

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

“Допущено до захисту”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ П. Плешков
“ ____ ” _____ 2023 р.

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

на тему:

**«Розроблення системи електропостачання та
електрозбереження комбінату хлібопродуктів»
«Development of the power supply and power saving
system of the bakery products plant»**

Виконав здобувач IV курсу групи
ЕЕ-20-3ск
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Ю. Фішер
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи
професор, канд.техн.наук
_____ С. Серебренніков
« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ П. Плешков

«_____» _____ 2023 р.

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

_____ *Фішеру Юрію Петровичу*

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи *Розроблення системи електропостачання та електрозбереження комбінату хлібопродуктів*

Development of the power supply and power saving system of the bakery products plant

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

3. Строк подання роботи до захисту *10.06.2023 р.*

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

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ. Вихідні данні до проектування</i>	<i>26.03.19</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>02.04.19</i>	
3	<i>Побудова графіків електричних навантажень</i>	<i>14.04.19</i>	
4	<i>Побудова картограми електричних навантажень</i>	<i>23.04.19</i>	
5	<i>Вибір напруги і електричних схем</i>	<i>26.05.19</i>	
6	<i>Режими реактивної потужності</i>	<i>30.04.19</i>	
7	<i>Вибір трансформаторів</i>	<i>10.05.19</i>	
8	<i>Розрахунок струмів К.З. та облік електроенергії</i>	<i>18.05.19</i>	
9	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>22.05.19</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>28.05.19</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>04.06.19</i>	

Дата видачі завдання

Підпис керівника _____

« ____ » _____ 2023 р.

Завдання прийнято до виконання

Підпис здобувача _____

« ____ » _____ 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 68 с.; 11 рис.; 19 табл.; 18 джерел

Фішер Ю. П. Розроблення системи електропостачання та електрозбереження комбінату хлібопродуктів. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Бакалаврська робота присвячена розробленню сучасної системи електропостачання та електрозбереження комбінату хлібопродуктів, що задовольняє вимогам економічності та надійності роботи. Для цього виконано техніко-економічні розрахунки: електронавантажень, струмів коротких замикань, режимів реактивної потужності. Здійснено вибір схем електропостачання, трансформаторних підстанцій, струмопроводів, компесуючих установок, високовольтного устаткування.

У спеціальному розділі роботи досліджено шляхи економії електричної енергії на хлібо заводі за рахунок того, що забезпечено: організаційно-технічні заходи, вибір раціональних напруг живлячої і розподільчої мережі, силових трансформаторів, економія електричної енергії за рахунок заміни мало навантаженого двигуна, зниження втрат електроенергії при експлуатації, нормування електроенергії та електробаланс, визначення оптимальних режимів роботи насосних установок тощо.

Виконано оцінку очікуваного економічного ефекту.

Ключові слова: електричне навантаження, потужність, підстанція, струми короткого, економія електричної енергії, зниження втрат, оптимальні режими роботи.

ABSTRACT

Qualification work: 68 p.; Fig. 11; 19 tables; 18 sources

Fisher Yu. P. Development of the power supply and power saving system of the bread products plant. - Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The bachelor's thesis is devoted to the development of a modern system of power supply and power saving of the bread products plant, which meets the requirements of economy and reliability of work. For this, technical and economic calculations were performed: electronic loads, short-circuit currents, reactive power modes. The selection of power supply schemes, transformer substations, power lines, compensating installations, high-voltage equipment was made.

In a special section of the work, the ways of saving electrical energy at the bread factory due to the fact that it is provided: organizational and technical measures, the choice of rational voltages of the supply and distribution network, power transformers, saving electricity due to the replacement of a low-load engine, reducing electricity losses during operation, electricity rationing and electricity balance, determining the optimal operating modes of pumping units, etc.

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

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

ЗМІСТ

	ст.
1. Вступ. Коротка характеристика технологічного процесу підприємства	7
2. Розрахунок електричних навантажень.....	8
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в мережах до 1000 В	8
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень	10
2.3. Розрахунок електричних навантажень в мережах понад 1000 В	11
3. Побудова графіків електричних навантажень підприємства	12
4. Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції)	15
5. Вибір електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства	16
5.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання	17
5.2. Вибір напруги та схем внутрішнього електропостачання	19
6. Режим реактивної потужності системи електропостачання	23
6.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в високовольтних та низьковольтних мережах	23
6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв	24
7. Трансформаторні підстанції.....	28
8. Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання і високовольтних мереж системи електропостачання.....	29
9. Спеціальний розділ	37
10. Висновки	47
Перелік посилань.....	48
Додатки.....	50

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Фішер				Розроблення системи електропостачання та електрозбереження комбінату хлібопродуктів Development of the power supply and power saving system of the bakery products plant	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Серебренніков						6	68
Реценз.						ЦНТУ, гр. ЕЕ-20-3ск		
Н. Контр.	Серебренніков							
Затверд.	Плешков							

1. ВСТУП. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА

На комбінаті хлібопродуктів передбачається випуск хлібо-булочних та кондитерських витворів при двозмінному режимі роботі.

Хлібопекарське виробництво розміщене на трьох поверхах комбінату. Споживачі підприємства за надійністю електропостачання в головнім належать до II та III категорій.

Склад муки ємністю 200 т запроектований у виді окремої будівлі, котра межує з будівлею комбінату. Склад складається з восьми металевих бункерів діаметром 3 м. Така кількість бункерів дозволяє зберігати кілька сортів муки.

Усі процеси транспортування муки повністю автоматизовані. Транспортування муки проходить аерозольтранспортом за допомогою стиснутого повітря, що виробляється компресорами.

Бункери встановлені на давачах тензометричного вагодозуючого пристрою, вмонтованого в опори, що дозволяє дистанційно контролювати кількість муки, котра надходить та зберігається на складі, а також забезпечує передачу на виробництво завчасно визначеної порції.

Додаткова сировина (пресовані дріжджі, цукор, маргарин, жир і масло) зберігаються в коморах, а молочна сиворотка, сіль (у виді розчину) і патока – в спеціальних ємностях.

Тісто для хлібобулочних виробів готують в тістомісильних машинах. Випічка виробів здійснюється у ротаційних печах “Муссон-ротор”. Універсальність цих печей дозволяє застосовувати їх для виготовлення широкого асортименту хлібобулочних та кондитерських виробів.

Готові хлібобулочні вироби з печей потрапляють на стелажні візки та перевозяться для зберігання в хлібосховища. Тісто для напівфабрикатів та різноманітні креми готуються у взбивальних машинах.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1. Розрахунок електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В

Розрахункове активне навантаження

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

де P_{cm} - середнє активне навантаження;

K_m - коефіцієнт максимуму.

Коефіцієнт використання:

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n P_{cm}}{\sum_{i=1}^n P_n} \quad (2.2)$$

де P_{cm} , P_n - середнє навантаження та усталена потужність;

n - число груп ЕП.

Ефективне число ЕП:

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

де $P_{n, \max}$, $P_{n, \min}$ - потужність найбільш і найменш потужного ЕП.

При $m > 3$, $K_u > 0,2$ значення n_e :

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

Розрахункове реактивне навантаження:

- при $n_e > 10$:

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

- при $n_e \leq 10$;

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

де Q_{cm} - середнє реактивне навантаження

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

Максимум навантаження

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

Для прикладу розрахунок електричних навантажень хлібопекарського цеху.

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

Середнє навантаження та усталена потужність:

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

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

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

За таблицями [1, 2]: $K_m = 1,21$.

Розрахункове навантаження:

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

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

Розрахунок навантажень до 1000 В показано в Додатку, таблиці 2.1.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Потужність освітлювальних ЕП, кВт:

$$P_y = p_0 F \cdot 10^{-3} \quad (2.11)$$

де p_0 - питома потужність;

F - площа приміщення, m^2 .

Розрахункове навантаження:

$$P_{p.осв} = K_n P_y \quad (2.12)$$

де K_n - коефіцієнт попиту.

Реактивна потужність яка:

$$Q_{д.інд} = P_p \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.13)$$

де для ламп розжарення $\cos \varphi = 1$, для люмінесцентних ламп $\cos \varphi = 0.90$, для ламп ДРЛ $\cos \varphi = 0.50$.

Приклад розрахунку освітлювальних навантажень хлібозаводу ведемо для хлібопекарського цеху :

$$F = 1180 \, m^2,$$

$$P_0 = 14 \, Вт / m^2.$$

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

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

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

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

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

Розрахунок для інших приміщень і цехів виконується аналогічно.
Результати розрахунків показано в Додатку, таблиці 2.2

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

2.3. Розрахунок електричних навантажень в силових мережах понад 1000 В

Втрати в трансформаторах

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

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

де n – число трансформаторів;

$\Delta P_x, \Delta P_k$ – втрати х.х і к.з., %;

K_z – коефіцієнт завантаження;

Результати розрахунку електричних навантажень в силових мережах понад 1000 В показано у Додатку, табл. 2.3.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

3. ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Приймається кількість робочих днів: зимою – 147, літом – 105;
кількість вихідних: зимою – 65, літом – 48.

Річні витрати активної та реактивної енергії:

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

$$V_{\varepsilon} = \sum Q_i T_i \quad (3.2)$$

Кількість годин використання максимуму навантаження:

$$T_{\max} = \frac{\sqrt{W_{\Gamma}^2 + Q_{\Gamma}^2}}{P_P} \quad (3.3)$$

Річний час повних втрат

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

Розрахунки до побудови графіків робочого та вихідного днів показано в
Додатку, табл. 3.1.

