text{кн}} = 1161 - 198 = 963 \text{ квар}$$

Після цього розраховуємо витрати на компенсацію розраховавши попередньо

$$K_{\text{кн}} = \sum N_{\text{кн}} \cdot K^{0,4}_{\text{кн}} = 2 \cdot 8,33 = 16,66 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{кв}} = \sum N_{\text{кв}} \cdot K^{10}_{\text{кв}} = 2 \cdot 15,19 = 30,38 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{кТП}} = 0$$

$$\Delta P_{\text{кн}} = r_{\text{штг}} \cdot Q_{\text{кн}} = 4,5 \cdot 0,198 = 0,89 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{кв}} = r_{\text{штг}} \cdot Q_{\text{кв}} = 2,5 \cdot 0,963 = 2,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\text{шт}} = \frac{Q_1^2}{U_n^2} \cdot R_{\text{СК}}$$

$$R_{\text{СК}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot U_n^2}{N \cdot S_n^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{4 \cdot 630^2} = 0,48 \cdot 10^{-3}$$

Арк.

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

$$\Delta P_{III} = \frac{1162^2}{10^2} \cdot 0,48 \cdot 10^{-3} = 6,46 \text{ кВт}$$

$$3_1 = 0,12(16,66+30,38+0)+(0,89+2,4+6,46) \cdot 5,54 \cdot 1764 \cdot 10^{-3} = 100,92 \text{ тис.грн.}$$

Варіант №2. Аналогічно попередньому.  $N = N_0 + 1 = 5$ .

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{\text{тр. ном}})^2 - P_{\text{наб}}^2} = \sqrt{(5 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 1328^2} = 1760 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{кн}} = Q_p - Q_1 = 1360 - 1760 = -400 \text{ квар. Тобто } Q_{\text{кн}} = 0$$

$$Q_{\text{кв}} = Q_k - Q_{\text{кн}} = 1161 - 0 = 1161 \text{ квар.}$$

Витрати на компенсацію:

$$K_{\text{кн}} = \sum N_{\text{кн}} \cdot K^{0,4}_{\text{кн}} = 0.$$

$$K_{\text{кв}} = \sum N_{\text{кв}} \cdot K^{10}_{\text{кв}} = 1 \cdot 34,02 = 34,02 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{ктп}} = 24,4 \text{ тис.грн.}$$

$$\Delta P_{\text{кн}} = r_{\text{птг}} \cdot Q_{\text{кн}} = 0$$

$$\Delta P_{\text{кв}} = r_{\text{птг}} \cdot Q_{\text{кв}} = 2,5 \cdot 1,161 = 2,9 \text{ кВт}$$

$$R_{\text{ск}} = \frac{\Delta P_k \cdot U_n^2}{N \cdot S_n^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{5 \cdot 630^2} = 0,38 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{III} = \frac{1760^2}{10^2} \cdot 0,38 \cdot 10^{-3} = 11,86 \text{ кВт}$$

$$3_2 = 0,12(0+34,02+24,4)+(0+2,9+11,86) \cdot 5,54 \cdot 1764 \cdot 10^{-3} = 151,2 \text{ тис.грн.}$$

Варіант №3.  $N = N_0 + 2 = 6$ .

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot k_3 \cdot S_{\text{тр. ном}})^2 - P_{\text{наб}}^2} = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 1328^2} = 2288 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{кн}} = Q_p - Q_1 = 1360 - 2288 = -928 \text{ квар. Тобто } Q_{\text{кн}} = 0$$

$$Q_{\text{кв}} = Q_k - Q_{\text{кн}} = 1161 - 0 = 1161 \text{ квар}$$

Витрати на компенсацію:

$$K_{\text{кн}} = \sum N_{\text{кн}} \cdot K^{0,4}_{\text{кн}} = 0.$$

$$K_{\text{кв}} = \sum N_{\text{кв}} \cdot K^{10}_{\text{кв}} = 1 \cdot 34,02 = 34,02 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{ктп}} = 2 \cdot 24,4 = 48,8 \text{ тис.грн.}$$

$$\Delta P_{\text{кн}} = r_{\text{птг}} \cdot Q_{\text{кн}} = 0$$

$$\Delta P_{\text{кв}} = r_{\text{птг}} \cdot Q_{\text{кв}} = 2,5 \cdot 1,161 = 2,9 \text{ кВт}$$

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

$$R_{СК} = \frac{\Delta P_K \cdot U_H^2}{N \cdot S_H^2} = \frac{7,6 \cdot 10^2}{6 \cdot 630^2} = 0,32 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{III} = \frac{2288^2}{10^2} \cdot 0,32 \cdot 10^{-3} = 16,7 \text{ кВт}$$

$$Z_3 = 0,12(0+34,02+48,8)+(0+2,9+16,7) \cdot 5,54 \cdot 1764 \cdot 10^{-3} = 201,47 \text{ тис.грн.}$$

Для засобів компенсації приймо батареї статичних конденсаторів.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.1.

Табл. 4.1.  
Баланс реактивної потужності

| Показники                                      | Вимір    | № варіанта |        |        |
|--|----------|------------|--------|--------|
|  |          | I          | II     | III    |
| Потужність КП, які встановлені в мережі 0,4 кВ | квар     | 198,0      | 0      | 0      |
| Потужність КП, які встановлені в мережі 10 кВ  | квар     | 963,0      | 1161,0 | 1161,0 |
| Споживання реактивної потужності зі системи    | квар     | 199,0      | 199,0  | 199,0  |
| Всього за умовою балансу                       | квар     | 1360,0     | 1360,0 | 1360,0 |
| Витрати на компенсацію                         | тис.грн. | 100,93     | 151,20 | 201,48 |

#### 4.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Оптимальне розташування компенсуючих пристроїв (КП) реактивної потужності необхідне для мінімізації енергетичних втрат, покращення якості електроенергії та підвищення ефективності електромережі.

|     |      |          |        |      |      |
|-----|------|----------|--------|------|------|
|     |      |          |        |      | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |      |

Правильний вибір місць встановлення КП та їх типу дозволяє значно зменшити втрати електроенергії, підвищити надійність електропостачання та знизити експлуатаційні витрати. Таким чином, згідно описаних критеріїв вибір кількості і місця розташування КП заносимо в табл. 4.2

Табл. 4.2 Вибір кількості та місця розташування КП

| Номер<br>КТП | Кількість<br>трансформ. | Сном,<br>кВА | Тип КП                 | К-сть<br>КП | QΣ,<br>квар | Місце<br>встановлення |
|--------------|-------------------------|--------------|------------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| КТП№1        | 2                       | 630          | УКБН-0,38-<br>100-50УЗ | 1           | 100,0       | 0,4 кВ КТП№1          |
| КТП№2        | 2                       | 630          | УКБН-0,38-<br>100-50УЗ | 1           | 100,0       | 0,4 кВ КТП№2          |
| -            | -                       | -            | УКЛ-10-450УЗ           | 2           | 900,0       | ЦРП 10 кВ             |

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

## 5. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

### 5.1 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

Основними критеріями при виборі кількості трансформаторів є надійність електрозабезпечення споживачів, а також мінімум сукупних витрат на трансформатори з врахуванням динаміки зростання електричних навантажень.

У проєктній практиці цехові трансформатори нерідково бирають, використовуючи коефіцієнт завантаження трансформаторів розрахунковим навантаженням цеху. Для двотрансформаторних цехових підстанцій при перевищенні навантажень I та II категорії коефіцієнт завантаження трансформаторів  $K_z$  береться в межах 0,65-0,7 [1,2,3].

Сучасні цехові ТП виготовляються комплектними (КТП). Правильне визначення кількості КТП та потужності трансформаторів на них можливе тільки на основі техніко-економічних розрахунків. Число та потужність трансформаторів залежать від розподілу навантажень по території цеху, наявності місця для розміщення цехових підстанцій, характеру та режимів роботи електроприймачів.

Вибір кількості трансформаторів цехових ТП проводиться за величиною розрахункового навантаження з урахуванням категорії споживачів, по надійності електрозабезпечення. Вибір ТП здійснюється одночасно із вирішенням задачі компенсації реактивної потужності (див. розділ 4).

Врешті рещт, приймаємо рішення про встановлення КТП 1 всередині робочої башти елеватору на першому поверсі в окремому приміщенні. КТП 2 розташовуємо в окремо збудованому приміщенні, яке розташоване в центрі електричних навантажень ділянки групи споживачів №2.

Результати вибору трансформаторів підприємства зводимо у таблицю 5.1 із зазначенням усіх відповідних факторів (умов встановлення).

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

Таблиця 5.1 Вибір потужності та місця розташування цехових ТП.

| № ТП | P <sub>p</sub> , кВт | Q, кВар |       | S, кВА |        | NхS <sub>гр</sub> , кВА | К <sub>з в</sub> норм. Режи-мі | К <sub>з ав</sub> | Вид ТП   | Місце розташування ТП | Категорія ЕС по надійності |
|------|----------------------|---------|-------|--------|--------|-------------------------|--------------------------------|-------------------|----------|-----------------------|----------------------------|
|      |                      | Без КП  | З КП  | Без КП | З КП   |                         |                                |                   |          |                       |                            |
| ТП-1 | 879.0                | 669.0   | 569.0 | 1105.0 | 1047.0 | 2×630                   | 0,710                          | 1,4               | Вбудов.  | елеватор              | II, III                    |
| ТП-2 | 629.0                | 568.0   | 468.0 | 848.0  | 784.0  | 2×630                   | 0,630                          | 1,4               | Окр. ст. | участок 2             | II, III                    |

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |  |      |

## 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

### 6.1. Розрахунок струмів короткого замикання.

Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ) є важливим етапом проектування та аналізу електричних мереж. Основна мета розрахунку – визначити максимальні та мінімальні струми КЗ, щоб правильно вибрати апаратуру захисту, перевірити стійкість обладнання та гарантувати безпеку мережі.

Завжди визначають такі величини як перівдична складова струму КЗ формула (6.1) та ударний струм формула (6.2).

$$I_{п0} = I'' = \frac{E_{\Sigma}''}{\sqrt{3} \cdot X_{PE3}}, \quad (6.1)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot \left( 1 + e^{\frac{-0.01}{T_a}} \right), \quad (6.2)$$

де 
$$T_a = \frac{X_{PE3}}{\omega I_{PE3}},$$

Опори різних елементів нашої схеми електропостачання визначають за виразами:

— енергосистема:

$$X_c = U_c / S_k; \quad (6.3)$$

— двохобмоточні трансформатори :

$$X_T = (U_{к\%} \cdot U_{Т-ра ном}) / (100 \cdot S_{Т-ра ном}); \quad (6.4)$$

— повітряні та кабельні лінії електропередач:

—

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

$$X_L = x_0 \cdot l; \quad (6.5)$$

$S_{\text{ном}}$  - номінальна потужність даного елемента,

$S_{\text{к}}$  - потужність КЗ системи,

$U_{\text{к.}\%}$  - напруга КЗ трансформатора;

$x_0$  - питомий реактивний опір лінії,

$l$  - довжина лінії.

Розрахункова схема показана на рис. 6.1 на якій намічено характерні точки, в яких потрібно розрахувати струми КЗ.

По запропонованій розрахунковій схемі складаємо схему заміщення мережі, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів.

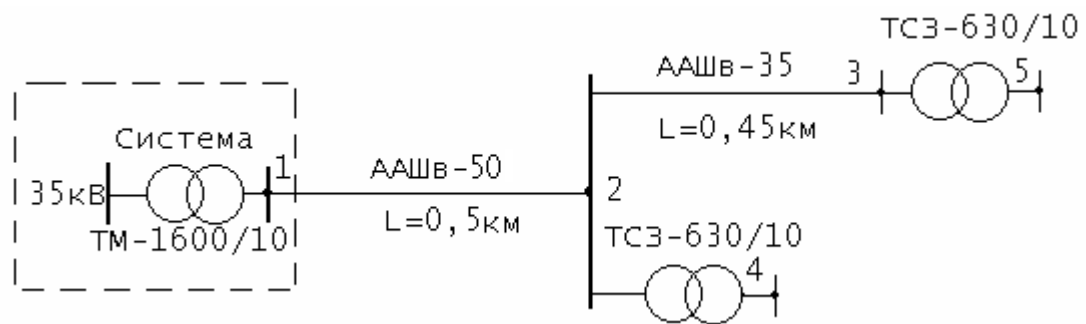


Рис. 6.1. Розрахункова схема мережі щодо розрахунку струмів КЗ.

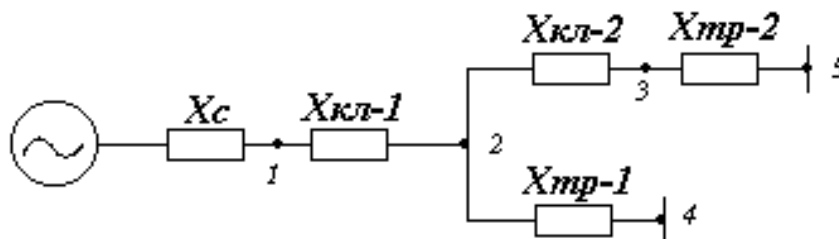


Рис.6.2. Схема заміщення мережі щодо розрахунку струмів КЗ.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

Визначаємо опір у точці 1.

$$x_c = x_{тр-ра} = (U_{к\%} \cdot U_{ном.тр-ра}) / (100 \cdot S_k) = 5,5 \cdot 35^2 / 100 \cdot 1,6 = 42,1 \text{ Ом}$$

Приводимо опір трансформатора ( $x_{тр-ра}$ ) до сторони 10 кВ

$$x_1 = x_{тр-ра} \cdot (1/K_m)^2 = 42,1 \cdot (10,5/37)^2 = 3,39 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір в точці 2:

$$x_2 = x_1 + x_{кл-1}$$

$x_{кл-1}$  — опір кабельної лінії 1 (марка ААШв – 50).

$$x_{кл-1} = x_0 \cdot l = 0,34 \cdot 0,5 = 0,17 \text{ Ом}$$

$x_0 = 0,340 \text{ Ом/км}$  - питомий опір кабельної лінії 1.

$$\text{Отже, } x_2 = x_1 + x_{кл-1} = 3,39 + 0,17 = 3,56 \text{ Ом.}$$

Тоді опір в точці 3:  $x_3 = x_2 + x_{кл-2}$

$x_{кл-2}$  — опір кабельної лінії 1 (марка ААШв – 35).

$$x_{кл-2} = x_0 \cdot l = 0,92 \cdot 0,45 = 0,414 \text{ Ом,}$$

$x_0 = 0,920 \text{ Ом/км}$  - питомий опір кабельної лінії 1.

