

Національний університет харчових технологій

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.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА

Нероді Тарасу Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розрахунок освітлювального і силового навантаження інструментального цеху і підбір відповідної силової і вимірювальної апаратури»

керівник проекту (роботи) _____

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 споживачів в цеху; характеристика високовольтних двигунів; струм КЗ на РПВН; графік реактивної потужності

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розрахунок навантаження інструментального цеху;

компенсація реактивної потужності;

вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху;

розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів;

якість електричної енергії;

електричне освітлення;

охорона праці;

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

План розташування електричного обладнання інструментального цеху;

однолінійна схема електропостачання інструментального цеху;

конструкція цехової трансформаторної підстанції.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доц. кафедри ЕБ та ОП к.т.н. 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	виконано
2	Розрахунок навантаження інструментального цеху	20.04.2020р	виконано
3	Компенсація реактивної потужності	25.04.2020р	виконано
4	Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху	30.04.2020р	виконано
5	Розрахунок струмів короткого замикання та Вибір електричних апаратів	05.05.2020р	виконано
6	Якість електричної енергії	10.05.2020р	виконано
7	Електричне освітлення	15.05.2020р	виконано
8	Спецпитання	20.05.2020р	виконано
9	Охорона праці	22.05.2020р	виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2020р	виконано
11	Оформлення графічної частини проекту	30.05.2020р	виконано
12	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	3.06.2020	виконано

Здобувач

(підпис) _____

(прізвище та ініціали) _____

Керівник проекту (роботи)

(підпис) _____

(прізвище та ініціали) _____

Анотація

Нерода Т.Л. Розрахунок освітлювального і силового навантаження інструментального цеху і підбір відповідної силової і вимірювальної апаратури.

Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра за напрямом 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Національний університет харчових технологій, Київ, 2020. Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновку та списку використаної літератури. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 82 стор.

Метою роботи є проектування загальної схеми електропостачання, розрахунок електричних навантажень цехових електроприймачів, вибір елементів та розрахунок цехової мережі, розрахунок освітлювальної мережі інструментального цеху, аналіз впливу сонячних електростанцій на якість електроенергії.

У дипломному проекті розроблено: загальна схема інструментального цеху, схема електропостачання інструментального цеху, схема освітлювальної мережі інструментального цеху. Проаналізовано вплив сонячних електростанцій на якість електроенергії.

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; ВИРОБНИЧИЙ ЦЕХ; ТРАНСФОРМАТОР;
КОНДЕНСАТОРНА УСТАНОВКА; НАПРУГА; СТРУМ

Annotation

Neroda TL Calculation of lighting and power load of the tool shop and selection of appropriate power and measuring equipment.

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, a conclusion and a list of references. The total volume of the explanatory note is 82 pages.

The purpose of the work is to design the general scheme of power supply, calculation of electrical loads of shop electrical receivers, selection of elements and calculation of shop network, calculation of lighting network of tool shop, analysis of influence of solar power plants on electricity quality.

In the diploma project the following is developed: the general scheme of the tool shop, the scheme of power supply of the tool shop, the scheme of the lighting network of the tool shop. The influence of solar power plants on the quality of electricity is analyzed.

POWER SUPPLY; PRODUCTION SHOP; TRANSFORMER;
CONDENSER INSTALLATION; HIGH-VOLTAGE; CURRENT

Аннотация

Нерода Т.Л. Расчет осветительной и силовой нагрузки инструментального цеха и подбор соответствующей силовой и измерительной аппаратуры.

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, заключения и списка использованной литературы. Общий объем пояснительной записки составляет 82 стр.

Целью работы является проектирование общей схемы электроснабжения, расчет электрических нагрузок цеховых электроприемников, выбор элементов и расчет цеховой сети, расчет осветительной сети инструментального цеха, анализ воздействия солнечных электростанций на качество электроэнергии.

В дипломном проекте разработаны: общая схема инструментального цеха, схема электроснабжения инструментального цеха, схема осветительной сети инструментального цеха. Проанализировано влияние солнечных электростанций на качество электроэнергии

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ; ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ;
ТРАНСФОРМАТОР; КОНДЕНСАТОРНАЯ УСТАНОВКА;
НАПРЯЖЕНИЕ; ТОК

Зміст

Вступ.....	9
Завдання.....	10
1.Розрахунок навантаження цеху телефонних кабелів.....	13
2.Компенсація реактивної потужності.....	18
3.Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	23
3.1.Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	24
3.2.Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	25
3.3.Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	28
3.4.Вибір трас та способів прокладання низьковольтних кабельних ліній.....	30
3.5.Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній (шинопроводів).....	33
4.Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	37
4.1.Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній розподільчій мережі.....	38
4.2.Вибір автоматичних вимикачів в РП – 0,38 кВ і розподільчих щитах.....	43
4.3.Вибір електричних апаратів РП – 6 кВ.....	48
4.4.Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	56
5.Якість електричної енергії.....	60

6.Електричне освітлення.....	62
7.Спеціальна частина.....	68
8.Охорона праці.....	79
Список використаної літератури.....	

Вступ

На великих підприємствах для забезпечення основного виробництва спеціальним інструментом і оснащення створюється ІЦ. Виробництво такого інструмента відноситься до одиничного і дрібносерійного типу. Це істотно впливає на структуру цеху, що складається з великої кількості ділянок: заготівельного, механічного, слюсарного, ковальського, термічного, штампів і прес форм, модельного й ін.

Інструментальний цех займається виготовленням прес-форм під тиском для деталей з кольорових сплавів і пластмас з максимальними розмірами плит 700x700 мм, прес-форм для гуми, різні пристосування, кондуктора свердління.

Ремонт інструменту здійснюється в ремонтній-інструментальних майстернях виробничих цехів або в інструментальних цехах.

Завдання

Завданням дипломного проєкту є розрахунок освітлювального і силового навантаження інструментального цеху і підбір відповідної силової і виміральної апаратури .

Номер на генплані	Назва електроприймача	Кількість n , шт	Встановлена потужність , кВт	Коефіцієнт використання , K_B	$\cos\varphi/tg\varphi$	Примітки
1,7,10,20,31	Вентилятор калориферів	5	16	0.7	0.8/0.75	
2,3	Зварювальний трансформатор	2	30	0.25	0.35/2.67	ПВ = 60%
4,19,27	Кран - мостовий	3	9	0.1	0.5/1.73	ПВ = 40%
5,8	Вертикально – свердлильний станок	2	50	0.16	0.6/1.33	
6,25,29	Наждак	3	47	0.6	0.95/0.33	
9,15	Токарно – гвинторізний станок	2	10	0.16	0.6/1.33	
11,16	Поздовжньо – стругальний станок	2	3	0.16	0.6/1.33	
12-14	Вертикально – свердлильний станок	3	7	0.16	0.6/1.33	
17	Механічні двері	1	80	0.7	0.82/0.57	
18,28	Вентилятори калориферів дверей	2	55	0.7	0.8/0.75	
21-24	Стенд для збірки і обкатки машин	4	6	0.54	0.82/0.57	
26,30	Прес кривошипний	2	16	0.55	0.82/0.57	

Табл. 1

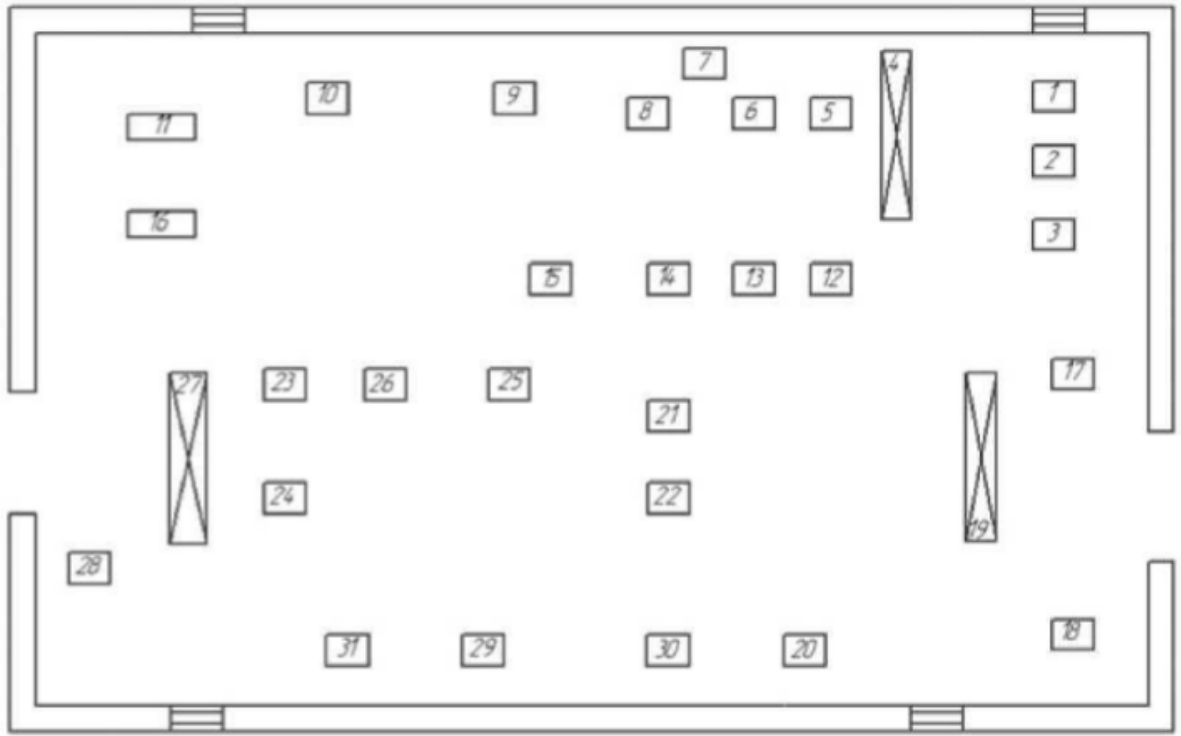


Рис. 1.27. Генплан инструментального цеха

Рис.1 Генплан інструментального цеху

t , год	$\frac{Q_t}{Q_H} * 100 , \%$
0 - 3	90
3 - 6	70
6 - 9	90
9 - 12	60
12 - 15	90
15 - 18	50
18 - 21	90
21 - 24	40
$\cos\varphi_H$	0,95

Табл.2 Графік реактивної потужності

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Al
Категорійність електроспоживачів	2

Табл.3 Технічні вимоги до електроприймачів цеху

Номинальна потужність	800
Тип електродвигуна	АД
Кількість електродвигунів	4
Номинальна напруга	10
Коефіцієнт завантаження	0.75
Віддаль до РП ВН ,м	300

Табл.4 Технічні параметри високовольтних електроприймачів підприємства

Розміри цеху : $A \times B \times h = 30 \times 18 \times 4$.

Значення $I_{кзВН} = 12$ кА.

Значення $T_{max} = 3000$ год.

1. Розрахунок навантаження інструментального цеху

В інструментальному цеху знаходиться 30 електроприймачів . Всі вони працюють за змінним графіком навантаження у часі , так я всі вони відносяться до груп станків , вентиляторів , кранів чи пресів які за своїм режимом роботи не відносяться до електроприймачів з постійним графіком навантаження .

Тому , розрахунок будемо проводити за методом впорядкованих діаграм беручи до уваги , те , що всі електроприймачі працюють за змінним графіком навантаження .

Проведемо розрахунок номінальної потужності для електроприймачів «Вентилятор калориферів» :

$$P_{\text{ном.1,7,10,30,31}} = n_{1,7,10,30,31} * P_{\text{вст.1,7,10,30,31}} = 5 * 16 = 80 \text{ кВт.}$$

Сумарна номінальна потужність електроприймачів інструментального цеху :

$$P_{\text{ном}} = \sum P_{\text{ном.i}} = 695 \text{ кВт.}$$

Проведемо розрахунок величини $P_{\text{см.i}}$ для електроприймачів «Вентилятор калориферів» :

$$P_{\text{см.1,7,10,30,31}} = K_{\text{в.1,7,10,30,31}} * P_{\text{ном.1,7,10,30,31}} = 0.7 * 80 = 56 \text{ кВт.}$$

Сумарна $P_{\text{см}}$ електроприймачів інструментального цеху :

$$P_{\text{см}} = \sum P_{\text{см.i}} = 292.7 \text{ кВт.}$$

Проведемо розрахунок величини $Q_{см.i}$ для електроприймачів «Вентилятор калориферів» :

$$Q_{см.1,7,10,30,31} = P_{см.1,7,10,30,31} * tg\varphi_{1,7,10,30,31} = 56 * 0.7 = 39.2 \text{ квар.}$$

Сумарна $Q_{см}$ електроприймачів інструментального цеху :

$$Q_{см} = \sum Q_{см.i} = 244.7 \text{ квар.}$$

Груповий коефіцієнт використання для інструментального цеху:

$$K_B = \frac{P_{см}}{P_{ном}} = \frac{292.7}{695} = 0.42.$$

Ефективна кількість електроприймачів :

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{ном\sim})^2}{\sum_{i=1}^n P_{ном\sim} * n} = \frac{695^2}{19322.14} = 17.$$

$K_M = f(n_e, K_B)$ - коефіцієнт максимуму :

n_e/K_B	0.4	0.5
16	1.28	1.23
18	1.26	1.25

Табл.5

Знайшовши значення $K_M = 1,264$,розрахуємо активну потужність силового навантаження інструментального цеху :

$$P_{р.силове} = K_M * P_{см} = 1.264 * 292.7 = 370 \text{ кВт.}$$

Знайдемо значення $Q_{р.силове}$. цеху :

якщо $n_e > 10$, то $Q_{р.силове} = Q_{см}$;

$$Q_{р.силове} = Q_{см} = 244.7 \text{ квар.}$$

Розрахуємо S_p :

$$S_{p.силове} = \sqrt{P_{p.силове}^2 + Q_{p.силове}^2} = \sqrt{370^2 + 244.7^2} = 443.6 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Тоді значення струму I_p :

$$I_{p.силове} = \frac{S_{p.силове}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{443.6}{\sqrt{3} * 0.4} = 640.3 \text{ А}.$$

Величина пікового струму й пікової потужності .

Піковий струм :

$$I_{пик} = I_{пуск}^{макс} + (I_{p.силове} - K_B * I_{ном.дв.}^{макс}),$$

де $I_{пуск}^{макс}$ – значення пускового струму максимального за потужність двигуна в інструментальному цеху;

K_B – коефіцієнт використання максимально потужного двигуна;

$I_{ном.дв.}^{макс}$ – номінальний струм максимально потужного двигуна в інструментальному цеху.

Визначимо $I_{ном.дв.}^{макс}$:

$$I_{ном.дв.}^{макс} = \frac{P_{ном}^{макс}}{\sqrt{3} * U_{ном.мер.} * \cos\varphi * \eta_{ном.дв.}} = \frac{80}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.82 * 0.8} = 176.02 \text{ А},$$

$\cos\varphi = 0.82$ – даного двигуна ;

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

Визначимо $I_{пуск}^{макс}$:

$$I_{пуск}^{макс} = K_{пуск} * I_{ном.дв.}^{макс} = 5 * 176.02 = 880.1 \text{ А},$$

де $K_{пуск}$ – кратність пускового струму , ($K_{пуск} = 5 \dots 7$).

Знайдемо $I_{пик}$:

$$\begin{aligned} I_{пик} &= I_{пуск}^{макс} + (I_{p.силове} - K_B * I_{ном.дв.}^{макс}) = 880.1 + (640.3 - 0.82 * 176.02) \\ &= 1\,376,06 \text{ А}. \end{aligned}$$

Обрахуємо $S_{\text{пik}}$:

$$S_{\text{пik}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном.мер.}} * I_{\text{пik}} = \sqrt{3} * 0.4 * 1376.06 = 953.4 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Визначимо частку освітлювального навантаження в цеху .

