

СУЧАСНІ СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ БУДИНКІВ ТА СПОРУД

Заземлювачі систем блискавкозахисту

Володимир Шостак, Євген Баранник

Як і в попередніх частинах (ЕП №11 та 12, 2003), продовжуємо знайомити читачів з деякими вимогами міжнародних стандартів з блискавкозахисту, порівнюючи їх із вітчизняними нормативами. Цього разу йдеться про системи заземлення, засоби і технології їхньої реалізації.

Нормативи

Завершальним етапом «боротьби» з блискавкою є відведення імпульсного струму у землю. У національних та міжнародних нормативних документах [1, 2] системам заземлення приділяється значна увага. Спільним у цих публікаціях є намагання уникнути прямого нормування величини опору заземлення. Зазвичай наводять схеми і розміри типових простих конструкцій заземлювачів [1] чи щось графіки для вибору розмірів залежно від типу заземлювача і класу захисту [2]. Інакше довелося б виконувати розрахунки стаціонарних (або, навіть, імпульсних) величин опорів заземлювачів, що призвело б до ускладнення методики розробки.

Наприклад, в [1] рекомендовано розміри заземлювачів із залізобетонних підніжок та шпаль, а також зі сталевих дво- та тристрижневих вертикальних конструкцій (стрижні 0 10 — 20 мм і довжиною 3 — 5 м, які з'єднані між собою горизонтальною штабою 40х4 мм). При струмах блискавки від 5 до 100 кА такі заземлювачі мають забезпечити імпульсний опір щонайбільше 10 Ом для будівель та споруд I і II категорії (20 Ом — для об'єктів III категорії). При цьому

не наголошується про якісь відмінності конструкцій і розмірів заземлювачів для споруд різних категорій. Автори інструкції [1] усвідомлювали, що у ґрунтах із збільшеним питомим опором такі конструкції заземлювачів матимуть суттєво більші величини результуючого опору заземлення. Міжнародні ж норми, як вже згадувалось у попередній публікації [3], передбачають для вищих класів захисту більші струми (150 та 200 кА). На відміну від [1], в [2] наведено практичні діаграми для вибору розмірів радіальних і вертикальних стрижневих та контурних заземлювачів з урахуванням класу захисту споруди та величини питомого опору ґрунту.

Не слід вважати, що «земля на себе все прийме» й, зануривши у ґрунт під ногами, сподіватися на відсутність у споруді небезпечних електричних полів та струмів. Зрозуміло, що, за низького опору заземлення, розтікання струму блискавки в ґрунті відбувається безпечним чином, без утворення небезпечних струмів та перенапруг на критичних елементах споруди. В стандартах окремих країн йдеться про опір значенням приблизно 10 Ом для звичайних будинків. Зауважимо, що форма і габарити заземлювального пристрою є більш важливими, ніж певне значення опору заземлення [2]. Тим більше, що під час монтажу та протягом експлуатації, як правило, вимірюють опір постійному струму чи струму частотою 50 Гц, хоча важливо знати також опір заземлювача імпульсному струму.

Важливо також по можливості забезпечувати рівномірне розтікання струму у системі блискавкозахисту. Тоді електромагнітні поля у споруді і поблизу неї, в тому числі у ґрунті, де прокладено комунікації, будуть дещо зменшені. (Розрахунки показують, що навіть на відстані кількох сот метрів від місця удару блискавки у землю напруженість імпульсного електричного поля на глибині у кілька метрів може сягати 200 — 400 В/м). Таку рівномірність забезпечить збільшення числа спусків та контур із оцінкової штаби достатнього перерізу навколо споруди (а не один глибинний заземлювач, навіть у 0,5 Ом). Пригадаємо, що саме замкнені кола малював довкола себе гоголівський Хома Брут, аби вберегтися від Панночки, На практиці часто трапляється, що замовник видає завдання на проектування і улаштування одночасно із системою блискавкозахисту також і заземлювачів іншого призначення (електропостачання, зв'язок тощо). Відповідні нормативні величини опорів таких заземлювачів подаються у галузевих нормативних документах [4, 5, 6 та ін.]. Ощадливий інвестор бажав універсального використання заземлювачів для приєднання різно- рідних систем. Найчастіше різні заземлювачі допускають безпосереднє з'єднання між собою (робоче, блискавкозахист від прямих ударів та ін.). За наявності електронних пристроїв влаштовують ізольовані системи зазем-