Отже,

$$x_3 = x_2 + x_{кл-2} = 3,56 + 0,414 = 3,974 \text{ Ом.}$$

Опір в точці 4:

$$x_4 = x_3 + x_{тр-ра1},$$

$x_{тр-ра1}$  - опір трансформатора 1 типу ТСЗ - 630/10

$$x_{тр-ра1} = (U_{к\%} \cdot U_{ном.тр-ра}) / (100 \cdot S_k) = 5,5 \cdot 10^2 / 100 \cdot 0,63 = 8,73 \text{ Ом.}$$

Тоді,

$$x_4 = x_3 + x_{тр-ра1} = 3,974 + 8,73 = 12,704 \text{ Ом.}$$

Приводимо опір  $x_4$  до низької сторони цехового трансформатора 0,4 кВ:

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$$x_{4прив.} = x_4 \cdot (1/K_m)^2 = 12,29 \cdot (0,4/10,5)^2 = 0,0178 \text{ Ом.}$$

Опір в точці 5:

$$x_5 = x_3 + x_{тр-ра2},$$

$x_{тр-ра2}$  - опір трансформатора 2 типу ТСЗ - 630/10

$$x_{тр-ра2} = (U_k\% \cdot U_{ном.тр-ра}) / (100 \cdot S_k) = 5,5 \cdot 10^2 / 100 \cdot 0,63 = 8,75 \text{ Ом.}$$

Тоді,

$$x_5 = x_3 + x_{тр-ра2} = 3,974 + 8,75 = 12,724 \text{ Ом.}$$

Приводимо опір  $x_4$  до низької сторони цехового трансформатора 0,4 кВ:

$$x_{5прив.} = x_5 \cdot (1/K_m)^2 = 12,724 \cdot (0,4/10,5)^2 = 0,0257 \text{ Ом.}$$

Тепер за формулою (6.1.) визначаємо струми КЗ у вищезгаданих точках.

$$I_1 = U_{ном.мер} / \sqrt{3} \cdot x_1 = 10/1,73 \cdot 3,39 = 1,7 \text{ кА.}$$

$$I_2 = U_{ном.мер} / \sqrt{3} \cdot x_2 = 10/1,73 \cdot 3,56 = 1,62 \text{ кА.}$$

$$I_3 = U_{ном.мер} / \sqrt{3} \cdot x_3 = 10/1,73 \cdot 3,974 = 1,45 \text{ кА.}$$

$$I_4 = U_{ном.тр-ра1} / \sqrt{3} \cdot x_{4прив.} = 0,4/1,73 \cdot 0,0178 = 12,95 \text{ кА.}$$

$$I_5 = U_{ном.тр-ра2} / \sqrt{3} \cdot x_{5прив.} = 0,4/1,73 \cdot 0,0257 = 8,98 \text{ кА.}$$

За формулою (6.2.) визначаємо ударні струми КЗ у точках 1-5:

$$i_{y1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_1,$$

$$\text{де } k_y = 1 + e^{-(0,01/T)} = 1 + e^{-(0,01/0,065)} = 2,627.$$

$$i_{y1} = 2,627 \cdot 1,7 = 4,47 \text{ кА}$$

$$i_{y2} = 2,627 \cdot 1,62 = 4,26 \text{ кА}$$

$$i_{y3} = 2,627 \cdot 1,45 = 3,82 \text{ кА}$$

$$i_{y4} = 2,627 \cdot 12,95 = 34,02 \text{ кА}$$

$$i_{y5} = 2,627 \cdot 8,98 = 23,59 \text{ кА.}$$

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

## 6.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

### Вибір кабелів 10 кВ

Згідно з [9] перерізи силових кабелів повинні перевірятися по економічній щільності струму.

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} , \quad (6.6)$$

$I_p$  - розрахунковий струм;

$j_{ек}$  - нормоване значення економічної щільності струму А/мм<sup>2</sup>.

Переріз, що отриманий в результаті розрахунку, приймається як ближчий стандартний.

Прийнята ж площа перерізу повинна задовільняти певним вимогам:

1. Допустимому струмовому навантаженню по нагріву провідника:

$$I_p \leq K_{п} \cdot I_{доп} , \quad (6.7)$$

$I_{доп}$  - тривало допустимий струм за умовою нагріву;

$K_{п}$  - поправковий коефіцієнт щодо кількості працюючих кабелів.

2. Перевірка по умові роботи у аварійному режимі:

$$I_{р.ав} \leq K_{ап} \cdot K'_{п} \cdot I_{доп} , \quad (6.8)$$

$K'_{п}$  - поправковий коефіцієнт щодо кількості кабелів у післяаварійному режимі;

$K_{ап}$  - допустимий коефіцієнт аварійного перевантаження;

$I_{р.ав}$  - розрахунковий струм у кабелі в аварійному режимі.

3. Перевірка на термічну стійкість:

$$F_{min} = \sqrt{B_K / C} , \quad (6.9)$$

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

C - розрахуночний термічний коефіцієнт; для кабелів з Al жилами в бумажній ізоляції  $C = 94 \text{ A} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$  при напрузі відповідно 10 кВ;

$B_k$  - тепловий імпульс.

$$B_k = I_{п.о.}^2 \cdot (t_{відк.} + T_a), \quad (6.10)$$

Приклад. Для розрахункової схеми, зображеної на рис.6.1. Переріз кабелю КЛ-1 (ЦРП - ТП-1).

Розрахунковий струм в кабелі:

$$I_p = S_p / n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном} = 1047 / 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 = 30,2 \text{ A}$$

Розрахунковий струм в кабелі у аварійному режимі:

$$I_{р.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 30,2 = 60,4 \text{ A}$$

Переріз за формулою (6.6):

$$F_{ек} = I_p / j_{ек} = 30,2 / 1,25 = 24,2 \text{ мм}^2$$

$j_{ек} = 1,25$  визначене згідно [9] при  $T_m < 5000$  год/рік.

Приймаємо кабель

ААШВ (3х35):  $F = 35 \text{ мм}^2$ ,  $I_{доп} = 115 \text{ A}$ .

Перевіряємо за вказаними вище умовами:

$$I_p \leq K_{п} \cdot I_{доп} \quad : \quad 30,2 \text{ A} < 0,92 \cdot 115 = 105,8 \text{ A}$$

$$I_{р.ав} \leq K_{ап} \cdot K'_{п} \cdot I_{доп} \quad : \quad 60,4 \text{ A} < 1,25 \cdot 1 \cdot 115 = 143,7 \text{ A},$$

$$F_{min} = \sqrt{B_k / C} = \sqrt{8,12 \cdot 10^6 / 94} = 30,31 \text{ мм}^2$$

$$\text{де } B_k = I_{п.о.}^2 \cdot (t_{відк.} + T_a) = 1,7^2 \cdot (2,55 + 0,26) = 8,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Обираємо аналогічно інші кабелі системи електропостачання підприємства, розрахунки зводимо до табл. Д 6.1.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

### 6.3 Вибір електрообладнання

#### *Вибір вимикачів.*

Вибір високовольтних вимикачів виконується по наступним параметрам:

- по напрузі встановлення :

$$U_{вст} \leq U_{ном} \quad (6.11)$$

- по тривалому струму :

$$I_{норм} \leq I_{ном} ; I_{max} \leq I_{ном} \quad (6.12)$$

- по відключаючій здатності.

В першу чергу на симетричний струм відключення:

$$I_{п.т} \leq I_{відк.ном} \quad (6.13)$$

Потім на можливість відключення аперіодичної складової струму К.З.:

$$i_{а.т} \leq i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{відк.ном} , \quad (6.14)$$

$$\tau = t_{з.мін} + t_{в.в} , \quad (6.15)$$

$t_{з.мін} = 0,01$  с - мінімальний час дії релейного захисту [10];

$t_{в.в.}$  - власний час відключення даного вимикача.

Якщо умова (6.13) виконується, а (6.14) ні, то дозволяється перевірка по відключаючій здатності на повний струм к.з.:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{п.т} + i_{а.т}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{відк.ном} (1 + \beta_H) \quad (6.16)$$

По здатності на включення перевірка виконується за умовою:

$$i_y \leq i_{вкл} ; I_{п.о} \leq I_{вкл} , \quad (6.17)$$

$i_y$  - ударний струм к.з.;

$I_{п.о}$  - початкове значення періодичної складової струму к.з.;

$I_{вкл.}$  - номінальний струм включення;

$i_{вкл.}$  - найбільший піковий струм включення.

На електродинамічну стійкість:

$$I_{п.о} \leq I_{гр.ск} ; i_y \leq i_{гр.ск} \quad (6.18)$$

На термічну стійкість:

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}, \quad (6.19)$$

$B_k$  - тепловий імпульс струму к.з.;

$I_{\text{тер}}$  - струм термічної стійкості;

$t_{\text{тер}}$  - час протікання цього струму.

Таким чином на вводах 10 кВ ЦРП обираємо вакуумні вимикачі типу ВР1. Розрахунки по вибору й перевірці вимикача наведено в табл. Д 6.2.

Очевидно, що вибрані нами вимикачі будуть задовольняти усім умовам, якщо будуть встановлені й на фідерах ЦРП 10 кВ

Усі обрані вимикачі встановлені в комірці комплектних розподільчих пристроїв КРП внутрішньої установки типу КРЗ – 10, виробництво РЗВА.

Параметри шафи із вакуумними вимикачами ВР1 -20/630 УЗ:

- номінальна напруга 10,0 кВ;
- номінальний струм головних кіл 630,0 А;
- стійкість головних кіл при наскрізних струмах:
  - термічна на протязі 3с. 20,0 кА
  - електродинамічна 52,0 кА
- номінальний струм відключення вимикачів 20,0 кА

### ***Вибір розрядників (ОПН)***

Захист трансформаторів від перенапруг досягається встановленням обмежувачів перегапруги.

Обираємо обмежувачі типу ОПН-10 для захисту трансформаторів напруги.

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

Потужність трансформаторів власних потреб (ТВП) обирається по своїх навантаженням власних потреб із урахіванням коефіцієнтів завантаження та одночасності.

Власне навантаження власних потреб визначається за орієнтовними даними [6]. Для двигунів приймається  $\cos\phi = 0,82$  та визначається  $Q_{\text{вст}}$  й розрахункове навантаження:

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

$$S_{розр} = K_c \cdot \sqrt{P_{вст}^2 + Q_{вст}^2}, \quad (6.20)$$

$K_c$  - коефіцієнт попиту, що враховує коефіцієнти одночасності та завантаження ( $K_c = 0,80$ ).

Потужність ТВП обирається, виходячи з умови:

$$S_{тр} \geq S_{розр} / 1,4 \quad (6.21)$$

Таблиця 6.4 Навантаження власних потреб

| Вид споживачів                                 | Встановлена потужність  |             |
|--|-------------------------|-------------|
|  | Одиниці кВт × кількість | Всього, кВт |
| Підігрів комірок                               | 1×5,0                   | 5,0         |
| Навантаження, що споживають оперативні ланцюги | 2,0                     | 2,0         |
| Всього   |                         | 7,0         |

Згідно (6.21):

$$S_{тр} \geq S_{розр} / 1,4 : 25 \text{ кВА} > 4 \text{ кВА}$$

$$\text{де } S_{розр} = K_c \cdot \sqrt{P_{вст}^2 + Q_{вст}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{7^2 + 0^2} = 5,6 \text{ кВА.}$$

Обираємо трансформатор ТМ-25/10 з такими параметрами:  $S_{ном} = 25,0$  кВА;  $U_{ВН} = 10,0$  кВ;  $U_{НН} = 0,40$  кВ;  $\Delta P_x = 0,130$  кВт;  $\Delta P_k = 0,130$  кВт;  $U_k = 4,50\%$ ;  $I_x = 3,20\%$ .

При підключенні одного трансформатора  $K_3 = 7/25 = 0,28$ .

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

## 7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ЗАХИСТ ВІД ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖАХ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ

Застосування мереж з ізолюованою нейтраллю пов'язано з високим рівнем перенапружень і складністю організації релейного захисту від замикань на землю (РЗЗЗ). Застосування компенсації ємнісних струмів замикання на землю при використуванні ДГР з малодискретним східчастим регулюванням має низьку ефективність. Все більше має широке вживання резистивного заземлення нейтралі, у тому числі, комбінованого для мереж з компенсацією струмів ємностей.

Аналіз особливостей перехідних процесів при замиканнях на землю в мережах з різними способами заземлення нейтралі показав, що виконані раніше дослідження і розробки явно недостатньо враховували можливість зміни параметрів режиму замикання на землю, особливо, при розвитку процесу у внутрішній, переважно кабельній ізоляції. При аналізі розвитку процесу на прикладі пошкодження поясної ізоляції кабелів 6 – 10 кВ можливо виділити декілька етапів розвитку замикання:

- початкова фаза процесу передпробійного стану з одиничними пробоями, що самоусуваються, без пошкодження оболонки кабелів;
- режим безперервних імпульсних пробоїв з руйнуванням оболонки і горінням переміжної дуги при зміні пробивної напруги;
- перехід до стійкого горіння дуги з синусоїдальним струмом.

Найбільш детально досліджувалася на фізичній моделі мережі друга фаза процесу.

Встановлений складний характер зміни перенапружень на непошкоджених фазах мережі. Відомо також, що рівень дугових перенапружень залежить від рівня пробивної напруги дугового проміжку, тому були проведені розрахунки максимальних перенапружень  $U_{\text{ПЕР}}$  у функції електричної

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

міцності проміжку  $U_{\text{пр}}$  і горінні дуги по теорії Петерсена і була отримана крива зміни  $U_{\text{пр}}(t)$  в процесі розвитку місця пошкодження (див. Рис. 1).

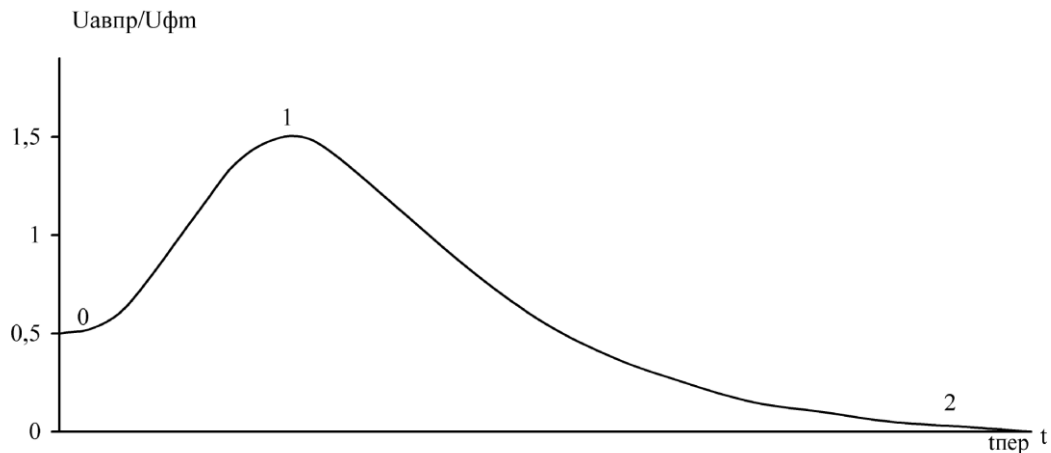


Рис. 7.1. – Якісний характер зміни пробивної напруги дугового проміжку

Аналіз експериментальних даних дозволив побудувати гіпотезу розвитку пошкодження у внутрішній ізоляції, засновану на тепловій моделі процесу. Приймається до розгляду два чинники, що впливають на електричну міцність проміжку: процес виділення енергії в місці пошкодження і відповідна зміна рухливості провідних частинок. При допущенні про постійність потужності дуги і про експоненціальне збільшення площі контакту дуги з навколишньою ізоляцією через збільшення розміру пошкодження, маємо експоненціальний характер зменшення кількості енергії, що доводиться на одиницю площі ізоляції в зоні дуги  $P_{\text{уд}}(t) = P_{\text{уд}0} e^{-\frac{t}{T}}$ . Отже, можна вважати, що рухливість провідних частинок  $\Delta$ , що обусловлює рівень пробивної напруги росте з ростом температури прогрівання і також має в ході розвитку пошкодження експоненціальний характер

$$\Delta = \Delta_0 + P_{\text{уд}0} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (7.1)$$

Очевидно, що електрична міцність дугового проміжку тим більше, чим глибше всередину ізоляції викидаються провідні частинки. Глибина їх

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

викиду залежить від тиску в каналі дуги і в'язкості середовища (рухливості частинок). Оскільки тиск в каналі дуги пропорційно питомої потужності, а глибина викиду провідних частинок пропорційна їх рухливості, можна припустити, що міцність дугового проміжку пропорційна твору  $P_{уд}(t)$  і  $\Delta(t)$

$$U_{ГР}(t) \equiv K_1 P_{уд}(t) * K_2 \Delta(t) \quad (7.2)$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – коефіцієнти пропорційності.

Тоді якісний характер пробивної напруги можна представити у вигляді

$$U_{ГР}(t) = A e^{-\frac{t}{T}} B \left( e^{-\frac{t}{T}} - e^{-\frac{2t}{T}} \right) + C e^{-\frac{t}{T}}, \quad (7.3)$$

де  $A$  – чинник питомої потужності дуги;

$B$  – чинник рухливості провідних частинок;

$C$  – рухливість на початку процесу.

Вид цієї аналітичної залежності, приведеної на рис. 7.2, якісно співпадає з експериментальною (рис. 7.1), що свідчить про несуперечність запропонованої теоретичної моделі процесу.

В світлі запропонованої теплової гіпотези розвитку процесу замикання на землю були проаналізовані особливості перехідних процесів в мережах з різними способами заземлення нейтралі. Відзначено, що в розгалужених мережах з ізольованою нейтраллю через електричну віддаленість місця замикання від джерела найвірогідніші значення коефіцієнта демпфування відповідають слабкій коливальності процесу аж до аперіодичного.