Враховуючи , що в цеху планується встановлювати світлодіодне освітлення , прийmemo $P_{\text{пит осв}}^{\text{пит}} = 10 \text{ Вт/м}^2$.

За відомими розмірами цеху розрахуємо його площу :

$$S = A * B = 30 * 18 = 540 \text{ м}^2.$$

Обрахуємо $P_{\text{р.ос.}}$:

$$P_{\text{р.ос.}} = P_{\text{пит осв}}^{\text{пит}} * S = 10 * 540 = 5400 \text{ Вт} = 5.4 \text{ кВт}.$$

Обрахуємо $Q_{\text{р.осв.}}$:

$$Q_{\text{р.ос.}} = P_{\text{р.ос.}} * \text{tg}\varphi = 5.4 * 0.2 = 2.7 \text{ квар} ,$$

$$\cos\varphi = 0.98 - \text{для LED - ламп, } \text{tg}\varphi = \arccos(0.98) = 0.2.$$

Обрахуємо значення повної потужності $S_{\text{р.ос.}}$:

$$S_{\text{р.ос.}} = \sqrt{P_{\text{р.ос.}}^2 + Q_{\text{р.ос.}}^2} = \sqrt{5.4^2 + 2.7^2} = 6.04 \text{ кВ} * \text{А} .$$

Визначимо значення струму $I_{\text{р.ос.}}$:

$$I_{\text{р.ос.}} = \frac{S_{\text{р.ос.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{6.04}{\sqrt{3} * 0.4} = 8.72 \text{ А}.$$

Розрахувавши окремо силове окремо освітлювальне навантаження, розрахуємо сумарне споживання цеху $S_{\text{р.}}$:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{р.силове}} + P_{\text{р.ос}} = 370 + 5.4 = 375.4 \text{ кВт} ;$$

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{р.силове}} + Q_{\text{р.ос}} = 244.7 + 2.7 = 247.4 \text{ квар} ;$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{375.4^2 + 247.4^2} = 449.6 \text{ кВ} * \text{А}$$

Повний струм цеху :

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{449.6}{\sqrt{3} * 0.4} = 649 \text{ А.}$$

Тип навантаження	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВ} * \text{А}$	$I_p, \text{А}$
Силові	370	244.7	443.6	640.3
Освітлювальні	5.4	2.7	6.04	8.72
Цехові	375.4	247.4	449.6	649

Табл.6

2. Компенсація реактивної потужності

Досвід експлуатації установок показав , що модернізовані установки з 9 ступенями регулювання задовільно компенсують реактивну потужність електрообладнання споживача , підтримуючи $\cos \varphi$ на рівні 0.99 – 1.0 та не допускають генерації реактивної енергії в мережу . Регулятори з більшою кількістю ступенів регулювання виконують свою місію ще краще .

Величина плати , яку споживач сплачує електропередавальній організації за перетікання реактивної енергії , визначається згідно Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії, затверджений наказом Міністерства палива та енергетики України №19 від 17.01 2002 р. та зареєстрованій в Міністерстві юстиції України 01.02.2002 р. за № 93/6381 , та складається з основної плати за спожиту реактивну електроенергію та надбавки за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності .

Надбавка починає діяти, якщо фактичний коефіцієнт потужності споживача в середньому за розрахунковий період менший наведеного значення граничного коефіцієнта потужності $\cos \varphi = 0.97$, або більший $\text{tg } \varphi = 0.25$.

Ця величина і є нормативною при визначенні факту недостатнього оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності , що в результаті спричинає додаткові втрати електроенергії – нераціональне (неефективне) використання паливно – енергетичних ресурсів.

Формула для визначення потужності $Q_{ку}$:

$$Q_{ку} = Q_p - Q_{e1},$$

але , враховуючи той факт , що інструментальний цех знаходиться на стадії проектування , приймаємо $Q_{e1} = 0$.

Тоді:

$$Q_{ку} = Q_p = 247.4 \text{ квар.}$$

За відомим значення $Q_{ку}$, для компенсації реактивної потужності інструментального цеху обираємо КУ (конденсаторну установку) типу УКМ58 – 0.4 – 250 – 25У1 .

Порівнюємо значення номінальної реактивної потужності КУ з розрахунковою інструментального цеху :

$$Q_{ку} \geq Q_p.$$

$$Q_{ку} = 250 \text{ квар} > Q_{p.ц.} = 247.4 \text{ квар} ,$$

потужність КУ більша за Q_p на мінімально можливу величину , що і потрібно було отримати .

Для захисту КУ обиремо автоматичний вимикач і перевіримо його :

$$I_{ном.ку} = 360 \text{ А},$$

$$I_{ном.розч} = 400 \text{ А} > I_{ном.ку} = 360 \text{ А},$$

$$I_{ном.ав} = 630 \text{ А} > I_{ном.розч} = 400 \text{ А}.$$

Приймаю рішення встановити АВ типу ВА57 – 39.

Конденсаторна установка призначена для компенсації реактивної потужності і підвищення коефіцієнта потужності електроустановок промислових підприємств і розподільних мереж і для автоматичного регулювання реактивної потужності в мережах напругою 0.4 кВ частоти 50

Гц. Конденсаторні установки призначені для роботи в закритих приміщеннях або на відкритих майданчиках (в залежності від виконання згідно ГОСТ 15150-69) в наступних умовах:

- інтервал температур від мінус 20 до плюс 40 градусів С;
- відносна вологість повітря до 80% при температурі 20 градусів С;
- висота над рівнем моря не більше 1000 м;
- навколишнє середовище вибухобезпечне, не містить струмоведаючої пилу, агресивних газів і парів в концентраціях, що руйнують метали і ізоляцію.

- Конденсатори мають вбудовані розрядні резис
- Установки забезпечують зручне підключення кабелю з введенням як зверху, так і знизу, а також шинний вхід зверху. Установки призначені для одностороннього обслуговування. В установках є болт для приєднання переносного заземлення. Контактні з'єднання відповідають вимогам ГОСТ 10434-82. Установки оснащені регулятором PIC-KVAR для автоматичного регулювання включення секцій конденсаторних батарей. Захист від струмів короткого замикання в установках здійснюється: плавкими запобіжниками і автоматами захисту в ланцюгах підключення конденсаторів і автоматом захисту в ланцюгах управління пускачами. Установки мають сигнальні індикатори, що вказують наявність напруги на них і індикатори, що вказують про включення кожної щаблі регулювання, розташовані на панелі керування регулятора. Для створення захисного розриву ланцюга при проведенні ремонтних робіт на місці експлуатації в установках встановлений рубильник - запобіжник FA. Для включення і відключення конденсаторів в установках застосовані пускачі типу КМІ (або CNK). Регулятор забезпечує роботу установки в режимі автоматичного або ручного управління. Вибір режиму управління

здійснюється кнопкою, розташованої на передній панелі регулятора. В режимі автоматичного управління, при зміні значення реактивної потужності, регулятор робить включення і відключення ступенів регулювання автоматично із заданою витримкою часу. У режимі ручного керування включення і відключення робиться вручну натисканням відповідних кнопок на панелі регулятора. Включення і відключення здійснюється з витримкою часу в діапазоні 15-300 с. При включенні і відключенні ступенів установок здійснюється світлова індикація світлодіодами, розташованими на лицьовій панелі регулятора.

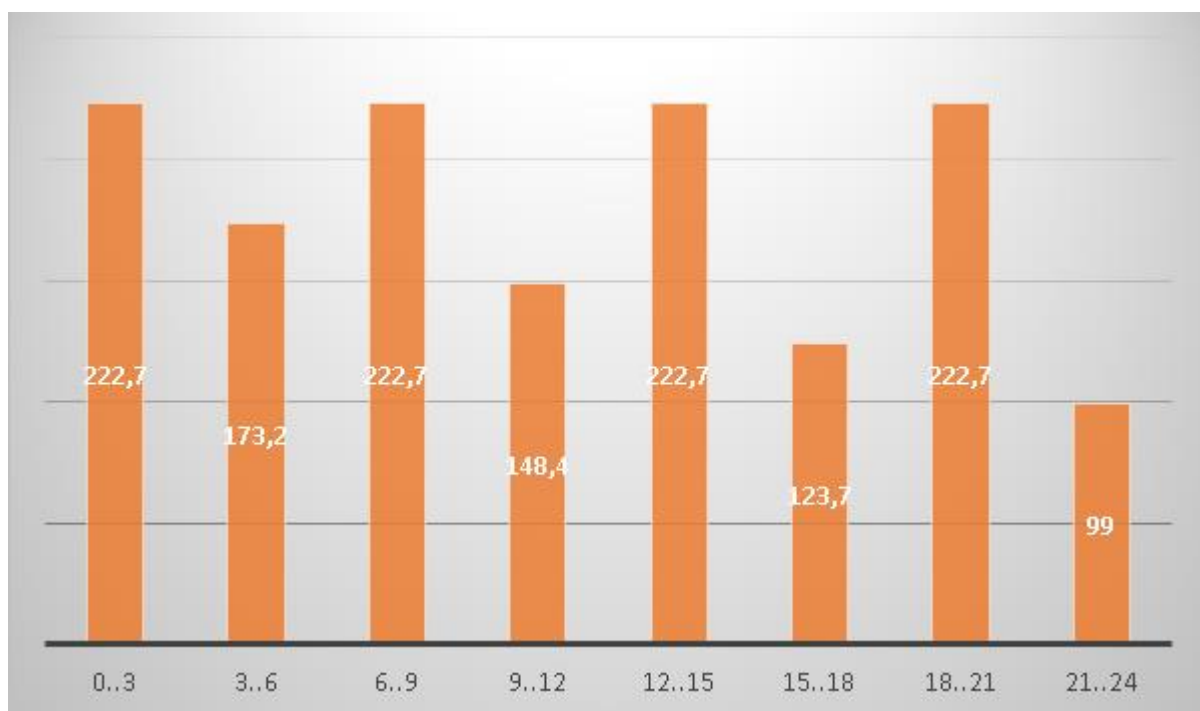


Рис.2 Добовий графік зміни реактивної потужності

Графік зміни реактивної потужності впродовж робочого дня.

t , год	$\frac{U_t}{U_n} * 100 , \%$	$U_t, \text{В}$
0 - 3	90	222.7
3 - 6	70	173.2

6 - 9	90	222.7
9 - 12	60	148.4
12 - 15	90	222.7
15 - 18	50	123.7
18 - 21	90	222.7
21 - 24	40	99

Табл.7

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

Вибір схеми внутрішнього електропостачання інструментального цеху в першу чергу залежить від кількості електроприймачів , їх територіального розміщення , їх потужностей , вимог до безперебійності (тобто , в залежності від того , яка категорія електроприймачів , будуть і прийматись відповідні рішення щодо типу електропостачання (радіальна , магістральна чи змішана) .

Згідно з завдання дипломного проекту , для інструментального цеху прийнята категорія електроприймачів 2 – га , а це означає що безперебійність повинна бути забезпечена на високому рівні , і забезпечене відповідне резервування від незалежних джерел живлення в разі виникнення аварійної ситуації .

Так як електроприймачів 2 – гої категорії надійності – пристрій АВР застосовувати не обов'язково , але потрібно забезпечити швидке відновлення подачі електроенергії диспетчерським чи чергуючим персоналом .

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

Цехову трансформаторну підстанцію слід обирати виходячи з того , де зосереджене основне навантаження , яка відстань до цього навантаження , допустима втрата напруги в лінії живлення , розміри приміщення , щоб мати змогу зробити висновок , чи можливо встановити КТП безпосередньо в цеху і чи не заважатиме вона технологічному процесу і внутрішньоцеховому переміщенню .

Виходячи з генплану інструментального цеху , розмірів цеху , висоти цеху яка дорівнює 4 метра , я обираю прибудовану трансформаторну підстанцію як цехову . Інші варіанти можуть показати погані техніко – економічні показники або ж вразі встановлення всередині цеху , заважатиме внутрішньоцеховому переміщенню так як загальна площа цеху невелика.

3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Як згадувалось , цех відноситься до 2-гої категорії надійності електроприймачів отже , живлення мережі цеху здійснюватиметься від двох трансформаторів .

Обрахуємо значення бажаної потужності трансформатора :

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

$\beta_T = 0.85$ – прийняте значення коефіцієнта завантаження для 2-ої категорії.

На шинах НН ми компенсуємо всю реактивну потужність встановивши УКМ58 – 0.4 – 250 – 25У1 , тому :

$$S_p \approx P_p = 375.4 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Тоді :

$$S_{\text{тр баж}} = \frac{P_p}{\beta_T} = \frac{375.4}{0.85} = 441.65 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Обираємо і перевіряємо трансформатор за нижченаведеною умовою:

$$S_{\text{ном тр}} \geq S_{\text{тр баж}}$$

$$S_{\text{тр ном}} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А} > S_{\text{тр баж}} = 441.65 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Обираю два трансформатора типу ТМ – 630/10 для встановлення в ТП.

Сумарна потужність обраних і встановлених трансформаторів:

$$S_{\Sigma \text{тр ном}} = n * S_{\text{тр ном}} = 2 * 630 = 1260 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Знайдемо дійсні коефіцієнти завантаження в режимі роботи двох трансформаторів і одного :

$$\beta_{\text{т.норм}} = \frac{S_p}{n * S_{\text{тр ном}}} = \frac{375.4}{2 * 630} = 0,3$$

$$\beta_{\text{т.ав}} = \frac{S_p}{n * S_{\text{тр ном}}} = \frac{375.4}{1 * 630} = 0,6 .$$

Враховуючи те , що трансформатори недовантажені , доцільніше взяти трансформатори , які будуть більш завантаженіші і їх втрати при цьому будуть менші .

Обираю два трансформатора типу ТМ – 400/10 для встановлення в ТП.

Сумарна потужність обраних і встановлених трансформаторів:

$$S_{\Sigma \text{тр ном}} = n * S_{\text{тр ном}} = 2 * 400 = 800 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Знайдемо дійсні коефіцієнти завантаження в режимі роботи двох трансформаторів і одного :

$$\beta_{\text{т.норм}} = \frac{S_p}{n * S_{\text{тр ном}}} = \frac{375.4}{2 * 400} = 0,47$$

$$\beta_{\text{т.ав}} = \frac{S_p}{n * S_{\text{тр ном}}} = \frac{375.4}{1 * 400} = 0,94 .$$

Тобто аналізуючи отримані значення , один трансформатор тягне все навантаження цеху без перевантаження своєї потужності вище 5 % .

На ТП встановлюю два трансформатори типу ТМ – 400/10.

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 – 400/10	400	10	0.4	1.05	5.5	4.5	2.1

Табл.8

Обрахуємо величину втрат потужностей в ТМ – 400/10:

$$\Delta Q_{\text{х}} = S_{\text{ном.тр.}} * \frac{I_{\text{х}}}{100} = 400 * \frac{2.1}{100} = 8.4 \text{ квар};$$

$$\Delta Q_{\text{к}} = S_{\text{ном.тр.}} * \frac{U_{\text{к}}}{100} = 400 * \frac{4.5}{100} = 18 \text{ квар.}$$

Втрат активної потужності в одному трансформаторі :

$$\Delta P_{\text{х.}}^{\cdot} = \Delta P_{\text{х}} + k_e * \Delta Q_{\text{х}} = 1.05 + 0.05 * 8.4 = 1.47 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{к.}}^{\cdot} = \Delta P_{\text{к}} + k_e * \Delta Q_{\text{к}} = 5.5 + 0.05 * 18 = 6.4 \text{ кВт},$$

3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв

Для живлення електроприймачів потрібно встановити СП (силові пункти) і РП(розподільчі пункти) . Тип і види цих РП і СП залежать від номінальних і розрахункових струмів електроприймачів , кількості приєднань , необхідно захисного апарату (плавкий запобіжник чи автоматичний вимикач).

