

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім акад І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« 08 » квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА

Багновому Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка системи електропостачання складального цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування та сучасні системи обліку та контролю електроенергії»

керівник проекту (роботи) Ізволеньський Ігор Євгенович

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 08 » 04. 2020 р. № 260- кс

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 03 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Характеристики споживачів цеху; генплан цеху; струм КЗ ; автоматичні вимикачі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розрахунок навантаження збирального цеху; компенсація реактивної потужності; вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху; розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів; якість електричної енергії; електричне освітлення; спеціальна частина; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

План розташування електричного обладнання збирального цеху; конструктивне виконання підстанції ТП; однолінійна схема внутрішнього електропостачання цеху; силова частина цеху; спеціальна частина.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

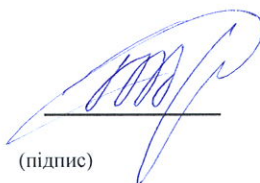
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання _____ 8 квітня 2020 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020 р	
2	Розрахунок навантаження збирального цеху	20.04.2020р	
3	Компенсація реактивної потужності	25.04.2020р	
4	Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху	30.04.2020р	
5	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів	05.05.2020р	
6	Якість електричної енергії	10.05.2020р	
7	Електричне освітлення	15.05.2020р	
8	Спеціальна частина	20.05.2020р	
9	Охорона праці	22.05.2020р	
10	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2020р	
11	Оформлення графічної частини проекту	30.05.2020р	
12	Подання готової роботи для перевірки на антиплагіат	05.06.2020	

Здобувач


(підпис)

Багновий А.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____

(підпис)

Ізволєнський І.Є.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Багновий А.С. Розробка системи електропостачання складального цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування та сучасні системи обліку та контролю електроенергії. Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 141 “ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Національний університет харчових технологій, Київ, 2020. Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів та списку використаної літератури.

Метою роботи є план розробки системи електропостачання, розрахунок електричних навантажень цехових електроприймачів, вибір елементів та розрахунок цехової мережі, розрахунок освітлювальної мережі цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування.

У дипломному проекті розроблено: загальна схема складального цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування, схема електропостачання збирального цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування, схема освітлювальної мережі цеху. Проаналізовано сучасні системи обліку та контролю електроенергії.

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; ВИРОБНИЧИЙ ЦЕХ; ТРАНСФОРМАТОР;
НАПРУГА; СТРУМ

Аннотация

Багновыи А.С. Разработка системы электроснабжения сборочного цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования и современные системы учета и контроля электроэнергии. Дипломный проект на соискание степени бакалавра по направлению 141 "Электроэнергетика, электротехника и электромеханика". Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2020. Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав и списка использованной литературы.

Целью работы является план разработки системы электроснабжения, расчет электрических нагрузок цеховых электроприемников, выбор элементов, автоматов и расчет цеховой сети, расчет осветительной сети цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования.

В дипломном проекте разработаны: общая схема сборочного цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования, схема электроснабжения сборочного цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования, схема осветительной сети цеха. Проанализированы современные системы учета и контроля электроэнергии.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ; ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ;
ТРАНСФОРМАТОР; НАПРЯЖЕНИЕ; ТОК.

Annotation

Bagnovy AS Development of the power supply system of the assembly shop of the plant of heavy forging and pressing equipment and modern systems of accounting and control of electricity. Diploma project for a bachelor's degree in 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". National University of Food Technologies, Kyiv, 2020. The explanatory note consists of an introduction, eight chapters and a list of references.

The purpose of the work is a plan for the development of the power supply system, calculation of electrical loads of shop electrical receivers, selection of elements, machines and calculation of shop network, calculation of lighting network of heavy forging and pressing equipment plant.

The diploma project developed: the general scheme of the assembly shop of the plant of heavy forging and pressing equipment, the scheme of power supply of the assembly shop of the plant of heavy forging and pressing equipment, the scheme of the lighting network of the shop. Modern electricity metering and control systems are analyzed.

ELECTRICITY; PRODUCTION PLANT; TRANSFORMER; VOLTAGE;
CURRENT

Зміст

.....Завдання	8
Вступ.....	11
1. Розрахунок навантаження збирального цеху.....	12
2. Компенсація реактивної потужності.....	17
3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	20
3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції (ТП, КТП).....	21
3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	22
3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	24
3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних ліній.....	26
3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній.....	30
4. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	35
4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній розподільчій мережі.....	36
4.2. Вибір автоматичних вимикачів (рубильників,запобіжників) в РП-0,38 кВ і розподільчих щитах.....	41
4.3. Вибір електричних апаратів РП-6 кВ.....	45
4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	52
5. Якість електричної енергії.....	57
6. Електричне освітлення.....	61
7. Сучасні системи обліку та контролю електроенергії.....	67
8. Охорона праці.....	75
8.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання....	76
8.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці.....	82
8.3. Практичний розрахунок.....	87
Список використаної літератури.....	90

Завдання

Інформація про електроприймачів збирального цеху

Табл.1

Номер на генплані	Назва електроприймача	Кількість n , шт	Встановлена потужність , кВт	Коефіцієнт використання , $K_{\text{в}}$	$\cos\varphi/tg\varphi$	Примітки
1-5	Зварювальний трансформатор	5	20	0.3	0.5/1.73	ПВ = 25%
6,7	Токарно – вертикальний напівавтомат	2	24	0.17	0.65/1.17	
8,9	Токарно – гвинторізний станок	2	30	0.14	0.5/1.73	
10,28	Радіально - свердлильний	2	30	0.14	0.5/1.73	
11	Прес - ножниці	1	4.5	0.45	0.65/1.17	
12	Прес листозгиночний	1	46	0.65	0.8/0.75	
13-16	Свердлильно-фрезерний станок	4	16	0.17	0.65/1.17	
17-20	Універсально-заточувальний	4	16	0.17	0.65/1.17	
21,22	Намоточний станок	2	4.2	0.17	0.65/1.17	
23,24	Намоточний станок	2	5.5	0.17	0.65/1.17	
25,26	Термокамера	2	26	0.9	1/0	
27,38	Кран - балка	2	22	0.1	0.5/1.73	ПВ = 40%
29,30	Фрезерний станок	2	26	0.14	0.5/1.73	
31,32	Круглошліфувальний станок	2	18	0.14	0.5/1.73	
33,34	Профільно-шліфувальний станок	2	2.6	0.14	0.5/1.73	
35-37	Плоско-шліфувальний станок	3	24	0.14	0.5/1.73	
39-41	Строгальний станок	3	20	0.17	0.65/1.17	
42 - 45	Вентилятор	4	22	0.65	0.8/0.75	
46	Кран - балка	1	70	0.1	0.5/1.73	ПВ = 60%
47	Наждак	1	2.2	0.6	0.95/0.33	
48,49	Зварювальний трансформатор	2	75	0.3	0.5/1.73	ПВ = 25%
50	Компресор	1	3	0.7	0.8/0.75	
51	Сушильний шкаф	1	10	0.75	0.95/0.33	
52	Нагрівальна плита	1	6	0.75	0.95/0.33	
53	Опалювальний агрегат	1	2.2	0.75	0.95/0.33	

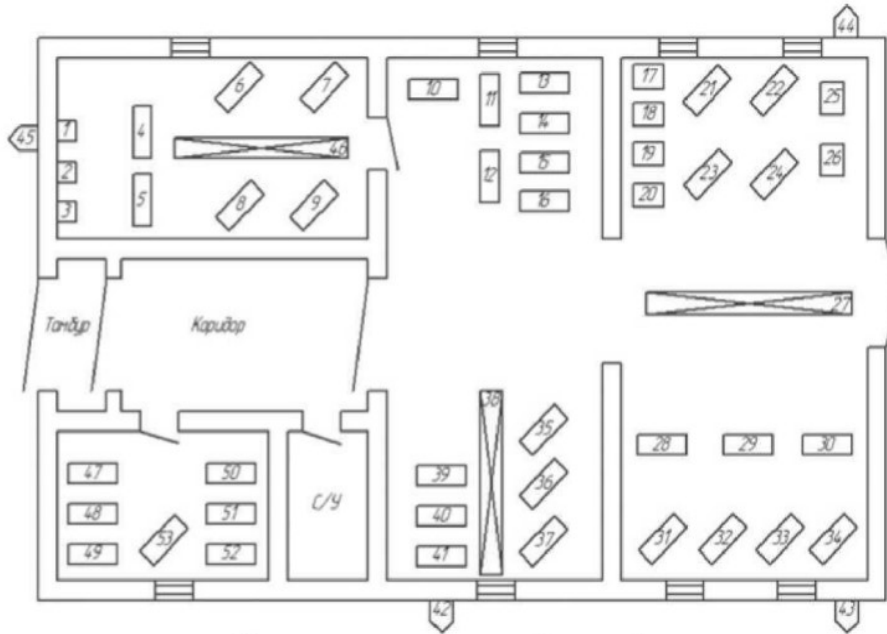


Рис. 1.16. Генплан сборочного цеха
збирального цеху

Рис.1 Генплан

Табл.2 Добовий графік реактивної потужності

t , год	$\frac{U_t}{U_H} * 100 , \%$
0 - 3	100
3 - 6	90
6 - 9	80
9 - 12	70
12 - 15	60
15 - 18	50
18 - 21	40
21 - 24	30
$\cos\varphi_H$	0,94

Табл.3

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Cu
Категорійність електроспоживачів	1

Табл.4

Номінальна потужність	630
Тип електродвигуна	СД
Кількість електродвигунів	2
Номінальна напруга	6
Коефіцієнт завантаження	0.7
Віддаль до РП ВН ,м	400

$T_{нб} = 5800$ год;

$I_{кз} = 9.5$ кА.

розміри цеху : $A \times B \times h = 69 \times 36 \times 6$.

Вступ

Ремонтний цех середнього по потужності підприємства складається з ряду виробничих підрозділів: відділення розбирання, ремонтно-механічного, обмоткового, сушильно-просочувального, комплектувального, збирального відділень та випробувальної станції, а також окремих ділянок, де виконуються електро і газозварювальні роботи, фарбування відремонтованого електрообладнання та інші роботи, пов'язані з ремонтом електричних машин і апаратів.

В збиральному відділенні виконують вузлову і загальну зборку відремонтованого електрообладнання. Відділення зборки оснащують аналогічно відділенню розбирання з додатковим обладнанням, пристосуваннями і інструментами для статичного і динамічного балансування роторів і якорів електричних машин.

При ремонтах електрообладнання часто виникає необхідність в електрозварювальних, газозварювальних, штампувальних, ковальських і фарбувальних роботах, що виконуються на окремих ділянках ремонтного цеху або його відділень, які повинні бути оснащені необхідним обладнанням та інвентарем.

1. Розрахунок навантаження збирального цеху

Загальна кількість електроприймачів збирального цеху – 53 .

Розрахунок здійснюватимемо за методом впорядкованих діаграм.

В цеху наявні як споживачі з змінним графіком навантаження так і з постійним . Тому розрахунок будемо виконувати для них окремо .

Для початку розрахуємо значення повної потужності електроприймачів зі змінним графіком навантаження.

Розрахуємо , для прикладу , значення номінальної потужності зварювальних трансформаторів групи 1 – 5 :

$$P_{\text{НОМ.1-5}} = n_{1-5} * P_{\text{ВСТ.1-5}} = 5 * 20 = 100 \text{ кВт}$$

Сумарна номінальна потужність :

$$P_{\text{НОМ}} = \sum P_{\text{НОМ.i}} = 1020 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо , значення $P_{\text{СМ.i}}$ зварювальних трансформаторів групи 1 – 5 :

$$P_{\text{СМ.1-5}} = K_{\text{В.1-5}} * P_{\text{НОМ.1-5}} = 0.3 * 100 = 30 \text{ кВт.}$$

Сумарне $\sum P_{\text{СМ.i}}$:

$$P_{\text{СМ}} = \sum P_{\text{СМ.i}} = 246.34 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо , значення $Q_{\text{СМ.i}}$ зварювальних трансформаторів групи 1 – 5 :

$$Q_{\text{СМ.1-5}} = P_{\text{СМ.1-5}} * tg\varphi_{1-5} = 30 * 1.73 = 51.9 \text{ квар.}$$

Сумарне $\sum Q_{\text{СМ.i}}$:

$$Q_{\text{СМ}} = \sum Q_{\text{СМ.i}} = 305.82 \text{ квар.}$$

Розрахуємо груповий коефіцієнт використання для збирального цеху :

$$K_{\text{В}} = \frac{P_{\text{СМ}}}{P_{\text{НОМ}}} = \frac{246.34}{1020} = 0.241.$$

Знайдемо ефективну кількість електроприймачів :

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ}i})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ}i}^2 * n} = \frac{1020^2}{30 * 173} = 35$$

Коефіцієнт максимуму знаходиться за наступною функцією :

$$K_M = f(n_e, K_B)$$

Табл.5

n_e/K_B	0.2	0.3
35	1.3	1.21

Проінтерполювавши $K_M = 1,25$.

Обрахуємо P_p цеху :

$$P_p = K_M * P_{CM} = 1.25 * 246.34 = 308 \text{ кВт.}$$

Обрахуємо Q_p цеху :

якщо $n_e > 10$, то $Q_p = Q_{CM}$;

$$Q_p = Q_{CM} = 305.8 \text{ квар.}$$

Обрахуємо S_p :

$$S_{pзм.} = \sqrt{P_p.^2 + Q_p.^2} = \sqrt{308^2 + 305.8^2} = 434.1 \text{ кВ * А.}$$

Обрахуємо I_p :

$$I_{pзм.} = \frac{S_p.}{\sqrt{3} * U_{НОМ}} = \frac{434.1}{\sqrt{3} * 0.4} = 625.6 \text{ А.}$$

Розрахуємо $S_{рпост.}$

Сумарна номінальна потужність споживачів з постійним графіком навантаження :

$$P_{НОМ} = \sum P_{НОМ.i} = 70.2 \text{ кВт.}$$

Сумарне значення P_{CM} :

$$P_{CM} = \sum P_{CM.i} = 60.5 \text{ кВт.}$$

Сумарне значення Q_{CM} :

$$Q_{CM} = \sum Q_{CM.i} = 4.5 \text{ кВт.}$$

Розрахункова активна потужність ЕП з постійним навантаженням:

$$P_p = P_{cm} = 60.5 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність ЕП з постійним навантаженням:

$$Q_p = Q_{cm} = 4.5 \text{ квар.}$$

Розрахункова повна потужність ЕП з постійним навантаженням :

$$S_{p\text{пост.}} = \sqrt{P_p.^2 + Q_p.^2} = \sqrt{60.5^2 + 4.5^2} = 60.7 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Обрахуємо $I_{p\text{пост.}}$:

$$I_{p\text{пост.}} = \frac{S_{p\text{пост.}}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{60.7}{\sqrt{3} * 0.4} = 87.6 \text{ А.}$$

Тоді , сумарна потужність ЕП збирального цеху :

$$S_p = S_{p\text{пост.}} + S_{pзм.} = 60.7 + 434.1 = 494.8 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Обрахуємо I_p :

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{494.8}{\sqrt{3} * 0.4} = 714.2 \text{ А.}$$

Обрахуємо величини : піковий струм , пікова потужність.

Піковий струм :

$$I_{пик} = i_{пуск}^{max} + (I_{p.c.} - K_B * I_{ном.i}^{max}),$$

де $i_{пуск}^{max}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна із групи ЕП ;

$I_{p.c.}$ – розрахунковий струм всієї групи ЕП , ;

$K_{B.i}$ – коефіцієнт використання найпотужнішого двигуна;

$I_{ном.i}^{max}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна.