Як показують розрахунки струмів замикання при різних значеннях активного опору в нейтралі, перевод мережі в режим резистивного заземлення нейтралі з рівнем  $I_A \approx I_C$  до якісної зміни режиму горіння дуги в переміжній фазі не приводить. Цей висновок виходить з аналізу впливу величини активного струму нейтралі на криву струму замикання. При накладенні такого активного струму ( $I_A \approx I_C$ ) практично не змінюються ні амплітуда, ні діюче значення, ні момент переходу високочастотної складової

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

через нульове значення на початку коливальної фази процесу, як показано на рис. 7.3. Це представляється особливо важливим для механізмів гасіння дуги на високочастотних складових струму замикання (теорії Петерсена і Беякова) і пов'язаних з небезпечними перенапруженнями. Поширена думка про швидкий перехід замикання в сталу фазу при накладенні в зв'язку з цим представляється необгрунтованою.

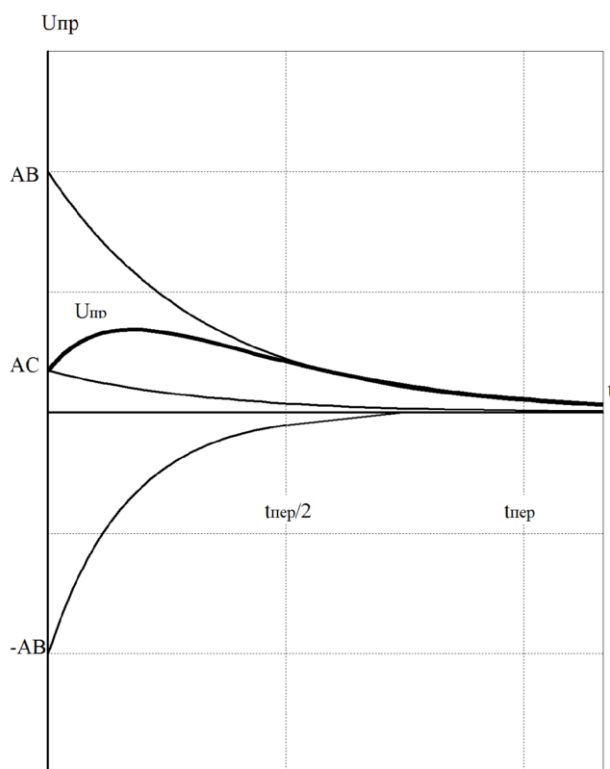
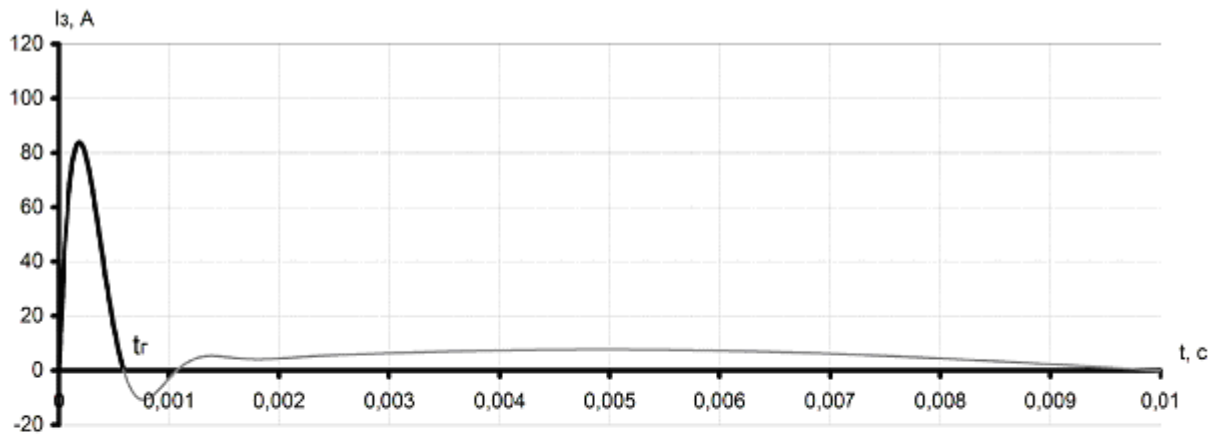


Рис. 7.2.

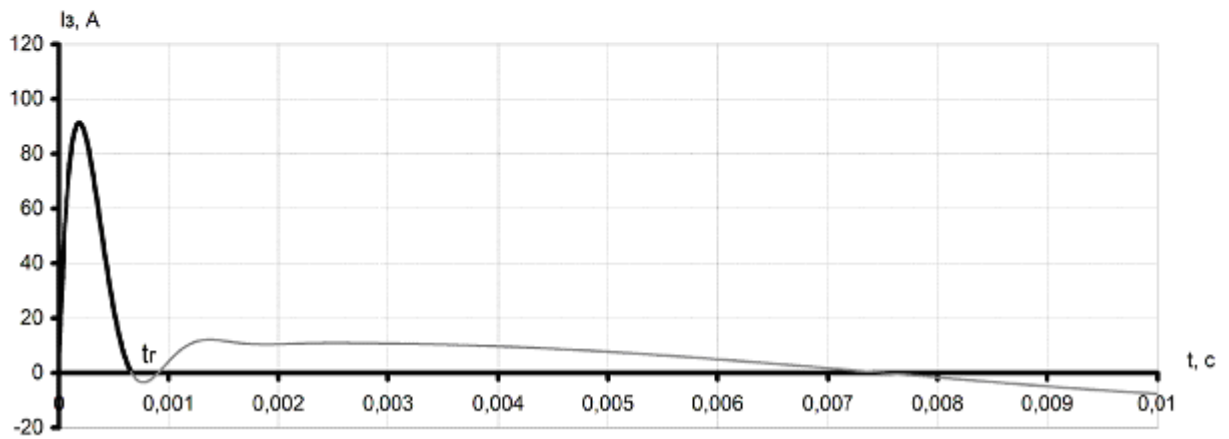
Проте при сильному демпфуванні, характерному для розгалужених мереж, вплив активної складової струму замикання може стати визначаючим вже при  $I_A = 2I_C$ . Струми замикання на землю в таких випадках на високочастотній фазі процесу можуть не переходити через нульове значення, а отже, гасіння дуги може відбуватися тільки на примушеній складовій, що різко змінює умови функціонування РЗЗЗ. Крім того, значне зниження амплітуд імпульсів струму замикання через обмежувальну дію резистора в нейтралі знижує рівень дугових перенапружень в 1,28 – 1,45 раз. Тому дія імпульсного струму замикання на місце пошкодження помітно знижується в

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

порівнянні з режимом ізольованої нейтралі з відповідною зміною часу переходу дуги в стійку фазу горіння.



а)



б)

а) – для мережі з ізольованою нейтраллю; б) – при накладенні активного струму  $I_A \approx I_C$

Рис. 7.3 – Криві струму замикання на землю

Накладення активного струму достатньої величини від резистора, як показали розрахунки, дозволяє перетворити процес горіння дуги з імпульсного в п'ятидесятигерцовий, минувши стадію розвитку місця пошкодження тільки за рахунок відповідного зсуву кривої струму замикання. Такий якісний перехід можливий вже при накладенні активного струму, тому подальше збільшення  $I_A = (4 - 6)I_C$ , наприклад, рекомендоване для мереж власних потреб електростанцій недоцільно, оскільки лише збільшує розміри пошкодження.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

Таким чином, для мереж 6 – 10 кВ із струмами замикання в одиниці ампер можна запропонувати низькоомне заземлення нейтралі, що забезпечує  $I_A = (4 - 6)I_C$ . При цьому необхідно враховувати обмеження на величину максимально допустимого струму замикання, встановлюване ПУЕ.

Для мереж з компенсованою нейтраллю через велику енергію імпульсу струму замикання і високої швидкості його зміни у момент переходу через нульове значення гасіння на високочастотній складовій набагато менш ймовірно, ніж в мережах з ізольованою нейтраллю і з малими струмами замикання на землю. Тому були проведені розрахунки струмів замикання в припущенні гасіння дуги на вимушеній п'ятидесятигерцової складовій. Як відомо, при такому механізмі гасіння можливо глибоке насичення ДГР і відповідна зміна характеру струму замикання. Показано, що при несприятливій фазі виникнення чергового замикання в режимі переміжного горіння дуги можливо глибоке насичення ДГР і відповідне різке збільшення струму в місці пошкодження. Кратність струму ДГР в частках від номінального в режимі насичення досягає 5 – 6, а струму замикання на землю – 4 – 5. При цьому очевидно різко змінюються умови електробезпеки, умови функціонування захистів від замикань на землю і процес розвитку замикання.

Комбіноване заземлення нейтралі через паралельно включені ДГР і захисний резистор забезпечує обмеження дугових перенапружень при переміжному характері горіння дуги за рахунок штучного демпфування процесу відновлення напруги на пошкодженій фазі і до помітного збільшення струму замикання не приводить. Проте при стійкому характері горіння дуги наявність захисного резистора збільшує струм в місці пошкодження і при обліку вимог по максимально допустимій величині струму замикання по ПТЕ область вживання цього способу заземлення нейтралі виявляється сильно обмеженою.

Проведений аналіз особливостей процесу розвитку замикання на землю в мережах з резистивним заземленням нейтралі Показав, що на відміну від процесів в мережі з ізольованою нейтраллю кількісно час переходу в стійку

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

фазу і крива  $U_{\text{ПЕР}}(t)$  дещо змінюються із збереженням якісного характеру процесу. Так, час переходу в стійку фазу за наявності резистора в нейтралі може зменшуватися на 30 – 50%, а крива  $U_{\text{ПЕР}}(t)$  принципово не перевершує значень, характерних для першого циклу «запалення – гасіння» -  $2,4 - 2,5 U_{\text{Фм}}$ .

Звідси витікає, що режим переміжного горіння закритої дуги з імпульсними струмами є принципово короткочасним, а за наявності резистора в нейтралі ця тимчасова залежність помітно деформується. Час переходу дуги в стійку фазу з синусоїдальним струмом складає не більше декількох десятків секунд, і ця обставина повинна бути врахована, перш за все, при розробці алгоритмів роботи автоматичних пристроїв управління режимом нейтралі і при визначенні характеристик заземлюючого резистора. Накладення активного струму в режимі стійкого горіння дуги часто недоцільно, і при нагоді організації управління резистором, його енергоємність може визначатися тільки часом існування переміжного режиму дуги.

В режимі стійкого замикання на землю, як відомо, перенапруження по абсолютній величині не перевершують лінійної напруги, проблеми функціонування РЗЗЗ, в основному, розв'язуються за допомогою нескладних реле, і якщо величина струму замикання не перевищує нормованого ПТЕ значення, нейтраль мережі може бути некерованою.

Друга стадія є складним перехідним процесом з тими, що змінюються в часі і в широких межах параметрами схеми заміщення. Ця стадія процесу продовжується одиниці – десятки секунд. При цьому змінюються не тільки параметри режиму замикання, але і нерідко схема мережі через відключення ліній релейним захистом. Тому режим нейтралі при використуванні некерованих заземлюючих резисторів можна вважати неоптимальним.

У стадії переміжного горіння заземлюючої дуги у внутрішній ізоляції перехід до режиму стійкого горіння йде із зміною параметрів управління і з різною швидкістю залежно від величини струму місткості замикання на

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

землю, напрями викиду продуктів горіння дуги, герметичності місця пошкодження і т. д. Тому задати логіку дії релейного захисту і автоматики на базі традиційно вживаних фіксованих уставок по всіх параметрах для ефективного управління не представляється можливим.

Резистивне заземлення нейтралі, засноване в даний час на постійному підключенні нерегульованих резисторів, переслідує дві цілі: обмеження дугових перенапружень і підвищення селективності РЗЗЗ.

Ці резистори можуть бути включені як безпосередньо в нейтраль силового трансформатора мережі, так і на стороні низької напруги спеціального приєднувального трансформатора.

Дискусійним залишається лише питання про вибір величини цього резистора, оцінюваної часто як кратність активного струму  $I_A$ , що накладається, в частках від струму ємності замикання  $I_C$  і полягаюча в межах 0,25–4,0. Такий широкий діапазон можливих кратностей пояснюється суперечністю вимог до величини  $I_A$  в різних умовах. Так, з метою підвищення чутливості захистів від замикань на землю з вимірювальним органом, що використовує сигнал, пропорційний  $3U_0$ , пропонується обмежити величину активного струму, що накладається, значенням 0,25–0,35  $I_C$ . Для забезпечення умов електробезпеки величина активного струму може складати 0,5–0,9  $I_C$ , що близько до відомої умови обмеження дугових перенапружень  $I_A = I_C$ . За умов надійності роботи захистів від замикань на землю величина  $I_A$ , що рекомендується, набагато вище і складає (3–4)  $I_C$ , проте при цьому різко зростають розміри пошкодження і зникає головна перевага мереж з ізольованою нейтраллю – можливість тривалого існування режиму замикання. Крім того, в умовах безперервної зміни в широких межах величини ємності мережі нерегульований резистор малоефективний.

Для випадків, коли навіть короткочасне існування режиму замикання на землю по яких-небудь міркуваннях, наприклад, зважаючи на наявність машин, що обертаються, або з умов електробезпеки, небажано, використовується низькоомне заземлення нейтралі. При цьому величина

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

активного струму, що накладається, як відомо, досягає 8–10 кратної величини по відношенню до струму ємності замикання. Досвід експлуатації РЗЗЗ при низькоомному заземленні нейтралі показав у багатьох випадках явну надмірність дії активної складової. Вживання принципу керованості резистивним заземленням нейтралі в подібних випадках може поліпшити характер процесу і мінімізувати розміри пошкодження.

Змінюючи величину активного струму, що накладається, в режимі замикання можна перевести процес переміжного горіння в стійкий за час, набагато менший часу природного переходу режиму в стійку фазу і без зайвих пошкоджень.

При розробці алгоритму управління резистором тут необхідно враховувати наступні міркування:

- накладення активного струму починається з деякого мінімального значення, достатнього для обмеження дугових перенапружень, і швидко збільшується аж забезпечення переходу режиму замикання в стійку фазу;
- збільшення активного струму припиняється з моменту переходу до стійкого горіння дуги;
- накладення активного струму припиняється взагалі через час, необхідний для спрацьовування РЗЗЗ.

Збільшення активної складової струму замикання в режимі переміжного горіння дуги, як було показано вище, може забезпечити примусове стійке горіння дуги за рахунок того, що миттєве значення вільного струму замикання в перехідному процесі не переходить нульового значення, і кожне чергове гасіння дуги може відбуватися тільки на вимушеній п'ятидесятигерцовій складовій. При цьому, як відомо, прості струмові захисти з вхідними фільтрами (типу РТЗ-51) функціонують цілком задовільно.

Величина активного струму, що накладається, для забезпечення стійкого режиму горіння дуги залежить від ступеня демпфування коливань

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

вільної складової струму замикання і може бути істотний різний в одній і тій же мережі залежно від місця замикання. Саме тому виявляється доцільним безперервне збільшення активного струму в ході процесу до досягнення стійкого режиму. Цей режим зважаючи на небезпеку надмірних руйнувань не повинен існувати тривало і припиняється через мінімальний час, необхідний для забезпечення селективності РЗЗЗ.

Реалізувати описану логіку управління резистором можна за допомогою пристрою, принципова схема якого була показана на рис. 7.4. На рисунку були прийняті наступні позначення: 1 – однофазний приєднувальний трансформатор пристрою заземлення нейтралі; 2 – пристрій резистивного багатоступінчатого заземлення нейтралі; 3 – блок визначення режиму замикання на землю; 4 – пристрій вимірювання струму ємності замикання на землю мережі; 5 – інтегратор; 6 – суматор; 7 – АЦП; 8 – елемент «ЧАС».