Розрахункові величини, знайдені з графіків:

Р_{мах}= 2115,07 кВт
Q_{мах}= 1667,01 квар
S_{мах}= 2693,04 кВА

Робочі дні:

Річна витрата активної електричної енергії,
кВт*год:

W_p= 6022296

Зимові

Річна витрата реактивної електричної енергії,
квар*год:

V_p= 1898799

Річна витрата активної електричної енергії,
кВт*год:

W_p= 4301796

Літні

Річна витрата реактивної електричної енергії,
квар*год:

V_p= 1356171

Вихідні дні:

Річна витрата активної електричної енергії,
кВт*год:

W_p= 2663016

Зимові

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

Річна витрата реактивної електричної енергії,
квар*год:
 $V_p = 839534$

Річна витрата активної електричної енергії,
кВт*год:
 $W_p = 1966535$

Літні Річна витрата реактивної електричної енергії,
квар*год:
 $V_p = 619963$

Загальна річна витрата активної електричної енергії,
кВт*год:
 $W_p = 14953863$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії,
квар*год:
 $V_p = 7659934$

Час використання максимального навантаження,
год:
 $T_m = 5757$

Час максимальних втрат, год:
 $\tau = 4289$

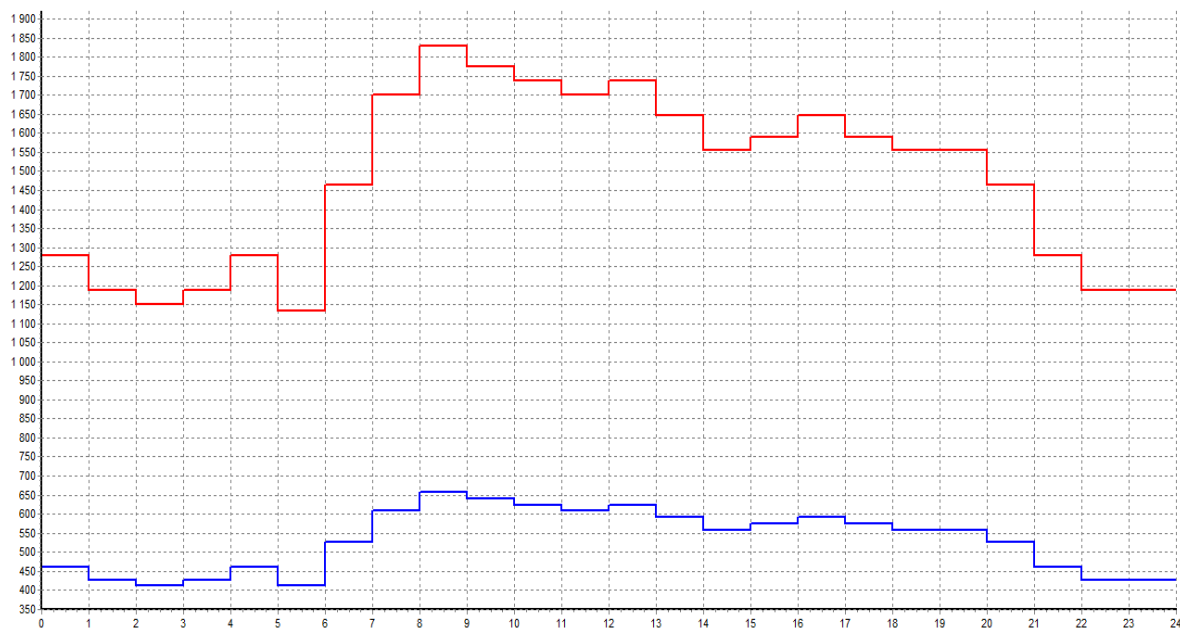


Рис.3.1. Споживання активного і реактивного навантаження в літній робочий та вихідний день

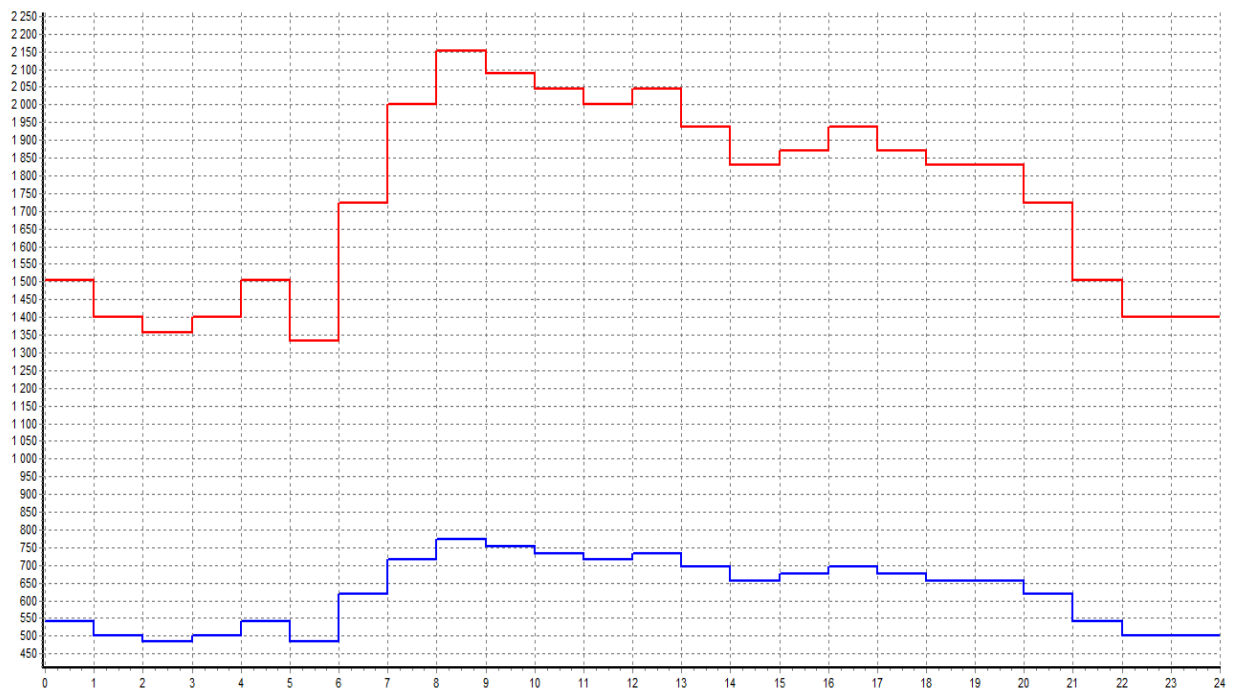


Рис.3.2. Споживання активного і реактивного навантаження в зимовий робочий та вихідний день

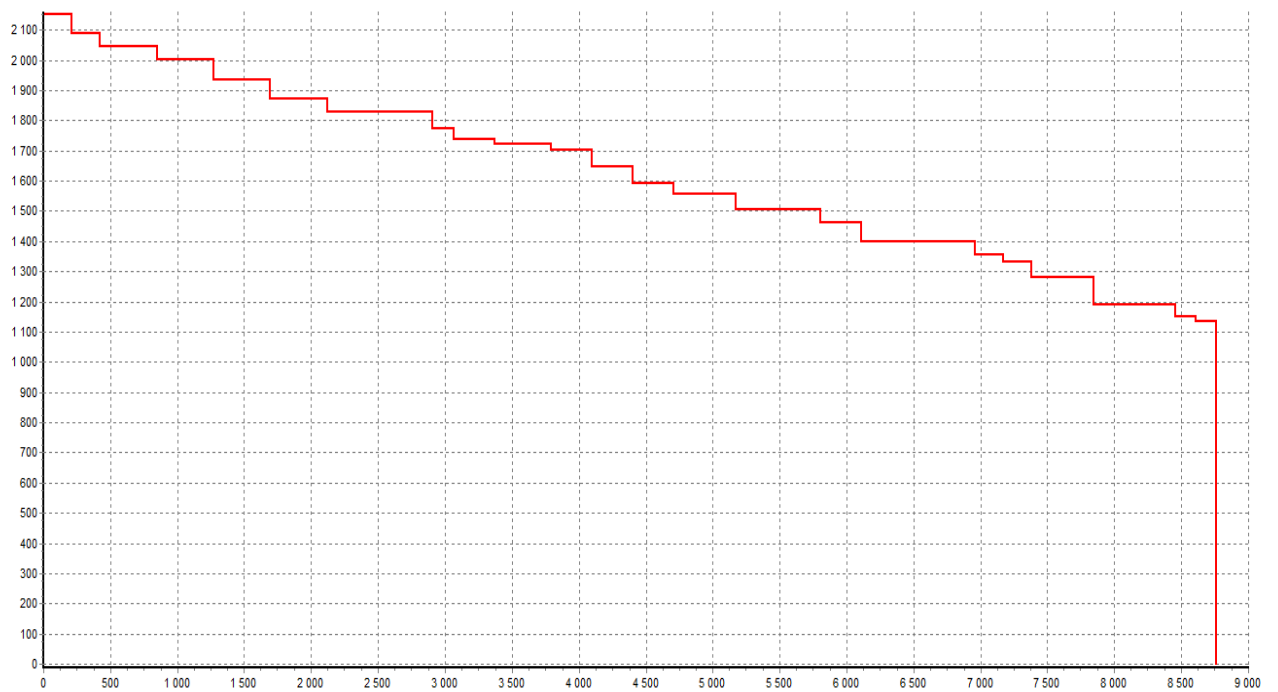


Рис. 3.3. Річний графік навантаження за тривалістю

4. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІ ГЗП, ЦЕНТРАЛЬНОГО РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИСТРОЮ(ЦРП), РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИСТРОЮ (РП) І КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Для кожного цеху визначають радіуси кіл R_i площа πR_i^2 яких рівна навантаженню цеху P_i

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

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

де m - масштаб.

Координати (X , Y) центра навантаження можна визначити як:

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

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

На картограмі крім силового наносить освітлювальне навантаження у вигляді сектора з кутом α .

Кут α відповідає площі, котра дорівнює освітлюваному навантаженню:

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

Для прикладу показано побудову для хлібопекарського цеху:

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

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

Результати розрахунків зведено в Додаток , табл. 4.1.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

5. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Можливим джерелом електропостачання хлібозаводу з навантаженням $S_p = 2693,04$ кВА є підстанція «Шаргородська» 35/10. Відстань від ТП – L = 0,23 км. Тобто, можна обрати два варіанти – з класами напруги 35 або 10 кВ.

Зведені витрати по i -му варіанту:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{втр.i} + Y_i \quad (5.1)$$

де E_n - нормативний коефіцієнт ефективності кап. вкладень;

K_i - капітальні вкладення;

C_i - витрати по передачі й розподіленню електроенергії;

$C_{втр.i}$ - вартість втрат електроенергії;

Y_i - ймовірний збиток від пауз в електропостачанні.

Витрати C_i відзначаються як сума витрат на амортизацію C_{ai} та поточний ремонт C_{ei} :

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

Вартість втрат електроенергії:

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

де c_0 - вартість 1 кВт-год;

ΔW - втрати енергії.

Втрати енергії в лініях:

$$\Delta W = \Delta P_{1км} l_{\Sigma} K_3^2 \tau \quad (5.4)$$

де $\Delta P_{1км}$ - втрати потужності на 1 км лінії;

l_{Σ} - довжина лінії, км;

K_3 - коефіцієнт завантаження лінії;

- години максимальних втрат.

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta W = \Delta P_x t + \Delta P_{\kappa} K_3^2 \tau \quad (5.5)$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

де t - години роботи трансформатора.

При розрахунку збитку визначається параметр потоку відмов одного ланцюга:

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

де λ_i - параметр відмов одного елемента;

n - кількість елементів.

Час відновлення одній лінії:

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

де T_{ϵ} - час відновлення елемента.

Коефіцієнт простою одного ланцюга:

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

Коефіцієнт аварійного простою ланцюга:

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

Коефіцієнт аварійного простою, коли другий ланцюг відключається через пошкодження:

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

Коефіцієнт аварійного простою двох ліній :

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

Час аварійного простою

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

Очікуваний збиток від пауз в електропостачання

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

де Y_0 - питомий збиток;

P_{cp} - середньорічне навантаження підприємства, кВт.