Розрахуємо $I_{ном.i}^{max}$:

$$I_{\text{ном.і.}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{max}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном.мер.}} * \cos\varphi * \eta_{\text{ном.дв.}}} = \frac{70}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.5 * 0.8} = 252.6 \text{ A},$$

$\cos\varphi = 0.5$ – даного двигуна ;

$\eta_{\text{ном.дв.}} = 0.8$ – ккд двигуна .

Знайдемо пусковий струм найпотужнішого двигуна :

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном.і.}}^{\text{max}} = 5 * 252.6 = 1263 \text{ A},$$

де $K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму .

Пусковий струм :

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{роз}} - K_B * I_{\text{ном.і.}}^{\text{max}}) = 1263 + (714.2 - 0.1 * 252.1) = 1952 \text{ A}.$$

Пікова потужність

$$S_{\text{пik}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном.мер.}} * I_{\text{пik}} = \sqrt{3} * 0.4 * 1952 = 1353 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Розрахуємо величину освітлювального навантаження.

Питома потужність для виробничих приміщень - $P_{\text{осв}}^{\text{пит}} = 14 \text{ Вт/м}^2$.

Розрахуємо площу збирального цеху :

$$S = A * B = 69 * 36 = 2484 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо активну потужність освітлення :

$$P_{\text{р.о.}} = P_{\text{осв}}^{\text{пит}} * S = 14 * 2484 = 34\,776 \text{ Вт} = 34,78 \text{ кВт}.$$

Знайдемо $Q_{\text{р.осв.}}$:

$$Q_{\text{р.о.}} = P_{\text{р.о.}} * \text{tg}\varphi = 34.78 * 0.96 = 33.4 \text{ квар},$$

$\cos\varphi = 0.57$ – для ДРЛ , $\text{tg}\varphi = \arccos(0.57) = 0.96$.

Повна потужність споживання освітленням $S_{\text{р.осв.}}$:

$$S_{\text{р.о.}} = \sqrt{P_{\text{р.о.}}^2 + Q_{\text{р.о.}}^2} = \sqrt{34.78^2 + 33.3^2} = 48.2 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Значення струму $I_{p.o.}$:

$$I_{p.o.} = \frac{S_{p.o.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{48.2}{\sqrt{3} * 0.4} = 69.6 \text{ A.}$$

Повна потужність споживання збирального цеху :

$$S_p = S_p. + S_{p.o} = 494.8 + 48.2 = 543 \text{ кВ * А.}$$

Розрахуємо значення повного струму цеху :

$$I_p = I_p. + I_{p.осв.} = 714.2 + 69.6 = 783.8 \text{ А.}$$

Табл.6

Тип навантаження	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВ*А}$	$I_p, \text{А}$
Силове	308	305.8	494.8	714.2
Освітлювальне	60.5	4.5	48.2	69.6
Цехове	368.5	310.3	543	783.8

2. Компенсація реактивної потужності

Підвищення коефіцієнта потужності електроустановки залежить від зниження споживання реактивної потужності. При зниженні споживання реактивної потужності Q до значення $(Q - Q_k)$, де Q_k — потужність пристрою, що компенсує, значення кута φ_1 також зменшується до φ_2 , а отже, коефіцієнт потужності збільшується із $\cos\varphi_1$ електроспоживачі 1 до $\cos\varphi_2$.

Використання пристроїв, що компенсують реактивну потужність, трохи здорожує експлуатацію електричних установок. Крім того, у них створюються деякі додаткові втрати активної потужності ΔP_k , які, однак, значно менше втрат активної потужності ΔP .

Підвищення коефіцієнта потужності, або зменшення споживання реактивної потужності елементами системи електропостачання, знижує втрати активної потужності й підвищує напруга. На тих ділянках, де споживання реактивної потужності елементами системи електропостачання збільшується, втрати активної потужності теж збільшуються, а напруга знижується. На тих ділянках, де споживання реактивної потужності зменшується, збільшується, крім того, пропускна здатність елементів системи електропостачання, а при проектуванні нових ліній створюється можливість застосування проводів менших перетинів при передачі тієї ж активної потужності.

Формула для розрахунку реактивної потужності КУ :

$$Q_{ку} = Q_{р.ц.} = 310.3 = 310.3 \text{ квар.}$$

Для компенсації реактивної потужності встановлюю на шинах НН цехової трансформаторної підстанції УКМ – 0.4 – 337.5 – 37.5 УЗ

$$Q_{ку} = 337.5 \text{ квар.}$$

Перевіримо за умовою обрану КУ :

$$Q_{ку} \geq Q_{р.ц.}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 337.5 \text{ квар} > Q_{\text{р.ц.}} = 310.3 \text{ квар},$$

обрана КУ нас задовільняє .

Розрахуємо й оберемо автоматичний вимикач для захисту даної КУ :

$$I_{\text{НОМ.КУ}} = 480 \text{ А},$$

$$I_{\text{НОМ.АВ}} = 630 \text{ А} > I_{\text{НОМ.КУ}} = 480 \text{ А},$$

Обираю автоматичний вимикач типу ВА57 – 39 -34.

УКМ – 0.4 – 337.5 – 37.5 УЗ :

установка конденсаторна регулювання по реактивній потужності , номінальна напруги 0.4 кВ , номінальна потужність 337,5 квар . 9 – ть ступенів регулювання , кожен з яких дорівнює 37.5 квар , виконання для помірного клімату , внутрішнє розміщення .

Дана конденсаторна установка є автоматичною , тобто регулювання кількості ступенів відбувається контроллером рівня споживання і генерації реактивної потужності .

Захист кожної батареї КУ здійснюється запобіжниками , а сама конденсаторна установка захищається автоматичним вимикачем на вводі.



Рис.2 Добовий графік реактивної потужності

За даним добовим графіком , ми можемо спостерігати споживання реактивної потужності збиральним цехом впродовж однієї , повної доби.

Табл.7

t , год	$\frac{U_t}{U_n} * 100 , \%$	U_t, B
0 - 3	100	310.3
3 - 6	90	279.3
6 - 9	80	248.9
9 - 12	70	217.2
12 - 15	60	186.2
15 - 18	50	155.2
18 - 21	40	124.1
21 - 24	30	93.1

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

До загальнопромислових установок відносяться вентилятори, насоси, компресори, і т.п. В них застосовуються асинхронні і синхронні двигуни трифазного змінного струму частотою 50 Гц, на напругах від 127В до 10 кВ, а там, де потрібне регулювання продуктивності, – двигуни постійного струму. Діапазон їх потужностей різний – від декількох кіловат (електродвигуни засувки, затворів, насосів подачі мастила і т. п.) до десятків мегават (повітрорудки доменних печей, кисневі турбокомпресори). Основним агрегатам (насоси, вентилятори і т. п.) властивий тривалий режим. Електродвигуни засувки, затворів і т. п. працюють в короткочасному режимі. Їх коефіцієнт потужності знаходиться в межах 0,8–0,85. Синхронні двигуни працюють в режимі перезбудження.

Дана група електроприймачів відноситься, як правило, до першої категорії надійності, а на деяких виробництвах, особливо хімічної промисловості, – до «особливої» групи тієї ж категорії. Деякі вентиляційні і компресорні відносяться до другої категорії надійності.

На промислових підприємствах переважає електропривод виробничих механізмів. Залежно від технологічних особливостей механізму або агрегату використовуються всі види двигунів змінного і постійного струму потужністю від декількох кіловат до декількох мегават, на номінальні напруги до 10 кВ.

Тому, згідно з вищесказаним, для живлення електроприймачів найкраще обрати змішану внутрішньоцехову систему електропостачання.

3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції (ТП, КТП)

Враховуючи територіальне розташування електроприймачів в цеху , розміри й загальну площу цеху, наявність чи дефіцит вільного місця в цеху , ми обираємо спосіб і розміщення наших трансформаторів . Тому , згідно з нашим генпланом , я обираю встановити трансформаторну підстанції прибудованого типу (одна спільна стіна з цехом) що дозволить нам підвищити техніко – економічні показники нашої мережі (менша віддаль від цеху – менші втрати напруги й менша витрата провідникового матеріалу) .

3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Категорійність електроприймачів – I .

Кількість трансформаторів на ТП – 2.

Бажана потужність трансформатора :

$$S_{\text{тр баж}} = \frac{S_p}{\beta_T}$$

$\beta_T = 0.75$ – для I-ої категорії.

Прийmemo до уваги , що ми використовуємо КУ на шинах НН , а отже компесуємо всю реактивну потужність :

$$S_p \approx P_p = 368.5 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Враховуючи вищесказане , розрахуємо бажану потужність :

$$S_{\text{тр баж}} = \frac{P_p}{\beta_T} = \frac{368.5}{0.75} = 491.3 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Обираю для встановлення на ТП , 2 трансформатора типу ТМ – 630 / 6 .

Сумарну потужність двох трансформаторів ТМ – 630/ 6 :

$$S_{\Sigma \text{тр ном}} = n * S_{\text{тр ном}} = 2 * 630 = 1\ 260 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Завантаження трансформаторів в нормальному і аварійному режимах :

$$\beta_{\text{т.норм}} = \frac{S_p}{n * S_{\text{тр ном}}} = \frac{368.5}{2 * 630} = 0,29$$

$$\beta_{\text{т.ав}} = \frac{S_p}{n * S_{\text{тр ном}}} = \frac{368.5}{1 * 1000} = 0.585 .$$

Тип	$S_{\text{ном.тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{ном.тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	$P_{\text{х}}$	$P_{\text{к}}$		
ТМ – 630/6	630	6	0.4	1.56	7.6	5.5	2

Втрати реактивної потужності в трансформаторі ТМ – 630/6 в режимі холостого ходу й короткого замикання :

$$\Delta Q_{\text{х}} = S_{\text{ном.тр.}} * \frac{I_{\text{х}}}{100} = 630 * \frac{2}{100} = 12.6 \text{ квар};$$

$$\Delta Q_{\text{к}} = S_{\text{ном.тр.}} * \frac{U_{\text{к}}}{100} = 630 * \frac{5.5}{100} = 34.65 \text{ квар.}$$

Втрат активної потужності на холостому ході й в режимі короткого замикання :

$$\Delta P_{\text{х.}}^{\cdot} = \Delta P_{\text{х}} + k_e * \Delta Q_{\text{х}} = 1.56 + 0.05 * 12.6 = 2.2 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{к.}}^{\cdot} = \Delta P_{\text{к}} + k_e * \Delta Q_{\text{к}} = 7.6 + 0.05 * 34.65 = 9.3 \text{ кВт.}$$

3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв

Вибір типу , кількості й розташування розподільчих пристроїв залежить від кількості електроприймачів , їх потужності , й наявності вільного простору для встановлення цих пристроїв .

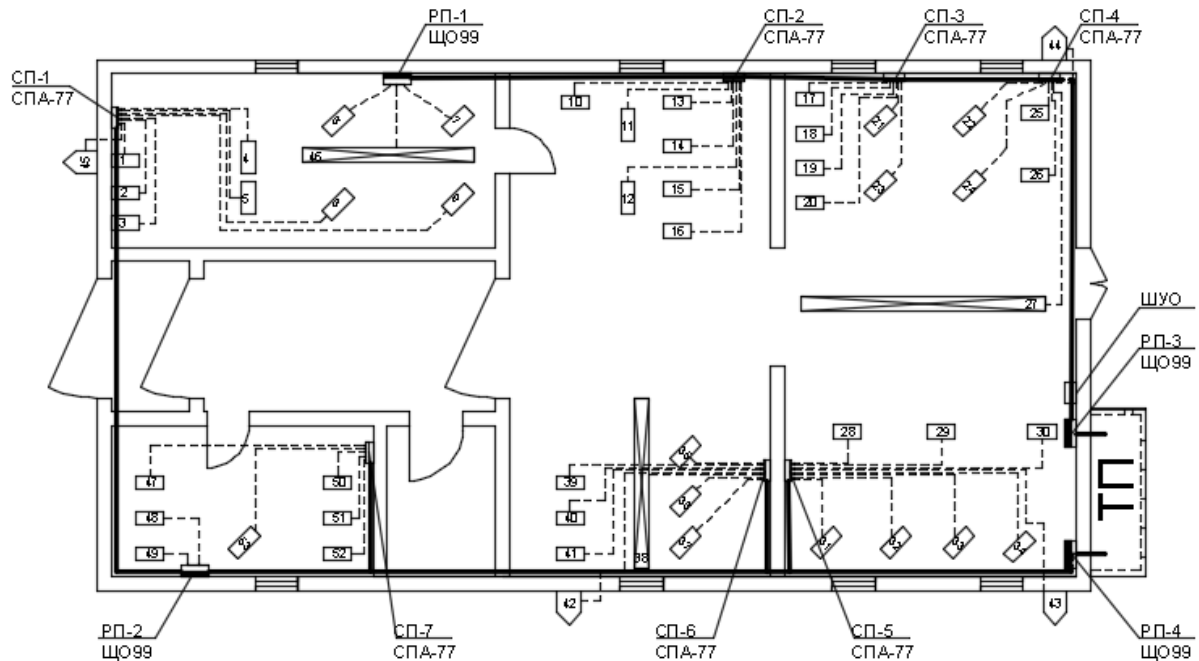


Рис.3 Схема електропостачання збирального цеху

Для живлення цеху я використовуватиму силові пункти СПА – 77 , для їх живлення використовувати розподільчі пункти типу ЩО 99 (вийняток складають потужні споживачі , в яких номінальний струм складає більше 250 А , в цих випадках , вони живляться безпосередньо від РП ЩО 99) .

Від ТП до РП-3 і РП-4 йдуть по 2 кабельні лінії (одна робоча - друга резервна) .

Живлення до електроприймачів здійснюється прокладкою кабельних ліній в трубах в бетонній підлозі . Живлення від РП 3 і РП 4 здійснюється по лотках , які

знаходяться на висоті 5 метрів від рівня підлоги і 1 метр від внутрішньої стінки перекриття.

3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних ліній

Згідно з планом проходження трас , який був зображений в попередньому розділі , для прокладки провідників обираємо спосіб прокладки кабелів по лотках (від РП до СП) , прокладання кабельних трас у землі (від ТП до РП) і прокладення кабельних трас у залізних трубах в землі (від СП до електроприймачів , і як винятки від РП-1 і РП-2 до споживачів) .

В таблицю занесемо дані кабельних трас.