лення [61, відокремлені певними відстанями, або їх з'єднують через узгоджувальні елементи (дроселі чи розрядники). В усіх згаданих випадках виникає потреба у більш точних розрахунках величини опору проєктованих заземлювачів. Формули для типових конфігурацій є у спеціальній літературі (скажімо, у роботах Вайнера, Потужного, Фертіка, Рябкової, Бургсдорфа, Корсунцева, Анненкова, Чисольма, Янішевського та ін.); радимо не забувати і про численні публікації у ЕП (наприклад, див. [7]. Проєктування і улаштування заземлювача з низьким рівнем опору (наприклад, 4 чи 2 чи 0,5 Ом) краще дооручити досвідченим виконавцям, котрі, як правило, мають базу даних характеристик ґрунту у регіоні. Найбільш кваліфіковані вимірюють опір заземлювачів безпосередньо у процесі забивання стрижнів, заощаджуючи час та матеріали.

Різновиди заземлювачів

Види і розміри

Заземлювачі можна розділити за їх конструкцією і формою таким чином:

- контурні електроди поблизу поверхні землі навколо споруди (одне або більше кілець чи контурів довільної форми),
- вертикальні чи нахилені стрижні (в т.ч. багатострижневі та глибинні заземлювачі);
- радіальні (променеві) електроди — розходяться горизонтально від споруди;
- фундаментні;
- пластини;
- ґрати, металеві сітки;

Рис. 1

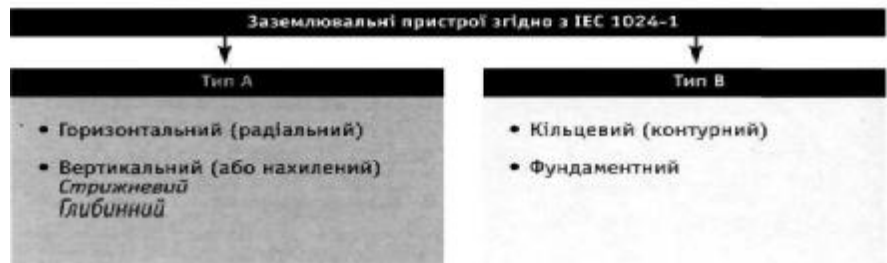


Рис. 2

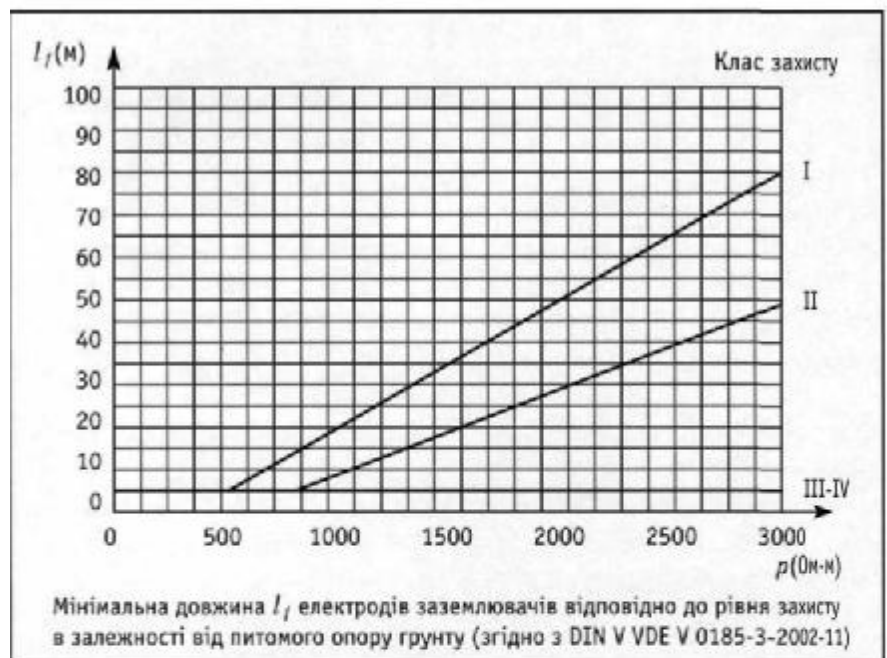


Рис. 3



- «природні» — існуючі металеві, залізобетонні та інші струмопровідні елементи і конструкції, які мають контакт із ґрунтом і можуть бути використані як заземлювачі;

- комбіновані, які складаються з кількох вищенаведених типів.