Пристрій працює таким чином. В нормальному режимі, який ідентифікується блоком визначення режиму замикання на землю 3, сигнал з виходу блоку запускає пристрій вимірювання величини струму місткості замикання на землю 4, на виході якого утворюється сигнал, пропорційний струму ємності мережі. Сигнал з виходу цього пристрою подається на один з входів суматора 6. На другому вході суматора 6 сигнал відсутній, оскільки на вхід інтегратора 5 в нормальному режимі сигналу з виходу блоку 3 не поступає, а сигнал «скидання» з іншого виходу блоку 3 обнуляє сигнал на виході інтегратора 5. Таким чином, на вхід АЦП 7 поступає сигнал, пропорційний  $I_c$ , і комбінація сигналів на виході АЦП забезпечує необхідну величину опору пристрою заземлення, вибрану по умові  $I_A = I_c$ . При будь-якій зміні ємності мережі відбувається автоматична зміна величини активного струму, що забезпечує оптимальність обмеження дугових перенапружень.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

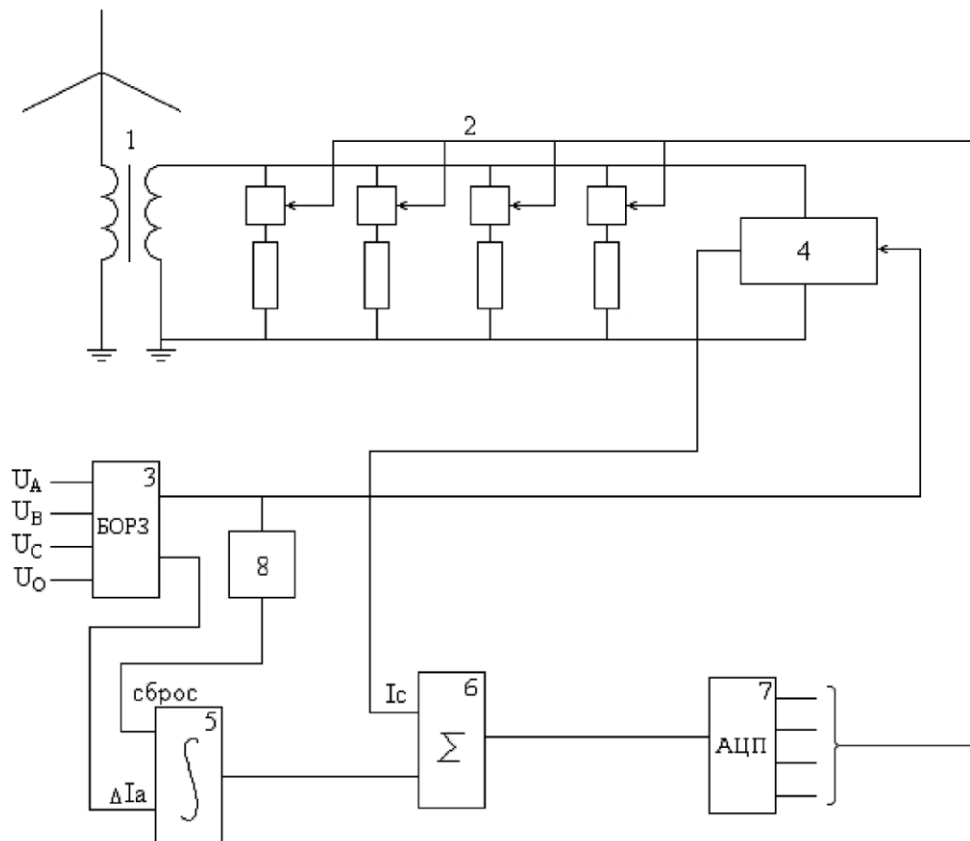


Рис. 7.4. Принципова схема управління резистором

При виникненні режиму замикання на землю з виходу блоку 3 подається сигнал на вхід інтегратора і починається його заряд із збільшенням сигналу на другому вході суматора 6, зміною комбінації сигналів АЦП і відповідним збільшенням активного струму пристрою 2. Збільшення активного струму може відбуватися до граничного значення струму пристрою заземлення. Під час переходу режиму замикання в стійку фазу, визначуваному за допомогою блоку 3, через витримку часу блоку 8 відбудеться скидання інтегратора і відповідне зменшення величини активного струму, що накладається, до значення  $I_a = I_c$ .

Широкі можливості управління резистивним заземленням нейтралі дозволяють не тільки забезпечити оптимальне управління процесом, але і підійти до вибору параметрів резисторів з урахуванням особливостей режимів замикання в різних експлуатаційних умовах. Так, для випадків пошкодження внутрішньої ізоляції, наприклад, кабельної, характерні

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

особливості поведінки якої були описані на чолі 2, за рахунок оптимального управління можна різко понизити величину що виділяється в резисторі енергії, а отже, зменшити його вартість.

Проведений аналіз поведінки РЗЗЗ в умовах резистивного заземлення нейтралі, у тому числі при імпульсному управлінні резистором, показав можливість деякого поліпшення селективності при використуванні високоомного резистивного заземлення. Проте для надійності функціонування РЗЗЗ представляється доцільним використання управління резистором з накладенням активного струму дозованої величини в певний момент часу.

Процес розвитку замикання на землю в компенсованій мережі протікає з тими ж закономірностями, що і в мережі з ізольованою нейтраллю, проте може бути розтягнутим в часі через набагато більш низьку скважність імпульсів струму замикання, що визначає його діюче значення. Скважність імпульсів тут, як відомо, залежить від розладу компенсації і змінюється в широких межах. В мережі з комбінованою нейтраллю слід чекати зменшення шпаруватості імпульсів струму, і відповідно, збільшення швидкості відновлення напруги пошкодженої фази за наявності резистора в нейтралі, особливо на падаючій частині кривої  $U_{\text{пр}}(t)$ .

Початковий потік в магнітопроводі ДГР визначається миттєвим значенням напруги на нейтралі у момент чергового замикання, яке в процесі відновлення напруги на пошкодженій фазі також може бути довільним.

При несприятливих фази замикання і значенні початкового магнітного потоку можливо глибоке насичення магнітопроводу ДГР і відповідне збільшення струму компенсації в 5–7 разів в порівнянні із сталим струмом, що принципово міняє характер горіння дуги. Небезпека розвитку пошкодження з переходом однофазного замикання в міжфазне КЗ при цьому різко зростає, змінюються умови функціонування РЗЗЗ. Тому чинники, що впливають на насичення, були розглянуті більш детально.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

Для циклу “запалення-гасіння”, зображеного на рис. 7.5, було отримано, що максимальне насичення виникає при  $t = 0,035$ с після чергового згасання дуги. Тут чинник  $a + b = 1,8$ , фаза виникнення щодо ЕРС джерела живлення  $\psi = 99^{\circ}$ , а початковий потік  $\Phi_0 = 0,785$ . Криві струму замикання і струму ДГР для цього випадку були показані на рис. 7.6.

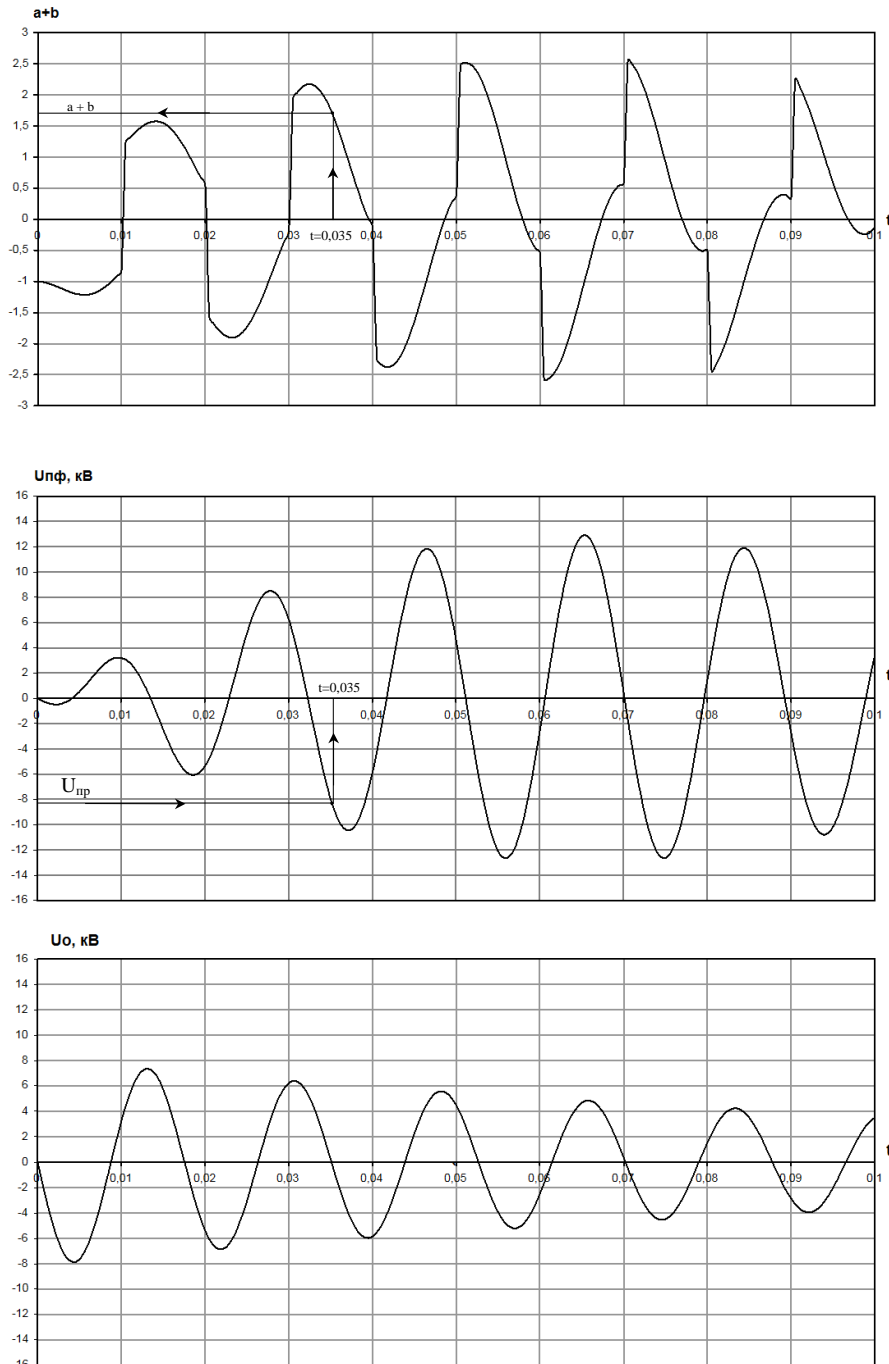
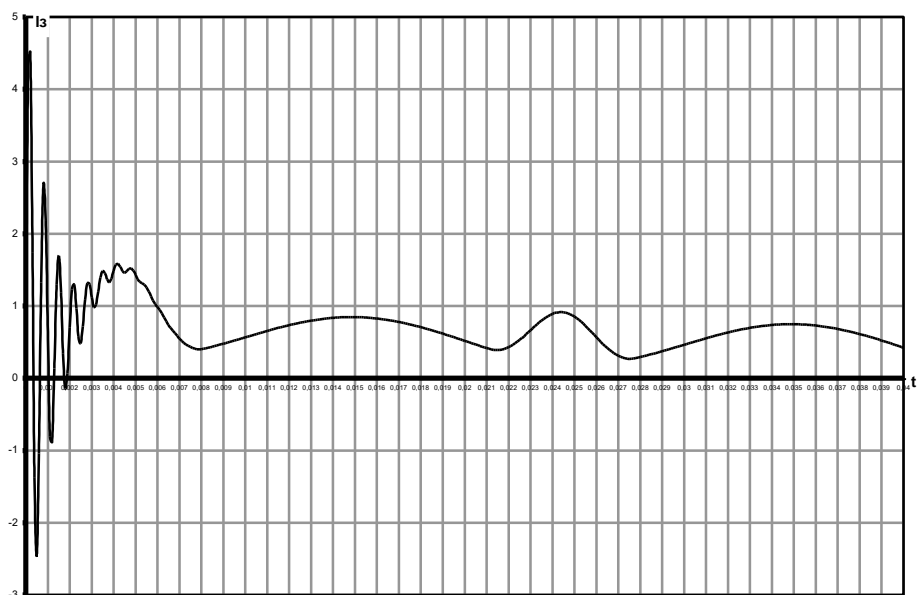
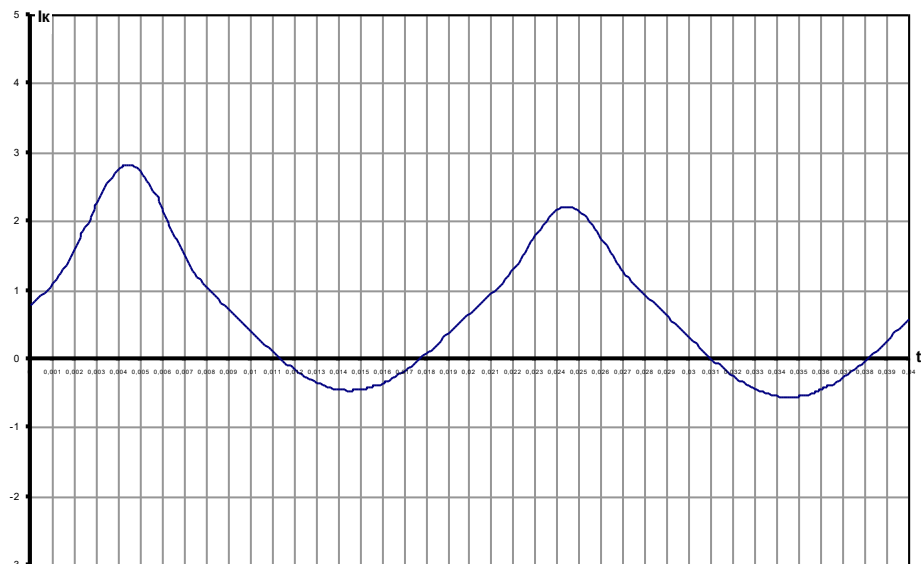


Рис. 7.5.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.



$$\Psi = 99 \quad \Phi_0 = 0,785 \quad K = 1,3 \quad d = 0,05 \quad t = 0.035$$

Рис. 7.6

Подібні розрахунки були проведені і для мереж з комбінованим заземленням нейтралі. Насичення ДГР в мережі з комбінованим заземленням нейтралі виявляється тими ж закономірностями, що і насичення в компенсованій мережі. Відмінність полягає в тому, що в сильно демпфованому контурі нульової послідовності напруга  $U_0$  і відповідний йому потік  $\Phi_0$  затухають за 1,5–2 періоди, і його вплив на насичення помітно тільки на початку процесу відновлення напруги.

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

Через 0,03–0,04 с. напруга  $U_{ПФ}$  досягає номінального рівня і далі залишається незмінним. При такому характері зміни напруги в часі, що відновлюється, чергове замикання на початку процесу розвитку, коли,  $U_{ПР(0)} \geq U_{НОМ}$  може відбуватися тільки на амплітудному значенні напруги пошкодженої фази. При цьому насичення ДГР відсутнє.

В кінці процесу зниження пробивної напруги на дуговому проміжку при  $U_{ПР(0)} \leq 0,5U_{НОМ}$  насичення ДГР не перевищує 1,2–1,3, тобто стає незначним, і лише в діапазоні  $0,5U_{НОМ} \leq U_{ПР(0)} \leq U_{НОМ}$  існує область можливого насичення.

Так, при найсприятливіших моментах замикання при різних розладах компенсації струми ДГР можуть досягати амплітудних значень близько 2,5–3,0.

Для мінімізації енергоємності і дії резистора на місце пошкодження для управління величиною активного струму, що накладається, запропоновано використовувати інформацію про ступінь розладу компенсації і режим горіння дуги. Потужність блоку резисторів при цьому управляється по двох чинниках: розладу компенсації і режиму горіння дуги, - і при переміжній дузі строго дозована, а в режимі стійкого горіння рівна нулю, тобто блок резисторів відключається.

Управління захисним резистором по запропонованому алгоритму забезпечує зміну величини активного струму, що накладається, при зміні в широких межах схеми мережі, ступені розладу компенсації і режиму горіння дуги. Тому в даній роботі були розглянуті принципи організації швидкодійних пристроїв виявлення розладу компенсації в режимі замикання на землю, призначених для управління захисним резистором.

Тому була розглянута можливість використання альтернативних способів отримання інформації про ступінь розладу компенсації. На основі проведеного аналізу були розроблені принципи функціонування, найпростішим з яких є використання інформації про швидкість

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

наростання напруги на пошкодженій фазі і величині кута між напругою на нейтралі і напругою джерела живлення.

Був запропонований принцип створення замкнутої системи безперервного управління величиною активного струму, що накладається, по двох параметрах: величині відхилення напруги на пошкодженій фазі від номінального рівня і похідної цієї величини. Був розроблений алгоритм функціонування і схема пристрою запропонованого управління.

Алгоритм управління захисним резистором може бути вибраний з наступних міркувань.

