

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни

**«Правила улаштування і безпечної експлуатації промислових
електроустановок»**

Спеціальність

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

рівень вищої освіти
факультет

перший (бакалаврський)
електротехнічний

м. Кривий Ріг – 2024

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Правила улаштування і безпечної експлуатації промислових електроустановок» для студентів усіх форм навчання галузі знань: 14 Електрична інженерія спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня усіх форм навчання, КНУ.-2024. – 36 с.

Розробник:

Касаткіна І.В.— канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Рецензент:

Сінчук О.М. – завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, д-р техн. наук, професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електричної інженерії
Протокол №1 від 30 серпня 2024 року

Схвалено Вченою радою електротехнічного факультету
Протокол №1 від 30 серпня 2024 року

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Практична робота №1. Перетин проводів ліній електромереж згідно вимог ПУЕ	5
2. Практична робота №2. Розрахунок ліній електропередач з вимогами ПУЕ	12
3. Практична робота №3. Розрахунок активних, реактивних втрат електричної енергії і відповідних втрат потужностей в повітряній лінії за рік	16
4. Практична робота №4. Вибір комутаційної високовольтної апарати вимикачі навантаження, роз'єднувачі	19
5. Практична робота №5. Вибір шин і ізоляторів розподільного пристрою високої напруги	22
6. Практична робота №6. Вибір і перевірка кабельної лінії	27
7. Практична робота №7. Захисне заземлення трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ	29
8. Практична робота №8. Блискавкозахист будівель і споруд	33

ВСТУП

Методичні вказівки містять завдання для розрахунку силової електроніки розумних енергосистем.

Практичні роботи мають достатню кількість варіантів, що дозволяє здобувачам виконувати одне завдання, але з різними вихідними даними залежно від номера залікової книжки студента.

Метою виконання цих практичних робіт є набуття навиків розрахунку перетворювачів напруги та засвоєння принципів їхньої роботи та будови, набуття навичок вибору складових елементів з використанням при цьому довідкових даних і науково-технічної інформації.

Пропонується виконувати практичні роботи послідовно з оволодінням теоретичним матеріалом, що викладається у курсі дисциплін «Силовa електроніка розумних електричних мереж».

Наведені завдання до практичних робіт можуть бути застосовані при формуванні завдань для проведення контрольних робіт, поточного або підсумкового контролю.

Одержані в ході виконання практичних робіт навички повинні стати основою набуття вміння обґрунтованого складання технічних завдань на розробку силових електронних засобів розумних електричних мереж, грамотного користування при цьому науково-технічною та довідковою інформацією, раціонального вибору елементів схем електронного пристрою при вирішенні практичних прикладних задач у фаховій діяльності майбутнього спеціаліста.

Практична робота №1

Перетин проводів ліній електромереж згідно вимог ПУЕ

Перетин проводів та жил кабелів вибирають з врахуванням технічних та економічних факторів. До технічних факторів, що впливають на вибір перерізу, відносяться здатність провідника витримувати довготривале навантаження при нормальному та післяаварійному режимах з врахуванням допустимого перегріву, термічна стійкість в режимі коротких замикань і втрати напруги в провідниках від протікання по них струму в нормальному, післяаварійному та аварійному режимах; механічна стійкість до механічного навантаження; коронування в мережах напругою 35 кВ і вище – фактор, що залежить від напруги, перерізу провідника та навколишнього середовища. До економічних факторів відноситься економічна щільність струму.

Перетин проводів повітряних **стаціонарних ЛЕП напругою 6 і 10 кВ** вибирають по економічній щільності струму і перевіряють за умовами нагрівання. Далі вся мережа перевіряється за припустимими втратами напруги.

Повітряні ЛЕП напругою до 1000 В розраховують за втратами напруги і перевіряють за умовами нагрівання та економічній щільності струму при тривалості використання максимуму навантаження понад 4000...5000 г/рік. Крім того, погоджують перетин проводів із захистом ЛЕП, а мережу перевіряють на відключення мінімальних значень струмів КЗ релейним захистом.

Стаціонарні кабельні лінії напругою 6 кВ вибирають за економічною щільністю струму і перевіряють за умовами нагрівання з урахуванням і поправками на умови прокладки, за термічною стійкістю струмам КЗ і за втратами напруги. **Переносні кабельні лінії** вибирають за нагріванням і перевіряють на термічну стійкість струмам КЗ і за втратами напруги. **Кабельні лінії напругою до 1000 В** вибирають аналогічно повітряним лініям на цю ж напругу.

Рекомендовані умови використання кабелів:

Стаціонарна прокладка у виробках шахт (горизонтальних та похилих до 45°): СБ, СБн, СБГ, СБШв, СБ2ЛШв, СКл, СПШв, СБнВ, СБлн-В, СБ-В.

Вертикальне прокладання в стволах: ЦСКн, ЦСКл, ЦСП, ЦСПн.

Прокладка в стволах до 200м, в свердловинах: СКл, СПлн-В, СПШв.

В свердловинах при кріпленні на тросах: ЦСБ, ЦСБн, ЦСБл, ЦСПн, ЦСПШв.

На поверхні при прокладці у виробках, каналах, тунелях: сухим середовищем і відсутності механічного пошкодження: ААГ, ААШв, АВВГ, АВРГ.

При небезпеці механічного пошкодження: ААБлГ, АВВБГ, АВРБГ, АВБбШв, АПвВБГ.

В сирих приміщеннях: ААШв, АСШв, ААБвГ, ААБлГ, АСБ2лШв.

При прокладці в траншеях: ААШв, ААШл, ААБл, ААБ2л, ААПл, АСБ, АСБ2л.

При прокладці на естакадах: ААШв, ААБлГ, ААБ2лШв, АСБлГ, АВВБГ.

Основні типи кабелів для живлення пересувних машин з напругою живлення 6÷10 кВ (екскаватори, гірничотранспортні та ін.):

КГЕ – з гумовою ізоляцією, гумовою оболонкою, екрановані (з електропровідної гуми), з допоміжними жилами для контролю цілісності заземлення;

КГЕТ – те ж, з підвищеною теплостійкістю;

КСГВ – з гумовою ізоляцією, гумовою оболонкою, з допоміжними жилами;

КШВГ – кабель шланговий високовольтний гнучкий, екранований, три силових і одна заземлююча жила;

КШВГС – те ж, зі стальним осердям;

КШВГТ – з нагрівостійкою гумовою ізоляцією;

Для стаціонарних та пересувних ПЛ використовуються проводи:

алюмінієві марки А, АКП (перерізом: 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240 мм²);

сталеалюмінієві:

з однодротовим стальним осердям марки АС та антикорозійні марок АСК, АСКС, АСКП (перерізом: 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95 мм²);

багатодрововим стальним осердям марок АС, АСК, АСКС, АСКП (перерізом: 120, 150, 185, 240 мм²);

багатодрововим стальним осердям марки АСУ (перерізом: 120, 150, 185, 240 мм²);

з багатодрововим стальним осердям марки АСО (перерізом: 150, 185, 240 мм²).