Горизонтальні частини заземлювачів звичайно розташовують на глибині 0,5 — 1 м, тобто нижче рівня промерзання ґрунту. Це сприяє і кращому вирівнюванню потенціалу на поверхні землі. Для вирівнювання потенціалів і зменшення крокової напруги також встановлюють ізоляційні труби на верхніх частинах вертикальних стрижневих заземлювачів та на відрізках горизонтальних контурів (зокрема, у випадках перетину з газопроводами, які не дозволяється використовувати як заземлювачі). В місцях, де треба зменшувати крокову напругу (поблизу пішохідних доріжок, вхідних дверей, в просторах цехах виробництв, залах супермаркетів, на стайнях та фермах і т.п.), також варто прокладати додаткові контури, штаби та грати. Розміщувати зовнішні контурні електроди слід не ближче 1 м від фундаментів/стіп споруди.

Діаметри чи перерізи провідників системи заземлення блискавкозахисту визначаються передовсім механічною міцністю та з огляду на корозію (конкретні дані наведено далі, коли йтиметься про матеріал електродів). В робочих заземлювачах визначальною характеристикою може бути і величина струму, особливо в режимах короткого замикання.

Звичайно, добре, коли навколо об'єкта вдосталь місця для улаштування розгалуженого заземлюва-

ча оптимальної конфігурації. А якщо хідники вже вимощено плиткою, влаштовано газони і пізно копати шанці? Або доводиться вести роботи у підвалі будівлі і т.п.? Тоді швидким та ефективним рішенням є застосування кількох глибинних стрижневих електродів, особливо коли шари землі з низьким питомим опором лежать на значній глибині.

В практиці зустрічається багато складних випадків: скелі; далеко винесені заземлювачі; споруди систем зв'язку; прибережні плавзасоби; газо- та нафтотранспортні/неробні підприємства; об'єкти, де різномірні заземлювачі не допускають з'єднання та ін. Тут потрібні спеціальні підходи для забезпечення оптимальних технічних рішень.

Класифікація типів заземлювальних пристроїв згідно з IEC 1024-1 [2] наведена на **рис. 1**, а діаграма для визначення мінімальної довжини L_1 заземлювачів відповідно до рівня захисту залежно від питомого опору ґрунту згідно з DIN V VDE V 0185-3-2002-11 [8] наведена на **рис. 2**.

Можна бачити, що для рівнів захисту III та IV довжини не залежать від питомого опору ґрунту. Наведена у IEC 1024-1 [2] діаграма виглядає так само, але незалежність від питомого опору ґрунту прийнята для рівнів захисту II, III та IV.

Тип А включає радіальні та вертикальні (або нахилені) конструкції заземлювачів. При цьому кожен блискавкоспуск слід приєднати принаймні до одного окремого заземлювача згаданого типу. На споруді їх має бути принаймні два. Мінімальна довжина для кожного заземлювача становить:

L_1 — для радіальних горизонтальних електродів;

$0,5 L_1$ — для вертикальних (або нахилених) електродів,

Якщо місце розташування цього типу заземлювачів створює небезпеку для людей чи тварин, потрібно застосовувати певні засоби і заходи. Коли, за доброї провідності ґрунту, вдається досягти повного опору менше 10 Ом, допускається відійти від вимог щодо мінімальної довжини за **рис. 2**. Отже заземлювачі цього типу пасують саме до ґрунтів з низьким питомим опором та для невеликих споруд. В цих же випадках вертикальні електроди є економічно більш ефективними і дають стабільніші величини опорів заземлення, ніж горизонтальні електроди. Для комбінованого заземлювача довжини радіальних та вертикальних електродів враховуються разом,

Тип В включає контурні та фундаментні заземлювачі. Для цього типу спочатку перевіряють виконання умови, щоб еквівалентний радіус r зони, яку охоплює контур, був не меншим, ніж величина $L_1 : r \geq L_1$. Як і раніше, L_1 визначають для відповідного рівня захисту та величини питомого опору ґрунту за допомогою діаграми, наведеної на **рис. 2**. Якщо необхідна величина L_1 є більшою, ніж практично прийнятна величина r , тоді влаштовують додаткові радіальні чи вертикальні (або нахилені) електроди, індивідуальні довжини яких L_r (горизонтальних) та L_v (вертикальних) визначають за наступними виразами:

$$L_r = L_1 - r \text{ та } L_v = 0,5 \cdot (L_1 - r) .$$

При доборі глибини розташування та типу електродів належить мінімізувати впливи корозії, висихання та замерзання ґрунту, тобто

стабілізувати еквівалентний опір. За умови промерзання ґрунту, для вертикальних заземлювачів часто рекомендують не враховувати його верхню частину довжиною 1 м, як недостатньо ефективну. Для товстих прошарків скель (навіть із тонким шаром ґрунту) влаштовують заземлювач лише типу В.