Табл.10

Початкова точка	Кінцевий споживач	Спосіб прокладання	Довжина траси , м	$I_{ном.АВ} / I_{ном.розч}, A$	Резерв
СП-1 СПА-77-8УЗ	1	В трубі , в підлозі	5.2	160/80	0
	2		8.3	160/80	
	3		11	160/80	
	4		15	160/80	
	5		16	160/80	
	8		24	160/125	
	9		32	160/125	
	45		6.5	160/50	
РП – 1 ЩО99	6	В трубі , в підлозі	6.3	250/80	2
	7		6.3	250/80	
	46		7.3	630/320	
СП – 2 СПА-77-8УЗ	10	В трубі , в підлозі	13.8	160/125	1
	11		10.3	160/16	
	12		17	160/125	
	13		7.5	160/50	

СП – 2 СПА-77-8У3	14	В трубі , в підлозі	10.5	160/50	1
	15		13.5	160/50	
	16		15	160/50	
СП – 3 СПА – 77 – 8У3	17	В трубі , в підлозі	9	160/50	2
	18		12	160/50	
	19		17	160/50	
	20		24.5	160/50	
	21		4	160/16	
	23		8	160/16	
СП – 4 СПА – 77 - 7У3	22	В трубі , в підлозі	9	100/16	2
	24		12	100/16	
	25		4	100/50	
	26		7	100/50	
	27		18	100/80	
	44		4	100/50	
СП – 5 СПА – 77 - 8У3	28	В трубі , в підлозі	7	160/125	0
	29		11	160/100	
	30		15	160/100	
	31		5	160/80	
	32		9	160/80	
	33		13	160/16	
	34		16	160/16	
	43		21	160/50	
СП – 6	35	В трубі , в	7.8	100/100	0

СПА – 77- 7У3	36	підлозі	7.7	100/100	
	37		8.8	100/100	
	38		10.2	100/80	
	39		14.1	100/63	
	40		12.4	100/63	
	41		14.6	100/63	
	42		16.6	100/50	
СП – 7 СПА – 77- 5У3	47	В трубі , в підлозі	18.5	63/10	3
	50		3.5	63/10	
	51		6.5	63/20	
	52		9.5	63/16	
	53		14.3	63/10	
РП – 2 ЩО 99	48	В трубі , в підлозі	8	630/320	1
	49		5	630/320	
РП – 4 ЩО 99	СП - 5	Лоток висота від підлоги 5м	36.6	250/125	1
	СП - 6		43	250/160	
	СП - 7		78	250/63	
	СП - 1		118	250/200	
	РП - 2		89	250/200	
РП – 3 ЩО 99	ШУО	Лоток висота від підлоги 5м	13	250/25	1
	СП-4		36.5	250/125	
	СП - 3		48	250/63	
	СП - 2		60	250/100	
	РП - 1		85	250/100	

ТП - 1	РП - 3	кабель	7	630/500	1
ТП - 2	РП - 4	безпосередньо в землі	7	1000/800	1

3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній

Згідно з завданням дипломного проєкту, як провідник використовувати мідь.

Прийmemo, що від трансформаторної підстанції до РП прокладаються 4 одножильні кабелі; від РП до СП – 4 одножильні; від СП (або РП в особливому випадку) до електроприймачів прокладаються 5 – одножильних кабельних ліній.

Поперечний переріз провідників, визначають за наступними умовам:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{прок}}};$$
$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}},$$

де $K_{\text{прок}}$ – коефіцієнт прокладки;

k_3 – кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту;

I_3 – струм розчеплювача автоматичного вимикача;

Визначимо переріз провідника від СП – 1 до зварювального трансформатора потужністю 20 кВт.

Для прокладання в трубі обираю кабель ПВ.

Перевірка згідно з умовою:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1.0 * 80}{1} = 80 \text{ А},$$

де $K_{\text{прок}} = 1$ – коефіцієнт прокладки, так як в таблиці 3,17 [1] вже врахований для прокладки в трубах.

Обираємо кабель 5 х ПВ1 – 1 х 25.

Тоді визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$D \geq 1.35 * (d * n_{\text{пр}}),$$

D – внутрішній діаметр труби, мм;

d – зовнішній діаметр кабеля ;

$n_{\text{пр}}$ – кількість кабелів відповідного діаметру .

$$D \geq 1.35 * (d * n_{\text{пр}}) = 1.35 * 9.5 * 5 = 64.13 \text{ мм.}$$

Обираю водогазопровідну трубу з умовним діаметром 70 мм. Табл.11

Лінія	I_3, A	$I_{\text{доп}}, \text{A}$	Тип , марка	Переріз , мм^2	Кількість прокладени х в трубі	Умовний діаметр труби , $d_{\text{ум}}$
СП1-1Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП1-2Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП1-3Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП1-4Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП1-5Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП1-8Еп	125	135	ПВ	50	5	100
СП1-9Еп	125	135	ПВ	50	5	100
СП1-45Еп	50	50	ПВ	10	5	50
РП-1-6Еп	80	85	ПВ	25	5	70
РП-1-7Еп	80	85	ПВ	25	5	70
РП-1-46Еп	320	360	СБГ	50	5	100
СП2-10Еп	125	135	ПВ	50	5	100
СП2-11Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП2-12Еп	125	135	ПВ	50	5	100
СП2-13Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП2-14Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП2-15Еп	50	50	ПВ	10	5	50

СП2-16Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП3-17Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП3-18Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП3-19Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП3-20Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП3-21Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП3-23Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП4-22Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП4-24Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП4-25Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП4-26Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП4-27Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП4-44Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП5-28Еп	125	135	ПВ	50	5	100
СП5-29Еп	100	100	ПВ	35	5	80
СП5-30Еп	100	100	ПВ	35	5	80
СП5-31Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП5-32Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП5-33Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП5-34Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП5-43Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП6-35Еп	100	100	ПВ	35	5	80
СП6-36Еп	100	100	ПВ	35	5	80
СП6-37Еп	100	100	ПВ	35	5	80

СП6-38Еп	80	85	ПВ	25	5	70
СП6-39Еп	63	70	ПВ	16	5	50
СП6-40Еп	63	70	ПВ	16	5	50
СП6-41Еп	63	70	ПВ	16	5	50
СП6-42Еп	50	50	ПВ	10	5	50
СП7-47Еп	10	15	ПВ	1.5	5	25
СП7-50Еп	10	15	ПВ	1.5	5	25
СП7-51Еп	20	21	ПВ	2.5	5	25
СП7-52Еп	16	19	ПВ	2	5	25
СП7-53Еп	10	15	ПВ	1.5	5	25
РП-2-48Еп	320	360	СБГ	50	5	50
РП-2-49Еп	320	360	СБГ	50	5	50
РП-4-СП-5	125	135	ПВ	50	4	80
РП-4-СП-6	160	175	ПВ	70	4	80
РП-4-СП-7	63	70	ПВ	16	4	50
РП-4-СП-1	200	215	ПВ	95	4	100
РП-4-РП-2	200	215	ПВ	95	4	100
РП-3-ШУО	25	30	ПВ	4	4	32
РП-3-СП-4	125	135	ПВ	50	4	80
РП-3-СП-3	63	70	ПВ	16	4	50
РП-3-СП-2	100	100	ПВ	35	4	80
РП-3-РП-1	100	100	ПВ	35	4	80
ТП-1-РП-3	500	520	СБ	95	4	-
ТП-2-РП-4	800	880	СБ	240	4	-

Для прокладки безпосередньо в землі від ТП до РП використовуємо кабель типу СБ з мідними жилами і з бронею у вигляді сталевих стрічок.

Для прокладки від РП – 1 , РП -2 до ЕП , використовуємо кабель СБГ , той самий але без зовнішньої оболонки , гнучкий .

4 .Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів

В електричних установках можуть виникати різні види коротких замикань (КЗ),що супроводжуються різким збільшенням струму. Тому електрообладнання, яке встановлюється в системах електропостачання, має бути стійким до струмів КЗ і вибиратися з урахуванням величин цих струмів.

Розрізняють такі види КЗ: трифазне, або симетричне, - три фази з'єднуються між собою; двухфазное - дві фази з'єднуються між собою без з'єднання з землею; однофазное - одна фаза з'єднується з нейтраллю джерела через землю; подвійне замикання на землю -дві фази з'єднуються між собою і з землею.

Основними причинами виникнення таких КЗ в мережі можуть бути: пошкодження ізоляції окремих частин електроустановки; неправильні дії обслуговуючого персоналу; перекриття струмоведучих частин установки.

КЗ в мережі може супроводжуватися: припиненням живлення споживачів, приєднаних до точок, в яких сталося КЗ; порушенням нормальної роботи інших споживачів, підключених до неушкодженим ділянкам мережі, внаслідок зниження напруги на цих ділянках; порушенням нормального режиму роботи енергетичної системи.

4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

Точки можливих коротких замикань приведені нижче на рисунку.

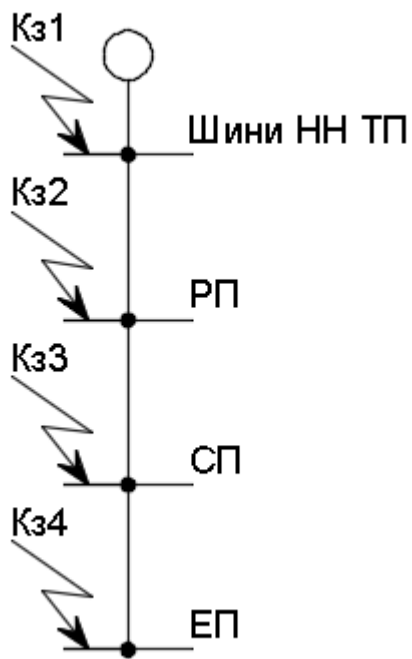


Рис.4 Розташування точок короткого замикання

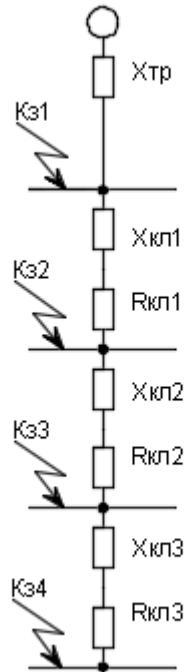


Рис.5 Схема заміщення опорів точок КЗ

Розрахуємо струм КЗ точки Кз1

Опір системи можемо розрахувати , так як ми знаємо струм КЗ на стороні ВН ТП 6 кВ :

$$I_{кзВН} = 9.5 \text{ кА.}$$

Опір системи тоді розраховується наступним чином :

$$x_c = \frac{I_{кзВН} * \sqrt{3} * U_{6ВН}}{S_6} = \frac{9.5 * \sqrt{3} * 6.3}{10} = 10.37,$$

$$U_{6ВН} = 6.3В.$$

$$S_6 = 10МВ * А;$$

$$U_{6НН} = 0.4В.$$

Розрахуємо опір обмоток трансформатора ТМ – 630/6 :

$$x_T = \frac{U_K, \%}{100} * \frac{S_6}{S_{\text{НОМ.ТР}}} = \frac{0.4}{100} * \frac{10}{0.63} = 0.064$$

Загальний опір контуру :

$$x_{\text{заг1}} = x_C + x_T = 10.37 + 0.064 = 10.43$$

Струм короткого замикання в точці Кз-1 :

$$I_{0.0}^{\text{Кз1}} = \frac{1}{x_{\text{заг1}}} * \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} = \frac{1}{10.43} * \frac{10}{\sqrt{3} * 0.4} = 1.38 \text{кА.}$$

Аперіодична складова струму короткого замикання :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{\text{Кз1}} * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 1.38 * e^{-\frac{0.03}{0.02}} = 0.44 \text{кА,}$$

$\tau_{\text{пв}}$ - розрахунковий час початку розмикання струму КЗ автоматичним вимикачем :

$$\tau_p = \tau_{\text{р.з.ми}} + \tau_{\text{о.р.}} = 0.01 + 0.02 = 0.03 \text{с,}$$

$\tau_{\text{о.р.}}$ – час спрацювання автоматичного вимикача .

Ударний коефіцієнт :

$$K_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0.01}{0.02}} = 1.22.$$

Величина ударного струму :

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{\text{Кз1}} * K_{\text{уд}} = \sqrt{2} * 1.38 * 1.22 = 2.38 \text{кА.}$$

Величина теплового імпульсу :

$$B_K = (I_{0.0}^{\text{Кз1}})^2 * (\tau_K + T_a) = 1.38^2 * (0.39 + 0.02) = 0.78 \text{кА}^2 * \text{с.}$$

Розрахуємо мінімально необхідний переріз провідника , термічно стійкого до струмів короткого замикання :

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{0.78 * 10^6}}{90} = 93.09 \text{ мм}^2$$

де С – табличне значення , взяте для мідних шин .

Точка Кз-2:

Кабельна лінія від ТМ – 630 / 6 до РП - 4 – 4 х СБ – 1 х 240 , з такими параметрами погонних опорів :

$$r_0 = 0.077 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.0587 \text{ Ом/км} .$$

Значення активного і індуктивного опорів кабельної лінії :

$$x_{кл} = \frac{x_0 * l * S_б}{U_{ном}^2} = \frac{0.0587 * 0.07 * 10}{0.4^2} = 0.26$$

$$r_{кл} = \frac{r_0 * l * S_б}{U_{ном}^2} = \frac{0.077 * 0.07 * 10}{0.4^2} = 0.34.$$

Повний опір кабельної лінії 4 х СБ – 1 х 240 довжиною 7 метрів :

$$Z_{кл2} = \sqrt{r_{кл}^2 + x_{кл}^2} = \sqrt{0.34^2 + 0.26^2} = 0.43.$$

Сума опорів до точки Кз – 2 :

$$x_{заг2} = x_{заг1} + Z_{кл2} = 10.43 + 0.43 = 10.86$$

Струм короткого замикання у точці Кз - 2:

$$I_{0.0}^{Кз2} = \frac{1}{x_{заг2}} * \frac{S_б}{\sqrt{3} * U_б} = \frac{1}{10.86} * \frac{10}{\sqrt{3} * 0.4} = 1.33 \text{ кА}.$$

Аперіодична складова струму короткого замикання :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{Kз2} * e^{-\frac{\tau_{ПВ}}{T_a}} = \sqrt{2} * 1.33 * e^{-\frac{0.03}{0.02}} = 0.42 \text{ кА},$$

Величина ударного струму :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{Kз1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 1.33 * 1.22 = 2.3 \text{ кА}.$$

Величина теплового імпульсу :

$$B_k = (I_{0.0}^{Kз1})^2 * (\tau_k + T_a) = 1.33^2 * (0.39 + 0.02) = 0.73 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Розрахуємо мінімально необхідний переріз провідника , термічно стійкого до струмів короткого замикання :

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{0.73 * 10^6}}{120} = 78 \text{ мм}^2$$

де C – табличне значення , взяте для мідних кабелів з ПВХ або гумовою ізоляцією .

Результати розрахунків занесемо в таблицю:

Табл.12

Розрахункова точка КЗ	X _{заг} , в.о.	I _{0.0} , кА	K _{уд}	I _{уд} , кА	I _{апр} , кА	T _а , с	B _к , кА ² * с	S _{min} , мм ²
Кз-1	10.43	1.38	1.22	2.38	0.44	0.02	0.78	93.09
Кз-2	10.86	1.33		2.3	0.42		0.73	78
Кз-3	12.37	1.17		2.02	0.37		0.56	68.4
Кз-4	12.94	1.12		1.85	0.35		0.51	65.47

4.2. Вибір автоматичних вимикачів (рубильників, запобіжників) в РП - 0,38 кВ і розподільчих щитах

Оберемо й перевіримо автоматичні вимикачі , які встановлені в шафах ЩО 99 , СПА -77 і в шафах НН ТП .

Перевірка здійснюється за наступними умовами :

- 1) $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}}$;
- 2) $I_{\text{ном.розч.}} \geq I_{\text{ном}}$;
- 3) $I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{ном.розч.}}$;
- 4) $I_{\text{спрац.}} \geq 1.25 * I_{\text{пік}}$;
- 5) $I_{\text{к}}^{(3)} \geq I_{\text{мах.вимик.}}$.
- 6) $i_{\text{ел.дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$.

