

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для СРС “Вибір і розрахунок блискавкозахисту будівель і
споруд”

Методичні вказівки для СРС "Вибір і розрахунок блискавкозахисту будівель і споруд" - Вінниця, ВНТУ, 1992

Укладач: Северин Леонід Іванович

Відповідальний за випуск: проф. М.А. Кліменко

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Блискавка - це інтенсивний розряд атмосферної електрики. Так як ці розряди можуть створювати небезпеку для людей, руйнувати будівлі і споруди, призводити до вибухів і пожеж, їх здавна прийнято називати грозовими.

Дія блискавки на будівлі та споруди проявляється у вигляді прямого удару блискавки в об'єкт, дії електростатичної та електромагнітної індукції і в занесенні високих потенціалів в будівлі і споруди..

Найнебезпечнішим в прямий удар блискавки в об'єкт, тому що при ньому на протязі частки секунди (1...100 мкс) по каналу блискавки протікав струм силою 200...500 кА, розігрівуючи його до 20000°C.

Електростатична індукція проявляється в наведенні потенціалів на наземних об'єктах в результаті змін електричного поля грозової хмари. Це створює небезпеку іскріння між металевими елементами конструкцій і обладнання.

Електромагнітна індукція - наведення потенціалів в незамкнених металевих контурах в результаті швидких змін струму блискавки, створюючи небезпеку іскріння в місцях зближення цих контурів. Занесення високих потенціалів - перенесення наведених блискавкою високих електричних потенціалів в будівлі і споруди по зовнішніх металевих комунікаціях (наприклад, естакади, монорейки, канатні дороги, трубопроводи, електричні кабелі з металевими оболонками, прокладені в землі, каналах, тунелях тощо).

Індуктивні струми і заноси високих потенціалів, крім породжуваних ними іскрінь, можуть приводити до нагрівання металевих конструкцій і обладнання і запалювання горючих матеріалів і речовин, які знаходяться поблизу. Близький удар блискавки внаслідок електромагнітної індукції створює також індуктовані перенапруги в електричних мережах, що викликає серйозну небезпеку для ізоляції електроустановок, призводить до ураження людей електричним струмом, виникнення пожежі. В зв'язку з цим необхідно приділяти увагу питанням блискавкозахисту будівель, електричних мереж, станцій, підстанцій та інших споруд.

Влаштування блискавкозахисту

Блискавкозахист - це комплекс захисних пристроїв, які забезпечують безпеку людей, збереження будівель і споруд, обладнання і матеріалів від можливих вибухів, загорання і руйнувань, виникаючих при дії блискавки,

Проектування і влаштування блискавкозахисту нових, реконструйованих і розширених будівель і споруд повинно виконуватися згідно з інструкцією по проектуванню і улаштуванню блискавкозахисту будівель і споруд СН 305-77.

Будівлі і споруди або їх частини у залежності від призначення, державної ваги, ступеня вогнестійкості, вибухової і пожежної безпеки, інтенсивності грозової діяльності в даній місцевості, а також від очікуваної

кількості поразок блискавкою в рік підлягають захисту згідно з категоріями влаштування блискавкозахисту і типом зони захисту відповідно нормативам, приведеним в табл. 1.

Середньорічна грозова діяльність в годинах визначається по спеціально розробленій карті або на підставі офіційних даних місцевих метеорологічних станцій. Згідно розробленої карти на території України тривалість грозової діяльності наступна:

Кримська і Херсонська області - 40...60 г/рік;

Донецька, Дніпропетровська, Закарпатська, Запорізька, Львівська і Тернопільська області - 80...100 г/рік;

Чернівецька область - більше 100 г/рік;

на решті території - 60...80 г/рік.

Очікувана річна кількість поразок блискавкою будівель і споруд, не обладнаних блискавкозахистом, визначається по формулі

$$N = (S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

де S і L - відповідно ширина і довжина захищуваної будівлі, яка має в плані прямокутну форму, м.

Таблиця 1

№ п/п	Будівлі і споруди	Місцеположення	Тип зони захисту	Категорія улаштування блискавко-захисту
1	2	3	4	5
1	Будівлі і споруди або їх частини з зонами, які по ПУЕ відносяться до класів В-I і В-II.	на всій території.	Зона А	I
2	Будівлі і споруди або частини з зонами, які по ПУЕ відносяться до класів В-Ia, В-Iб і В-IIa.	В місцевості з середньою грозовою діяльністю 10 і більше г в рік.	При очікуваній кількості поразок: $N < I$ - зона Б, $N > I$ - зона А	II
3	Зовнішні технологічні установки і відкриті склади, які по ПУЕ відносяться до зон класу В-Iг.	На всій території.	Зона Б	II
4	Будівлі і споруди з зонами, які по ПУЕ відносяться до класів П-I, П-II і П-IIa.	В місцевості з середньою грозовою діяльністю 20 і більше г в рік.	Для будівель і споруд I і II ступенів вогнестійкості при $0.1 < N \leq 2$ і для ПГ.ІУ.У ступеня вогнестійкості при $0.02 < N \leq 2$ - зона Б; при $N > 2$ - зона А	III
5	Зовнішні технологічні установки і відкриті склади, які по ПУЕ відносяться до зон класу П-III	Те ж	Зона Б	III

1	2	3	4	5
6	Будівлі і споруди III, IV, V ступеня вогнестійкості, в яких відсутні зони, віднесені по ПУЕ до класів вибухо- і пожежонебезпечних.	Те ж	При очікуванні кількості поразок: $0.1 < N \leq 2$ - зона Б; $N > 2$ - зона А.	III
7	Тваринницькі і птахівницькі будівлі і споруди III, IV і V ступеня вогнестійкості: для великої рогатої худоби і свиней на 100 голів і більше, є для овець на 500 голів і більше, для птахів на 1000 штук і більше.	В місцевості з середньою грозовою діяльністю 40 і більше г на рік.	Зона Б	III
8	Димові труби підприємств і котелень, водонапірні і силосні вежі, вишки різких призначень висотою 15 м і більше.	В місцевості з середньою грозовою діяльністю 10 і більше г в рік.	Зона Б	III
9	Житлові і громадські будівлі, підвищені більше як на 25 м над середньою висотою навколишніх будівель в радіусі 400 м, а також окремо стоячі будівлі висотою більше 30 м, віддалені від інших будівель більше як на 400 м.	В місцевості з середньою грозовою діяльністю 20 і більше г в рік.	Зона Б	III
10	Окремо стоячі житлові і громадські будівлі в сільській місцевості висотою більше 30 м.	Те ж	Зона Б	III

1	2	3	4	5
11	Громадські будівлі III, IV і V ступеня вогнестійкості наступного призначення: дитячі садки і ясла, школи і школи-інтернати, спальні корпуси санаторіїв, будинків відпочинку і піонерських таборів, лікувальні корпуси лікарень, клуби, кінотеатри.	Те ж	Зона Б	III
12	Будівлі і споруди, які є пам'ятниками історії і культури.	В місцевості з середньою грозовою діяльністю 10 і більше годин в рік.	Зона Б	III

h - найбільша висота будівлі, м;

n - середньорічне число ударів блискавки в 1 км² земної поверхні в місцевості розташування будівлі, яке знаходиться по табл.2.