стальні марок ПС, ПСО та ПСМ (з міднистої сталі);

стальні троси марки С (перерізом: 34, 38, 43, 48, 50, 60, 72, 86, 101 мм²

Вибір перерізу провідників по струму навантаження

Струм навантаження, протікаючи по провіднику, нагріває його. ПУЕ встановлені найбільші допустимі температури нагріву жил провідників і, виходячи з цього, визначені допустимі струмові навантаження для проводів і кабелів залежно від матеріалу, їх ізоляції і умов прокладки.

Значення струму, що протікає у фазних проводах, визначається за наступними формулами:

для трифазних ліній з нульовим проводом і без нього:

$$I = \frac{P_3}{\sqrt{3}U \cos \varphi}$$

для двофазних ліній з нульовим проводом:

$$I = \frac{P_2}{2U_{\phi} \cos \varphi}$$

для однофазних ліній:

$$I = \frac{P_1}{U_{\phi} \cos \varphi}$$

де P_1 , P_2 , P_3 - розрахункові навантаження одно-, дво- і трифазної ліній;

U_{ϕ} - лінійна напруга мережі;

U_{ϕ} - фазна напруга мережі;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності навантаження.

Завдання:

№ вар.	U_{ϕ} , В	$\cos \varphi$	Кількість фаз	Умови прокладки
1	220	0,95	1	відкрито
2	380	0,96	3	у трубі
3	6000	0,93	3	У трубі
4	220	0,89	1	відкрито
5	6000	0,96	3	у трубі
6	380	0,94	3	відкрито
7	380	0,92	3	у трубі

Припустимі тривалі струми для проводів з гумової або полівінілхлоридною ізоляцією, шнурів з гумовою ізоляцією й кабелів з гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній і гумовій оболонці наведені в табл. 1.1 -1.4. Вони прийняті для температур: жив +65, що оточує повітря + 25 і землі +15 °С.

При визначенні кількості проводів, що прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нульовий робочий провідник чотирипровідної системи трифазного струму, а також заземлюючі й нульові захисні провідники в розрахунках не приймаються.

Таблиця 1.1 - Припустимий тривалий струм для проводів і шнурів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одно-жильн их	трьох одно- жильних	чотирьох одно- жильних	одного дво-жильног о	одного три-жильног о
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	-	-	-
185	510	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-
300	695	-	-	-	-	-
400	830	-	-	-	-	-

Таблиця 1.2 - Припустимий тривалий струм для проводів з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одно- жильних	трьох одно- жильних	чотирьох одно- жильних	одного двох-жильно го	одного три-жиль-н ого

2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Таблиця 1.3 - Припустимий тривалий струм для проводів з мідними жилами з гумовою ізоляцією в металевих захисних оболонках і кабелях з мідними жилами з гумовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній, найрітовій або гумовій оболонці, броньованих і неброньованих.

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів і кабелів					
	одножильних	двожильних		трижильних		
		при прокладці				
		у повітрі	у повітрі	у землі	у повітрі	у землі
1,5	23	19	33	19	27	
2,5	30	27	44	25	38	
4	41	38	55	35	49	
6	50	50	70	42	60	
10	80	70	105	55	90	
16	100	90	135	75	115	
25	140	115	175	95	150	
35	170	140	210	120	180	
50	215	175	265	145	225	
70	270	215	320	180	275	
95	325	260	385	220	330	
120	385	300	445	260	385	

150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

Таблиця 1.4 - Припустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівінілхлоридній і гумовій оболонках, броньованих і неброньованих.

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для кабелів				
	одножильних	двожильних		трижильних	
	при прокладці				
	у повітрі	у повітрі	у землі	у повітрі	у землі
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Практична робота №2

Розрахунок ліній електропередач з вимогами ПУЕ

Розрахувати лінію електропередачі (ЛЕП) – це означає визначити:

- перетин провідника та сформулювати марку ;
- втрати потужності у провіднику;
- втрати напруги.

- Перетин провідника, що відповідає мінімальній вартості електроенергії, називають **економічним**.

ПУЕ рекомендують для визначення розрахункового економічного перетину ($S_{ек}$) **метод економічної густини струму**.

$$S_{ек} = \frac{I_{м.р.}}{j_{ек}} ,$$

де $S_{ек}$ – економічний перетин провідника, мм²;

$I_{м.р.}$ – максимальний розрахунковий струм в лінії за номінального режиму роботи А, для трифазної мережі:

$$I_{м.р.} = \frac{S_{пер}}{3U_{пер}} .$$

$j_{ек}$ – економічна густина струму, А/мм²; приймається на основі досвіду експлуатації.

$$j_{ек} = f(T_m; \text{матеріал провідника}),$$

де T_m – час використання максимального навантаження на рік, год.

Провідник - неізолюваний провід	T_m , год		
	1000...3000	3000...5000	5000....87000
Мідний	2,5	2,1	1,8
Алюмінієвий	1,3	1,1	1,0

Отриманий розрахований економічний ($S_{ек}$) перетин приводять до найближчого стандартного значення.

У разі отримання більшого значення аніж зазначеного у переліку тоді обирається декілька паралельних провідників (ліній) стандартного перетину так, щоб сумарний перетин був близький до розрахованого. Після чого формується марка провідника, вказується допустимий струм.

- Оптимальну відстань передачі ($L_{\text{леп}}$, км) наближено визначається із співвідношення:

$$L_{\text{леп}} = (0,3 \dots 1) U_{\text{пер.}}$$

- Втрати потужності в ЛЕП визначаються за формулами:

$$\Delta P_{\text{леп}} = \left(\frac{S_{\text{пер}}}{n_{\text{леп}} U_{\text{пер}}} \right)^2 R_{\text{леп}}; \quad \Delta Q_{\text{леп}} = \left(\frac{S_{\text{пер}}}{n_{\text{леп}} U_{\text{пер}}} \right)^2 X_{\text{леп}};$$

де $\Delta P_{\text{леп}}$ - втрати активної потужності в ЛЕП, МВт;

$\Delta Q_{\text{леп}}$ - втрати реактивної потужності, Мвар;

$S_{\text{пер}}$ - повна потужність, що передається, МВА;

$U_{\text{пер}}$ - напруга в ЛЕП, кВ;

$R_{\text{леп}}, X_{\text{леп}}$ - повні активні та реактивні опори, Ом;

$n_{\text{леп}}$ - число паралельних ліній, Ом.

$$S_{\text{пер}} = \sqrt{\Delta P_{\text{леп}}^2 + \Delta Q_{\text{леп}}^2}$$

Опір в ЛЕП обчислюється із співвідношень:

$$R_{\text{леп}} = \frac{r_0 L_{\text{леп}}}{n_{\text{леп}}}; \quad X_{\text{леп}} = x_0 L_{\text{леп}};$$

r_0, x_0 – питомі опори, Ом/км. Для випадку провідника, що складається з 2-х матеріалів необхідно обчислити опір кожного з матеріалів та повний опір вважаючи, що провідники з матеріалів з'єднані паралельно.