Що стосується «природних» заземлювачів, то найчастіше це — наявні металеві частини (шпунти укріплення фундаментів, труби свердловин), арматура залізобетонних (з/б) конструкцій та ін. Важливо перевірити, чи перерізи та інші параметри є прийнятними для використання їх як заземлювачів. Також у випадку використання арматури з/б конструкцій особливу увагу слід приділити місцям з'єднань (надійні електричні контакти, нерозривність електричного

кола), щоби не допустити механічного розколювання бетону внаслідок дії струму. Зокрема, це стосується і випадків використання попередньо напруженого бетону, коли протікання струмів блискавки може викликати неприпустимі механічні навантаження.

Безпечна відстань

Характеристики заземлювачів впливають також на вибір вслищини безпечної відстані (у повітрі, у матеріалах споруди, у ґрунті) між провідниками-відводами струму блискавки та спорудою, металевим обладнанням у споруді, зовнішніми провідними частинами, ко-

мунікаціями і т.п.

Згідно з [1], для блискавкозахисту I категорії нормується найменша допустима відстань S_b у повітрі між об'єктом, який захитцяють, та вертикальною частиною струмовідводу. Вона визначається залежно від висоти будови, конструкції заземлювача та еквівалентного питомого опору ґрунту ρ . (В дійсності ця величина залежить ще від кількох факторів, зокрема від імпульсної електричної міцності ґрунту, від струму, який стікає у заземлювач, та ін.). Для споруд не вище 30 м і при невеликих питомих опорах ґрунту ($\rho < 100$ Ом-м) величина S_b має найменше значення $S_b = 3$ м. При збільшенні питомого опору ρ (до 1000 Ом-м), залежно від конструкції заземлювача, безпечна відстань S_b може помітно зростати і досягати значень від 4 до 12 м. При висотах споруд понад 30 м на кожні 10 м висоти до S_b ще додають 1 м.

Подібним чином нормують і найменшу допустиму відстань S_{b1} у повітрі від тросових блискавкоприймачів (і горизонтальних час-

тин струмовідводів) до споруди, яку захищають. Її найменша величина (також для $\rho \leq 100$ Ом-м) становить $S_{b1} = 3,5$ м. При більших значеннях ρ і певних з/б конструкціях заземлювача S_{b1} може досягати значення 6,2 м, а при великих сумарних довжинах блискавкоприймачів та струмовідводів потребує збільшення ще на 2 м. Зауважимо, що для блискавкозахисту нижчих категорій (II, III) обговорювані відстані у повітрі та у землі в [1] не нормуються, Згідно з [2], безпечна відстань визначається за виразом:

$$d = k_1 \cdot k_c \cdot L / k_m$$

де l та d — у метрах; коефіцієнти k_1 , k_m , k_c — безрозмірні (їх визначають, наприклад, за допомогою табл. 1 — 3); l — відстань уздовж вертикального струмовідводу від точки, де визначають безпечну відстань, до найближчої точки еквіпотенційного з'єднання. Згадані коефіцієнти характеризують: k_1 — рівень захисту, k_m — матеріал/середовище, для якого визначають безпечну відстань, k_c — конфігурацію системи струмовідводів (рис. 3). Видно, що у наближенні, яке прийнято у міжнародних нормах, безпечна відстань у будь-якому твердому середовищі (дерево, цегла, бетон, пластик та ін.) має вибиратися вдвічі більшою, ніж у повітрі. Для оцінки безпечних відстаней уздовж поверхонь твердих матеріалів (наприклад, пластикових ізоляційних трубок, що дистанціюють струмовідводи від об'єкта), напевне, слід орієнтуватися на такі ж відстані, як у твердих середовищах та ще вводити певний коефіцієнт запасу.