Таблиця 2

Інтенсивність грозової діяльності, г, в рік	Середньорічне число ударів блискавки в 1 км ² земної поверхні	Інтенсивність грозової діяльності, г в рік	Середньорічне число ударів блискавки в 1 км ² земної поверхні
1	2	3	4
10...20	1	60...80	9
20...40	3	80 і більше	12
40...60	6		

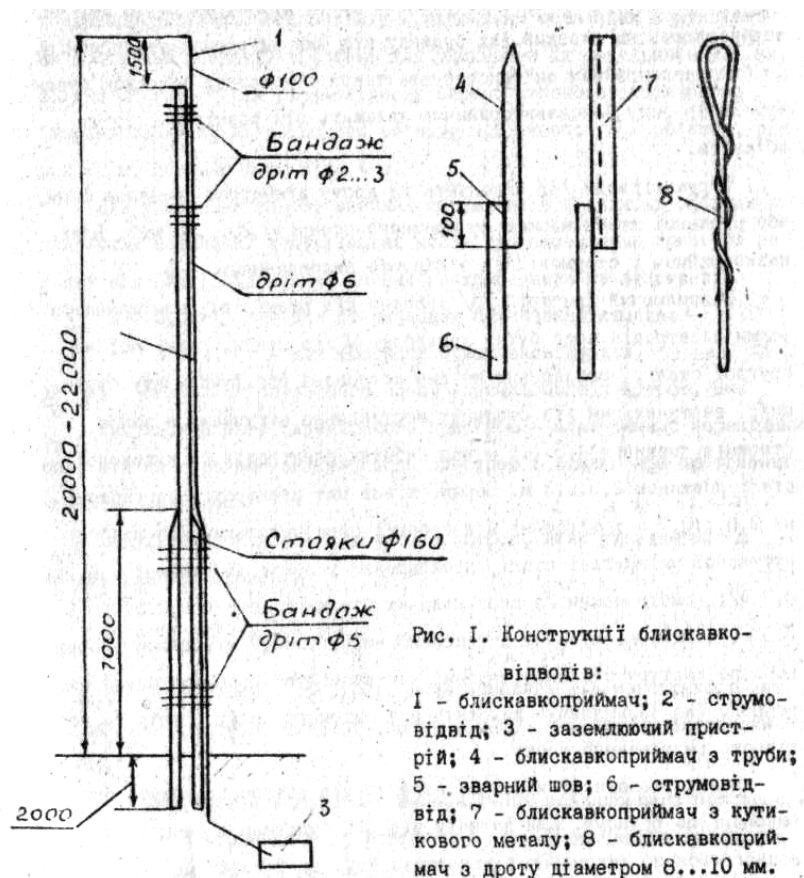
Для будівель складної конфігурації при розрахунку N в якості S і L розглядаються ширина і довжина найменшого прямокутника, в який може бути вписана будівля в плані.

В відповідності з інструкцією по призначенню і конструктивному виконанню блискавкозахист ділиться на три категорії. До I категорії пред'являються підвищені вимоги надійності і вона застосовується для захисту найбільш важливих і вибухопожежонебезпечних об'єктів. Будівлі і споруди, віднесені до I і II категорій, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки (ПУБ), електростатичної і електромагнітної індукції та заносу високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації.

Будівлі і споруди, віднесені по улаштуванню блискавкозахисту до III категорії, захищаються тільки від ПУБ і від заносу високих потенціалів.

При ширині будівель і споруд більше 100 м виконуються заходи по вирівнюванню потенціалів.

Для захисту будівель і споруд від ПУБ застосовують блискавковідводи, які приймають на себе розряд блискавки і відводять струм розряду в землю. Блискавковідводи складаються з блискавкоприймача, струмовідводу, заземлюючого пристрою та опори, на якій закріплені блискавкоприймачі та струмовідводи (рис. 1).



Блискавкоприймачі (1) приймають удар блискавки. Вони можуть бути: стержньовими (сталі стержні круглої чи кутової форми, довжиною не менше 200 мм та площею поперечного перерізу не менше 100 мм^2); тросовими (сталій оцинкований трос з площею поперечного перерізу не менше 35 мм², що відповідає діаметру троса 7 мм); сітчастими (металева сітка із сталюого дроту діаметром 6...8 мм, яку встановлюють на плоский дах будинку під шар негорючих утеплювачів). Як блискавкоприймач використовують також і металеву покрівлю будинку. Вибір виду блискавкоприймача залежить від розмірів і форми об'єктів.

Струмовідводи (2) виконують із дроту діаметром не менше 6 мм, або сталюї штаби площею поперечного перерізу 25... 30 мм². Блискавкоприймач і струмовідвід з'єднують зварюванням.

Заземлюючий пристрій (3) залежно від розмірів розміщення та форми електродів може бути: заглибленим (із штаби, кутової чи круглої сталі, прокладених по дну котловану для фундаменту будинку); вертикальним (із сталюих вертикально вкручених в землю стержнів довжиною 4,5...5 м або забитих електродів із кутової сталі довжиною 2,5...3 м, верхні кінці цих електродів заглиблені на 0,6...0,7 м і з'єднані між собою); горизонтальним (із штаби, кутової чи круглої сталі, прокладених у землі на глибині 0,6... 0,7 м); комбінованим (з вертикальних стержнів довжиною 2,5... 3,0 м, верхні кінці яких заглиблено на 0,6...0,7 м у землю і з'єднано по контуру сталюю штабою, яку розміщують горизонтально на ребро). Тип заземлювача залежить від питомого опору ґрунту та необхідного імпульсного опору.

Блискавкозахисні пристрої залежно від категорії можуть бути виконані по різному. Для захисту від ПУБ будівель і споруд, які відносяться по виконанню блискавкозахисту до I категорії, необхідно застосовувати окремо стоячі стержньові (рис.2) або тросові (рис. 3) блискавковідводи, а при неможливості їх спорудження допускається установлення ізольованих блискавковідводів на самому захисному об'єкті

(рис. 4).