Значення активного опору на одиницю довжини визначається для повітряних, кабельних та інших ліній при робочій температурі:

$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma S},$$

де γ – питома провідність, м/(Ом мм²),

S – перетин провідника (однієї жили кабелю), мм².

Так як частіше за все допустима температура провідників 65 або 70°C, то без суттєвої помилки приймають, м/(Ом мм²)

- $\gamma = 7,2$ – для провідників зі сталі-

$\gamma = 50$ – для мідних провідників-

$\gamma = 30$ – для алюмінієвих провідників

Значення індуктивного опору на одиницю довжини лінії з достатньою точністю приймається рівним, Ом/км: $x_0 = 0,4$ для повітряних ЛЕП ВН;

$x_0 = 0,08$ для провідників з алюмінію.

•Втрати напруги в ЛЕП визначаються з співвідношення:

$$\Delta U_{\text{леп}} = \frac{10^2}{n_{\text{леп}} U_{\text{леп}}^2} P_{\text{пер}} L_{\text{леп}} (r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi_{\text{леп}}),$$

де $\Delta U_{\text{леп}}$ – втрата напруги в одній ЛЕП, %;

$P_{\text{пер}}$ – активна потужність, що передається по ЛЕП, МВт;

$L_{\text{леп}}$ – протяжність ЛЕП, км;

r_0, x_0 – активний та індуктивний опір на одиницю довжини.

Завдання:

№ Вар.	Практичне заняття №2			Практичне заняття №3					
	ЛЕП			Споживач 1			Споживач2		
	марка провода	$\cos \phi_{\text{леп}}$	$T_{\text{м}}$ год	P_1 , МВт	U_1 , кВ	$\cos \phi_1$	P_2 , МВт	U_2 , кВ	$\cos \phi_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	АСКП	0,9	1000	63	6,3	0,8	25	35	0,95
2	АСК	0,85	1500	125	10	0,81	400	20	0,94
3	АС	0,8	2000	250	6,3	0,82	63	10	0,93
4	А	0,9	2500	200	35	0,83	80	6,3	0,92
5	АСКП	0,85	1000	250	6,3	0,82	25	35	0,93
6	АСК	0,8	3500	250	10	0,85	630	20	0,9
7	АС	0,9	4000	125	6,3	0,86	125	10	0,89
8	А	0,85	4500	250	35	0,87	80	6,3	0,88
9	АСКП	0,8	5000	125	6,3	0,88	63	35	0,87
10	АСК	0,9	5500	125	10	0,89	630	20	0,86
11	АС	0,85	6000	63	6,3	0,9	125	10	0,85
12	А	0,8	6500	125	35	0,91	80	6,3	0,84
13	АСКП	0,9	7000	200	6,3	0,92	80	35	0,83

14	АСК	0,85	7500	200	10	0,93	400	20	0,82
15	АС	0,8	8000	125	6,3	0,94	80	10	0,81
16	А	0,9	7500	200	35	0,95	63	6,3	0,8
17	АСКП	0,85	7000	250	6,3	0,94	80	35	0,81
18	АСК	0,8	6500	200	10	0,93	400	20	0,82
19	АС	0,9	6000	200	6,3	0,92	80	10	0,83
20	А	0,85	5500	125	35	0,91	80	6,3	0,84
21	АСКП	0,8	5000	200	6,3	0,9	63	35	0,85
22	АСК	0,9	4500	63	10	0,89	630	20	0,86
23	АС	0,85	4000	250	6,3	0,88	125	10	0,87
24	А	0,8	3500	125	35	0,87	80	6,3	0,88
25	АСКП	0,9	3000	250	6,3	0,86	40	35	0,89

Контрольні питання до практичної роботи

1. Що включається у поняття розрахунку лінії електропередачі?
2. Сформулюйте метод економічної густини струму.
3. Які параметри ліній електропередач враховуються при розрахунку втрат активної та реактивної потужності?
4. Від чого залежить значення питомого активного опору для повітряних, кабельних та інших ліній при робочій температурі?
5. Як визначаються втрати напруги в лінії електропередач ?

Практична робота №3

Розрахунок активних, реактивних втрат електричної енергії і відповідних втрат потужностей в повітряній лінії за рік

Електричне навантаження, як правило, має змінний характер, тому втрати потужності і електричної енергії в мережах залежать від зміни навантаження. Втрати потужності і електричної енергії по проєктованому об'єкту можна розрахувати або по величині середньоквадратичного струму $I_{\text{ср}}$ з урахуванням часу ввімкнення лінії часу ввімкнення лінії $T_{\text{в}}$ або максимальному струму $I_{\text{макс}}$ втрат τ .

Середньоквадратичний струм представляє собою еквівалентний струм, який, проходячи по лінії за час $T_{\text{в}}$, викликає ті ж втрати потужності і електричної енергії, що і дійсний, який змінюється за той же час, що і струм.

Час втрат τ – це розрахунковий час, протягом якого лінія, яка з незмінним максимальним навантаженням $I_{\text{макс}}$, мала б ті ж втрати потужності і електричної енергії, що і при роботі по дійсному змінному графіку навантаження.

Втрати електричної енергії залежать від опору, струму в лінії і часу втрат. Щоб зменшити втрати потрібно зменшувати не тільки величину струму, а також величину опору лінії. При наявності парних ліній необхідно вмикати їх паралельно.

Застосування підвищеної напруги 20 кВ і 660 В для мереж промислових підприємств також значно зменшує втрати електричної енергії в електропостачаючих і розподільчих мережах промислових підприємств.

Максимальна потужність навантаження лінії визначається за формулою:

$$P_{\text{макс}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{макс}} \cos \varphi , \quad (4.1)$$

Час протягом, якого дана лінія могла б передати певну електричну енергію визначається за формулою:

$$T_{\text{макс}} = \frac{W}{P_{\text{макс}}} , \quad (4.2)$$

Максимальний струм за розглянутий проміжок часу (доба, рік):

$$I_{\text{макс}} = \frac{W}{\left(T_{\text{макс}} \sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi \right)} , \quad (4.3)$$

де $T_{\text{макс}}$ – число годин використання максимального навантаження.

При розрахунку втрат потужності і електричної енергії в лінії по максимальному струмі вводиться поняття часу втрат τ , яке залежить від часу використання максимуму $T_{\text{макс}}$ і коефіцієнта потужності $\cos\varphi$. Якщо відомі ці величини, по кривим залежності $\tau = f(T_{\text{макс}}, \cos\varphi)$, визначають час втрат, а потім визначають активні і реактивні втрати електричної енергії.