В процесі відновлення напруги на пошкодженій фазі після чергового згасання дуги, як відомо, небезпека виникнення перенапружень має місце тільки у разі появи биття. Якщо при битті за допомогою додаткового демпфування захисним резистором виключити можливість збільшення напруги на пошкодженій фазі вище за номінальний рівень, то при повторних запаленнях дуги перенапруження не перевищать  $2,4 - 2,5U_{фн}$ . Включення захисного резистора певної величини, як було показано вище, запобігає перенапруженням, проте, може збільшувати частоту пробойів, а отже, кількість дій перенапружень на ізоляцію. Такий вплив має місце при зниженні пробивних напруг дугового проміжку до рівня нижче за номінального на завершальній стадії процес розвитку замикання. Кількість дій перенапружень при повторних запаленнях дуги в цьому випадку напряму залежить від швидкості відновлення напруги на пошкодженій фазі. У разі, коли  $V=d$ , початкова швидкість відновлення напруги збільшується, а отже і час досягнення  $U_{пф}$  рівня пробивної напруги зменшується в  $\sqrt{2}$  раз. Отже, також в  $\sqrt{2}$  раз збільшується частота дії перенапружень. Нерегульований захисний резистор включається в нейтраль компенсованій мережі без якої-небудь настройки компенсації, і тому можлива ситуація, коли в результаті зміни ємності мережі настройка може стати гострою. Тоді постійно включений захисний резистор, вибраний по максимально можливому розладу може збільшити швидкість відновлення напруги на пошкодженій

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

фазі не в  $\sqrt{2}$ , а в 5 - 6 разів в порівнянні з гострою настройкою з відповідним збільшенням частоти дії перенапружень. Тому на початковій ділянці процесу відновлення напруги дія захисного резистора повинна бути заблокованою. При цьому у принципі не важливо, чи є тенденція до небезпечного перевищення  $U_{ПФ}$  номінального значення при відключеному захисному резисторі, тобто під дією розладу компенсації, або настройка забезпечує повну відсутність перевищення  $U_{ПФ}$  над номінальним значенням. Включення резистора необхідно проводити при рівні  $U_{ПФ}$ , близькому до номінального, в припущенні, що інтенсивність демпфування після його включення може забезпечити безпечний рівень напруги на пошкодженій фазі до моменту повторного запалення дуги.

Такий алгоритм може бути реалізований, наприклад, за допомогою управління резистором по двох параметрах: відхиленню напруги на пошкодженій фазі від номінального рівня і швидкості його зміни – шляхом безперервного (фазового) управління тиристорним комутатором. Схема, що реалізовує описаний алгоритм, була показана на рис. 7.7.

Напруга пошкодженої фази, виявлена за допомогою одного з відомих стандартних блоків, наприклад, випрямляється, фільтрується і подається в обидва канали управління. В каналі по відхиленню напруги пошкодженої фази від робочої фазної напруги походить обчислення управляючої дії пропорційного типу  $\Delta U_{ПФ} = U_{ПФ} - U_{Ф}$ , яке вводиться тільки при позитивному його значенні. Другий канал управління по похідній  $\frac{dU_{ПФ}}{dt}$  працює після диференціювання сигналу і подачі його на суматор, формуючий загальний сигнал управління з можливістю установки необхідних значень коефіцієнтів посилення по загальних входах. Сигнал управління подається на управляючий пристрій, що запускається пороговим блоком тільки при перевищенні рівнем заданої уставки.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

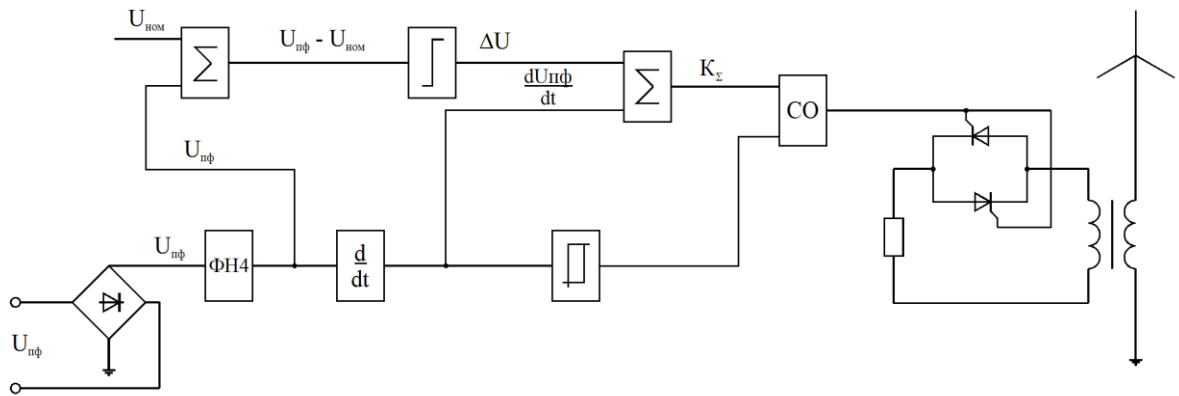


Рис. 7.7. Принципова схема управління резистором по 2-м параметрам

Характер процесу управління захисним резистором був отриманий розрахунковим шляхом і при варіації коефіцієнтів посилення по каналах управління показаний на рис. 7.8.

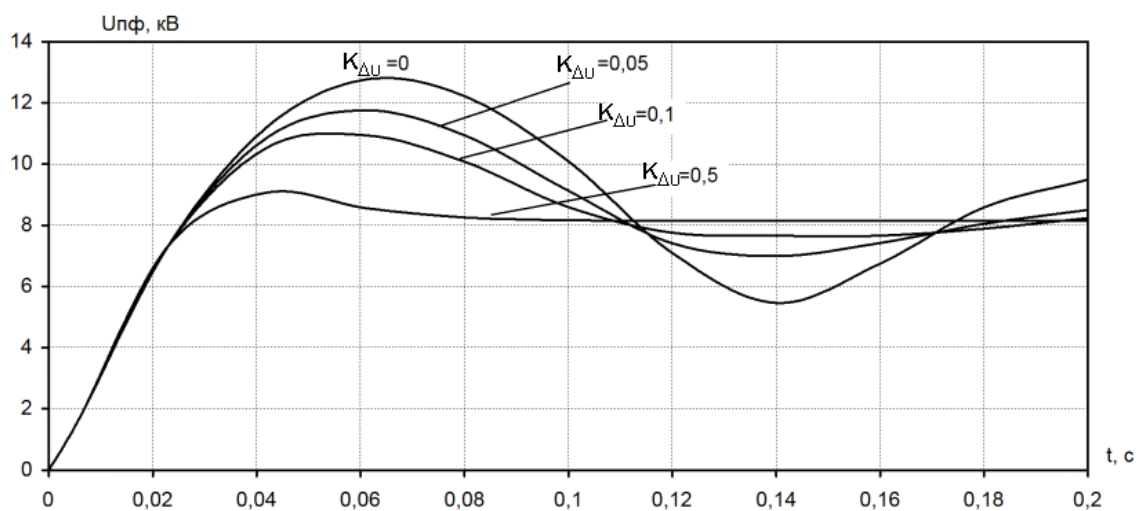


Рис. 7.8.

Ідея пропонованого управління полягає в наступному. Після чергового згасання переміжної дуги у разі виникнення глибокого розладу і пов'язаних з нею биття фазних напруг пропонується не допускати чергового запалення дуги на пошкодженій фазі в мить, коли можуть виникнути небезпечні перенапруження. Для цього достатньо запобігти збільшенню напруги на пошкодженій фазі в процесі биття вище за рівень фазної напруги нормального режиму. Ця умова досягається тим, що в процесі биття після кожного чергового згасання дуги напруга пошкодженої фази порівнюється з

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Арк.

уставкою, рівної фазній напрузі мережі, і у разі перевищення уставки забезпечується швидкодійне включення захисного резистора в контур нульової послідовності. При цьому напруга на нейтралі стає рівною нулю, а напруги на фазах мережі – нормальними фазними, і умов для виникнення максимальних перенапружень не утворюється.

Після переходу струму в резисторі через нуль відбувається його відключення, а при виникненні нового циклу биття процес повторюється. При такій логіці управління напруга на пошкодженій фазі практично не перевершує фазного рівня, що дозволяє пошкодженій ізоляції відновити діелектричну міцність, а отже поліпшити умови дугогасіння.

Комутація захисного резистора може бути здійснена, наприклад, тиристорним комутатором як безпосередньо в нейтралі мережі, так і через знижуючий приєднувальний трансформатор потужністю приблизно 10-15% потужності ДГР, оскільки очікувана скважність імпульсів струму через резистор достатньо велика.

Схема пристрою для реалізації імпульсного управління захисним резистором була показана на рис. 7.9.

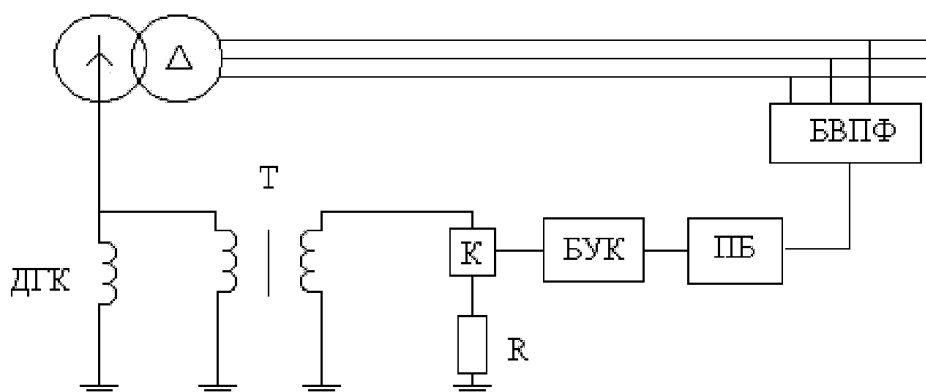


Рис. 7.9. Схема імпульсного управління захисним резистором

В нормальному режимі на виходах блоків вибору пошкодженої фази, порогового і управління комутатором сигнали відсутні, комутатор К

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

розімкнуть і резистор не впливає на параметри контура нульової послідовності.

При стійкому замиканні на землю напруга на пошкодженій фазі близько до нуля, пороговий блок не спрацьовує, резистор знаходиться у відключеному стані і на параметри контура нульової послідовності також не впливає.

При замиканні на землю з дугогасячою котушкою, настроєною в резонанс, напруга на пошкодженій фазі в перехідному процесі не перевершує фазної напруги мережі, і повторні запалення дуги не пов'язані з великими перенапруженнями ( $U_{\text{ПЕР}} \leq 2,5U_{\text{Фм}}$ ).

При помітних розладах компенсації можливо виникнення перенапружень з кратністю 3 -  $3,5U_{\text{Фм}}$ , що, безумовно, представляє небезпеку для ослабленої ізоляції. Характерним в цьому випадку є збільшення напруги на пошкодженій фазі в процесі биття до значень, істотно перевищуючих нормальну фазну напругу (до 1,8 -  $2,0U_{\text{Фм}}$ ). При цьому напруга нейтралі до моменту повторного запалення дуги не встигає зменшитися до рівня, безпечного за умов виникнення максимальних перенапружень на здорових фазах.

Резистор, що включається комутатором в ланцюг струму нульової послідовності, вибирається з умови загасання коливального процесу розряду ємності нульової послідовності мережі за час біля напівперіоду промислової частоти ( $R_3 \leq U_{\text{НОМ}}/I_C \sqrt{3}$ ) по максимально можливому в умовах експлуатації значенню ємності мережі.

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота з проектування системи електропостачання зернового елеватора ґрунтувалася на потребах надійності, економічної доцільності та працездатності з оглядом на перспективи росту навантаження підприємства.

Під час дослідження було підраховано електричне навантаження споживачів підприємства, складено графік електричного навантаження, на основі техніко-економічних розрахунків обрано оптимальну систему електропостачання та режим її функціонування. Для головного розподільного пристрою підприємства було підібрано сучасне високовольтне обладнання та здійснено вимірювання споживання електричної енергії. Також були обрані цехові трансформаторні підстанції та компенсуюче устаткування.

У спеціальному розділі кваліфікаційної роботи було запропоновано захист від замикань на землю в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллю на основі використання адаптивного управління резистором в нейтралі, що забезпечує оптимальну дію процесу.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П.Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н.Ю., Котиш А.І., Величко Т.В.]; – М.-во освіти і науки України, Центральноукр. Нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив –Систем», 2021. – 209 с.
2. Шкрабець Ф.П., Плешков П.Г. Основи електропостачання. Навчальний посібник –Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2010. – 408 с.
3. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П. Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.
4. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків: ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.
5. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. - Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007. – 386 с.
6. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В. Навчальний посібник. Видавець Лисенко В.Ф., м.Кропивницький, 2020р. – 272 с.
7. Черемісін М. М., Мороз О. М., Єгоров О. Б., Швець С. В. Перехідні процеси в системах електропостачання: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. — Харків: ТОВ "В справі", 2016. — 260 с.
8. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І.Несен / За ред. академіка НАН України Г.Г.Півняка. - Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2000. - 597 с.
9. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.
10. Теоретичні основи електротехніки. Перехідні процеси в лінійних колах. Синтез лінійних кіл. Електричні та магнітні нелінійні кола: підручник / Ю. О.

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |



# ДОДАТКИ

|      |      |          |        |      |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
|      |      |          |        |      |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Табл. Д 1.1