При установленні окремо стоячих та ізолюваних стержньових або тросових блискавковідводів необхідно віддаляти елементи блискавковідводу від захисного об'єкту і підземних металевих комунікацій на достатньо безпечну відстань для уникнення їх перекривання. Так, згідно СН 305-77 від струмовідводу окремо стоячого стержневого блискавкозахисту до захисного об'єкту при висоті h об'єкту, рівній 30 м, повинно бути біля 4 м.

Для уникнення заносу високих потенціалів в захисні споруди по підземних металевих комунікаціях необхідно заземлюючі пристрої захисту від ПУБ і підведення до них розташовувати на відстані:

$S = 0,5R_i$ - для стержньових блискавковідводів;

$S = 0,3R_i$ - для тросових блискавковідводів,

де R_i - величина імпульсного опору заземлюючого пристрою, Ом.

Імпульсний опір заземлюючого пристрою - електричний перехідний опір між електродами заземлюючого пристрою і землею при протіканні струмів блискавки.

Імпульсний опір заземлюючого пристрою, який складається з електродів або променів

$$R_i = \alpha_i \cdot \frac{R}{r_i} \cdot n \quad (2)$$

де α_i - імпульсний коефіцієнт, який залежить від конструкції заземлюючого пристрою, питомого опору ґрунту ρ і струму блискавки;

n - імпульсний коефіцієнт використання заземлюючого пристрою, враховуючий погіршення умов розтікання струму блискавки внаслідок взаємного екранування електродів;

R - опір розтікання струму при промисловій частоті.

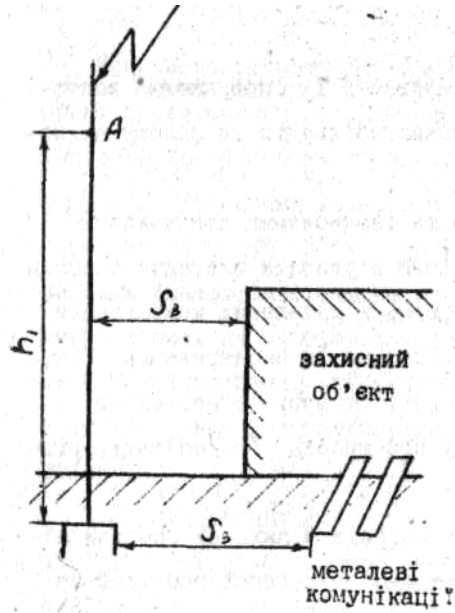


Рис. 2. Окремо стоячий стержньовий блискавковідвід

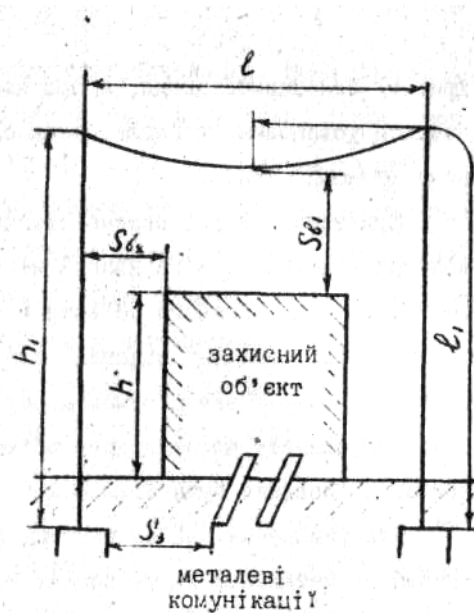


Рис. 3. Окремо стоячий тросовий блискавковідвід

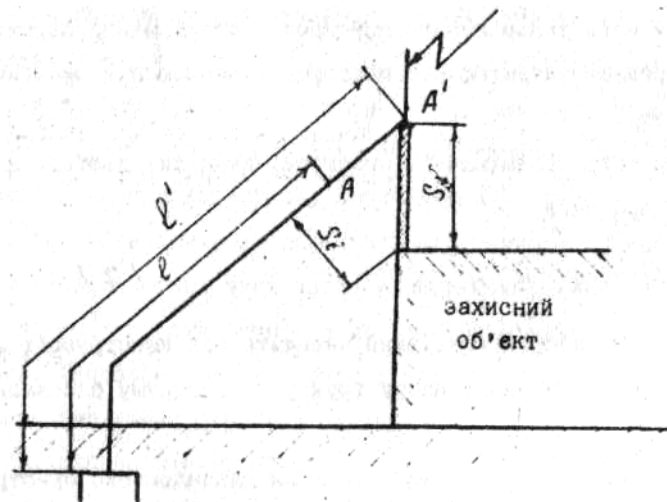


Рис. 4. Стержньовий блискавковідвід, ізолюваний від захисного об'єкту дерев'яним стояком

Усереднені значення коефіцієнтів α_i і n для деяких конструкцій заземлюючих пристроїв приведені в табл. 3.

Таблиця 3

Заземлюючі пристрої	при ρ , Ом • м				
	100	0,7	0,65	0,7 0,6	
Вертикальні стержні, з'єднані штабою (відстань між електродами вдвічі більше їх довжини):					
2-4 стержня	0,5	0,45	0,3	-	0,75
8 стержнів	0,7	0,55	0,4	0,3	0,75
15 стержнів	0,8	0,7	0,55	0,4	0,75
Дві вертикальні штаби довжиною по 5м, які симетрично розходяться від точки приєднання струмовідводів.	0,65	0,55	0,45	0,4	1,0
Три штаби довжиною по 5 м, які симетрично розходяться від точки приєднання струмовідводів.	0,7	0,6	0,5	0,45	0,75

Опір розтікання струму при промисловій частоті вимірюється загальноприйнятими методами (вимірювач заземлення тощо) або розраховується за формулами:

опір вертикальної труби або стержня

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{4l(2t+l)}{d(4t+l)} \right), \quad (3)$$

опір горизонтальної штаби

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{1.51}{\sqrt{bt}} \quad (4)$$

опір залізобетонного фундаменту

$$R = 1.7 \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4t}{b}, \quad (5)$$

де l – довжина труби чи штаби, м;

t – глибина залягання штаби, верхнього кінця вертикального

електроду чи нижнього кінця фундаменту, м;

b – ширина штаби чи фундаменту, м;

d – діаметр труби чи стержня, м.

Розрахункове значення ρ знаходиться по результатах вимірювань як

$$\rho = k\rho_{вим} \quad (6)$$

де K – сезонний коефіцієнт (для середньої вологості ґрунту $K=1,4$; при підвищеній вологості $K=2,6$);

$\rho_{вим}$ - виміряне значення питомого опору ґрунту.

Орієнтовані значення питомого опору деяких ґрунтів приведені в таблиці 4.

Таблиця 4.