Оберемо й перевіримо АВ в приєднанні вхідного вимикача від ТП в шафи НН:

Табл.14

ВА53-41-36		
$U_{\text{ном.ав}} = 660 \text{ В}$	>	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{ном.розч.}} = 1000 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном}} = 948.6 \text{ А}$.
$I_{\text{ном.ав.}} = 1000 \text{ А}$	=	$I_{\text{ном.розч.}} = 1100 \text{ А}$
$I_{\text{спрац.}} = 2000 \text{ А}$	>	$1.25 * I_{\text{пік.}} = 2440 \text{ А}$
$I_{\text{к}}^{(3)} = 1.38 \text{ кА}$	>	$I_{\text{мах.вимик.}} = 55 \text{ кА}$
$i_{\text{ел.дин.}} = 7 \text{ кА}$.	>	$i_{\text{уд.}} = 2.38 \text{ кА}$

Табл.15

Місце встановлення	Номинальний струм АВ	Номинальний струм розчіплювача	Тип та марка
ТП - 1	1000	800	ВА53-41-36
ТП – 1	1000	1000	ВА53-41-36
ТП - 2	630	500	ВА57-39-36
ТП - 2	1000	1000	ВА53-41-36
РП - 1	250	80	ВА57 – 35 - 36
	630	320	ВА57 – 39 - 36
РП - 2	630	100	ВА57 – 39 - 36
	250	100	ВА57 – 35 - 36
СП - 1	160	80	A3716Б
	160	125	A3716Б
	160	50	A3716Б
СП - 2	160	16	A3716Б
	160	125	A3716Б
	160	50	A3716Б
СП – 3	160	16	A3715Б
	160	50	A3716Б
СП - 4	160	80	A3716Б
	160	50	A3716Б
	160	16	A3715Б

СП - 5	160	125	A3716Б
	160	100	A3716Б
	160	80	A3716Б
	160	16	A3715Б
	160	50	A3716Б
СП - 6	100	100	AE2056M
	100	80	AE2056M
	100	63	AE2056M
	100	50	AE2056M
СП - 7	63	10	AE2046M
	63	20	AE2046M
	63	16	AE2046M
РП - 3	250	80	BA57-35-36
	250	125	BA57-35-36
	250	63	BA57-35-36
	250	100	BA57-35-36
РП - 4	250	125	BA57-35-36
	250	160	BA57-35-36
	250	63	BA57-35-36
	250	100	BA57-35-36

Обираємо і перевіряємо рубильники , що встановлюються в силових і розподільчих пунктах .

$$1) U_{\text{ном.р.}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$2) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{ном.л.}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

В СП встановлені рубильники типу ВР32 – 400(250)У1.

В РП встановлені рубильникм типу РЕ19 – 41 , РЕ19 – 39 У1 .

Табл.16

№ СП	Тип рубильника	$I_{\text{ном.р.}}$, А	$U_{\text{ном.р.}}$, кВ	$U_{\text{ном.м.}}$, кВ	$i_{\text{дин}}$, кА	$i_{\text{уд}}$, кА
1	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02
2	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02
3	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02
4	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02
5	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02
6	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02
7	ВР32 - 400	400	400	380	11	2.02

Для РП.

Табл.17

№ СП	Тип рубильника	$I_{\text{ном.р.}}$, А	$U_{\text{ном.р.}}$, кВ	$U_{\text{ном.м.}}$, кВ	$i_{\text{дин}}$, кА	$i_{\text{уд}}$, кА
РП – 1	РЕ19 - 41	1000	1000	380	18	2.3
РП - 2	РЕ19 - 41	1000	1000	380	18	2.3
РП - 3	РЕ19 - 39	630	1000	380	17	2.3
	РЕ19 - 41	1000	1000	380	18	
РП - 4	РЕ19 - 39	630	1000	380	17	2.3
	РЕ19 - 41	1000	1000	380	18	

Так як в збиральному цеху встановлені вентилятори у кількості 4-х штук, кожен з яких має потужність 22 кВт , то для них ми оберемо , перевіримо магнітні пускачі з тепловими реле для них.

$$U_{\text{ном.пуск.}} \geq U_{\text{мережі}}$$

$$I_{\text{ном.пуск.}} \geq I_{\text{ном.дв.}}$$

$$P_{\text{ном.пуск.}} \geq P_{\text{ном.дв.}}$$

$$I_{\text{РТ}} > I_{\text{ном.дв.}}$$

Встановлювати для електроприймачів будемо електромагнітні пускачі типу ПММ , і для нього теплове реле типу РТ2М .

Обираємо пускач типу ПММ – 4/50 з тепловим реле для нього типу РТ 2М 80 В .

Табл.18

Параметри пускача	Умови	Параметри двигуна
$U_{\text{ном.пуск.}} = 380 \text{ В}$	=	$U_{\text{двиг.}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{ном.пуск.}} = 50 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном.дв.}} = 49.61 \text{ А}$
$P_{\text{ном.пуск.}} = 22 \text{ кВт}$	=	$P_{\text{ном.дв.}} = 22 \text{ кВт}$
$I_{\text{РТ}} = (45 \div 63) \text{ А}$	=>	$I_{\text{ном.дв.}} = 49.61 \text{ А}$

4.3. Вибір електричних апаратів РП - 6 кВ

Високовольтні електричні апарати обираються згідно зі значенням номінального струму або струму в максимальному режимі , і за значенням струму короткого замикання і його похідних параметрів (ударний струм , аперіодична складова струму короткого замикання , тепловий імпульс) .

Визначимо кабельну лінію , що живиться дане ТП і СД , і кабельну лінію , що живить СД .

Розрахуємо значення активних і реактивних втрат в трансформаторі

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 12.6 + 34.65 = 47.3 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 2.2 + 9.3 = 11.5 \text{ кВт.}$$

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{11.5^2 + 47.3^2} = 48.7 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

До шин РП ВН під'єднані наступні СД :

Табл.19

Тип	Напруга	Кількість	Потужність	Коефіцієнт завантаження	Відстань від РП ВН
СД	6 кВ	2	630 кВт	0.7	400 м

Реактивна потужність двигуна :

$$Q_{\text{СД}} = P_{\text{СД}100} * \text{tg}\varphi = 630 * 0.484 = 304.9 \text{ квар},$$

при $\cos\varphi = 0.9$.

Повна потужність СД :

$$S_{\text{СД}} = \sqrt{(\beta_{\text{СД}} * P_{\text{СД}})^2 + (\beta_{\text{СД}} * Q_{\text{СД}})^2} = \sqrt{(630 * 0.7)^2 + (0.7 * 304.9)^2} = 489.9 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$n * S_{\text{СД}} = 2 * 489.9 = 979.8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Повна споживана потужність на шинах РП ВН 6 кВ :

$$S_{\text{р.6кВ}} = S_{\text{СД}} + \Delta S_{\text{тр}} + S_{\text{р}} = 543 + 48.7 + 979.8 = 1571,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Живлення СД виконується паралельно прокладеними кабельними лініями, в кількості двох .

Розрахуємо струм нормального режиму СД :

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{СД}}}{n * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{489.9}{2 * \sqrt{3} * 6} = 23.57 \text{ А.}$$

Розрахуємо струм максимального режиму СД :

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{СД}}}{(n - 1) * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{489.9}{(2 - 1) * \sqrt{3} * 6} = 47.14 \text{ А.}$$

Розрахуємо значення економічно вигідної площі перерізу однієї кабельної лінії до СД :

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{23.57}{2.0} = 11.8 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}}$ – економічно вигідна густина струму , для кабеля з мідних жил з паперовою ізоляцією , при $T_{\text{max}} = 5800$ год , $j_{\text{ек}} = 2.0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

Приймаємо кабель марки СБ – 3 x 10 , з $I_{\text{доп}} = 80$ А для 6 кВ.

Враховуючи поправку на температуру :

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 80 * \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 75.4 \text{ А,}$$

де $t_{\text{доп}}$ – для кабелів напругою 6 кВ, $t_{\text{доп}} = 65$ °С ;

$t_{\text{опт}} = 15$ °С , взято з урахуванням того , що кабель буде прокладатися в землі.

Порівнюючи $I_{\text{доп}}' = 75.4 \text{ А} > I_{\text{макс.}} = 47.14 \text{ А}$, то обираємо цей кабель для прокладки від РП ВН до СД .

Визначимо струм нормального режиму на шинах РП високої напруги :

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{р.6кВ}}}{n * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{1571.5}{2 * \sqrt{3} * 6} = 75.61 \text{ А.}$$

Визначимо струм максимального режиму :

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{p,6\text{кВ}}}{(n-1) * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{1571.5}{(2-1) * \sqrt{3} * 6} = 151.2 \text{ А.}$$

Економічно вигідна площа :

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{75.61}{2.0} = 37.81 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо кабель марки СБ – 3 х 35 , з $I_{\text{доп}} = 160 \text{ А}$ для 6 кВ.

Враховуючи поправку на температуру :

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 160 * \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 150.9 \text{ А,}$$

Маємо $I_{\text{доп}}' = 150.9 \text{ А} < I_{\text{макс.}} = 151.2 \text{ А}$, обираємо наступний по номінальному перерізу кабель , СБ – 3 х 50 з $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$ для 6 кВ.

Перерахуємо :

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 200 * \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 188.6 \text{ А,}$$

Маємо $I_{\text{доп}}' = 188.6 > I_{\text{макс.}} = 151.2 \text{ А}$, кабель СБ – 3 х 50 з $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$ для 6 кВ.

Розрахуємо ударний струм , аперіодичну складову струму КЗ , значення теплового імпульсу.

Аперіодична складова струму КЗ :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{\text{кз}} * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 9.5 * e^{-\frac{0.04}{0.021}} = 2 \text{ кА}$$

Ударний коефіцієнт :

$$K_{уд} = 1 + e^{-\frac{-0.01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0.01}{0.021}} = 1.62 .$$

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{кз} * K_{уд} = \sqrt{2} * 9.5 * 1.62 = 21.8 \text{ кА}.$$

Тепловий імпульс :

$$W_k = I_{кз}^2 * (\tau_k + T_a) = 9.5^2 * (0.39 + 0.021) = 37.1 \text{ кА}^2 * \text{с},$$

Розрахуємо втрати напруги в високовольтних кабелях , приймаючи , що $l = 300$ м як для відстані від РП ВН до СД так і для відстані від РП ВН до джерела живлення.

СБ – 3 x 10 :

$$r_0 = 1.84 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.11 \text{ Ом/км} .$$

Втрати напруги в нормальному режимі :

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 23.57 * (0.9 * 1.84 + 0.44 * 0.11) = 20.9 \text{ В}. \end{aligned}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{ном}} * 100\% = \frac{20.9}{6000} * 100 = 0.35 \% < 5\% , \text{ що допускається.}$$

Втрати напруги в максимальному режимі :

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 47.14 * (0.9 * 1.84 + 0.44 * 0.11) = 41.8 \text{ В}. \end{aligned}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{ном}} * 100\% = \frac{41.8}{6000} * 100 = 0.7 \% < 5\% , \text{ що допускається.}$$

Втрати напруги для кабеля СБ – 3 x 50 :

$$r_0 = 0.37 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.083 \text{ Ом/км}.$$

Втрати напруги нормального режиму :

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 75.61 * (0.94 * 0.37 + 0.34 * 0.083) = 14.8 \text{ В.} \end{aligned}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{14.8}{6000} * 100 = 0.25 \% < 5\% , \text{ що допускається.}$$

Втрати напруги максимального режиму :

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 151.2 * (0.94 * 0.37 + 0.34 * 0.083) = 29.6 \text{ В.} \end{aligned}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{29.6}{6000} * 100 = 0.5 \% < 5\% , \text{ що допускається.}$$

Вибір комутаційної високовольтної апаратури .

Вибір і перевірку виконують згідно з наступними умовами :

1) $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$;

2) $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{роз.}}$;

3) $I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}}$;

4) $\sqrt{2} * I_{\text{ном.р.}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}}$;

5) $i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$;

6) $I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}}$;

7) $I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к}}$.

Для прикладу оберемо високовольтний вимикач в приєднанні до КЛ СБ – 3 х 50 .

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}};$$

$$10 \text{ кВ} > 6 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{макс.}};$$

$$630 \text{ А} > 151.2 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}};$$

$$31.5 \text{ кА} > 9.5 \text{ кА.}$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{ном.р.}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}};$$

$$\sqrt{2} * 10 * \left(1 + \frac{40}{100}\right) = 19.8 \text{ кА} > \sqrt{2} * 9.5 + 2 = 15.4 \text{ кА.}$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$80 \text{ кА} > 21.8 \text{ кА.}$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}};$$

$$32 \text{ кА} > 9.5 \text{ кА.}$$

$$7) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

$$2976.8 \text{ кА}^2 * \text{с} > 37.1 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Табл.20

Лінія	$U_{\text{ном.мкВ}}$	$U_{\text{ном.ввкВ}}$	$I_{\text{р.макс}}, \text{А}$	$I_{\text{р.вв}}, \text{А}$	Тип
СБ – 3 х 50	6	10	151.2	630	VD-4-10- 31.5/630
СБ – 3 х 10	6	10	47.14	630	VD-4-10- 31.5/630
Секційний вимикач	6	10	104.1	630	VD-4-10- 31.5/630

Високовольтні роз'єднувачі на ті ж самі лінії .

Табл.21

Лінія	$U_{\text{НОМ.МкВ}}$	$U_{\text{НОМ.ВВкВ}}$	$I_{\text{р.мах}}, \text{А}$	$I_{\text{р.ВВ}}, \text{А}$	Тип
СБ – 3 x 50	6	10	151.2	400	РЛНД-10/400У1
СБ – 3 x 10	6	10	47.14	400	РЛНД-10/400У1
Секційний вимикач	6	10	104.1	400	РЛНД-10/400У1

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку

Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) – автоматизована система обліку електричної енергії, що складається з засобів вимірювальної техніки, а також з устаткування збору, обробки, збереження та відображення інформації, засобів зв'язку та синхронізації часу, функціонально об'єднаних для забезпечення комерційного обліку електричної енергії.

Комерційний облік на електростанції має забезпечувати роздільне визначення обсягів виробленої, спожитої на власні та господарські потреби та відпущеної електроенергії в мережу кожним блоком та електростанцією в цілому.

З урахуванням зазначеного на електростанціях вузли обліку необхідно встановлювати на:

1. кожному окремому генераторі та/або генеруючому блоці чи генеруючій установці виробника з відновлюваних джерел енергії;
2. групі генераторів у разі невстановлення на кожному з них окремих лічильників комерційного обліку;

3. кожній черзі (пусковому комплексі) та/або установці виробника за "зеленим" тарифом, для якої застосовується окремий коефіцієнт "зеленого" тарифу;

4. основних та резервних трансформаторах власних потреб (ТВП);

5. робочих та резервних тиристорних збуджувачах;

6. автотрансформаторах зв'язку;

7. лініях усіх класів напруги, що відходять від станції;

8. обхідних вимикачах або шинороз'єднувальних вимикачах;

9. приєднаннях, що живлять споживачів та господарські потреби електростанції;

10. кожному трансформаторі, який приєднує частину електростанції, якщо через нього необхідно вимірювати перетікання електроенергії.

Оберемо трансформатори струму за наступними умовами :

$$1) U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м.}}$$

$$2) I_{1\text{ном}} \geq I_{\text{р.макс}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_{\text{к}}$$

$$5) Z_{2\text{ном}} \geq Z_2$$

Оберемо трансформатор для НН ТП.

В коло НН обираємо ТА Т – 0.66 – 1.

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
Т – 0.66 – 1.	$U_{1ном} = 0.66\text{кВ}$	\geq	$>$	$U_{ном.м} = 0.38\text{ кВ}$
	$I_{1ном} = 1000\text{А}$	\geq	$>$	$I_{р.макс} = 948.46\text{ А}$
	$i_{дин} = 74.5\text{ кА}$	\geq	$>$	$i_{уд} = 2.38\text{ кА}$
	$I_{\tau}^2 * \tau = 3675\text{ кА}^2 * \text{С}$	\geq	$>$	$B_{к} = 0.78\text{ кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2ном} = 1.2\text{ Ом}$	\geq	$>$	$Z_2 = 0.55\text{ Ом}$

Табл.23

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0.1	-	-
Лічильник активної енергії	Меркурій 230	2.5	-	2.5
Лічильник реактивної енергії	Меркурій 230	2.5	-	2.5
Усього		5.1	-	5

Сумарний опір вимірювальних приладів , найзавантаженішої фази .

$$Z_{\Sigma \text{прил}} = \frac{S_{\Sigma \text{прил}}}{I_{2ном}^2} = \frac{5.1}{5^2} = 0.21\text{ Ом}$$

Опір проводів :

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{прил}} - r_{\text{кон}} = 1.2 - 0.21 - 0.05 = 0.94 \text{ Ом},$$

де $r_{\text{кон}}$ – опір контактних з'єднань .