## Розрахунок електричних навантажень в мережі до 1000 В.

| Найменування вузлів<br>навантаження | Кількість<br>ЕС | Устан. потужність ЕС,кВт |              | м         | Ки             | cos            | tan          | Середнє навантаження |                 | п <sub>Е</sub> | Км          | Розрахункове навантаження, кВт |                 |                |
|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------|-----------|----------------|----------------|--------------|----------------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------|-----------------|----------------|
|                                     |                 | одного                   | сумарна      |           |                |                |              | P <sub>см</sub>      | Q <sub>см</sub> |                |             | P <sub>p</sub>                 | Q <sub>p</sub>  | S <sub>p</sub> |
| 1                                   | 2               | 3                        | 4            | 5         | 6              | 7              | 8            | 9                    | 10              | 11             | 12          | 13                             | 14              | 15             |
| <b>Елеватор</b>                     |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| <b>Елеватор ( 8 поверх )</b>        |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| Норія№4                             | 4               | 30                       | 120          |           |                | 0,68           | 0,82         | 0,70                 | 81,60           | 56,96          |             |                                | 62,65           |                |
| Аспірація№86                        | 4               | 7,5                      | 30           |           |                | 0,68           | 0,75         | 0,88                 | 20,40           | 17,99          |             |                                | 19,79           |                |
| Вентилятори                         | 2               | 22                       | 44           |           |                | 0,79           | 0,79         | 0,78                 | 34,76           | 26,98          |             |                                | 29,67           |                |
| <i>Всього по 8 поверху</i>          | <i>10</i>       | <i>7,5-40</i>            | <i>194</i>   | <i>5</i>  | <i>0,70495</i> | <i>0,80181</i> | <i>0,745</i> | <i>136,76</i>        | <i>101,925</i>  | <i>10</i>      | <i>1,09</i> | <i>149,1</i>                   | <i>112,1</i>    | <i>186,5</i>   |
| <b>Елеватор ( 7 поверх )</b>        |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| <b>Зерноочисна машина №1</b>        |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| Привод барабана                     | 2               | 4                        | 8            |           |                | 0,79           | 0,74         | 0,91                 | 6,32            | 5,74           |             |                                | 6,32            |                |
| Пиловий шнек                        | 1               | 0,55                     | 0,55         |           |                | 0,79           | 0,76         | 0,86                 | 0,43            | 0,37           |             |                                | 0,41            |                |
| Шлюзовий затвор                     | 1               | 0,75                     | 0,75         |           |                | 0,79           | 0,73         | 0,94                 | 0,59            | 0,55           |             |                                | 0,61            |                |
| Привод клапанних механізмів         | 4               | 0,25                     | 1            |           |                | 0,79           | 0,66         | 1,14                 | 0,79            | 0,90           |             |                                | 0,99            |                |
| <b>Зерноочисна машина №2</b>        |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| Пиловий шнек                        | 1               | 0,55                     | 0,55         |           |                | 0,79           | 0,76         | 0,86                 | 0,43            | 0,37           |             |                                | 0,41            |                |
| Шлюзовий затвор                     | 1               | 0,75                     | 0,75         |           |                | 0,79           | 0,73         | 0,94                 | 0,59            | 0,55           |             |                                | 0,61            |                |
| <i>Всього по 7 поверху</i>          | <i>10</i>       | <i>0,55-4</i>            | <i>11,6</i>  | <i>16</i> | <i>0,79</i>    | <i>0,73332</i> | <i>0,927</i> | <i>9,164</i>         | <i>8,496235</i> | <i>10</i>      | <i>1,09</i> | <i>9,2609</i>                  | <i>9,345859</i> | <i>13,157</i>  |
| <b>Елеватор ( 6 поверх )</b>        |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| Поворотні круги                     | 4               | 1,1                      | 4,4          |           |                | 0,11           | 0,65         | 1,17                 | 0,48            | 0,57           |             |                                | 0,62            |                |
| Аспірація                           | 2               | 7,5                      | 15           |           |                | 0,79           | 0,73         | 0,94                 | 11,85           | 11,09          |             |                                | 12,20           |                |
| Компресор                           | 1               | 2,2                      | 2,2          |           |                | 0,40           | 0,77         | 0,83                 | 0,88            | 0,73           |             |                                | 0,80            |                |
| Цепнік відходів                     | 1               | 2,2                      | 2,2          |           |                | 0,83           | 0,69         | 1,05                 | 1,83            | 1,92           |             |                                | 2,11            |                |
| <i>Всього по 6 поверху</i>          | <i>8</i>        | <i>1,1-7,5</i>           | <i>23,8</i>  | <i>3</i>  | <i>0,63193</i> | <i>0,72459</i> | <i>0,951</i> | <i>15,04</i>         | <i>14,30484</i> | <i>8</i>       | <i>1,09</i> | <i>16,3936</i>                 | <i>15,73532</i> | <i>22,723</i>  |
| <b>Елеватор ( 5 поверх )</b>        |                 |                          |              |           |                |                |              |                      |                 |                |             |                                |                 |                |
| Цепніки                             | 2               | 11                       | 22           |           |                | 0,68           | 0,74         | 0,9089               | 14,96           | 13,60          |             |                                | 14,957322       |                |
| Аспірація№6                         | 2               | 7,5                      | 15           |           |                | 0,68           | 0,75         | 0,88                 | 10,20           | 9,00           |             |                                | 9,90            |                |
| Норія 100                           | 2               | 11                       | 22           |           |                | 0,68           | 0,79         | 0,78                 | 14,96           | 11,61          |             |                                | 12,77           |                |
| Норія 450                           | 1               | 40                       | 40           |           |                | 0,68           | 0,79         | 0,78                 | 27,20           | 21,11          |             |                                | 23,22           |                |
| Конвеєри                            | 3               | 15                       | 45           |           |                | 0,68           | 0,77         | 0,83                 | 30,60           | 25,36          |             |                                | 27,89           |                |
| Аспірація                           | 2               | 7,5                      | 15           |           |                | 0,68           | 0,75         | 0,88                 | 10,20           | 9,00           |             |                                | 9,90            |                |
| Візок конвеєра                      | 3               | 2,2                      | 6,6          |           |                | 0,09           | 0,66         | 1,14                 | 0,59            | 0,68           |             |                                | 0,74            |                |
| Доп Конвеєр                         | 3               | 15                       | 45           |           |                | 0,68           | 0,77         | 0,83                 | 30,60           | 25,36          |             |                                | 27,89           |                |
| Візок доп. конвеєра                 | 3               | 2,2                      | 6,6          |           |                | 0,09           | 0,66         | 1,14                 | 0,59            | 0,68           |             |                                | 0,74            |                |
| Конвеєр№19                          | 1               | 7,5                      | 7,5          |           |                | 0,68           | 0,77         | 0,83                 | 5,10            | 4,23           |             |                                | 4,65            |                |
| Конвеєр№20                          | 1               | 5                        | 5            |           |                | 0,68           | 0,77         | 0,83                 | 3,40            | 2,82           |             |                                | 3,10            |                |
| <i>Всього по 5 поверху</i>          | <i>21</i>       | <i>2,2-40</i>            | <i>225,7</i> | <i>3</i>  | <i>0,61767</i> | <i>0,77571</i> | <i>0,814</i> | <i>139,408</i>       | <i>113,4161</i> | <i>24</i>      | <i>1,11</i> | <i>154,74</i>                  | <i>113,42</i>   | <i>191,86</i>  |

| <b>Підвал елеватора</b>       |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
|-------------------------------|-----------|---------------|--------------|----------|----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| Конвеєр№5                     | 5         | 7,5-15        | 44           |          | 0,31           | 0,77           | 0,83          | 13,64         | 11,30           |           |             |               | 12,43        |               |
| Конвеєр№12                    | 1         | 3-4           | 7            |          | 0,31           | 0,67           | 1,11          | 2,17          | 2,40            |           |             |               | 2,64         |               |
| <b>Всього по підвалу</b>      | <b>4</b>  | <b>3-15</b>   | <b>47</b>    | <b>3</b> | <b>0,33638</b> | <b>0,75557</b> | <b>0,867</b>  | <b>15,81</b>  | <b>13,70686</b> | <b>6</b>  | <b>1,09</b> | <b>17,23</b>  | <b>1,08</b>  | <b>17,27</b>  |
| <b>Котельня</b>               |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Насоси                        | 2         | 15            | 30           |          | 0,59           | 0,77           | 0,8286        | 17,7          | 14,67           |           |             |               |              |               |
| <b>Всього по котельній</b>    | <b>2</b>  | <b>15</b>     | <b>30</b>    | <b>3</b> | <b>0,59</b>    | <b>0,77</b>    | <b>0,8286</b> | <b>17,7</b>   | <b>14,66672</b> | <b>2</b>  | <b>1,26</b> | <b>22,30</b>  | <b>16,13</b> | <b>27,53</b>  |
| <b>Каналізація</b>            |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Насоси                        | 2         | 7,5           | 15           |          | 0,41           | 0,77           | 0,8286        | 6,15          | 5,10            |           |             |               |              |               |
| <b>Всього по каналізації</b>  | <b>2</b>  | <b>7,5</b>    | <b>15</b>    | <b>3</b> | <b>0,41</b>    | <b>0,77</b>    | <b>0,829</b>  | <b>6,15</b>   | <b>5,10</b>     | <b>2</b>  | <b>1,26</b> | <b>7,75</b>   | <b>5,61</b>  | <b>9,56</b>   |
| <b>Насосна</b>                |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
|                               | 1         | 11            | 11           | 3        | 0,59           | 0,82           | 0,698         | 6,49          | 4,530048        | 1         | 1,24        | 8,05          | 4,98         | 9,47          |
| <b>Електроцех</b>             |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Зварювальний трансформатор    | 1         | 4             | 4            |          | 0,35           | 0,65           | 1,17          | 1,40          | 1,64            |           |             |               | 1,80         |               |
| Болгарка                      | 2         | 2,2           | 4,4          |          | 0,15           | 0,73           | 0,94          | 0,66          | 0,62            |           |             |               | 0,68         |               |
| Дрель                         | 2         | 0,75          | 1,5          |          | 0,15           | 0,67           | 1,11          | 0,23          | 0,25            |           |             |               | 0,27         |               |
| <b>Всього по електроцеху</b>  | <b>5</b>  | <b>0,75-4</b> | <b>9,9</b>   | <b>3</b> | <b>0,23081</b> | <b>0,67</b>    | <b>1,096</b>  | <b>2,285</b>  | <b>2,503993</b> | <b>5</b>  | <b>1,21</b> | <b>2,76</b>   | <b>2,75</b>  | <b>3,90</b>   |
| <b>Слюсарна майстерня</b>     |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Токарний станок               | 3         | 0,75-2,2      | 5,15         |          | 0,42           | 0,67           | 1,11          | 2,16          | 2,40            |           |             |               | 2,64         |               |
| Точило                        | 2         | 1,1-4         | 5,1          |          | 0,15           | 0,67           | 1,11          | 0,77          | 0,85            |           |             |               | 0,93         |               |
| <b>Всього по майстерні</b>    | <b>5</b>  | <b>0,75-4</b> | <b>10,25</b> | <b>3</b> | <b>0,28566</b> | <b>0,67</b>    | <b>1,108</b>  | <b>2,928</b>  | <b>3,244229</b> | <b>5</b>  | <b>1,21</b> | <b>3,54</b>   | <b>3,57</b>  | <b>5,03</b>   |
| <b>Елеватор (аетроприюм)</b>  |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Підіймачі ларя                | 4         | 11            | 44           |          | 0,52           | 0,79           | 0,78          | 22,88         | 17,76           |           |             |               | 19,53        |               |
| Конвеєри                      | 5         | 7,5-22        | 49           |          | 0,78           | 0,74           | 0,91          | 38,22         | 34,74           |           |             |               | 38,21        |               |
| Цепніки                       | 4         | 2,5-5,5       | 25           |          | 0,78           | 0,72           | 0,96          | 19,50         | 18,80           |           |             |               | 20,67        |               |
| Аспірація№132                 | 1         | 7,5           | 7,5          |          | 0,78           | 0,72           | 0,96          | 5,85          | 5,64            |           |             |               | 6,20         |               |
| Аспірація№122                 | 1         | 7,5           | 7,5          |          | 0,78           | 0,72           | 0,96          | 5,85          | 5,64            |           |             |               | 6,20         |               |
| <b>Всього по аетроприюму</b>  | <b>15</b> | <b>7,5-22</b> | <b>133</b>   | <b>3</b> | <b>0,69398</b> | <b>0,74531</b> | <b>0,895</b>  | <b>92,3</b>   | <b>82,56826</b> | <b>14</b> | <b>1,09</b> | <b>100,61</b> | <b>82,57</b> | <b>130,15</b> |
| <b>Сушарка ДСП-32</b>         |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Вентилятори гарячої зони      | 1         | 30            | 30           |          | 0,47           | 0,79           | 0,78          | 14,10         | 10,94           |           |             |               | 12,04        |               |
| Вентилятори холодної зони     | 1         | 55            | 55           |          | 0,47           | 0,82           | 0,70          | 25,85         | 18,04           |           |             |               | 19,85        |               |
| КЕП                           | 1         | 1,1           | 1,1          |          | 0,47           | 0,64           | 1,20          | 0,52          | 0,62            |           |             |               | 0,68         |               |
| Норія 100                     | 1         | 11            | 11           |          | 0,47           | 0,76           | 0,86          | 5,17          | 4,42            |           |             |               | 4,86         |               |
| ВВД                           | 1         | 7,5           | 7,5          |          | 0,47           | 0,76           | 0,86          | 3,53          | 3,01            |           |             |               | 3,32         |               |
| <b>Всього по сушарці</b>      | <b>5</b>  | <b>1,1-55</b> | <b>104,6</b> | <b>3</b> | <b>0,47</b>    | <b>0,79866</b> | <b>0,753</b>  | <b>49,162</b> | <b>37,04254</b> | <b>5</b>  | <b>1,25</b> | <b>61,45</b>  | <b>40,75</b> | <b>73,73</b>  |
| <b>Сушарка LAW</b>            |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
| Вентилятори верхні            | 1         | 22            | 22           |          | 0,63           | 0,79           | 0,78          | 13,86         | 10,76           |           |             |               | 11,83        |               |
| Вентилятори нижні             | 1         | 29            | 29           |          | 0,63           | 0,79           | 0,78          | 18,27         | 14,18           |           |             |               | 15,60        |               |
| Вентилятори газової установки | 1         | 2,2           | 2,2          |          | 0,63           | 0,69           | 1,05          | 1,39          | 1,45            |           |             |               | 1,60         |               |
| Компресор                     | 1         | 3             | 3            |          | 0,63           | 0,72           | 0,96          | 1,89          | 1,82            |           |             |               | 2,00         |               |
| <b>Всього по сушарці</b>      | <b>4</b>  | <b>2,2-29</b> | <b>56,2</b>  | <b>3</b> | <b>0,63</b>    | <b>0,78209</b> | <b>0,797</b>  | <b>35,406</b> | <b>28,21119</b> | <b>4</b>  | <b>1,09</b> | <b>38,59</b>  | <b>31,03</b> | <b>49,52</b>  |
| <b>Ліфт</b>                   |           |               |              |          |                |                |               |               |                 |           |             |               |              |               |
|                               | 1         | 11            | 11           | 3        | 0,43           | 0,75           | 0,8819        | 4,73          | 4,171468        | 1         | 1,16        | 5,49          | 4,17         | 6,89          |

|                                  |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
|----------------------------------|----|---------|--------|---|---------|---------|--------|---------|----------|----|------|-------|--------|--------|
| <b>Всього по елеватору</b>       | 97 | 0,25-40 | 868,05 |   | 0,6073  | 0,7758  | 0,813  | 527,183 | 428,787  | 86 | 1,12 | 590,4 | 428,79 | 729,71 |
| <b>Склад №1</b>                  |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Норія 100                        | 1  | 30      | 30     |   | 0,54    | 0,79    | 0,78   | 16,20   | 12,57    |    |      |       | 13,83  |        |
| Стрічковий конвеєр               | 1  | 15      | 15     |   | 0,54    | 0,74    | 0,91   | 8,10    | 7,36     |    |      |       | 8,10   |        |
| ГУАР 30                          | 1  | 22      | 22     |   | 0,54    | 0,77    | 0,83   | 11,88   | 9,84     |    |      |       | 10,83  |        |
| <b>Всього по складу №1</b>       | 3  | 15-30   | 67     | 3 | 0,53    | 0,7721  | 0,823  | 36,18   | 29,77899 | 3  | 1,18 | 42,7  | 32,8   | 53,8   |
| <b>Склад №5</b>                  |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Норія 100                        | 1  | 30      | 30     |   | 0,54    | 0,79    | 0,7761 | 16,20   | 12,57    |    |      |       | 13,8   |        |
| Стрічковий конвеєр               | 1  | 15      | 15     |   | 0,54    | 0,74    | 0,9089 | 8,10    | 7,36     |    |      |       | 8,1    |        |
| ГУАР 30                          | 1  | 22      | 22     |   | 0,54    | 0,77    | 0,8286 | 11,88   | 9,84     |    |      |       | 10,8   |        |
| <b>Всього по складу №5</b>       | 3  | 15-30   | 67     | 3 | 0,53    | 0,7721  | 0,823  | 36,18   | 29,77899 | 3  | 1,18 | 42,7  | 32,8   | 53,8   |
| <b>Склад №6</b>                  |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Норія 100                        | 1  | 30      | 30     |   | 0,54    | 0,79    | 0,7761 | 16,20   | 12,57    |    |      |       | 13,8   |        |
| Стрічковий конвеєр               | 1  | 15      | 15     |   | 0,54    | 0,74    | 0,9089 | 8,10    | 7,36     |    |      |       | 8,1    |        |
| ГУАР 30                          | 1  | 22      | 22     |   | 0,54    | 0,77    | 0,8286 | 11,88   | 9,84     |    |      |       | 10,8   |        |
| <b>Всього по складу №6</b>       | 3  | 15-30   | 67     | 3 | 0,53    | 0,76623 | 0,839  | 35,51   | 29,77899 | 3  | 1,18 | 41,9  | 32,8   | 53,2   |
| <b>Склад №7</b>                  |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Норія 100                        | 1  | 30      | 30     |   | 0,54    | 0,79    | 0,7761 | 16,20   | 12,57    |    |      |       | 13,8   |        |
| Стрічковий конвеєр               | 1  | 15      | 15     |   | 0,54    | 0,74    | 0,9089 | 8,10    | 7,36     |    |      |       | 8,1    |        |
| ГУАР 30                          | 1  | 22      | 22     |   | 0,54    | 0,77    | 0,8286 | 11,88   | 9,84     |    |      |       | 10,8   |        |
| <b>Всього по складу №7</b>       | 3  | 15-30   | 67     | 3 | 0,53    | 0,7721  | 0,823  | 36,18   | 29,77899 | 3  | 1,18 | 42,7  | 32,8   | 53,8   |
| <b>Склад №8</b>                  |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Норія 100                        | 1  | 30      | 30     |   | 0,54    | 0,74    | 0,91   | 16,20   | 14,72    |    |      |       | 16,20  |        |
| Стрічковий конвеєр               | 1  | 15      | 15     |   | 0,54    | 0,73    | 0,94   | 8,10    | 7,58     |    |      |       | 8,34   |        |
| ГУАР 30                          | 1  | 22      | 22     |   | 0,54    | 0,76    | 0,86   | 11,88   | 10,16    |    |      |       | 11,18  |        |
| ДКУ                              | 2  | 30      | 60     |   | 0,48    | 0,77    | 0,83   | 28,80   | 23,86    |    |      |       | 26,25  |        |
| <b>Всього по складу №8</b>       | 5  | 15-30   | 127    | 3 | 0,51165 | 0,7556  | 0,867  | 64,98   | 56,33191 | 5  | 1,18 | 76,68 | 61,97  | 98,58  |
| <b>Автоприймач участку №2</b>    |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Норія 100                        | 1  | 30      | 30     |   | 0,54    | 0,79    | 0,78   | 16,20   | 12,57    |    |      |       | 13,83  |        |
| ГУАР 30                          | 1  | 22      | 22     |   | 0,54    | 0,77    | 0,83   | 11,88   | 9,84     |    |      |       | 10,83  |        |
| Стрічковий конвеєр               | 1  | 7,5     | 7,5    |   | 0,54    | 0,77    | 0,83   | 4,05    | 3,36     |    |      |       | 3,69   |        |
| Цепнік                           | 1  | 7,5     | 7,5    |   | 0,54    | 0,77    | 0,83   | 4,05    | 3,36     |    |      |       | 3,69   |        |
| <b>Всього по автоприймачу №2</b> | 4  | 7,5-30  | 67     | 3 | 0,54    | 0,77893 | 0,805  | 36,18   | 29,12857 | 4  | 1,18 | 42,69 | 32,04  | 53,38  |
| <b>Сушарка ДСП-32</b>            |    |         |        |   |         |         |        |         |          |    |      |       |        |        |
| Вентилятори гарячої зони         | 1  | 30      | 30     |   | 0,47    | 0,79    | 0,78   | 14,10   | 10,94    |    |      |       | 12,04  |        |
| Вентилятори холодної зони        | 1  | 55      | 55     |   | 0,47    | 0,82    | 0,70   | 25,85   | 18,04    |    |      |       | 19,85  |        |
| КЕП                              | 1  | 1,1     | 1,1    |   | 0,47    | 0,64    | 1,20   | 0,52    | 0,62     |    |      |       | 0,68   |        |
| Норія 100                        | 1  | 11      | 11     |   | 0,47    | 0,76    | 0,86   | 5,17    | 4,42     |    |      |       | 4,86   |        |
| ВВД                              | 1  | 7,5     | 7,5    |   | 0,47    | 0,76    | 0,86   | 3,53    | 3,01     |    |      |       | 3,32   |        |
| <b>Всього по сушарці</b>         | 5  | 1,1-55  | 104,6  | 3 | 0,47    | 0,79866 | 0,753  | 49,162  | 37,04254 | 5  | 1,25 | 61,45 | 40,75  | 73,73  |