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

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

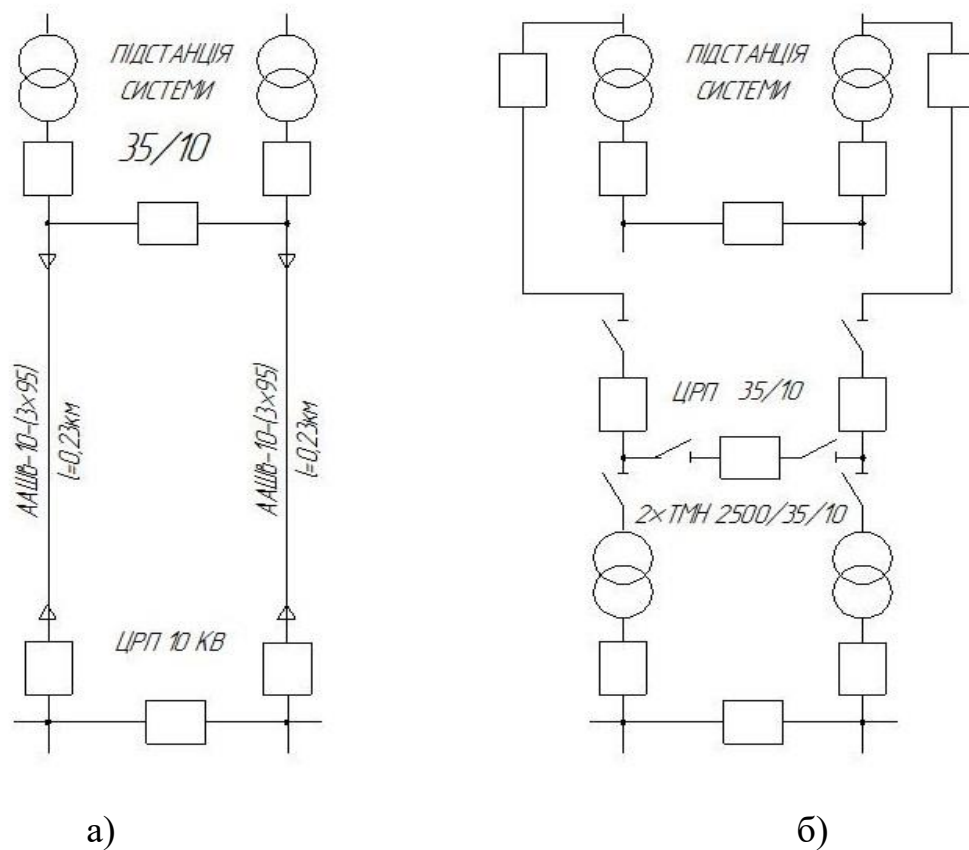


Рис. 5.1. Варіанти схем зовнішнього електропостачання

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2693}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 77,74 \text{ А.}$$

Площа перерізу КЛ за економічною густиною струму:

$$F_e = \frac{I_p}{j_{ek}} = \frac{77,74}{1,1} = 70,7 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо до прокладання кабель ААШВ-10 (3х95) з перерізом 95 мм² з допустимим $I_{дон} = 205 \text{ А}$, втратами $\Delta P_{I_{км}} = 16 \text{ кВт}$ на 1 км.

Завантаження кабелю:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{дон}} = \frac{77,74}{205} = 0,38$$

Лінія, що працюючи з перевантаженням, забезпечить живлення:

$$I = 2I_{дон} K_n^{a6} = 2 \cdot 205 \cdot 1 = 410 \text{ А.}$$

де K_{an} - коефіцієнт аварійною перевантаження.

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	18

K_n^{ab} – поправочний коефіцієнт на кількість кабелів.

Втрати в лінії потужності ΔP та енергії ΔW при $T_{max} = 5456$ год:

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{лкм}} l_{\Sigma} K_3^2 = 16 \cdot 0,5 \cdot 0,38^2 = 1,16 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau = 1,16 \cdot 3927,7 = 4556 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де $\tau_{\text{нб}}$ - час використання макс. навантаження.

Сумарна довжина КЛ

$$L_{\text{сум}} = l \cdot n_{\text{л}} = 2 \cdot 0,23 = 0,46 \text{ км}$$

$n_{\text{л}}$ - кількість КЛ.

Вартість втрат енергії

$$C_{\text{втр}} = \Delta W C_0 = 4556 \cdot 5,549 = 25286 = 25,3 \text{ тис.грн.}$$

Варіант 2. Живлення здійснюється напругою 35 кВ (рис 5.1, б)

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot 35} = \frac{2693}{\sqrt{3} \cdot 35} = 44,4 \text{ А}$$

Площа перерізу КЛ за економічною густиною струму:

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

Беремо дволанцюгову повітряну лінію виконану проводом АС-70 з проводами перерізу 70 мм². Параметри: $I_{\text{доп}} = 265$ А, $\Delta P_{\text{лкм}} = 125$ кВт/км.

Завантаження лінії:

$$K_3 = \frac{I_p}{n \cdot I_{\text{доп}}} = \frac{60,60}{2 \cdot 265} = 0,229.$$

На РП установлюємо 2 трансформатори ТМН-2500/35/10 з номінальними параметрами:

$$\Delta P_{\text{х}} = 4,6 \text{ кВт}, \Delta P_{\text{к}} = 25 \text{ кВт}, u_{\text{к}} = 6,5 \%, U_{\text{ВН}} = 35 \text{ кВ}, U_{\text{НН}} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{2831}{2 \cdot 2500} = 0,57.$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

Перевірка за аварійним перевантаженням:

$$K_{зав} = \frac{S_p}{S_{ном}} = \frac{2831}{2500} = 1,1 < 1,4$$

Втрати енергії:

- у лінії

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

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

- в трансформаторі:

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

Сумарні втрати :

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

Вартість втрат:

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

Розрахунок кап. вкладень та витрат за варіантами - в таблиці 5.1 - 5.2.

Таблиця 5.1. Розрахунок капітальних вкладень

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

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат

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

Розрахунок ймовірного збитку від паузи в електропостачанні

- **Варіант 1.** Ссхема ланцюга живлення містить кабельну лінію 0,23 км й вимикач 10 кВ.

- кабельна лінія:

$$\lambda_a = 1,016 \text{ 1/рік};$$

$$T_a = 0,000007 \text{ рік},$$

$$K_i = 0,0009 \text{ в.о.}$$

- вимикач 10 кВ:

$$\lambda_a = 0,004 \text{ 1/рік};$$

$$T_a = 0,00045 \text{ рік}$$

$$K_i = 0,002 \text{ в.о.}$$

Параметр відмов ланцюга:

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

де λ_i - параметр відмов одного елемента.

Час відновлення лінії:

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

де T_a , - час відновлення елементу;

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					21

Коефіцієнт планового простою ланцюга:

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

Коефіцієнт аварійного простою ланцюга:

$$K_a = \lambda T_g = 0,49 \cdot 6,88 \cdot 10^{-3} = 3,37 \cdot 10^{-3} \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт аварійного простою, коли другий відключається через пошкодження:

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

Коефіцієнт авар. простою двох ліній:

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

Середньорічний час авар. простою:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 = 3,97 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 = 0,0124 \text{ год.}$$

Середньорічне навантаження підприємства:

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

Очікуваний збиток від паузи електропостачання:

$$Y = Y_0 P_{cp} T_a = 2,55 \cdot 5705 \cdot 0,0124 = 1,809 \text{ тис.грн.}$$

де Y_0 - питомий збиток від недовідпуску;

P_{cp} - середньорічне навантаження, кВт.

Розрахунок ймовірного збитку зводяться у табл. 5.3.

Таблиця 5.3. Техніко-економічні показники варіантів порівняння

Показники	Варіанти	
	I	II
Капітальні вкладення	4029,2	4687,5
Поточні витрати	300	582
Вартість втрат електроенергії	41	697,2
Збиток	18,1	32,75
Зведені витрати	842,60	1874,50

6. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

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

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

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв:

$$Q_{кп} = Q_p - Q_e \quad (6.1)$$

де Q_p – розрахункове реактивне навантаження;

Q_e - реактивна потужність системи, котра може бути передана споживачу.

Реактивна потужність системи Q_e :

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

де P_p - розрахункове активне навантаження;

$\operatorname{tg} \varphi = 0,15$.

При проектуванні розглядають варіанти компенсації зі встановленням найменшого $N = N_0$, збільшеного на один $N = N_0 + 1$ і збільшеного 2 $N = N_0 + 2$ числа трансформаторів.

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

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

K_z — коефіцієнт завантаження;

$S_{ном}$ - номінальна потужність трансформатора.

Реактивна потужність, котра може бути передана з мережі 10 кВ до 1000 В:

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

Потужність КП, які встановлюють в мережі до 1000 В визначається із умови балансу:

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

Тоді потужність КП в мережі 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_p - Q_{KH} - Q_e \quad (6.9)$$

6.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Витрати на компенсацію реактивної потужності:

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

де E_H - нормативний коефіцієнт;

K_{KH} , K_{KB} , $K_{КТП}$ - вартість конденсаторних установок низьковольтних, високовольтних та КТП;

ΔP_{KH} , ΔP_{KB} , $\Delta P_{КТП}$ - втрати потужності;

C_0 - вартість електроенергії;

τ - час максимальних втрат.

Втрати потужності у конденсаторних установках:

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

де $P_{ПИТ}$ - втрати активної потужності в конденсаторах;

Q_K - потужність батарей конденсаторів.

Втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори:

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

Навантаження на стороні 0.4 кВ:

$$P_n = 2115 \text{ кВт},$$

$$Q_n = 1667 \text{ квар.}$$

Втрати в трансформаторах:

$$\Delta P_m = 27,4 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_m = 214,3 \text{ квар.}$$

Сумарне навантаження:

$$P_p = 2142,4 \text{ кВт},$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

$$Q_p = 1881,3 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність від енергосистеми:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 2142,4 \cdot 0,15 = 321,36 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність, яку треба скомпенсувати:

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

Мінімальна кількості трансформаторів:

$$N_{0(630)} = \frac{P_n}{K_3 P_{\text{ном}}} = \frac{2115}{0,7 \cdot 630} \approx 6 \text{ шт.}$$

Варіант 1. $N = N_0$.

Визначимо реактивну потужність, яка може бути передана до 0,4 кВ при $N = N_0$:

$$Q_n = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{\text{ном}})^2 - P_n^2} = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 2115^2} = 821 \text{ квар.}$$

Потужність КП, що встановлюються в мережі до 1000 В $Q_{\text{кн}}$ з балансу потужності:

$$Q_{\text{кн}} = Q_n - Q_p = 1667 - 821 = 846 \text{ МВар.}$$

БК на стороні 0,4 кВ:

- 2 шт - УКМ58-0,4-300-33,3
- 1 шт - УКМ58-0,4-100-33
- 1 шт - УКМ58-0,4-150-30
- 1 шт - УКМ 58-0,4-112,5-37,5.