Таблиця 1

Величини коефіцієнта k_1 для розрахунку безпечної відстані d

Захисний рівень	k_1
I	0,1
II	0,075
III та IV	0,05

Таблиця 2

Величини коефіцієнта k_m для розрахунку безпечної відстані d

Матеріал	k_m
Повітря	1
Будь-який твердий	0,5

Таблиця 3

Величини коефіцієнта k_c для розрахунку безпечної відстані d

Конфігурація	k_c
Лінійна	1
Площинна	0,66
Об'ємна	0,44

Мінімальні діаметри (чи перерізи) сталевих провідників згідно з [1]

Таблиця 4

Форма струмовідводу та заземлювача		Діаметр (переріз) струмовідводу та заземлювача, які прокладено ззовні будинку на повітрі		у землі	
Круглі струмовідводи та перемички діаметром, мм		6		-	
Круглі вертикальні електроди діаметром, мм		-		10	
Круглі горизонтальні* електроди діаметром, мм		-		10	
Прямокутні електроди:	перерізом, мм ²	48		160	
	товщиною, мм	4		4	

* Лише для вирівнювання потенціалів усередині будинків та для прокладання зовнішніх контурів на дні котловану по периметру будинку

Використання матеріалів в системах блискавкозахисту згідно з [2]

Таблиця 5

Матеріал	На відкритому повітрі	Використання У землі	У бетоні	Стійкість	Корозія Чим посилюється	Електролітичні з Cu
Мідь	Суцільний Багатожильний Як покриття	Суцільний Багатожильний Як покриття	-	До багатьох матеріалів	Висококонцентрованими хлоридами. Сполуками сірки. Органічними речовинами	-
Сталь з гарячим оцинкуванням	Суцільний Багатожильний	Суцільний	Суцільний	Добра навіть у кислотних грунтах	-	Так
Нержавіюча сталь	Суцільний Багатожильний	Суцільний	-	До багатьох матеріалів	Водою із розчиненими хлоридами	-
Алюміній	Суцільний Багатожильний	-	-	-	Основними речовинами	Так
Свинець	Суцільний Як покриття	Суцільний Як покриття	-	До високих концентрацій сульфатів	Кислотними грунтами	Так

Мінімальні перерізи провідників системи блискавкозахисту згідно з [2]

Таблиця 6

Захисний рівень	Матеріал	Блискавкоприймач, мм ²	Струмовідвід/спуск, мм ²	Заземлювач, мм ²
I – IV	Cu	35	16	50
I – IV	Al	70	25	-
I – IV	Fe	50	50	80

Таблиця 7

Мінімальні перерізи провідників системи зрівнювання потенціалів, по яких протікає значна частина струму блискавки (згідно з [2])

Захисний рівень	Матеріал	Переріз, мм ²
I – IV	Cu	16
I – IV	Al	25
I – IV	Fe	50

Таблиця 8

Мінімальні перерізи провідників системи зрівнювання потенціалів, по яких протікає незначна частина струму блискавки (згідно з [2])

Захисний рівень	Матеріал	Переріз, мм ²
I – IV	Cu	6
I – IV	Al	10
I – IV	Fe	16

Слід зазначити, що за способом визначення величина безпечної відстані d [9] (навіть для повітря) не є точним еквівалентом найменшої допустимої відстані S_v [1]. Якщо їх все ж порівняти і оцінити, наприклад, для рівня $l = 10 — 20$ м (відстані по вертикалі до найближчої точки еквіпотенційного з'єднання чи висоти споруди), то отримаємо для повітря найбільші величини $d = 1,5 — 2$ м, в той час як S_v становить від 3 до 12 м (тобто має значно більші значення).

Згідно з [1], для виключення занесення високого потенціалу в споруду, яку захищають, по підземних металевих комунікаціях заземлювачі захисту від прямих ударів блискавки мають бути по можливості віддалені від цих комунікацій на максимальні відстані, які допустимі згідно з технологічними вимогами. Найменші допустимі відстані 5, у землі між згаданими заземлювачами і комунікаціями, які вводяться у будинки і споруди I категорії, мають становити $S_3 = S_v + 2$ (в метрах). Визначення S_v було обговорено вище. Таким чином, виходить, що мінімальне значення S_3 становить $S_3 = 5$ м, а в певних умовах воно може зростати до 6 — 14 м і більше.

Згідно з [9], мінімальну безпечну відстань у землі між електродами заземлювача та іншими провідниками (які не повинні бути приєднаними до системи блискавкозахисту) оцінюють за допомогою виразу, який характеризує залежність від рівня (класу) захисту, питомого опору ґрунту, конфігурації системи струмовідводів. За величин питомого опору ρ в межах від 100 до 1000 Ом-м значення безпечної відстані практично лежать в діапазоні від 1 до 5,3 м.