Ґрунт, вода	Питомий опір ρ , Ом м	Ґрунт, вода	Питомий опір ρ , Ом м
Багаторічномерзлий ґрунт	до 100000	Чорнозем	50
Скальний ґрунт	1000	Торф	20
Пісок	500	Вода: річкова	10-30
Супісок	300	морська	1-10
Лес, суглинок	100	ставкова	40-50
Глина	60	ґрунтова	20-70

Опір імпульсний R заземлюючого пристрою повинен бути не більше 10 Ом; в ґрунтах з питомим опором 500 Ом м і більше допускається збільшення імпульсного опору до 40 Ом.

Для будівель і споруд висотою більше 30 м у випадках, коли улаштування окремо стоячого чи ізолюваного блискавковідводу в не можливим, захист від ПУБ допускається здійснювати встановленням на будівлі чи споруді неізолюваних стержньових чи тросових блискавковідводів або накладанням блискавкоприймальної сітки на неметалічний дах, або ж використанням в якості блискавкоприймача металеві покрівлі будинку.

Струмівідводи, які з'єднують блискавкоприймальну сітку або метал

покрівлі з заземлюючим пристроєм, прокладаються на кожному розі будинку і не більш як через кожні 25 м по його периметру.

Захист від електростатичної індукції повинен виконуватися шляхом приєднання металевих корпусів всього обладнання і апаратів, установлених в захисній будівлі чи споруді, а також металевих конструкцій до спеціального заземлюючого пристрою або до захисного заземлення електрообладнання.

Для захисту від електромагнітної індукції між трубопроводами і другими протяжними металевими предметами в місцях їх взаємного зближення на відстань 10 см і менше через кожні 20 м довжини треба приварювати сталі перемички для того, щоб не було незамкнених контурів.

Для захисту від занесення високих потенціалів по підземних металевих комунікаціях необхідно при вводі в будівлю приєднувати їх до заземлюючих пристроїв від електростатичної індукції або до захисного заземлення електрообладнання.

На відміну від блискавкозахисту I категорії при влаштуванні блискавкозахисту II категорії відстань від окремо стоячих блискавко-відводів до захисного об'єкту і підземних комунікацій не нормується. Рекомендується в якості струмовідводів використовувати металеві конструкції будівлі чи споруди. На будівлях з верхнім перекриттям із сталених ферм влаштування блискавкоприймачів чи накладання блискавкоприймальної сітки не потрібно. Рекомендується об'єднувати заземлюючі пристрої від ПУБ, захисне заземлення електрообладнання і заземлюючий пристрій від електростатичної індукції.

Для вирівнювання потенціалів всередині будівель і споруд шириною більше 100 м виконується заземлюючий пристрій з протяжних горизонтальних сталених електродів поперечним перерізом не менше 100 мм². Щі електроди вкладають на глибині не менше 0,5 м і не більше як через 60 м по ширині будівлі. З двох сторін по торцях будівлі ці електроди

приварюються до металевих ферм або зовнішнього контуру заземлення.

Захист від електромагнітної індукції і занесення високих потенціалів здійснюється аналогічно блискавкозахисту I категорії.

Захист від ПУБ будівель і споруд, які відносяться по влаштуванню блискавкозахисту до III категорії, повинен виконуватися аналогічно захисту будівель і споруд, віднесених до II категорії. В разі використання блискавкоприймальної сітки її ячейки можуть мати розмір до 150 м (наприклад, 12 x 12 м), а величина імпульсного опору кожного заземлюючого пристрою допускається до 20 Ом.

Для захисту від занесення високих потенціалів зовнішні металеві комунікації необхідно на вводі приєднувати до заземлюючого , пристрою з $R_i < 20$ Ом (наприклад, до заземлення захисту від ПУБ). На ближній до споруди опорі металеві конструкції необхідно приєднати до заземлюючого пристрою з R_i також не більше 20 Ом, .

Влаштування блискавкозахисту електростанцій, електричних підстанцій і повітряних ліній електропередач повинно здійснюватися . згідно з вимогами ПУЕ-86 (п.4.2.135...4.2.169), а саме: на підстанціях всіх класів напруги від ПУБ з допомогою високих стержньових блискавковідводів; над проводами ліній 220...750 кВ, а також відповідальних ліній 110 кВ від ПУБ з допомогою грозозахисних тросів; від перекриття між блискавковідводом, тросом чи опорою і проводом заземленням кожної опори з тросом х: блискавковідводу по найкоротшому шляху з малим R_i заземлення; від хвиль, які приходять по лінії, шляхом встановлення спеціальних вентильних і трубчастих розрядників на підстанціях і підвищеним грозозахистом підходу до підстанцій ліній всіх класів напруги; електричні машини повинні бути віддалені від повітряної лінії трансформатором; в протилежному разі необхідно забезпечити особливо надійний блискавкозахист з допомогою спеціальних розрядників, конденсаторів, реакторів, кабельних уставок і підвищеним грозозахистом підходу повітряної лінії.

Використання ізоляційних властивостей дерева в мережах 6...110 кВ, застосування заземлення нейтралі через дугогасильну котушку і ізольованої нейтралі в мережах 6...35 кВ значно знижує можливість переходу імпульсного перекриття в стійку електричну дугу. Швидке гасіння виниклої дуги, а також відновлення міцності ізоляції здійснюється застосуванням влаштувань автоматичного повторного включення (АПВ).

Типові схеми захисту підстанцій з робочого напругою до 10 кВ включно показані на рис. 5. В них основним елементом є комплект вентильних розрядників, які встановлені на вводі (рис.5,а) у тупикових підстанцій, а при декількох лініях, на винах, близько до трансформатора (рис.5,б). В цьому разі розімкнуті вимикачі або роз'єднувачі на постачаючих лініях додатково захищають трубчастими розрядниками РТ-2.

Для більшої надійності захисту (рис. в) встановлюють додатково трубчасті розрядники РТ-1 (чи при відповідних супроводжуючих струмах іскрові проміжки ПЗ-1) на відстані 100...200 м від підстанції. Опір заземляючих пристроїв цих апаратів повинен бути не більше 10 Ом.

При наявності кабельних уставок перед підстанцією (рис. 6.г) рекомендується використовувати трубчасті розрядники РТ-1 або іскрові проміжки ПЗ-1 з пониженою імпульсною пробивною напругою. Розрядники РТ-1 чи проміжки ПЗ-1 монтують біля лінійної кабельної муфти, а їх заземлення з'єднують з оболонкою кабеля.

При декількох лініях з кабельними уставками вентильні розрядники необхідно встановлювати на шинах, як можна ближче до трансформаторів (рис.5,д), а трубчасті розрядники РТ-2 (або захисні іскрові проміжки ПЗ-2) - біля підстанційної кабельної муфти, якщо довжина кабельної уставки більше 50 м.