Загальний активний опір:

$$r = r_0 l , \quad (4.4)$$

Загальний реактивний опір в лінії:

$$x = x_0 l , \quad (4.5)$$

Активні втрати електричної енергії в лінії визначають за формулою:

$$\Delta W = 3I_{\text{макс}}^2 \cdot r \cdot \tau , \quad (4.6)$$

Реактивні втрати електричної енергії в лінії визначають за формулою:

$$\Delta V = 3I_{\text{макс}}^2 \cdot x \cdot \tau , \quad (4.7)$$

Активні втрати потужності в лінії визначаються за формулою:

$$\Delta P = \frac{\Delta W}{\tau} , \quad (4.8)$$

Реактивні втрати потужності в лінії визначаються за формулою:

$$\Delta Q = \frac{\Delta V}{\tau} , \quad (4.9)$$

1 Хід роботи:

- 1.1 Виписати технічні дані повітряної лінії з каталогу;
- 1.2 Визначити загальний активний і реактивний опір;
- 4.2 Визначити по графіку час втрат τ ;
- 4.3 По формулам визначити максимальну потужність навантаження лінії; час використання максимуму навантаження в лінії; втрати активної і

реактивної електричної енергії в лінії; втрати активної і реактивної потужності в лінії.

Умова задачі

Визначити втрати активної і реактивної енергії, втрати активної і реактивної потужності за рік в трифазній повітряній лінії напругою $U_{\text{л}}$, довжиною l , поперечним перерізом проводу S , живлячим промислові підприємства з тризмінною роботою. Річні витрати електричної енергії W , при максимальному струмовому навантаженні $I_{\text{макс}}$, і коефіцієнт потужності $\cos\varphi$.

Дані для розрахунку взяти з таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

Номер варіант а	Марка провода	$U_{\text{л}}$, кВ	l , км	$\cos\varphi$	$I_{\text{макс}}$, А	W , кВт· год.
1	АС-50	6,3	6	0,8	120	$5000 \cdot 10^3$
2	АС-120	10,5	6,5	0,8	250	$5500 \cdot 10^3$
3	АС-150	10,5	9	0,8	150	$5300 \cdot 10^3$
4	АСБ-95	6,3	8,2	0,8	200	$4980 \cdot 10^3$
5	А-70	6,3	10	0,8	180	$5000 \cdot 10^3$

2. Висновки:

3. Контрольні запитання:

- 3.1 По яким параметрам вибираються параметри лінії з каталогу.
- 3.2 Пояснити як розраховували загальний активний і реактивний опір в лініях
- 3.3 Пояснити як визначали по кривій час втрат τ
- 3.4 Пояснити як розраховували активні і реактивні втрати електричної енергії в лінії
- 3.5 Пояснити як розраховували активні і реактивні втрати потужності в лінії
- 3.6 Як знизити втрати електричної енергії в лінії

Практична робота №4

Вибір комутаційної високовольтної апарати вимикачі навантаження, роз'єднувачі

Роз'єднувач – це контактний комутаційний апарат, призначений для відключення і включення електричного кола без струму або з незначним струмом, який для забезпечення безпеки має між контактами у відключеному положенні ізоляційний проміжок.

Роз'єднувачами не можна відключати струми навантаження, так як контактна система їх не має дугогасильних пристроїв і у випадку помилкового відключення струму навантаження виникає стійка дуга, яка може призвести до міжфазних КЗ і нещасних випадків з обслуговуючим персоналом. Перед операцією з роз'єднувачем мережа повинна бути розімкнута вимикачем

Роз'єднувачі перевіряються по таким технічним параметрам:

- по напрузі:

$$U_{\text{уст.}} \leq U_{\text{ном.}}, \quad (5.1)$$

- по струму:

$$I_{\text{норм.}} \leq I_{\text{ном.}}; \quad I_{\text{макс.}} \leq I_{\text{ном.}}, \quad (5.2)$$

- по конструкції, роду установки;
- по електродинамічній стійкості:

$$i_y \leq i_{\text{пр.с}}; \quad I_{\text{n.0}} \leq I_{\text{пр.с}}, \quad (5.3)$$

де $i_{\text{пр.с}}$, $I_{\text{пр.с}}$ – граничний наскрізний струм КЗ (амплітуда і діюче значення);

- по термічній стійкості:

$$B_k \leq I_{\text{тер.}}^2 t_{\text{тер.}}, \quad (5.4)$$

де B_k – тепловий імпульс по розрахунку, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$I_{\text{тер.}}$ – граничний струм термічної стійкості;

$t_{\text{тер.}}$ – тривалість протікання граничного струму термічної стійкості.

Вимикач навантаження – це комутаційний апарат, який використовується для включення і відключення струмів.

Вимикач навантаження являється основним апаратом в електричних установках, він потрібен для відключення і включення електричної мережі в будь-яких режимах: довге навантаження, перевантаження, коротке замикання, холостий хід, несинхронна робота. Найбільш важкою і відповідальною операцією є відключення струмів КЗ.

Вимикачі навантаження перевіряються по таким технічним параметрам:

- по напрузі:

$$U_{\text{уст.}} \leq U_{\text{ном.}}, \quad (5.5)$$

- по струму:

$$I_{\text{норм.}} \leq I_{\text{ном.}}; I_{\text{макс.}} \leq I_{\text{ном.}}, \quad (5.6)$$

- на електродинамічну стійкість вимикача по граничним наскрізним струмам короткого замикання:

$$i_y \leq i_{\text{дин}}; I_{\text{n.0}} \leq I_{\text{дин}}, \quad (5.7)$$

де $i_{\text{дин}}$ – найбільший пік (струм електродинамічної стійкості) по каталогу;
 $I_{\text{дин}}$ – дійсне значення періодичної складової граничного наскрізного струму короткого замикання (КЗ) по каталогу.
 $I_{\text{n.0}}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ в мережі вимикача.

- на термічну стійкість по тепловому імпульсу струму КЗ по каталогу:

$$B_k \leq I_{\text{тер. тер.}}^2 t_{\text{тер.}}, \quad (5.8)$$

- на термічну стійкість по тепловому імпульсу струму КЗ за розрахунками:

$$B_{\text{кр}} = I_{\text{п}}^2 \cdot (t_{\text{відкл.}} + T_a), \quad (5.9)$$

де T_a – приймається рівним 0,05 с.

- по конструкції та роду установки

1 Хід роботи:

1.1 По каталогу вибрати роз'єднувач і вимикач з відповідними номінальними параметрами за вихідними даними з таблиці 5.1

1.2 Зробити відповідні розрахунки і порівняти ці параметри з каталожними.

1.3 Зробити висновок чи відповідає роз'єднувач і вимикач розрахунковим параметрам.