Довжина проводників від ТС рівна $l = 25\text{м}$.

Переріз проводів :

$$S = \frac{\rho * l}{r_{\text{пр}}} = \frac{0.0172 * 25}{0.94} = 0.46 \text{ мм}^2,$$

де ρ – питомий опір матеріалу проводу, $\frac{\text{Ом*мм}^2}{\text{м}}$ (для міді $\rho = 0.0172$).

Опір проводів :

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0.0172 * 25}{1.5} = 0.29 \text{ Ом} .$$

Опір вторинної обмотки трансформатора струму :

$$Z_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{прил}} + r_{\text{кон}} = 0.29 + 0.21 + 0.05 = 0.55 \text{ Ом}.$$

Тоді, $Z_{2\text{ном}} \geq Z_2$

$$1.2 \text{ Ом} \geq 0.55 \text{ Ом}.$$

Табл.24

Приєднання	$U_{\text{ном.м.кВ}}$	$U_{\text{ном.ТА.кВ}}$	$I_{\text{р.А}}$	$I_{\text{ТА.А}}$	Тип ТА
РП НН	0.4	0.66	948.46	1000	Т – 0.66 - 1
Секційний вимикач РП НН	0.4	0.66	948.46	1000	Т – 0.66 - 1
Від ТП-1 до РП-3	0.4	0.66	407.5	500	TAS65
Від ТП-2 до РП-4	0.4	0.66	702	800	Т – 0.66 - 1

Секційний вимикач РП ВН	6	10	104.1	150	ТПЛК10
Від ТП РП ВН до СД	6	10	47.14	50	ТПЛК10

Табл.24

5 . Якість електричної енергії

Якість електричної енергії - це ступінь відповідності фактичних значень параметрів електричної енергії встановленим ГОСТ 13109-97 значенням, основні з яких наведено нижче у таблиці:

Табл.25

Найменування показника	Допустиме значення показника	
	нормальне	граничне
Відхилення напруги	±5	±10
Доза флікера, відн. од.: короткочасна тривала		1,38 1,00
Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, %, не більше,	8	12
Коефіцієнт гармонійної складової напруги непарного (парного) порядку, %, не більше	5 (2)	7,5 (3)
Несиметрія напруги, %	2	4
Тривалість провалу напруги, с		30
Відхилення частоти, Гц	±0,2	±0,4

Проблеми живлення - будь-які відхилення параметрів напруги від встановлених стандартом значень якості електроенергії.

Відхилення напруги (Brownout, Voltage Deviation) - відхилення (зниження / підвищення) напруги в мережі від допустимих стандартом значень на тривалий час (більше десятків секунд). Виникає зазвичай через зростання споживання електроенергії в певні періоди часу при обмеженій потужності джерела електроенергії або довгих лініях електроживлення. Можливі негативні наслідки: додаткові втрати потужності в стабілізаторах, скорочення терміну служби блоків живлення, збої у виконанні програм.

Відхилення частоти (Frequency Variations, Frequency Deviation) - відхилення частоти на величину більше 0,2 Гц від номінального значення (50 Гц). Причиною появи можуть бути: нестабільність джерела електроенергії, нестабільність частоти обертання ротора дизель-генератора. Можливі наслідки: перегрів і вихід з ладу блоків живлення, «зависання» операційної системи, програмні збої, втрата даних.

Несинусоїдальність напруги (Harmonic Distortion) - характеризується двома основними показниками:

а) коефіцієнтом спотворення синусоїдальності кривої напруги (струму) - відношення діючих значень суми вищих гармонік напруг (струмів) до діючого значення напруги (струму) основної гармоніки або у спрощеному варіанті до номінальної напруги (струму);

б) коефіцієнтом гармоніки напруги (струму) - відношення діючого значення аналізованої гармоніки напруги (струму) до діючого значення змінної напруги (струму) або у спрощеному варіанті до номінальної напруги (струму).

Крім перерахованих використовуються такі показники якості електроенергії, як: коефіцієнти форми і амплітуди кривих змінної напруги (струму), гармоніка напруги (струму), джерело гармонік напруги, струму (Source of Harmonic Voltage, Current), гармонійний резонанс (Harmonic Resonance). Небезпеку для електрообладнання представляють спотворення синусоїдальності кривої напруги більше 8% або наявність в кривій напруги гармонійних складових напруги непарного (парного) порядку, з коефіцієнтом гармонік більше 5%.

Причиною їх появи є наявність споживачів з нелінійним навантаженням, таких як комп'ютери, тиристорні перетворювачі і т.п. При цьому поряд із спотворенням відбувається генерування значного потоку реактивної потужності в зовнішню електромережу, що погіршує якість роботи інших споживачів електроенергії та вимагає використання пристроїв автоматичної компенсації реактивної потужності або інших пристроїв, що коректують форму вхідного струму.

Рівень напруги на шинах НН :

$$U_2' = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}};$$

де U_2' - значення напруги на стороні НН приведене до рівня високої напруги

;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в лінії живлення РП ВН ;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати трансформаторі .

Значення втрат напруги в лінії живлення РП ВН :

$\Delta U = 14.8 \text{ В}$ – втрати напруги в лінії СБ – 3 x 50 в нормальному режимі.

Визначення втрат напруги в трансформаторі :

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{ном.тр}}} * 100 = \frac{9.3}{630} * 100 = 1.48 ,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{5.5^2 - 1.48^2} = 5.3.$$

Втрати напруги в трансформаторі :

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \frac{U}{S_{\text{ном.тр}}} * \left(U_{\text{ка}} * (S_{\text{р6кВ}} * \cos\varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{р6кВ}} * \sin\varphi) \right) \\ &= \frac{6}{630} * (1.48 * (592 * 0.94) + 5.3 * (592 * 0.34)) = 18 \text{ В}. \end{aligned}$$

Рначення U_2' :

$$U_2' = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 6000 - 14.8 - 18 = 5967,2 \text{ В}.$$

Коефіцієнт трансформації ТМ – 630 / 6 :

$$K_{\text{т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{6}{0.4} = 15.$$

Величина дійсної напруги на шинах 0.4 кВ :

$$U_2^{\text{д}} = \frac{U_2'}{K_T} = \frac{5967.2}{15} = 397.8 \text{ В.}$$

Значення вторинної напруги на шинах НН ТМ – 630 / 6 знаходиться в допустимих межах .

6. Електричне освітлення

Поміж різних видів освітлення, у тому числі і в сфері промисловості, лідером у розвинених країнах є світлодіодне. Головною перевагою LED-технологій є енергоефективність. Впровадження сучасних світлодіодних рішень забезпечує зниження енерговитрат на освітлення до 70%. Крім того, приблизно на 20% скорочуються витрати на технічне обслуговування систем освітлення.

Для промислового виробництва освітлення є одним з основних факторів, що впливає на його якість та ефективність. Принциповою умовою використання певного світлового рішення є забезпечення достатньої кількості світла для виконання поставлених завдань. Але в сучасних умовах освітлення потребує зв'язку із глобальними проблемами людства: нестача енергоресурсів та пошук їх альтернативних джерел, захист навколишнього середовища, необхідність енергозбереження, безпека виробництва.

LED-прилади не потребують пускового струму, що зменшує переріз кабелю живлення, вони стійкі до перепадів напруги, температури та нечутливі до вібрацій. Світлодіоди легкі в монтажі та експлуатації і не потребують часу задля прогріву або відключення. Але найбільші переваги вони мають за світлотехнічними показниками.

Розрахуємо освітлення в цеху з використанням світлодіодних ламп промислового призначення .

Врахуємо , що в нас підвішені лотки для живлення РП цеху на висоті 5м від рівня підлоги .

Висота підвісу світильників :

$$H_p = H - h_c - h_p = 6 - 1 - 1 = 4 \text{ м,}$$

де H – висота цеху ;

h_c – вістань від стелі до світильника ;

h_p – рівень робочої поверхні над підлогою .

Площа цеху $S = 2\,484 \text{ м}^2$.

Розрахуємо освітлення для С/У .

Нормована освітленість для даного приміщення - $E_n = 75 \text{ лк}$.

Крива сили світла світлодіодного світильника – Л .

Відстань між світильниками при КСС Л :

$$L = \lambda * H_p = (1.5 \dots 2) * 4 = 6 \dots 8 \text{ м} ,$$

L – відстань між центрами світильників , м ;

λ – коефіцієнт , який залежить джерела світла;

прийmemo $L = 7 \text{ м}$.

Розміри приміщення С/У наступні :

$A \times B = 7.72 \times 10.8$, тоді площа $S = 83.37 \text{ м}^2$.

Кількість рядів:

$$n_B = \frac{B}{L} = \frac{10.8}{7} = 1.54 \approx 2.$$

Кількість світильників в ряді :

$$n_A = \frac{A}{L} = \frac{7.72}{7} = 1.1 \approx 1.$$

Загальна кількість світильників :

$$N = n_A * n_B = 1 * 2 = 2 \text{ шт.}$$

Індекс форми приміщення :

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{83.37}{4 * (7.72 + 10.8)} = 1.13.$$

Прийmemo :

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стін}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Згідно з цим значення , коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0.43$;

коефіцієнт запасу $k_3 = 1.5$;

коефіцієнт нерівномірності освітлення $z = 1.1$.

Світловий потік приміщення С/У :

$$\Phi_p = \frac{E_n * S * \kappa_z * z}{N * \eta} = \frac{75 * 83.37 * 1.5 * 1.1}{2 * 0.43} = 12\,572 \text{ лм.}$$

Для освітлення приміщення типу С/У обираю світлодіодний світильник типу М- LED-60x70-1500 з $\Phi_n = 12\,312$ лм.

Відхилення світлового потоку :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_n - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{12312 - 12572}{12572} * 100 = -2.06 \%,$$

що лежить в допустимих межах -10...+20 %.

Відхилення освітленості :

$$E_{\phi.p} = \frac{\Phi_n}{\Phi_p} * E_n = \frac{12312}{12572} * 75 = 73.45 \text{ лк,}$$

Розрахуємо потужність ламп приміщення С/У :

$$P_{\text{оу.р.}} = N * P_n = 2 * 78 = 156 \text{ Вт} = 0.156 \text{ кВт.}$$

Питома потужність ламп в даному приміщенні :

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_{\text{оу.р.}}}{S} = \frac{156}{83.37} = 1.87 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Далі , розрахуємо освітлення для всього цеху.

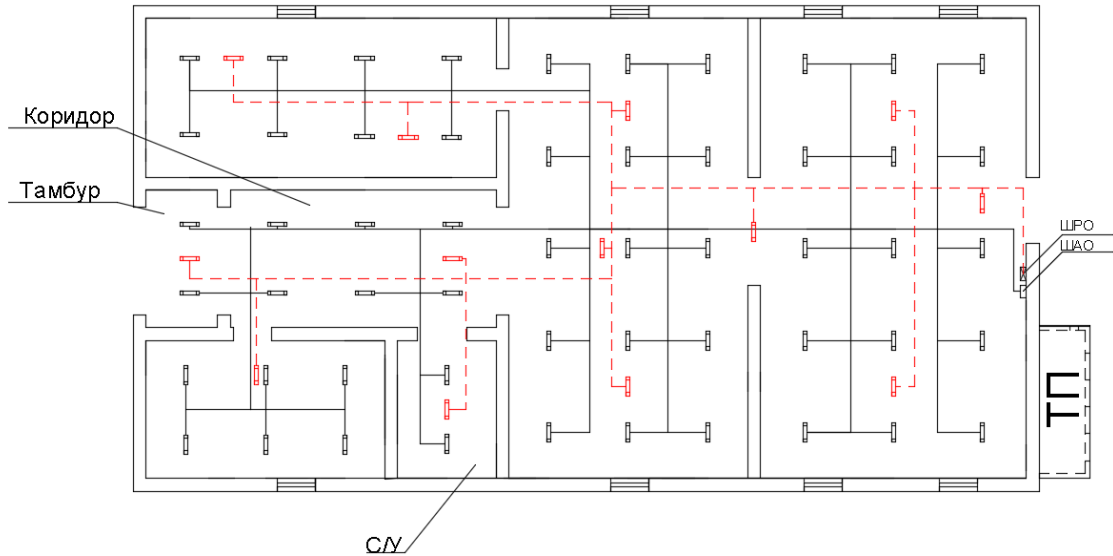


Рис.6 План розміщення робочих і аварійних світильників

Світильників потужністю 78 Вт – 2 шт , 65 Вт – 44 шт , 55 Вт – 8 шт.

Сумарна потужність світильників :

$$P_{\text{оу.р.}} = N * P_{\text{н}} = 2 * 78 + 44 * 65 + 8 * 55 = 3456 \text{ Вт} = 3.456 \text{ кВт.}$$

Навантаження ОМ за нагріванням :

$$P_{\text{р.р}} = K_{\text{п}} * P_{\text{у.р}} = 0.95 * 3.456 = 3.28 \text{ кВт,}$$

де $K_{\text{п}} = 0.95$ – для виробничих будівель.

Живлення світильників робочого і аварійного освітлення будемо магістральною мережею з радіально – магістральними відгалуженнями .

Для розподілу аварійного і робочого освітлення використовуватимемо кабель типу ВВГнг – 5 х S .

Для головної магістралі обираю кабель перерізом 5 х 4 .Для магістральних відгалужень на групи світильників – 5 х 2.5 . Для радіальних відгалужень безпосередньо до одиничного світильника – 5 х 1.5

Розрахуємо втрати напруги на головній магістралі :

$$\Delta U_{\text{Г.м.}} = \frac{P_{38} * L_{38}}{c * S_{38}} = \frac{3.28 * 41}{77 * 4} = 0.44 \text{ В.}$$

Втрата напруги на найвіддаленішому світильнику :

$$\Delta U_{\text{н.в.с}} = \Delta U_{\text{Г.М.}} + \frac{P_{18} * L_{18}}{c * S_{18}} = 0.44 + \frac{0.93 * 48.4}{77 * 2.5} = 0.67 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{\text{н.в.с.}} \% = \frac{\Delta U_{\text{н.в.с.}}}{U_{\phi}} * 100 = \frac{0.67}{230} * 100 = 0.29 \%$$

Обрані перерізи робочого освітлення нас влаштовують.

Для аварійного освітлення , враховуючи невелику кількість світильників потужністю по 65 Вт кожен , оберемо кабель ВВГнг – 5 х 1.5 .

Розрахуємо потужність аварійного освітлення :

$$P_{\text{оу.ав.}} = N * P_{\text{н}} = 13 * 65 = 845 \text{ Вт} = 0.845 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо світловий потік при такій кількості й потужності світильників :

$$\Phi_{\text{ав}} = \frac{E_{\text{н}} * S * \kappa_3 * z}{N * \eta} = \frac{75 * 2484 * 1.5 * 1.1}{13 * 0.78} = 30\,315 \text{ лм.}$$

Відхилення світлового потоку :

$$\Delta \Phi = \frac{\Phi_{\text{н}} - \Phi_{\text{ав}}}{\Phi_{\text{р}}} * 100\% = \frac{10\,260 - 30\,315}{30\,315} * 100 = -66.16 \%,$$

Відхилення освітленості :

$$E_{\text{ав}} = \frac{\Phi_{\text{н}}}{\Phi_{\text{р}}} * E_{\text{н}} = \frac{10260}{30315} * 75 = 25.4 \text{ лк.}$$

Розрахуємо , скільки відсотків становить освітленість аварійного освітлення від робочого :

$$\Delta E_{\text{o}} \% = \frac{E_{\text{ав}}}{E_{\text{роб}}} * 100 = \frac{25.4}{73.45} * 100 = 34.58 \%,$$

що влаштовує нас .