При цьому заземлюючий пристрій РТ-2 (чи ПЗ-2) з'єднують з , заземленням підстанції і оболонкою кабеля. На кабельних уставках довжиною менше 50 м розрядники РТ-2 (чи проміжки ПЗ-2) не ставлять,

тому що їх підстанційні муфти досить надійно захищені розрядниками РТ-1 (чи ПЗ-1).

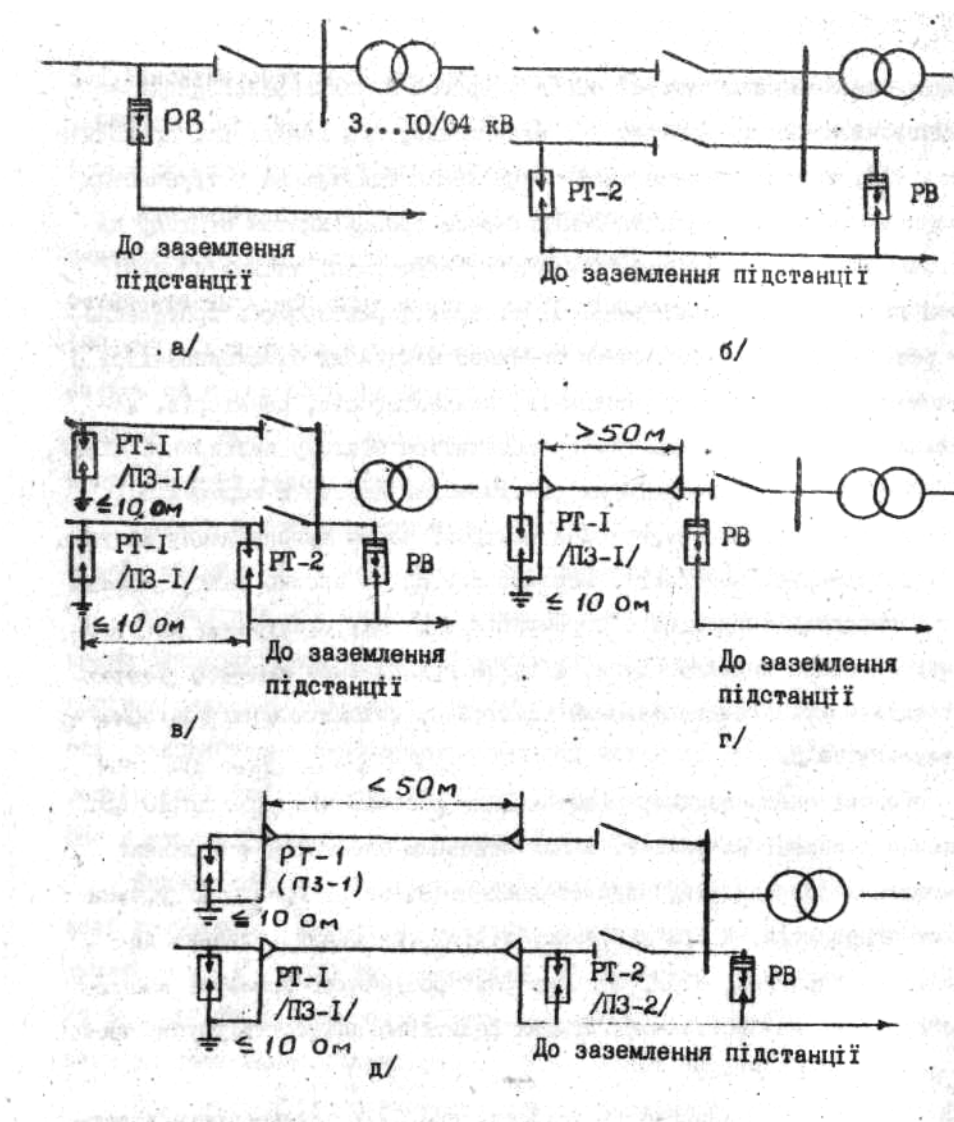


Рис. 5. Типові схеми блискавкозахисту підстанцій 3...10/0,4 кВ

Зони захисту блискавковідводів

Стержньові та тросові блискавковідводи характеризуються зоною захисту - частиною простору, всередині якого усі будівлі, споруди та інші об'єкти захищені від ЛУБ з певним рівнем надійності. Найменшим і постійним по величині рівнем надійності володів поверхня зони захисту, по мірі просування всередину зони, надійність захисту збільшується. За рівнем надійності захисту встановлено два типи зон захисту: А - з рівнем надійності захисту 99,5% і більше; Б – 95% і більше.

Зона захисту одиночного стержньового блискавковідводу висотою до 150 м нагадує собою круговий конус з вершиною $h_0 < h$ (рис.4). На рівні землі зона захисту утворює коло радіусом r_0 . Горизонтальний переріз зони захисту на висоті захисного об'єкту h утворює коло радіусом r_k .

Зону захисту можна визначити графічним і розрахунковим методами. При графічному визначенні захисний об'єкт повинен увійти в зону захисту блискавковідводу. Побудова зони захисту показана на рис. 7. Як видно з рисунка, зона захисту нагадує конус з твірною у вигляді ламаної лінії АЕО. Основою конуса в коло радіусом $r = 1.5hp$. Ламану лінію проводять так: точку А на вершині блискавковідвід з'єднують з точкою В, розміщеною на рівні землі на відстані $0,75hp$ від струмовідводу. Точку С на блискавковідводі на висоті $0,8 h$ з'єднують з точкою О, яка знаходиться на рівні землі на відстані $r = 1.5hp$ від основи блискавковідводу. Коефіцієнт p дорівнює при $h < 30$ м і $\frac{5.5}{\sqrt{h}}$ при $h > 30$ м.