Умова задача:

Виконати вибір апаратів на стороні високої напруги $U_{уст.}$, кВ головної знижувальної підстанції (ГЗП) підприємства, яка живить споживачів першої категорії. На ГЗП встановлено: роз'єднувач та вимикач навантаження.

Розрахункова потужність ГЗП S_m , кВА. Значення періодичної складової $I_{n.0}$, кА, ударного струму i_y , кА, коефіцієнта потужності $\cos\phi$ взяти з таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

№ варіант а	S_m , кВА	$U_{уст.}$, кВ	$I_{n.0}$, кА	i_y , кА	$\cos\phi$
1	25600	110	0,97	22	0,6
2	16200	35	1,13	25,6	0,8
3	31800	35	1,05	23,8	0,85
4	18500	110	0,89	20,2	0,8
5	14400	35	1,27	28,8	0,6

2. Висновки:

3. Контрольні питання:

- 3.1 Чому роз'єднувачем не можна відключати струм навантаження.
- 3.2 Дайте визначення вимикач навантаження, роз'єднувач.
- 3.3 По яким технічним параметрам вибирали з каталогу роз'єднувач і вимикач навантаження.
- 3.4 По яким основним технічним параметрам робиться перевірка на відповідність розрахункових параметрів каталожним даним.

Практичної роботи №5

Тема: Вибір шин і ізоляторів розподільного пристрою високої напруги

Основне електрообладнання електростанцій та підстанцій з'єднується між собою провідниками – **шинами різного типу**, які утворюють струмопровідні частини електроустановки.

Ошиновку розподільних установок, як правило, виконують алюмінієвими чи сталю-алюмінієвими проводами, алюмінієвими трубами, а також шинами профільного перерізу з алюмінію та, значно рідше, з міді.

Збірні шини – це струмопроводи, які об'єднують в єдину електричну мережу все електричне обладнання, в тому числі відгалуження, вимірювальні трансформатори.

Жорсткі шини в закритих РУ 6-10 кВ виготовляють з алюмінієвих чи мідних смуг розміром від 60×6 мм до 120×10 мм в одну, дві чи три паралельні смуги або коробчастого перерізу.

Жорсткі прямокутні шини кріпляться до порцелянових опорних ізоляторів вертикально (на ребро) або горизонтально за допомогою шино тримачів, які повинні допускати поздовжнє зміщення шин при їх нагрівання чи охолодження, а до головок ізоляторів – гвинтами з накладками, виконаними з того матеріалу, що і шини.

Ізолятор це пристрій з фарфору (гуми) для кріплення проводів, шин та частин приладів, які знаходяться під електричною напругою.

Розрізняють:

- лінійні – для кріплення проводів до опор ЛЕП;
- стаціонарні – для монтажу струмопровідних частин у розподільних пристроях (РП);
- апаратні – для кріплення і розділення деталей в електричних апаратах та машинах.

Ізолятори вибираються:

- по номінальній напрузі:

$$U_{\text{розр.}} \leq U_{\text{ном.}}$$

- по номінальному струму:

$$I_{\text{розр.}} \leq I_{\text{ном.}}$$

- по допустимому навантаженню:

$$F_{\text{розр.}} \leq F_{\text{ном.}}$$

Перетин шин для підстанції і розподільних пристроїв вибирається по струму:

$$I_{\text{м}} \ll I_{\text{доп}}$$

•термічну стійкість:

$$q_{\text{мін}} = \frac{I_{\text{к.з.}} \sqrt{t_{\text{відкл.}}}}{C}$$

•механічну міцність:

- при двофазному к.з.:

$$F^{(2)} = 2,04 \cdot i_y^{(2)2} \cdot \frac{l}{a} \cdot k_{\phi} 10^{-7}$$

де $i_y^{(2)}$ – ударний струм при двофазному КЗ.

a – відстань між осями провідників, м;

l – довжина провідників, м;

k_{ϕ} – коефіцієнт форми провідників.

- при трифазному к.з.:

$$F^{(3)} = 2,04 \cdot i_y^{(2)2} \cdot \frac{l}{a} \cdot k_{\phi} 10^{-7}$$

де $i_y^{(2)}$ – ударний струм при трифазному КЗ.

Механічна напруга в матеріалі шин виникає при дії вигинаючого моменту при КЗ:

$$\sigma_{\text{макс}} = \frac{F \cdot l}{10 \cdot W}, [\text{МПа}]$$

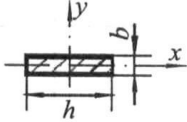
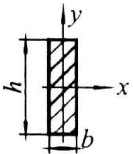
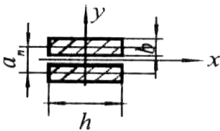
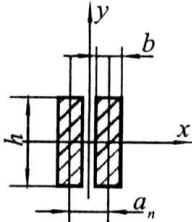
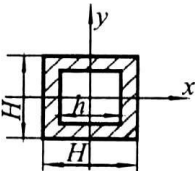
де l – відстань між опорними ізоляторами шинної конструкції, м;

W – момент опору шини відносно осі перпендикулярної дії механічного зусилля, $[\text{см}^3]$;

F – максимальна сила, що виникає в шині при КЗ (при 2-х або 3-х фазному КЗ), $[\text{Н}]$.

Момент опору перерізу шинної конструкції залежить від розмірів і способу розміщення шин. Формули для визначення моменту опору деяких типів шинних конструкцій приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Формули для визначення моменту опору шинних конструкцій

Переріз шин	$W, \text{см}^3$
	$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6}$
	$W_y = \frac{b^2 \cdot h}{6}$
	$W_y = \frac{b \cdot h^2}{3}$
	$W_y = \frac{b^2 \cdot h}{3}$
	$W_y = \frac{H^2 \cdot h^2}{6 \cdot H}$

Таблиця 6.2 – Допустима механічна напруга в матеріалі шин

Матеріал	Марка	$\sigma_{\text{доп.}}, \text{МПа}$
Алюміній	А0, А1	70
Алюмінієвий сплав	АД31Т, АД31Т1	90
Мідь	МГМ, МГТ	140
Сталь	Ст.3	160

При перевірці ізоляторів на механічну міцність слід приймати:

- для опорних ізоляторів:

$$F_{\text{макс}} = F^{(3)} \cdot k_h ,$$

- для прохідних:

$$F_{\text{макс}} = 0,5 \cdot F^{(3)} \cdot k_h ,$$

де k_h - коефіцієнт, що враховує поправку на висоту шини, якщо вона розміщена «на ребро».

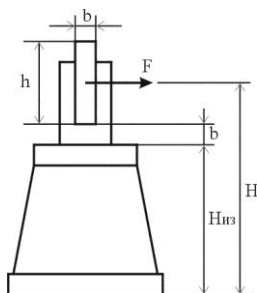


Рисунок 6.1 – Розміщення шинної конструкції «на ребро»

$$k_h = \frac{H}{H_{\text{из}}} ,$$
$$H = H_{\text{из}} + b + \frac{h}{2} .$$

1 Хід роботи:

- 1.1 По каталогу вибрати шини і ізолятор з відповідними номінальними параметрами
- 1.2 Зробити відповідні розрахунки і порівняти ці параметри з каталожними.
- 1.3 Зробити висновок чи відповідають шини і ізолятори розрахунковим параметрам.