Таблиця 6.1. Розміщення низьковольтних КП

ТП	n	Pp	Qp	Qnp	Qкп(ст)	Kз	Sp
ТП№1	2	564	357	1281,37	300	0,53	710
ТП№ 2	1	415	336	563,72	112,5	0,85	572
ТП№3	1	510	333	479,48	300	0,97	650,5
ТП№ 4	1	435	276	548,43	100	0,82	547,6
ТП№ 5	1	356	364	602,71	150	0,8	544

Потужність компенсуючих пристроїв на 0.4 кВ:

$$Q_{\text{кн}} = 962,5 \text{ квар.}$$

Потужність компенсуючих пристроїв на 10 кВ:

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

На стороні 10 кВ:

- БК потужністю 150 квар приймаємо 4 шт - КУЕП2-10,5-150У2

Потужність компенсуючих пристроїв на 10 кВ:

$$Q_{кв} = 600 \text{ квар.}$$

Втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори:

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

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

Втрати потужності в низьковольтних БК:

$$\Delta P_{кн} = \Delta P_{тп} \cdot Q_{кв} = 0,0045 \cdot 962,5 = 4,33 \text{ кВт}$$

Втрати потужності в високовольтних БК:

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

Вартість низьковольтних БК:

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

Вартість високовольтних БК:

$$K_{кв} = N_{бк}^{10} \cdot K_{кку}^{10} i = 63550 \cdot 4 = 201300 = 201,30 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо вартість ТП.

Таблиця 6.2. Вартість комплектних ТП

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

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

Розрахункові витрати:

$$\begin{aligned} Z &= E_H (K_{кн} + K_{кв} + K_{КТП}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{ТП}) C_0 \tau = \\ &= 0,12(25,705 + 20,130 + 740) + (4,33 + 1,8 + 9,6) \cdot 4,45 \cdot 3927 = 3921,63 \text{ тис. грн.} \end{aligned}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

Розрахунок варіантів з $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$ проводиться аналогічно.

Результати розрахунку зведені в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3. Розрахунок затрат на компенсацію РП та її баланс.

Показник	Варіант		
	1	2	3
Потужність компенсуючих пристроїв 0,4 кВ	962,5	660	210
Потужність компенсуючих пристроїв 10 кВ	600	900	1350
Генерація потужності СД	0	0	0
Споживання реактивної потужності від енергосистеми	321,3	321,3	321,3
Всього по балансу	1560	1560	1560
Затрати на компенсацію синхронними двигунами	0	0	0
Затрати на компенсацію БСК	7858	8197	9423
Сумарні затрати на компенсацію	3921,63	4152,36	4368,87

Як видно, мінімум затрат відповідає варіанту з $N = 6$.

Результати розрахунку з врахуванням компенсації реактивної потужності показано у Додатку табл. 6.4.

7. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА

Кількість трансформаторів N_{TP} пов'язано з їх номінальною потужністю:

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

де $S_{НОМ.ЕК}$ - економічно доцільна потужність трансформатора.

Значення $S_{НОМ\ EK}$ приймається в залежності від густини навантаження:

при $S_{пит} < 0,2 \text{ кВА/м}^2$, $S_{НОМ\ EK} = 1000 \text{ кВА}$;

при $S_{пит} < 0,2 - 0,3 \text{ кВА/м}^2$, $S_{НОМ\ EK} = 1600 \text{ кВА}$;

при $S_{пит} > 0,3 \text{ кВА/м}^2$, $S_{НОМ\ ек} = 2500 \text{ кВА}$.

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

де P_n, Q_n - пускові потужності двигуна;

P_p, Q_p - навантаження електроприймачів.

Приймаються до встановлення комплектні трансформаторні КТП - 10/0,4 кВ вбудованого.

Вибір - у вигляді таблиці 7.1.

Таблиця 7.1. Вибір цехових трансформаторних підстанцій

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

8.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Початкове значення періодичної складової струму КЗ:

$$I_{n0} = I'' = \frac{E_{\Sigma}''}{\sqrt{3} \cdot X_{PEZ}} \quad (8.1)$$

де E_{Σ}'' - надперехідна ЕРС;

X_{PEZ} – приведений опір.

У разі віддаленості точки КЗ від джерел:

$$S_{KЗ} = \infty, x_c = 0, E_{\Sigma}'' = U_c = \text{const.}$$

Ударний струм КЗ:

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

де T_a - стала часу:

$$T_a = \frac{x_{pez}}{\omega r_{pez}},$$

де x_{pez} , r_{pez} - результуючі опори кола КЗ.

Опори різних елементів:

енергосистеми:

$$X_c = \frac{U_{\delta}^2}{S_{KЗ}}. \quad (8.3)$$

генераторів, компенсаторів:

$$x_{ген} = \frac{x_{d\%}''}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}, \quad (8.4)$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

$$x_{a\partial} = \frac{1}{I_{\text{пуск}^*}} \frac{U_{\bar{o}}^2}{S_{\text{ном}}} . \quad (8.5)$$

двухобмоточного трансформатора:

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

трансформаторів з розчепленою обмоткою НН:

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

$$x_{H1} = x_{H2} = 1.75 \frac{u_{k\%}}{100} \frac{U_{\bar{o}}^2}{S_{\text{ном}}} \quad (8.7b)$$

реакторів:

$$x_p = \frac{x_{p\%}}{100} \frac{U_{\bar{o}}^2}{\sqrt{3} I_{\text{ном}} U_{cp}} \quad (8.8)$$

повітряних та кабельних ліній:

$$x_l = x_0 \cdot l \cdot \frac{U_{\bar{o}}^2}{U_{cp}^2} \quad (8.9)$$

е $U_{\bar{o}}$ - базисна напруга, кВ,

U_{cp} - середня номінальна напруга;

$S_{\text{НОМ}}$ - номінальна потужність елемента;

$I_{\text{НОМ}}$ - номінальний струм;

$S_{\text{кз}}$ - потужність короткого замикання;

$x''_d \%$ - над перехідний опір;

$I_{\text{пуск}^*}$ - кратність пускового струму;

$x_p \%$ - реактивний опір реактора;

$u_{k\%}$ - напруга КЗ;

x_0 - питомий опір лінії.

Перед розрахунком струмів КЗ складаємо схему (рис. 8.1) з точки, в яких треба розрахувати струми.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

По розрахунковій складають схему заміщення, на якій елементи представлені опорів (рис. 8.2).

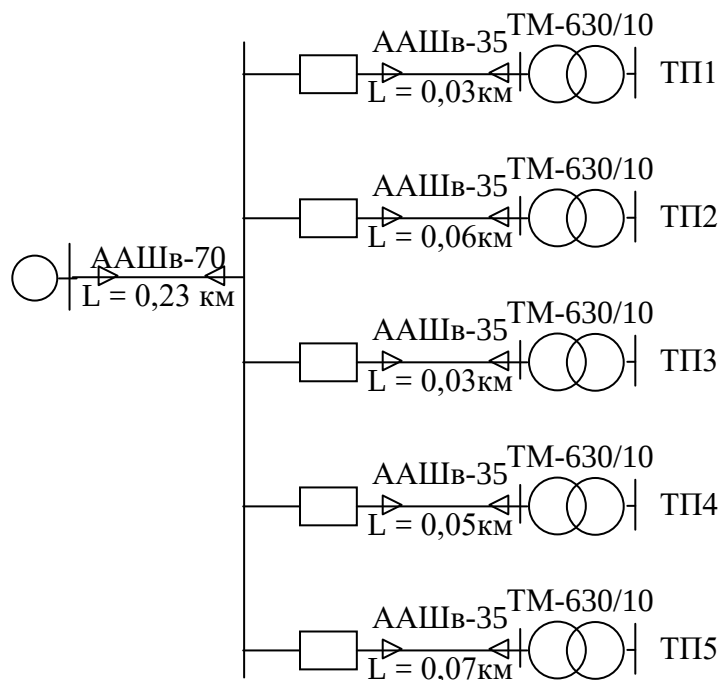


Рисунок 8.1. Схема для розрахунку струмів К3

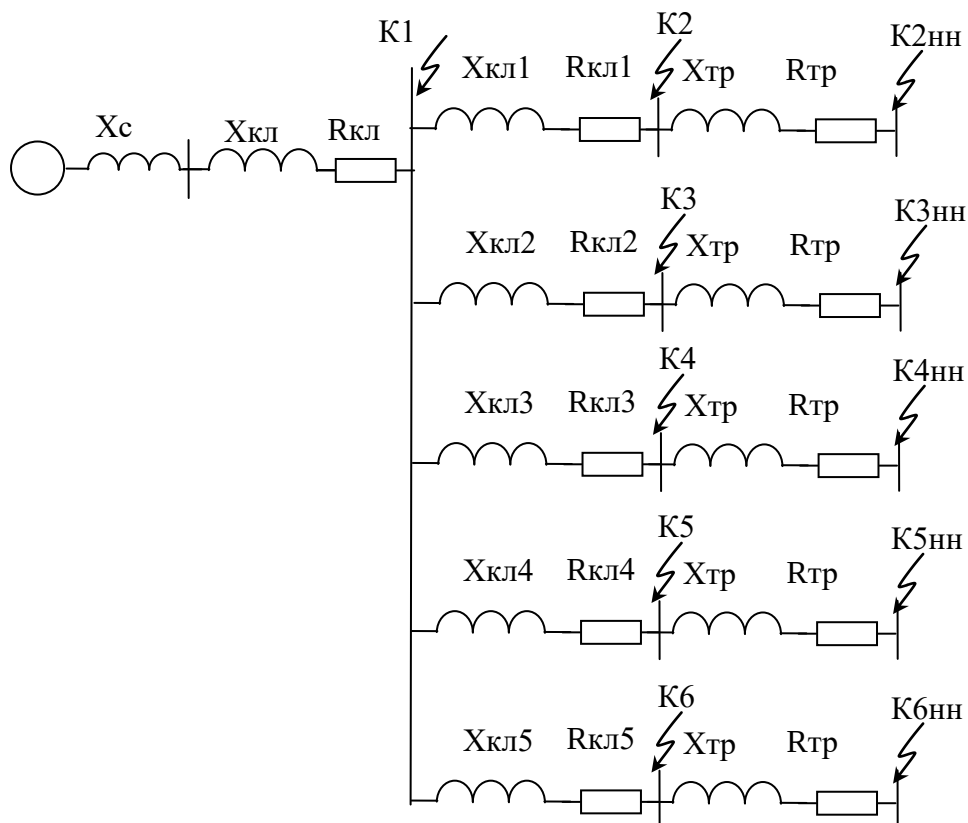


Рис. 8.2. Схема заміщення

Виконуємо розрахунок струмів КЗ для ТП1.

Розрахунки схеми заміщення показано на прикладі:

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

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

для трансформаторів:

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

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

Результати розрахунків струмів КЗ для інших ТП зведені в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1. Результати розрахунку струмів КЗ

№ точки КЗ	$R_{кл}$	$X_{кл}$	$Z_{кл}$	$I = I_{бн}/Z_{кл}$	$i_y = 2 \cdot k_y \cdot I_{кп}$	$I_{кп}^2 = 0,87 \cdot I_{кп}$
ТП1(К2)	0,014	1,440	1,440	3,82	6,42	3,33
ТП1(К2нн)	3,452	14,624	15,026	9,62	20,20	8,37
ТП2(К3)	0,016	1,466	1,466	3,76	6,31	3,27
ТП2(К3нн)	3,453	14,650	15,051	9,60	20,16	8,35
ТП3(К4)	0,015	1,457	1,457	3,78	6,35	3,29
ТП3(К4нн)	3,453	14,641	15,043	9,61	20,17	8,36
ТП4(К5)	0,014	1,440	1,440	3,82	6,42	3,33
ТП4(К5нн)	3,452	14,624	15,026	9,62	20,20	8,37

2. Вибір високовольтного обладнання системи електропостачання

Вибір кабелів 10 кВ для високовольтної мережі. Обираємо кабель від ЦРП до ТП-1. Площа перерізу кабеля:

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

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

при $T_{max} = 3927 \text{ год}$, $J_{ек} = 1,1$.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Беремо кабель ААШВ-95 мм² з допустимим струмовим навантаженням $I_{\text{доп}}=210 \text{ А}$. Перевірка кабеля $I_{\text{p.ав}} = K_{\text{п}} \cdot K_{\text{ав}} \cdot I_{\text{доп}} = 1 \cdot 1,35 \cdot 210 = 275 \text{ А}$.

$275 \text{ А} > 210 \text{ А}$, тобто $I_{\text{ав}} > I_{\text{р}}$.

За умовою термічної стійкості Мінімальна площа перерізу кабеля:

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

де K – термічний коефіцієнт.

Вибір вимикачів 10 кВ

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

Вибір вимикачів зведено в таблиці. 8.2– 8.3.

$$\tau = t_{\text{г}} + t_{\text{рз.мін}} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ с.}$$

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{г}} = 1,5 + 0,055 = 1,555 \text{ с};$$

$$B_{\kappa} = I''^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 6,75^2 \cdot (1,555 + 0,03) = 72,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Таблиця 8.2 Вибір ввідних вимикачів

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

Таблиця 8.3 Вибір вимикачів 10 кВ

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

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

$$t_{откл} = t_{pz} + t_{\epsilon} = 1,05 + 0,555 = 1,105 \text{ с};$$

$$B_{\kappa} = I''^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 6,58^2 \cdot (1,105 + 0,03) = 49,14 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Вимикачі 10 кВ встановлені в шафи КРП серії КУ-10Ц з параметрами:

- номінальна наруга 10 кВ;
- найбільша напруга 12 кВ;
- номінальний струм шин 630 А;
- номінальний струм відключення 20 кА;
- термічна стійкість 20 кА.
- електродинамічна стійкість 52 кА.

Вибір вимикачів навантаження

Вимикачі навантаження вибирають по номінальному струму і напрузі, перевіряють на стійкість при струмі К.З.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

Обираємо вимикач ВНВП-10/400, дані по вибору зведені в таблицю 8.4.

Таблиця 8.4. Вибір вимикачів навантаження

Параметр мережі	Умови вибору	Розрахунок
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
3,84 кА	$I_{нт} \leq I_{ном.відкл}$	12,5 кА
31,6 А	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	630 А
$\sqrt{2} \cdot 3,84 \cdot e^{-0,06/0,03} = 0,73 \text{ кА}$	$\sqrt{2}I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{откл}$	$\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot (1 + 0,4) = 24,7 \text{ кА}$
6,6 кА	$i_{ат} \leq i_{дин}$	52 кА
3,84 кА	$I'' \leq I_{дин.ст}$	12,5 кА
136,9 кА ² ·с	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	202·3=1200 кА ² ·с

Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

Номінальну потужність трансформатора власних потреб (ТВП) Обирають по потужності споживачів. Розрахункове навантаження ТВП:

$$S_p = K_c S_n$$

де K_c - коефіцієнт попиту, приймається 0,7;

S_n - сумарна встановлена потужність споживачів.

Таблиця 8.5. Навантаження власних потреб

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

Навантаження ТВП:

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

Потужність ТВП:

$$S_p = K_c S_{уст} = 0,8 \cdot 16 = 12,8 \text{ кВА.}$$

Вибираємо ТМ-25/10. Паспортні дані:

$$S_{ном} = 25 \text{ кВА, } U_{ВН} = 10 \text{ кВ, } U_{НН} = 0.4 \text{ кВ.}$$

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

Вибір розрядників і обмежувачі перенапруг

На напругу 10кВ встановлюємо обмежувачі перенапруг ОПН-10/11.5/10/2 УХЛ1 з параметрами:

1. Клас напруги-10кВ;
2. Найбільша допустима напруга ОПН -11.5кВ;
3. Номінальна напруга ОПН -10кВ.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

9. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

9.1. Організаційно-технічні заходи забезпечення енергозбереження

На основі ретельного аналізу енергоспоживання сформульовано комплекс організаційно-технічних заходів та визначено їх ефективність.

У таблиці 9.1. показано організаційно-технічні заходи та їхні коефіцієнти можливої економії електроенергії.

До економії при експлуатації належить:

- уживання раціонального режиму навантаження,
- користування компенсацією реактивної потужності,
- покращення якості електроенергії.

До скорочення експлуатаційних витрат призводить Застосування сучасних типів елементів СЕП.

До організаційний заходів належить (Додаток, табл. 9.1):

- змащування механічних частин машин і механізмів.
- керування реактивної потужності.
- Автоматичне управління освітленням.
- Автоматизація технологічних процесів.
- облік втрат електроенергії.

9.2. Економія електричної енергії в трансформаторах

10-15% втрачається При її передачі від джерела живлення до приймачів. Скорочення втрат електроенергії в трансформаторах можна досягнути правильним вибором потужності трансформаторів.

Робота трансформаторів в режимі холостого ходу через низький коефіцієнт потужності викликають зайві втрати у самому трансформаторі та у всій системі живлення.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

Ефективність вимкнення трансформаторів цехової мережі:

$$\sum \Delta P = n \cdot (\Delta P_{x.x.} + K_{з.в.} \cdot \Delta Q_{x.x.}) + \frac{1}{n} \cdot (\Delta P_{к.з.} + K_{з.в.} \cdot \Delta Q_{к.з.}) \cdot K_3^2,$$

де n – число включених трансформаторів;

$\Delta P_{x.x.}, \Delta P_{к.з.}$ – втрати холостого ходу й короткого замикання;

$\Delta Q_{x.x.}, \Delta Q_{к.з.}$ – реактивні втрати:

$$\Delta Q_{x.x.} = \frac{S_{ном} \cdot I_{x.x.}}{100};$$

$$\Delta Q_{к.з.} = \frac{S_{ном} \cdot U_{к\%}}{100},$$

де $I_{x.x.}$ – струм холостого ходу;

$U_{к\%}$ – напруга короткого замикання

$K_{з.в.} = 0,12$ – коефіцієнт втрат;

$K_3 = \frac{S_n}{S_{ном.т}}$ – коефіцієнт завантаження;

$S_{сер}$ – середнє завантаження.

Для живлення трансформаторів 630 кВА на 10 кВ потрібен струм:

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

Визначаємо втрати при роботі одного трансформатора:

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

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

$$K_3 = \frac{S_n}{S_{ном}} = \frac{70}{630} = 0,111;$$

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

Втрати Для двох трансформаторів:

$$K_3 = \frac{S_n}{S_{ном}} = \frac{900}{1260} = 0,7;$$

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

Результати розрахунків зводимо до таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 Побудова залежності втрат $\Delta P_m = f(S_n)$, кВт

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

Будуємо графіки втрат активної потужності ΔP_m в трансформаторах від навантаження S_n (Рис. 9.1). Крива 1 – залежність втрат $\Delta P_m = f(S_n)$ при роботі одного трансформатора; крива 2 – втрати при роботі двох трансформаторів.

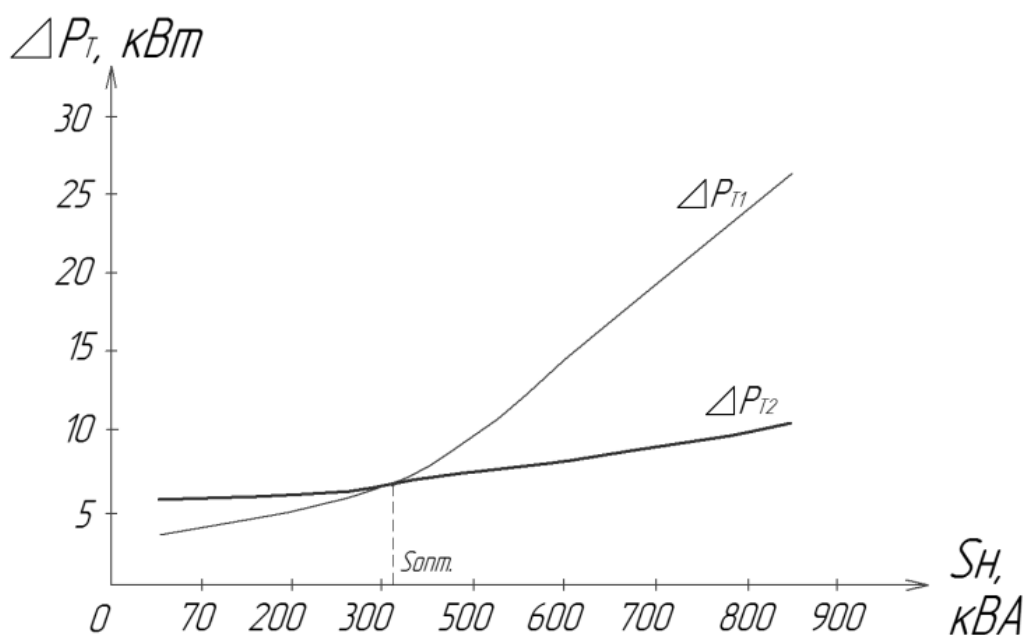


Рис. 9.1 Залежність втрат потужності ΔP_m в силових трансформаторах від навантаження S_n

Видно, що до $S < S_{opt}$ раціонально відключати 2-й тр-р, а при $S > S_{opt}$ втрати менші при роботі двох трансформаторів.

9.3. Економія електричної енергії за рахунок заміни малоавантаженого двигуна

Якщо навантаження електродвигуна нагромаджує менше 45% від номінальної потужності, то заміна його менш потужним двигуном завжди доцільна. При навантаженні двигуна дужче 70% його номінальної потужності можна вважати, що заміна його недоцільна.

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

$$\Delta P_{\Sigma} = [Q_{x.x.} \cdot (1 - K_n^2) + K_n^2 \cdot Q_{ном}] \cdot K_e + \Delta P_{x.x.} + K_n^2 \cdot \Delta P_{a.n.},$$

де $Q_{x.x.} = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I_{x.x.}$ – реактивна потужність, що споживається двигуном при холостому ході;

$I_{x.x.}$ – струм холостого ходу;

$U_{ном}$ – номінальна напруга;

$K_n = \frac{P}{P_{ном}}$ – коефіцієнт завантаження;

P – середнє навантаження електродвигуна;

$Q_{ном} = \frac{P_{ном}}{\eta_o} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ном}$ – реактивна потужність електродвигуна;

η_o – ККД електродвигуна;

$\operatorname{tg} \varphi_{ном}$ – коефіцієнт потужності;

K_e – коефіцієнт підвищення втрат (0,1 кВт/квар);

$\Delta P_{x.x.} = P_{ном} \cdot \left(\frac{1 - \eta_o}{\eta_o} \right) \cdot \left(\frac{\gamma}{1 + \gamma} \right)$ – втрати активної потужності при холостому ході;

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					40

$$\Delta P_{a,h} = P_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{1 - \eta_{\partial}}{\eta_{\partial}} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) - \text{приріст втрат активної потужності при 100\%}$$

навантаженні;

$$\gamma = \frac{\Delta P_{x.x.,\%}}{(1 - \eta_{h,\%}) - \Delta P_{x.x.,\%}},$$

де $\Delta P_{x.x.,\%}$ – втрати холостого ходу.

Перевіримо рентабельність заміни двигуна А82 тарного цеху потужністю 75 кВт, що працює з навантаженням 40 кВт двигуном А52 потужністю 45 кВт.

Параметри встановленого двигуна:

$$P_{\text{ном}} = 75 \text{ кВт}; U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}; \eta_{\partial} = 0,91; \cos \varphi_{\text{ном}} = 0,92; I_{x.x.} = 42,6 \text{ А}; \Delta P_{x.x.} = 3,2 \text{ кВт}.$$

Визначимо:

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

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

$$K_h = \frac{P}{P_{\text{ном}}} = \frac{40}{75} = 0,53;$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{x.x.,\%}}{(1 - \eta_{h,\%}) - \Delta P_{x.x.,\%}} = \frac{3,2}{(100 - 91) - 3,2} = 4,36;$$

$$\Delta P_{a,h} = P_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{1 - \eta_{\partial}}{\eta_{\partial}} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) = 75 \cdot \frac{1 - 0,92}{0,92} \cdot \frac{1}{1 + 4,36} = 4,9 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\Sigma} = [Q_{x.x.} \cdot (1 - K_h^2) + K_h^2 \cdot Q_{\text{ном}}] \cdot K_e + \Delta P_{x.x.} + K_h^2 \cdot \Delta P_{a,h} =$$

$$= [28,03 \cdot (1 - 0,53^2) + 0,53^2 \cdot 35] \cdot 0,1 + 3,2 + 0,53^2 \cdot 4,9 = 7,575 \text{ кВт};$$

Параметри двигуна на заміну:

$$P_{\text{ном}} = 45 \text{ кВт}; U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}; \eta_{\partial} = 0,91; \cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9; I_{x.x.} = 29 \text{ А}; \Delta P_{x.x.} = 2,4 \text{ кВт};$$

Визначаємо:

$$\gamma = \frac{\Delta P_{x.x.,\%}}{(1 - \eta_{h,\%}) - \Delta P_{x.x.,\%}} = \frac{2,4}{(100 - 91) - 2,4} = 0,36;$$

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

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

У результаті заміни малоавантаженого двигуна отримали зменшення втрат активної потужності:

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

Економічний ефект:

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

9.4. Економія електричної енергії в насосі, працюючому із регулюванням частотою

Розглянемо насос АК13-16-0,4 У4, котрий встановлено в компресорній, номінальна потужність електродвигуна $P_n = 160 \text{ кВт}$.

Напірна характеристика центробіжного насоса:

$$H = H_\phi \cdot (n/n_{\text{ном}})^2 - S_\phi \cdot Q^2 = 125 \cdot (n/1500)^2 - 0,0001 \cdot Q^2,$$

де H_ϕ і S_ϕ – фіктивні параметри насоса;

n і $n_{\text{ном}}$ – змінне і номінальна частота обертання насоса.

Залежність подачі насоса від частоти обертання n :

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

Момент опору насоса:

$$M_c = 9569 \cdot P/n = 9569 \cdot 160,0/1500 = 1020,7 \text{ Н·м}$$

де P – потужність;

n – частота обертання, об/хв.

Гранична частоту обертання :

$$n_{\text{гп}} = n_{\text{ном}} \sqrt{\frac{H_{\text{ст}}}{H_\phi}} = 1500 \sqrt{\frac{20}{125}} = 1150 \text{ об/хв.}$$

Отже, гранична подача насоса складатиме:

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

Зниження електроспоживання насоса при *регулюванні частоти* у порівнянні з регулюванням затвором напорної лінії насоса.

Вхідні дані:

- найбільша подача насоса $Q_6 = 1668 \text{ м}^3/\text{год}$ ($0,46 \text{ м}^3/\text{с}$);
- напор, при найбільшій подачі, $H_6 = 25 \text{ м}$;
- найменша подача насоса $Q_m = 1182 \text{ м}^3/\text{год}$ ($0,328 \text{ м}^3/\text{с}$);
- статична складова напору $H_{ст} = 20 \text{ м}$;
- ККД насоса $\eta_n = 0,85$;
- тривалість періоду $T = 1 \text{ рік}$ (8760 год).

Потужність, що при найбільшій подачі споживається насосом:

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

відносна мінімальна подача $\lambda = Q_m / Q_6 = 1182 / 1668 = 0,71$;

відносний статичний напор $H_{ст}^* = H_{ст} / H_6 = 20 / 100 = 0,22$.

Для $\lambda = 0,71$ та $H_{ст}^* = 0,22$ економія енергії складатиме $w^* = 0,21$.

Отже, зниження енергоспоживання насоса складає:

$$\Delta W = P \cdot T \cdot w^* \cdot \varphi = 132,71 \cdot 8760 \cdot 0,21 \cdot 1 = 232490,5 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де $\varphi = 1$ – понижуючий коефіцієнт для насосного агрегату.

9.5. Шляхи енергозбереження в електроприводі

Підвищення навантаження робочих машин знижує витрати електроенергії.

На рис 9.2 показано криві $\beta = f(\kappa_n)$, по яких припустимо визначити економію енергії, яку дістанемо в результаті підвищення навантаження.

Розрахунок економії. Верстат працює з навантаженням у 25% номінальної потужності ($\kappa_n = 25\%$), і з $\kappa_t = 0,5$. Витрата енергії по графіку рис 9.2 складає 210% у порівнянні з мінімально можливою витратою енергії. При збільшенні навантаження до $\kappa_n = 80\%$, і скорочення $\kappa_t = 0,9$, збільшення витрати енергії складає 106%.

Враховуючи, що $\beta = \Delta E / \Delta E_0$, де $\Delta E_0 = 1,48 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, при $\eta_{м.н} = 0,8$ і $\alpha = 0,9$

отримаємо економію

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					43

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

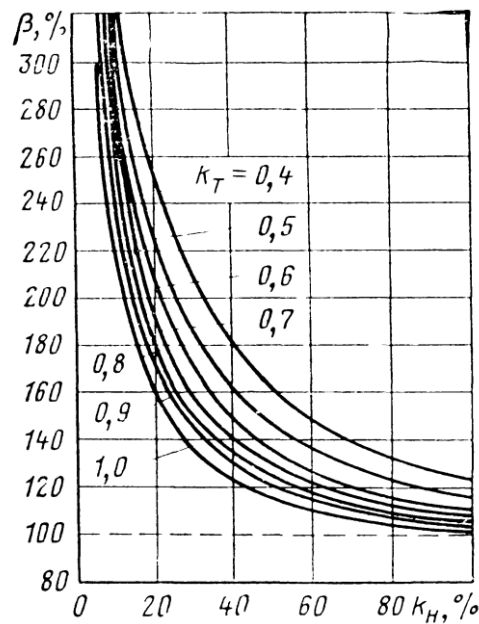


Рис 9.2. Залежність витрат електроенергії від навантаження робочої машини

Автоматичне обмеження холостого ходу робочих машин

З діаграмою на рис 9.3 можливо визначити економію, що досягається при використанні обмежувачів хх.

Необхідно мати данні:

P_0^n - середню потужність хх, яка визначається як сума механічної потужності P_m^n і втрати в сталі електродвигуна ΔP_x ;

$P_{д.ном}$ - номінальну потужність двигуна;

$T_{всп}$ - тривалість часу;

z - кількість циклів.

Параметри діаграми a і b :

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

З допомогою показника ефективності ε з рис. 9.3 визначається економія електроенергії

$$\Delta E = \varepsilon \frac{z P_{д.ном} T_{всп}}{3600}.$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

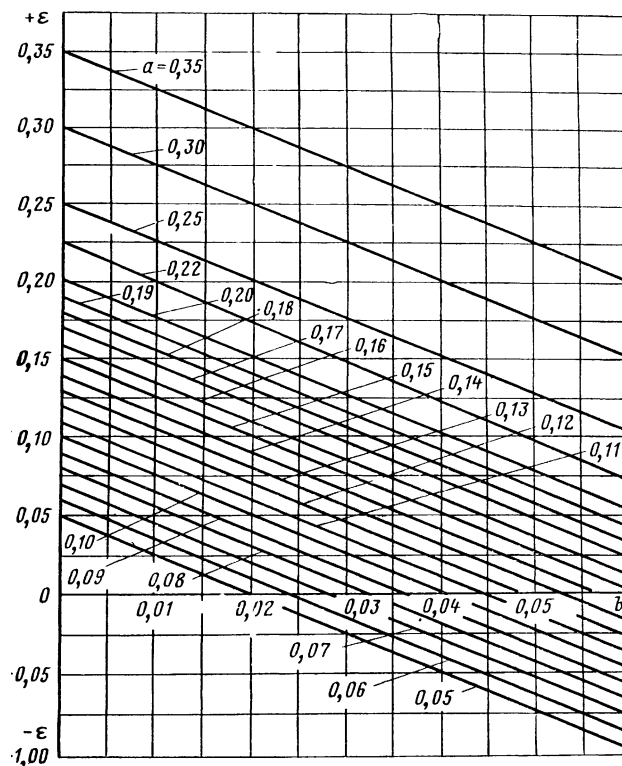


Рис. 9.3 Діаграма ефективності обмежувачів холостого ходу

1. *Розрахунок економії*. Верстат з електродвигуном $P_{Д.ном} = 5,8$ кВт має

$P_0^n = 1,25$ кВт. Час ХХ $T_{всп} = 16$ с; $z = 38$ цикл/год;

$$a = \frac{1,25}{5,8} = 0,215; \quad b = \frac{1}{4 \cdot 16} = 0,0156$$

Із рис. 9.3 знаходимо $\varepsilon = 0,175$.

Годинна економія електроенергії

$$\Delta E = 0,175 \frac{38 \cdot 5,8 \cdot 16}{3600} = 0,172 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

2. *Розрахунок перевитрати*. Верстат з електродвигуном $P_{Д.ном} = 7$

кВт має $P_0^n = 0,9$ кВт. Час ХХ $T_{всп} = 4,5$ с; $z = 35$ цикл/год.

Із рис. 9.3 знаходимо $\varepsilon = -0,012$; це означає, що перевитрата електроенергії за кожну годину роботи

$$\Delta E = -0,012 \frac{35 \cdot 7 \cdot 4,5}{3600} = -0,004 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

9.2. Раціональний вибір силових трансформаторів

При кожній трансформації втрачається 2...3% переданої електроенергії, тому треба застосовувати мінімальну число трансформації.

Мінімальні втрати в трансформаторі досягаються при завантаженні:

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

де ΔP_x , ΔP_k - втрати в сталі і обмотках.

Критерієм економічної ефективності є мінімум приведених затрат:

$$Z = p_{\text{норм}} \cdot K + T_p \cdot c_0 \cdot (\Delta P_x + K_3^2 \cdot \Delta P_k), \quad (9.3)$$

де K_3 - коефіцієнт завантаження; T_p - годин роботи трансформатора.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів (ТМ-630/10), що відповідає мінімуму затрат,

$$\begin{aligned} K_{3.\text{опт}} &= \sqrt{(\Delta P_x / \Delta P_k + c_0 \cdot \Delta P_k \cdot p_{\text{норм}} \cdot K / T_p)} = \\ &= \sqrt{(2/7,3 + 52000 \cdot 0,12/8760 \cdot 0,3361 \cdot 7,3)} = 0,741. \end{aligned} \quad (9.4)$$

При $K_3 = K_{3.\text{опт}}$, $K_3 = 0,75$ умова оптимального завантаження трансформаторів здійснюється і зменшити втрати на трансформацію електроенергії.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

ВИСНОВКИ

1. Розраховано електронавантаження і розподілено по 5ТП (6×630 кВт).
Обрано місце розташування ЦРП.

2. На підвалинах техніко-економічного порівняння 2-х варіантів електропостачання КХП (КЛ-10кВ та ПЛ-35Кв) обрано перший варіант з КЛ-10кВ як більш економічний.

3. В результаті оптимальної компенсації реактивної потужності по ТП забезпечений $\text{tg}\varphi = 0,13$.

4. Розрахунок струмів КЗ і дефініції надперехідних та ударних складових в контрольних точках допустив обрати високовольне устаткування.

5. У спецрозділі досліджено можливості енергозбереження на КХП:

- Організаційно-технічні заходи енергозбереження,
- Вибір раціональних напруг, силових трансформаторів,
- Економія електричної енергії за рахунок заміни малозавантаженого двигуна,
- Автоматичне обмеження холостого ходу робочих машин,
- Економія електричної енергії в насосі, працюючому із регулюванням частоти,
- Економія електричної енергії в трансформаторах,
- Визначення оптимальних режимів роботи насосних установок тощо.

Виконано оцінку очікуваного економічного ефекту.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електротехнічні системи електроспоживання / Плешков П.Г. та ін. – МОН України, ЦНТУ. – Кропивницький: ПП "Ексклюзив", 2021. – 209 с.
2. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання: навч. посіб. / Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А. та ін.; Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: Лисенко, 2019. – 272 с.
3. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Електропостачання промислових підприємств: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград: КДТУ, 2004. – 133 с.
5. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
6. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.
7. Електропостачання: підручник / П. О. Васи́лега. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
8. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матєєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
9. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
10. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

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

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

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

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

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

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

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

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

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

ДОДАТКИ

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

Таблиця 2.1. Розрахунок електричних навантажень до 1 кВ

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

Продовження таблиці 2.1.

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

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

Продовження таблиці 2.1.

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

Таблиця 2.2. Розрахунок освітлювального навантаження

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

Таблиця 2.3. Розрахунок електричних навантажень вище 1 кВ

Назва групи споживачів	К-та ЕС	Р _{сум'} , кВт		Р _{сум} кВт	m	K _н	cosφ	tgφ	Середнє		n _{коф}	K _н	Розрахункові показники		
		P _{мін} кВт	P _{макс} кВт						R _н , кВт	Q _{сум} , кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
ТТУ№1															
Хлібопекарський цех															
силове:	89	1,1	60	742,55	54,6	0,5	0,85	0,62	371,27	230,09	25	1,22	453,05	230,09	508,13
освітлювальне:									16,52				14,8	25,63	
Всього:									387,79	230,09			467,85	255,72	533,18
Цех підготовки борошна															
силове:	34	1,1	11	168,7	10	0,3	0,6	1,33	50,61	67,48	31	1,32	66,82	67,48	94,97
освітлювальне:									2,1				2	3,46	
Всього:									52,71	67,48			68,82	70,94	98,84
Склад															
силове:	8	2	10	63,75	5	0,4	0,7	1,02	25,5	26,02	8	1,55	39,64	28,62	48,89
освітлювальне:									0,63				0,42	0,73	
Всього:									26,13	26,02			40,06	29,35	49,66
Територія м'ясу															
освітлювальне:									6,44				3,86	1,87	
Всього:									6,44	0			3,86	1,87	4,29
Вагова															
освітлювальне:									1,69				1,14	1,97	
Всього:									1,69	0			1,14	1,97	2,28
Всього по ТТУ№1:															
силове:	131	1,1	60	975	54,6	0,46	0,81	0,72	447,38	323,59	32	1,21	542,18	323,59	631,4
освітлювальне:									27,38				22,22	33,66	
БК 0,4 кВ										0				0	

Продовження таблиці 2.3

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	Р _{одн} , кВт		Р _{сум} кВт	m	K _н	cosφ	tgφ	Середнє		η _{эф}	K _н	Розрахункове навантаження		
		Р _{мін} кВт	Р _{макс} кВт						Р _{ср} , кВт	Q _{ср} , кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
Всього за шинх 0,4 кВ ТП№1:									474,76	323,39			564,4	337,23	667,96
Втрати в трансформаторах:													7,63	63,34	
Кількість трансформаторів: 2															
Номінальна потужність, кВА: 630															
Коефіцієнт навантаження: K _н = 0,53															
Всього за шинх 10 кВ ТП№1:													572,03	420,59	710,01
ТП№2															
Алгоритмус															
сілова:	63	0,1	3	151,2	30	0,7	0,8	0,75	105,84	79,38	63	1,07	113,21	79,38	138,27
освітлювальна:									21,24				21,41	37,08	
Всього:									127,08	79,38			134,62	116,46	178
Компресорна															
сілова:	23	0,8	37	228,5	46,2	0,6	0,75	0,88	137,1	120,91	12	1,26	172,46	120,91	210,62
освітлювальна:									2				1,79	3,1	
Всього:									139,1	120,91			174,25	124,01	213,87
Допоміжна відділення															
сілова:	37	1	7	158	7	0,6	0,75	0,88	94,8	83,61	37	1,13	107,54	83,61	136,22
освітлювальна:									7,73				6,93	12	
Всього:									102,53	83,61			114,47	95,61	149,15
Всього по ТП№2:															
сілова:	123	0,1	37	537,7	370	0,63	0,77	0,84	337,74	283,9	29	1,14	385,49	283,9	478,75
освітлювальна:									30,97				30,13	52,18	
БК 0,4 кВ										0				0	
Всього за шинх 0,4 кВ ТП№2:									368,71	283,9			415,62	336,08	534,5

Продовження таблиці 2.3

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	Р _{одн} , кВт		Р _{сум} кВт	m	K _н	cosφ	tgφ	Середня		n _{эф}	K _н	Розрахункові показники		
		Р _{мін} кВт	Р _{макс} кВт						Р _{сум} , кВт	Q _{сум} , кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
Втрати в трансформаторах:													7,15	49,64	
Кількість трансформаторів: 1															
Номінальна потужність, кВА: 630															
Коефіцієнт завантаження: K _з = 0,85															
Всього на шинках 10 кВ ТП№2:													422,77	385,72	572,29
ТП№3															
Цех розаликів та печина															
сілова:	96	1,1	75	625,45	68,2	0,6	0,8	0,75	375,27	281,45	17	1,21	454,04	281,45	534,2
освітлювальна:									16,52				14,8	25,63	
Всього:									391,79	281,45			468,84	307,08	560,45
Мікропом відділення															
сілова:	18	2,2	6	63,95	2,7	0,5	0,85	0,62	31,98	19,82	18	1,27	40,5	19,82	45,09
освітлювальна:									3,98				3,57	6,18	
Всього:									35,96	19,82			44,07	26	51,17
Всього по ТП№3:															
сілова:	114	1,1	75	689,4	68,2	0,59	0,8	0,74	407,25	301,27	18	1,21	492,23	301,27	577,11
освітлювальна:									20,5				18,37	31,81	
БК 0,4 кВ										0				0	
Всього на шинках 0,4 кВ ТП№3:									427,75	301,27			510,6	333,08	609,63
Втрати в трансформаторах:													8,8	58,5	
Кількість трансформаторів: 1															
Номінальна потужність, кВА: 630															
Коефіцієнт завантаження: K _з = 0,97															
Всього на шинках 10 кВ ТП№3:													519,4	391,58	650,47

Продовження таблиці 2.3

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	Р _{одн} , кВт		Р _{сум} кВт	m	K _с	cos φ	tg φ	Середнє		n _{од}	K _н	Розрахункові навантаження		
		Р _{одн} кВт	Р _{грав} кВт						Р _{сум} кВт	Q _{сум} кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
ТПН-4															
Кондитерський цех															
силова:	30	1,8	40	276	22,2	0,7	0,85	0,62	193,2	119,73	14	1,16	224,98	119,73	254,86
освітлювальна:									7,74				7,8	13,51	
Всього:									200,94	119,73			232,78	133,24	268,22
Сушарне відділення															
силова:	38	1,1	60	252,1	54,6	0,5	0,8	0,75	126,05	94,54	8	1,43	180,73	103,99	208,51
освітлювальна:									9,77				9,85	17,06	
Всього:									135,82	94,54			190,58	121,05	225,77
Склад готової продукції															
силова:	9	1	3	18	3	0,7	0,8	0,75	12,6	9,45	9	1,21	15,31	10,4	18,51
освітлювальна:									0,65				0,58	1	
Всього:									13,25	9,45			15,89	11,4	19,56
Деревообробне відділення															
силова:	11	1,2	6	35,45	5	0,4	0,6	1,33	14,18	18,91	11	1,46	20,64	18,91	27,99
освітлювальна:									1,47				1,32	2,29	
Всього:									15,65	18,91			21,96	21,2	30,52
Всього по ТПН-4:															
силова:	88	1	60	581,55	60	0,6	0,82	0,7	346,03	242,63	19	1,2	415,12	242,63	480,83
освітлювальна:									19,63				19,55	33,86	
БК 0,4 кВ										0				0	
Всього за шиних 0,4 кВ ТПН-4:									365,66	242,63			434,67	276,49	515,16
Втрати в трансформаторах:													6,76	47,54	
Кількість трансформаторів: 1															

Продовження таблиці 2.3

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	P _{одн.} , кВт		P _{сум.} кВт	m	K _н	cosφ	tgφ	Середнє		α _{одн.}	K _н	Розрахункове навантаження		
		P _{мін.} кВт	P _{макс.} кВт						P _{світ.} кВт	Q _{світ.} кВар			P _{p.} , кВт	Q _{p.} , кВар	S _{p.} , кВА
Номінальна потужність, кВА: 630															
Коефіцієнт навантаження: K _н = 0,82															
Всього на шинях 10 кВ ТП№4:													441,43	324,03	547,39
ТП№5															
Механічна майстерня															
силова:	61	1	21	526	21	0,3	0,55	1,52	157,8	239,62	50	1,24	196,39	239,62	309,82
освітлювальна:									7,8				6,99	12,11	
Всього:									165,6	239,62			203,38	251,73	323,62
Котельня															
силова:	36	0,5	17	196	34	0,6	0,8	0,75	117,6	88,2	23	1,18	138,32	88,2	164,05
освітлювальна:									2,25				2,02	3,5	
Всього:									119,85	88,2			140,34	91,7	167,64
Гараж															
силова:	11	2	6	44	3	0,4	0,7	1,02	17,6	17,96	11	1,46	25,62	17,96	31,29
освітлювальна:									2,34				1,57	2,72	
Всього:									19,94	17,96			27,19	20,68	34,16
Всього по ТП№5:															
силова:	108	0,5	21	766	42	0,38	0,65	1,18	293	345,78	73	1,16	340,04	345,78	484,96
освітлювальна:									12,39				10,58	18,33	
БК 0,4 кВ										0				0	
Всього на шинях 0,4 кВ ТП№5:									305,39	345,78			350,62	364,11	505,48
Втрати в трансформаторах:													6,57	46,52	
Кількість трансформаторів: 1															
Номінальна потужність, кВА: 630															

Продовження таблиці 2.3

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	Р _{одн} , кВт		Р _{сум} кВт	n	K _н	cosφ	tgφ	Середнє		n _{сф}	K _н	Розрахункове навантаження		
		Р _{мін} кВт	Р _{макс} кВт						Р _{ср} кВт	Q _{ср} кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
Коефіцієнт навантаження: K _н = 0,8															
Всього на шинях 10 кВ ТПН.5:													357,19	410,63	544,25
Всього по об'єкту															
сигнали:	564	0,1	75	3349,63	730	0,52	0,77	0,82	1831,4	1497,17	95	1,1	2014,22	1497,17	2509,7
освітлювальні:									12,39				100,85	169,84	
Всього:									1942,27	1497,17			2115,07	1667,01	2693,04
Потужність КП 0,4 кВ:										0				0	
Втрати в трансформаторах:													36,91	265,54	
Всього по об'єкту:													2151,98	1932,55	2892,37
Всього по об'єкту 10 кВ:													2151,98	1932,55	2892,37
КП 10 кВ:														0	
Всього 10 кВ з КП:													2151,98	1932,55	2892,37
tgφ = 0,898															

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

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

Визначення центру розміщення ЦРП:

$$X_0 = 107,18$$

$$Y_0 = 103,49$$

Таблиця 6.4. Розрахунок електричних навантажень вище 1 кВ

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	Р _{ном} , кВт		Р _{ном} кВт	m	K _н	cosφ	tgφ	Середнє		n _{ед}	K _н	Розрахункові навантаження		
		P _{мін} кВт	P _{макс} кВт						P _{ном} кВт	Q _{ном} кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
ППН-1															
Хлібопекарський цех															
світлове:	89	1,1	60	742,53	54,6	0,5	0,85	0,62	371,27	230,09	25	1,22	453,05	230,09	508,13
освітлювальне:									16,52				14,8	25,63	
Всього:									387,79	230,09			467,85	255,72	533,18
Цех підготовки борошна															
світлове:	34	1,1	11	168,7	10	0,3	0,6	1,33	50,61	67,48	31	1,32	66,82	67,48	94,97
освітлювальне:									2,1				2	3,46	
Всього:									52,71	67,48			68,82	70,94	98,84
Склад															
світлове:	8	2	10	63,75	5	0,4	0,7	1,02	25,5	26,02	8	1,55	39,64	28,62	48,89
освітлювальне:									0,63				0,42	0,73	
Всього:									26,13	26,02			40,06	29,35	49,66
Територія заводу															
освітлювальне:									6,44				3,86	1,87	
Всього:									6,44	0			3,86	1,87	4,29
Вагова															
освітлювальне:									1,69				1,14	1,97	
Всього:									1,69	0			1,14	1,97	2,28
Всього по ППН-1:															
світлове:	131	1,1	60	975	54,6	0,46	0,81	0,72	447,38	323,59	32	1,21	542,18	323,59	631,4
освітлювальне:									27,38				22,22	33,66	
БК 0,4 кВ										-300				-300	

Продовження таблиці 6.4

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

Продовження таблиці 6.4

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

Продовження таблиці 6.4

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	Р _{адм'} , кВт		Р _{сум} кВт	ш	K _н	cosφ	tgφ	Середнє		η _{сф}	K _н	Розрахункові показники		
		Р _{мін} кВт	Р _{макс} кВт						Р _{сум} кВт	Q _{сум} кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
ТПН-4															
Кондитерський цех															
сипове:	30	1,8	40	276	22,2	0,7	0,85	0,62	193,2	119,73	14	1,16	224,98	119,73	254,86
освітлювальне:									7,74				7,8	13,51	
Всього:									200,94	119,73			232,78	133,24	268,22
Сухарне відділення															
сипове:	38	1,1	60	252,1	54,6	0,5	0,8	0,75	126,05	94,54	8	1,43	180,73	103,99	208,51
освітлювальне:									9,77				9,85	17,06	
Всього:									135,82	94,54			190,58	121,05	225,77
Склад готової продукції															
сипове:	9	1	3	18	3	0,7	0,8	0,75	12,6	9,45	9	1,21	15,31	10,4	18,51
освітлювальне:									0,65				0,58	1	
Всього:									13,25	9,45			15,89	11,4	19,56
Деревообробне відділення															
сипове:	11	1,2	6	35,45	5	0,4	0,6	1,33	14,18	18,91	11	1,46	20,64	18,91	27,99
освітлювальне:									1,47				1,32	2,29	
Всього:									15,65	18,91			21,96	21,2	30,52
Всього по ТПН-4:															
сипове:	88	1	60	581,55	60	0,6	0,82	0,7	346,03	242,63	19	1,2	415,12	242,63	480,83
освітлювальне:									19,63				19,55	33,86	
БК 0,4 кВ										-100				-100	
Всього на шини 0,4 кВ ТПН-4:									365,66	142,63			434,67	176,49	469,13
Втрати в трансформаторах:													5,89	42,87	
Кількість трансформаторів: 1															

Продовження таблиці 6.4

Назва групи споживачів	К-ть вс	Р _{одн} , кВт		Р _{сум} кВт	m	K _н	cos φ	tg φ	Середні		n _{эф}	K _н	Розрахункові показники		
		Р _{мін} кВт	Р _{макс} кВт						Р _{ср} , кВт	Q _{ср} , кВар			P _p , кВт	Q _p , кВар	S _p , кВА
Номінальна потужність, кВА: 630															
Коефіцієнт завантаження: K _з = 0,74															
Всього на шинках 10 кВ ТП№4:													440,56	219,36	492,15
ТП№5															
Максимальна майстерня															
силова:	61	1	21	526	21	0,3	0,55	1,52	157,8	239,62	50	1,24	196,39	239,62	309,82
освітлювальна:									7,8				6,99	12,11	
Всього:									165,6	239,62			203,38	251,73	323,62
Котельня															
силова:	36	0,5	17	196	34	0,6	0,8	0,75	117,6	88,2	23	1,18	138,32	88,2	164,05
освітлювальна:									2,25				2,02	3,5	
Всього:									119,85	88,2			140,34	91,7	167,64
Гараж															
силова:	11	2	6	44	3	0,4	0,7	1,02	17,6	17,96	11	1,46	25,62	17,96	31,29
освітлювальна:									2,34				1,57	2,72	
Всього:									19,94	17,96			27,19	20,68	34,16
Всього по ТП№5:															
силова:	108	0,5	21	766	42	0,38	0,65	1,18	293	345,78	73	1,16	340,04	345,78	484,96
освітлювальна:									12,39				10,58	18,33	
БК 0,4 кВ										-150				-150	
Всього на шинках 0,4 кВ ТП№5:									305,39	195,78			350,62	214,11	410,83
Втрати в трансформаторах:													4,91	37,57	
Кількість трансформаторів: 1															
Номінальна потужність, кВА: 630															

Продовження таблиці 6.4

Назва групи споживачів	К-ть ЕС	$P_{\text{одн}}$, кВт		$P_{\text{сум}}$ кВт	m	K_n	cosφ	tgφ	Середнє		$\eta_{\text{эф}}$	K_m	Розрахункові показники		
		$P_{\text{мін}}$ кВт	$P_{\text{макс}}$ кВт						$P_{\text{сум}}$ кВт	$Q_{\text{сум}}$ кВар			P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА
Коефіцієнт завантаження: $K_n = 0,65$															
Всього за лічильн. 10 кВ ТП№5:													355,53	251,68	435,6
Всього по об'єкту															
сипові:	564	0,1	75	3549,65	750	0,52	0,96	0,29	1831,4	534,67	95	1,1	2014,22	534,67	2083,98
освітлювальні:									12,39				100,85	169,84	
Всього:									1942,27	534,67			2115,07	704,51	2229,32
Потужність КТП 0,4 кВ:										-962,5				-962,5	
Втрати в трансформатороцехі:													29,89	227,67	
Всього по об'єкту:													2144,96	932,18	2338,76
Всього по об'єкту 10 кВ:													2144,96	932,18	2338,76
КТП 10 кВ:														-600	
Всього 10 кВ з КТП:													2144,96	332,18	2170,53
tgφ = 0,155															