При розрахунковому методі габарити зони захисту одиночного стержньового блискавковідводу визначаються:

Зона А:

$$h_0 = 0.85h; \quad (7)$$

$$r_0 = \frac{1.1 - 0.002}{h}; \quad (8)$$

$$r_x = \frac{1.1 - 0.02h}{h - \frac{h_x}{0.85}}; \quad (9)$$

Зона Б:

$$h = 0.92h; \quad (10)$$

$$r_0 = 1.5h \quad (11)$$

$$r_x = \frac{1.5}{h - \frac{h_x}{0.92}}; \quad (12)$$

Для зони Б висота одиночного стержньового блискавковідводу при відомих h_x і r_x може бути знайдена по формулі

$$h = \frac{r_x + 1.63h_x}{1.5}; \quad (13)$$

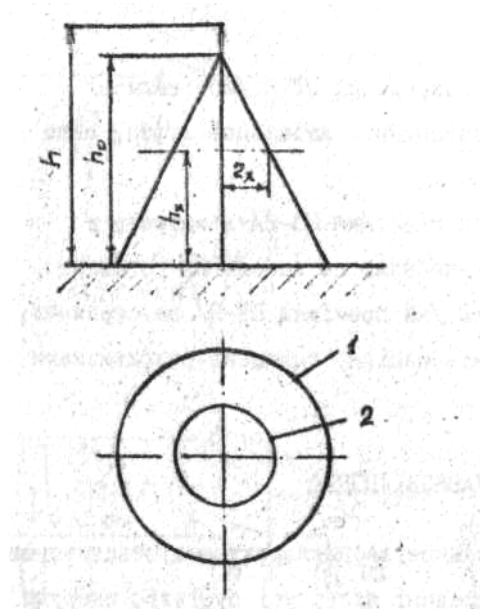


Рис. 6. Зона захисту одиночного стержньового блискавковідводу до 150 м:

1. – границя зони захисту на рівні землі;
2. – границя зони захисту на рівні h_x

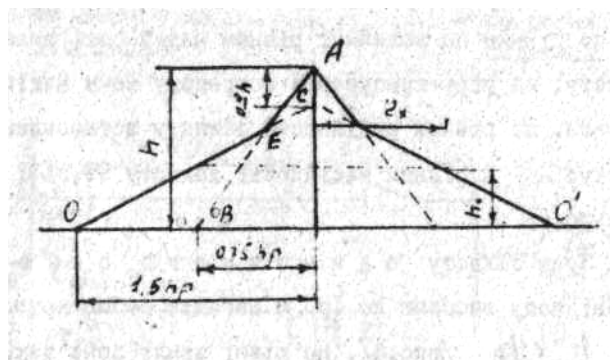


Рис. 7. Переріз зони захисту одиночного стержньового блискавковідводу

Зона захисту двох стержньових блискавковідводів висотою $h < 150$ м показана на рис. 8.

Торцеві області зони захисту визначаються як зони одиночних стержньових блискавковідводів. Габарити визначаються по формулах 7...12.

Зони захисту двох стержньових блискавковідводів мають слідуючі габарити:

Зона А:

$$\text{При } a \leq h; h = h_0; r_{ox} = r_x; r = r_0$$

$$\text{При } a > h \begin{cases} h_0 = h_0 - (0.17 + 3 \cdot 10^{-4} h)(a - h) \\ r_{ox} = r_o \frac{h_o - h_x}{h_0}; r_0 = r_0 \end{cases} \quad (15)$$

Зона А буває при $0 \leq 3h$

Зона Б:

$$\text{При } a \leq 1.5h; h = h_0; r_{ox} = r_x; r = r_0$$

$$\text{При } a > 1.5h \begin{cases} h_0 = h_0 - 0.14(a - 1.5h) \\ r_{ox} = r_o \frac{h_o - h_x}{h_0}; r_0 = r_0 \end{cases} \quad (17)$$

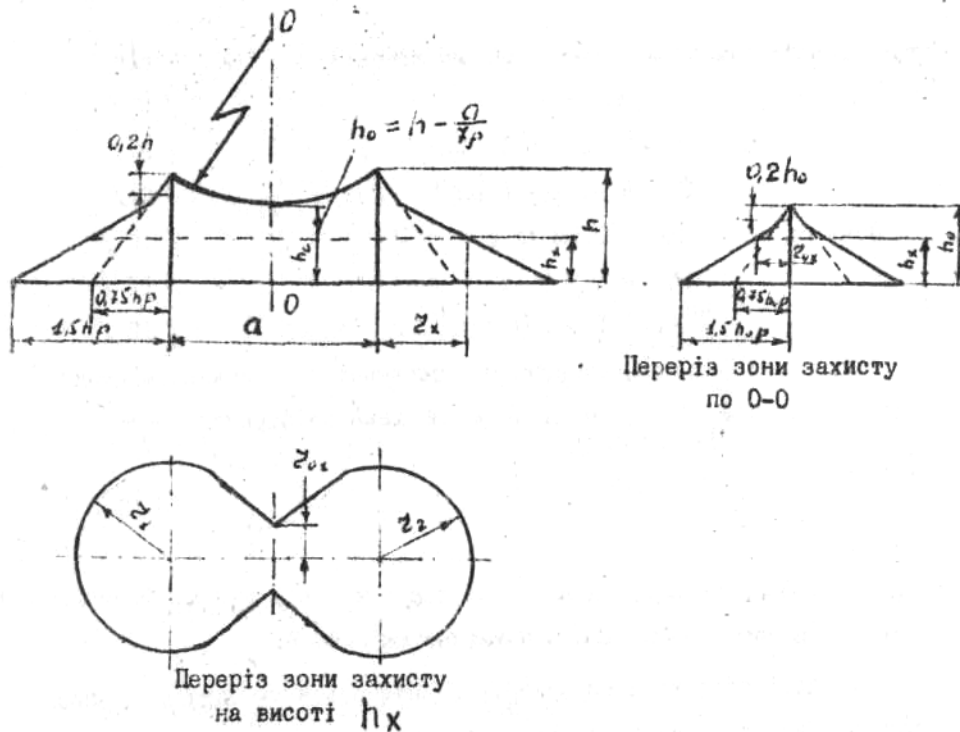


Рис. 8 Зона захисту двох стержньових блискавковідводів

Зона Б буває при $a \leq 5h$

При відомих h_c і a висота блискавковідводів для зони Б знаходиться по формулі:

$$h = \frac{h_c + 0.14a}{1.13}; \quad (18)$$

Якщо стержньові блискавковідводи розташовані на відстані $a > 5h$, то їх треба розглядати як одиночні.

Зона захисту багаторазових стержньових блискавковідводів однакової висоти визначається як зона захисту взятих сусідніх стержньових блискавковідводів (рис. 9).

Рівень h , всередині трикутника чи прямокутника (утворених ближніми трьома чи чотирма стержньовими блискавковідводами) буде захищений, якщо діаметр кола D , яке проходить через сліди блискавковідводів (1-3) або діагональ прямокутника задовільнює умові:

$$D \leq 8(h - h_x)\rho \quad (19)$$

При цьому зовнішня частина зони захисту визначається для кожної пари блискавковідводів по рис. 8.

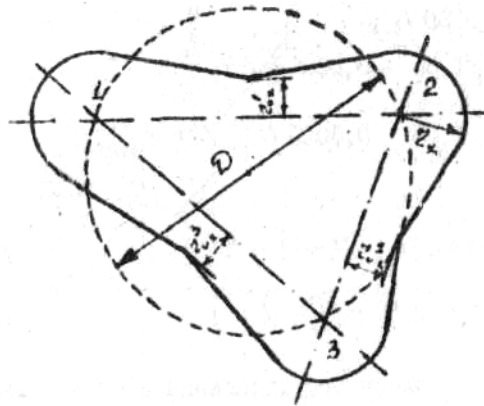


Рис. 9. Переріз зони захисту на висоті h_x , утвореній трьома блискавковідводами висотою h .

Зона захисту одиночного тросового блискавковідводу висотою $h < 150$ м показана на рис. 10, де h - висота тросу в точці найбільшого провисання.

З урахуванням стріли провисання висота сталюого троса перерізком 35...50 мм² визначається при довжині прольоту $a < 120$ м як

$$h = h_{on} - 2 \text{ м, а при } a = 120 \dots 150 \text{ м як } h = h_{on} - 3 \text{ м.}$$

Зони захисту одиночних тросових блискавковідводів мають наступні габарити:

Зона А:

$$h_0 = 0.85h; \quad (20)$$

$$r_0 = \frac{1.35 - 0.0025h}{h}; \quad (21)$$

$$r_x = \frac{1.35 - 0.0025h}{h - \frac{h_x}{0.85}}; \quad (23)$$

Зона Б:

$$h_0 = 0.92h; \quad r_0 = 1.7h; \quad (23)$$

$$r_x = \frac{1.7}{h - \frac{h_x}{0.92}}; \quad (24)$$

Для зони Б висота одиночного тросового блискавковідводу при відомих величинах h_x і r_x визначається по формулі:

$$h = \frac{r_x + 1.85h_x}{1.7}; \quad (25)$$

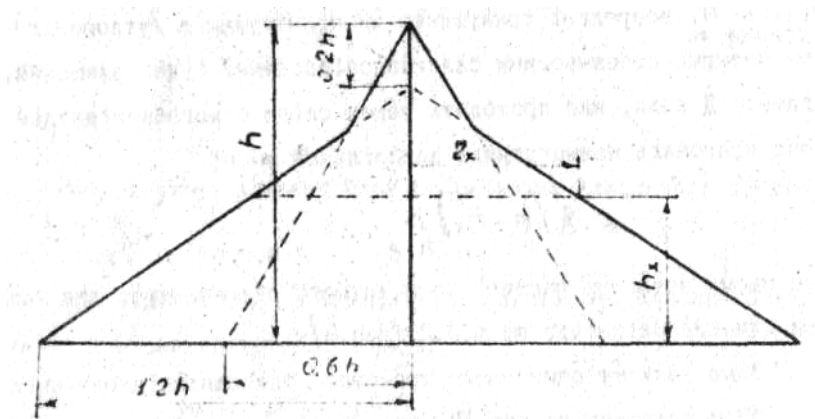


Рис. 10 Переріз зони захисту тросового блискавковідводу

Зона захисту двох паралельних тросових блискавковідводів висоти $h \leq 150$ м показана на рис. 11.

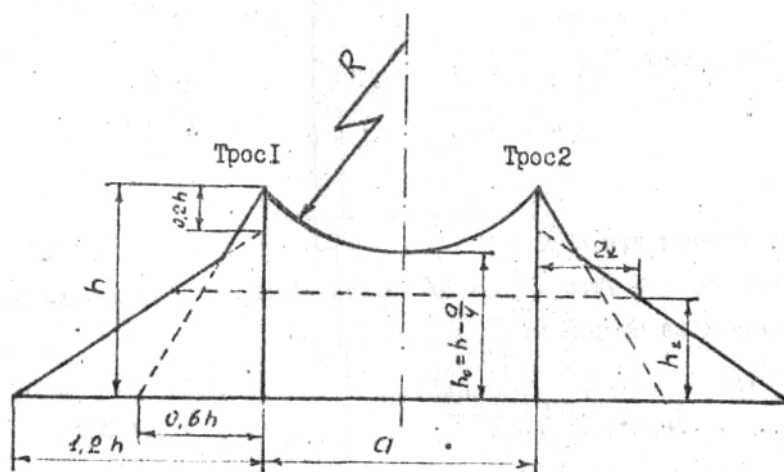


Рис. 11. Переріз зони захисту двох паралельних тросових блискавковідводів

Розміри r_o , h_o , r_x для обох типів зон захисту визначаються по формулах п.3,4. Решта габаритів зони захисту двох тросових блискавковідводів знаходиться по формулах:

Зона А:

При $a \leq h$
$$h_1 = h_0; \quad r_{0x} = r_x; \quad r_0 = r_0; \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \{h_0 &= (h_0 - 0.14 + 5 \cdot 10^{-11} h) \cdot (a - h); \\ \text{При } a > h \quad r_x &= \frac{a}{2} \cdot \frac{h_0 \cdot h_x}{h_0 \cdot h_c}; \\ r_c &= r_0; \quad r_c = r_c \frac{h_c - h_x}{h_c}; \end{aligned} \quad (27)$$

Зона А буває при $a \leq 3h$.

Зона Б:

$$\text{При } a \leq h \quad h_c = h_0; \quad r_{0x} = r_x; \quad r_c = r_0; \quad (28)$$

$$\begin{aligned} \{h_0 &= h_0 - 0.12 \cdot (a - h); \\ \text{При } a > h \quad r_x &= \frac{L}{2} \cdot \frac{h_0 \cdot h_x}{h_0 \cdot h_c}; \\ r_c &= r_0; \quad r_c = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}; \end{aligned} \quad (29)$$

Зона Б буває при $a \leq 5h$.

При відомих h_0 і a (при $r_{0x}=0$) висота блискавквідводу для зони Б визначається по формулі:

$$h = \frac{h_0 + 0.12a}{1.07}; \quad (30)$$

ПРИКЛАД 1. Розрахувати блискавкозахист одиночним стержньовим блискавквідводом гаража для автомобілів. Розміри приміщення: ширина $S = 12$ м; довжина $L = 24$ м, висота $h = 8$ м. Гараж знаходиться в м. Вінниці.

Рішення

1. Згідно з ОНТП 24-86 знаходимо категорію гаража по вибухопожежній небезпеці.

Приміщення гаража - пожежонебезпечне (категорія В).

2. Знаходимо очікуване число поразок блискавкою в будинок при відсутності блискавкозахисту

$$N = (S + 6h)(L + 6h)n \cdot 10^{-6} = (12 + 6 \cdot 8)(24 + 6 \cdot 8) \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0.039;$$

де $n = 9$ - середньорічне число ударів блискавки в 1 км^2 земної поверхні знаходимо по табл.2 при інтенсивності грозової діяльності 60...80 г/рік.

3. Так як $N=0,039 < 2$, то, згідно табл. 1, вибираємо зону захисту типу Б; категорія влаштування блискавкозахисту - III.

4. По схемі блискавкозахисту (рис.12) гаража знаходимо радіус зони захисту на висоті $= 8$ м.

$$r_x = \sqrt{(S+2)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} = \sqrt{(12+2)^2 + \left(\frac{24}{2}\right)^2} = 18.44$$

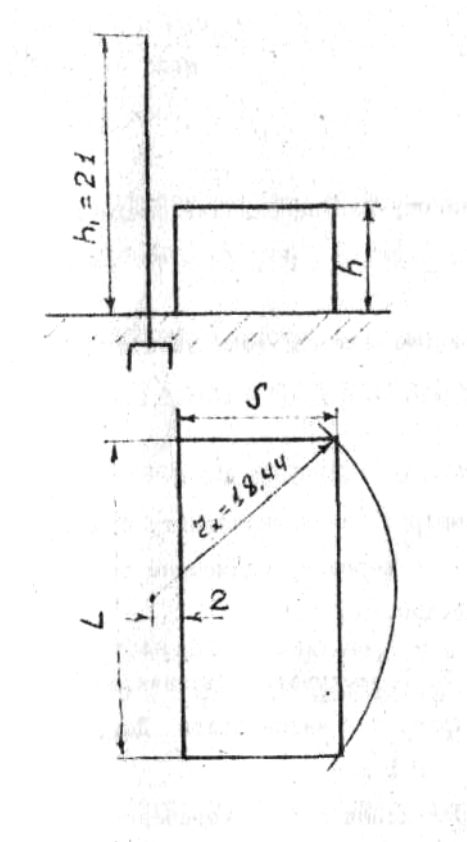


Рис. 12. Схема блискавкозахисту гаража

5. Знаходимо висоту блискавковідводу

$$h_1 = \frac{r_x + 1.63h}{1.5} = \frac{13.44 + 1.63 \cdot 8}{1.5} = 21$$

6. Знаходимо висоту конуса блискавозахисту

$$h_0 = 0.92h = 0.92 \cdot 21 = 19.32$$

7. Знаходимо радіус границі зони захисту на рівні землі

$$r_0 = 1.5h = 1.5 \cdot 21 = 31.5$$

На висоті $h=3\text{м}$, $r_3=18,44\text{м}$

При таких параметрах блискавкозахисту будівля гаража вписується в зону захисту, створювану одиночним окуємо стоячим стержньовим блискавковідводом.

ПРИКЛАД 2. Розрахувати блискавкозахист одним тросовим блискавковідводом гаража для автомобілів. Дані ті ж.

Рішення

1. Категорія приміщення В (пожежонебезпечна).

2. Очікуване число поразок блискавкою

$$N = 0,039 \text{ (з приклада 1).}$$

3. Тип зони захисту Б.

4. Так як трос блискавкозахисту проходить вздовж будівлі по її центру, то радіус зони захисту на висоті $h=8$ м:

$$r_x = \frac{S}{2} = \frac{12}{2} = 6;$$

5. Визначаємо висоту розміщення тросу:

$$h_r = \frac{r_x + 1.85h}{1.7} = \frac{6 + 1.85 \cdot 8}{1.7} = 12.2;$$

6. Тоді висота опор:

$$h_{on} = h_r + 2 = 12.2 + 2 = 14.2;$$

7. Знаходимо висоту вершини конуса захисту:

$$h_0 = 0.92h_r = 0.92 \cdot 12.2 = 11.22$$

8. Знаходимо радіус захисту на рівню землі:

$$r_0 = 1.7h_r = 1.7 \cdot 12.2 = 20.7$$

9. Радіус зони захисту на висоті $h=8$ м

$$r_x = 1.7 \cdot \left(h_r - \frac{h}{0.92} \right) = 1.7 \left(12.2 - \frac{8}{0.92} \right) = 6$$

Таким чином, границі зони захисту на висоті будівлі ($r_x=6$ м) і на рівні землі ($r_0= 20,7$ м) забезпечують захист будівлі від поразки блискавкою.

ЗАДАЧА. Розрахувати блискавкозахист для будівель і споруд згідно варіантів і даних, приведених в таблиці 5.

Таблиця 5

Номер варіанту	Місцепо- ложення	Будівля, споруда	Розміри будівлі, споруди			Конструкція блис- кавковідводів
			S	L	h	
1	2	3	4	5	6	7
1	Вінниця	деревообробний цех	24	36	8	2 стержньових
2	Львів	гараж	18	24	15	1 тросовий
3	Чернівці	обчислювальний центр	18	24	16	1 тросовий

4	Сімферополь	кузня	6	12	6	1 тросовий
5	Одеса	склад нафтопродуктів	30	36	8	2 тросових
6	Київ	гальванічний цех	24	48	8	2 стержньових
7	Донецьк	ливарний цех	24	36	10	2 стержньових
8	Запоріжжя	механічний цех	18	24	8	1 стержньовий
9	Харків	складальний цех	12	18	6	1 стержньовий
10	Донецьк	димова труба	6	6	30	1 стержньовий
11	Полтава	водонапірна вежа	6	6	25	1 стержньовий
12	Тернопіль	гараж	24	36	8	2 тросових
13	Хмельницький	кузня	12	18	6	1 тросовий
14	Кіровоград	механічний цех	24	36	8	2 стержньових
15	Ужгород	школа	24	36	18	2 тросових
16	Житомир	кінотеатр	18	42	6	1 тросовий
17	Херсон	ливарний цех	24	42	10	2 тросових
18	Миколаїв	склад нафтопродуктів	36	48	10	2 тросових
19	Івано-Франківськ	школа	24	48	18	2 тросових
20	Луцьк	димова труба	6	8	40	1 стержньовий
21	Ворошиловоград	водонапірна вежа	6	6	30	1 стержньовий
22	Чернігів	деревообробний цех	18	35	10	2 стержньовий
23	Черкаси	кінотеатр	24	48	12	1 тросовий
24	Суми	дитячий садок	24	48	12	2 тросових
25	Дніпропетровськ	складальний цех	18	36	10	1 тросовий

ЛІТЕРАТУРА

1. Базуткин В.В. и др. Технике высоких напряжений. - М.:Энергоиздат, 1966. 462 с.
2. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник. Под ред. Баратова А.Н. - М.: "Химия", 1987. 270 с.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-86). - 6-е изд. М.:Энергоиздат, 1966. 646 с.
4. Сборник противопожарных норм строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест. - М.:Стройиздат, 1981. 496 с.
5. Щербина Я.Я., Щербина И.Д. Основы противопожарной защиты. - К.:Вища школа. 1985. 255 с.
6. Электротехнический справочник. ТЗ. Кн.2. - Энергоатомиздат, 880 с, 1988.