Щиток робочого освітлення.

Для освітлення встановлюю ЩО – 12 Н.

Як ввідний в щиток встановлюю автоматичний вимикач на номінальний струм 8 А .

Перевіряємо ввідний АВ за умовами :

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{групи}};$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq 1.4 * I_{\text{групи}}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 8 \text{ A} > I_{\text{групи}} = 5.25 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 8 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{групи}} = 1.4 * 5.25 = 7.35 \text{ A}.$$

Для аварійного освітлення встановлюю ЩАО типу УОЩВ.

Як ввідний , обираю автоматичний вимикач на 2 А .

$$I_{\text{ном.ав}} = 2 \text{ A} > I_{\text{групи}} = 1.35 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 2 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{групи}} = 1.4 * 1.35 = 1.9 \text{ A}.$$

7. Сучасні системи обліку та контролю електроенергії

Сучасні АСКОЕ є масштабними системами, які виконують одночасно вимірювання і облік кількості енергії та енергоресурсів різного роду по територіально розподіленим точкам обліку і працюють у реальному часі з подальшим передаванням інформації по ієрархічному рівню. Особливу значимість АСКОЕ набула в електроенергетиці.

З моменту появи наприкінці ХІХ століття першого електромеханічного лічильника електричної енергії (1889) її облік здійснювався шляхом запису показань лічильних механізмів та занесення їх у відповідний документ.

Прив'язка показань лічильників до реального часу в значній мірі залежала від годинника інспектора і часу проведення запису показань лічильника. Тимчасова похибка такого обліку знаходилась в діапазоні від кількох годин до кількох діб, іноді у кілька разів перевищуючи похибку обліку самим лічильником.

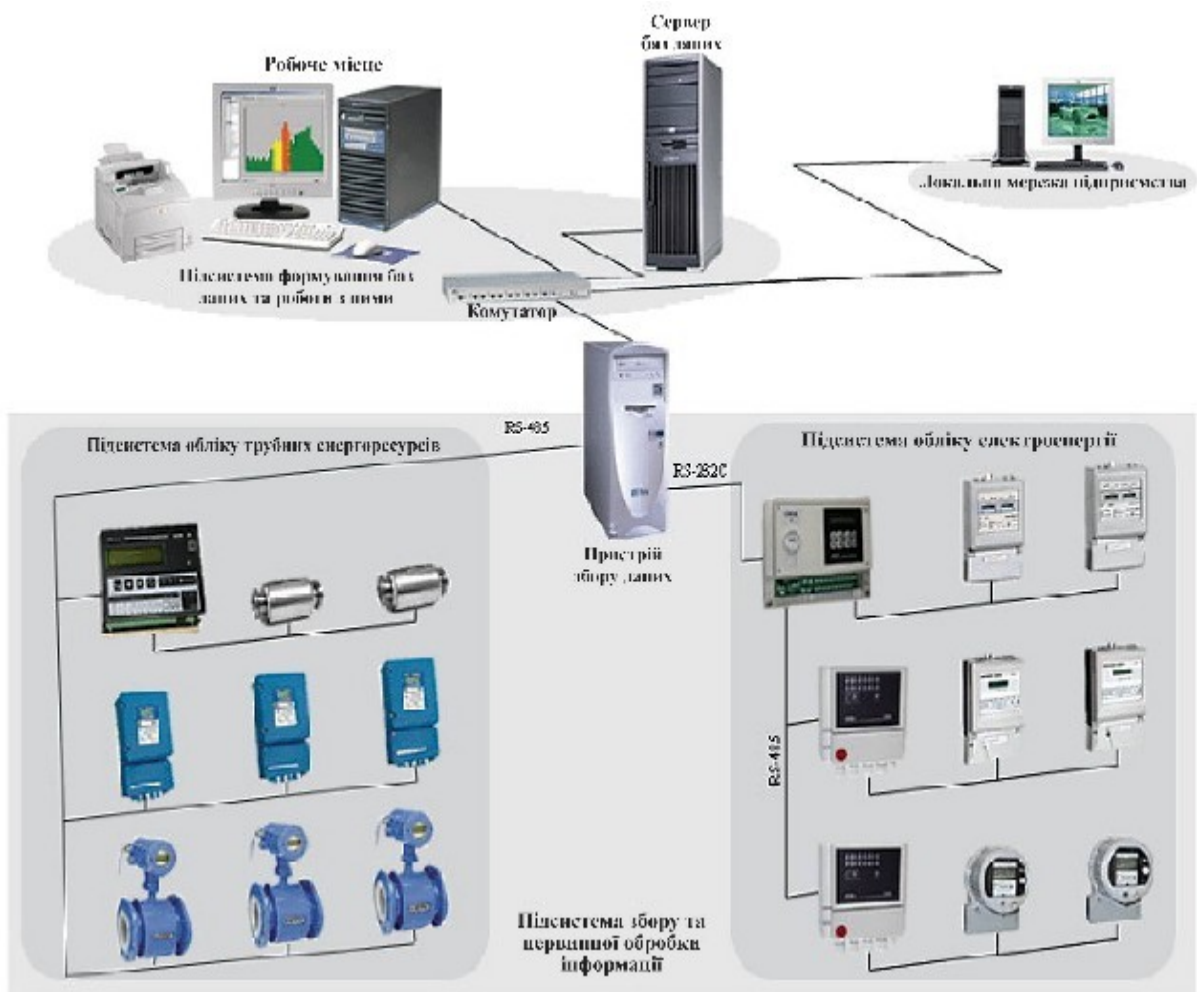


Рис. 7.1. АСКУЕ на базі АПК «Сатурн»

АСКОЕ на базі АПК «Сатурн» дозволяють одержувати розгорнуту картину енергоспоживання й розподілу енергоресурсів всередині підприємства в режимі реального часу, вирішити весь комплекс завдань з оптимізації енерговитрат та енергопостачання його структурних підрозділів, аж до кожного конкретного споживача. Крім того, АСКОЕ дає можливість поєднати планування енерговитрат із планом випуску готової продукції, виділити енергоскладову в собівартості на кожному етапі виробництва, проаналізувати моменти перевантаження або навпаки простою енергоємного обладнання та ін. АСКОЕ на базі АПК «Сатурн» складається із двох підсистем: підсистема збору й первинної обробки інформації; підсистема формування баз даних та роботи з ними.

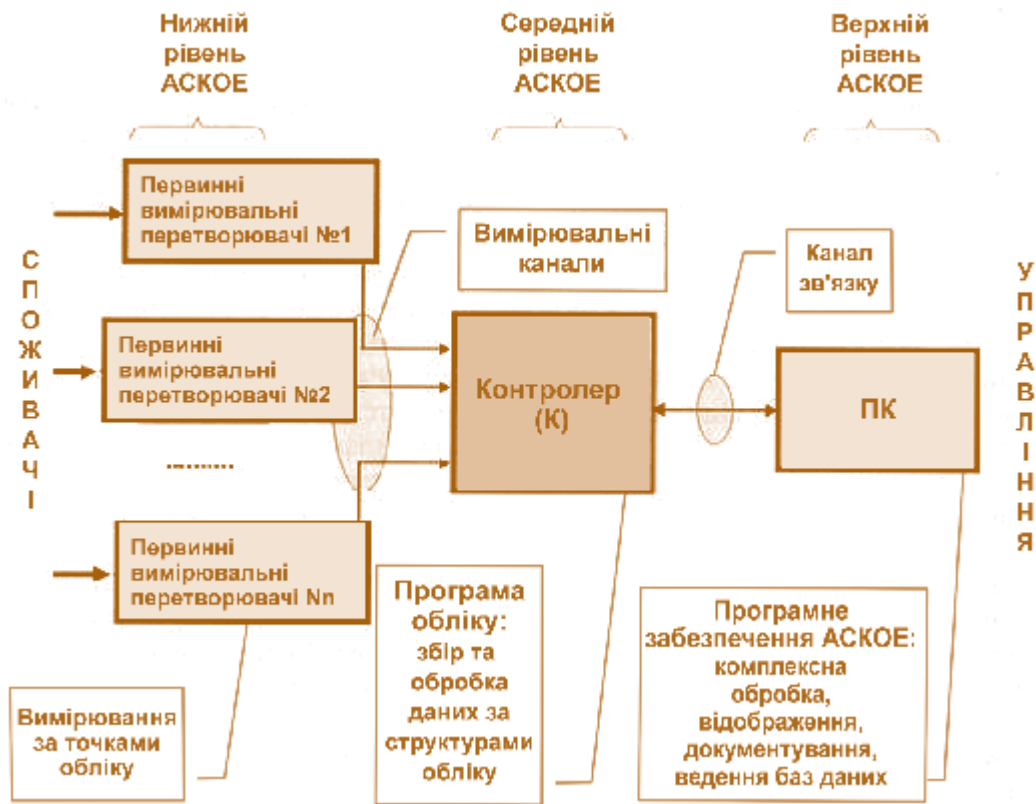


Рис. 7.2. Узагальнена схема трьохрівневої АСКОЕ

Сьогодні багато побутових споживачів знімають і сплачують показання своїх лічильників із затримкою до двох-трьох тижнів відносно моменту закінчення розрахункового періоду, при цьому тимчасова похибка досягає 40–50%.

Ідея технічних засобів автоматизованого дистанційного зчитування давно відома, але практична реалізація розпочалася у промислово розвинених країнах тільки в 70 – 80-ті роки ХХ століття, коли з'явилися інтегральні технології, що дозволили зробити технічні рішення економічно прийнятними для масового застосування.

З розпадом планової економіки закінчилася епоха практично необмежених і дешевих енергоресурсів, коли їх частка в собівартості продукції становила всього лише кілька відсотків. На сьогоднішній день через багаторазове подорожчання енергоресурсів їх частка в собівартості продукції для багатьох промислових підприємств різко зросла і становить 20 – 30%, а для найбільш

енергоємних виробництв досягає 40% і більше. Разом з подорожчанням енергоресурсів як необхідний наслідок постала економічно доцільна межа їх споживання в рамках технологій, що склалися історично для кожного окремого підприємства.

Фактор високої вартості енергоресурсів обумовив в останні роки кардинальні зміни у ставленні до організації енергообліку.

Під тиском ринку споживачі приходять до розуміння тієї простої істини, що першим кроком в економії енергоресурсів і зниженні фінансових втрат є точний облік.

Сучасна цивілізована торгівля енергоресурсами заснована на використанні автоматизованого приладового енергообліку, що зводить до мінімуму участь людини на етапі виміру, збирання і оброблення даних і забезпечує достовірний, точний, оперативний, гнучкий, адаптований до різних тарифних систем облік як з боку постачальника енергоресурсів, так і з боку споживача. З цією метою як постачальники, так і споживачі створюють на своїх об'єктах автоматизовані системи контролю і обліку енергоресурсів (АСКОЕ) (мал. 6.1).

За наявності сучасної АСКОЕ промислове підприємство повністю контролює весь свій процес енергоспоживання і має можливість за узгодженням з постачальниками енергоресурсів гнучко переходити до різних тарифних систем, мінімізуючи витрати.

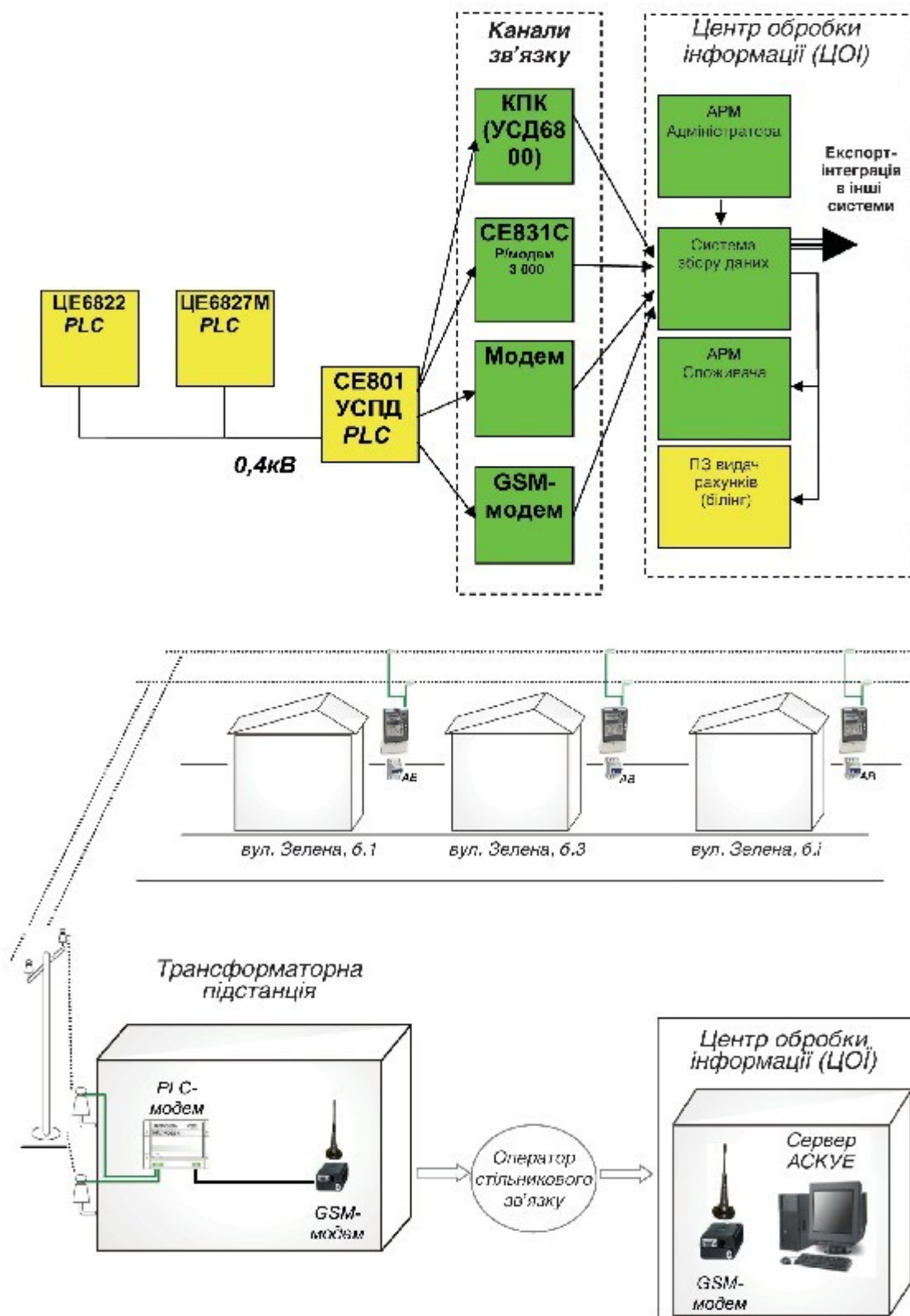


Рис. 7.3. Схема АСКОЕ побут на базі лічильників з передачею даних силовою мережею 0,4 кВ

Слід зазначити, що розвиток тарифних систем, які гармонізують суперечливі інтереси постачальника і споживача енергоресурсів, відповідає світовій практиці.

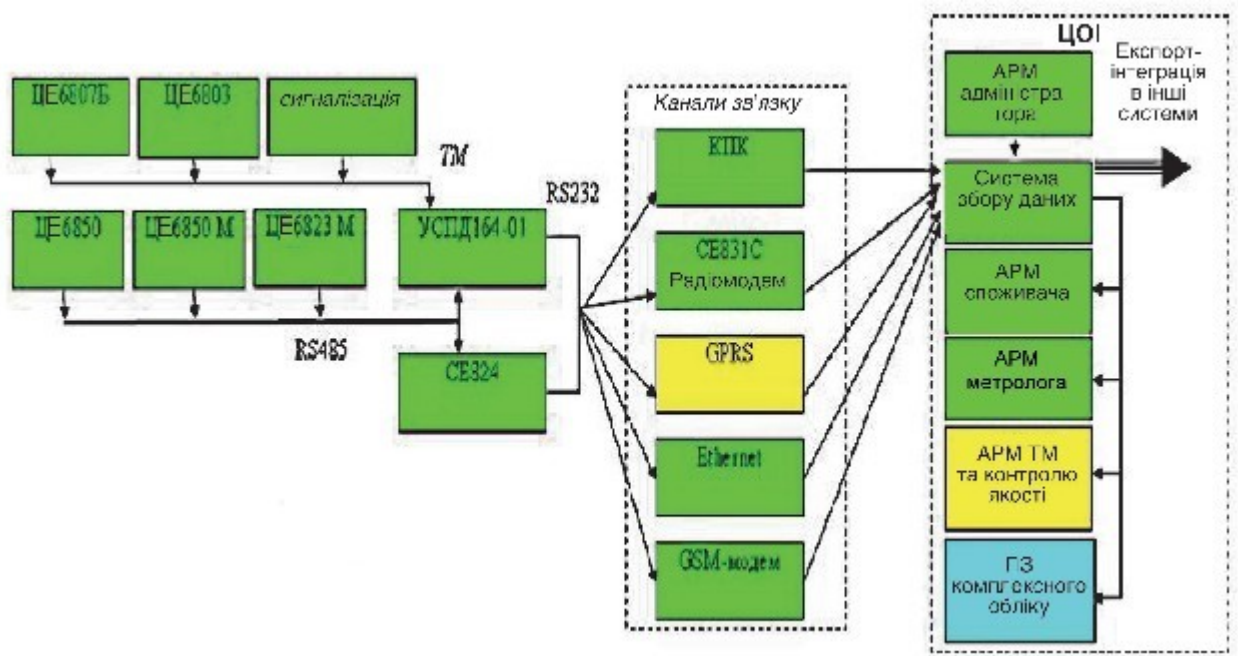


Рис.

7.4. Схема побудови АСКОЕ регіонального ринку електроенергії

Вирішення проблеми обліку електроенергії вимагає створення автоматизованих систем контролю і обліку, які в загальному випадку містять два або три рівні (мал. 6.2):

- нижній рівень – первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) з телеметричними виходами, з безперервним або мінімальним інтервалом усереднювання вимірювальних параметрів електроенергії;
- середній рівень – контролери (спеціалізовані вимірювальні системи або багатофункціональні програмовані перетворювачі) з вбудованим програмним забезпеченням обліку, які здійснюють в заданому циклі інтервалу усереднювання цілодобовий збір вимірювальних даних з територіально розподілених ПВП, накопичення, оброблення і передавання цих даних на верхній рівень;
- верхній рівень – персональний комп'ютер (ПК) із спеціалізованим програмним забезпеченням АСКОЕ, що здійснює збір інформації з контролера (або

групи контролерів) середнього рівня, підсумкове оброблення цієї інформації як по точках обліку, так і по їх групах (підрозділам і об'єктам підприємства), відображення і документування даних обліку у вигляді, зручному для аналізу і ухвалення рішень (керування) оперативним персоналом служби головного енергетика і керівництвом підприємства.

Нижній рівень АСКОЕ пов'язаний із середнім рівнем вимірювальними каналами, в які входять всі вимірювальні засоби і лінії зв'язку від точки обліку до контролера.

Середній рівень АСКОЕ поєднаний з верхнім рівнем каналом зв'язку, в якості якого можуть використовуватися фізичні проводові лінії зв'язку (мал. 6.3). Схема побудови АСКУЕ регіонального ринку електроенергії наведена на мал. 6.4.

Лічильники-датчики в системах АСКОЕ. У даний час стрімкого розвитку мікроелектроніки і зниження цін на електронні компоненти цифрові системи керування поступово витісняють своїх аналогових конкурентів. Одні з головних переваг цифрових систем керування на базі мікроконтролерів – гнучкість і багатофункціональність, які досягаються не апаратно, а програмно без додаткових матеріальних витрат, а також підвищення точності й надійності обліку. Цифровий лічильник електроенергії на базі простого мікроконтролера має очевидні переваги: надійність за рахунок повної відсутності елементів, що труться, компактність, можливість виготовлення корпусу з врахуванням інтер'єру сучасних житлових будинків; збільшення періоду перевірок у декілька разів; ремонтпридатність і простота в обслуговуванні та експлуатації. При невеликих додаткових апаратних і програмних витратах навіть простий цифровий лічильник може володіти рядом сервісних функцій, відсутніх у всіх

механічних, наприклад можливістю реалізації багатотарифної оплати за споживану енергію, автоматизованого обліку і контролю споживаної електроенергії.



Рис. 7.5. Загальний вигляд лічильників-датчиків, що використовуються в АСКОЕ

Залежно від вимог сучасні цифрові лічильники повинні у будь-який момент часу оперативно передавати необхідні дані різними каналами зв'язку на диспетчерські пункти енергопостачальних підприємств для оперативного контролю і економічних розрахунків споживання електроенергії.

Не менш важливу роль грають всілякі сервісні функції, такі як дистанційний доступ до лічильника, до інформації про спожиту енергію і багато інших. Наявність цифрового дисплея, керованого мікроконтролером, дозволяє програмно встановлювати різні режими виведення інформації, наприклад виводити на дисплей інформацію про спожиту енергію за кожен місяць, за різними тарифами тощо.

Промисловістю в Україні й за кордоном випускаються для потреб АСКОЕ лічильники-датчики на мікропроцесорній основі різного типу і призначення – одні трифазні, одні багатотарифні, комбіновані інтелектуальні багатофункціональні. На мал. 6.5 показаний загальний вигляд лічильників-датчиків, які використовуються в АСКОЕ.

Завдяки вживанню передових технологій проведення вимірів і використанню мікрокомп'ютерних технологій сучасні високоточні електронні лічильники призначені для проведення вимірів в широкому діапазоні та виконання тарифних функцій. Будучи комбінованими і такими, що включаються через трансформатори струму і напруги, лічильники реєструють активну і реактивну енергію в обох напрямках з класом точності 0,2 і 0,5 – при вимірі активної енергії і 1,0 – реактивної енергії. За допомогою сервісної програми, якою оснащується ПК, всі робочі параметри встановлюються індивідуально.

Впровадження автоматизованих систем контролю і обліку енергоресурсів (АСКОЕ) є стратегічним напрямом підвищення ефективності енергетичного потенціалу країни.

8. Охорона праці

Електричні машини широко застосовуються у всіх галузях народного господарства. Здорові і безпечні умови праці електротехнічного персоналу й працівників, що експлуатують електрифіковані виробничі установки, можуть бути забезпечені виконанням науково обґрунтованих правил і норм як при проектуванні і монтажі, так і при їх експлуатації.

8.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Електричні машини широко використовують на електростанціях, транспорті, у промисловості, авіації, системах автоматичного регулювання і керування. За призначенням електричні машини поділяють на двигуни і генератори; двигуни — це машини, які перетворюють електричну енергію в механічну; генератори — це машини, які перетворюють механічну енергію в електричну. Будь-яка електрична машина може працювати у режимі як двигуна, так і генератора. За видом струму електричні машини поділяють — на машини постійного і машини змінного струму. За принципом роботи електричні машини змінного струму можуть бути синхронні та асинхронні.

Машини постійного струму по своїй конструкції є найбільш складними електричними машинами. Це пояснюється наявністю колектора, щіткового вузла, якірної обмотки, а також складними процесами комутації, що вимагають після монтажу машин спеціальної наладки. Для експлуатації машин постійного струму потрібний досвідчений персонал.

Технічне обслуговування електродвигунів. Згідно з системою планово-запобіжного ремонту і технічного обслуговування електрообладнання технічна експлуатація електродвигунів передбачає: виробниче технічне обслуговування; міжремонтне технічне обслуговування; поточний ремонт, який виконує за графіками ремонтний персонал, щоб забезпечити безперебійну роботу електродвигунів і попередити їх передчасне спрацювання.

Крім цього, у процесі експлуатації електродвигунів необхідно: вимірювати опір ізоляції, контролювати їх навантаження, змінювати масло, стежити за правильним вибором і роботою захисних апаратів, дотримуватись правил пуску і зупинки та своєчасно усувати несправності.

Контроль за станом ізоляції є дуже важливим при експлуатації електрообладнання. Опір ізоляції електродвигунів вимірюють перед пуском після тривалої зупинки (більше ніж 30 діб) і під час проведення поточного ремонту. В електродвигунах напругою до 1000 В опір ізоляції вимірюють мегомметром на напругу 500...1000 В.

Перед вимірюванням опору ізоляції обмоток необхідно електропроводку від'єднати від статора. При вимірюванні опору ізоляції обмоток відносно корпусу обмотки залишають з'єднаними в зірку чи трикутник, як це було в процесі експлуатації електродвигуна.

Щоб виміряти опір ізоляції обмоток між фазами, з'єднання на зірку або трикутник роз'єднують. В електродвигунів, місця з'єднання обмоток яких не виведені назовні, опір ізоляції обмоток між фазами не вимірюють.

Згідно з правилами технічної експлуатації, опір ізоляції електродвигунів напругою до 1000 В не нормується, але вважають достатнім опір ізоляції обмотки статора не менше ніж 0,5 МОм при робочій температурі двигуна (60...125 °С).

Якщо опір ізоляції виявиться меншим за 0,5 МОм, необхідно виявити, чи не зволожилась вона. У разі необхідності ізоляцію сушать.

У тих випадках, коли обслуговуючий персонал повинен регулювати завантаження робочої машини, навантаження двигунів контролюють за амперметром у колі статора. Найповніше уявлення про завантаження електродвигуна можна одержати за значенням коефіцієнта завантаження, який визначають так:

$$K_3 = I / I_{\text{ном}},$$

де I , $I_{\text{ном}}$ — відповідно споживаний та номінальний струм електродвигуна.

Електродвигуни серії 4А випускають з шариковими та роликовими підшипниками кочення. У нормальних умовах експлуатації масло в цих підшипниках потрібно замінювати через 12000 год. роботи, але не рідше одного разу на рік.

Перед заповненням підшипників свіжим маслом їх промивають бензином з додаванням 5-8% об'єму мінерального масла. Промитий підшипник витирають чистими ганчірками і ретельно оглядають.

При заповненні підшипникових камер 50% масла необхідно закладати безпосередньо в підшипники, а решту — в кришки підшипника. Зайве масло в підшипники закладати недопустимо, оскільки це може зумовити їх перегрівання та викидання в лобові частини обмотки двигуна. Нагрівання підшипника понад 80°C є небезпечним. Причина такого нагрівання — погана якість масла.

Нормальна робота електричної машини постійного струму залежить від стану колектора, контактних кілець і щіток.

Колектор і кільця раз у зміну протирають сухою чистою ганчіркою. Якщо на колекторі та кільцях з'явилися нагар і подряпини, їх шліфують скляним абразивним папером, закріпленим на дерев'яному бруску.

Коли на поверхні колектора з'являються виступи ізоляції, то їх потрібно усунути фрезеруванням або випилюванням. Оброблений колектор шліфують, полірують до появи блиску і продувають стисненим повітрям. Щітки у щіткотримачах повинні переміщуватися вільно, мати однакове зусилля натиску, що забезпечує їм рівномірне зношування. Сильно притиснені щітки зношуються швидше. Силу тиску щіток вимірюють динамометром. Зношені щітки необхідно своєчасно замінити. Замінюють щітки також при зменшенні їх висоти або площі контактної поверхні менше ніж 2/3 геометричної площі контакту.

Підготовка електричних машин до пуску. Перед першим запуском електричної машини слід:

- прибрати машинне приміщення і фундаментну яму від сміття, пилу та будь-якого бруду;
- старанно перевірити наявність у машині сторонніх предметів — продути машину стисненим повітрям під тиском, що не перебільшує 200 кПа (повітря має бути сухе і чисте);

- прочистити і промити гасом підшипники і заповнити їх маслом високої якості;
- перевірити рівномірність зазору в машині;
- перевірити ротор від руки, його вільне обертання і наявність розбігання;
- перевірити всі механічні кріплення (фундаментні, підшипникові та контактні болти та ін.);
- перевірити опір ізоляції машини;
- перевірити правильність приєднання виводів машини до мережі та надійність заземлення її корпусу;
- перевірити дію захисту і сигнальної апаратури;
- запустити машину на холостий хід, перевірити роботу її електричної і механічної частини, обертання кілець, подачу масла, правильність напрямку обертання, а також роботу вентиляційних пристроїв.

Якщо машина постійного струму, то слід також:

- перевірити встановлення щіток на нейтралі колектора;
- перевірити повне прилягання щіток до колектора, рівномірність розміщення по колу колектора, а також однаковість зусиль натискування;
- прочистити канавки між пластинами колектора.

Техніка безпеки під час монтажу електричних машин: приміщення, в якому відбувається монтаж електричних машин, звільняють від будівельного сміття і забезпечують достатню освітленість. Усі ніші в перекриттях, канали в підлогах на час монтажу забивають тимчасовими щитами.

У машинних приміщеннях чітко визначають межі монтажних майданчиків, розрахованих на вагу машин, які тут монтуватимуться. Усі піднімальні пристрої повинні мати відповідний паспорт.

При користуванні електрифікованим інструментом, зварювальними трансформаторами і машинами необхідно забезпечити надійне заземлення їх

частин, які можуть виявитися під небезпечною напругою. Місця для зварювання слід огороджувати металевими щитами.

Роботи організують так, щоб запобігти одночасному їх виконанню на різних висотах. Крім загальних заходів, що забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу при виконанні робіт, слід дотримуватися таких заходів безпеки: не залишати піднятими вантажі, конструкції, обладнання; не переміщувати, піднімати і встановлювати щити, блоки, магнітні станції без вживання заходів, які б запобігли їх перевертання; не прикріпляти стропи, троси і канати за ізолятори, контактні деталі або отвори в лапах; уважно стежити за сигналами, що подаються.

При допуску до роботи в діючих електротехнічних пристроях до і вище 1000 В і роботі на висоті кожний монтажник проходить медичний огляд та перевірку знань правил техніки безпеки та технічної експлуатації електроустановок у відповідній комісії, про що йому видається посвідчення з певною групою допуску. Він повинен не тільки знати, але й практично засвоїти методи надання першої допомоги при нещасних випадках, пов'язаних з ураженням електричним струмом.

Робоче місце має бути огорожене і достатньо освітлене, а в місцях, де є небезпека попадання під напругу, повинні висіти плакати «Стій, небезпечно для життя», «Під напругою, не торкатись», «Працювати тут» і т.д. На робоче місце категорично забороняється допускати сторонніх осіб.

При виконанні налагоджувальних робіт під напругою, керівник групи оформляє допуск до роботи і перевіряє наявність умов, що створюють безпечність проведення робіт.

Техніка безпеки при експлуатації електропривода: перед тим, як розпочати будь-яку роботу з обслуговування електропривода, перевіряють стан захисного заземлення. У тому випадку, коли роботу дозволено виконувати лише при знятій напрузі, наявність її на електроприводі перевіряють за допомогою показника напруги.

При огляді елементів працюючого електропривода не слід наближатися до струмопровідних частин електроустановки. Потрібно пам'ятати, що небезпека, зумовлена порушенням правил техніки безпеки, при обслуговуванні електроприводів зростає в цехах, які належать до категорії з «підвищеною небезпекою» і «особливо небезпечні».

Без зняття напруги з електроустановки, але з дотриманням заходів безпеки при експлуатації, можна виконувати чищення і обтирання корпусів електрообладнання, доливання масла в підшипники електродвигунів, заміну запобіжників.

Ремонтні роботи в електродвигунах, а також заміну плавких вставок відкритого типу, дозволяється виконувати одній особі після попереднього відімкнення двигуна чи апарата від джерела живлення не менше як у двох місцях вимикачем, зі зняттям запобіжників. Щоб запобігти помилковій подачі напруги, персонал, що виконав відімкнення, повинен вивісити попереджувальний плакат "Не вмикати — працюють люди!" на ручках відімкнених апаратів, за допомогою яких може бути подано напругу. По закінченні робіт плакати знімають. В інших випадках ремонтні роботи слід виконувати двома способами.

Ручне керування пусковими пристроями, що мають відкриті струмопровідні частини, виконують у діелектричних рукавицях. У сирих приміщеннях перед пусковими пристроями кладуть ізолюючі підкладки.

Проведення роботи в колі реостата під час обертання електродвигуна, можливе тільки при піднятих щітках або повністю виведеному реостаті. Цю роботу виконують у діелектричних рукавицях або інструментом з ізолюваною ручкою, стоячи на гумовому килимку.

Якщо електродвигун тривалий час працює з підвищеною вібрацією, що шкідливо для здоров'я обслуговуючого персоналу, то цей недолік слід усунути.

Залежно від призначення і застосування попереджувальні плакати ділять на застережливі, заборонні, дозволяючі, нагадуючі, постійні й переносні. Для

установок напругою до 1000 В застосовують плакати: застережливі — «Під напругою! небезпечно для життя!», «Стій! небезпечно для життя!»; заборонні — «Не вмикати працюють люди!», «Не вмикати — робота на лінії!»; нагадуючі — «Заземлення!».

8.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Вплив шляху протікання струму на наслідок ураження людини. Тяжкість електротравми визначається впливом факторів:

- електричного характеру — величина напруги, сила струму, вид струму (постійний чи змінний), частота при змінному струмі;
- неелектричного характеру — тривалість дії електроструму;
- навколишнього середовища — температура, тиск, вологість повітря;
- шляху протікання струму через тіло людини.

У разі ураження людини електричним струмом основним уражуючим фактором є сила струму, що проходить через тіло людини. При цьому ступінь негативного впливу на організм людини збільшується із зростанням струму. За характером дії струм оцінюють так, як наведено в табл. 8.1.

Таблиця 8.1. Характер впливу електричного струму на організм людини

Струм, мА	Характер дії	
	Змінний струм	Постійний струм
0,6—1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
2—3	Сильне тремтіння	Не відчувається.

	пальців рук.	
5—7	Судороги в руках.	Свербіння. Відчуття нагріву.
8—10	Руки з зусиллям, але ще можна відірвати від електродів, сильний біль у пальцях і кистях рук.	Підсилений нагрів.
20—25	Параліч рук, відірвати їх від електрода неможливо. Дуже сильний біль. Дихання затруднене.	Надто сильний нагрів. Незначне скорочення м'язів рук.
50—80	Зупинка дихання. Початок фібриляції.	Скорочення м'язів. Судороги, затруднене дихання.

На основі даних наведених в цій таблиці можна виокремити декілька характерних видів струму.

Відчутний струм — малий струм, який людина починає відчувати: в середньому близько 1,1 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і близько 6 мА при постійному струмі. Ця дія обмежується при змінному струмі слабким свербежем і легким пощипуванням (поколюванням), а при постійному струмі — відчуттям нагріву шкіри на ділянці, що доторкується до струмовідних частин. Найменше значення відчутного струму називається пороговим відчутним струмом.

Невідпускаючий струм — струм, що викликає в разі проходження через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник, а його найменше значення називається пороговим невідпускаючим струмом. При змінному струмі (50 Гц) величина цього струму перебуває в межах 20—25 А, При постійному струмі невідпускаючих струмів, власне кажучи, немає,

оскільки при певних значеннях струму людина може самотійно розтиснути руку, в якій затиснутий провідник, і таким чином відірватися від струмовідної частини.

Однак в момент відриву виникають болісні скорочення м'язів, аналогічні за характером і больовим відчуттям тим, які спостерігаються при змінному струмі. Сила струму становить приблизно 50—80 мА.

Цей струм і прийнято умовно за поріг невідпускаючих струмів при постійній напрузі.

Фібриляційний струм. Змінний (50 Гц) струм 50 мА і більше, проходячи через тіло людини по шляху "рука — рука" або "рука — ноги", діє як подразник на м'язи серця, що розташовані глибоко в грудях. Це небезпечно для життя людини, оскільки через 1—3 с з моменту замикання кола через людину може настати фібриляція або зупинка серця. При цьому припиняється кровообіг і, відповідно, в організмі виникає нестача кисню; це, в свою чергу, швидко призводить до припинення дихання, тобто наступає смерть.

Електричний струм, який викликає фібриляцію серця, називається фібриляційним струмом, а найменше його значення — пороговим фібриляційним струмом.

За частоти 50 Гц фібриляційними є струми в межах від 50 мА до 5 А, а середнє значення порогового фібриляційного струму — близько 100 мА. При постійному струмі середнім значенням порогового фібриляційного струму можна вважати 300 мА, а верхнім 5 А.

Струм понад 5 А, як постійний, так і змінний, викликає раптову зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Водночас із зупинкою серця виникає і параліч дихання, причому після швидкого відключення струму дихання, як правило, самотійно не відновлюється.

Безпечним струмом можна вважати такий струм, який протягом тривалого часу (декілька годин) може проходити через людину, не завдаючи їй шкоди і не викликаючи ніяких відчуттів, і який набагато менший порогового відчутного

струму. Точні значення безпечного струму не встановлені, але для практичних цілей його найбільше значення можна, певно, вважати рівним 50—75 мкА при змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і 100—125 мкА — при постійному струмі.

Із порівняння значень порогових струмів, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що постійний струм менш небезпечний (в 4—5 разів), ніж змінний. Але все це справедливо лише для відносно невисоких напруг — до 250—300 В. За більш високих напруг небезпека ураження постійним струмом зростає. Вважається, що за напруги 500 В їх дія вирівнюється, а в разі більш високих напруг постійний струм стає більш небезпечним, ніж змінний частотою 50 Гц.

Дія на людину змінного струму залежить від його частоти. Через наявність в опорі тіла людини ємнісної складової збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла і збільшенням струму, який проходить через людину, що, в свою чергу, підвищує небезпеку ураження. Здавалося б, що в разі збільшення частоти ця небезпека має підвищуватися, але насправді виявилось, що це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц. Подальше підвищення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через тіло людини, супроводжується зниженням небезпеки ураження, яка зникає при частоті 450—500 кГц. Правда, ці струми зберігають небезпеку опіків як у разі виникнення електричної дуги, так і в разі проходження їх безпосередньо через людину.

Електрична напруга також впливає на наслідок ураження людини, але лише тією мірою, в якій її величина визначає силу струму, що проходить через тіло людини. Із зростанням напруги, прикладеної до тіла людини, опір шкіри зменшується в десятки разів, відповідно зменшується і опір тіла в цілому; він наближається до опору внутрішніх органів тканин тіла, тобто до свого найменшого значення (300—500 Ом). Пробій рогового шару шкіри відбувається за напруги 50—200 В.

Аналіз нещасних випадків внаслідок дії електричного струму на людей показує, що тривалість проходження струму через організм істотно впливає на наслідок ураження: чим триваліша дія струму, тим більша вірогідність важкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що із збільшенням часу дії електричного струму опір тіла зменшується, а сила струму істотно збільшується. Крім того, з часом виснажуються сили організму, що протистоять дії на нього електрики.

Наслідки дії струму на організм проявляються в порушенні функцій центральної нервової системи, зміною складу крові, місцевим руйнуванням тканин організму під впливом теплоти, яка виділяється, порушенням роботи серця, легень тощо.

Суттєвим для наслідків ураження є шлях проходження струму. Так, якщо на шляху струму опиняються життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження дуже висока, оскільки струм безпосередньо діє на ці органи.

Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його дія на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. Можливих шляхів проходження струму в тілі людини дуже багато, але характерними, які частіше зустрічаються на практиці, є не більше як 15 петель. Найбільш поширені з них — "рука — рука", "права рука — ноги", "ліва рука — ноги". Найбільш небезпечними є петлі "голова — руки" та "голова — ноги", коли струм може проходити через головний і спинний мозок. Але ці петлі на практиці виникають відносно рідко. Наступний по небезпеці шлях — "права рука — ноги", який по частоті утворення займає друге місце. Найменш небезпечний шлях — "нога — нога", який виникає під час дії на людину так званої напруги кроку. Напруга кроку навіть відносно невеликих значень (50—80 В) викликає мимовільні судорожні скорочення м'язів ніг і як наслідок — падіння людини на землю. В цей момент припиняється вплив на людину напруги кроку і виникає більш тяжка ситуація: замість нижньої петлі в тілі

людини утворюється новий більш небезпечний шлях, як правило, від рук до ніг. Оскільки в такому положенні людина доторкається одночасно точок землі, віддалених одна від одної на відстань, що перевищує довжину кроку, напруга, що діє на неї, як правило, більша за напругу кроку. Як результат, створюється загроза смертельного ураження.

Тяжкість електротравми залежить також від температури, вологості і тиску повітря. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

Не менше значення має фізичний стан людини. Для практичних розрахунків з електробезпеки береться опір тіла людини 1000 Ом. Але ця величина не постійна для кожної людини і залежить від її психофізичного стану. Опір цілком здорових і фізично міцних людей в багато разів перевищує розрахункове значення.

8.3. Практичний розрахунок

Розрахувати заземлюючий пристрій для нульової точки трансформатора потужністю 60 кВ*А і напругою 6/0,38 кВ у 4-провідній 3-фазній мережі з глухозаземленою нейтраллю. Заземлювач виконати з сталевих труб діаметром 0.05 м, довжиною 2,5 м, з розміром сталевий з'єднувальної стрічки 40 х 4 мм, питомий опір ґрунту 600 Ом*м, кліматичний коефіцієнт ґрунту 1.8. Допустимий опір заземлюючого пристрою прийняти $R \leq 10$ Ом.

Розрахуємо питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho * \Psi = 600 * 1,8 = 1\ 080 \text{ Ом} * \text{м},$$

Ψ – коефіцієнт сезонності;

ρ – питомий опір ґрунту, Ом*м.

Опір розтікання струму вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l} * \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right)$$

$$= \frac{1080}{2 * 3,14 * 2,5} * \left(\ln \frac{2 * 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 1,25 + 2,5}{4 * 1,25 - 2,5} \right) = 345,8 \text{ Ом},$$

де t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача;

$$t = h_b + \frac{l}{2} = 0,8 + \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ м},$$

де h_b – глибина закладання заземлювачів, 0,8 м.

Теоретична кількість вертикальних заземлювачів, без врахування коефіцієнта використання:

$$n = \frac{R_B}{R_d} = \frac{345,8}{10} = 34,58 \approx 35.$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання:

$$n_B = \frac{R_B}{R_d * \eta_B} = \frac{345,8}{10 * 0,48} = 78,3 \approx 80,$$

де η_B – коефіцієнт використання, для заземлювачів, які розташовані в ряд.

Довжину з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача:

$$L_c = 1,05 * l_B * (n_B - 1) = 1,05 * 2,5 * (80 - 1) = 307,375 \text{ м},$$

де l_B – відстань між вертикальними заземлювачами.

Опір розтікання струму горизонтального заземлювача:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l_c} * \ln \frac{L_c}{d * h_c} = \frac{1080}{2 * 3,14 * 307,375} * \ln \frac{307,375}{0,143 * 0,8} = 4,42 \text{ Ом},$$

де h_c – глибина закладання заземлювачів;

d – еквівалентний діаметр смуги шириною $b = 0,15$ м, $d = 0,95 * b$.

Визначимо результуючий опір заземлюючого електроду:

$$R_3 = \frac{R_B * R_{\Gamma}}{R_B * \eta_c + R_{\Gamma} * \eta_B * n_B} = \frac{345,8 * 4,42}{345,8 * 0,42 + 4,42 * 0,48 * 80} = 4,85 \text{ Ом},$$

$$R_3 < R_D$$

$$4,85 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

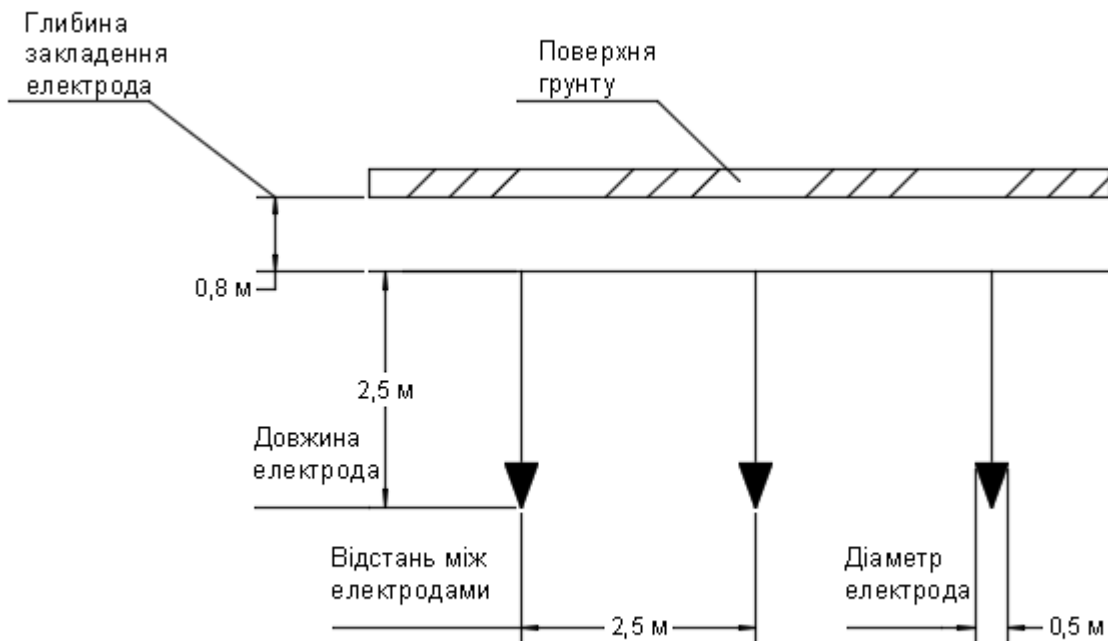


Рис.8.1 Заземлюючий пристрій

Список використаної літератури

1. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 “Електричні системи та мережі”. / Укл.: Буйний Р.О., Ананьєв В.М., Тисленко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2004-70с.
2. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення : навч. посіб. / О. І. Соловей, А. В. Чернявський, О. О. Ситник, В. Ф. Ткаченко, Г. В. Курбака ; за ред. Солов’я О. І. ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ФОП Гордієнко Є.І., 2018. – 132 с.
3. Конспект лекцій з дисципліни "Електропостачання промислових підприємств" для студентів напряму 6.050701 – електротехніка і електротехнології, 6.050702 - електромеханіка / Укладачі Є.Д.Хмельницький, О.О.Крупник — Дніпродзержинськ, ДД.