Тобто можна бачити, що оцінки найменшої допустимої відстані у ґрунті згідно з [1] є більш консервативними і дають помітно більші її величини (у 3 — 5 разів), ніж згідно з міжнародними нормативами. В той же час, на відміну від міжнародних норм, [1] нормує цю відстань для споруд лише з I категорією блискавкозахисту.

Матеріали струмовідводів та заземлювачів

Щодо вибору матеріалів для струмопідводів та заземлювачів, вітчизняні нормативи для будівель і споруд [1] містять нормативи лише для сталевих провідників (табл. 4). Деякі галузеві стандарти і нормативні документи [4, 5 та ін.] подають перерізи також і для інших матеріалів (оцинкована сталь, мідь, алюміній).

В міжнародних нормах [2] більш детально обговорюються можливості використання різних матеріалів (мідь, сталь з покриттям шляхом гарячого оцинкування, нержавіюча сталь, алюміній, свинець та ін.) і значна увага приділяється питанням зменшення корозії (табл. 5 — 9).

З наведених таблиць видно, наприклад, що алюміній не можна використовувати у ґрунті, а в бетоні найбільш доцільно використовувати оцинковану сталь. Є також чимало тонкощів щодо сполучення різномірних матеріалів у повітрі, при прокладенні одного з них чи обох у бетоні та у ґрунті, при функціонуванні поблизу системи електричного захисту від корозії і т.п. З'єднання провідників з різних матеріалів можна здійснювати шляхом зварювання,

паяння, використання біметалевих з'єднувачів та ін. Місця зварювання та з'єднань у ґрунті провідників, навіть з однакових матеріалів, додатково захищають антикорозійними пастами, аерозолями, бандажними стрічками і т.п. Під час розробки складних проектів варто залучати спеціалістів з питань корозії,

В місцевостях з високим питомим опором ґрунту для досягнення необхідної величини опору заземлювача інколи використовують спеціальні розчини або суміші, які з часом твердіють. Важливо перед використанням перевірити їх і впевнитися у наявності відповідних сертифікатів щодо їх ефективності, оскільки застосування неякісних речовин може призвести пізніше до різкого погіршення (збільшення) опору заземлювача, посиленню корозійних процесів, негативних екологічних впливів і т.п.

Якщо порівняти мінімальні перерізи сталевих провідників за вітчизняним та міжнародним нормами (табл. 4 та 6), то можна зазначити, що вони є досить близькими між собою, хоча у повітрі для блискавкоприймачів (сіток) та струмовідводів за міжнародними нормами для всіх рівнів захисту рекомендовані дещо більші величини (0 8 мм [2] проти 0 6 мм у [1]).

Таблиця 9

Спрошені рекомендації щодо сумісності пар металів при контакті у повітрі

Матеріал	Сталь оцинкована	Алюміній	Мідь	Нержавіюча сталь
Сталь оцинкована	добре	припустимо	погано	припустимо
Алюміній		добре	погано	припустимо
Мідь			добре	припустимо
Нержавіюча сталь				добре

(Далі буде)

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ВЛІСКАВКОЗАХИСТУ БУДИНКІВ ТА СПОРУД

Заземлювачі систем блискавкозахисту

Євген Баранник, Володимир Шостак

Приклади і особливості влаштування деяких видів заземлювачів та струмовідводів

Стрижневі вертикальні заземлювачі

Для заземлювачів звичайного заглиблення типово використовують цільні стрижні довжиною від 1 до 3,5-5 м. Найчастіше зустрічаються профілі стрижнів у вигляді: круга, труби, кута, хреста, літери Т. Перерізи їх, звичайно, мають забезпечувати механічну міцність під час забивання та тривалий термін служби з урахуванням корозії. Як згадувалося, приєднання провідників заземлення до таких заземлювачів здійснюють зварюванням (наприклад, екзотермічним способом), болтовим з'єднанням до завчасно приварених пластин на стрижнях чи за допомогою спеціальних затискачів (які дозволяють з'єднати круговий стрижень з провідниками у вигляді дроту чи смуги). Види стрижнів заземлювача хрестового профілю із привареними пластиною чи провідником заземлення наведені на **рис. 4**, а затискачі для сполучення стрижнів заземлювача та провідників заземлення - на **рис. 5**.