Перевагу віддаємо автоматичним вимикачам , так як вони забезпечують захист від перевантажень і струмів коротких замикань , і при їх спрацюванні не потрібно замінювати їх (якщо вони підібрані правильно і струми КЗ не пошкодили їх) що дозволяє в досить короткий час відновити живлення електроприймача чи групи електроприймачів.

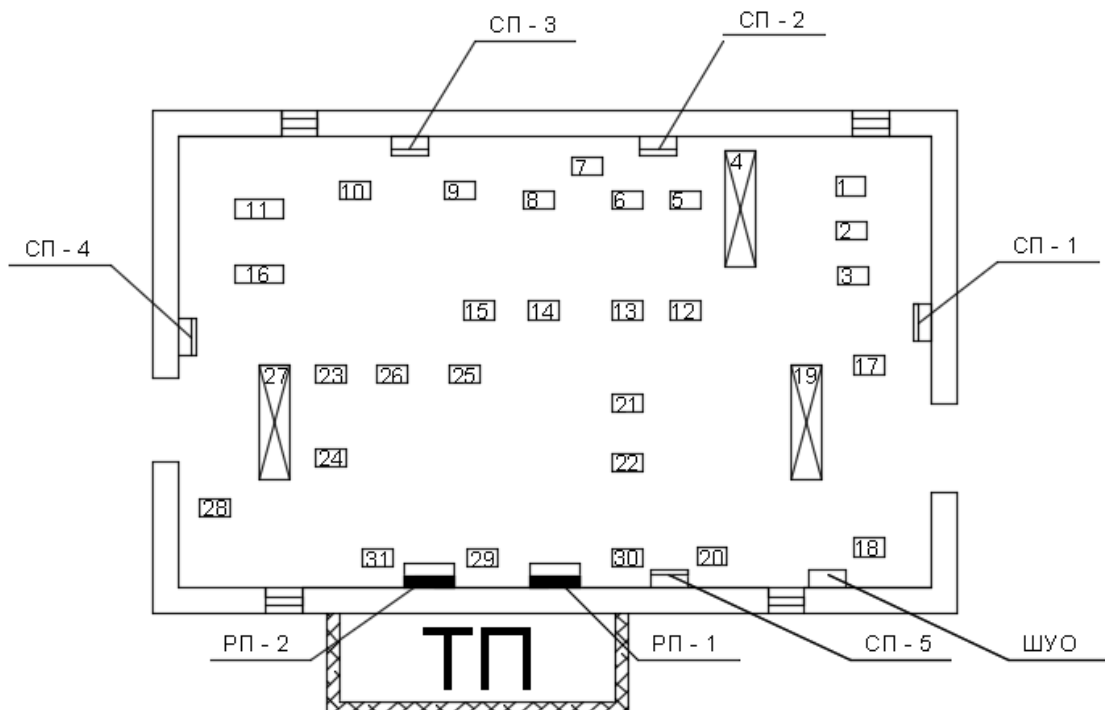


Рис.3 Розміщення РП і СП в інструментальному цеху

В цеху встановлені СП типу СПА – 77 в кількості 5-ти шкафів і РП типу ЩО – 99 в кількості 2-ох шкафів , і шафа управління освітленням (ШУО) в кількості однієї штуки.

Вибиремо ШУО за наступними відомими значеннями:

$$S_{p.осв.} = 6.04 \text{ кВ} * \text{А} ;$$

$$I_{p.осв.} = 8.72 \text{ А}.$$

$$U_{ном} = 0.4 \text{ кВ}.$$

Встановлюю в цеху шкаф для освітлення типу ШУО – 63 УЗ , де :

63 – номінальний струм шкафа , А ;

У – помірний ;

3 – встановлення в приміщенні.

Технічні і габаритні дані шкафа наступні :

Тип шкафа	Номінальний струм шкафа , А	Кількість відхідних ліній	Тип комутаційних апаратів	Габарити , мм			Вага , кг
				Висота	Довжина	Ширина	
ШУО – 63 – 24 – 31 УЗ	63	6 x ППН - 33	ПМА 4100	1400	600	300	12

Табл.11

3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних ліній

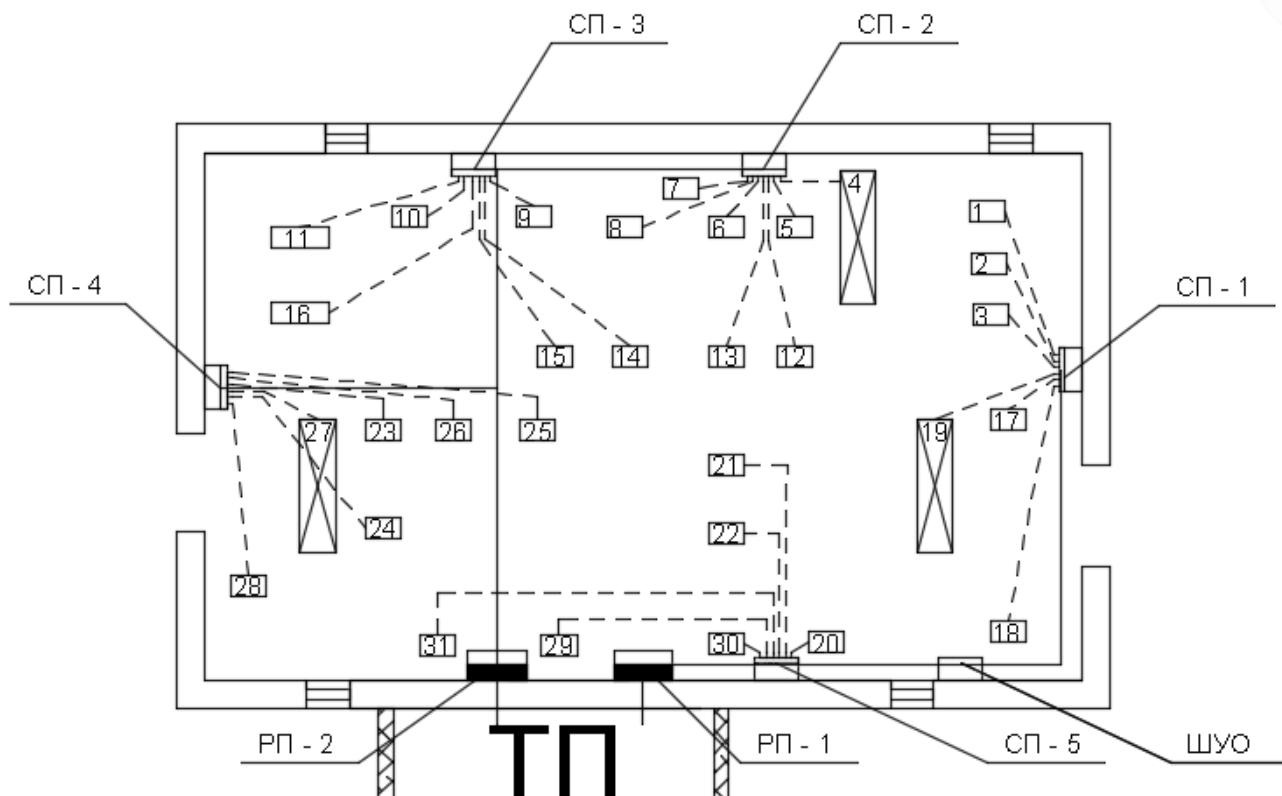


Рис.4 Траси та способи прокладення

На рис.4 зображено траси та способи їх прокладення (штрих – пунктирна лінія – прокладка виконується в бетонній підлозі в сталевій трубі, суцільна лінія – прокладка по лотку на висоті 3,5 метра від рівня підлоги).

Прокладка по лотку, в даному випадку, здійснюється від РП до СП, прокладка в трубах – від СП до електроприймача.

Початок лінії живлення	Електроприймач	Спосіб прокладення траси	Довжина траси	$\frac{I_{\text{ном.ав.}}}{I_{\text{ном.розч}}}$, А	Резервні приєднання
СП – 1 СПА – 77 – 9У3	1	в трубі	5.5	160/40	1
	2		3.72	160/160	
	3		2.5	160/160	
	17		2	250/200	
	18		8.2	160/125	
	19		4.5	160/40	
СП – 2 СПА – 77 – 8У3	4	в трубі	2.1	160/40	1
	5		1.5	160/160	
	6		1.7	160/100	
	7		1.7	160/40	
	8		4.3	160/160	
	12		6	160/25	
	13		6.1	160/25	
СП – 3 СПА – 77 – 5У3	9	в трубі	2	63/32	2
	10		2	63/40	
	11		5.6	63/10	
	14		8.8	63/25	
	15		6.7	63/32	
	16		7.6	63/10	
СП – 4 СПА – 77 - 8У3	23	в трубі	5.9	160/16	2
	24		6	160/16	
	25		12.7	160/100	
	26		8.2	160/40	
	27		3.4	160/40	

	28		6	160/125	
СП – 5 СПА – 77 – 7У3	20	по лотку	1.5	100/40	2
	21		7.4	100/16	
	22		5.5	100/16	
	29		8.1	100/100	
	30		1.5	100/40	
	31		13	100/40	
РП – 1 ЩО 99 2307	СП - 5		7.6	630/160	0
	СП – 1		27.2	630/300	
	ШУО		14	63/10	
РП – 2 ЩО 99 2307	СП – 2	по лотку	29.3	630/200	0
	СП – 3		20.5	630/50	
	СП - 4		21	630/200	
ТП – 1 Ш – 0.4 – Л304	РП - 1	безпосередньо в земляній траншеї	4	630/500	2
ТП – 2 Ш – 0.4 – Л304	РП - 2		4	630/500	2

Табл.12

Автоматичні вимикачі підбирались заздалегідь , так як потрібно було обрати типи СП та РП .

3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній

Обирати кабелі з матеріалом жил будемо згідно з завданням дипломного проекту, а саме – провідниковий матеріал алюміній.

Застосуємо в цеху схему захисного заземлення TN – C – S, яка означає, що від джерела живлення відходить 4 жили, 3 фази і один PEN провідник, а вже впродовж траси, PEN жила поділяється на PE і N провідники. Цей поділ ми будемо виконувати в СП, тобто від РП до СП йде кабель з 4-ма жилами, а від СП до електроприймача – з 5-ма жилами.

Для прокладки обираю кабель марки АВВГнг – LS (ПВХ ізоляція кабеля і жил, не підтримує горіння при груповій прокладці, низьке димо – газовиділення при горінні).

Паралельно з визначенням перерезі і кількості кабелів, будемо визначати й переріз труб (для прокладки в трубах).

Переріз провідників визначають за наступною умовою:

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

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

k_3 - кратність струму відносно струму розчіплювача апарата захисту;

I_3 – струм розчіплювача АВ.

Визначимо кабель і переріз від СП – 1 до вентилятора калориферів (1)

:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1.0 * 40}{1} = 50 \text{ А,}$$

Обираємо кабель 5 х ВВГнг – LS – 1 х 16.

Прийmemo групу складності , при розрахуванні діаметру труби, – В.

Тоді внутрішній діаметр труби обраховується:

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

D – внутрішній діаметр труби , мм ;

d – зовнішній діаметр кабеля ;

$n_{\text{пр}}$ – кількість кабелів в прокладеній трубі.

$$D \geq 1.35 * (d * n_{\text{пр}}) = 1.35 * 7.8 * 5 = 52.65 \text{ мм.}$$

Обираю сталю водогазопровідну трубу з умовний внутрішнім діаметром 50 мм.

Складемо таблицю марки і переріз кабельних трас.

Лінія	$I_p, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	Тип , марка	Переріз , мм ²	Кількість жил кабелів	Умовний діаметр труби , $d_{\text{ум}}$
СП1-1	36.1	40	55	АВВГнг-LS	10	5	50
СП1-2	154.6	160	175	АВВГнг-LS	95	5	125
СП1-3	154.6	160	175	АВВГнг-LS	95	5	125
СП1-17	176.02	200	200	АВВГнг-LS	120	5	150
СП1-18	124.02	125	140	АВВГнг-LS	70	5	100
СП1-19	32.48	40	55	АВВГнг-LS	10	5	50
СП2-4	32.48	40	55	АВВГнг-LS	10	5	50
СП2-5	150.35	160	175	АВВГнг-LS	95	5	125
СП2-6	89.26	100	120	АВВГнг-LS	50	5	100
СП2-7	36.1	40	55	АВВГнг-LS	10	5	50

СП2-8	150.35	160	175	ABBГ _{HR} -LS	95	5	125
СП2-12	21.05	25	27	ABBГ _{HR} -LS	5	5	32
СП2-13	21.05	25	27	ABBГ _{HR} -LS	5	5	32
СП3-9	30.07	32	37	ABBГ _{HR} -LS	8	5	40
СП3-10	36.1	40	55	ABBГ _{HR} -LS	10	5	50
СП3-11	9.02	10	19	ABBГ _{HR} -LS	2.5	5	32
СП3-14	21.05	25	27	ABBГ _{HR} -LS	5	5	32
СП3-15	30.07	32	37	ABBГ _{HR} -LS	8	5	40
СП3-16	9.02	10	19	ABBГ _{HR} -LS	2.5	5	32
СП4-23	13.2	16	19	ABBГ _{HR} -LS	2.5	5	32
СП4-24	13.2	16	19	ABBГ _{HR} -LS	2.5	5	32
СП4-25	92.2	100	120	ABBГ _{HR} -LS	50	5	100
СП4-26	35.2	40	55	ABBГ _{HR} -LS	10	5	50
СП4-27	32.5	40	55	ABBГ _{HR} -LS	10	5	50
СП4-28	124.04	125	140	ABBГ _{HR} -LS	70	5	100
СП5-20	36.08	40	55	ABBГ _{HR} -LS	10	5	50
СП5-21	13.2	16	19	ABBГ _{HR} -LS	2.5	5	32
СП5-22	13.2	16	19	ABBГ _{HR} -LS	2.5	5	32
СП5-29	89.26	100	120	ABBГ _{HR} -LS	50	5	100
СП5-30	35.2	40	55	ABBГ _{HR} -LS	10	5	50
СП5-31	36.08	40	55	ABBГ _{HR} -LS	10	5	50
РП1-СП5	152.4	160	165	ABBГ _{HR} -LS	50	4	-
РП1-СП1	300	300	340	ABBГ _{HR} -LS	150	4	-
РП1-ШУО	8.72	10	21	ABBГ _{HR} -LS	2	4	-
РП2-СП2	195.9	200	210	ABBГ _{HR} -LS	70	4	-
РП2-СП3	47.5	50	60	ABBГ _{HR} -LS	10	4	-

РП2-СП4	192.7	200	210	АВВГнг-LS	70	4	-
ТП1-РП1	452.4	500	520	ААБ	150	4	-
ТП2-РП2	436.1	500	520	ААБ	150	4	-

Табл.13

Для живлення РП від ТП використовуємо кабель типу ААБ (алюмінієві жили , алюмінієва оболонка , броньований , паперова просочена маслоканіфольної та нестікаючою масами ізоляцією) .

В цеху наявні рухомі електроприймачі , тому безпосередньо біля них буде виконуватись перехід з кабеля АВВГнг – LS на кабель типу АКВВГ для забезпечення їх живлення безпосередньо при їх русі .

4 .Розрахунок струмів короткого замикання

та вибір електричних апаратів

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

З моменту виникнення КЗ до його припинення в короткозамкненому колі протікає перехідний процес, що характеризується наявністю двох складових струмів КЗ - періодичної (коливальної) і аперіодичної.

Діюче значення повного струму короткого замикання для довільного моменту часу t визначається відповідними складовими - періодичної $i_{пт}$ і аперіодичної $i_{ат}$.

Періодична складова струму змінюється за гармонійною кривою відповідно до синусоїдальної ЕРС генератора. Аперіодична - визначається характером загасання струму КЗ, що залежить від активного опору кола і обмоток статора генератора. У колі напругою вище 1000 В, де значення активного опору мале, час загасання аперіодичної складової становить 0,15–0,2 с.

4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

Перед розрахунком струмів коротких замикань , необхідно визначити точки в яких буде найтяжчий режим короткого замикання. Тому для розрахунку точок короткого замикання обираємо наступні місця :

шини НН ТП;

на вводі в РП - 1;

на вводі в РП – 2;

на вводі найзавантаженішого СП , що живиться від РП – 1 (це СП – 1);

на вводі найзавантаженішого СП , що живиться від РП – 2 (це СП – 2);

на затискачах найпотужнішого електроприймача , що отримує живлення від СП – 1 (це механічні двері (17));

на затискачах найпотужнішого електроприймача , що отримує живлення від СП – 2 (це вертикально – свердлильний станок (5)).

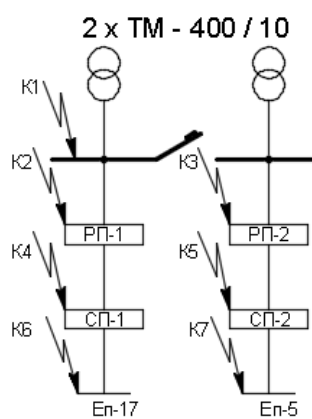


Рис.4 Схематичне зображення місць КЗ

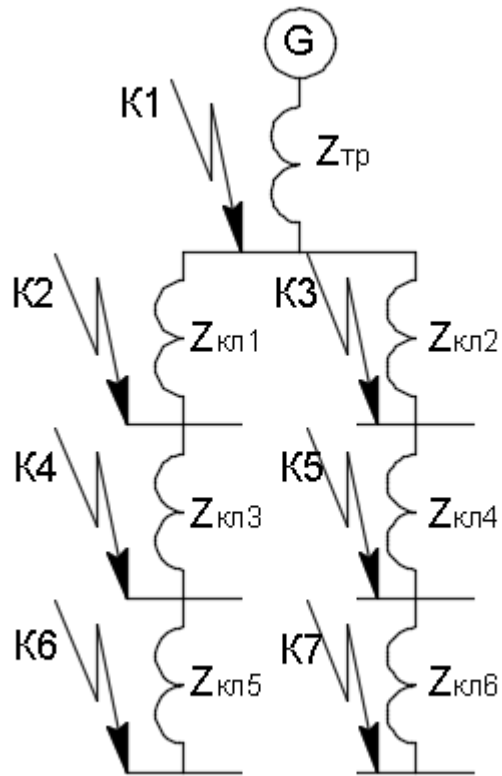


Рис.5 Схема заміщення опорів

Розрахуємо величину струму короткого замикання для точки К1.

Опір системи за відомим струмом К3 на шинах ТП ВН :

$$I_{кзВН} = 12 \text{ кА.}$$

Опір системи :

$$x_c = \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_{6ВН} * I_{кзВН}} = \frac{10}{10.5 * \sqrt{3} * 12} = 0.046,$$

$$U_{6ВН} = 10.5 \text{ кВ.}$$

$$S_6 = 10 \text{ МВ * А;}$$

$$U_{6НН} = 0.4 \text{ В.}$$

Опір обмоток трансформатора ТМ –630/6 :

$$x_T = \frac{U_K, \%}{100} * \frac{S_6}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{4.5}{100} * \frac{10}{0.63} = 0.714.$$

Загальний опір для точки К1:

$$x_{\text{заг}} = x_c + x_T = 0.046 + 0.714 = 0.76.$$

Струм КЗ в точці К1 :

$$I_{0.0}^K = \frac{1}{x_{\text{заг}}} * \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} = \frac{1}{0.76} * \frac{10}{\sqrt{3} * 0.4} = 19 \text{ кА.}$$

Аперіодична складова :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^K * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 19 * e^{-\frac{0.025}{0.025}} = 9.9 \text{ кА,}$$

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

$$\tau_p = \tau_{\text{р.з.мін}} + \tau_{\text{о.р.}} = 0.01 + 0.015 = 0.025 \text{ с,}$$

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

Ударний коефіцієнт при ударному струму :

$$K_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0.01}{0.025}} = 1.67.$$

Ударний струм :

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} * I_{0.0}^K * K_{\text{уд}} = \sqrt{2} * 19 * 1.67 = 44.87 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс :

$$B_k = (I_{0.0}^K)^2 * (\tau_k + T_a) = 19^2 * (0.2 + 0.025) = 16.25 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Точка К2.

Точка К2 – це ввід РП – 1 .

До Р –1 від ТП–1 прокладений кабель 4 х ААБ – 1 х 150 довжиною 4 м.

Погонні опори даного кабеля :

$$r_0 = 0.208 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.0569 \text{ Ом/км} .$$

Дійсні значення опорів кабелю враховуючи його довжину :

$$x_{\text{кл}} = \frac{x_0 * l * S_6}{U_{\text{ном}}^2} = \frac{0.0569 * 0.004 * 10}{0.4^2} = 0.002,$$

$$r_{\text{кл}} = \frac{r_0 * l * S_6}{U_{\text{ном}}^2} = \frac{0.208 * 0.004 * 10}{0.4^2} = 0.009.$$

Повний опір:

$$Z_{\text{кл}} = \sqrt{r_{\text{кл}}^2 + x_{\text{кл}}^2} = \sqrt{0.009^2 + 0.002^2} = 0.01.$$

Сума опорів :

$$x_{\text{загК2}} = x_{\text{заг}} + Z_{\text{кл}} = 0.76 + 0.01 = 0.77.$$

Струм К3 у точці К2:

$$I_{0.0}^{\text{К3}} = \frac{1}{x_{\text{загК2}}} * \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} = \frac{1}{0.77} * \frac{10}{\sqrt{3} * 0.4} = 18.75 \text{ кА}.$$

Аперіодична складова :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{\text{К3}} * e^{-\frac{\tau_{\text{ПВ}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 18.75 * e^{-\frac{0.025}{0.025}} = 9.76 \text{ кА},$$

Ударний струм точки К2:

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{Кз} * K_{уд} = \sqrt{2} * 18.75 * 1.67 = 44.28 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс в точці К2:

$$B_k = (I_{0.0}^{Кз1})^2 * (\tau_k + T_a) = 18.75^2 * (0.2 + 0.025) = 15.8 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Розрахуємо інші точки і занесемо відповідні результати в таблицю.

Розрахункова точка КЗ	$x_{заг, в.о.}$	$I_{0.0}, \text{кА}$	$K_{уд}$	$I_{уд}, \text{кА}$	$I_{апр}, \text{кА}$	$T_a, \text{с}$	$B_k, \text{кА}^2 * \text{с}$
К1	0.75	19	1.67	44.87	9.9	0.025	16.25
К2	0.76	18.75		44.28	9.76		15.8
К3	0.76	18.75		44.28	9.76		15.8
К4	0.822	17.6		41.47	9.14		13.88
К5	0.903	16		37.75	8.32		11.5
К6	0.829	17.41		41.12	9.06		13.64
К7	0.908	15.9		37.54	8.27		11.37

Табл.14

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

Перевірка здійснюється за наступними умовами :

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

Виконаємо вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 4 х ААБ – 1 х 150 , що встановлюється на ТП .

ВА57-39		
$U_{\text{ном.ав}} = 660 \text{ В}$	>	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{ном.розч.}} = 500 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном}} = 452.4 \text{ А.}$
$I_{\text{ном.ав.}} = 630 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном.розч.}} = 500 \text{ А}$
$I_{\text{спрац.}} = 2000 \text{ А}$	>	$1.25 * I_{\text{пik.}} = 1720.08 \text{ А}$
$I^{(3)}_{\text{к}} = 19 \text{ кА}$	>	$I_{\text{max.вимик.}} = 40 \text{ кА}$
$i_{\text{ел.дин.}} = 40 \text{ кА.}$	>	$i_{\text{уд.}} = 37.54 \text{ кА}$

Табл.15

Вибір ввідного АВ на ТП для окремо кожного трансформатора:

ВА53-41		
$U_{\text{ном.ав}} = 440 \text{ В}$	>	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{ном.розч.}} = 1000 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном}} = 888.5 \text{ А}$
$I_{\text{ном.ав.}} = 1000 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном.розч.}} = 1000 \text{ А}$
$I_{\text{спрац.}} = 2500 \text{ А}$	>	$1.25 * I_{\text{пик.}} = 1720.08 \text{ А}$
$I_{\text{к}}^{(3)} = 19 \text{ кА}$	>	$I_{\text{тах.вимик.}} = 135 \text{ кА}$
$i_{\text{ел.дин.}} = 40 \text{ кА}$	>	$i_{\text{уд.}} = 37.54 \text{ кА}$

Табл.16

Місце встановлення	Номинальний струм АВ	Номинальний струм розчіплювача	Розрахунковий струм	Тип та марка
ТП - 1	1000	1000	888.5	ВА53-41
	630	500	452.4	ВА57-39
ТП - 2	1000	1000	888.5	ВА53-41
	630	500	436.1	ВА57-39
РП-1	630	500	452.4	ВА57-39
	630	160	152.4	ВА57 -39
	250	300	300	ВА57 -39
	63	10	8.72	ВА21-29
РП-2	630	500	436.1	ВА57-39
	630	200	195.9	ВА57-39

	630	50	47.5	BA57-39
СП - 1	250	200	176.02	A3726Б
	160	160	154.6	A3716Б
	160	125	124.02	A3716Б
	160	40	36.1	A3716Б
СП - 2	160	160	150.35	A3716Б
	160	100	89.26	A3716Б
	160	40	36.1	A3716Б
	160	25	21.05	A3715Б
СП - 3	63	40	36.1	AE2046
	63	32	30.07	AE2046
	63	25	21.05	AE2046
	63	19	9.05	AE2046
СП - 4	160	125	124.04	A3716Б
	160	100	92.2	A3716Б
	160	40	35.2	A3716Б
	160	16	13.2	A3715Б
СП - 5	100	100	89.26	AE2046
	100	40	36.08	AE2056
	100	16	13.2	AE2056

Табл.17

Обираємо і обираємо рубильники вхідних і відхідних ліній для розподільчих і силових пунктів за наступними умовами :

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

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

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

Оберемо рубильники для силових пунктів .

№ СП	Тип рубильника	$I_{\text{ном.р.}}, \text{A}$	$U_{\text{ном.р.}}, \text{кВ}$	$U_{\text{ном.м}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном.л.}}, \text{A}$
1	ВР32 - 400	400	400	380	300
2	ВР32 - 400	400	400	380	195.9
3	ВР32 - 400	400	400	380	47.5
4	ВР32 - 400	400	400	380	192.7
5	ВР32 - 400	400	400	380	152.4

Табл.18

Для РП.

№ СП	Тип рубильника	$I_{\text{ном.р.}}, \text{A}$	$U_{\text{ном.р.}}, \text{кВ}$	$U_{\text{ном.м}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном.л.}}, \text{A}$
РП - 1	РЕ19 - 39	630	1000	380	300
	РЕ19 - 41	1000	1000	380	452.4
РП - 2	РЕ19 - 39	630	1000	380	195.9
	РЕ19 - 41	1000	1000	380	436.1

Табл.19

Визначимо для вентиляторів магнітні пускачі згідно з наступними умовами:

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

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

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

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

Розраховуємо і підбираємо магнітні пускачі для вентиляторів калориферів з номінальною потужністю по 16 кВт кожен.

Параметри пускача	Умови	Параметри двигуна
$U_{\text{ном.пуск.}} = 380 \text{ В}$	=	$U_{\text{двиг.}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{ном.пуск.}} = 40 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном.дв.}} = 36.08 \text{ А}$
$P_{\text{ном.пуск.}} = 18.5 \text{ кВт}$	>	$P_{\text{ном.дв.}} = 16 \text{ кВт}$
$I_{\text{РТ}} = (12 \div 18) \text{ А}$	=>	$I_{\text{ном.дв.}} = 36.08 \text{ А}$

Табл.20

ПММ – 4/40 , РТ 2М – 80в.

Розраховуємо і підбираємо магнітні пускачі для вентиляторів калориферів дверей з номінальною потужністю по 55 кВт кожен.

Параметри пускача	Умови	Параметри двигуна
$U_{\text{ном.пуск.}} = 380 \text{ В}$	=	$U_{\text{двиг.}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{ном.пуск.}} = 125 \text{ А}$	>	$I_{\text{ном.дв.}} = 124.04 \text{ А}$
$P_{\text{ном.пуск.}} = 55 \text{ кВт}$	=	$P_{\text{ном.дв.}} = 55 \text{ кВт}$
$I_{\text{РТ}} = (100 \div 160) \text{ А}$	=>	$I_{\text{ном.дв.}} = 124.04 \text{ А}$

Табл.21

ПММ – 5/125 , РТ 2М – 200а.

4.3. Вибір електричних апаратів РП - 10 кВ

Підбір комутаційної і захисної апаратури на високовольтній стороні ТП виконується згідно зі значеннями розрахункових струмів і струмів коротких замикань поблизу місця встановлення цієї апаратури.

Обирати і встановлювати ми будемо маломасляні високовольтні вимикачі та високовольтні роз'єднувачі .

Для того щоб обрати комутаційну апаратуру , розрахуємо значення повного струму на стороні ВН трансформаторної підстанції з врахування втрат в ньому і врахування приєднаних до шин ВН асинхронних двигунів .

Для початку , знайдемо втрати в трансформаторі :

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 8.4 + 18 = 26.4 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 1.47 + 6.4 = 7.87 \text{ кВт}.$$

Повні втрати в трансформаторі :

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{7.87^2 + 26.4^2} = 27.55 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Характеристики підключених до ВН ТП асинхронних двигунів:

Тип	Напруга	Кількість	Потужність	Коефіцієнт завантаження	Відстань від РП ВН
АД	10 кВ	4	800 кВт	0.75	300 м

Табл.22

Реактивна потужність двигуна :

$$Q_{AD} = P_{AD} * tg\varphi = 800 * 0.484 = 387.2 \text{ квар},$$

при $\cos\varphi = 0.9$.

Повна потужність одного асинхронного двигуна з врахуванням його коефіцієнта завантаження:

$$S_{AD} = \sqrt{(\beta_{0.75} * P_{AD})^2 + (\beta_{0.75} * Q_{AD})^2} = \sqrt{(0.75 * 800)^2 + (0.75 * 387.2)^2} \\ = 666.6 \text{ кВ} * \text{А}$$

Сумарна потужність всіх АД :

$$n * S_{AD} = 4 * 666.6 = 2666.4 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Всі необхідні дані розраховані , знайдемо повну потужність , що протікає по лінії живлення шин ТП ВН :

$$S_{p,10кВ} = \Delta S + S_{AD} + S_p = 27.55 + 2666.4 + 449.6 = 3143.6 \text{ кВ} * \text{А},$$

де S_p – взяте без врахування повної компенсації на шинах НН ТП , так як при виходу з ладу КУ , по лінії піде струм перевантаження , який лінія не витримає і вийде з ладу.

Живити асинхронні двигуни ми будемо двома паралельно прокладеними кабельними лініями , так як категорія надійності цього вимагає (живлення від двох незалежних джерел , в ролі незалежних джерел виступають шини ВН ТП , які розділені на секції) .

Струм нормального режиму АД :

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{AD}}{n * \sqrt{3} * U_M} = \frac{666.6}{2 * \sqrt{3} * 10} = 19.24 \text{ А}.$$

Струм максимального режиму АД :

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{сд}}}{(n - 1) * \sqrt{3} * U_{\text{м}}} = \frac{666.6}{1 * \sqrt{3} * 10} = 38.5 \text{ А.}$$

Площа поперечного перерізу кабельної лінії до АД :

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{19.24}{1.4} = 13.74 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}}$ – економічно вигідна густина струму , обирається в залежності від матеріалу провідника і від максимуму навантаження за рік , для нашого варіанту максимум дорівнює 3000 години , матеріал жил – алюміній.

Згідно зі значенням $S_{\text{ек}}$, обираємо для прокладання в землі кабель АСБ – 3 х 16 .

В високовольтних мережах , на відміну від низьковольтних , перевірка обраних кабельних ліній виконується за наступною формулою :

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп.каб.}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 75 * \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 70.71 \text{ А,}$$

де $t_{\text{доп}}$ – максимальна тривалодопустима температура для кабеля напругою 10 кВ.

$t_{\text{опт}}$ – температура , яка є оптимального для обраного навколишнього середовища , (прокладання в землі).

Порівнюємо отримане значення $I_{\text{доп}}'$ з максимальним значенням струму , що протікатиме по кабельній лінії :

$$I_{\text{доп}}' > I_{\text{макс}}$$

$$70.71 \text{ A} > 38.5 \text{ A}.$$

Тому приймаємо кабель АСБ – 3 х 16 .

Знайдемо значення струмів нормального і максимального режимів в приєднанні живлячої лінії до шин ТП ВН :

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{р.10кВ}}}{n * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{3143.6}{2 * \sqrt{3} * 10} = 90.75 \text{ A},$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{р.10кВ}}}{(n - 1) * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{3143.6}{1 * \sqrt{3} * 10} = 181.5 \text{ A}.$$

Площа поперечного перерізу кабельної лінії до АД :

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{90.75}{1.4} = 64.82 \text{ мм}^2.$$

Згідно зі значенням $S_{\text{ек}}$, обираємо для прокладання в землі кабель АСБ – 3 х 95 .

Виконаємо наступну перевірку:

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп.каб.}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 205 * \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 193.3 \text{ A},$$

Оскільки маємо $I_{\text{доп}}' = 169.71 \text{ A} < I_{\text{макс.}} = 237.05 \text{ A}$, то обираємо наступний по номіналу мідний кабель , а сам СБ – 3 х 70 з $I_{\text{доп}} = 215 \text{ A}$ для 10 кВ.

Порівнюємо отримане значення $I_{\text{доп}}'$ з максимальним значенням струму , що протікатиме по кабельній лінії :

$$I_{\text{доп}}' > I_{\text{макс}}$$

$$193.3 \text{ A} > 181.5 \text{ A}.$$

Тому приймаємо кабель АСБ – 3 х 95 .

Розрахуємо значення наступних параметрів короткого замикання на стороні ВН , для підбору і перевірки електричних апаратів 10 кВ:

Обрахуємо для маломасляного високовольтного вимикача $\tau_{пв}$:

$$\tau_{пв} = \tau_{р.з.min} + \tau_{о.р.} = 0.01 + 0.15 = 0.16 \text{ с}.$$

Аперіодична складова :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{кз} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 12 * e^{-\frac{0.016}{0.03}} = 9.96 \text{ кА} .$$

Ударний коефіцієнт :

$$K_{уд} = 1 + e^{-\frac{-0.01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0.01}{0.03}} = 1.72 .$$

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{кз} * K_{уд} = \sqrt{2} * 12 * 1.72 = 29.19 \text{ кА}.$$

Теплови і імпульс :

$$W_k = I_{кз}^2 * (\tau_k + T_a) = 29.19^2 * (0.4 + 0.03) = 366.4 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Перевіримо АСБ – 3 х 16 на допустиму втрату напруги в лінії від РП ВН до АД :

АСБ – 3 х 16 :

$$r_0 = 1.95 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.113 \text{ Ом/км} .$$

Втрати напруги в нормальному режимі :

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 19.24 * (0.9 * 1.95 + 0.436 * 0.113) = 18.04 \text{ В,} \\ \Delta U\% &= \frac{\Delta U}{U_{\text{НОМ}}} * 100\% = \frac{18.04}{10000} * 100 = 0.18 \% < 5\% .\end{aligned}$$

Втрати напруги при максимальному режимі :

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 38.5 * (0.9 * 1.95 + 0.436 * 0.113) = 36.1 \text{ В.} \\ \Delta U\% &= \frac{\Delta U}{U_{\text{НОМ}}} * 100\% = \frac{36.1}{10000} * 100 = 0.361 \% < 5\% .\end{aligned}$$

Лінія живлення СБ – 3 x 95 :

$$r_0 = 0.329 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.083 \text{ Ом/км} .$$

Втрата напруги при живленні в нормальному режимі :

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 90.75 * (0.95 * 0.329 + 0.083 * 0.312) = 16 \text{ В.} \\ \Delta U\% &= \frac{\Delta U}{U_{\text{НОМ}}} * 100\% = \frac{16}{10000} * 100 = 0.16 \% < 5\% .\end{aligned}$$

Втрата напруги при живленні в нормальному режимі :

$$\begin{aligned}\Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.3 * 181.5 * (0.95 * 0.329 + 0.083 * 0.312) = 32 \text{ В.} \\ \Delta U\% &= \frac{\Delta U}{U_{\text{НОМ}}} * 100\% = \frac{32}{10000} * 100 = 0.32 \% < 5\% .\end{aligned}$$

Підберемо для кабельних ліній захисну і комутаційну апаратуру у вигляді високовольтних вимикачів (маломасляних) і роз'єднувачів .

Умови вибору ВВ:

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

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

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

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

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

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

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

Оберемо ВВ типу В4 – 10 для кабельної лінії АСБ – 3 x 95 :

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

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

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

$$630 \text{ А} > 181.5 \text{ А.}$$

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

$$20 \text{ кА} > 12 \text{ кА.}$$

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

$$\sqrt{2} * 20 * \left(1 + \frac{0}{100}\right) = 28.3 \text{ кА} > \sqrt{2} * 12 + 9.96 = 26.93 \text{ кА.}$$

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

$$52 \text{ кА} > 29.19 \text{ кА.}$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}}$$

$$20.4 \text{ кА} > 12 \text{ кА.}$$

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

$$1600 \text{ кА}^2 * \text{с} > 366.4 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Далі , аналогічно обираємо ВВ для кабельної лінії АСБ – 3 х 16 і в коло секційного для шин РП ВН.

Лінія	$U_{\text{ном.мкВ}}$	$U_{\text{ном.ВВкВ}}$	$I_{\text{р.мах, А}}$	$I_{\text{р.ВВ, А}}$	Тип
СБ – 3 х 95	10	10	181.5	630	ВК - 10
СБ – 3 х 16	10	10	38.5	630	ВК - 10
Секційний вимикач	10	10	104.5	630	ВК - 10

Табл.23

Оберемо роз'єднувачі в ті самі приєднання , що і високовольтні масляні вимикачі.

Лінія	$U_{\text{ном.мкВ}}$	$U_{\text{ном.ВВкВ}}$	$I_{\text{р.мах, А}}$	$I_{\text{р.ВВ, А}}$	Тип
СБ – 3 х 95	10	10	181.5	400	РЛНД- 10/400У1
СБ – 3 х 16	10	10	38.5	400	РЛНД- 10/400У1
Секційний вимикач	10	10	104.5	400	РЛНД- 10/400У1

Табл.24

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку

При організації електропостачання підприємств, житлових і комерційних об'єктів, в тих випадках, коли сумарний струм навантаження багаторазово перевищує можливості вузла обліку, або ж необхідно провести облік електроенергії високовольтних споживачів, встановлюються додаткові вузли перетворення - трансформатори струму (ТТ) і напруги (ТН). Вони дозволяють зробити лінійне перетворення і здійснити облік або контроль струму що проходить за допомогою звичайних однофазних або трифазних електророзрахункових пристроїв, амперметрів, а також організувати систему захисту лінії за допомогою них.

При виборі трансформатора потрібно враховувати його місце розташування (закриті або відкриті розподільні установки, вмонтовані системи), а також конструктивні особливості виконання (прохідні, шинні, опорні, роз'ємні).

Прохідний ТТ встановлюють в комплексних РУ і використовують в якості прохідного ізолятора. Опорні використовують для установки на рівній поверхні. Шинний ТТ встановлюється безпосередньо на струмопровідні частини. У ролі первинної обмотки трансформатора виступає ділянку шини. Вбудовані моделі як елемент конструкції, встановлюються в силові трансформатори, масляні вимикачі та ін. Роз'ємні ТТ виконані розбірними для швидкої установки на жили кабелю, без фізичного втручання в цілісність електричних мереж.

Критерії підбору трансформатора струму в первинне коло лінії:

$$1) U_{1\text{НОМ}} \geq U_{\text{НОМ.М.}}$$

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

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

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

$$5) Z_{2\text{НОМ}} \geq Z_2$$

Для встановлення в коло НН трансформатора ТМ – 400 / 10 обираю трансформатор струму ТШ – 066. Виконаємо його перевірку , в вигляді таблиці:

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
ТШ - 066	$U_{1\text{НОМ}} = 0.72\text{кВ}$	\geq	$>$	$U_{\text{НОМ.М}} = 0.38\text{кВ}$
	$I_{1\text{НОМ}} = 1000\text{А}$	\geq	$>$	$I_{\text{р.макс}} = 888.5\text{А}$
	$i_{\text{дин}} = 74.5\text{кА}$	\geq	$>$	$i_{\text{уд}} = 44.87\text{кА}$
	$I_{\tau}^2 * \tau = 6683.5\text{кА}^2 * \text{С}$	\geq	$>$	$B_{\text{к}} = 16.25\text{кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2\text{НОМ}} = 1.2\text{Ом}$	\geq	$>$	$Z_2 = 0.426\text{Ом}$

Табл.25

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

енергії				
Лічильник реактивної енергії	Меркурій 230	2.5	-	2.5
Усього		5.1	-	5

Табл.26

Загальний , сумарний опір приладів:

$$Z_{\Sigma \text{прил}} = \frac{S_{\Sigma \text{прил}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{5.1}{5^2} = 0.204 \text{ Ом}$$

Опір проводів :

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{прил}} - r_{\text{кон}} = 1.2 - 0.204 - 0.05 = 0.946 \text{ Ом} ,$$

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

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

Переріз проводів :

$$S = \frac{\rho * l}{r_{\text{пр}}} = \frac{0.028 * 25}{0.946} = 0.74 \text{ мм}^2 ,$$

де ρ – питомий опір проводу , (для алюмінію $\rho = 0.028 \frac{\text{Ом*мм}^2}{\text{м}}$).

Опір проводів :

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0.028 * 25}{1.5} = 0.47 \text{ Ом} .$$

Загальний , сумарний опір вторинної обмотки:

$$Z_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{прил}} + r_{\text{кон}} = 0.47 + 0.204 + 0.05 = 0.724 \text{ Ом}.$$

Тоді , $Z_{2\text{ном}} \geq Z_2$

$1.2 \text{ Ом} \geq 0.724 \text{ Ом}$, що в межах допустимого значення.

Інші розрахунки підсумовуємо в таблицю.

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	0.72	888.5	1000	ТШ - 066
Секційний вимикач РП НН	0.4	0.72	888.5	1000	ТШ - 066
Від ТП-1 до РП-1	0.4	0.72	452.4	500	ТШ - 066
Від ТП-2 до РП-2	0.4	0.72	436.1	500	ТШ - 066

Табл.27

5 . Якість електричної енергії

Енергетика - основа розвитку господарства. Вона забезпечує технологічні процеси в промисловості, дає тепло і світло людям. Це система галузей, що охоплює паливну промисловість та електроенергетику з їх підприємствами, комунікаціями, системами управління, науково-дослідною базою.

Сучасні електричні мережі характеризуються збільшенням кількості споживачів, які негативно впливають на якість електричної енергії, при одночасному збільшенні споживачів, які ставлять підвищені вимоги до електроенергії. Це вказує на наявність тенденції загострення проблеми забезпечення якості енергії в електричних мережах. Разом з тим великого значення набуває питання застосування енергозберігаючих технологій передачі й розподілу електричної енергії.

Проблеми якості електричної енергії і регулювання напруги тісно пов'язані між собою і в умовах ринкових відносин є особливо актуальними. Практичне вирішення цих задач вимагає аналізу режимів роботи електричних мереж і використовуваних методів та засобів регулювання напруги.

Тому, для аналізу рівня якості напруги на шинах НН ТП потрібно розрахувати дійсний рівень напруги з врахування втрат в лінії і в трансформаторів:

$$U_2^{\text{Пр.}} = U - \Delta U^{\text{Л}} - \Delta U^{\text{ТР}};$$

де $U_2^{\text{Пр}}$ – напруга на стороні НН;

$\Delta U^{\text{Л}}$ – втрати напруги в лінії;

$\Delta U^{\text{ТР}}$ – втрати напруги в трансформаторі.

В попередньому розділі, було розраховане значення втрат напруги в лінії живлення АСБ – 3 x 95, тому ці дані перенесемо сюди:

$$\Delta U^{\text{Л}} = 16 \text{ В.}$$

Величина втрат напруги в ТМ – 400 / 10 :

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{ном.тр}}} * 100 = \frac{5.5}{1000} * 100 = 0.55 ,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{4.5^2 - 0.55^2} = 4.47 \%.$$

$$\begin{aligned} \Delta U^{\text{ТР}} &= \frac{U}{S_{\text{ном.тр}}} * (U_{\text{ка}} * (P_{\text{р}} * \cos\varphi) + U_{\text{кр}} * (Q_{\text{р}} * \sin\varphi)) \\ &= \frac{10}{400} * (0.55 * (477.2 * 0.95) + 4.47 * (477.2 * 0.312)) \\ &= 22.87 \text{ В.} \end{aligned}$$

$U_2^{\text{Пр}}$ дорівнює :

$$U_2^{\text{Пр}} = U - \Delta U^{\text{Л}} - \Delta U^{\text{ТР}} = 10000 - 16 - 22.87 = 9961.13 \text{ В.}$$

Визначимо $K_{\text{Т}}$ (коефіцієнт трансформації) трансформатора ТМ – 400 / 10:

$$K_{\text{Т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0.4} = 25.$$

Значення вторинної напруги на шинах НН переведене з ВН, за допомогою коефіцієнта трансформації:

$$U_2 = \frac{U_2^{\text{Пр}}}{K_{\text{Т}}} = \frac{9961.13}{25} = 398.45 \text{ В.}$$

6. Електричне освітлення

На відміну від інших технологій світлодіоди мають дуже високий КПД – не менше 90% (95-98%), завдяки чому устрій має низьке енергоспоживання та мале тепловиділення. Для освітлення певної площі LED-світильник потребує у 5-10 разів менше електроенергії, ніж стандартні енергозберігаючі моделі. За перехід на світлодіодне освітлення в промислових масштабах забезпечує до 10% економії всіх витрат на електроенергію. Наведена у таблиці 1 аналогія між лампами ДРЛ та СД в частині світлового потоку може викликати сумніви у доцільності останніх. Але дослідження показують, що 5000 лм цілком достатньо, беручи до уваги сильну спрямованість випромінювання світлодіодів.

Нешкідливість та безпека. LED-продукція не містить ртуті, інертних газів, тощо, та не випромінює ультрафіолет, який може спричинити відшарування сітківки ока. LED-світильники не піддаються перегріву, що повністю унеможлиблює їх загоряння. Утилізація світлодіодів не потребує спеціальних технологій. Такі показники дозволяють застосовувати LED-світильники навіть в навчальних та дошкільних закладах.

Світлодіоди володіють сукупністю характеристик, недосяжною для інших технологій .

Розрахуємо світлодіодне освітлення для інструментального цеху.

Для початку знайдемо висоту підвісу світильників , враховуючи що лотки силової мережі живлення знаходяться на висоті 3.5 м від підлоги:

$$H_p = H - h_c - h_p = 4 - 0.5 - 1 = 2.5 \text{ м,}$$

де H – загальна висота цеху;

h_c – висота від перекриття до світильника;

h_p – висота робочої поверхні.

Той тип світильників, який планується до встановлення в інструментальному цеху має криву сили світла Л (широка).

Так як інструментальний цех не поділений на окремі приміщення, тому розрахуємо відразу для всього цеху необхідну кількість і потужність світильників.

Площа інструментального цеху 540 м.кв.

Відносна відстань між світильниками з врахування КСС :

$$L = \lambda * H_p = (1.4 \dots 2.0) * 2.5 = 3.5 \dots 5 \text{ м},$$

прийmemo $L = 4 \text{ м}$.

Кількість рядів:

$$n_B = \frac{B}{L} = \frac{18}{4} = 4.5 \approx 5.$$

Кількість світильників в ряді :

$$n_A = \frac{A}{L} = \frac{30}{4} = 7.5 \approx 7.$$

Кількість світильників, необхідних для встановлення в інструментальному цеху:

$$N = n_A * n_B = 7 * 5 = 35.$$

Індекс форми приміщення :

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{540}{2.5 * (30 + 18)} = 4.5.$$

Прийmemo :

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

Коефіцієнт використання світлового потоку для світлодіодних ламп при обрахованому коефіцієнті приміщення рівний:

$$\eta = 0.735.$$

Для інструментального цеху , згідно нормована освітленність:

$$E_n = 200 \text{ лк};$$

коефіцієнт запасу $\kappa_z = 1.5$;

коефіцієнт нерівномірності освітлення $z = 1.15$.

Розрахуємо світловий потік, необхідний для інструментального цеху:

$$\Phi_p = \frac{E_n * S * \kappa_z * z}{N * \eta} = \frac{200 * 540 * 1.5 * 1.15}{35 * 0.735} = 6798,8 \text{ лм.}$$

Перевіримо дві світлодіодні лампи до використання в інструментальному цеху:

M-LED-60-70-1500-41 і M-LED-60-70-2000-54 .

M-LED-60-70-1500-41 з світловим потоком 6156 лм :

Відхилення світлового потоку :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{6156 - 6798,8}{6798,8} * 100 = -9,45 \%,$$

що лежить в межах -10...+20 %.

M-LED-60-701500-54 з світловим потоком 8208 лм :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{8208 - 6798,8}{6798,8} * 100 = -20,73 \%,$$

що виходить за допустимі межі -10...+20 %..

Тому , до встановлення в цеху обираю світильники M-LED-60-70-1500-41 з світловим потоком 6156 лм.

Розрахуємо відхилення фактичної освітленності від норми :

$$E_{\text{ф.р}} = \frac{\Phi_n}{\Phi_p} * E_n = \frac{6156}{6798,8} * 200 = 181,1 \text{ лк.}$$

Потужність встановлених ламп в інструментальному цеху:

$$P_o = N * P_n = 35 * 41 = 1435 \text{ Вт} = 1,435 \text{ кВт.}$$

Фактична питома освітленність:

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_o}{S} = \frac{1435}{540} = 2,66 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

що є дуже високим техніко – економічним показником.

Технічні параметри світильника M-LED-60-70-1500-41:

Світильник	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$f_{\text{ном}}, \text{Гц}$	$\Phi_{\text{н}}, \text{лм}$	Коефіцієнт потужності	Колірна температура	Коеф. кольоропередачі	IP	Період експлуатації, год
M-LED-60-70-1500-41	100 - 277	50/60	6156	0.95	3000 К	80	44	100 000

Табл.28

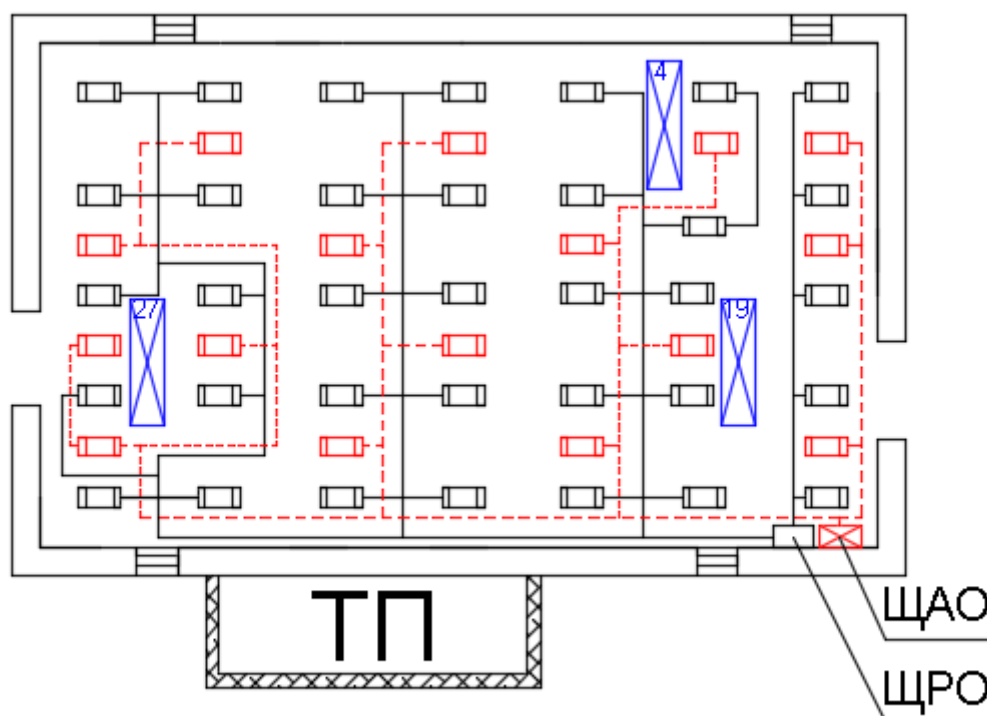


Рис.6 План розміщення світильників з врахування кран-балок

Розрахуємо навантаження освітлювальної мережі за нагріванням:

$$P_{p.p} = K_{\text{п}} * P_{y.p} = 0.95 * 1.435 = 1.363 \text{ кВт},$$

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

Для управління і захисту робочого освітлення встановлюю ЩРО (щит робочого освітлення) типу ОЩВ - 3 – 63 УХЛ4 IP31.

Для управління і захисту аварійного освітлення встановлюю ЩАО (щит аварійного освітлення) типу ОЩВ - 3 – 63 УХЛ4 IP31.

Струм робочого освітлення на вводі в ЩРО:

$$I_{p.p} = \frac{P_{p.p}}{\sqrt{3} * U_L * \cos\varphi} = \frac{1.363}{\sqrt{3} * 0.38 * 0.95} = 2.2 \text{ A.}$$

Для живлення робочого освітлення від ЩРО обираю кабель марки АВВГнг – 5 х 1.5.

Розрахуємо втрату напруги на найвіддаленішому світильнику з групи робочого освітлення:

$$\Delta U_{p.n.} = \frac{P * L}{c * S} = \frac{1.189 * 43.8}{46 * 1.5} = 0.75 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{p.n.} \% = \frac{\Delta U_{p.n.}}{U_\phi} * 100 = \frac{0.75}{230} * 100 = 0.33 \text{ \%}.$$

В найвіддаленішого електроприймача (світлодіодної лампи) спостерігається відхилення напруги в межах допустимих норм.

В ЩРО вибираю ввідний трифазний автоматичний вимикач типу ВА60-26

з номінальним струмом розчіплювача 3.15 А.

Перевіряємо обраний АВ:

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_p;$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq 1.4 * I_p$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 3.15 \text{ A} > I_p = 2.2 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 3.15 \text{ A} > 1.4 * I_p = 1.4 * 2.2 = 3.08 \text{ A}.$$

Для відхідних лінії від ЩРО обираю АВ типу ВА60-26 з номінальними струмами розчіплювача 2.5 А.

Потужність встановлених аварійних світильників в кількості 16 штук :

$$P_{oa} = K_n * n * P_{oa} = 1 * 16 * 41 = 0.656 \text{ кВт.}$$

Струм робочого освітлення на вводі в ЩАО:

$$I_{oa} = \frac{P_{oa}}{\sqrt{3} * U_L * \cos\varphi} = \frac{0.656}{\sqrt{3} * 0.38 * 0.95} = 1.05 \text{ A.}$$

Для живлення робочого освітлення від ЩРО обираю кабель марки FLAME – X 950 (N)HXH FE180/E30 5 x 1,5 .

В ЩАО обираю ввідний автоматичний вимикач типу ВА60-26 на номінальний струм розчіплювача 2 А.

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

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

$$I_{\text{ном.ав}} = 2 \text{ А} > I_{\text{оа}} = 1.05 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 2 \text{ А} > 1.4 * I_{\text{оа}} = 1.4 * 1.05 = 1.72 \text{ А.}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 3.15 \text{ А} > 1.4 * I_{\text{р}} = 1.4 * 2.2 = 3.08 \text{ А.}$$

Для відхідних лінії від ЩАО обираю АВ типу ВА60-26 з номінальним струмом розчіплювача 1.5 А.

7. Використання вітрових електростанцій

Співвідношення вітрової і дизельної генерації для покриття електричних навантажень розглянутого будинку визначається встановленою потужністю вітрогенератора, енергетичним потенціалом вітру і середнім електроспоживанням на даному часовому інтервалі. В даному проекті економічний критерій раціонального співвідношення витрат на вітрову і дизельну генерацію має на увазі як мінімум обмеження витрат на вітрову частину гібридної електростанції на рівні досягаємої економії на експлуатацію дизельної частини.

Варіанти структури побудови вітро-дизельного енергетичного комплексу електропостачання можуть здійснюватися за однією з наведених нижче схем.

1. Вітрогенератор та резервний дизель-генератор. АВР дозволяє перемикає живлення об'єкта, при відсутності або нестачі вітру, на резервний дизельний генератор.

Обмеження на застосування аналізованого варіанта гібридної електростанції пов'язані з наявністю високого вітроенергетичного потенціалу, низьким коефіцієнтом використання встановленої потужності енергетичного комплексу, частими пусками-зупинками дизельного генератора.

2. Вітрогенератор та синхронізація з дизельним генератором. Схема дозволяє використовувати слабкі вітру за рахунок доповнення відсутньої потужності від дизельного генератора.

Реалізація даної схеми гібридної електростанції вимагає використання відповідних блоків, що забезпечують режим паралельної роботи вітрових і дизельних генераторів, перш за все гібридного інвертора. Коефіцієнт використання встановленої потужності вітрогенератора в цій схемі вище, ніж в попередній, проте вартість обладнання також значно вище.

3. Ветоогенератор з акумуляторами і резервний дизель-генератор. Від першої схеми відрізняється наявністю акумуляторних батарей, що дозволяють скоротити кількість включень дизельного генератора і виключити перерви в електропостачанні під час перемикання генеруючого обладнання.

В результаті порівняння можливих варіантів побудови вітро-дизельних енергетичних комплексів найбільш раціональним буде 3 варіант. Такий вибір заснований на наявності в складі сонячної станції акумуляторних батарей, що дозволяють накопичувати енергію як від сонячних панелей, так і від вітрогенератора. При цьому наявність дизельного генератора дозволить здійснювати електропостачання об'єкту в години пікових навантажень і в разі аварійної ситуації, а також забезпечити повну автономність даного домогосподарства від міських систем електропостачання.

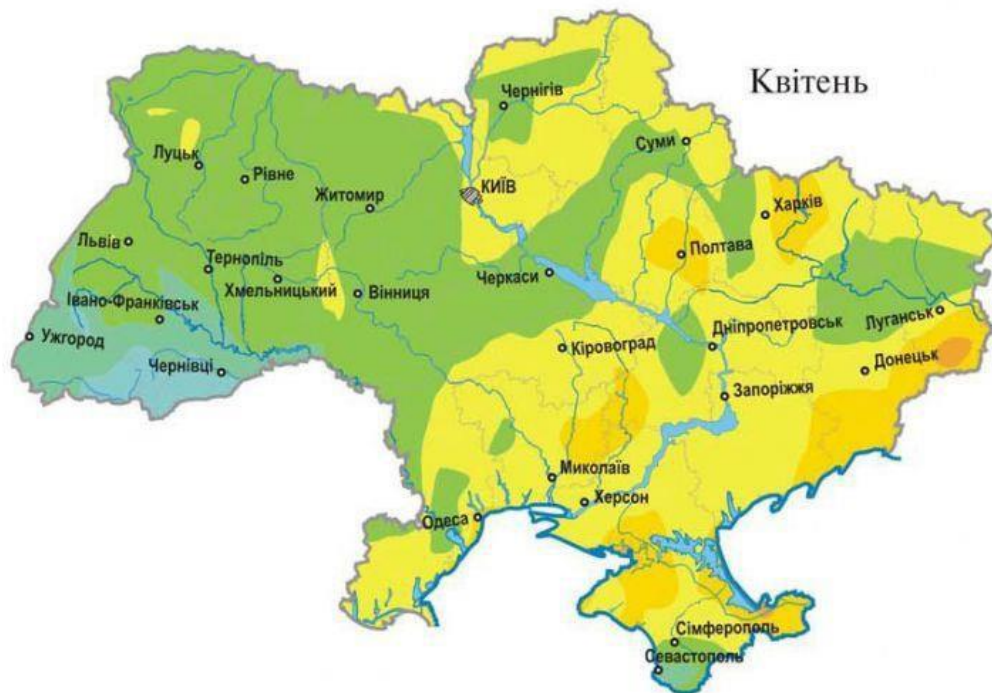
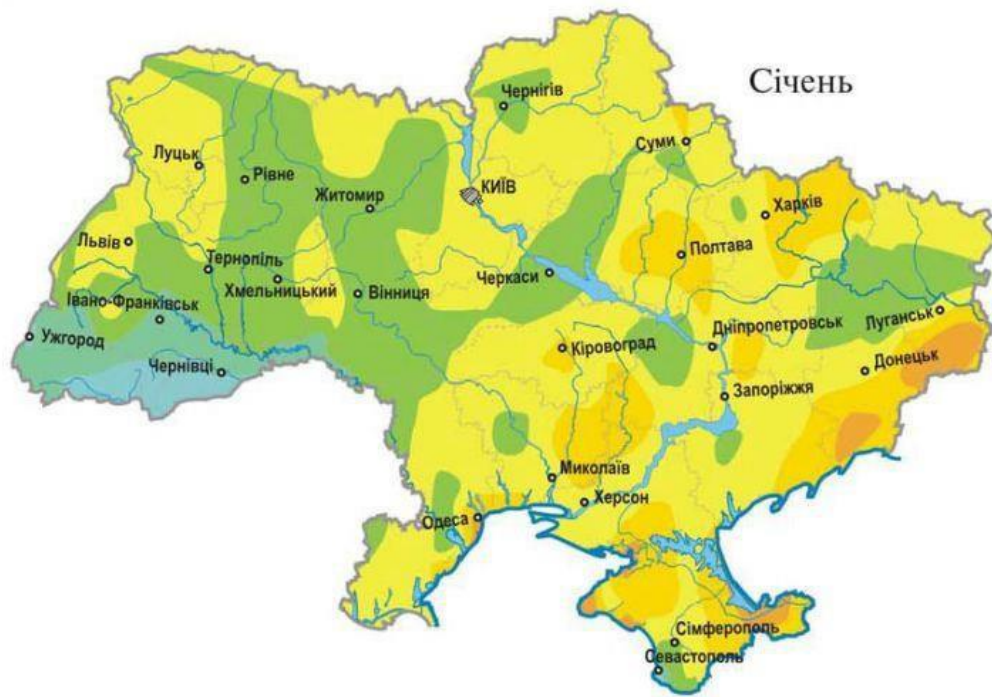
Оцінка вітроенергетичного потенціалу

Вітроенергетичний потенціал визначається як повна енергія вітрового потоку будь-якої місцевості на певній висоті над поверхнею землі. Енергія вітру характеризується швидкістю, яка є випадково змінною в просторі і часі. Тому, енергетичні характеристики вітру представляються імовірнісним описом випадкового процесу зміни вітроенергетичного потенціалу. Основою імовірнісного підходу є дискретизація тимчасового процесу, що дозволяє вважати незалежними і постійними всі обумовлені параметри на інтервалі дискретизації. В якості тимчасових інтервалів стаціонарності зазвичай використовується місяць.

Сукупність аерологічних і енергетичних характеристик вітру об'єднується в вітроенергетичний кадастр регіону.

Основними характеристиками вітроенергетичного кадастру є:

- середньорічна швидкість вітру, річний і добовий хід вітру;
- повторюваність швидкостей, типи і параметри функцій розподілу швидкостей вітру;
- вертикальний профіль середньої швидкості вітру;
- питома потужність і питома енергія вітру;
- вітроенергетичні ресурси регіону.



Середньомісячні швидкості вітру (м/с)

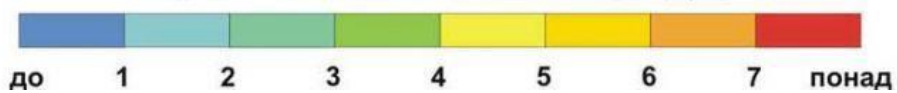


Рисунок 2.7. Значення середньої швидкості вітру по регіонах України в зимовий і весняний періоди.



Середньомісячні швидкості вітру (м/с)

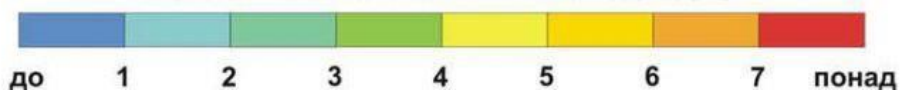


Рисунок 2.8. Значення середньої швидкості вітру по регіонах України в літній та осінній періоди.

Середньорічна швидкість вітру визначається як середньоарифметичне значення, отримане в результаті вимірів швидкості через рівні проміжки часу протягом певного періоду: доба, місяць, рік.

$$V_{\text{ф}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

де:

V_i - швидкість вітру в інтервалі вимірювання i ;

n - кількість інтервалів вимірювань.

Отримані вітроенергетичні характеристики дозволяють оптимізувати вибір вітроенергетичного обладнання і інтегрувати його в систему електропостачання будинку.

Вибір вітрогенератора

Вибір обладнання вітроелектростанції визначається вітроенергетичним потенціалом місцевості і передбачуваним обсягом виробленої електроенергії. В якості основної характеристики вітропотенціалу для вирішення питання про доцільність будівництва ВЕС і орієнтовного вибору вітрогенератора використовується середньорічна швидкість вітру $V_{\text{ср}}$. Зв'язок електричної потужності, що розвивається вітрогенератором зі швидкістю вітру встановлюється відомим співвідношенням:

$$P_{\text{в}} = \zeta \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot V_{\text{ср}}^3 \cdot \eta$$

де:

ζ - коефіцієнт використання енергії вітру;

R - радіус ротора вітротурбіни;

ρ - щільність повітря (при нормальних умовах $\rho=1,2041$ кг/м³);

$V_{\text{ср}}$ - середньорічна швидкість вітру;

η - ККД електромеханічного перетворювача енергії.

Орієнтуючись на передбачувану кількість енергії, що генерується і на середньорічну швидкість вітру можна з пропонованих на ринку вітрогенераторів попередньо вибрати підходящі варіанти.

В процесі розгляду варіантів слід зіставляти стартову швидкість вітру, яка для більшості вітрогенераторів дорівнює 2...4 м/с, номінальну швидкість вітру, що змінюється для різних вітрогенераторів від 8 до 14...15 м/с, із середньою швидкістю вітру для даної місцевості.

Зручною для аналізу вироблення електроенергії скористатися характеристиками потужності ВЕС, що зв'язує електричну потужність зі швидкістю вітру. Дана характеристика часто знімається експериментально і наводиться в технічному описі вітрогенераторів.

При відомому розподілі швидкостей вітру по градаціях можливе вироблення електроенергії вітрогенератора за певний проміжок часу можна визначити як:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i$$

де:

P_i - середня потужність, відповідна i - градації швидкості вітра;

t - тривалість даної градації за аналізований часовий інтервал (зазвичай місяць);

n - кількість градацій.

Слід зазначити, що не всі виробники наводять характеристики потужності своїх вітрогенераторів. В цьому випадку можна використовувати лінійну апроксимацію цих характеристик по двох точках:

- стартова швидкість вітру і близько до нуля потужність;
- номінальні швидкість і потужність вітрогенератора.
- Остаточний вибір обладнання вітроелектростанції може бути здійснений після оптимізації енергетичного балансу гібридної вітро-дизельної станції. Енергетичний баланс вітро-дизельної системи електропостачання має на увазі покриття графіків електроспоживання об'єкта енергією, що генерується вітроелектростанцією та дизельною електростанцією.
- Використовуючи характеристики вітрогенераторів різних виробників побудуємо залежності вироблюваної ними електроенергії від швидкості вітру (рисунок 2.9).

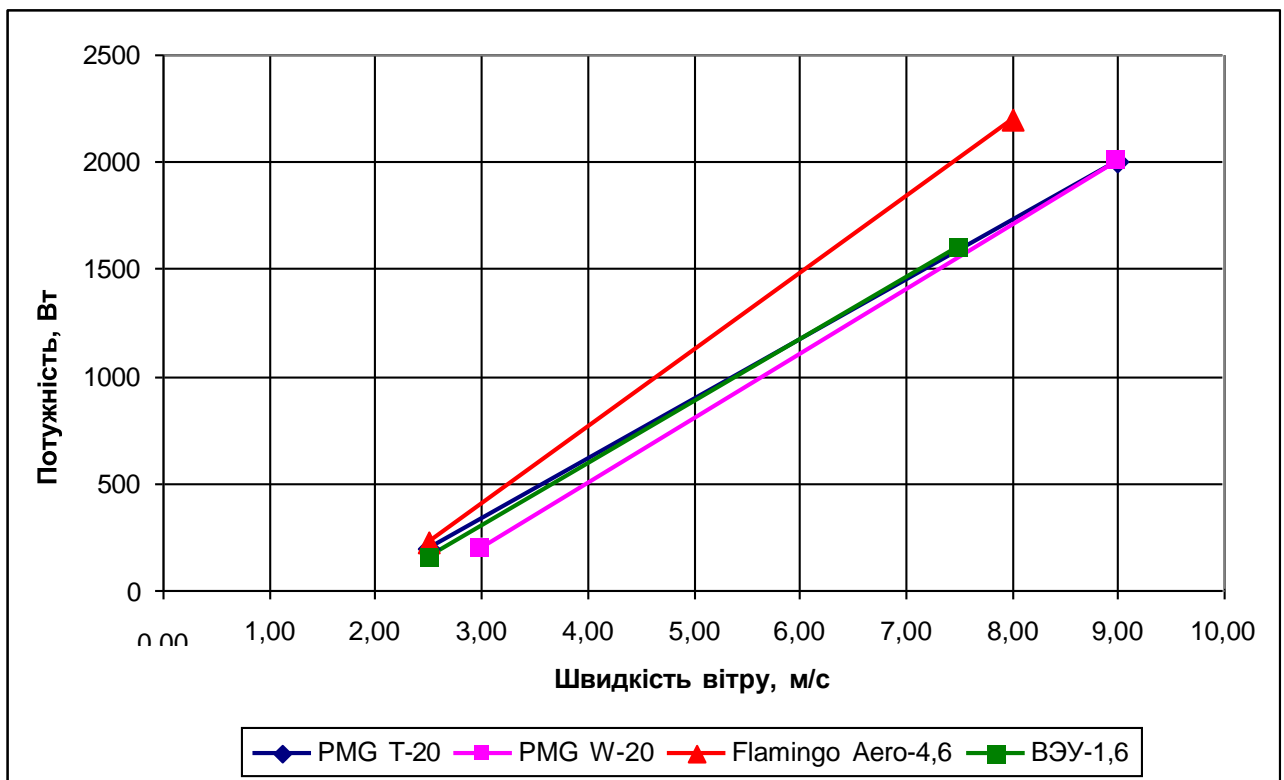


Рисунок 2.9. Залежність вироблюваної електроенергії від швидкості вітру різних вітрогенераторів.

Як видно при порівнянні характеристик різних вітрогенераторів близьких по потужності, найбільш привабливим є вітрогенератор «Flamingo Aero-4,6», який розвиває найбільшу потужність при швидкостях вітру 4,0...6,0 м/с. Представлена на рисунку графічна характеристика обраного вітрогенератора, може бути описана поліноміальною апроксимацією рівнянням:

$$y = 360x - 680$$

Використовуючи залежність на рисунку 2.9, отримане рівняння і дані про середні швидкості вітру, визначимо кількість електроенергії, яке може призвести обраний вітрогенератор в січні місяці.

$$W_{ВГсіч} = (360 V_{ср.січ} - 680) t_{дб} t_{січ} = (360 \cdot 4,5 - 680) 24 \cdot 31 = 699,3$$

кВт·г

де:

$V_{ср.січ}$ - середня швидкість вітру в січні,

м/с; $t_{дб}$ - число годин у добі;

$t_{січ}$ - кількість днів в січні.

Для інших місяців року розрахунок проводиться аналогічно, результати розрахунку зведені в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Генерація електроенергії вітрової електростанцією протягом року.

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Всього
699	583	619	573	565	418	298	324	418	432	495	619	6043

Таким чином остаточно вибираємо для установки вітрогенератор «Flamingo Aero-4,6» потужністю 2,2 кВт з технічними характеристиками, наведеними в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики вітрогенератора «Flamingo Aero-4,6»

Найменування	Значення
Номінальна потужність	2,2 кВт
Номінальна вихідна напруга	48 В
Діаметр вітротурбіни	4,6 м
Номінальна частота обертання	210 об/хв
Кількість лопатей	3 шт
Матеріал лопатей	склопластик
Стартова швидкість вітру	2,5 м/с
Розрахункова швидкість вітру	8 м/с
Максимальна швидкість вітру	50 м/с
Орієнтація за вітром	за допомогою кіля
Метод зупинки	флюгування
Регулювання частоти обертання	аеромеханічне
Рекомендована висота щогли	від 17 м
Робочий діапазон температур	від мінус 40 °С до + 60 °С

Як уже зазначалося, використання сонячної та вітрової електростанції буде недостатньо тільки в січні і грудні місяці. Для забезпечення повної автономності та незалежності електропостачання об'єкту від міської електромережі зробимо вибір дизельного генератора, який додатково буде забезпечувати електроенергією в перераховані місяці, а також в години пікових навантажень і аварійних ситуаціях.

8. Охорона праці

8.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення

електротехнічного обладнання

За завданням дипломного проекту проводився розрахунок внутрішньоцехової мережі інструментального цеху текстильного комбінату . Цей цех, згідно з класифікацією приміщень за ПУЕ, є пожежонебезпечним класу П-Па (це - приміщення, де зберігаються тверді або волокнисті речовини, що не переходять у завислий стан (склад тканини, пареру та ін.).

Враховуючи висоту цеху, наявність кран – балок, використання шинопроводів для живлення електроприймачів було б технічно складною задачею. Тому для живлення електроприймачів було обрано кабельні лінії що прокладаються в бетонній підлозі в залізних трубах і кабельні лінії, що прокладаються по лотках. Кабельні лінії електропередач мають перевагу в тому, що їх можна прокладати безпосередньо в підлозі, за рахунок чого, кабельні траси не заважають технологічному процесу в цеху. Однак, при інших обставинах, доцільніше було б використовувати шинопроводи, так як вони мають більш суттєві переваги.

Шинопроводом називається жорсткий струмопровід, з'єднаний між собою зварюванням, болтовими затискачами або штепсельними з'єднаннями. Залежно від призначення шинопроводи поділяються на магістральні, розподільні, тролейні, монотролейні та освітлювальні, конструктивно вони бувають відкритими і закритими, вільно лежачими та натягнутими, з алюмінієвими та мідними жилами.

Шинопроводи на відміну від кабельних ліній та відкритих магістралей мають більші переваги: високу надійність, триваліший термін роботи, зручність при монтуванні та обслуговуванні. А наявність готових комплектних секцій дає змогу створити універсальну мережу, під'єднувати допоміжні електроприймачі в разі зміни технології виробництва.

Монтаж магістральних шинопроводів виконують індустріально в дві стадії: підготовка трас і прокладання шинопроводів.

Обираючи траси для магістральних шинопроводів слід прагнути до того, щоб шинопроводи мали мінімальну кількість поворотів у горизонтальній та вертикальній площинах. Це дає змогу зменшити використання складних кутових секцій. Підготовка траси для прокладання шинопроводів складається з розмітки траси, пробивних і кріпильних робіт. Розмітку виконують з дотриманням нормованих відстаней: від опорних конструкцій до перекриттів — 700 мм; від опорних конструкцій до чистої підлоги — 2500 мм (в електротехнічних приміщеннях не нормується). Відстань між шинопроводами і стінами або іншими будівельними конструкціями споруд не повинна бути меншою 50 мм для зручності знімання кришок, а також для кращого охолодження.

При паралельному прокладанні шинопроводу відстань від нього до теплопроводу повинна бути не менше 500 мм (за температури теплопроводу понад 70°C відстань збільшується, або теплопровід додатково ізолюють), при перетинах з теплопроводом — не менше 100 мм, а в зоні перетину — додаткова ізоляція з обох боків від теплопроводу на відстані не менше 500 мм. Відстань між шинопроводами при паралельному прокладанні повинна бути не менше 50 мм. Відстань між точками кріплення шинопроводу по довжині траси не нормується, але вона не повинна перевищувати 3 м і залежить від довжини секцій, з яких складається шинопровід.

На другій стадії монтажу виконують піднімання, підвішування, стикування та закріплення шинопроводів. Блоки секцій шинопроводів довжиною до 12 м або окремі секції підіймають за допомогою механізмів і пристроїв на установлені конструкції й підвіски, стикують та остаточно закріплюють.

Підіймання секції на проектну висоту виконують за допомогою автогідропідійомників, мостового крана, самохідних висувних риштувань, гідравлічної платформи, двох ручних телескопічних підійомників, самохідних висувних веж.

Якщо проліт між колонами до 6 м, то шинопроводи прикріплюють до троса спеціальним підвісом, до колони — кронштейнами, а трос до колони — обхватом, тросовим затискачем і натягу-вальною муфтою.

Коли ж проліт між колонами понад 6 м, шинопроводи кріплять до троса двома підвісами, а до колон — двома кронштейнами і спеціальним стояком. Підвіси до троса прикріплюють сталевим тросом і затискачами, а трос до колони — обхватом, натягувальною муфтою і затискачем. Прокладання шинопроводів на стояках разом з кронштейнами і тросовими підвісками забезпечує високу надійність монтажу.

Заземлення короба кожної секції здійснюється з'єднанням його із нульовим проводом у процесі виготовлення секції, чим забезпечується заземлення всієї траси шинопроводів. Заземлювальний контакт штепселя гарантує його з'єднання з заземленим коробом як до приєднання, так і після роз'єднання робочих контактів з проводами секції.

Для забезпечення надійної і економічної роботи КЛ (кабельної лінії) при експлуатації працівники електропостачальної компанії (ЕЧ) здійснюють технагляд за їх прокладкою, тобто ведуть строгий контроль якості монтажу кабелів і муфт. Контроль починається з зовнішнього огляду представником ЕЧ кабелів на барабанах, оцінки цілості їх витків, а також щік і обшивки

кабельних барабанів. Якщо при огляді виникають сумніви в придатності кабелю, його піддають спеціальним випробуванням із залученням електролабораторії. При посліду і тихий роботах перевіряють глибину траншей і укладання труб, габаритні відстані від траншей до довколишніх споруд і перешкод, пристрій піщаного ліжка, а також захист цеглиною і тому подібне. Укладання кабелів проводять тільки під спостереженням представника ЕЧ.

При огляді що приймається в експлуатацію КЛ приймальна комісія переконується, що місця, де можливі пошкодження вертикально прокладених кабелів (вантажами, що перевозяться, або по яких-небудь іншим причинам), до висоти 2 м від рівня землі захищені трубами, коробами і др.; кабелі надійно закріплені на кінцях ліній, в місцях вигинів, у сполучних муфт, на вертикальних ділянках траси і тому подібне .

При експлуатації кабельних ліній головним чином ведуть спостереження за їх трасами, контролюють стан кабелів і їх навантаження, а також ведуть періодичні профілактичні випробування і ремонт КЛ. В процесі експлуатації обов'язково складають паспорт лінії, в який вносять не тільки технічні характеристики кабелів і умови їх прокладки, але і відомості про результати попередніх випробувань і ремонти, що дає можливість встановлювати правильний режим роботи ліній і своєчасно виводити їх в ремонт. Всі змонтовані кабелі повинні мати маркіровку (бирки) стандартної форми: круглою - для силових кабелів ВН (високої напруги); прямокутною - напругою до 1000 В; трикутника - для контрольних кабелів. Виготовляють бирки, як правило, з пластмаси і кріплять до кабелю оцинкованим дротом. Написи на бирках наносять незмивними фарбами; на металевих бірках - набивають за допомогою металевих шрифтів.

При спостереженні за кабельними трасами особливу увагу звертають на виконання земляних робіт поблизу траси, забезпечення доступності при роботах по ліквідації аварій і ремонту кабелів, прокладених в землі, на

відсутність на трасі провалів, розмивів і інших нерівностей, які можуть викликати пошкодження кабелів і тому подібне. Для забезпечення збереження кабелів земляні роботи поблизу кабельних трас повинні виконуватися тільки за попереднім погодженням з головним інженером ЕЧ. У необхідних випадках встановлюється технагляд за роботами, що проводяться, який ведеться до повного закінчення земляних робіт. Велику небезпеку для прокладених в землі кабелів представляють земляні роботи, що виконуються механізованими методами. У всіх випадках працювати землерийними механізмами на відстані від траси кабелю менше 1 метра не звільняється; на цій ділянці роботи виконують уручну і лише лопатами.

Періодичність оглядів кабельних трас встановлює головний інженер ЕЧ, керуючись досвідом і обліком місцевих умов (у місцях, де кабелі перетинаються з іншими комунікаціями або можуть піддаватися механічним пошкодженням, обходи проводять частіше). Кабельні траси повинні оглядатися в наступні терміни: траси кабелів, прокладених в землі, - не рідше 1 раз на 3 місяці; на естакадах, в тунелях, блоках, каналах, галереях і по стінах будівель - не рідше за 1 раз на 6 місяців. Огляд кабельних муфт напругою вище 1000 В - при кожному огляді електроустаткування.

Ремонт кабельних ліній виконують при необхідності на основі даних, отриманих при їх випробуваннях і оглядах. Ремонтні роботи прагнуть проводити в мінімальні терміни, оскільки на час ремонту доводиться переходити на менш надійні тимчасові схеми електропостачання. Крім того, до особливостей ремонту кабелів відноситься наявність в них залишкового заряду після відключення, а також (в більшості випадків) сусідніх кабелів, що діють, знаходяться під напругою. Все це вимагає від ремонтного персоналу великої уваги не тільки до особистої безпеки під час розкопки траншей для ремонту кабелів. Необхідно також ретельно стежити за збереженням рядом розташованих справних кабелів і інших підземних комунікацій. Після

досягнення глибини 0,4 м розкопку дозволяється виконувати тільки лопатами. Застосування відбійних молотків, лом і інших інструментів для спущення ґрунту, починаючи з вказаної глибини, категорично забороняється.

Якщо під час земляних робіт виявлені невідомі кабелі або які-небудь інші підземні комунікації, роботи припиняють і повідомляють про це відповідальному за виконання робіт. Після розтину кабелів слід поклопотатися про те, щоб не допустити їх пошкодження. Для цього відриті кабелі і муфти укріплюють на міцній дошці, яку підвішують до перекинутих через траншею брусів.

Ремонт кабелів зводиться, в основному, до відновлення броньового покриття, свинцевої оболонки, муфт і кінцевих закладень.

Техніка безпеки при ремонті кабелів забезпечується головним чином, виконанням робіт по нарядах і не менше чим двома обличчями. Ремонтні роботи дозволяється проводити лише після всестороннього відключення кабелю, перевірки відсутності напруги на його кінцях і вивішування в місцях, звідки може бути подане напруга, плакатів «Не включати - працюють люди».

При ремонті КЛ часто доводиться розрізати кабель або розкривати муфту. Такі роботи можна виконувати, переконавшись заздалегідь в тому, що кабель не знаходиться під напругою, що здійснюють спеціальним пристосуванням для проколу, забезпеченим ізолюючою штангою.

Щоб уникнути пожеж при ремонті кабелів розігрівати кабельну масу і заправляти бензином паяльну лампу вирішується тільки поза кабельними спорудами. При випробуваннях силових кабелів постійним струмом підвищеної напруги слід працювати в

діелектричних рукавичках, стоячи на ізолюючій підставі. Після закінчення випробування кабелів постійним струмом всі жили кабелю розряджають від накопиченого електричного заряду через обмежувальний опір розрядною штангою, передбаченою для цієї мети в кенотронних установках.

Персонал, який використовує електроустановки на виробництві, поділяється на електротехнічний, електротехнологічний та неелектротехнічний. Електротехнічний персонал здійснює повне технічне обслуговування електроустановок. Електротехнологічний персонал здійснює технічне обслуговування (експлуатацію, налагоджування, дрібний ремонт) електротехнічної частини технологічного устаткування (електроапаратури/електроприводів) електрозварювального, електролізного, електротермічного та іншого енергонасиченого устаткування). Електротехнологічний персонал виробничих цехів (дільниць), що не входить до складу енергетичної служби підприємства, за своїми правами і обов'язками прирівнюється до електротехнічного. Неелектротехнічний персонал залучається до виконання робіт, де може виникнути небезпека ураження електричним струмом.

Працівники, які виконують роботи в електроустановках, повинні мати професійну підготовку, що відповідає характеру виконуваних робіт. Мінімальний стаж роботи в електроустановках, достатній для присвоєння чергової групи з електробезпеки, визначений додатком 1 до Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98).

Електротехнологічний працівник (наприклад, налагоджувальник, регулювальник, ремонтник) повинен мати групу не нижче II, а неелектротехнічний працівник — групу I з електробезпеки.

Електротехнічному (електротехнологічному) персоналу видається посвідчення про перевірку знань за формою (додаток 2 до НПАОП 40.1-1.21-98), а присвоєння групи I видачу посвідчення не передбачає.

8.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Напругою дотику називається електрична напруга, що виникає на тілі людини або тварини в момент одночасного його контакту з парою точок провідника під напругою або з парою провідних частин електричного обладнання, наприклад – з проводом в пошкодженій ізоляції.

У міру того, як людина віддаляється від місця заземлення установки, величина напруги дотику для нього збільшується. За межами зони розтікання струму від установки, напруга дотику буде дорівнює напрузі безпосередньо на корпусі обладнання відносно землі. Тут зона розтікання – це та частина землі, за межами якої потенціал при замиканні частин установки під напругою на землю приймається рівним нулю.

На наступному рисунку зображена напруга дотику при одинарному заземлювачі.

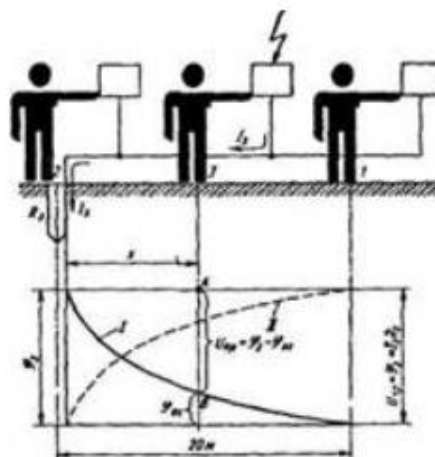
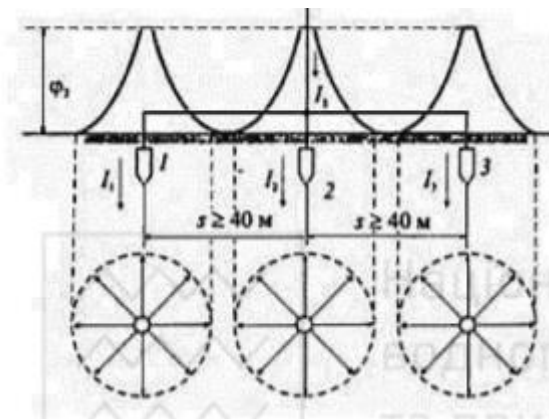


Рис.8.1 Напруга дотику при одинарному заземлювачі

Груповий заземлювач. За умовами безпеки обслуговуючого персоналу у заземлення має бути малий опір, забезпечити який можна шляхом збільшення геометричних розмірів одиничного заземлювача (електрода) або застосування декількох паралельно з'єднаних електродів – групового заземлювача. Використовуючи так заземлювач, можна вирівняти потенціал на території, де розміщуються заземлюючі електроди, що в ряді випадків відіграє вирішальну роль у забезпеченні безпеки обслуговуючого персоналу.



Ри.8.2.Потенційні криві і поля розтікання струму групового заземлювача

8.3.Практичний розрахунок

Розрахувати габарити блискавковідводу категорії II та зони захисту виробничих будівель, споруд розмірами 25 x 15 x 6 класу В-Іг згідно з ПУЕ. Місце розташування промислового об'єкта – на всій території України, тип блискавковідводу – одинарний стрижневий блискавковідвід.

Розрахуємо значення щільності ударів блискавки на 1 км^2 земної поверхні за рік:

$$n = \frac{(6,7 * T_{гр})}{100} = \frac{(6,7 * 100)}{100} = 6,7 \frac{\text{км}^2}{\text{рік}},$$

де $T_{гр}$ – середня тривалість гроз у годинах, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності або за середніми багаторічними даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта. Враховуючи розташовування виробничої будівлі на всій території України, приймаємо значення $T_{гр} = 100$ год, тому що об'єкт може бути розміщений як в зоні з невеликою кількістю грозових годин, так і в зоні з максимально можливою кількістю грозових годин в Україні.

Розрахуємо очікувану кількість уражень об'єкта блискавкою:

$$\begin{aligned} N &= ((B + 6 * h_{об}) * (A + 6 * h_{об}) - 7,7 * h_{об}^2) * n * 10^{-6} \\ &= ((15 + 6 * 6) * (25 + 6 * 6) - 7,7 * 6^2) * 6,7 * 10^{-6} \\ &= 0,019, \end{aligned}$$

де $h_{об}$ – висота будівлі.

Згідно з отриманим значенням N , обираємо рівень блискавкозахисту – II.

Далі розрахунок будемо проводити при висоті блискавковідводу що не перевищує 30 м.

Визначимо радіус зони захисту в горизонтальному перерізі:

$$r_x = \frac{(A^2 + B^2)^{0,2}}{2} = \frac{(25^2 + 15^2)^{0,2}}{2} = 1,93 \text{ м.}$$

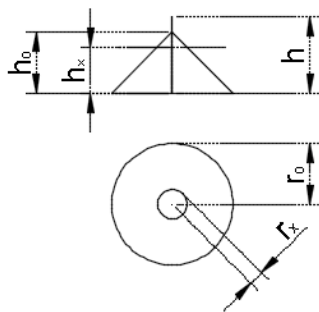
Розрахуємо висотку блискавовідводу:

$$h = \frac{r_x + h_x}{0,8} = \frac{1,93 + 6}{0,8} = 9,91 \text{ м,}$$

де h_x – висота зони захисту будівлі (максимальна висота будівлі), м.

Розрахуємо максимальну зону захисту безпосередньо біля блискавковідводу:

$$h_0 = 0,8 * h = 0,8 * 9,91 = 7,93 \text{ м.}$$



h_0 - максимальна висота зони захисту, 7,93 м;

h_x - висота зони захисту, 6 м;

h - висота блискавковідводу, 9,91 м;

r_0 - радіус конусу захисту на поверхні землі, 7,93 м;

r_x - радіус зони захисту в горизонтальному перерізі, 1,93 м.

Рис.8.3 Конструкція блискавкозахисту

Для блискавкоприймача приймаємо матеріал – сталь з перерізом 70 мм²;

для струмовідводів – сталь з перерізом 70 мм²;

для заземлювача – сталь з 100 мм².

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи електропостачання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Давиденко В.А., Давиденко Н.В. – Рівне: НУВГП, 2018. -32 с.
2. Електропостачання промислових підприємств. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по електропостачанню цехів для студентів спеціальності 8.090603 “Електротехнічні системи електроспоживання” та спеціалізації 7.090603* “Енергетичний контроль та маркетинг в енергетиці”. /Укл.: П.Г. Плешков, Ю.І. Казанцев, Н.Ю. Гарасьова, Т.В. Величко– Кіровоград: КДТУ, 2003.–103с.
3. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
4. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств . Підручник . – Вінниця : Нова книга , 2004 . – 656 с .
5. Сірий О.М. Системи електроспоживання : розрахунки , вибір обладнання : Навч. посіб . – К.: НУХТ , 2011. – 319 с.