**Механізми ПМ**

|   |           |               |              |          |                |                |              |                |                 |           |             |            |            |            |
|---|-----------|---------------|--------------|----------|----------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|
| Транспортер 6м                              | 3         | 5,5           | 16,5         |          | 0,41           | 0,69           | 1,05         | 6,77           | 7,10            |           |             |            |            | 7,81       |
| Транспортер 10м                             | 3         | 7,5           | 22,5         |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 9,23           | 9,15            |           |             |            |            | 10,06      |
| Транспортер 15м                             | 3         | 7,5           | 22,5         |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 9,23           | 9,15            |           |             |            |            | 10,06      |
| Шнек 11м                                    | 3         | 22            | 66           |          | 0,41           | 0,77           | 0,83         | 27,06          | 22,42           |           |             |            |            | 24,66      |
| Шнек короткий                               | 3         | 4             | 12           |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 4,92           | 4,88            |           |             |            |            | 5,37       |
| Приймальний бункер                          | 2         | 4             | 8            |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 3,28           | 3,25            |           |             |            |            | 3,58       |
| ГУАР 30                                     | 2         | 22            | 44           |          | 0,41           | 0,77           | 0,83         | 18,04          | 14,95           |           |             |            |            | 16,44      |
| Ходова                                      | 3         | 1,1           | 3,3          |          | 0,09           | 0,61           | 1,30         | 0,30           | 0,39            |           |             |            |            | 0,42       |
| Стіла                                       | 3         | 4             | 12           |          | 0,41           | 0,69           | 1,05         | 4,92           | 5,16            |           |             |            |            | 5,68       |
| Ковш  | 3         | 3             | 9            |          | 0,41           | 0,66           | 1,14         | 3,69           | 4,20            |           |             |            |            | 4,62       |
| Насос масляний                              | 3         | 0,7           | 2,1          |          | 0,41           | 0,67           | 1,11         | 0,86           | 0,95            |           |             |            |            | 1,05       |
| Транспортер                                 | 3         | 15            | 45           |          | 0,41           | 0,73           | 0,94         | 18,45          | 17,27           |           |             |            |            | 19,00      |
| Наклоний транспортер                        | 3         | 7,5           | 22,5         |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 9,23           | 9,15            |           |             |            |            | 10,06      |
| Прутковий транспортер                       | 3         | 7,5           | 22,5         |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 9,23           | 9,15            |           |             |            |            | 10,06      |
| Переливний транспортер                      | 3         | 7,5           | 22,5         |          | 0,41           | 0,71           | 0,99         | 9,23           | 9,15            |           |             |            |            | 10,06      |
| Цепник ємності                              | 2         | 22            | 44           |          | 0,41           | 0,82           | 0,70         | 18,04          | 12,59           |           |             |            |            | 13,85      |
| <b>Всього по механ. передв. механізації</b> | <b>45</b> | <b>1,1-22</b> | <b>374,4</b> | <b>3</b> | <b>0,40718</b> | <b>0,73915</b> | <b>0,911</b> | <b>152,448</b> | <b>138,9155</b> | <b>37</b> | <b>1,12</b> | <b>171</b> | <b>139</b> | <b>220</b> |

**Сепараторна**

|                               |          |               |           |          |               |              |              |                 |          |             |              |              |              |       |
|-------------------------------|----------|---------------|-----------|----------|---------------|--------------|--------------|-----------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Вентилятор                    | 2        | 30            | 60        |          | 0,57          | 0,74         | 0,91         | 34,20           | 31,09    |             |              |              |              | 34,19 |
| Вібратор                      | 2        | 4             | 8         |          | 0,57          | 0,72         | 0,96         | 4,56            | 4,40     |             |              |              |              | 4,83  |
| Батарея                       | 2        | 1,5           | 3         |          | 0,57          | 0,66         | 1,14         | 1,71            | 1,95     |             |              |              |              | 2,14  |
| Волокуша №11                  | 2        | 7,5           | 15        |          | 0,57          | 0,71         | 0,99         | 8,55            | 8,48     |             |              |              |              | 9,33  |
| <b>Всього по сепараторній</b> | <b>8</b> | <b>1,5-30</b> | <b>86</b> | <b>3</b> | <b>0,7299</b> | <b>0,936</b> | <b>49,02</b> | <b>45,90715</b> | <b>7</b> | <b>1,21</b> | <b>59,31</b> | <b>50,50</b> | <b>77,90</b> |       |

**Деревообробна ділянка**

|                          |          |                |             |          |                |                |              |               |                 |          |             |              |              |              |
|--------------------------|----------|----------------|-------------|----------|----------------|----------------|--------------|---------------|-----------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Циркулярка               | 2        | 7,5            | 15          |          | 0,35           | 0,69           | 1,05         | 5,25          | 5,51            |          |             |              |              | 6,06         |
| Стругальний верстат      | 4        | 5,5            | 22          |          | 0,41           | 0,69           | 1,05         | 9,02          | 9,46            |          |             |              |              | 10,41        |
| Шліфувальний верстат     | 3        | 2,2-4          | 10,2        |          | 0,41           | 0,65           | 1,17         | 4,18          | 4,89            |          |             |              |              | 5,38         |
| <b>Всього по ділянці</b> | <b>9</b> | <b>2,2-7,5</b> | <b>47,2</b> | <b>3</b> | <b>0,39093</b> | <b>0,68069</b> | <b>1,076</b> | <b>18,452</b> | <b>19,85852</b> | <b>5</b> | <b>1,13</b> | <b>20,85</b> | <b>21,84</b> | <b>30,20</b> |

**Приймальний пункт**

|                               |            |                |              |            |                |                |              |                |                 |            |             |              |                |                |
|-------------------------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|------------|-------------|--------------|----------------|----------------|
| Норії                         | 2          | 30             | 60           |            | 0,67           | 0,79           | 0,78         | 40,20          | 31,20           |            |             |              |                | 34,32          |
| Цепніки                       | 4          | 7,5            | 30           |            | 0,67           | 0,73           | 0,94         | 20,10          | 18,82           |            |             |              |                | 20,70          |
| Конвеєри                      | 2          | 5,5            | 11           |            | 0,67           | 0,72           | 0,96         | 7,37           | 7,10            |            |             |              |                | 7,81           |
| Опускні труби                 | 2          | 1,1            | 2,2          |            | 0,08           | 0,68           | 1,08         | 0,18           | 0,19            |            |             |              |                | 0,21           |
| <b>Всього по з.д. прийому</b> | <b>10</b>  | <b>1,1-30</b>  | <b>103,2</b> | <b>3</b>   | <b>0,65742</b> | <b>0,76393</b> | <b>0,845</b> | <b>67,846</b>  | <b>57,31017</b> | <b>6</b>   | <b>1,09</b> | <b>73,95</b> | <b>63,04</b>   | <b>97,18</b>   |
| <b>Всього по елеватору</b>    | <b>195</b> | <b>0,25-40</b> | <b>2045</b>  | <b>160</b> | <b>0,5425</b>  | <b>0,7655</b>  | <b>0,84</b>  | <b>1109,32</b> | <b>932,4</b>    | <b>102</b> | <b>1,09</b> | <b>1207</b>  | <b>932,398</b> | <b>1525,17</b> |

Табл. Д 1.2  
Розрахунок освітлювального навантаження

| №  | Найменування            | F, м <sup>2</sup> | p <sub>o</sub> , Вт/м <sup>2</sup> | P <sub>в</sub> , кВт | Q <sub>в</sub> , квар | K <sub>с</sub> | tgφ  | P <sub>р</sub> , кВт | Q <sub>р</sub> , квар | S <sub>р</sub> , кВА |
|----|-------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------|------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1  | Елеватор                | 11593             | 10                                 | 115,92               | 200,54                | 0,8            | 1,73 | 92,74                | 160,43                | 185,30               |
| 2  | Автоприйм               | 450               | 8                                  | 3,60                 | 1,74                  | 0,8            | 1,73 | 2,88                 | 1,39                  | 3,20                 |
| 3  | Котельня                | 131               | 8                                  | 1,04                 | 1,80                  | 0,8            | 1,73 | 0,83                 | 1,44                  | 1,66                 |
| 4  | Каналізація             | 32                | 10                                 | 0,31                 | 0,54                  | 0,8            | 1,73 | 0,25                 | 0,43                  | 0,50                 |
| 5  | Насосна                 | 20                | 8                                  | 0,16                 | 0,27                  | 0,8            | 1,73 | 0,13                 | 0,22                  | 0,25                 |
| 6  | Електроцех              | 62                | 12                                 | 0,74                 | 1,29                  | 0,8            | 1,73 | 0,59                 | 1,03                  | 1,19                 |
| 7  | Слюсарна майстерня      | 74                | 12                                 | 0,88                 | 1,53                  | 0,8            | 1,73 | 0,70                 | 1,22                  | 1,41                 |
| 8  | Залізнодорожний прийм   | 481               | 8                                  | 3,85                 | 6,66                  | 0,8            | 1,73 | 3,08                 | 5,33                  | 6,15                 |
| 9  | Зерносклад №1           | 750               | 6                                  | 4,50                 | 7,80                  | 0,8            | 1,73 | 3,60                 | 6,24                  | 7,20                 |
| 10 | Зерносклад №5           | 750               | 6                                  | 4,50                 | 7,80                  | 0,8            | 1,73 | 3,60                 | 6,24                  | 7,20                 |
| 11 | Зерносклад №6           | 750               | 6                                  | 4,50                 | 7,80                  | 0,8            | 1,73 | 3,60                 | 6,24                  | 7,20                 |
| 12 | Зерносклад №7           | 900               | 6                                  | 5,40                 | 9,35                  | 0,8            | 1,73 | 4,32                 | 7,48                  | 8,64                 |
| 13 | Зерносклади №2-4,8      | 9600              | 6                                  | 57,60                | 99,76                 | 0,8            | 1,73 | 46,08                | 79,81                 | 92,16                |
| 14 | Деревообробне відділенн | 92                | 14                                 | 1,28                 | 0,63                  | 0,8            | 0,49 | 1,02                 | 0,50                  | 1,14                 |
| 15 | Важільня                | 214               | 6                                  | 1,28                 | 2,22                  | 0,8            | 1,73 | 1,03                 | 1,78                  | 2,05                 |
| 16 | Прохідна                | 27                | 10                                 | 0,26                 | 0,46                  | 0,85           | 1,73 | 0,23                 | 0,39                  | 0,45                 |
| 17 | Габаритне та прожектс   | 825               | 12                                 | 9,90                 | 17,15                 | 0,8            | 1,73 | 7,92                 | 13,72                 | 15,84                |
| 18 | Територія підприємства  | 81810             | 0,22                               | 18,00                | 31,18                 | 0,5            | 1,73 | 9,00                 | 15,59                 | 18,00                |
| 19 | Пожежне депо            | 107               | 10                                 | 1,06                 | 1,84                  | 0,8            | 1,73 | 0,85                 | 1,47                  | 1,70                 |
| 20 | Побутовий корпус        | 515               | 14                                 | 7,20                 | 3,48                  | 0,85           | 0,48 | 6,12                 | 2,96                  | 6,80                 |
| 21 | Заводоуправління        | 659               | 14                                 | 9,22                 | 4,46                  | 0,85           | 0,48 | 7,83                 | 3,79                  | 8,70                 |
|    | Всього                  |                   |                                    |                      |                       |                |      | 196,4                | 317,69                | 373,49               |

Табл. Д 1.3

## Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою вище 1000 В.