Стрижні із вже привареною смугою чи круглим дротом довжиною 2 - 3 м (**рис. 4, б-в**), можна приєднувати безпосередньо до контрольного з'єднувача. Матеріали вибирають з урахуванням конструкції всієї системи блискавкозахисту, умов оточення (атмосфера, стіни, ґрунт) струмовідводів та заземлювача, корозійної сумісності і т.п. Для обговорюваних глибин найчастіше використовують оцинковані чи звичайні сталеві стрижні (в тимчасових або дешевих конструкціях задовольняються кутом 40 x 40 x 4 мм чи арматурою діаметром приблизно від 14 мм із «чорної» сталі).

Інколи для таких заглиблень набирають стрижні із кількох коротких круглих електродів довжиною від 1,5 до 2 м. їх зручно транспортувати, вони мають спеціальні вузли для легкого складання під час монтажу. Але важливо, щоби конструкція цих вузлів забезпечувала надійні з'єднання.

Щоб уникнути можливих проблем через ненадійність контактів у з'єднаннях, використовують рішення, наведене на **рис. 6**, коли попереду першого стрижня встановлюють голівку 5 з привареною металевою смугою 2 і, таким чином, під час забивання у ґрунт 3 набірних стрижнів 4 один кінець смуги затягують на потрібну глибину. Після цього короткий верхній стрижень 1 можна видалити. Таким чином забезпечують прокладання провідника заземлення від контрольного з'єднувача без розривів до заземлювача. В цьому випадку вимоги до стрижнів і вузлів з'єднань можна спростити.

Глибинні заземлювачі, які уводять в ґрунт на десятки метрів, типово роблять з використанням згаданих коротких електродів, якими набирають необхідну повну довжину. Забивання здійснюють віброромолотами. В цьому випадку стрижні мають бути досить міцними (найчастіше це - сталеві оцинковані чи обміднені, діаметром від 15 до 25 мм). До вузлів з'єднань також висувають підвищені вимоги. Звичайно короткі стрижні мають з одного кінця круговий чи багатограний виступ, а з іншого - відповідне заглиблення, яке дозволяє з натягом вставити виступ від суміжного стрижня.

У парку Варшавської Політехніки поблизу електротехнічного корпусу з трави визирають вершечки трьох металевих стрижнів. «Не було сенсу бити далі, бо ось ці два почали вже згинатися», - так пояснював пан доцент Лобода результати натурних випробувань механічних характеристик систем глибинних заземлювачів.

рис. 4. Стрижні заземлювача хрестового профілю із привареними пластиною чи провідником заземлення

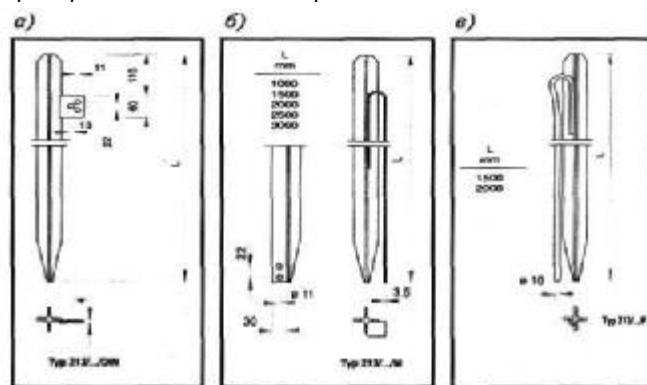


Рис. 5. Затискачі для сполучення стрижнів заземлювача та провідників заземлення

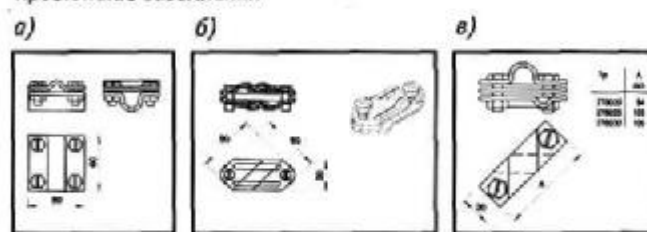


Рис. 6. Влаштування заземлювача з цільного провідника, який затягують на глибину за допомогою коротких стрижнів:

- 1 - короткий верхній стрижень можна видалити;
- 2 - провідник заземлення; у верхній частині має ізоляційне покриття;
- 3 - ґрунт;
- 4 - короткі стрижні;
- 5 - сталевий наконечник