Умова задачі

Перевірити шинну конструкцію розподільчої установки 10кВ на електродинамічну дію струмів КЗ. Шини мідні перерізом F , розташовані «на ребро» в одній горизонтальній площині на опорних ізоляторах. Відстань між ізоляторами однієї фази (проліт) – l , відстань між осями шин – a . Ударний струм трифазного КЗ складає i_y .

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

№ варіа- н- та	S_m , кВА	$U_{уст.}$, кВ	Переріз шини	Марка опорного ізолятора	i_y , кА	Відстань між ізоляторами однієї фази (проліт), см	Відстань між осями шин, см
1	1200	10	15×3	ОФ-10-375	27	70	25
2	1000	10	20×3	ОФ-10-750	35	80	30
3	8800	10	25×3	ОФ-10-1250	46	90	35
4	5600	6	30×4	ОФ-10-2000	58	100	40
5	6300	6	40×4	ОНШ-10-500	83	110	45
6	6100	6	40×5	ОНС-10-1000	32	120	50
7	5500	6	50×5	ОНС-10-2000	54	70	25
8	5400	10	50×6	ОФ-10-375	65	80	30
9	5100	10	60×6	ОФ-10-375	39	90	35
10	5250	10	60×8	ОФ-10-750	84	100	40

2. Контрольні питання:

2.1 Дайте визначення поняттю шини і ізолятори.

2.2 По яким параметрам вибираються шини з каталогу ?

2.3 По яким параметрам вибираються ізолятори з каталогу ?

2.4 По яким параметрам перевіряються шини ?

2.5 По яким параметрам перевіряються ізолятори ?

2.6 Які ізолятори застосовуються в електротехніці ?

Практична робота № 6

Вибір і перевірка кабельної лінії

Втрати електроенергії при передачі потужності по лінії зростають зі збільшенням опору лінії, що в свою чергу визначається перерізом провідника. Чим більше переріз провідника, тим менше втрати. При цьому зростають витрати кольорового металу і капітальні вкладення на спорудження лінії.

Щоб вибрати економічно обґрунтований переріз, слід порівняти капітальні вкладення і щорічні експлуатаційні витрати для декількох варіантів.

Щорічні експлуатаційні витрати складаються з відрахувань на амортизацію, поточний ремонт, обслуговування і вартості втрат електроенергії.

Ці відрахування зростають зі збільшенням перерізу проводів і кабелів, тому що при цьому зростають капітальні вкладення. Сума зазначених складових річних приведених витрат матиме мінімум при так званому економічно доцільному перерізі $q_{\text{ек}}$.

Економічно доцільний переріз визначають через розрахунковий струм лінії $I_{\text{м}}$ і економічну щільність струму j за формулою:

$$q_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{м}}}{j} . \quad (8.1)$$

Економічна щільність струму нормується ПУЕ залежно від матеріалу провідника і конструкції лінії (кабельна або повітряна) і числа годин використання максимуму навантаження $T_{\text{м}}$.

Основні умови вибору кабелю:

- по напрузі:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$$

- по конструкції
- по економічній щільності струму:
- по допустимому струму:

$$I_{\text{уст}} \leq I_{\text{ном}}$$

1 Хід роботи:

- 1.1 Обчислити номінальний струм, економічний переріз;
- 1.2 Вибрати з каталогу переріз і допустимий струм для даного перерізу;
- 1.3 Перевірити кабель по тривало допустимому струму;
- 1.4 Перевірити кабель по допустимій втраті напруги.

Умова задачі

Вибрати переріз кабелю по економічній густині струму і перевірити його по тривало допустимому навантаженню, а також по допустимій втраті напруги $U = 10$ кВ ; $n = 2$ (кількість кабелів).

Таблиця 7.1 – Вихідні дані

№ варіанта	$S_{\text{макс}}$, кВА	Режим робот и	$\cos\varphi$	l , км
1	3404	1	0,89	0,52
2	3402	2	0,91	0,4
3	3400	3	0,78	0,45
4	2500	2	0,89	0,51
5	2600	3	0,7	0,095
6	1000	3	0,51	0,35
7	2500	2	0,58	0,46
8	3500	1	0,64	0,036
9	4000	2	0,74	0,054
10	4500	2	0,8	0,035

2 Контрольні питання:

- 2.1 Охарактеризуйте принцип розрахунку по економічній щільності струму?
- 2.2 По яким параметрам вибирається переріз кабелю?
- 2.3 Яке допустиме значення втрат напруги в кабельній лінії?
- 2.4 Від чого залежить значення j - економічній щільності струму?
- 2.5 Який коефіцієнт враховується при перевірці на допустиму втрату напруги?

Практична робота №7

Захисне заземлення трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ

Призначення захисного заземлення полягає в тому, щоб у випадку появи напруги на металевих частинах електроустаткування (наприклад, внаслідок замикання на корпус при пошкодженні ізоляції) забезпечити захист людини від ураження електричним струмом при її доторканні до цих частин. Захист від ураження струмом забезпечується шляхом приєднання корпусу до заземлювача, який має малий опір заземлення та малий коефіцієнт напруги доторкання.

Якщо корпус устаткування є незаземленим і відбулося замикання на нього однієї із фаз, то доторкання людини до такого корпусу рівнозначно доторканню до фази.

Заземлювальний пристрій, як правило, складається із сукупності заземлювачів (провідників, електродів), які з'єднані між собою і перебувають у безпосередньому контакті із землею або її еквівалентом, та заземлювальних провідників, котрі з'єднують заземлювані частини електроустановки із цими заземлювачами.

Заземлювачі використовуються як природні так і штучні. В якості природних заземлювачів можуть використовуватися:

- 1) металеві та залізобетонні конструкції будівель, які знаходяться в контакті із землею, у тому числі їх залізобетонні фундаменти, які мають захисні гідроізоляційні покриття в неагресивних, малоагресивних і середньоагресивних середовищах;
- 2) металеві труби водопроводу, прокладені в землі та інші металеві конструкції, які знаходяться в землі;
- 3) металеві оболонки броньованих кабелів, прокладених у землі.

Не допускається використовувати в якості природних заземлювачів трубопроводи горючих рідин, горючих або вибухонебезпечних газів і сумішей, а також трубопроводів каналізації та центрального опалення. Однак ці обмеження не виключають необхідність приєднання таких трубопроводів до заземлюючого пристрою з метою вирівнювання потенціалів.

Можливість використання природних заземлювачів за умовою густини протікаючих по них струмів, а також можливість використання фундаментів у сильноагресивних середовищах повинна бути доведена розрахунковим шляхом.