| Найменування вузлів<br>навантаження  | Кількість<br>ЕС | Устан. потужність ЕС,кВт |         | м | Ки    | cos    | tan     | Середнє навантаження,кВт |                 | п <sub>Е</sub> | Км   | Розрахункове навантаження, кВт |                |                |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|---------|---|-------|--------|---------|--------------------------|-----------------|----------------|------|--------------------------------|----------------|----------------|
|                                      |                 | одного                   | сумарна |   |       |        |         | P <sub>см</sub>          | Q <sub>см</sub> |                |      | P <sub>p</sub>                 | Q <sub>p</sub> | S <sub>p</sub> |
|                                      |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| <b>Елеватор</b>                      |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 92              | 0,25-40                  | 1009,55 |   | 0,59  | 0,7738 | 0,81857 | 358,092                  | 293,125         | 86             | 1,12 | 401,06                         | 293,13         |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 92,74                          | 160,43         |                |
| <i>Всього по елеватору</i>           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 493,80                         | 453,56         | 670,49         |
| <b>Сушарка ДСП-32</b>                |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 5               | 1,1-55                   | 104,6   |   | 0,47  | 0,7987 | 0,75343 | 49,162                   | 37,04           | 5              | 1,25 | 61,45                          | 40,74          | 73,73          |
| <i>Всього по сушарці</i>             | 5               | 1,1-56                   | 104,6   |   | 0,47  | 0,7987 | 0,75343 | 49,162                   | 37,04           | 5              | 1,25 | 61,45                          | 40,74          | 73,73          |
| <b>Сушарка LAW</b>                   |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 4               | 2,2-29                   | 56,2    |   | 0,63  | 0,7821 | 0,79676 | 35,406                   | 28,21           | 4              | 1,25 | 44,26                          | 31,03          | 54,05          |
| <i>Всього по сушарці LAW</i>         | 4               | 2,2-30                   | 56,2    |   | 0,63  | 0,7821 | 0,79676 | 35,406                   | 28,21           | 4              | 1,25 | 44,26                          | 31,03          | 54,05          |
| <b>Автоприйм</b>                     |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 14              | 7,5-22                   | 192     |   | 0,59  | 0,7521 | 0,87618 | 126,88                   | 111,17          | 12             | 1,15 | 145,91                         | 111,17         |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 2,88                           | 1,39           |                |
| <i>Всього по автоприйому</i>         |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 148,79                         | 112,56         | 186,57         |
| <b>Котельня</b>                      |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 2               | 15                       | 30      |   | 0,59  | 0,7699 | 0,82881 | 17,7                     | 14,67           | 2              | 1,15 | 20,36                          | 14,67          |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 0,83                           | 1,44           |                |
| <i>Всього по котельній</i>           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 21,19                          | 16,11          | 26,62          |
| <b>Каналізація</b>                   |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 2               | 7,5                      | 15      |   | 0,41  | 0,7704 | 0,82764 | 6,15                     | 5,09            | 2              | 1,26 | 7,75                           | 5,09           |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 0,25                           | 0,43           |                |
| <i>Всього по каналізації</i>         |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 8,00                           | 5,52           | 9,72           |
| <b>Насосна</b>                       |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 1               | 11                       | 11      |   | 0,59  | 0,82   | 0,698   | 6,49                     | 4,53            | 1              | 1,32 | 8,57                           | 4,53           |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 0,13                           | 0,22           |                |
| <i>Всього по насосній</i>            |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 8,69                           | 4,75           | 9,90           |
| <b>Електроцех</b>                    |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 5               | 0,75-4                   | 9,9     |   | 0,23  | 0,6747 | 1,09409 | 2,285                    | 2,5             | 5              | 1,15 | 2,63                           | 2,50           |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 0,59                           | 1,03           |                |
| <i>Всього по електроцеху</i>         |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 3,22                           | 3,53           | 4,78           |
| <b>Слюсарна майстерня</b>            |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      |                                |                |                |
| силове                               | 5               | 0,75-4                   | 10,25   |   | 0,286 | 0,6709 | 1,10524 | 2,9315                   | 3,24            | 5              | 1,15 | 3,37                           | 3,24           |                |
| освітлення                           |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 0,70                           | 1,22           |                |
| <i>Всього по слюсарній майстерні</i> |                 |                          |         |   |       |        |         |                          |                 |                |      | 4,08                           | 4,46           | 6,04           |

|   |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
|---|----|--------|-------|-------|--------|---------|---------|--------|----|------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Залізнодорожній прийом</b>               |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 12 | 1,1-22 | 114,2 | 0,659 | 0,7617 | 0,85054 | 75,2578 | 64,01  | 12 | 1,1  | 82,78         | 64,01         |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 3,08          | 5,33          |               |
| <i>Всього по з. д. прийому</i>              |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 85,86         | 69,34         | 110,36        |
| <b>Всього</b>                               |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | <b>879,34</b> | <b>669,82</b> | <b>1105,4</b> |
| Втрати в ТП 2*630                           |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 12,33         | 59,16         |               |
| КП 0,4 кВ                                   |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               | -100,00       |               |
| <b>Всього на шинах 10кВ ТП №1</b>           |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | <b>891,67</b> | <b>628,98</b> | <b>1091,2</b> |
| <b>Зерносклад №1</b>                        |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 3  | 15-30  | 67    | 0,54  | 0,7722 | 0,82283 | 36,18   | 29,77  | 3  | 1,12 | 40,52         | 29,77         |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 3,60          | 6,24          |               |
| <i>Всього по зерноскладу №1</i>             |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 44,12         | 36,01         | 56,95         |
| <b>Зерносклад №5</b>                        |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 3  | 15-30  | 67    | 0,54  | 0,7722 | 0,82283 | 36,18   | 29,77  | 3  | 1,12 | 40,52         | 29,77         |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 3,60          | 6,24          |               |
| <i>Всього по зерноскладу №5</i>             |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 44,12         | 36,01         | 56,95         |
| <b>Зерносклад №6</b>                        |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 3  | 15-30  | 67    | 0,54  | 0,7722 | 0,82283 | 36,18   | 29,77  | 3  | 1,12 | 40,52         | 29,77         |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 3,60          | 6,24          |               |
| <i>Всього по зерноскладу №6</i>             |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 44,12         | 36,01         | 56,95         |
| <b>Зерносклад №7</b>                        |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 3  | 15-30  | 67    | 0,54  | 0,7722 | 0,82283 | 36,18   | 29,77  | 3  | 1,12 | 40,52         | 29,77         |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 3,60          | 6,24          |               |
| <i>Всього по зерноскладу №7</i>             |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 44,12         | 36,01         | 56,95         |
| <b>Зерносклад №8</b>                        |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 5  | 15-30  | 127   | 0,511 | 0,7552 | 0,86799 | 64,897  | 56,33  | 5  | 1,12 | 72,68         | 56,33         |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 4,32          | 7,48          |               |
| <i>Всього по зерноскладу №8</i>             |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 77,00         | 63,81         | 100,01        |
| <b>Зерносклади №2-4</b>                     |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| освітлення                                  |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 46,08         | 79,81         |               |
| <i>Всього по зерноскладах №2-4</i>          |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 46,08         | 79,81         |               |
| <b>Сушилка ДСП-32</b>                       |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 5  | 1,1-55 | 104,6 | 0,47  | 0,7987 | 0,75343 | 49,162  | 37,04  | 5  | 1,25 | 61,45         | 40,74         | 73,73         |
| <i>Всього по сушарці</i>                    | 5  | 1,1-56 | 104,6 | 0,47  | 0,7987 | 0,75343 | 49,162  | 37,04  | 5  | 1,25 | 61,45         | 40,74         | 73,73         |
| <b>Механізми ПМ</b>                         |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      |               |               |               |
| силове                                      | 43 | 1,1-22 | 370,4 | 0,387 | 0,7392 | 0,91118 | 152,45  | 138,91 | 41 | 1,09 | 166,17        | 138,91        | 216,58        |
| <i>Всього по механ. передв. механізації</i> |    |        |       |       |        |         |         |        |    |      | 166,17        | 138,91        | 216,58        |

|  |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
|--|-----------|---------------|---------------|----------|-------------|-------------|--------------|----------------|----------------|-----------|-------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>Сепаратор БЦС</b>                             |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| силове   | 8         | 1,5-30        | 86            | 0,57     | 0,7482      | 0,88678     | 49,02        | 43,47          | 8              | 1,1       | 53,92       | 43,47         | 69,26          |               |
| <i>Всього по сепаратору</i>                      |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 53,92       | 43,47         | 69,26          |               |
| <b>Плотня</b>                                    |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| силове   | 9         | 2,2-4         | 47,2          | 0,391    | 0,6807      | 1,07612     | 18,4552      | 19,86          | 9              | 1,15      | 21,22       | 21,85         |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 1,02        | 0,50          |                |               |
| <i>Всього по плотні</i>                          |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 22,25       | 22,35         | 31,53          |               |
| <b>Важільня</b>                                  |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 1,03        | 1,78          |                |               |
| <i>Всього по важільній</i>                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 1,03        | 1,78          | 2,05           |               |
| <b>Прохідна</b>                                  |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 0,23        | 0,39          |                |               |
| <i>Всього по прохідній</i>                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 0,23        | 0,39          | 0,45           |               |
| <b>Габаритне та прожекторне</b>                  |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 7,92        | 13,72         |                |               |
| <i>Всього по габаритному та прожект. освітл.</i> |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 7,92        | 13,72         | 15,84          |               |
| <b>Територія підприємства</b>                    |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 9,00        | 15,59         |                |               |
| <i>Всього по підприємству</i>                    |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 9,00        | 15,59         | 18,00          |               |
| <b>Пожежне депо</b>                              |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 0,85        | 1,47          |                |               |
| <i>Всього по пожежному депо</i>                  |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 0,85        | 1,47          | 1,70           |               |
| <b>Побутовий корпус</b>                          |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 6,12        | 2,96          |                |               |
| <i>Всього по побутовому корпусі</i>              |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 6,12        | 2,96          | 6,80           |               |
| <b>Заводоуправління</b>                          |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             |               |                |               |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 7,83        | 3,79          |                |               |
| <i>Всього по заводууправлінні</i>                |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 7,8336      | 3,794         | 8,70401        |               |
| <b>Всього</b>                                    | <b>98</b> | <b>1,1-55</b> | <b>1184,4</b> | <b>3</b> | <b>0,49</b> | <b>0,71</b> | <b>0,985</b> | <b>577,759</b> | <b>568,847</b> | <b>79</b> | <b>1,1</b>  | <b>629,76</b> | <b>568,847</b> | <b>848,63</b> |
| Втрати в ТП 2*630                                |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 10          | 52            |                |               |
| КП 0,4 кВ  |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           |             | -100          |                |               |
| <b>Всього на шинах 10кВ ТП №2</b>                |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | <b>639</b>  | <b>521</b>    | <b>825</b>     |               |
| <b>Всього по під-ву</b>                          |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | <b>1531</b> | <b>1150</b>   | <b>1915</b>    |               |
| силове   | 195       | 0,25-40       | 2045          | 160      | 0,542       | 0,7655      | 0,84051      | 1109,3         | 932,40         | 102       | 1,088       | 1207,0        | 932,4          | 1525,2        |
| освітлення                                       |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 196,4       | 317,7         |                |               |
| Втрати в ТП 4*630                                |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 22,3        | 111,0         |                |               |
| Комп. Пристрої                                   |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 0           | -1100         |                |               |
| <i>Всього по підприємству на шинах 10 кВ</i>     |           |               |               |          |             |             |              |                |                |           | 1426        | 261           | 1449           |               |

Табл. Д 2.1.

Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру

| № по плану | Найменування             | Ррсил, кВт | Ррсов, кВт | Рр, кВт | m   | R, мм | a      | x, м  | y, м  | P*x, кВт м | P*y, кВт м |
|------------|--------------------------|------------|------------|---------|-----|-------|--------|-------|-------|------------|------------|
| 1          | Елеватор                 | 445,43     | 92,74      | 538,17  | 0,1 | 41,39 | 62,04  | 140,0 | 440,0 | 75344,03   | 236795,52  |
| 2          | Автоприйм                | 100,61     | 2,88       | 103,49  | 0,1 | 18,15 | 10,02  | 170,0 | 210,0 | 17592,79   | 21732,27   |
| 3          | Котельня                 | 22,30      | 0,83       | 23,13   | 0,1 | 8,58  | 12,92  | 470,0 | 60,0  | 10872,04   | 1387,92    |
| 4          | Каналізація              | 7,75       | 0,25       | 8,00    | 0,1 | 5,05  | 11,25  | 290,0 | 75,0  | 2319,71    | 599,93     |
| 5          | Насосна                  | 8,05       | 0,13       | 8,18    | 0,1 | 5,10  | 5,72   | 470,0 | 130,0 | 3843,47    | 1063,09    |
| 6          | Електроцех               | 2,76       | 0,59       | 3,35    | 0,1 | 3,27  | 63,31  | 320,0 | 200,0 | 1073,55    | 670,97     |
| 7          | Слюсарна майстерня       | 3,54       | 0,70       | 4,24    | 0,1 | 3,67  | 59,39  | 420,0 | 130,0 | 1782,01    | 551,57     |
| 8          | Залізнодорожній прийом   | 73,95      | 3,08       | 77,03   | 0,1 | 15,66 | 14,39  | 450,0 | 270,0 | 34664,46   | 20798,68   |
| 9          | Зерносклад №1            | 42,69      | 3,60       | 46,29   | 0,1 | 12,14 | 28,00  | 605,0 | 195,0 | 28006,90   | 9027,02    |
| 10         | Зерносклад №5            | 42,69      | 3,60       | 46,29   | 0,1 | 12,14 | 28,00  | 600,0 | 400,0 | 27775,44   | 18516,96   |
| 11         | Зерносклад №6            | 41,90      | 3,60       | 45,50   | 0,1 | 12,03 | 28,48  | 280,0 | 440,0 | 12740,50   | 20020,79   |
| 12         | Зерносклад №7            | 42,69      | 4,32       | 47,01   | 0,1 | 12,23 | 33,08  | 610,0 | 300,0 | 28677,56   | 14103,72   |
| 13         | Зерносклади №2-4,8       | 76,68      | 46,08      | 122,76  | 0,1 | 19,77 | 135,14 | 480,0 | 430,0 | 58923,07   | 52785,25   |
| 14         | Деревообробне відділення | 21,22      | 1,02       | 22,24   | 0,1 | 8,41  | 16,51  | 320,0 | 335,0 | 7117,91    | 7451,57    |
| 15         | Важільня                 |            | 1,03       | 1,03    | 0,1 | 1,81  | 360,00 | 530,0 | 410,0 | 545,90     | 422,30     |
| 16         | Прохідна                 |            | 0,23       | 0,23    | 0,1 | 0,86  | 360,00 | 350,0 | 410,0 | 80,50      | 94,30      |
| 17         | Габаритне та прожекторне |            | 7,92       | 7,92    | 0,1 | 5,02  | 360,00 | 430,0 | 460,0 | 3405,60    | 3643,20    |
| 18         | Територія підприємства   |            | 9,00       | 9,00    | 0,1 | 5,35  | 360,00 | 445,0 | 497,5 | 4005,00    | 4477,50    |
| 19         | Пожежне депо             |            | 0,85       | 0,85    | 0,1 | 1,64  | 360,00 | 460,0 | 535,0 | 391,00     | 454,75     |
| 20         | Побутовий корпус         |            | 6,12       | 6,12    | 0,1 | 4,41  | 360,00 | 475,0 | 572,5 | 2907,00    | 3503,70    |
| 21         | Заводоуправління         |            | 7,83       | 7,83    | 0,1 | 4,99  | 360,00 | 490,0 | 610,0 | 3836,70    | 4776,30    |
|            | <b>Всього по заводу</b>  | 1206,97    | 1403,37    |         |     |       |        |       |       |            |            |

$$X0 = 11,6 \text{ см} = 365 \text{ м}$$

$$Y0 = 9,2 \text{ см} = 293 \text{ м}$$

Табл. Д 6.1 Вибір кабелів 10 кВ

| № КЛ | S <sub>p</sub> , кВА | n | I <sub>p</sub> , А | I <sub>p.ав</sub> , А | F <sub>ек</sub> , мм <sup>2</sup> | Марка кабеля | I <sub>доп</sub> , А | K <sub>п</sub> | K <sub>п</sub> ·I <sub>доп</sub> , А | K <sub>з</sub> | K <sub>ап</sub> | K' <sub>п</sub> | K <sub>ап</sub> ·K' <sub>п</sub> ·I <sub>доп</sub> , А | B <sub>к</sub> , кА <sup>2</sup> ·с | F <sub>min</sub> , мм <sup>2</sup> |
|------|----------------------|---|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| КЛ-1 | 1047                 | 2 | 30,2               | 60,4                  | 24,2                              | ААШв(3х35)   | 115                  | 0,92           | 105,8                                | 0,29           | 1,25            | 1               | 143,7  | 8,12                                | 30,31                              |
| КЛ-2 | 784                  | 2 | 22,7               | 45,4                  | 18,9                              | ААШв(3х35)   | 115                  | 0,92           | 105,8                                | 0,23           | 1,25            | 1               | 143,7  | 7,37                                | 28,9                               |

Табл. Д 6.2 Вибір вимикачів 10 кВ.

| Параметри мережі  | Умови вибору  | Параметри вимикача  |
|---|---|---|
| 10 кВ<br>45,6 А<br>91,2 А<br>1,7 кА<br>$i_{a.\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{п.о} \cdot e^{-\tau/T} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot e^{-0,065/0,045} = 0,56 \text{ кА}$<br>4,47 кА<br>1,7 кА<br>4,47 кА<br>1,7 кА<br>$B_k = I_{п.о.}^2 \cdot (t_{відк.} + T_a) = 1,7^2 \cdot (2,55 + 0,26) = 8,12 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $U_{вст} \leq U_{ном}$<br>$I_{норм} \leq I_{ном}$<br>$I_{max} \leq I_{ном}$<br>$I_{п.т} \leq I_{відк.ном}$<br>$i_{a.\tau} \leq i_{a.ном}$<br><br>$i_y \leq i_{вкл.}$<br>$I_{п.о} \leq I_{вкл.}$<br>$i_y \leq i_{гр.ск.}$<br>$I_{п.о} \leq I_{гр.ск.}$<br>$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ | 10 кВ<br>630 А<br>630 А<br>20 кА<br>$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{відк.ном} = \sqrt{2} \cdot 0,4 \cdot 20 = 11,31 \text{ кА}$<br>52 кА<br>20 кА<br>52 кА<br>20 кА<br>$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |