

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	Доц. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання _____ 8 квітня 2020 року _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020 р	
2	Розрахунок електричних навантажень цеху	12.04.20	
3	Розрахунок освітлювального навантаж. цеху.	15.04.20	
4	Побудова картограми навантажень	17.04.20	
5	Вибір схеми електропостачання цеху	21.04.20	
6	Вибір кількості, потужності трансформаторів.	25.04.20	
7	Розрахунок струмів короткого замикання	30.04.20	
8	Якість електричної енергії.	05.05.20	
9	Розрахунок освітлення цеху.	09.05.20	
10	Перспективи застосування теплогенераторів.	15.05.20	
11	Охорона праці.	21.05.20	
12	Передача диплому на перевірку.	05.06.20	
13			
14			
15			

Студент _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____

(підпис)

ІЗВОЛЕНСЬКИЙ І.Є.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Проект присвячено розробці системи електропостачання ремонтно-механічного цеху підприємства нафтової промисловості.

У проекті розглянуто всі етапи формування електропостачання: розрахунок потужності електроспоживачів, вибір силових трансформаторів, обґрунтовано місце розташування підстанції. Розраховано переріз кабелів та обрано їх типи. Вибрано кількість і місця розташування силових пунктів. Розраховано загальне освітлення цеху, обрано кількість та потужність освітлювальних установок.

У спеціальному розділі зроблено аналіз роботи електричних котлів, надано рекомендації до їх вибору та експлуатації в системах опалення.

Ключові слова : електропостачання, силові трансформатори, переріз кабелів, освітлення цеху, якість електроенергії.

Annotation

The project is devoted to the development of the power supply system of the repair and mechanical shop of the oil industry.

The project considers all stages of formation of power supply: calculation of power of power consumers, choice of power transformers, the location of substation is substantiated. The cross section of cables is calculated and their types are selected. The number and location of power points are selected. The general lighting of the shop is calculated, the number and power of lighting installations are chosen.

A special section analyzes the operation of electric boilers, provides recommendations for their selection and operation in heating systems.

Key words: power supply, power transformers, cable cross-section, shop lighting, electricity quality.

Аннотация

Проект посвящен разработке системы электроснабжения ремонтно-механического цеха предприятия нефтяной промышленности.

В проекте рассмотрены все этапы формирования электроснабжения: расчет мощности электропотребителей, выбор силовых трансформаторов, обоснованно местоположение подстанции. Рассчитано сечение кабелей и выбраны их типы. Выбрано количество и места расположения силовых пунктов. Рассчитано общее освещение цеха, выбрано количество и мощность осветительных установок.

В специальном разделе сделан анализ работы электрических котлов, даны рекомендации по их выбору и эксплуатации в системах отопления.

Зміст

Вступ.	5
1. Розрахунок електричних навантажень цеху	6
1.1. Описання методу розрахунку електричних навантажень	6
1.2. Розрахунок електричних навантажень цеху	8
1.3. Розрахунок освітлювального навантаження цеху	13
1.4. Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень цеху.	14
2. Режими реактивної потужності системи електропостачання	15
3. Вибір схеми електропостачання цеху	19
3.1 Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.	19
3.2. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій.	21
3.3. Вибір схеми та розрахунок цехової силової мережі.	25
4. Розрахунок струмів короткого замикання	44
4.1. Розрахунок струмів КЗ на стороні 10 кВ.	45
4.2. Перевірка електроустаткування на термічну та динамічну стійкість дії струмів КЗ.	46
4.3. Розрахунок струму КЗ на напрузі 0,4 кВ.	48
5. Якість електричної енергії.	51
6. Розрахунок освітлення цеху.	57
6.1 Розрахунок аварійного освітлення.	59
7. Спеціальний розділ. Перспективи застосування теплогенераторів.	60
8. Охорона праці.	74
9. Література.	87

ВСТУП

Забезпечення потрібної якості електроенергії, надійності та економічності електропостачання – основні завдання електропостачання .

Якість електроенергії визначається встановленими нормами для показників частоти, напруги. Показниками якості електроенергії є відхилення та коливання частоти та напруги, несинусоїдальність напруги та несиметрія напруги, зміщення нейтралі для трифазного струму .

Всі заходи по підвищенню надійності електропостачання можна розділити на дві групи:

- технічні та організаційно-технічні;

До організаційно-технічних заходів відносять:

- підвищення вимог до експлуатаційно-технічного персоналу;
- раціональна організація знаходження і усунення пошкоджень.

До технічних заходів відносять:

- підвищення надійності окремих елементів мережі;
- зменшення радіусу дії електричних ліній;
- мережеве і місцеве резервування;
- автоматичне вимикання при аварійних режимах;
- підвищення пропускної здатності мереж шляхом реконструкції

районних трансформаторних підстанцій.

Електрифікація має розвиватись шляхом удосконалення схем електропостачання, прискоренням будівництва розподільчих щитів та пунктів автоматичного вмикання резерву, автоматизації та телемеханізації електричних мереж, а також технічного переоснащення підстанцій.

1. Розрахунок електричних навантажень цеху

1.1 Описання методу розрахунку електричних навантажень

Розрахунок навантажень здійснюється для вибору та перевірки струмоведучих елементів (шин, кабелів, проводів), силових трансформаторів, а також для визначення розрахункових навантажень підприємства використовуємо метод коефіцієнта максимуму та коефіцієнта використання [2].

Розрахунок навантажень ведеться за найнавантаженішу зміну, під час якої є найбільше споживання електричної енергії.

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою [2]:

$$P_P = k_m \cdot P_{CM} = k_g \cdot k_m \cdot P_H, \text{ кВт}, \quad (1)$$

де: P_{CM} - середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт;

P_H - сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт;

k_m - коефіцієнт максимуму навантаження;

k_g - коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП.

Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як сума номінальних потужностей окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H.i}. \quad (2)$$

Середня активна та реактивна потужності за найнавантаженішу зміну для групи ЕП одного режиму роботи визначається:

$$P_{CM} = k_{\varphi} \cdot P_H; \quad (3)$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM}, \quad (4)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{CM}$ - функція від характерного $\cos \varphi$ для даної групи ЕП.

Коефіцієнт максимуму k_m активної потужності визначається для різних коефіцієнтів використання за довідковими таблицями в залежності від ефективного числа ЕП або за залежностями $K_m = f(n_e)$, при $K_v = 0,1 - 0,9$, в залежності від величини групового коефіцієнту використання та зведеного числа електроприймачів n_e .

У загальному виді ефективне число ЕП:

$$n_e = \left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2 / \sum_{i=1}^n P_{Hi}^2; \quad (5)$$

Для спрощення розрахунків вводиться поняття коефіцієнту максимуму:

$$m = P_{H \max} / P_{H \min}$$

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо $m \leq 3$. При $m > 3$ і $k_g = 0,2$

$$n_e = 2 \cdot \sum P_H / P_{H \max}, \quad (6)$$

де $P_{H \max}$ - потужність найбільшого ЕП групи, якщо $n_e > n$, то слід прийняти $n_e = n$.

При $m > 3$ та $n_e < 4$ - розрахункове навантаження приймається рівним:

$$P_p = \beta \cdot P_H, \text{ кВт}$$

де β - коефіцієнт 0,75 - для електроприймачів завантаження, який дорівнює 0,9 – для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та повторно-короткочасного режиму роботи.

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% потужності всієї групи, не враховується в виразах для m .

Методика визначення розрахункової реактивної потужності залежить від значення n_e :

$$n_e > 10 ; \quad Q_p = Q_{см}, \text{ квар} \quad (7)$$

$$n_e < 10 ; \quad Q_p = 1,1 Q_{см}, \text{ квар}$$

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2}, \text{ кВА} \quad (8)$$

Розрахунковий струм буде:

$$I_p = S_p / 1,73 * 0,38 \quad (9)$$

Покажемо розрахунок ремонтно-механічного цеху . Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.

1.2. Розрахунок електричних навантажень ремонтно-механічного цеху

Споживачами електроенергії ремонтно-механічного цеху являються верстати середньої потужності, які розраховані на змінний трифазний струм і напругу 380 В промислової частоти. Перед початком розрахунку складаємо схему

цехової мережі. З урахуванням виробничого процесу та розташування обладнання цеху приймаємо радіальну схему електропостачання споживачів, згрупувавши їх практично порівну між всіма силовими пунктами.

Для визначення навантаження цеху застосуємо метод упорядкованих діаграм (метод визначення розрахункового навантаження за середньою потужністю та за коефіцієнтом максимуму) [2].

Потужності мостового крану, зварювального агрегату, зварювального перетворювача, які працюють в повторно - короткочасному режимі роботи необхідно привести до тривалого режиму за формулою [2]:

$$P_{ном} = P_{II} \times \sqrt{ПВ}, \quad (10)$$

де $P_{ном}$ – наведена до тривалого режиму потужності;

P_{II} – встановлена потужність;

$ПВ$ – тривалість увімкнення.

Тоді: $P_{ном\ 22,23} = 24 * 0,77 = 18,48$ кВт;

$$P_{ном\ 24,25} = 20 * 0,63 = 12,6$$
 кВт;

$$P_{ном\ 60} = 6 * 0,63 = 3,78$$
 кВт.

Розрахункове активне навантаження цеху визначається за середньою потужністю і коефіцієнту максимуму з виразу.

$$P_p = K_{max} * P_{cm}$$

де - $K_{max} = f(n_c, k_B)$

відповідно [2] для ремонтно-механічного цеху $K_B = 0,3$. $\cos \varphi = 0,8$.

P_{cm} - середня потужність за максимальну навантажену зміну (3) :

$$P_{cm} = K_B * P_{ном} = 0,3 * 1018 = 305,4$$

Таблиця 1.

№ з/п	Назва обладнання	п, <i>шт</i>	P_n , <i>кВт</i>	Загальна P_n
1-3, 6	Вентилятор	4	15	60
4, 5	Вентилятор	2	25	50
7 - 9	Універсальний заточний верстат	3	10	30
10 - 12	Фрезерний верстат	3	30	90
13 - 14	Фрезерний верстат	2	14	28
15 - 18	Різьбонарізний верстат	4	24	96
19 - 21	Різьбонарізний верстат	3	2	6
22 - 23	Зварювальні апарати, ПВ=60%	2	24	37,2
24 - 25	Перетворювач зварювальний, ПВ=40%	2	20	25,2
26 - 28	Прес фрикційний	3	6	18
29 - 31	Ножиці відрізні	3	11	33
32 - 34	Прес гідравлічний	3	36	108
35, 36	Точильні верстати	2	24	48
37, 38	Точильні верстати	2	5	10
39 - 42	Шліфувальні верстати	4	14	56
43 - 47	Токарно-гвинторізні верстати	5	14	70
48, 50	Токарно-гвинторізні верстати	3	15	45
51 - 53	Радіально-свердловинні верстати	3	24	72
54, 55	Радіально-свердловинні верстати	2	36	72
56 - 58	Вертикально-свердлувальні верстати	3	8	24
59	Вертикально-свердлувальний верстат	1	10	10
60	Кран-балка, ПВ=40%	1	6	3,79
	Загальна потужність			1018

В загальному вигляді загальне ефективне число електроприймачів

$$n_e = (\sum P_{\text{ном}})^2 / \sum P_{\text{ном}}^2$$

Для спрощення розрахунку вводиться поняття m

$$m = P_{\text{ном.макс}} / P_{\text{ном.мін}} = 60 / 2 = 30$$

Якщо $m \leq 3$ ефективне число $n_e = n$

Якщо $m > 3$, а $K_B \geq 0,2$

$$n_e = 2 \sum P_{\text{ном}} / P_{\text{ном.макс}} = 2 * 1018 / 60 = 34$$

Відповідно [1] $K_{\text{макс}} = 1,18$, тоді згідно (1)

$$P_p = 1,18 * 305,4 = 360,4 \text{ кВт}$$

Якщо $n_e > 10$, то $Q_p = Q_{\text{см}}$

Якщо $n_e \leq 10$, то $Q_p = 1,1 Q_{\text{см}}$, де- $Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}\varphi$

$$Q_{\text{см}} = 360,4 * 0,75 = 270,3$$

тоді сумарна розрахункова потужність буде:

$$S_p = \sqrt{360,4^2 + 270,3^2} = 450,5 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = \frac{450,5}{0,653} = 689 \text{ А}$$

1.3. Розрахунок освітлювального навантаження

ремонтно-механічного цеху

Навантаження на освітлення цеху будемо визначати виходячі з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі цеху за формулою: [1]

$$P_{\text{осв}} = P_{\text{пит}} * F , \quad (10)$$

де $P_{\text{осв}}$ – розрахункове освітлювальне навантаження, кВт: .

$P_{\text{пит}}$ – питома потужність, що витрачається на одиницю освітлення площі;

F – площа цеху, м .

Для ремонтно-механічного цеху:

$$P_{\text{осв}} = 15 (28*18) = 7560 \text{ Вт}$$

Тоді загальна потужність ремонтно-механічного цеху дорівнює:

$$S_p = \sqrt{(360,4 + 7,56)^2 + 270,3^2} = 456, \text{кВА}$$

1.4. Побудова картограми навантажень цеху.

Картограма навантажень будується для генплану цеху, який зображено на листі 1. Картограма навантажень цеху уявляє собою розміщене на генплані коло, площа якого в масштаб m дорівнює навантаженню цеху.

Цехову підстанцію необхідно намагатися розташувати як можна ближче до центра навантажень, тоді втрати потужності будуть менші. Картограма навантажень дозволяє також безпосередньо представити розподілення електричних навантажень по території цеху.

Картограму навантажень будемо будувати лише для активної потужності.

Радіус кола, площа якого пропорційна навантаженню цеха, розраховуємо по формулі :

$$r = \sqrt{\frac{Pp}{\pi \cdot m}};$$

$$r = \sqrt{\frac{367,5}{3,14 \cdot 0,09}} = 4 \text{ м.}$$

Визначимо кут навантаження освітлювальних установок:

$$\text{Кут освітлення} \quad 360 * 7,56 / 367,5 = 6,04^\circ$$

Центр електричних навантажень цеху символізує центр споживання електроенергії. За допомогою центра електричних навантажень є змога розміщувати підстанцію на території цеха без важких розрахунків.

Центр електричних навантажень визначимо за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}};$$

$$y_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}}.$$

де x_i , y_i – координати відповідних споживачів для i – того обладнання.

Для нашого випадку:

$$x_0 = 14715,36 / 1358 = 10,83 \text{ м};$$

$$y_0 = 12078,2 / 1358 = 8,89 \text{ м}.$$

2. Компенсація реактивної потужності

2.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах.

Компенсація реактивної потужності – одне з основних питань, яке вирішується як при проектуванні, так і при експлуатації систем промислового електропостачання, воно включає в себе вибір і розміщення джерел реактивної потужності в системі електропостачання.

Для будь-якого режиму роботи електричної мережі завжди існує баланс реактивної потужності, тобто сумарна реактивна потужність, яка генерується, дорівнює сумарній потужності, що споживається. Умова балансу дотримується для кожного вузла електричної мережі і електричної системи в цілому.

При потужності трансформаторів цеху до 750 кВА рішення про необхідність компенсації реактивної потужності приймає енергосистема.

Вона ж проводить і розрахунок потужності конденсаторних установок (КУ).

У загальному випадку потужність всіх компенсуючих пристроїв споживача:

$$Q_{КУ} = Q_P - Q_{el} = 270 - 0 = 270 \text{ квар}$$

де:

Q_P – розрахункова реактивна потужність електроприймачів,

Q_{el} – реактивна потужність, яку енергосистема може передати в мережу споживача в режимі максимуму енергосистеми.

$Q_{el} = 0$ квар – так як цех проектується і ми не можемо знати реактивну потужність, яку енергосистема може передати в мережу споживача.

2.2 Вибір кількості , потужності та місця розташування \компенсуючих пристроїв.

На промислових підприємствах використовують для компенсації реактивних навантажень конденсатори, синхронні двигуни та статичні джерела реактивної потужності (ДРП). Синхронні компенсатори практично не застосовуються, бо з економічних міркувань вони виготовляються тільки на великі потужності, характерні для підстанцій енергосистеми.

Найбільшого поширення дістали конденсаторні установки (КУ).

Невелика маса, відсутність частин, що обертаються, незначні втрати енергії, доступність обслуговування, безпечність і надійність в експлуатації дозволяють використовувати конденсатори для компенсації реактивної потужності на всіх ступенях системи електропостачання.

Згідно з ПУЕ конденсаторною батареєю (КБ) називається група одиничних конденсаторів, електрично з'єднаних між собою. До складу конденсаторної установки (КУ) входять конденсатори, а також допоміжне устаткування: вимикачі, роз'єднувачі, розрядні резистори, пристрої регулювання, захисту, сигналізації.

Виходячи з результатів розрахунків обираємо дві конденсаторні установки типу 2 * УКМ58 - 0,4-150-48 УЗ.

Параметри наведемо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Тип	Кількість та потужність	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, м	Маса, кг	Тип конденсатора	ДОСТ, ТУ
УКМ58-0,4-150-48 УЗ	4х48	1120	440	1910 (1750)	600	КМ2-0,38 - 24-3УЗ	ТУ 647 РК-00213457.015-97

2.3. Вибір закону регулювання і системи автоматичного керування компенсуючих пристроїв.

Згідно пункта 2.2. (Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.) ми вибрали конденсаторну установку

УКМ58-0,4-150-48 УЗ

де :

УК – установка конденсаторна;

М – з автоматичним регулюванням реактивної потужності;

0,4 – номінальна напруга, кВ;

192 – номінальна потужність, квар;

48 – номінальна потужність ступеня регулювання, квар;

У – виконання (для помірного клімату);

3 – категорія монтажу, у закритих приміщеннях, в якій вже заданий закон регулювання (М – з автоматичним регулюванням реактивної потужності, ступінчастий).

Для керування потужністю компенсуючі установки обладнуються автоматичними регуляторами. Налагоджений серійний випуск автоматичних регуляторів для керування ступінчасто-регульованими конденсаторними установками. На підприємствах використовуються компенсуючі установки, оснащені автоматичними регуляторами виробництва Швеції, Польщі, Німеччини та інших країн. Для регулювання за реактивною потужністю серійно випускаються регулятори типу NOVAR, що керує дев'ятьма секціями за кодом 1:1:1:1 (5А) або за кодом 1:1:2:2 (7Б).

Регулятор має дві установки регулювання за реактивною потужністю: одна дорівнює нулю, друга регулюється в межах від 0.1 до 0.6 значення повної вимірювальної потужності. Є змога вибору уставки зовнішнім сигналом. Ширина зони нечутливості встановлюється в межах від 0.02 до 0.24 номінального значення повної вхідної потужності.

Витримка часу вмикання секцій конденсаторної батареї залежить від сигналу розузгодження параметра регулювання з межею зони нечутливості і змінюється у межах від 5 до 180 с.

Регулятор має світлову індикацію наявності команд на ввімкнення та вимкнення секцій. Передбачене ручне керування вмиканням секцій конденсаторної батареї. Контакти регулятора забезпечують комутацію кіл змінного струму напругою 220 В зі струмом вмикання до 2.5 А при індуктивному характері навантаження з $\cos\varphi \geq 0,35$.

2.4 Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності.

До компенсації реактивної потужності:

$$P_{cm} = 360,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{cm} = 270,3 \text{ квар}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q_{cm}}{P_{cm}} = \frac{270,3}{360,4} = 0,75$$

$$\text{тоді } \cos\varphi = \cos(\arctg 0,75) = 0,8$$

Після компенсації реактивної потужності:

$$Q_{см} = Q_{кб} = 300 \text{ квар.}$$

Так як $300 \text{ квар} > 270,3 \text{ квар}$, то ми отримуємо повну компенсацію. Отже,

$$Q = 0; \quad \cos\varphi = 1$$

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

В цеху, для живлення апаратури, застосовується змінний струм 380В, з частотою 50 Гц.

Цех живиться напругою 380В/220В від двотрансформаторної ТП з трансформаторами потужністю 630 кВ·А. ТП вбудована в цех. Живлення цехової ТП здійснюється кабелем 10 кВ, прокладеним в землі.

Розподільчу мережу живлення цеху виконуємо по радіальній схемі, оскільки навантаження підприємства розташовані в різних напрямках від джерел живлення.

Цехові електричні мережі поділяються на силові і освітлювальні, які, в свою чергу, діляться на живлячі та розподільні.

До живлячих ліній відносяться ділянки мережі від джерела живлення ТП до РП, а до розподільних – ділянки мережі, до яких приєднуються електро-приймачі.

Цехові мережі повинні забезпечувати необхідну надійність електропостачання електроприймачів в залежності від їх категорій, мати оптимальні техніко-економічні показники. На вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі окрім перерахованих факторів впливають розташування електроприймачів і технологічного устаткування в цеху і режими їх роботи, а також класифікація по ПУЕ виробничих приміщень по характеру зовнішнього середовища..

Освітлювальне навантаження складає відносно невелику частину усього електричного навантаження, і питання його живлення вирішується в комплексі інших питань електропостачання. Як правило, освітлювальне навантаження живиться від тих же ТП, від яких живиться силове навантаження. В освітлювальній мережі для живлення груп світильників використовуються радіальна схема.

Радіальними схемами є такі схеми, в яких електрична енергія від джерела живлення передається безпосередньо до місця споживання.

Для даного цеху необхідно застосовувати одноступеневу радіальну схему, оскільки потужності в цеху зосереджені на відносно невеликій площі. Радіальні схеми забезпечують глибоке секціонування всієї системи електропостачання, починаючи від джерел живлення і закінчуючи збірними шинами напругою до 1000 В цехової підстанції. Радіальне живлення цехів двотрансформаторних підстанцій буде виконуватись від різних секцій РП окремими лініями для кожного трансформатора. Компенсація реактивної потужності здійснюється конденсаторними установками на напрузі 0,38 кВ.

Схему трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ проектується виконати без збірних шин первинної напруги з глухим приєднанням трансформатора. Схема трансформаторної підстанції ТП - 10/0,4 кВ наведена на рис. 3. 1 .

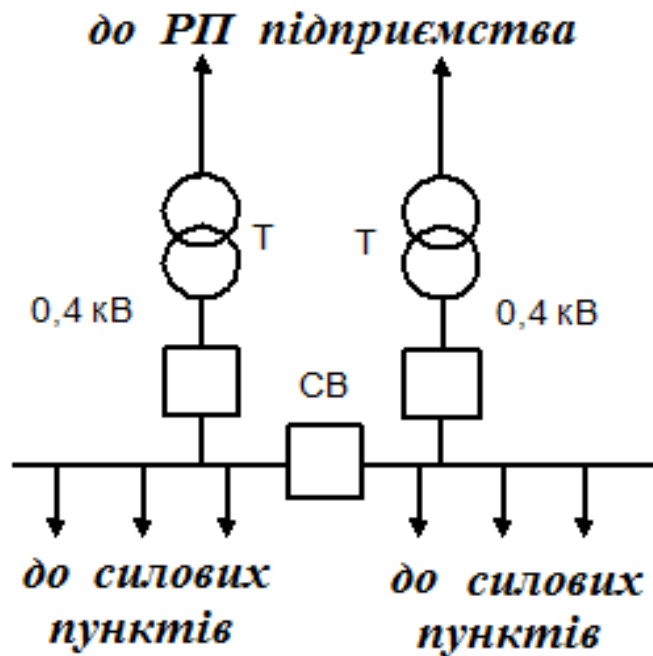


Рис. 3.1. Схема трансформаторної підстанції ТП – 10/0,4 кВ
при радіальному живленні

3.1 Вибір типу та розміщення цехових підстанцій

По конструкції цехові підстанції (ТП) поділяються на окремо збудовані, прибудовані, вбудовані та внутрішньоцехові.

Окремо збудовані ТП рекомендуються для підприємств хімії, де не дозволяється монтувати трансформатори у виробничих корпусах. Прибудована ТП має одну спільну стінку з корпусом цеху, але знаходиться за межами цеху. Ця конструкція має високі техніко-економічні показники. Вбудована ТП знаходиться всередині виробничого корпусу, біля зовнішніх стінок корпусу. Двері підстанції відкриваються назовні. Підстанція має високі техніко-економічні показники. Як правило, цей тип підстанції проектується в складських приміщеннях цеху, побутових, конторських приміщеннях. Внутрішньоцехові ТП монтується в середині цеху, таким чином, щоб не заважати руху цеховому транспорту. Для монтажу в цеху дозволяється ставити тільки КТП.

По кількості трансформаторів ТП поділяються на одно трансформаторні та двотрансформаторні.

Підстанцію на території цеху розміщують на основі розрахунку картограми навантажень. ТП треба розміщувати ближче до центру навантажень цеху, тоді втрати потужності будуть менші.

Для нашого цеху ТП краще розмістити всередині цеху, біля зовнішньої стіни, з окремим виходом на територію заводу.

3.2. Вибір кількості й потужності силових трансформаторів й компенсуючих пристроїв

При виборі потужності трансформаторів слід досягти як економічно доцільного режиму роботи, так і відповідного забезпечення явного чи неявного резервування живлення приймачів при відключенні одного з трансформаторів, причому навантаження трансформатора в нормальних умовах не повинна (за нагрівом) викликати скорочення природного терміну його служби. Потужність трансформаторів повинна забезпечувати потрібну потужність у режимі роботи після відключення пошкодженого трансформатора в залежності від вимог, що пред'являється споживачами даної категорії.

Для трансформаторів цехових підстанцій рекомендовано приймати наступні коефіцієнти завантаження :

- для цехів із переважаючим навантаженням II категорії при однострансформаторних підстанціях із взаємним резервуванням трансформаторів $\beta=0,8\dots 0,85$;

- для цехів із переважаючим навантаженням II категорії при можливості використання центрального резерву трансформаторів і для цехів із навантаженнями III категорії $\beta=0,8\dots0,85$.

В даному випадку для цеху приймаємо $\beta=0,9$.

Вибираємо за потужністю силових трансформаторів їх кількість.

Мінімальна кількість цехових трансформаторів, при якому гарантується робота цеху.

Для ТП 1.

$$N_{\text{т min}}^{(1)} = (P_{\text{роз}(1)} / \beta \cdot S_{\text{ном}} + \Delta N);$$

$$N_{\text{т min}}^{(1)} = \frac{1018,33}{0,85 \cdot 630} + \Delta N = 1,89 + 0,11 = 2.$$

Оптимальна кількість трансформаторів на ТП:

$$N_{\text{т.о}}^{(1)} = N_{\text{т min}}^{(1)} + m^{(1)} = 2 + 0 = 2.$$

З [1] рис 19,2 $m=0$ – визначає додаткову кількість трансформаторів.

Таким чином на ТП маємо два трансформатори потужністю 630 кВА кожний.

Найбільшу реактивну потужність, яку доцільно передавати через трансформатор :

$$Q_{\text{max т}}^{(1)} = \sqrt{(N_{\text{т}}^{(1)} \cdot \beta \cdot S_{\text{номт}}^{(1)})^2 - \sqrt{P_{\text{р}}^{(1)2}}};$$

$$Q_{\text{max т}}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot 0,9 \cdot 630^2) - 1071,33^2} = 371,76 \text{ кВАР.}$$

Потужність компенсуючих пристроїв, яку визначають перепускною спроможністю трансформатора:

$$Q_{\text{нк1}}^{(1)} = Q_{\text{роз}}^{(1)} - Q_{\text{max т}}^{(1)} = 736,19 - 371,76 = 364,43 \text{ кВАР.}$$

Споживачі цеху, що підключені до ТП, мають трьохзмінний характер роботи (основний цех працює цілодобово).

Коефіцієнт $\kappa_1 = 11$, довжина кабельної лінії від РП підприємства до ТП

$\kappa_2 = 2$, $\gamma^{(2)} = 0,45$,

де $\kappa_2 = 2$ – вибираємо з [1] табл.19.2;

$\gamma^{(2)}$ - розрахунковий коефіцієнт із [1] табл.19.3.

Потужність конденсаторних установок, обумовлена оптимальною величиною втрат електроенергії у мережі:

$$Q_{\text{нк2}}^{(1)} = Q_{\text{роз}}^{(1)} - Q_{\text{нк1}}^{(1)} - \gamma^{(2)} \cdot S_{\text{т ном}}^{(1)} \cdot N_{\text{т.о}}^{(1)};$$

$$Q_{\text{нк2}}^{(1)} = 736,19 - 364,43 - 0,45 \cdot 2 \cdot 630 = -195,24 < 0.$$

Більшість споживачів цеху, які підключені до ТП мають трьохзмінний характер праці, тому $k_1 = 11$.

З [1] рис.19.2 $k_2 = 2$, $\gamma^{(1)} = 0,45$, із [1] рис 19.3 обумовлена оптимальною кількістю втрат енергії у мережі:

$$Q_{\text{нк2}}^{(1)} = 153,06 - 153,06 - 0,54 \cdot 400 \cdot 1 < 0.$$

Визначаємо необхідність встановлення високовольтних КУ.

$$Q_{\text{БК}} = Q_{\text{роз}} - K_{\text{М}} - Q_{\text{нк}}^{\text{факт}} + \Delta Q_{\text{Т}};$$

$$Q_{\text{БК}} = 889,25 \cdot 0,9 - 819 + 99,78 = 81,105 \text{ кВАР},$$

$$\text{Де } Q_{\text{нк}}^{\text{фак}} = Q_{\text{нк}}^{\text{фак1}} + Q_{\text{нк}}^{\text{фак2}} = 337,5 \cdot 2 + 144 = 819 \text{ кВАР};$$

$\Delta Q_{\text{Т}}$ – втрати в трансформаторах з [1] рис 19.10.

$$\text{для } S_{\text{ном т}} = 630 \text{ кВА і } \beta^{\phi} = 0,88 \Rightarrow \Delta Q_{\text{Т}} = 2 \cdot 36,65 = 71,65 \text{ кВАР}.$$

Якщо $Q_{\text{БК}} = 81,1 \text{ кВАР} < 1000 \text{ кВАР}$, то встановлювати високовольтні конденсаторні установки економічно недоцільно, а тому $Q_{\text{БК}} = 0$.

Таблиця Номінальні параметри вибраного трансформатора

Тип	S_N кВА	U_1/U_2	ΔP_{xx} кВт	$\Delta P_{кз}$ кВт	I_{xx} %	$U_{кз}$ %	Кількість
ТМ630/10	630	10/0,4	0,42	2,7	3,5	5,5	2

3.3. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі

3.3.1. Розрахунок силової мережі цеху

Структура цехової електричної мережі залежить від місця розташування трансформаторної підстанції, кількості і місця розташування споживачів і їх потужності. Враховуючі розташування навантажень у нашому цеху обираємо сумісну (магістрально-радіальну) схему розподілу електроенергії. При цій схемі одна або кілька ліній, які відходять від РП низької напруги ТП, живлять розосереджене навантаження у вигляді розподільчих шинопроводів і силових шаф та невеликих ЕП. Приймаємо дану схему, оскільки маємо відносно

рівномірне розташування силового та освітлювального навантаження по площині цеха. Схема забезпечить надійність, універсальність і високу гнучкість.

Вибір шинопроводів. Магістральні шинопроводи GGD 400÷1000А

Серія шинопроводів Gersan GGD призначена для розподілу електроенергії низької напруги з струмом від 160 до 1000А. У цій серії шинопроводу застосовуються алюмінієві шини з повітряною ізоляцією. Алюмінієві шини додатково покриті оловом, щоб не погіршувалася провідність згодом. Корпус шинопроводу виконаний також з алюмінію. Стандартна довжина секції - 4 метри. Як правило, на 4 метри встановлено 8 контактних майданчиків для підключення відвідних коробок. З'єднання елементів здійснюється за допомогою одногвинтового з'єднувача. Рівень IP захисту шинопровода серії GGD - IP50 або IP55.

Загальні розрахункові дані споживачів для вибору шинопроводів та автоматичних вимикачів у цеху наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1

№	Обладнання	п, шт	Р, кВт		К _В	cos φ/ tgφ	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	п _с	К _м	P _{роз} , кВт	Q _{роз} , квар	S _{роз} , кВА	Ізр, А
			Р вст	Р ном										
1-3, 6	Вентилятор	4	15	60			14,4	13,5			17	13,5	21,7	41,2
4, 5	Вентилятор	2	25	50			12	11,25			14,2	11,2	18	34,2
7-9	Універсальний заточний верст.	3	10	30			7,2	6,75			8,5	6,8	10,9	0,7
10 – 12	Фрезерний верстат	3	30	90			21,6	20,25			25,5	20,2	32,5	61,8
13,	Фрезерний верстат		14	28			6,72	6,3			7,9	6,3	10,1	19,2

14		2			0,3	0,8 / 0,75			44	1,18				
15-18	Різьбонарізний верстат	4	24	96			23,0	21,6			27,1	21,6	34,6	65,8
19-21	Різьбонарізний верстат	3	2	6			1,44	1,35			1,7	1,35	2,17	4,12
22-23	Зварювальні апарати (ПВ=60%)	2	24	37,18			11,5	10,8			13,6	10,8	17,4	33,
24-25	Перетворююч. звар. (ПВ=40%)	2	20	25,29			9,6	9			11,3	9	14,5	27,6
6-28	Прес фрикційний	3	6	18			4,32	4,05			5	4,05	6,43	12,2
29-31	Ножиці відрізні	3	11	33			7,92	7,42			9,34	7,42	12	22,8
32-34	Прес гідравлічний	3	36	108			25,9	24,3			30,6	24,3	39	74,1
35, 36	Точильний верстат	2	24	48			11,5	10,8			13,6	10,8	17,4	33.
37, 38	Точильний верстат	2	5	10			2,4	2,25			2,83	2,25	3,6	6,8
39-42	Шліфувальний верстат	4	14	556			13,4	12,6			15,8	12,6	20,2	38,4
43-47	Верст.токарн -гвинторізні	5	14	770			16,8	15,75			19,8	15,75	25,3	48,
48-50	Верст.токарн -гвинторізні	3	15	445			10,8	10,12			12,7	10,12	16,2	30,8
51-53	Радіально свердл. верстат	3	24	772			17,3	16,2			20,4	16,2	26,0	49,4
54-55.	Радіально свердл. верстат	2	36	772			17,3	16,2			20,4	16,2	26,0	49,4
56-58	Вертикально-свердл. верстат	3	8	224			5,76	5,4			6,8	5,4	8,7	16,5
59	Вертикально-свердл. верст	1	10	10			2,4	2,25			2,8	2,25	3,6	6,8
60	Кран-балка (ПВ=40%)	1	6	3,8			0,91	0,86			1,07	0,86	1,4	2,7
	Освітлення										7,56			
$\sum_{це}$				1018							305	229		

Враховуючі, що силова мережа цеху поділена на дві магістралі, а також, що струм кожної магістралі дорівнює $I_{1,2} = 1018 : 2 = 509$ А, за даними табл.3.1. обираємо шинопровід компанії «Gersan GGD» на 630 А.

$$I_{ном}^{GGD800} \geq I_{розр}$$

$$630 \text{ А} > 509 \text{ А}$$

Розподільчі шинопроводи до шин трансформаторів приєднуються кабелем, який підводить до ввідної коробки, що встановлюється в місці з'єднання двох секцій шинопроводу.

Вибір автоматичних вимикачів до усіх електроприймачів

Згідно з ПУЕ апарати захисту за своєю здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки електричної мережі, що захищається. Допускається установка апаратів захисту, якщо найближчий апарат, розташований у напрямі до джерела живлення, забезпечує миттєве вимкнення струму короткого замикання.

Умова вибору автоматичних вимикачів:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном}}^{\text{мережі}}$$

$$I_{\text{ном.розщ}} \geq I_{\text{розр}}$$

$$I_{\text{спр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пік}}$$

$$I_{\text{ном.вим}} \geq I_{\text{ном.розщ}}$$

Розраховуємо номінальний струм радіально-свердлильного верстата :

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{36}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 89,5 \text{ А}$$

$$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 89,5 = 111,89 \text{ А}$$

Таблиця 3.2.

Автоматичний вимикач		
Дані АВ	Умова вибору	Розрахункові дані
380 В	$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном}}^{\text{мережі}}$	380 В
100 А	$I_{\text{ном.розщ}} \geq I_{\text{розр}}$	89,5 А
100 А	$I_{\text{ном.вим}} \geq I_{\text{ном.розщ}}$	100 А
10 кА	$I_{\text{спр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пік}}$	111,89 А
ВА 47-100		

Вибі

р автоматичних вимикачів до всіх електроприймачів наведено в табл.3.3.

Таблиця 3.3.

Дані споживача							АВ			
№	Обладнання	$n_{\text{шт}}$	$P_{\text{ном}}, \text{ кВт}$	$\cos \varphi$	η	$I_{\text{ном}}, \text{ А}$	$1,25 \cdot I_{\text{пік}}$	$I_{\text{розщ}}, \text{ А}$	$I_{\text{вим}}, \text{ А}$	Тип
1-3, 6	Вентилятор	4	15	0,8	0,85	33,6	210	40	100	ВА 47-100
4, 5	Вентилятор	2	25			56,0	350	100	100	ВА 47-100
7-9	Універсальний верст. заточний	3	10			22,37	140	25	100	ВА 47-100
10-12	Фрезерний верстат	3	30			67,1	419,3	80	100	ВА 47-100

Дані споживача							АВ			
№	Обладнання	$n_{шт}$	$P_{ном},$ кВт	$\cos \varphi$	η	$I_{ном}, A$	$1,25 * I_{нік}$	$I_{розч}, A$	$I_{вим}, A$	Тип
13,14	Фрезерний верстат	2	14			31,3	195,6	40	100	ВА 47-100
15-18	Різьбонарізний верстат	4	24			53,7	335,6	100	100	ВА 47-100
19-21	Різьбонарізний верстат	3	2			4,5	28,12	10	100	ВА 47-100
22-23	Зварювальні апарати (ПВ=60%)	2	24			53,7	335,6	100	100	ВА 47-100
24-25	Перетворювач звар. (ПВ=40%)	2	20			44,74	279,6	80	100	ВА 47-100
26-28	Прес фрик - ційний	3	6			13,4	83,75	25	100	ВА 47-100
29-31	Ножиці відрізнi	3	11			24,6	153,75	25	100	ВА 47-100
32-34	Прес гідравлічн.	2	36			80,53	503,3	150	160	ВА 88-33
35, 36	Точильний верстат	2	24			53,7	335,6	100	100	ВА 47-100
37, 38	Точильний верстат	2	5			11,2	70,	16	100	ВА 47-100
39-42	Шліфувальний верст.	4	14			31,31	195,7	40	100	ВА 47-100
43-47	Верст. токарно-гвинторізн.	5	14			31,31	195,7	40	100	ВА 47-100
48-50	Верст. токарно-гвинторізн.	3	15			33,6	210	40	100	ВА 47-100
51-53	Радіально свердл. верстат	3	24			53,7	335,6	100	100	ВА 47-100
54-55.	Радіально свердл. верстат	2	36			80,53	503,3	150	160	ВА 88-33
56-58	Вертикальн. - свердл. верстат	3	8			17,9	111,9	25	100	ВА 47-100
59	Вертикальн. - свердл. верстат	1	10			22,4	140	25	100	ВА 47-100
60	Кран-балка (ПВ=40%)	1	6			13,4	83,8	25	100	ВА 47-100

Вибір автоматичних вимикачів від КТП до шинопроводу.

Умови вибору автоматичних вимикачів:

$$U_{ном}^{AB} \geq U_{ном}^{мер};$$

$$I_{ном}^{розч} \geq I_{шин};$$

$$I_{ном}^{AB} \geq I_{ном}^{розч};$$

$$I_{спрац} \geq 1,25 * I_{нік}.$$

Вибір автоматичних вимикачів від КТП до шинопроводів Gersan GGD наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Gersan GGD		
Дані АВ	Умова вибору	Розрахункові дані
$U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$	=	380 В
$I_{\text{мах}} = 800 \text{ А}$	>	509 А
$I_{\text{розч}} = 800 \text{ А}$	>	509 А
35000 А	>	$1,25 \cdot 509 = 636,25 \text{ А}$
ВА 53-43		

Вибір провідників від шинопроводу та розподільчих пунктів до електроприймачів

Електроенергія в цеху розподіляється кабельними лініями, шинопроводами чи проводами у трубі.

Мережі напругою до 1 кВ підлягають перевірці за економічною густиною струму при кількості годин використання максимуму навантаження понад 4000 5000 годин.

Проводка у трубах під підлогою передбачається тільки для громадських будинків і цехів де потрібні спеціальні умови.

Переріз провідників у цехових мережах визначають виходячі з умови відповідності максимального струмового захисту апаратові :

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{ном}} \cdot \frac{K_3}{K_{\text{п}}}$$

де K_3 – кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту $K_3 = 1,0$, $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт прокладки $K_{\text{п}} = 1,0$

Умови вибору провідників:

$$I_{\text{пр}} \leq I_{\text{пр}}^{\text{доп}}$$

При виборі провідників від розподільчих пунктів до електроприймачів застосуємо кабелі типу АПВ.

Кабель АПВ – провід з алюмінієвою жилою, з ізоляцією із ПВХ пластику, що буває різних кольорів. Забарвлення буває суцільним або нанесеним у вигляді двох подовжніх смуг на ізоляцію натурального кольору. Для дротів, які використовуються тільки для цілей заземлення, ізоляція має зелено-жовте забарвлення.

Дроти АПВ застосовуються для електричних установок при стаціонарній прокладці в освітлювальних і силових мережах, а також для монтажу електроустаткування, машин, механізмів і верстатів на номінальну напругу до 450 В частотою до 400 Гц або на постійну напругу до 1000 В.

Кабель марки АПВ призначений для прокладки у сталевих трубах, пустотних каналах будівельних конструкцій, для монтажу електричних ланцюгів, укладки на лотках, тощо.

З табл. 3.15, стор. 85[1] вибираємо допустимо тривалий струм та стандартний переріз.

З табл. 3.32, стор 97[1] вибираємо діаметр жили.

Результати вибору наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

№	Найменування електроприймача	$I_{розщ}, A$	$I_{нр}, A$	Провід АПВ-500		
				$I_{нр доп}, A$	$S_{ст}, мм^2$	$d_{ж}, мм$
1-3, 6	Вентилятор	40	33,6	65	25	9,5
4, 5	Вентилятор	110	56,0	105	50	12,7
7 -9	Універсальний верст. заточний	25	22,37	38	10	6,8
10 - 12	Фрезерний верстат	80	67,1	105	50	12,7

13,14	Фрезерний верстат	40	31,3	65	25	9,5
15-18	Різьбонарізний верстат	100	53,7	105	50	12,7
19-21	Різьбонарізний верстат	10	4,5	24	6	5,1
22-23	Зварювальні апарати (ПВ=60%)	100	53,7	105	50	12,7
24-25	Перетворювач звар. (ПВ=40%)	80	44,74	105	50	12,7
26-28	Прес фрикційний	25	13,4	38	10	6,8
29-31	Ножиці відрізні	25	24,6	38	10	6,8
32-34	Прес гідравлічн.	150	80,53	165	95	16,5
35, 36	Точильний верстат	100	53,7	165	95	16,5
37, 38	Точильний верстат	16	11,2	16	2,5	4,2
39-42	Шліфувальний верст.	40	31,31	65	25	9,5
43-47	Верст. токарно-гвинторізн.	40	31,31	65	25	9,5
48-50	Верст. токарно-гвинторізн.	40	33,6	65	25	9,5
51-53	Радіально свердл. верстат	100	53,7	105	50	12,7
54-55.	Радіально свердл. верстат	150	80,53	165	95	16,5
56-58	Вертикальн.- свердл. верстат	25	17,9	38	10	6,8
59	Вертикальн.- свердл. верстат	25	22,4	38	10	6,8
60	Кран-балка (ПВ=40%)	25	13,4	38	10	6,8

Вибір діаметру сталевих труб звичайного виконання

Діаметр розрахунковий внутрішній сталевих труб вибираємо за номограмою [2] ст. 70, а стандартні значення сталеві труби за табл. 14.26 [2].

Дані вибору сталевих труб представимо в табл.3.6.

Таблиця 3.6.

Електроприймачі		ПВ-500АПВ		Сталева труба		
№	Назва	$d_{ж}$, мм	$n_{шт}$	d_6 , мм	d_3 , мм	d_y , мм
1-3, 6	Вентилятор	9,5	4	35,9	42,3	32
4, 5	Вентилятор	12,7	4	53	60	50
7-9	Універсальний верст. заточний	6,8	4	27,1	33,5	25

10 -12	Фрезерний верстат	12,7	4	53	60	50
13,14	Фрезерний верстат	9,5	4	35,9	42,3	32
15-18	Різьбонарізнийверстат	12,7	4	53	60	50
19-21	Різьбонарізнийверстат	5,1	4	15,7	21,3	15
22-23	Зварювальні апарати (ПВ=60%)	12,7	4	53	60	50
24-25	Перетворювач звар. (ПВ=40%)	12,7	4	53	60	50
26-28	Прес фрикційний	6,8	4	27,1	33,5	25
29-31	Ножиці відрізні	6,8	4	27,1	33,5	25
32-34	Прес гідравлічн.	16,5	4	80,5	88,5	80
35, 36	Точильний верстат	16,5	4	80,5	88,5	80
37, 38	Точильний верстат	4,2	4	15,7	21,3	15
39-42	Шліфувальний верст.	9,5	4	35,9	42,3	32
43-47	Верст. токарно-гвинторізн.	9,5	4	35,9	42,3	32
48-50	Верст. токарно-гвинторізн.	9,5	4	35,9	42,3	32
51-53	Радіально свердл. верстат	12,7	4	53	60	50
54-55.	Радіально свердл. верстат	16,5	4	80,5	88,5	80
56-58	Вертикальн.- свердл. верстат	6,8	4	27,1	33,5	25
59	Вертикальн.- свердл. верстат	6,8	4	27,1	33,5	25
60	Кран-балка (ПВ=40%)	6,8	4	27,1	33,5	25

Вибір апаратури розподільчої мережі

Силовий пункт – це закрита металева шафа, в якій вмонтовано апарати захисту, запобіжники або автоматичні вимикачі. Ці апарати з'єднані між собою линами. Силовий пункт має зажими для підключення кабелів або проводів.

Для прийняття та розподілення електроенергії до груп електроспоживачів застосовують СП (силові пункти). Використовуються силові пункти типу СПА77, із влаштованими автоматичними вимикачами на 400А на підходячих лініях і на 63, 100 А на відхідних лініях.

Шафи силові розподільчі типу СПА77 призначені для прийому та розподілу електричної енергії трифазного змінного струму напругою до 660 В частотою 50Гц в системах з глухо заземленою нейтраллю, а також для захисту відхідних ліній від перевантаження і струмів короткого замикання в промислових установках. Шафи призначені для встановлення на промислових,

житлових, комунальних і громадських об'єктах з одностороннім обслуговуванням.

Шафи виготовляються в навісному і «напідлоговому» виконанні.

Технічні характеристики та умова вибору наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7.

№	Тип СП	К-сть приєднань	Ісп, А	Номер споживача на плані	Резерв	$\sum I_{ном}^{AB}$, А
1	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	15 - 21	1 x 63	$4*53,7+3*4,5 = 228,3$
2	СПА77-5	8x63	400	2, 7 - 14	-	$33,6+3*22,37+3*67,1++$ $2*31,3= 364,61$
3	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	3, 4, 22 - 28	-	$33,6+56+2*53,7+$ $2*44,74+2*13,4+13,4$ $= 326,68$
4	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	5, 6, 29 - 34	-	$56+33,6+3*24,6+$ $+ 3*80,53= 404,9$
5	СПА77-5	8x63	400	35 - 42	-	$2*53+2*11,2+$ $+ 4*31,33= 253,6$
6	СПА77-5	8x63	400	43 - 48	2 x 63	$5*31,3 + 3*33,6 =$ $= 257,3$
7	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	1, 51 – 53, 56, 57, 60	1x 100	$33,6+3*53,7+2*17,9+$ $+ 13,4 = 243,9$
8	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	49, 50, 54, 55 58, 59	2x 100	$2*33,6+2*80,53+17,9++$ $22,4 = 268,56$

Вибір автоматичного вимикача від силового пункту до шинопровода

Умови вибору автоматичних вимикачів:

$$U_{ном}^{AB} \geq U_{ном}^{мер};$$

$$I_{ном}^{розч} \geq I_{СП}^{\Sigma};$$

$$I_{ном}^{AB} \geq I_{ном}^{розч};$$

$$I_{спрац} \geq 1,25 * I_{нік}.$$

Дані розрахунку автоматичного вимикача для силового пункту СПА77-5 занесено в табл.3.8.

Таблиця 3.8.

СПА77-5		
Дані АВ	Умова вибору	Розрахункові дані
380 В	=	380 В
400 А	>	364
400 А	>	365,6 А
40000 А	>	$1,25 \cdot I_{ник} = 2285 \text{ А}$
ВА 57-35		

Результати розрахунків автоматичних вимикачів до інших силових пунктів наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

№	Тип СП	$I_{СП}^{\Sigma}$, А	$I_{НОМ}^{РОЗЧ}$, А	$I_{НОМ}^{АВ}$, А	Тип АВ
1	СПА77-6	228,3	300	400	ВА 57-35
2	СПА77-5	364	400	400	ВА 57-35
3	СПА77-6	326	350	400	ВА 57-35
4	СПА77-6	400	400	400	ВА 57-35
5	СПА77-5	253,6	300	400	ВА 57-35
6	СПА77-5	257,3	300	400	ВА 57-35
7	СПА77-6	243,3	300	400	ВА 57-35
8	СПА77-6	268,6	300	400	ВА 57-35

Вибір кабельної лінії від шинопроводів Gersan GGD до силових пунктів СПА77

Кабельні лінії від шинопроводів Gersan GGD до силових пунктів **СПА77** вибираються за номінальним струмом розчеплювача автоматичного вимикача.

Вибір параметрів кабельних ліній від шинопроводу до силових пунктів наведено у таблиці 3.10

Таблиця 3.10.

№	Назва	$I_{розщ}$, А	$I_{ном}$, А	$I_{доп}$, А	Тип КЛ
1	СПА77-6	300	400	424	АСБл 4х240
2	СПА77-5	400	400	424	АСБл 4х240
3	СПА77-6	350	400	424	АСБл 4х240
4	СПА77-6	400	400	424	АСБл 4х240
5	СПА77-5	300	400	424	АСБл 4х240
6	СПА77-5	300	400	424	АСБл 4х240
7	СПА77-6	300	400	424	АСБл 4х240
8	СПА77-6	300	400	424	АСБл 4х240

Визначення перерізів струмоведучих жил

Тип приміщення – П II

У пожежонебезпечних приміщеннях застосовуються алюмінієві провідники. Марка проводу – АПВ-500

Умови вибору провідників:

$$I_{пр} = I_{ном} \cdot \frac{K_3}{K_{п}}$$

де K_3 – кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту $K_3 = 1,0$

$K_{п}$ – коефіцієнт прокладки $K_{п} = 1,0$

$$I_{пр} \leq I_{пр}^{доп}$$

З табл. 3.15, стор. 85[1] вибираємо допустимо тривалий струм та стандартний переріз. Результати зводимо у таблицю 3.11.

Таблиця 3.11

№	Тип СП	К-сть приєднань	Исп, А	Номер споживача на плані	$I_{ном}$, А	Провід
1	СПА77-6	4х100	400	15 – 18	53,7	АПВ 4 х 16

		4 x 63		19 - 21	4,5	АПВ 4 x 2,5
2	СПА77-5	8x63	400	2, 7 – 9 10 – 12 13 , 14	33,6 22,37 67,1 31,3	АПВ 4 x 6 АПВ 4 x 6 АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 10
3	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	3, 4 , 22 – 23 24 – 25 26 – 28	33,6 56 53,7 44,7 13,4	АПВ 4 x 10 АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 2,5
4	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	5, 6, 29 – 31 32 - 34	56 33,6 24,6 80,53	АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 10 АПВ 4 x 6 АПВ 4 x 25
5	СПА77-5	8x63	400	35, 36 37, 38 39 - 42	53 11,2 31,3	АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 2,5 АПВ 4 x 10
6	СПА77-5	8x63	400	43 - 47, 48	31,3 33,6	АПВ 4 x 10 АПВ 4 x 10
7	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	1 , 51 – 53, 56, 57, 60	33,6 53,7 17,9 13,4	АПВ 4 x 10 АПВ 4 x 16 АПВ 4 x 6 АПВ 4 x 2,5
8	СПА77-6	4 x100 4 x 63	400	49, 50, 54, 55 58, 59	33,6 80,53 17,9 22,4	АПВ 4 x 10 АПВ 4 x 25 АПВ 4 x 6 АПВ 4 x 6

Вибір магнітного пускача

Пускачі призначені для дистанційного керування (пуску, зупинки, реверса) трифазними асинхронними двигунами. У виконанні з тепловим реле пускачі здійснюють захисти електродвигунів від тривалих перевантажень, а також від струмів, які виникають при обриві однієї фази. Нереверсивні пускачі

використовуються для включення і відключення інших видів трифазних навантажень.

В пусках вбудовані теплові реле, які забезпечують захист від струмів перевантажень.

Умови вибору магнітного пускача:

$$U_{\text{ном}}^{\text{п}} \geq U_{\text{мережі}}$$

$$I_{\text{ном}}^{\text{п}} \geq I_{\text{р}}$$

$$P_{\text{підкл}} \geq P_{\text{ном1}}$$

Для прикладу зробимо розрахунок магнітного пускача на підключення універсального заточного верстату :

$$U_{\text{ном}}^{\text{п}} = 380 \text{ В} \geq U_{\text{мережі}} = 380 \text{ В}$$

$$I_{\text{ном}}^{\text{п}} = 25 \text{ А} \geq I_{\text{р}} = 22,37 \text{ А}$$

$$P_{\text{підкл}} = 11 \text{ кВт} \geq P_{\text{ном}} = 10 \text{ кВт}$$

Обираємо магнітний пускач серії ПМЛ-2160 з вмонтованим тепловим реле.

Вибір магнітних пускачів для обладнання наведено у табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Дані споживача					Дані пускача		
№	Обладнання	$n_{\text{шт}}$	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$I_{\text{розр}}, \text{А}$	$P_{\text{підкл}}, \text{кВт}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	Тип
1-3, 6	Вентилятор	4	15	33,6	18,5	40	ПМЛ-3100
4, 5	Вентилятор	2	25	56,0	37	80	ПМЛ-4160
7-9	Універсальний верст. заточний	3	10	22,37	11	25	ПМЛ2160
10 - 12	Фрезерний верстат	3	30	67,1	37	80	ПМЛ-4160
13,1 4	Фрезерний верстат	2	14	31,3	18,5	40	ПМЛ-3100
15-18	Різьбонарізний верстат	4	24	53,7	37	80	ПМЛ-4160
19-21	Різьбонарізний верстат	3	2	4,5	4	10	ПМЛ-1210
22-23	Зварювальні апарати (ПВ=60%)	2	24	53,7	37	80	ПМЛ-4160
24-25	Перетворювач звар.	2	20	44,74	37	80	ПМЛ-4160

Дані споживача					Дані пускача		
№	Обладнання	$n_{шт}$	$P_{ном},$ кВт	$I_{розр}, A$	$P_{відкл},$ кВт	$I_{ном}, A$	Тип
	(ПВ=40%)						
26-28	Прес фрик - ційний	3	6	13,4	11	25	ПМЛ-2160
29-31	Ножиці відрізні	3	11	24,6	11	25	ПМЛ-2160
32-34	Прес гідравлічн.	2	36	80,53	45	100	ПМЛ-5100
35, 36	Точильний верстат	2	24	53,7	37	80	ПМЛ-4160
37, 38	Точильний верстат	2	5	11,2	7,5	16	ПМЛ-2160
39-42	Шліфувальний верст.	4	14	31,31	18,5	40	ПМЛ-3100
43-47	Верст. токарно-гвинторізн.	5	14	31,31	18,5	40	ПМЛ-3100
48-50	Верст. токарно-гвинторізн.	3	15	33,6	18,5	40	ПМЛ-3100
51-53	Радіально свердл. верстат	3	24	53,7	37	80	ПМЛ-4160
54-55.	Радіально свердл. верстат	2	36	80,53	45	100	ПМЛ-5100
56-58	Вертикальн. - свердл. верстат	3	8	17,9	11	25	ПМЛ-2160
59	Вертикальн. - свердл. верстат	1	10	22,4	11	25	ПМЛ-2160
60	Кран-балка (ПВ=40%)	1	6	13,4	11	25	ПМЛ-2160

Вибираємо ввідний автомат освітлення.

Вибір струмів апаратів захисту з урахуванням пускових струмів джерел світла: співвідношення між тривало допустимими струмовими навантаженнями провідників і струмами захисних апаратів в силових і освітлювальних мережах повинні бути не менше зазначених у главі.

При захисті автоматами, які мають тепловий та комбінований розчіплювач струм КЗ повинен бути не менше струму уставки помноженого на коефіцієнт 1,4 для автоматів до 100 А і на 1,25 для інших автоматів.

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$$

$$125 \text{ A} > 1,25 \cdot 91,57 = 114,5 \text{ A}$$

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач ВА 51-35.

Дані автоматичного вимикача наведені в таблиці 3.17

Тип	Номінальне значення		Число полюсів	Розчеплювач	Номінальний струм розчеплювача, А
	Напруга, В	Струм, А			
ВА 51-35	380	125	3	тепловий	125

Для захисту освітлювальних мереж слід застосовувати автомати з розчеплювачами, що мають зворотньо залежну від струму характеристику, а саме тепловими нерегульованими або комбінованими (тепловими та електромагнітними), як нерегульованими, так і регульованими.

Вибираємо щиток освітлення.

Щитки освітлювальні групові одностороннього обслуговування уніфіковані типу ОЩ призначені для розподілу електроенергії, захисту від перевантажень і струмів короткого замикання освітлювальних мереж змінного струму напругою 380/220 В. Щитки комплектуються ввідними пакетними вимикачами на номінальний струм 63 і 100 А або ввідними шинами, а на лініях, що відходять - автоматичними вимикачами на номінальний струм 25А і 63А. Кліматичне виконання У, Т, УХЛ.

Щитки освітлювальні типів ОП, ОЩ, ОЩВ (настінні) призначені для розподілу електроенергії, а також для захисту від перевантажень і струмів короткого замикання в освітлювальних групових лініях, в мережах з заземленою нейтраллю напругою до 380 В. Ступінь захисту IP20.

Вибираємо щитки освітлення для усіх приміщень. Дані щитка наведені в табл. 3.18.

Таблиця 3.18.

Тип щитка	Число однофазних груп	Апарат на вході	Апарат на відходящих лініях	Розміри ЩО		
				довжина	ширина	висота
ОЦ-6УХЛ4	8	АЕ2046-10	ВА 51-35	400	154	516

Вибираємо кабель від шинопроводу Gersan GGD до ЩО.

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель з алюмінієвими жилами типу АВВГ (табл.. 3.21[1]):

Умови вибору кабеля:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$126 \text{ A} > 125 \text{ A}$$

Отже, приймаємо кабель АВВГ 4×25 мм² з I_{доп.}=125А.

Вибираємо провідник від ЩО до світильників:

Переріз двох жильних провідників вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1:

$$I_{\text{пров.}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{св.1}}$$

$$15 \text{ A} > 1,1 \cdot 3,35 = 3,685 \text{ A}$$

Отже приймаємо двохжильний провідник АПВ 2×2,5мм² з I_{доп.}=15А.

Провідники прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 1 м.

3.3.2. Аварійне освітлення.

Аварійне освітлення служить для безпечної евакуації людей з приміщень при аварійному зникненні робочого освітлення. Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати освітленість основних проходів не менше 0,5 лк.

Аварійне освітлення необхідне там, де при раптовому вимкненні робочого освітлення можливе виникнення вибуху або пожежі, масового травматизму, тривалого розладу технологічного процесу, а також порушення роботи відповідальних об'єктів (водопостачання, вузли зв'язку, пожежні пости,

електрощитові). Це освітлення називається аварійним освітленням, для продовження роботи воно повинно створювати на робочих місцях 20% нормованого робочого освітлення при системі загального освітлення.

Евакуаційне освітлення для евакуації людей повинно забезпечувати освітлення не менше 0,5 лк. Воно обов'язкове в основних прохідних приміщеннях, коридорах і на сходах, які служать для евакуації людей, в приміщеннях де працює понад 50 чол. одночасно.

Для аварійного освітлення слід застосовувати лампи розжарювання.

Світильники аварійного освітлення приєднуються окремими лініями до незалежного джерела живлення або переключаються на нього автоматично при раптовому вимкненні робочого освітлення. Крім того вони повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення типом, розміром або спеціально нанесеним знаком.

Для аварійного та евакуаційного освітлення дозволяється використовувати люмінесцентні лампи і лампи розжарювання. При нормальному режимі вони не беруть участь у створенні нормованої освітленості приміщення і робочої поверхні.

В нашому випадку слід обладнати аварійним освітленням КТП, кімнати та коридор.

Оскільки, довжина коридору 28 м, а площа КТП 81 м² встановлюємо 5 ламп розжарювання на 150 Вт в світильнику НСП-05У-200-611Р54 (підвісний на гак, з решіткою) для забезпечення аварійного освітлення.

Визначаємо розрахунковий струм однієї лампи розжарювання :

$$I_{CB1} = \frac{P_{cb}}{U_l \cdot \cos \varphi} = \frac{150}{220 \cdot 0,91} = 0,75 \text{ A}$$

Знаходимо сумарний розрахунковий струм освітлювальної установки:

$$I_{\Sigma CB} = \frac{n \cdot P_{CB}}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}} = \frac{5 \cdot 150}{\sqrt{3} \cdot 380} = 6,39 \text{ A}$$

Вибираємо ввідний автомат:

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$$

$$10 \text{ A} > 1,4 \cdot 6,39 = 8,946 \text{ A}$$

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач ВА 47-100.

Таблиця 3.19

Тип	Номінальне значення		Число полюсів	Розчеплювач	Номінальний струм розчеплювача, А
	Напруга, В	Струм, А			
ВА 47-100	380	100	3	Комбінований	10

Вибираємо щиток аварійного освітлення:

Таблиця 3.20

Тип щитка	Число однофазних груп	Апарат на вході	Апарат на відходящих лініях	Розміри ОЩ		
				довжина	ширина	висота
ОП-ЗУХЛ4	2	затискачі	ВА 47-100	374	140	252

Вибираємо кабель від шинопровода **Gersan GGD** до ЩАО:

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель з мідними жилами типу ВВГ:

Умови вибору кабеля:

1) на відповідність допустимому струму:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$24 \text{ A} > 10 \text{ A}$$

2) на відповідність апарату захисту:

$$I_{\text{доп.}} \geq 0,22 \cdot I_{\text{розч.}}$$

$$24 \text{ A} > 0,22 \cdot 10 \text{ A} = 2,2 \text{ A}$$

Отже, приймаємо мідний кабель ВВГ $2 \times 1,5 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп.}} = 24 \text{ A}$.

Вибираємо провідник від ОП до світильників:

Переріз двох жильних провідників вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1:

$$I_{\text{пров.}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{св.1}}$$
$$24\text{А} > 1,1 \cdot 0,99 \text{ А} = 1,089 \text{ А}$$

Отже приймаємо двожильний провідник ВВГ $2 \times 1,5 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп}} = 24\text{А}$

4. Розрахунок струмів короткого замикання.

Коротким замиканням називають будь-які непередбачені нормальними умовами роботи з'єднання двох точок електричного кола. Причинами короткого замикання є механічні пошкодження ізоляції, її пробій від перенапруг та старіння, обриви, накиди та перетини проводів, повітряних ліній, помилкові дії обслуговуючого персоналу.

Унаслідок короткого замикання у колі виникають небезпечні для елементів кола струми, які можуть вивести його з ладу. Тому для забезпечення надійності

роботи цих мереж, електрообладнання пристроїв релейного захисту проводиться розрахунок струмів короткого замикання.

При розрахунку струмів КЗ визначають наступні величини:

I_{00} – початкове значення періодичної складової струму КЗ .

i_y – ударний струм КЗ, необхідний для перевірки електричних апаратів шин і ізоляторів на електродинамічну стійкість;

I_y – найбільш діюче значення повного струму КЗ;

$I_{0,1-0,2}$ – значення I_t для моменту часу $t= 0,1-0,2$ с, необхідного для перевірки електричних апаратів за струмом, що їх відключають.

I_{∞} – діюче значення струму КЗ, що встановився.

$S_{0,1-0,2}$ – потужність КЗ для моменту часу $t= 0,1-0,2$ с.

Вихідні дані:

Струмів КЗ на шинах 10 кВ РП підприємства:

$$I_{0,2}=13,9 \text{ кА.}$$

Визначаємо потужність КЗ на шинах РП:

$$S_{0,2} = S_{K3} = \sqrt{3} \cdot U_{cp.ном} \cdot I_{0,2} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 13,9 = 252,79 \text{ МВА.}$$

Приймаємо за базисну потужність $S_б=130$ МВА.

Тоді опір системи у відносних одиницях:

$$x_c^* = \frac{S_б}{S_{K3}} = \frac{130}{252,79} = 0,515.$$

Базисну напругу приймаємо в залежності від точки КЗ .

Для точок К2,К2,К3.

$$U_б = U_{cp.ном} = 10,5 \text{ кВ.}$$

Базисний струм:

$$I_0 = \frac{S_0}{\sqrt{3} \cdot U_0} = \frac{130}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 7,149 \text{ кА.}$$

Опір кабельних ліній:

$$r_{KL} = X_0 \cdot l \cdot \left(\frac{S_0}{U_0^2} \right); \quad x_{KL} = X_0 \cdot l \cdot \left(\frac{S_0}{U_0^2} \right);$$

Кабельна лінія від РП до ТП 1 ($\lambda=0,15$ м),

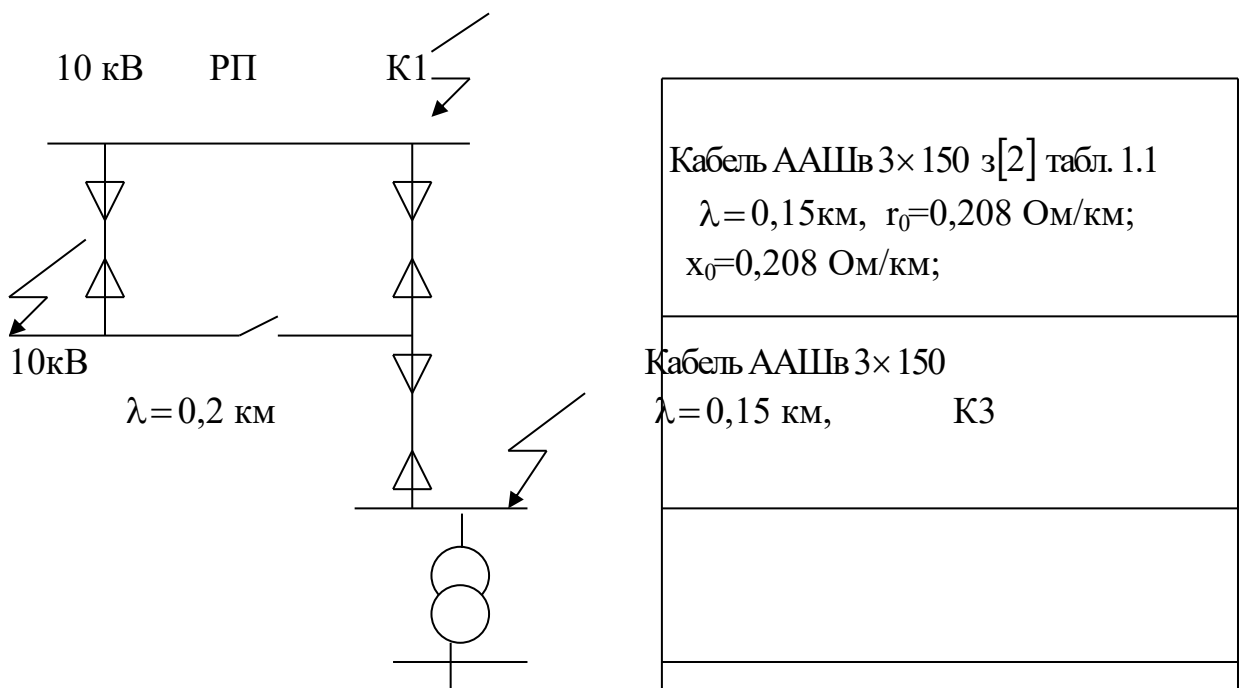
$$r_{KL1}^* = 0,208 \cdot 0,15 \cdot \frac{130}{10,5^2} = 0,037;$$

$$x_{KL1}^* = 0,079 \cdot 0,15 \cdot \frac{130}{10,5^2} = 0,014;$$

Кабельна лінія від РП до ТП 2 ($\lambda=0,35$ м),

$$r_{KL2}^* = 0,208 \cdot 0,35 \cdot \frac{130}{10,5^2} = 0,86;$$

$$x_{KL1}^* = 0,079 \cdot 0,35 \cdot \frac{130}{10,5^2} = 0,033;$$



		ТП1	
		ТМ-630/10 150 з[3] табл. 27.6	
	ТМ-630	$P_k=1,31\text{кВт}; U_k=5,5\%;$	
	0,4кВ	$P_k=8,5\text{кВт};$	
	10м	Збірні шини секції 1 від тр-р ТП1 довжина 10 м.	
		Автоматичний вимикач 1000/1000	
	ВА5541	Трансформатор струму 1000/5	
	ТС 1000/5	К4 Збірні шини 1 $U=0,4\text{кВ}; \lambda = 10 \text{ м},$	
	А3794	Автоматичний вимикач Кабель АВВГ 3×120 $\lambda = 10 \text{ м},$	
	15 м	Збірні шини ГРП 1 ; $\lambda = 5 \text{ м}$ Автоматичний вимикач 160/100 А	
		Кабель АВВГ 3×50 $\lambda = 60 \text{ м}$	
	60м		РП 19
		Кабель АВВГ 3×50 $\lambda = 15 \text{ м}$	
	15м		РП21
	К5		

Рис.4.1.

Знайдемо результуючий опір для кожної точки КЗ.

Струм КЗ: t

$$I_t^* = \frac{1}{X_{рез}}, \quad - I_t = I_t^* I_b^*$$

Для системи безкінечної потужності для всіх моментів часу:

$$I_{кз} = \text{const}, \quad I_{0,0}^* = I_t = I_{0,2}^* = I_\infty^*$$

Розрахункові схеми.

Розрахункова схема для точки К1.

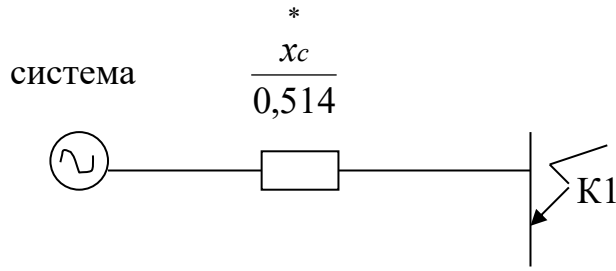


Рис.4.2.

Для точки К2.

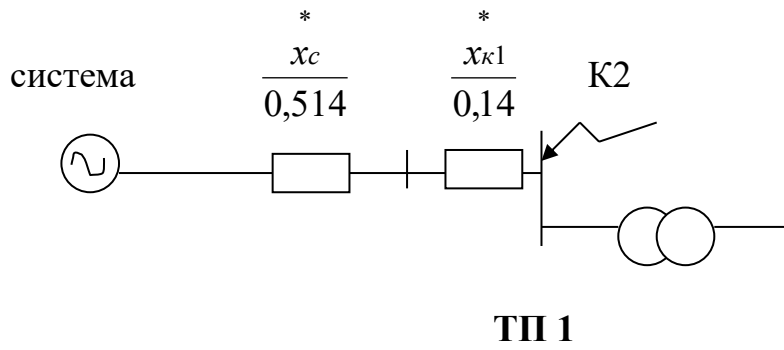


Рис.4.3.

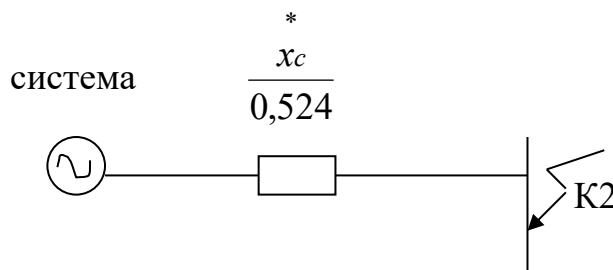


Рис.4.4.

Для точки К3.

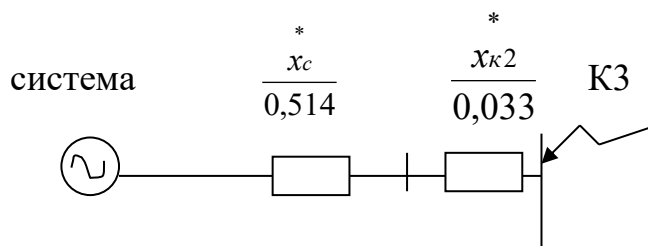


Рис.4.5.

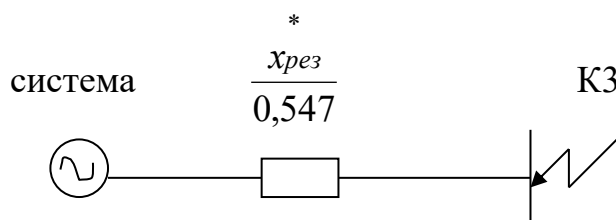


Рис.4.6.

Для точки К4.

Розрахунок струму КЗ при $U < 1$ кВ мають наступні особливості :

- 1) розрахунок ведеться в іменних одиницях;
- 2) приведений опір ділянок мережі зовнішньої напруги до $U_{\text{НН}}=0,4\text{кВ}$;
- 3) враховується активний опір всіх елементів і активний опір контактів(r_k)

З [4] стор.167 для первинних цехових РП (точка К4)

$$r_k=0,02 \text{ Ом}=20 \text{ мОм};$$

Для вторинних цехових РП (точка К5)

$$r_k=0,025 \text{ Ом}=25 \text{ мОм};$$

Опір системи в іменованих одиницях :

$$x'_c = \frac{U_{\delta}^2}{S_{\text{кз}}} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot I_{0,2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 13,9} = 0,436 \text{ Ом.}$$

Опір системи приведений на стороні НН:

$$x_c = x'_c \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \right)^2 = 0,436 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,698 \text{ мОм.}$$

Опір кабельної лінії від РП до ТП2:

$$r'_{\text{кл}} = r_o \cdot \lambda = 0,208 \cdot 0,35 = 0,073 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{кл}} = r'_{\text{кл}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \right)^2 = 0,073 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,117 \text{ мОм};$$

$$x'_{\text{кл}} = x_o \cdot \lambda = 0,079 \cdot 0,35 = 0,028 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{кл}} = x'_{\text{кл}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \right)^2 = 0,028 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,045 \text{ мОм};$$

Опір трансформатора ТМВМ – 630/10:

$$r_T = \frac{P_k}{S_{\text{ном.Т}}^2} \cdot U_{\text{ном.НН}}^2 = \frac{8,5}{630^2} \cdot 0,4^2 \cdot 10^3 = 3,43 \text{ мОм};$$

де P_K в кВт, $S_{ном.Т}$ в кВА, $U_{ном.нн}$ в кВ;

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_K}{S_{ном.Т}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.нн}^2}{S_{ном.Т}}$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{8,5}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 13,54 \text{ мОм.}$$

Сумарний опір:

$$r_{\Sigma} = r_{кл} + r_T + r_{\kappa} = 0,117 + 3,43 + 20 = 32,547 \text{ мОм};$$

$$x_{\Sigma} = x_c + r_T + r_{кл} = 0,698 + 13,54 + 0,045 = 14,283 \text{ мОм.}$$

Струм короткого замикання :

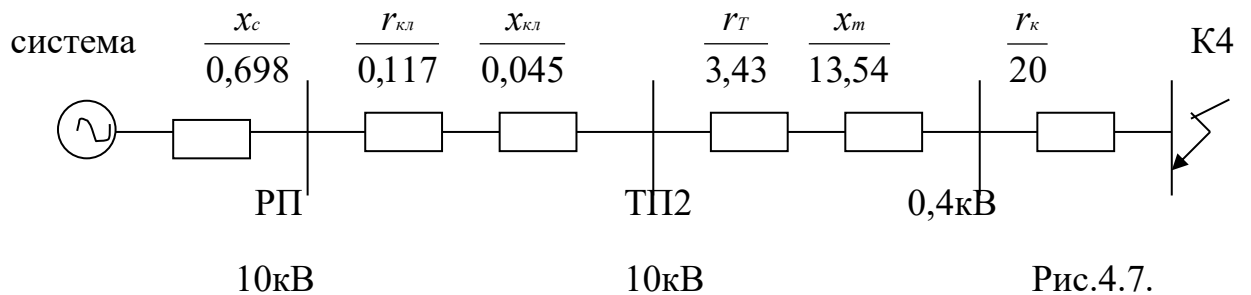
$$I'' = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 27,54} = 8,38 \text{ кА,}$$

де $Z_{\Sigma} = \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2} = 27,54 \text{ мОм.}$

Відношення $\frac{x_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{14,283}{23,547} = 0,49.$

З [4] рис.6.2. $k_y=1$ – ударний коефіцієнт. Тоді ударний струм КЗ:

$$i_{уд} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I'' = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,38 = 11,85 \text{ кА.}$$



Для точки К5 додаємо опір шин, кабелів і автоматичних вимикачів (котушок). Результати розрахунків струмів КЗ для точки К5 зведемо в таблицю 4.2

Табл.4.2.

№	Ділянки мережі для точки КЗ	$r_0,$ мОм/м	$r,$ мОм/м	$x_0,$ Ом/м	$x_0,$ Ом/м
---	-----------------------------	-----------------	---------------	----------------	----------------

1	Трансформатор 630/10	-	3,43	-	13,541
2	Тр-р збірні шини ТП2 (10 м)	0,026	0,26	0,134	1,34
3	Автоматичний вимикач 1000/1000	0,15	0,15	-	-
4	Котушка АВ 1000/1000	0,08	0,08	0,06	0,06
5	ЗШ ТП2(5м) від місця приєднання	0,026	0,13	0,134	0,67
6	АВ 630/630	0,25	0,25	-	-
7	Котушка АВ 630/630	0,12	0,12	0,84	0,84
8	Каб.лінія АВВГ 3×150 (15 м)	0,31	4,65	0,062	0,93
9	ЗШ ТП2 (5м)	0,026	0,13	0,134	0,67
10	АВ 160/100	0,65	0,65	-	-
11	Котушка АВ 160/100	0,15	0,15	0,1	0,1
12	Трансформатор струму 200/5	0,75	0,75	1,2	1,2
13	Каб.лінія АВВГ 3×50 (60 м)	0,77	57,75	0,068	5,1
14	Каб.лінія АВВГ 3×50 (15 м)				
15	Опір контактів	25	25	-	-
Σ	Всього		93,5		24,45

Діюче значення струму КЗ за перший період:

$$I_y = \sqrt{1 + 2 \cdot (k_y - 1)^2} \cdot I_t ;$$

$$I_y = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} \cdot I_t = 1,51 I_t ,$$

де k_y – ударний коефіцієнт, $k_y = 1,8$ для мережі 10 кВ.

Ударний струм КЗ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_t ,$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot I_t = 2,545 I_t .$$

Потужність КЗ, яка відключається:

$$S_{t=0,2} = \sqrt{3} \cdot U_6 \cdot I_t ,$$

де $U_6 = 10,5$ кВ.

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.3.

Табл. 4.3.

Точка КЗ	Місце КЗ	$S_{б}, \text{MBA}$	$I_{б}, \text{MBA}$	* $X_{рез},$	$r_{рез}$	$Z_{рез}$	* $I_{0,2}$	$I_t, \text{кА}$	$I_{уд}, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$S_{t=0,2},$ MBA
K1	РП	130	7,149	0,514	-	-	1,945	13,9	20,989	35,389	252,79
K2	ТП1	130	7,149	0,528	-	-	1,89	13,51	20,4	34,391	245,7
K3	ТП2	130	7,149	0,547	0,086	0,544	1,805	12,904	19,485	32,841	234,58
K4	ТП2	-	-	14,283*	23,547*	27,54*	-	8,38	-	11,85	-
K5	РП	-	-	94,09*	24,45*	97,2*	-	2,382	-	3,369	-

Примітка: (*) – значення в мОм.

5. Якість електроенергії в системі

5.1. Характеристика показників якості електричної енергії.

Відхилення напруги, зумовлені повільними процесами зміни навантажень у системі, справляють різний вплив на режим роботи окремих споживачів. Скажімо, тривале підвищення напруги на затискачах електричних двигунів – наймасовіших споживачів енергосистем – призводить до збільшення обертового моменту їх , зменшення ковзання й зростання втрат у сталі двигунів, бо такі втрати пропорційні квадрату підведеної напруги, збільшенню струму холостого ходу і, значить, зменшенню коефіцієнта потужності електродвигунів. Зниження напруги на затискачах електродвигунів призводить до зниження обертового моменту, збільшенню ковзання, зростанню струму статора й зменшенню терміну служби ізоляції електродвигунів.

У разі тривалої роботи електродвигунів при зниженій напрузі, зокрема на рівні 90 % номінального значення, строк служби ізоляції двигуна зменшується на 18-20 %, що істотно знижує продуктивність технологічних механізмів, що їх приводить у дію цей електродвигун. Підвищення напруги на затискачах звичайного асинхронного двигуна на 1 % спричиняється до збільшення струму холостого ходу й споживаної двигуном реактивної потужності приблизно на 3 % . Але при цьому має місце перехід на нелінійну частину кривої намагнічування що є джерелом генерації вищих гармонік напруги. Підвищення напруги веде до підвищення запасу статичної стійкості вузла навантаження.

Найбільший вплив відхилення напруги справляє на режими роботи нагрівальних, особливо освітлювальних, приймачів електричної енергії. Наприклад, зниження напруги на затискувачах плавильних печей

всього на 5 % від номінального значення збільшує час плавки в 1.5-2 рази, знижує світловий потік ламп розжарювання на 18-20 %, що може призвести до

збільшення ступеня травматизму працівників. Підвищення напруги на затискачах освітлювальних приладів на 10 % скорочує термін служби ламп розжарювання приблизно в 3 рази. Зменшення напруги призводить до зростання терміну нагріву в електротермічних установках, а при значних відхиленнях напруги процес взагалі не може бути завершено. Особливо чутливі до відхилення напруги такі процеси як вирощування кристалів, скляне виробництво.

Підвищення напруги впливає на режим мережі:

- зменшуються втрати потужності у повздовжніх елементах схем заміщення та зростають втрати потужності неробочого ходу. У мережах напругою 330 кВ і вище зростають втрати активної потужності на корону.

Основним засобом забезпечення необхідного рівня напруги є регулювання напруги в електричних системах.

Відхилення частоти. Баланс активних потужностей у мережі визначає рівень частоти. За допомогою систем управління забезпечується баланс активних потужностей при частоті 50 Гц. Якщо баланс потужностей порушується, то змінюється і частота у мережі. Причиною порушення балансу може бути аварійне відключення генераторів на електростанціях, будь якого елемента електричної системі, включення і відключення споживачів. Розподіл потужностей при зміні частоти відрізняється від оптимального, що викликає зростання втрат потужностей та зменшення терміну роботи обладнання із-за перегрівів ізоляції.

Причинами несиметрії у мережі є нерівномірний розподіл однофазного навантаження у мережах до 0,4 кВ; потужна з неоднаковими значеннями споживання потужності у мережах 6-10 кВ; несиметричні режими у мережах вище 35 кВ. Розглянемо вплив несиметрії на АД. Відомо що несиметричний режим може бути проаналізовано за допомогою метода симетричних

складових. Зворотна складова наводить у роторі ЕДС подвійної частоти.

Якщо врахувати що індуктивність зворотної послідовності АД в 5-7 разів менше індуктивності прямої послідовності, то незначна несиметрія напруги може привести к значному росту несиметрії струму. Зростанні струму призводить до додаткового нагріву обмоток. При роботі з номінальним навантаженням та при

$K_{2u} = 4\%$ термін служби ізоляції тільки з причини додаткового нагріву зменшується приблизно у 2 рази. Несиметрія у мережі веде до зменшення потужності що генерує батарея конденсаторів.

Вплив на лінії та трансформатори мережі проявляється у додаткових втратах потужності. Струми I_2 и I_0 викликають зростання втрат у повздовжніх елементах схем заміщення. Напруги U_2 и U_0 викликають зростання у поперечних елементах схем заміщення. Накладання U_2 і U_0 та U_1 призводить до різких додаткових відхилень напруги у різних фазах.

Несиметрія може бути причиною помилкової роботи систем автоматики і релейного захисту, телемеханічних пристроїв. Така робота вказаних систем приводить до порушень технологічних процесів.

Гармоніки виникають у мережах як наслідок роботи нелінійних навантажень. Вищі гармоніки виникають при роботі тиристорних перетворювачів; обладнання, яке використовує електричну дугу. Вищі гармоніки викликають не тільки втрати потужностей і енергії, а викликають порушення у роботі релейного захисту, протиаварійної автоматики, пристроїв керування, що приводить до порушень технологічних процесів. Джерела гармонік:

1. Машини змінного струму - генератори і двигуни (магнітне поле не ідеально синусоїдально).
2. Магнітні кола що насиченні.
3. Перетворювачі усіх типів
4. Апарати з електричною дугою чи апарати що використовують електричний розряд: дугові печі, зварювальні машини, люмінесцентні лампи (створюють не стабільні у часі гармоніки).

Дії ударного навантаження викликають швидкі зміни напруги у вузлах мережі. Коливання напруги приводять до флікеру, перешкодам у роботі телебачення, хибній роботі регулюючих пристроїв, порушеннями у роботі рентгенівського обладнання, коливанням моменту на валах двигунів, які приводять до підвищених втрат електроенергії та зносу матеріалів.

5.2. Характеристика методів та технічних заходів по забезпеченню

якості електроенергії.

Основним засобом забезпечення необхідного рівня напруги є регулювання напруги в електричних системах.

Заходи щодо зменшення впливу несиметрії називають симетруванням режимів:

1. Забезпечення рівномірного розподілу навантажень по фазам.
2. Зменшення опору нульової послідовності Z_0 в у мережах до 1 кВ за рахунок збільшення перерізу нульового проводу, використання трансформаторів з меншими індуктивностями $X_{т0}$ (залежать від схем з'єднання обмоток, схеми вторинної обмотки - зигзаг, з'єднання обмоток "трикутник-зірка з нульовим проводом"),
3. Спеціальні пристрої що симетрують.
4. Універсальні симетруючі пристрої - батареї конденсаторів.

Відомо що за допомогою конденсаторів можливо створювати струми зворотної послідовності за рахунок включення різної кількості конденсаторів між фазами мережі. Треба створити по значенню струм такий як у мережі, але повернутий відносно від струму у мережі на 180°. Але існує проблема. Струм зворотної послідовності у мережі змінюється при зміні навантажень та конфігурації мережі. Виникає необхідність зміни струму що генерують конденсатори, тобто треба перерозподіляти їх між фазами під час зміни режиму мережі.

Слід підкреслити що струм прямої послідовності не залежить від розподілу конденсаторів між фазами, а струм зворотної послідовності залежить.

Зменшення несинусоїдальності забезпечується наступним чином:

1. Зменшення рівня вищих гармонік від перетворювачів за рахунок збільшення числа фаз і використання спеціальних схем перетворення та керування ними.
2. Раціональної побудови схеми мережі:
 - живлення нелінійних навантажень від окремих ліній та трансформаторів;
 - використання фільтрів.

Заходи щодо зниження коливань напруги:

1. Пристрої повздовжньої компенсації
2. Синхронні генератори с АРВ
3. Роздільне живлення навантажень (статичного і різко змінного).

5.3. Перевірка цехової мережі на допустиме відхилення напруги

Довжина кабельних ліній $l = 0,05$ км

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sum Q_p}{\sum P_p}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{143.613}{226.66} = 0,634;$$

$$\cos\varphi = \cos(\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi))$$

$$\cos\varphi = \cos(\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi)) = \cos(\operatorname{arctg}(0,634)) = 0,845$$

$$\sin\varphi = \sin(\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi))$$

$$\sin\varphi = \sin(\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi)) = \sin(\operatorname{arctg}(0,634)) = 0,536$$

Опори шинопроводу GGD 400÷1000А :

$$r_0 = 0,12 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0,1 \text{ Ом/км}$$

Втрати напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos\varphi \cdot r_0 + \sin\varphi \cdot x_0)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 349,5 \cdot 0,05 \cdot (0,845 \cdot 0,12 + 0,536 \cdot 0,1) = 4,68 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{4,68 \cdot 100}{380} = 1,23\% < 5\%$$

6. Розрахунок освітлення цеху

Розрахункова величина освітлювального навантаження визначається за формулою:

$$P_{po} = P_{уст} * K_{п} * K_{пра},$$

де $P_{уст}$ - установлена потужність ламп;

$K_{п}$ - коефіцієнт попиту;

$K_{пра}$ - коефіцієнт, що враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі.

Для визначення установленної потужності ламп необхідно знайти їх кількість, яка залежить від розміщення світильників. Розміщення світильників визначається наступними розмірами:

$H = 8\text{м}$ - висота цеху;

$h_c = 0,2\text{м}$ – відстань світильника від перекриття;

$h_{п} = H - h_c$ – висота світильника над підлогою;

$h_p = 0,8\text{м}$ – висота розрахункової поверхні над підлогою;

L – відстань між сусідніми рядами ламп;

I - відстань від крайніх світильників до стіни.

Для освітлення цеху застосуємо світильники ЛСПО4(2*80) з люмінесцентними лампами ЛБ-80, для яких $\lambda = 0,9$

Знаходимо значення розрахункової висоти h для цеху за формулою:

$$h = H - h_p - h_c, \quad h = 8 - 0,8 - 0,2 = 7\text{м}.$$

Відстань між рядами світильників в цеху дорівнює:

$$L = \lambda * h, \quad L = 0,9 * 7 = 6,3\text{м}, \quad L \text{ – приймаємо } 6\text{м}.$$

Для виробничого цеху відомо:

- коефіцієнт запасу $K_3 = 1,5$;
- норма освітлення цеху $E_n = 200\text{лк}$.

Індекс приміщення визначається по формулі:

$$i = A * B / h (A+B),$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м.

$$i = 28 * 18 / 7 * (28 + 18) = 1,56$$

Окрім індексу приміщення для знаходження коефіцієнта використання світлового потоку необхідно знати коефіцієнти відбиття стелі, стін і робочої поверхні [3]: $\rho_{\text{стелі}} = 0,7$; $\rho_{\text{стін}} = 0,5$; $\rho_{\text{роб пов}} = 0,1$.

Для цеху вибираємо лампи ЛБ-80, що мають потужність 80Вт і світловий потік $\Phi_{\text{ном}} = 5200\text{лм}$.

В залежності від типу світильника, коефіцієнта відбиття та індексу приміщення визначимо коефіцієнт використання світлового потоку [3], який дорівнюється 0,65.

Кількість світильників визначимо по формулі:

$$N = (E_n * k * S * Z) / (2 * \Phi * h)$$

де E_n – нормативна освітленість; k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

S – площа приміщення, м^2 ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп

$$N = (200 * 1,5 * 28 * 18 * 1,1) / (2 * 5200 * 0,65) = 24,6 \text{ світильників}$$

Приймаємо 24 світильника

Загальна кількість ламп ЛБ-80 дорівнюється 48 (оскільки 2 лампи в одному світильнику).

Кількість рядів визначаємо із залежності:

$$N_p = (A - 2l) / L + 1 = (28 - 2 * 2) / 6 = 4 \text{ ряд}$$

Кількість світильників в ряду дорівнює:

$$24 : 4 = 6 \text{ світильників}$$

Встановлена потужність ламп дорівнює:

$$P = 80 * 48 = 3,84 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт попиту і обліку втрат потужності пускорегулюючої апаратури для люмінесцентних ламп: $K_n = 0,95$; $K_{\text{пра}} = 1,2$, тоді освітлювальне навантаження буде:

$$P_{po} = 3,84 * 0,95 * 1,2 = 4,38 \text{ кВт},$$

$$Q_{po} = P_{po} * \text{tg}\varphi = 4,38 * 0,88 = 3,85 \text{ кВАр}.$$

6.1 Розрахунок аварійного освітлення

Нормативну освітленість аварійного освітлення приймаємо $E = 15 \text{лк}$.

Для аварійного освітлення вибираємо 5 лампи. Розрахунок проводиться аналогічно робочому освітленню.

Для аварійного освітлення обираємо лампу розжарювання Б220-150 (аргонна) напругою 220В, потужністю 150Вт та світловим потоком 2220лк.

Встановлена потужність аварійного освітлення буде:

$$P_b = 5 * 150 = 0,75 \text{ кВт}$$

Отже повна потужність освітлювального навантаження буде:

$$P_{\Pi} = P_{po} + P_b = 4,38 + 0,75 = 5,13 \text{ кВт},$$

Повне освітлювальне навантаження:

$$S_{oc\Sigma} = \sqrt{P_{oc\Sigma}^2 + Q_{oc\Sigma}^2}$$

$$S_{oc\Sigma} = \sqrt{5,13^2 + 3,85^2} = 6,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

7. Перспективи застосування електричних теплогенераторів

7.1. Стратегічна важливість для України застосування електричних теплогенераторів

Прогнозоване відставання темпів зростання цін на електричну енергію від цін на природний газ та нафту створює економічні умови для використання електричної енергії замість природного газу та мазуту у системах промислового та побутового теплозабезпечення.

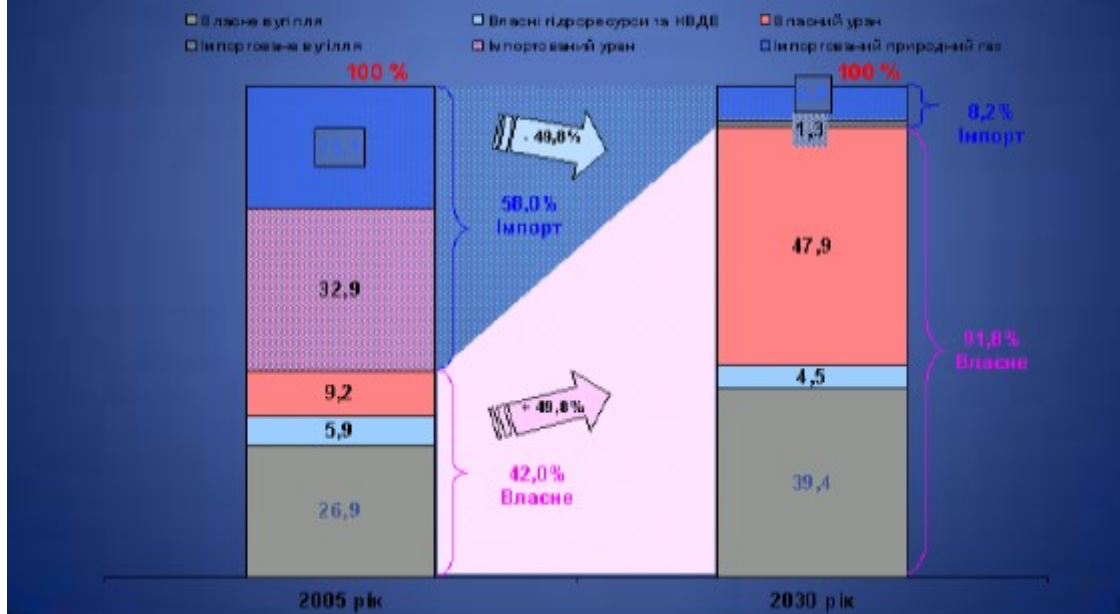
З метою оптимізації режимів виробництва електричної енергії та підвищення коефіцієнта використання потужностей атомних енергоблоків шляхом збільшення споживання електроенергії в години "нічного провалу" доцільно поетапно замінювати газовий нагрів системами акумуляційного електронагріву, які є споживачами-регуляторами, забезпечивши оптимальне управління зонними та диференційованими тарифами на електричну енергію. Це дозволить суттєво знизити обсяги споживання природного газу на потреби опалення.

Окрім використання акумуляційних систем електронагріву, масштабне витіснення вуглеводневого палива із систем низько-та середньотемпературного нагріву (технологія опалення, гаряче водопостачання, вентиляція та кондиціонування) забезпечить використання електричних теплогенераторів.

Заміна газових котелень на електричні теплогенератори та акумуляційний електричний нагрів може забезпечити витіснення більше половини природного газу, що використовується для теплопостачання у промисловості і побуті.

Прогнозовані витрати власного та імпортованого палива на виробництво електричної та теплової енергії електростанціями у 2005, 2030 роках

(з «Енергетичної стратегії України»)



У тепловому господарстві України знаходиться понад 100 тис. котелень різного призначення. Переважна більшість із них - це дрібні промислові чи опалювальні автономні котельні. Стан обладнання більшості з них незадовільний, потребує реконструкції та заміни.

Основним паливом для котелень є природний газ - 52 - 58 % (мазут - 12 - 15 %, вугілля - 27 -36%). Значну частку тепла виробляють індивідуальні (поквартирні) генератори (газові, рідинні, твердопаливні котли, побутові печі тощо), утилізаційні установки та інші джерела.

Аналіз та розрахунки показують, що в умовах України, як і в цілому в світі, у період до 2030 року повинні відбутися радикальні зміни в структурі джерел теплопостачання.

Основним фактором, що зумовлює ці зміни, стане різке зростання світових цін на природний газ, нафту та нафтопродукти. Тому прогнозується поступове витіснення газових котелень та більшості ТЕЦ, що забезпечують тепер виробництво переважної частки теплової енергії, зазначеними новими технологіями. Швидкість таких змін буде визначатися темпами

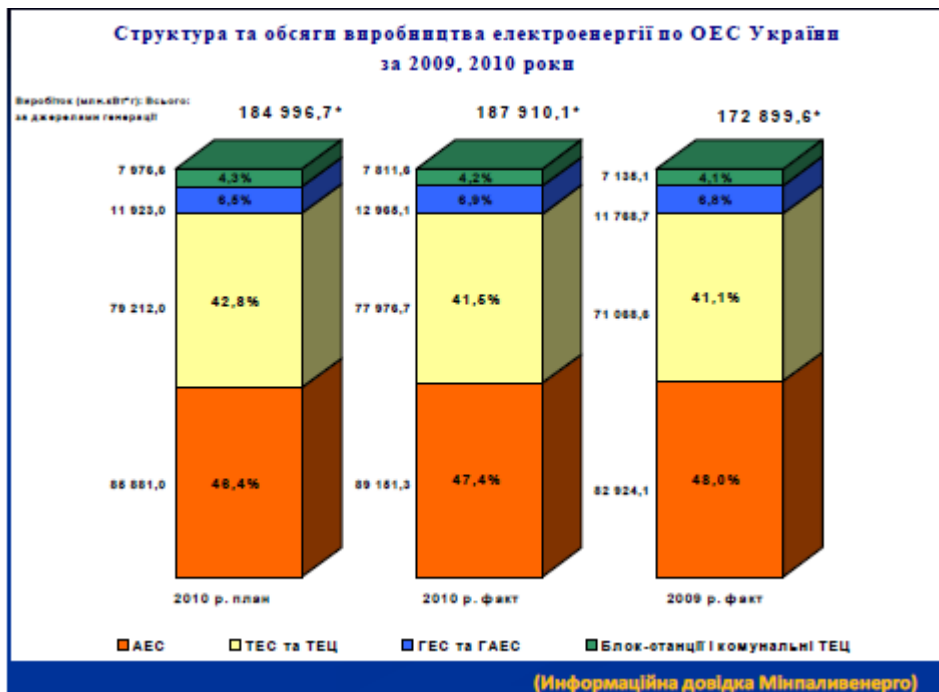
наближення внутрішніх цін в Україні на природний газ до світових, які постійно зростають. З урахуванням великої різниці між внутрішніми та світовими цінами таке наближення буде відбуватися поступово.

Прогноз зростання вартості природного газу та електроенергії для України



Державна „Стратегія розвитку ядерної енергетики в Україні до 2030 року” передбачає введення в дію 9 нових ядерних енергоблоків і довести загальну кількість діючих до 18.

Вироблення електроенергії на АЕС до 2030 року повинна досягти 160-165 млрд кВт*г на рік, а її частка в загальному обсязі електроенергії, що виробляється сягнути 65-70% (в 2010 р. вітчизняні АЕС виробили близько 89 млрд кВт*г – 47,4% всієї української електроенергії).



На сьогодні середня собівартість в світі атомної енергії втричі нижча, ніж енергія, що отримується з нафти, та вдвічі нижча, ніж з газу (за відомостями Організації економічного співробітництва та розвитку), тобто найнижча собівартість у електроенергії, що виробляється атомними електростанціями, частка яких в загальному обсязі електроенергії, що виробляється, складає близько 50% і в перспективі зростатиме.

1.2. Переваги застосування індукційного нагрівального обладнання для теплопостачання

З метою запровадження альтернативних джерел енергії при проектуванні об'єктів будівництва на нормативному рівні наказом Мінрегіонбуду від 09.12.2008 № 568 затверджено з наданням чинності з 01.07.2009 ДБН В.2.5-39-2008 «Теплові мережі», вимогами якого (пункт 16.2) передбачено застосування комбінованого теплозабезпечення з використанням теплової енергії від альтернативних джерел, у тому числі від електроенергії.

Проте, поширені зараз ТЕНові і електродні електронагрівачі мають ряд недоліків. Ці недоліки полягають в коротких термінах служби, низькому рівні електро- і пожежобезпеки, ненадійності, необхідності регулярного обслуговування устаткування.

Пропонується позбавитись цих недоліків за допомогою використання **технологій індукційного нагріву**. **Індукційні електронагрівачі** розроблялися як альтернатива ТЕНовим і електродним джерелам тепла. Конструктивні рішення, застосовані в **індукційних нагрівачах**, забезпечують:

високу надійність (відсутність елементів, що зношуються),

довговічність роботи (30 років);

електробезпеку (2 клас захисту від поразки електричним струмом).

Нагрівачі працюють на промисловій частоті (50 Гц) і мають енергетичні показники –ККД 98% і коефіцієнт потужності 0,985. Інші головні переваги **індукційного обладнання** - це:

Безпека для навколишнього середовища і здоров'я людей.

Пожежо- і вибухобезпечність.

Відсутність місцевих перегрівів, рівномірний нагрів (малий градієнт температур між теплоносієм і теплообмінним пристроєм).

Не потрібне узгодження на установку з органами котлонагляду.

Простота підключення, експлуатації і обслуговування (відсутня необхідність утримувати висококваліфікований обслуговуючий персонал).

Невимогливість до хімічного складу води в системі опалювання.

Автономність. Автоматична система управління з високою точністю підтримки заданих параметрів.

Обладнання **індукційного електронагріву**, – установки для опалення та гарячого водопостачання, що нададуть змогу відійти від використання газу. Вартість 1 Гкал тепла, одержана за допомогою **індукційного електронагрівача акумуляційного типу**, нижче, ніж при використанні газового або твердопаливного теплогенератора.

Економічне обґрунтування доцільності використання індукційних нагрівачів для теплопостачання об'єктів базується на порівнянні вартості одиниці тепла (1 Гкал), що виробляється різними типами теплогенераторів з використанням діючих тарифів на електроенергію, вартості газу, рідкого та твердого палива.

Вихідні дані (для населення):

З 1 квітня 2011 року розрахунки із населенням і населеними пунктами проводяться за тарифами відповідно до постанови НКРЕ № 309 від 10.03.1999р. "Про тарифи на електроенергію, що відпускається населенню і населеним пунктам" та постанови НКРЕ №627 від 14.04.2011 Про внесення змін до Тарифів на електроенергію, що відпускається населенню і населеним пунктам та Порядку застосування тарифів на електроенергію, що відпускається населенню і населеним пунктам"

ТАРИФИ на електроенергію, що відпускається населенню і населеним пунктам, коп. за 1 кВт•год.

Категорія споживачів	без ПД	ПДВ	з ПД
1. Електроенергія, що відпускається			
1.1. Населенню	30,4	6,08	36,48
1.2. Населенню, яке проживає у сільській місцевості	28,1	5,62	33,72
1.3. Населенню, яке проживає у будинках, обладнаних кухонними електроплитами, електроопалювальними установками (в тому числі у сільській місцевості)	23,35	4,67	28,02
1.4. Населенню, яке проживає в багатоквартирних будинках населених пунктів (міст, сіл, селищ), не газифікованих природним газом і в яких відсутні або не функціонують системи централізованого тепlopостачання, незалежно від обсягів споживання електроенергії	17,95	3,59	21,54
2. Електроенергія, що відпускається			
2.1. Населеним пунктам	30,4	6,08	36,48
2.2. Населеним пунктам у сільській місцевості	28,10	5,62	33,72
2.3. Населеним пунктам із будинками, обладнаними кухонними електроплитами, електроопалювальними установками (в тому числі у сільській місцевості)	23,35	4,67	28,02

Відповідно до п. 1.8. Порядку застосування тарифів на електроенергію, що відпускається населенню, затвердженого постановою НКРЕ від 10.03.1999 г. № 309, розрахунки населення за використану електроенергію за тарифами, диференційованими за періодами часу, здійснюються за наступними тарифними коефіцієнтами:

при розрахунках за електроенергію за двозонним тарифом:

- **0,7 тарифу** в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23.00 до 7.00); **повний тариф** в інший час доби;

при розрахунках за електроенергію за тризонним тарифом:

- **1,5 тарифу** в години максимального навантаження енергосистеми (з 8.00 до 11.00 і з 20.00 до 22.00); **повний тариф** в напівпіковий період (з 7.00 до 8.00, з 11.00 до 20.00 і з 22.00 до 23.00); **0,4 тарифу** в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23.00 до 7.00).

**Порівняльний розрахунок вартості одиниці тепла
(на листопад 2012 року) для населення**

Вид генератора тепла	Джерело тепла (Вид тарифу)	Од. вим.	Вартість одиниці первинного продукту, грн.	Кількість продукту для отримання 1 кВт*год теплової енергії	Вартість 1 кВт*год теплової енергії для споживача, грн. з ПДВ (з урахуванням ККД)	Вартість 1 Гкал теплової енергії для споживача, грн. з ПДВ (з урахуванням ККД)
Індукційний нагрівач	Звичайний тариф	кВт*год	0,2802	1,02	0,286	332,62
	3-зонний, 8годин вночі 11годин - напівпік		0,209	1,02	0,213	247,72
	3-зонний, 8годин вночі		0,112	1,02	0,114	132,58
Котел на тв. паливі	Дрова	кг	0,6	0,80	0,86	997*
	Вугілля		0,996	0,40	0,71	827*
Котел на р/паливі	Мазут	кг	2,4	0,46	1,97	2293*
Газовий котел	Інд. до 6т.куб.	м ³	1,098	0,117	0,147	166,5
	Інд. до 12т.куб.		2,2484	0,117	0,30	340,5
	Інд.>12т.куб.		2,6856	0,117	0,36	406,5
Централізоване ТП (Київ)	ТЕЦ	Гкал	253,15	0,00086	0,217	253,15

Вихідні дані для всіх споживачів, крім населення:

Згідно постанови «Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України» № 292 від 23.03.2012 затверджені тарифи на квітень 2012 року.

Категорії споживачів	Роздрібний тариф на електроенергію, коп./кВт.год. без ПДВ	
	1 клас напруги	2 клас напруги
Промислові і прирівняні до них споживачі з приєднаною потужністю 750 кВА і більше, промислові і прирівняні до них споживачі з приєднаною потужністю до 750 кВА, виробничі сільськогосподарські споживачі, непромислові споживачі	73,42	93,46

*Порівняльний розрахунок вартості одиниці тепла
(на квітень 2018 року) для споживачів, крім населення*

Вид генератора тепла	Джерело тепла (Вид тарифу)	Од. вим.	Вартість одиниці первинного продукту, грн.	Кількість продукту для отримання 1 кВт*год теплової енергії	Вартість 1 кВт*год теплової енергії для споживача, грн. з ПДВ (з урахуванням ККД)	Вартість 1 Гкал теплової енергії для споживача, грн. з ПДВ (з урахуванням ККД)
Індукційний нагрівач	3-зонний, 7годин вночі	кВт*год	0,392	1,02	0,408	474,92
	3-зонний, 7годин вночі 11годин - напівпік		0,851	1,02	0,886	1030,51
	Звичайний тариф		1,121	1,02	1,166	1356,93
Котел на тв. паливі	Дрова	кг	0,6	0,80	0,86	997*
	Вугілля		0,996	0,40	0,71	827*
Котел на р/паливі	Мазут		2,4	0,46	1,97	2293*
Газовий котел	Автономна котельня	м ³	4,53	0,117	0,60	702*
Централізоване ТП (Київ)	ТЕЦ	Гкал	960,73	0,0009	0,86	1008,76**

З урахуванням зарплатні обслуговуючого персоналу, вартості сезонного обслуговування та ремонту газових котлів та котлів на твердому або рідкому паливі застосування індукційних нагрівачів з акумуляцією тепла для використання переважно в нічний період для теплопостачання об'єктів вже

сьогодні є економічно обґрунтованим і, в подальшому, з подорожчанням газу, стає ще більш економічно вигідним.

Термін окупності індукційного нагрівального обладнання - в межах 4-х опалювальних сезонів.

1. 3. Застосування індукційного нагрівального обладнання для тепlopостачання



Електронагрівачі індукційного типу “Едісон” призначені для нагріву води в замкнених системах тепlopостачання з циркуляцією (опалення, ГВП, технологічних установок).

Стандартна лінійка потужностей від 4,7 до 500 кВт.

Теплова потужність – від 0,003396 до 0,421400 Гкал/год.



Вузол нагріву “Титан” - індукційний нагрівач модульного типу. Вузол зібраний на єдиній рамі, в складі має індукційний електронагрівач “Едісон”, розширювальний бак, циркуляційний насос, силову комутаційну апаратуру, прилади автоматики і засувно-регулюючу арматуру. Вузол нагріву “Титан” проходить заводські випробування і поставляється з підключеними датчиками і приладами управління.

Стандартна лінійка потужностей від 13 до 750 кВт.

Теплова потужність – від 0,01095 до 0,63198 Гкал/год.



Тепловий Вузол “Титан -М” – пересувний теплоізольований контейнер з освітленням та системою підтримання температури. У боксі знаходяться індукційні нагрівачі з теплотехнічною обв'язкою. Тепловий вузол може вирішувати комплексну задачу опалення та ГВП і використовуватися як стаціонарно, так і тимчасово (наприклад, при усуненні аварій на центральних тепломережах).



Установка ГВП “Логос” складається з індукційного нагрівача, акумуляційної ємності, а також теплотехнічних елементів з блоком автоматичного управління. Нагрів здійснюється через змієвик, розташований всередині ємності, що виконує функції водо-водяного підігрівача (бойлера).

Стандартні потужності – від 4,7 до 50 кВт



Блок індукційного нагріву „Нептун” від установки „Логос” відрізняється іншою конструкцією теплообмінника. У склад блоку

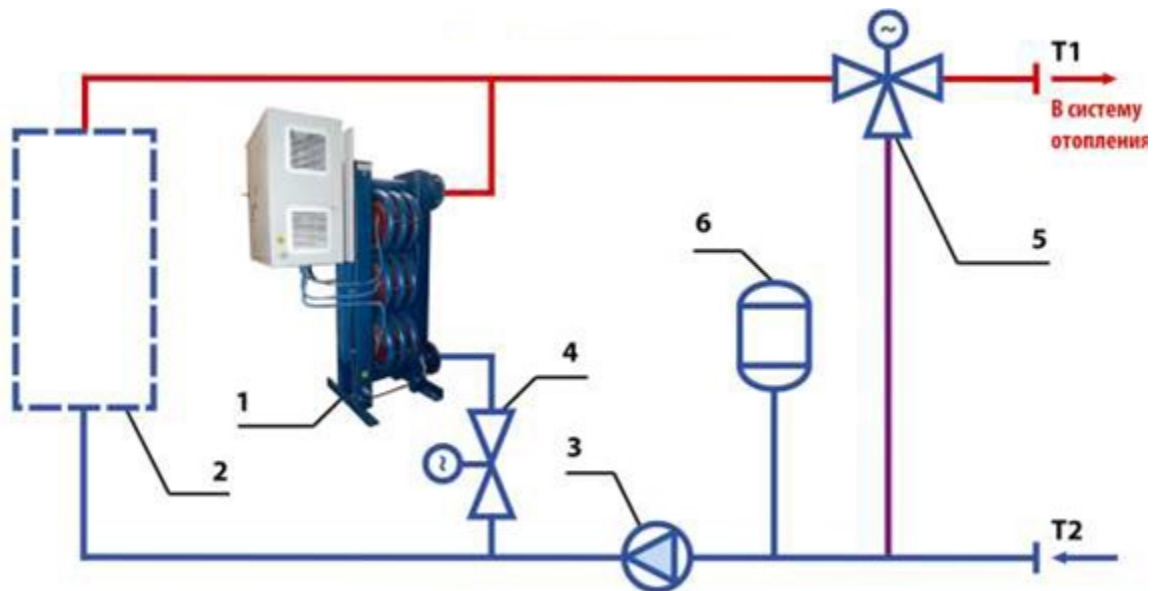
„Нептун” входить швидкісний пластинчастий теплообмінник. Може підключатися до ємностей 200 м³ та більше.

Стандартні потужності – від 4,7 до 250 кВт

Перелік індукційного нагрівального обладнання доповнюють установки для повітряного опалення „Гарант” (15 кВт), „Торнадо” (50-100 кВт), а також високотемпературні індукційні нагрівачі „Едісон-ТШ” (13-250 кВт), що ефективно використовуються у технологічних процесах на заміну ТЕНових парогенераторів.

Звичайно, впровадження автономного електроопалення передбачає наявність вільної електричної потужності у системі електропостачання. Проте, у випадках обмеження за вільною електричною потужністю, може бути запропоновано декілька варіантів рішень з впровадження електрообігріву індукційного типу, що не потребують додаткових капіталовкладень у реконструкцію електромереж:

*1. Ефективне використання комбінованої системи теплопостачання шляхом установки індукційного нагрівача **паралельно діючому котлу** (твердопаливному або газовому) і використання індукційного нагрівача, як основного джерела тепла, в періоди опалювального сезону, коли його потужності достатньо для підтримки комфортних умов в опалювальних приміщеннях. При значному різкому зниженні температури зовнішнього повітря теплова потужність нарощується за допомогою твердопаливного (або газового) теплогенератора. З досвіду експлуатації, індукційний нагрівача потужністю 40-50% від максимального теплового навантаження працюватиме з повним навантаженням на протязі 90% всього періоду опалювального сезону і, таким чином досягається найкращий економічний ефект і найкоротший термін окупності.*



1. Індукційний нагрівач
2. Резервний теплогенератор
3. Циркуляційний насос
4. Клапан з електроприводом
5. Триходовий клапан
6. Розширювальний бак

Додатково:

забезпечується можливість підтримання теплозабезпечення об'єктів у разі відключення газу;

собівартість тепла у нічний період зменшується майже в 3 рази;

підвищується надійність, довговічність систем теплогенерації і зменшуються витрати на обслуговування та ремонти обладнання.

2. Індукційний котел можна використовувати *тільки (або переважно) в нічний час*, коли електроенергія найбільш дешева і є резерв по електричній потужності.

Для цього індукційні нагрівачі використовуються разом з теплоаккумуляторами.

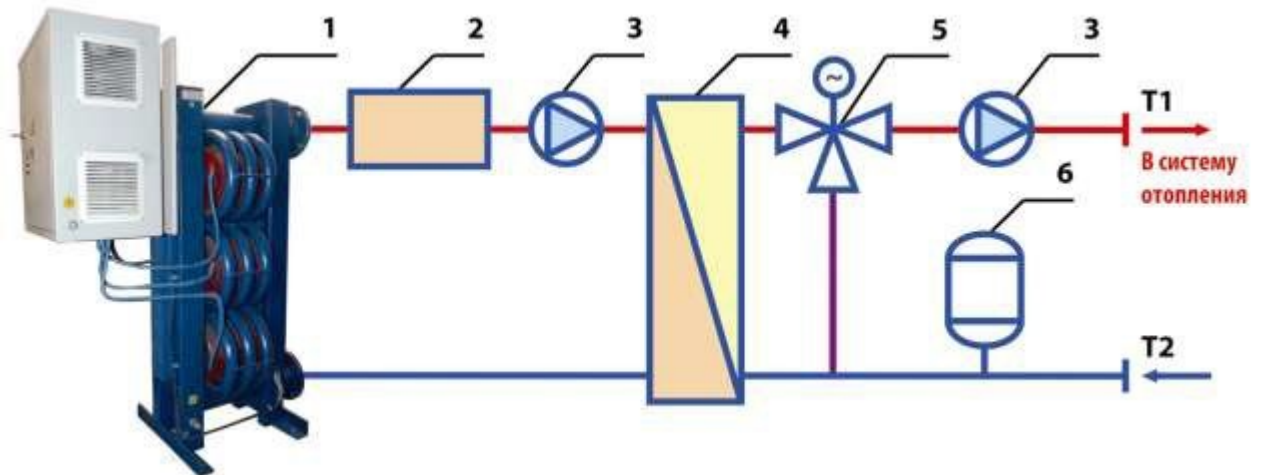
Для вирішення задачі проходження годин пікових навантажень енергосистеми без включення індукційного нагрівача (часткова акумуляція тепла) на кожні 100 кВт встановленої потужності необхідна

ємність тепло акумулятора – 4 м³.

Для використання індукційного нагрівача переважно в нічний час (на протязі 80% опалювального сезону) оптимальним за економічним ефектом і терміном окупності є схема з повною акумуляцією тепла. При цьому потужність індукційного нагрівача повинна бути в 1,55 рази більша, ніж розрахункова за тепловим навантаженням, і на кожні 100 кВт встановленої потужності

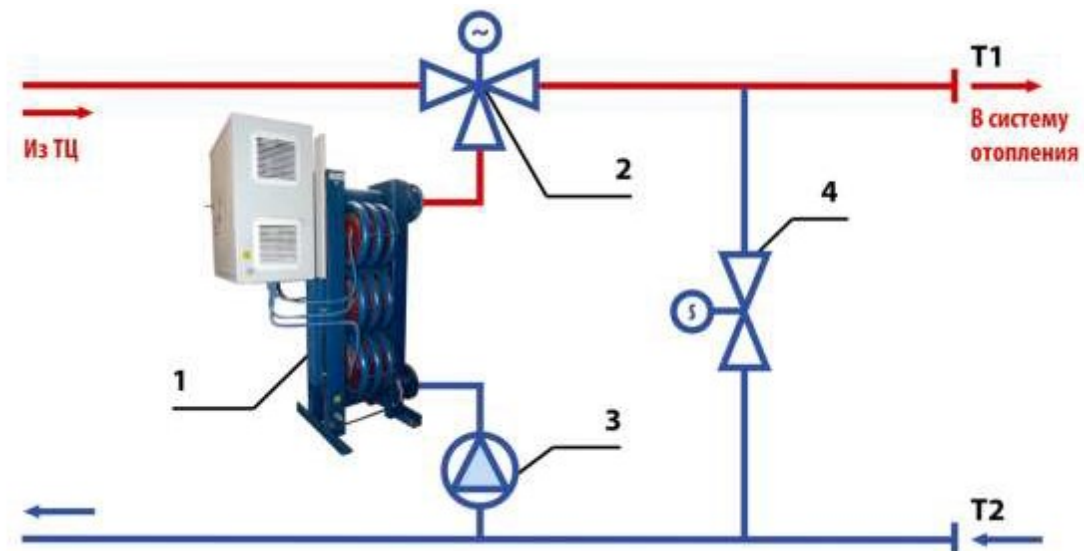
необхідно 15 м3 об'єму тепло акумулятора.

Температура теплоносія (води) в тепло акумуляторі в цьому випадку підтримується в межах 65оС – 95оС.



- 1.Індукційний нагрівач 2.Теплоакумулятор
3. Циркуляційний насос 4. Теплообмінник 5. Триходовий клапан
6. Розширювальний бак

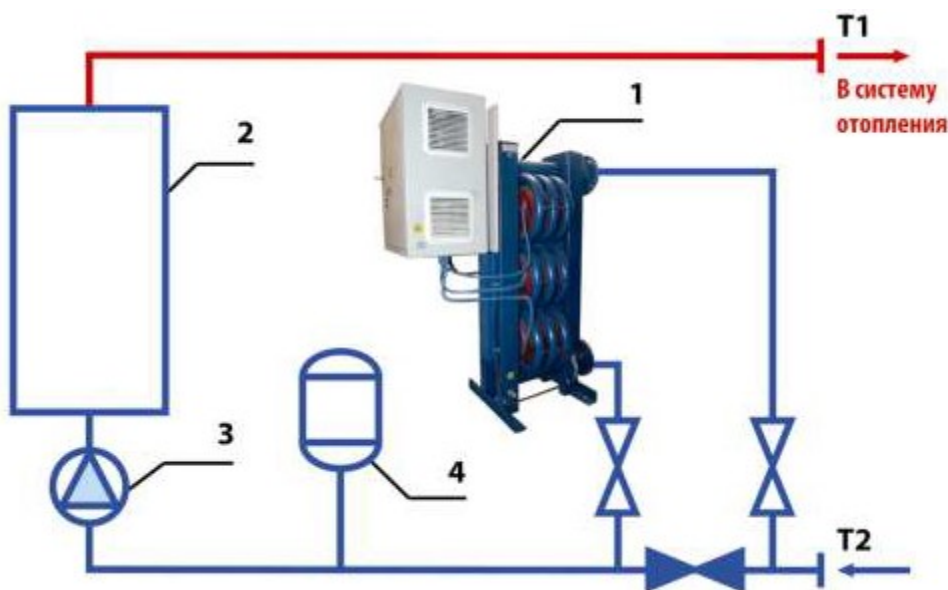
3. Індукційний котел ефективно можна використовувати в комбінації з зовнішнім (централізованим) теплопостачанням. В цьому випадку індукційний нагрівач працюватиме лише в нічний „пільговий” період, економічний ефект створюється за рахунок вироблення дешевшої теплової енергії вночі. Така схема застосовується у випадках, коли немає можливості застосувати схему з акумуляцією тепла (немає місця для акумуляційної ємності) або у обмеженні за приєднаною потужністю (теплової потужності теплогенератора не вистачає для акумуляції тепла і покриття максимальних теплових навантажень).



1.Індукційний нагрівач 2.Зональний клапан 3.Циркуляційний насос

4.Клапан з електроприводом

4. Індукційні електрокотли ефективно можуть використовуватися для підігріву теплоносія в зворотньому трубопроводі в нічний час на міських і районних котельнях, а також як резервні котли при аварійному зниженні тиску газу і виході з ладу основних теплогенераторів (газових, твердо-паливних і т.п.). При цьому, за обмеженою підєднаною потужністю, індукційний нагрівач встановлюється за тою, що вивільняється в нічний час.



1.Індукційний нагрівач 2.Газовий котел 3.Циркуляційний насос

4.Розширювальний бак

5. Вільні електричні потужності мають багато промислових підприємств, на балансі яких знаходяться ТП, тому можливо ефективно використовувати **зовнішні тепломережі в якості „теплоаккумуляторів”**. При цьому індукційні нагрівачі встановлюються на вивідних трубопроводах систем теплопостачання об'єктів і, використовуюючи нічну „дешеву” електроенергію, повертають (генерують) тепло в зовнішні тепломережі.



6. Для опалення великих об'єктів доцільне використання **високовольтних котлів ЕКНК** одиничною потужністю 1-1,6 МВт (теплова потужність до 1,35 Гкал/год). При цьому нема потреби у додаткових капітальних вкладеннях на реконструкцію низьковольтних розподільчих мереж і будівництво понижуючих ТП10/0,4. На вводи котлів приєднується лінія напругою 10 кВ.

У загальнодержавному масштабі при використанні індукційних електронагрівачів для теплопостачання виконуються державні цільові програми:

- по зменшенню споживання газу на 44% (до 29% - за рахунок використання індукційних нагрівачів в нічний час і 15% - за рахунок скорочення споживання в міжсезоння)

- по вирівнюванню добового графіка навантажень (за рахунок ефективного використання електроенергії на опалення в нічний час).

Довідково: В середньому по Україні „на вироблення 1 Гкал теплової енергії витрачається 185,8 кг умовного палива” (Гершкович В.Ф., керівник Центру енергозбереження „Київ ЗНПЕП”), або 155 м³ газу (1 т у.п. – 882,35 м³ газу). Заміщення 1 Гкал тепла електроенергією скорочує споживання газу на 155 м³. 7,5 кВт*год електроенергії заміщають 1 м³ газу (1 Гкал=1163 кВт*год). При заміщенні 17,6 Гкал електроенергією викиди в атмосферу CO₂ скорочуються на 1 тону. Заміщення кожного 1 м³ газу електроенергією скорочує викиди в атмосферу CO₂ на 0,367 кг.

Рада Національної Безпеки та Оборони України (вих.№8/16-2313-9/82 від 6.07.09),
Міністерство регіонального розвитку і будівництва України (вих.№13/18-595 від 1.06.09),

Міністерство палива та енергетики України (вих.№03/32-0946 від 24.07.09),
Міністерство з питань житлово-комунального господарства України (вих.№11/13-11490 від 28.10.09),

Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (вих.№277-04/13/3-09 від 3.04.09) надали позитивну оцінку щодо впровадження *індукційного нагрівального устаткування* для опалення і гарячого водопостачання об'єктів ЖКГ, бюджетної і соціальної сфери, що надає можливість забезпечити реалізацію основних пріоритетів державної політики у сфері енергоефективності і енергозбереження.

Пропоновані технологічні рішення узгоджуються із рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 30 травня 2008 року «Про стан реалізації державної політики щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів», зокрема щодо:

- реалізації демонстраційних проектів високої енергоефективності;*
- зниження загального обсягу енергоспоживання (традиційних видів енергоресурсів) у результаті проведення реконструкції (модернізації) будівель;*
- підвищення ролі об'єктів бюджетної сфери у популяризації нових методів та технологій енергозбереження, рівнів енергоефективності адміністративних будівель.*

8. Охорона праці

Згідно технічного завдання ми проектуємо систему електропостачання ремонтно-механічного цеху заводу нафтової промисловості. Цех є допоміжним і обслуговує інші цехи основного виробництва, виконує термінові поточні та капітальний ремонт, а також проміжні замовлення. Тому він має у своєму складі великий парк різноманітних верстатів.

8.1 Обґрунтування рішень що до розміщення шинопроводів для освітлення цеху

Освітлення робочої площі приміщення цеху є дуже важливим та невід'ємним фактором проектування. Розрахунок ступеня освітлення проводився згідно вимог проектування для закритих приміщень. У цеху розташовано 4 ряди подвійних люмінесцентних світильників ЛБ80 по шість світильників у ряду. Світильники розташовано на відстані 7 метрів від підлоги цеху. Загальна потужність, що споживається робочим освітленням 7650 Вт. Управління робочим освітленням виконується у ручному режимі із щитка освітлення (ЩО), що розташований біля входу до цеху. Крім робочого освітлення уздовж центральної лінії цеху виконано аварійне освітлення. Воно забезпечено лампами розжарювання Б220/150 у кількості 5 штук і споживає 750 Вт. Живлення аварійного освітлення здійснюється від акумуляторних батарей, що розташовані поруч з приміщенням трансформаторної підстанції. Вмикання аварійного освітлення виконується автоматично при зникненні (відключенні) основного живлення. Згідно з розрахунками робоче освітлення виконуємо проводом АПВ 4 х 2,5 мм², а аварійне проводом АПВ 2 х 2,5 мм². Провідники прокладаємо на сталевих підвісних лотках, що кріпимо на стінах на висоті 1 м від стелі. Таке розташування надійне в обслуговуванні і не заважає загальній роботі.

8.2 Організаційні та технічні засоби з охорони праці

Електричне обладнання є потенційно небезпечним для працюючих, оскільки органи відчуття людини не можуть на віддалі виявити електричну напругу. Поява напруги на не струмоведучих частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне занулення і захисне відключення .

Забезпечення електробезпеки ремонтно-механічного цеху відповідає вимогам НПАОП 40.1- 1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок».

При встановленні та ремонті електричного обладнання необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. Працюючи з обладнанням, що має навантаження до 1кВ та до 6 кВ працівник повинен мати третій рівень допуску та бути повністю проінформованим щодо техніки безпеки персоналу, мати при собі відповідне обладнання та захисний одяг від ураження струмом.

Особам, що обслуговують електричні установки мають видаватися засоби індивідуального захисту:

- діелектричні рукавиці; покажчик напруги; інструмент з ізольованими ручками; діелектричний килимок. Загальний перелік індивідуальних засобів захисту від електричних уражень наведено у таблицях 8.1 - 8.2.

Електрозахисні засоби - це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і використовуються при виконанні робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм.

ДНАОП 1.1.10-1.07-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів" - чинний нормативний документ, в якому наведено перелік засобів захисту, вимоги до їх конструкції, обсягів і норм випробувань, порядку застосування і зберігання, комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад. Засоби захисту, що використовуються в електроустановках, повинні відповідати вимогам чинних державних стандартів, технічних умов щодо їх конструкції.

Електрозахисні засоби поділяються на ізолювальні (ізолюючі штанги, кліщі, накладки, діелектричні рукавиці тощо), огорожувальні (огороження, щитки, ширми, плакати) та запобіжні (окуляри, каски, запобіжні пояси, рукавиці для захисту рук).

Ізолюючі електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові.

Основні ізолюючі електрозахисні засоби розраховані на напругу установки і при дотриманні вимог безпеки щодо користування ними забезпечують захист працівників.

Додаткові електрозахисні засоби, навіть у разі дотримання функціонального їх призначення, не забезпечують надійного захисту працюючих і застосовуються одночасно з основними для підвищення рівня безпеки. У разі застосування основних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб. Для захисту працівників від напруги кроку достатньо використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів.

Таблиця 8.1. Основні електрозахисні засоби для роботи в електроустановках

До 1000 В включно	Понад 1000 В
Ізолюючі штанги. Ізолюючі кліщі. Електровимірювальні кліщі. Показчики напруги. Діелектричні рукавиці. Інструмент з ізолюючим покриттям	Ізолюючі штанги всіх видів. Ізолюючі кліщі. Електровимірювальні кліщі. Показчики напруги. Пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.)

Таблиця 8.2. Додаткові електрозахисні засоби для роботи в електроустановках

До 1000 В включно	Понад 1000 В
<p>Діелектричне взуття. Діелектричні килими. Ізолюючі підставки. Ізолюючі накладки .Ізолюючі ковпаки Сигналізатори напруги .Захисні огороження (щити, ширми) Переносні заземлення. Плакати і знаки безпеки Інші засоби захисту</p>	<p>Діелектричні рукавиці. Діелектричне взуття Діелектричні килими. Ізолюючі підставки Ізолюючі накладки. Ізолюючі ковпаки Штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу Сигналізатори напруги Захисні огороження (щити, ширми) Переносні заземлення. Плакати і знаки безпеки. Інші засоби захисту</p>

Для захисту працівників при виконанні робіт в умовах електричного поля, параметри якого перевищують допустимі, застосовуються індивідуальні. Вимоги щодо комплектування електроустановок електрозахисними засобами регламентуються Правилами, Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ДНАОП 0.00-4.26-96), галузевими чинними нормативами тощо.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок засобами захисту згідно з нормами комплектування, за організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та організацію обліку несе власник цих засобів.

Електрозахисні засоби повинні зберігатись у приміщеннях в спеціально відведених місцях сухими і чистими, в умовах, що виключають можливість їх механічних ушкоджень, шкідливої дії вологи, агресивного середовища, мастила тощо.

У встановлені нормативами терміни електрозахисні засоби повинні оглядатись з перевіркою їх наявності згідно з вимогами до комплектування, очищатись від пилу, забруднень тощо, періодично проходити спеціальні випробування на відповідність їх діелектричних, механічних і т. ін. показників чинним вимогам.

Крім того, електрозахисні засоби повинні оглядатись перед кожним їх застосуванням. При таких оглядах увага звертається на справність засобів захисту, відсутність тріщин, подряпин та деформації ізолюючих елементів, терміни чергової перевірки. У разі виявлення перерахованих дефектів чи простроченого терміну чергового випробування, користування електрозахисними засобами забороняється. При оглядах діелектричних рукавиць і діелектричного взуття увагу слід звертати на наявність вологи, забруднень, розривів, інших механічних пошкоджень. Відсутність розривів і проколів рукавичок перевіряється скручуванням їх від нарукавника в бік пальців.

Вимоги до термінів випробування електрозахисних засобів, методики і параметрів цих випробувань регламентуються Правилами залежно від типу електрозахисних засобів.

У табл. 8.3 для деяких типів електрозахисних засобів, відповідно до Правил, наведені дані щодо виду експлуатаційних випробувань, їх термінів та величини напруги.

Електричні випробування електрозахисних засобів проводяться спеціально підготовленими працівниками. Кожний засіб захисту перед випробуваннями необхідно оглянути з метою перевірки розмірів, справності, комплектності, стану ізоляційної поверхні, наявності номера Випробування проводяться напругою змінного струму частотою 50 Гц при температурі повітря 25 ± 10 °C і регламентованій Правилами швидкості підвищення напруги. Результати випробувань оцінюються за величиною струму, що протікає через засоби захисту.

При позитивних результатах випробувань на засобах захисту проставляється штамп, що відповідає інвентарному номеру засобу захисту, даті наступного випробування та граничній напрузі застосування. Штамп на засобах захисту, застосування яких не залежить від напруги електроустановки (діелектричні рукавиці, ізолювальний інструмент), не містить величини напруги застосування. Результати випробувань засобів захисту оформляються протоколом встановленої форми.

Таблиця 8.3. Види, терміни та параметри експлуатаційних випробувань ізолюючих електрозахисних засобів

Тип електрозахисних засобів	Вид випробувань	Період, місяць	Параметри напруги, кВ
Рукавиці діелектричні	електричні	6	6
Взуття діелектричне	електричні	12/36	3,5 / 15
Діелектричні килимки	огляд	6	-
Діелектричні підставки	огляд	36	-
Ізольований інструмент з одношаровою ізоляцією	електричні	2	12
Штанги вимірювальні	діелектричні	12	2/3-кратна лінійна напруга, але ≥ 40 кВ в установках з напругою 1 – 35 кВ.
Штанги оперативні	діелектричні	24	-
Електровимірювальні та ізольовані кліщі	діелектричні	24	2/3-кратна лінійна напруга, але ≥ 40 кВ в установках з напругою 6 – 105 кВ.
Діелектричні штанги переносних заземлень	діелектричні	24	50 – при напрузі мережі 100 – 220 кВ.

Електрозахисні засоби застосовуються в закритих електроустановках без будь-яких погодних обмежень, а у відкритих електроустановках і на повітряних лініях - тільки в суху погоду, за відсутності наморозі, мряки, опадів. Просто неба в сиру погоду застосовуються засоби захисту спеціальної конструкції, призначені для виконання робіт за таких умов.

Ізольовані електрозахисні засоби необхідно застосовувати за їх прямим призначенням згідно з вимогами Правил і тільки за напруги, що не перевищує ту, на яку вони розраховані.

Організаційні вимоги під час електромонтажних робіт

Одягти захисні ізоляційні засоби. Підготувати інструмент, пристосування. Перевірити справність інструмента, пристосувань і відповідність їх правилам охорони праці. Впевнитись в достатньому освітленні робочої зони.

При необхідності користуватись переносними електролампами з захисними сітками напругою 42 В - в приміщеннях без підвищеної небезпеки та

12 В - в особливо небезпечних. Забороняється виконувати електромонтажні роботи в неосвітлених або затемнених місцях. Під час роботи на висоті необхідно користуються випробуваними запобіжними засобами та пристосуваннями (запобіжні пояса, риштування, помости).

Забороняється виконувати зовнішні електромонтажні роботи під час грози, туману, ожеледі, при вітрі силою 15 м/с і більше. Роботи з помостів, риштувань дозволяється тільки за наявності по всьому периметру огороження висотою не менше 1,1 м та суцільного настилу. Забороняється кидати будь-які предмети працюючому зверху; передавати їх слід за допомогою мотузки, при цьому один кінець мотузки повинен тримати робітник, який знаходиться зверху, а другий - внизу. Забороняється пересуватись вздовж страхувального тросу одночасно більше, ніж двом електромонтажникам, а також назустріч один одному. Під час роботи з приставних драбин на висоті більше 1,3 м необхідно застосовувати запобіжний пояс. Кінці труб для прокладання проводів повинні бути обпилені та зачищені від задирок. Перевіряти цілісність проводів, шин контрольних кабелів необхідно спеціальними приладами чи лампами розжарювання на напругу 12 В. Вимірювання опору ізоляції повинні виконувати два робітники. У мережах зовнішнього освітлення опір ізоляції має бути не менше 5000 Ом на кожен вольт робочої напруги.

Попередньо слід впевнитись в тому, що діляниця кола, яка контролюється, відключена від джерела живлення, перевірити за схемою

куди входять розгалужені діляниці кола.

Перед встановленням групових щитів, розподільчих пунктів, світильників та інше необхідно перевірити.

8.3. Практичне завдання

Людина доторкнулась до фазного проводу чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю (380/220 В, 50 Гц). Накреслити схему і визначити напругу дотику ($U_{\text{дот}}$) та силу струму, що проходить через людину ($I_{\text{л}}$) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному і аварійному.

1. В нормальному режимі для двох випадків :

1.1. при $C_A = C_B = C_C = 0$ і $R_A = R_B = R_C = R$, кОм; опір R має значення, наведені у таблиці.

1.2. $C_A = C_B = C_C = C$ мкФ , і $R_A = R_B = R_C = \infty$; ємність C має значення, наведені в таблиці.

2. В аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{\text{зам}}$, Ом).

Таблиця 8.4

Варіант	$R_{\text{л}}$, Ом	R_0 , Ом	Нормальний режим		Аварійний режим		
			1 випадок : $C_A = C_B =$ $= C_C = 0$ $R_A = R_B =$ $= R_C = R$	2 випадок : $R_A = R_B =$ $= R_C = \infty$; $C_A = C_B =$ $= C_C = C$	R , кОм	C , мкФ	$R_{\text{зам}}$, Ом
9	800	3,6			25	0,05	200; 40; 4; 0,5

1.1. У нормальному режимі роботи мережі провідності фазного і нульового проводів відносно землі припущено дорівнюють 0 (рис. 8.1).

В цьому випадку напруга дотику знаходиться за формулою

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_0} ;$$

$$U_{\text{дот}} = 220 \cdot \frac{800}{800 + 3,6} = 219,01 \text{ В.}$$

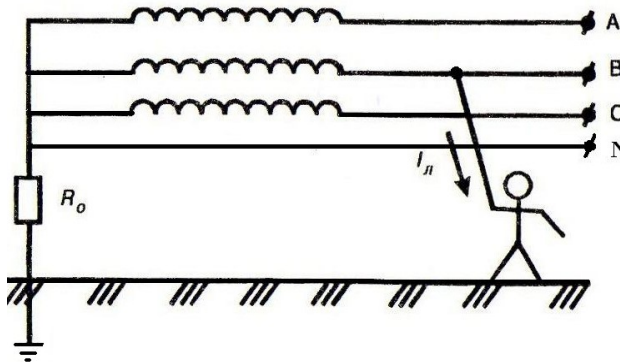


Рис. 8.1. Однофазний дотик до фази 4-провідної мережі з заземленою нейтраллю.

Струм через людину знайдемо за формулою :

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + R_0} ;$$

$$I_{\text{л}} = \frac{220}{800 + 3,6} = 0,27 \text{ А.}$$

2. Аварійний режим розглядаємо для випадку, коли одна з фаз замкнута на землю (наприклад – C), через відносно малий активний опір $R_{\text{зам}}$ (рис. 8.2).

У цьому випадку напругу дотику визначаємо за формулою :

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot R_{\text{л}} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}}(R_{\text{зам}} + R_0)} ;$$

Знаходимо $U_{\text{дот}}$ для наступних значень :

$$U_{\phi} = 220 \text{ В}; R_{\text{л}} = 800 \text{ Ом}; R_{\text{зам}} = 200 \text{ Ом}; R_0 = 3,6 \text{ Ом.}$$

$$U_{\text{дот}} = 220 \cdot 800 \cdot \frac{200 + 3,6 \cdot \sqrt{3}}{200 \cdot 3,6 + 800(200 + 3,6)} = 222,6 \text{ В.}$$

За тими же вхідними даними розраховуємо струм через людину :

$$I_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}}(R_{\text{зам}} + R_0)} ;$$

$$I_{\text{дот}} = 220 \cdot \frac{200 + 3,6 \cdot \sqrt{3}}{200 \cdot 3,6 + 800(200 + 3,6)} = 0,28 \text{ А.}$$

Знаходимо інші значення $U_{\text{дот}}$ та $I_{\text{дот}}$ підставляючи відповідні параметри $R_{\text{зам}}$. Отримані значення заносимо до таблиці 8.5.

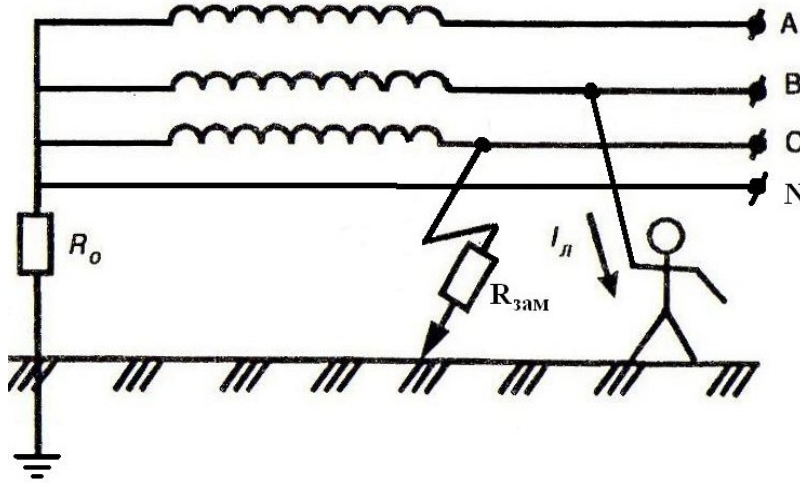


Рис. 8.2. Однофазний дотик до фази 4-провідної лінії (аварійний режим).

Таблиця 8.5

U_{ϕ}	220, В			
$R_{\text{л}}$	800, Ом			
R_0	3,6 Ом			
$R_{\text{зам}}$	200	40	4	0,5
$U_{\text{дот}}$	222,6	232,9	295,4	360,8
$I_{\text{дот}}$	0,28	0,29	0,36	0,46

Висновки.

Під час роботи з електроустаткуванням потрібно неухильно дотримуватись правил техніки безпеки. Треба пам'ятати, що враження електричним струмом часто носять незворотній характер. Потрібно знати місце розташування захисних засобів, а також їх призначення при обслуговуванні електрообладнання. Захисне обладнання повинно зберігатись у сухому, захищеному від попадання вологи та провідного пилу місці. Одяг та взуття операторів повинні бути сухими і чистими. Підвищення вологості середовища знижує опір людини (персоналу) і значно підвищує силу вражаючого струму. Всі ці заходи прописані у відповідних рекомендаціях та правилах улаштування електрообладнання (ПУЕ) і підлягають суворому виконанню.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сірий О.М., Шестеренко В.Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник – К.:ІСДОУ, 1993 – 592 с.
2. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
3. Кнорринг Г.М. Справочник по проектированию электрического освещения. - Л.: Энергия, 1991.
4. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования.—М.: Энергоатомиздат, 1989.—608с.
5. А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок. Изд-во ТПУ, 2006-248 с.
6. Промэлектроавтоматика. Конденсаторные установки. Каталог 2012.
<http://www.pea.ru/docs/equipment/reactive-power-compensation/low-voltage-krm/>
7. Правила улаштування електроустановок /Міненерговугілля України. -Київ-2014.
8. Кабели силовые с бумажной пропитанной и пластмассовой изоляцией. Закрытое акционерное общество «Завод «Южкабель». Каталог 2013, г.Харьков, Украина.