Штучні заземлювачі повинні виготовлятися із чорної або оцинкованої сталі чи міді. Фарбувати їх забороняється.

Уникнення небезпечних наслідків корозії заземлювальних пристроїв забезпечується:

- 1) або збільшенням розмірів поперечних перерізів заземлювачів і заземлюючих провідників із врахуванням розрахункового терміну їх служби;

2) або застосуванням заземлювачів і заземлюючих провідників із гальванічним покриттям чи мідних.

При цьому потрібно враховувати можливе збільшення опору заземлювальних пристроїв, обумовлене корозією.

Траншеї для горизонтальних заземлювачів повинні заповнюватися однорідним ґрунтом, який не містить щебеню та будівельного сміття.

Не можна розміщувати заземлювачі у місцях, де земля підсушується під дією тепла від трубопроводів та інших джерел.

Провідник, який сполучає заземлювач із головною заземлюючою шиною (шина, яка є частиною заземлюючого пристрою електроустановки напругою до 1 кВ і призначена для приєднання певної кількості провідників із метою заземлення і вирівнювання потенціалів) в електроустановках напругою до 1 кВ, повинен мати наступні розміри поперечного перерізу:

- мідний – не менше 10 мм^2 ;
- алюмінієвий – не менше 16 мм^2 ;
- сталевий – не менше 75 мм^2 .

У місцях введення заземлюючих провідників у приміщення повинен бути передбачений пізнавальний знак .

В якості штучних заземлювачів використовують сталеві труби діаметром 35-50 мм з товщиною стінок не менше 3,5 мм і кутники розмірами 40x40 мм та 60x60 мм довжиною 2,5-3,0 м, а також сталеві прутки діаметром не менше ніж 10 мм та довжиною до 10 м. У більшості випадків штучні вертикальні заземлювачі знаходяться у землі на глибині 0,5-0,8 м. Вертикальні заземлювачі з'єднують між собою сталеві стрічкою з поперечним перерізом не менше ніж 4x12 мм або прутком з діаметром не менше 6 мм за допомогою зварювання.

Переріз головної заземлюючої шини (як правило мідної) повинен бути не меншим за переріз провідника лінії живлення. У місцях, доступних тільки для кваліфікованого персоналу, шина встановлюється відкрито, а у місцях, доступних для сторонніх осіб (наприклад, під'їздах та підвалах будинків), вона повинна мати захисну оболонку – шафу або ящик із закритими на ключ дверцятами, на яких повинен бути нанесений знак . Якщо приміщення має декілька окремих вводів, то головні заземлюючі шини повинні виготовлятися для кожного ввідного пристрою і бути з'єднані між собою.

Залежно від місця розташування заземлювачів відносно заземлюваного устаткування використовується виносне (зосереджене) та контурне (розподілене) заземлення.

Перевага виносного заземлення полягає в тому, що можна вибрати місце розташування заземлювачів із найменшим опором ґрунту. Недолік – віддаленість від захищуваного обладнання, внаслідок чого коефіцієнт доторкання рівний одиниці. Тобто виносне заземлення захищає тільки за

рахунок малого опору заземлення. Тому даний тип заземлювального пристрою використовують лише при малих значеннях струму замикання на землю.

У контурного заземлювального пристрою заземлювачі розміщуються по контуру (периметру) площадки, на якій знаходиться заземлюване обладнання, або розподілені, по можливості, рівномірно по всій площадці. Різниця потенціалів між точками, що знаходяться всередині контуру, невелика, через що коефіцієнт доторкання значно менший за одиницю. Тому струм, що проходить через тіло працівника, який доторкається до “пробитого” корпусу, набагато менший, ніж при виносному заземленні.

У процесі експлуатації електроустановок можливе порушення цілісності заземлювальних провідників та підвищення опору заземлення вище норми. Тому Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) передбачено проведення візуального контролю цілісності заземлювальних провідників та вимірювання опору заземлення. Такі вимірювання проводяться при найменшій провідності ґрунту: влітку - при найбільшому висиханні та зимою - при найбільшому промерзанні ґрунту.

Вимірювання опору заземлення належить проводити також після монтажу електроустановки, її ремонту чи реконструкції, але не рідше одного разу на рік.

1. Хід роботи:

- 1.1 Переписати умову задачі і вибрати дані заданого варіанту.
- 1.2 Виконати розрахунок заземлюючого пристрою.
- 1.3 Порівняти отримані дані з допустимими

Умова задачі

Розрахувати заземлювальний пристрій цехової підстанції 10/0,4 кВ, який знаходиться в другій кліматичній зоні. Мережа напругою 10 кВ має ізольовану нейтраль, мережа напругою 0,4 кВ - глухо заземлену нейтраль. Загальна протяжність повітряної лінії 10 кВ складає $l_{пл}$, км, кабельної лінії напругою 0,4 кВ $l_{кл}$, км. Для заземлювального контуру будемо використовувати вертикальні заземлюючі електроди діаметром $d = 16 \text{ мм}$ і довжиною $l = 3 \text{ м}$, які закладені на глибину $h_b = 0,8 \text{ м}$. Коефіцієнт сезонності $\psi = 1,5$. Дані для розрахунку взяти з таблиці.

№	$l_{пл}$, км	$l_{кл}$, км	Ґрунт
---	---------------	---------------	-------

варіанту			
1	10	11	чорнозем
2	20	15	садова земля
3	30	16	суглинок
4	32	17	глина
5	22	20	торф

2 Висновки:

3 Контрольні питання:

- 3.1 Дайте визначення поняттю заземлювальний пристрій.
- 3.2 Охарактеризуйте будову заземлювального пристрою.
- 3.3 Охарактеризуйте природні заземлювачі.
- 3.4 Охарактеризуйте різницю між контурним і виносним заземлювальним пристроєм.
- 3.5 Яке допустиме значення опору заземлювального пристрою?
- 3.6 Поясніть коли саме треба проводити перевірку опору заземлення.

Практична робота №8

Блискавкозахист будівель і споруд

Блискавкозахист — це комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, збереження будинків і споруджень, устаткування і матеріалів від можливих вибухів, руйнувань і пожеж, що виникають від удару блискавки, а в будинках сільськогосподарських підприємств — також для забезпечення безпеки тварин і птахів.

Блискавковідвід — пристрій, що сприймає удар блискавки і відводить її струм у землю. Блискавковідвід забезпечує захист від прямих ударів блискавки. Захисна дія блискавковідводу заснована на властивості блискавки уражати найбільш високі і добре заземлені металеві спорудження. У загальному випадку блискавковідвід складається з опори, блискавкоприймача, безпосередньо сприймаючого удар блискавки, струмовідводу, по якому струм блискавки передається в землю, заземлювача, що забезпечує розтікання струму блискавки в землі. У деяких випадках функції опори, блискавкоприймача і струмовідводу об'єднуються (використання труб або ферм).

З'єднання блискавкоприймачів зі струмовідводами і струмовідводів із заземлювачем повинні виконуватися, як правило, зварюванням, а при неприпустимості вогневих робіт дозволяється виконання болтових з'єднань з перехідним опором не більше 0,05 Ом при обов'язковому щорічному контролі останнього перед початком грозового сезону.

Зона захисту блискавковідводу — простір, усередині якого будинок і спорудження захищене від прямих ударів блискавки з надійністю не нижче:

- зона захисту типу А — 99,5%;
- зона захисту типу Б — 95%;

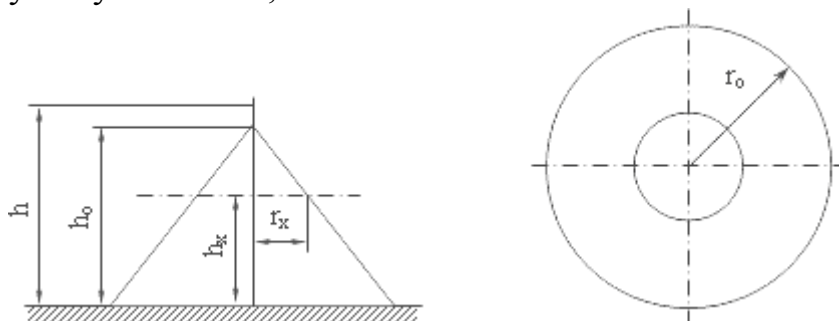


Рисунок 1.1- Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу

Блискавковідвід, що стоїть окремо — блискавковідвід, опора якого встановлена на землі на деякому видаленні від об'єкта, що захищається.

Одиночний блискавковідвід — одинична конструкція стрижневого або тросового блискавковідводу.

Подвійний (багаторазовий) блискавковідвід — два (або більше) стрижневих або тросових блискавковідводи, що утворюють одну загальну зону захисту.

Заземлювач блискавкозахисту — один або декілька провідників, що знаходяться у зіткненні з землею і призначені для відводу в землю струмів блискавки або обмеження перенапруг, що виникають на металевих корпусах, устаткуванні, комунікаціях при близьких розрядах блискавки. Заземлювачі поділяються на природні і штучні.

Враховуючи розмаїтість технологічних процесів, висувати однакові вимоги до блискавкозахисту всіх об'єктів недоцільно. Тому всі будинки і спорудження за блискавкозахистом класифіковані. В основу класифікації будинків і споруджень за ступенем небезпеки і можливістю ураження їх блискавкою покладена імовірність виникнення вибуху або пожежі, а також масштаби можливих руйнувань.

На підставі цього всі будинки і спорудження підрозділяються на три категорії, що позначаються I, II, III (найбільш небезпечна I).

I категорія — виробничі будинки і спорудження з зонами класу 0, 1, 20, 21 по всій території країни. Кожне ураження об'єкта I категорії викликає вибух, створює підвищену небезпеку руйнувань і жертв не тільки для даного об'єкта, але і для розташованих поруч.

До II категорії відносяться:

- виробничі будинки і спорудження з зонами класів 2, 22 з середньорічною тривалістю гроз 10 годин і більше на рік;
- зовнішні установки з зонами класу 2 на всій території країни;
- будинки обчислювальних центрів, у тому числі розташованих у міській забудові в місцевостях із середньою тривалістю гроз 20 годин на рік і більше.

Удар блискавки в об'єкт II категорії створює небезпеку вибуху тільки при збігу з технологічною аварією або моментом спрацювання дихальних і аварійних клапанів.

До III відносяться: - будинки і спорудження з пожежонебезпечними приміщеннями або будівельними конструкціями низької вогнестійкості; - об'єкти, ураження яких становить небезпеку електричного впливу на людей і тварин: великі суспільні будинки, тваринницькі будівлі, високі спорудження типу труб, веж, монументів; - дрібні будівлі в сільській місцевості, де найчастіше використовуються горючі конструкції і де невелика вартість будівель дозволяє виконати блискавкозахист спрощеними способами.

До III категорії віднесені об'єкти, наслідки ураження яких не зв'язані з

вибухами.

1 Хід роботи:

1.1 Переписати умову задачі і вибрати дані заданого варіанту.

1.2 Виконати розрахунок амплітудної імпульсної напруги за формулою, кВ:

$$U_{\text{макс}} = \frac{I_{\text{макс}}}{2 \cdot \left(R_{\text{імп}} \sqrt{R_{\text{імп}}^2 + h^2} \right)},$$

1.3 Знайти мінімальну відстань між блискавко захистом і будівлею по повітрю і землі за формулою, м:

$$S_{\text{п}} = r_{\text{мін.п}} = \frac{U_{\text{макс}}}{E_3},$$

$$S_3 = r_{\text{мін.з}} = \frac{I_{\text{макс}} R_{\text{м}}}{E_3},$$

1.4 Визначити радіус зони захисту одиночного блискавковідводу за формулою, м :

$$r_0 = 1,1 \cdot h - 0,2 \cdot h^2$$

1.5 Визначення зони захисту, повинна виконуватись умова:

$$r_0 > S_a + a$$

Умова задачі

Визначити захисну зону одиночного стержневого блискавковідводу і його висоту при ударі блискавки, якщо $I_{\text{макс}}$, імпульсний опір заземлювача $R_{\text{імп}} = 10$ Ом, висота захисної споруди h_x , розміри споруди $a \times b = 6 \times 6$ м

№ варіанта	a, м	b, м	h, м	$I_{\text{макс}}$, кА	$R_{\text{імп}}$, Ом
1	12	18	8	150	11
2	6	14	7	160	12
3	8	12	7,5	190	10
4	9	12	8	170	12
5	10	16	6	180	12

2 Висновки:

3 Контрольні питання:

- 3.1 Дайте визначення поняттю блисквкозахист.
- 3.2 Охарактеризуйте як виконується блискавко захист будівель і споруд I,II,III категорії?
- 3.3 Дайте визначення зони захисту одиничного стрижневого блискавковідводу, тросового блискавковідводу.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).-К.: Форт, 2017.-704 с.
2. Електробезпека : підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.
3. Охорона праці на залізничному транспорті : навч.посіб. / Д. С. Козодой, О. В. Костиркін, С. О. Кисельова та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 124 с.
4. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів / Держгірпромнагляд. 1998. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98>.
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів / Міністерство палива та енергетики України. 2006. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>.
6. НПАОП 40.1-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів / Міністерство праці та соціальної політики України. 2001. URL : http://sop.zp.ua/norm_npaop_40_1-1_07-01_03_ru.php. НПАОП 0.00-4.12-05.
7. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці / Держгірпромнагляд. 2005. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>.
8. Про охорону праці : Закон України. Київ : Юрінком Інтер, 2018. 44 с.