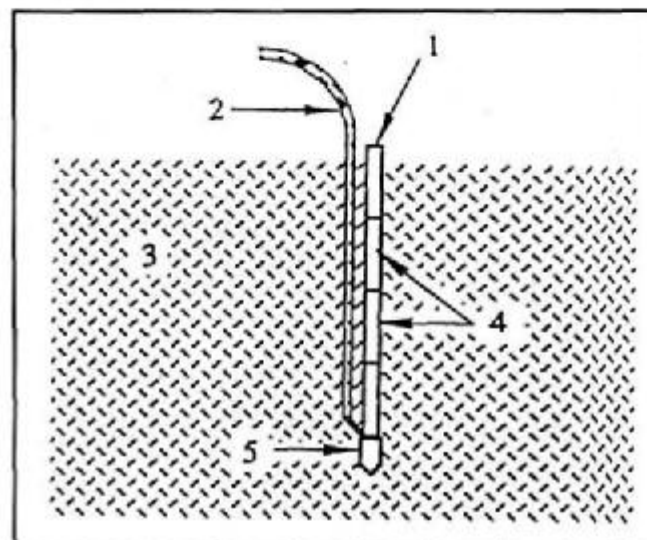
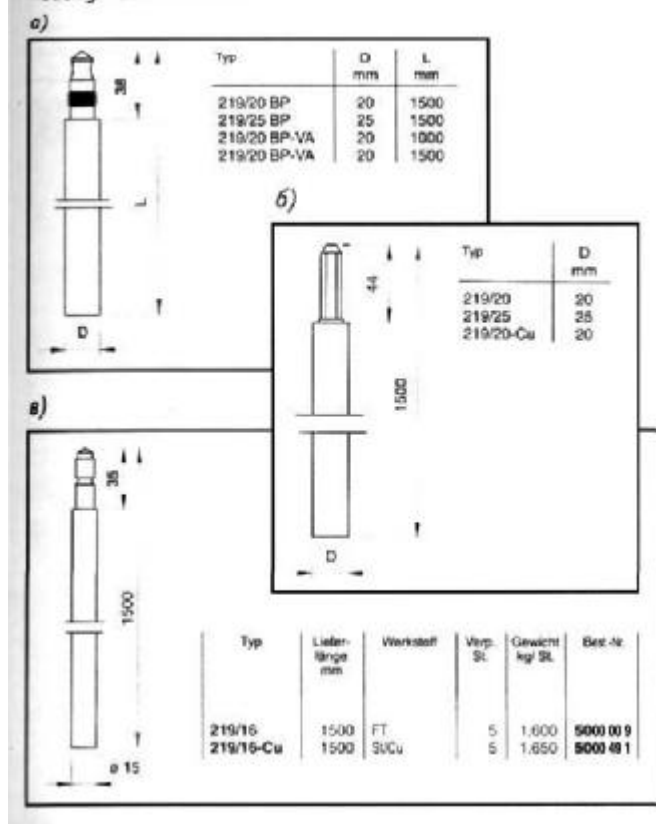


Рис. 7. Стрижні заземлювача, які з'єднуються через вузол «виступ-заглиблення»



Стрижні заземлювача, які з'єднуються через вузол «виступ-заглиблення», наведені на рис. 7. Інколи з'єднання стрижнів здійснюють шпильками з різьбою, які вкручують у різьбові отвори стрижнів. Також використовують конструкції з'єднань за допомогою муфт (рис. 8). В цьому випадку на кінцях стрижнів різьба розташована на зовнішній поверхні, а муфти мають внутрішню різьбу. Тут зовнішній діаметр муфт трохи більший за діаметр стрижнів, що дає позитивні і негативні наслідки при влаштуванні заземлювача. На сталевих стрижнях з цинковим покриттям останнє має бути здійснене гарячим способом (товщина покриття становить від 25 до 60 мкм). Догрої якості обміднені сталеві стрижні звичайно мають покриття з електролітичної чистої міді (99,9 %) товщиною не менше 0,25 - 0,5 мм.

В окремих спеціальних випадках глибинні заземлювачі реалізують у вигляді свердловин зі сталевими трубами. Такий підхід є досить дорогим, потребує використання машин для буріння і т.п., але на це йдуть для досягнення потрібних малих стабільних величин опору заземлювача. Найкраще, звичайно, якщо на об'єкті вже існує така свердловина і її трубу можна одночасно використати і як заземлювач. У випадках, коли громіздку бурильну техніку застосувати неможливо (наприклад, влаштування заземлювача у тісному підвалі вже існуючої будови чи скупчене розташування обладнання), то найоптимальнішою залишається вище згадана технологія з використанням стрижнів, які поступово набираються у довгий заземлювач під час його забивання.

Контурні заземлювачі

Коли будинок займає площу у кількості метрів, контурні заземлювачі є досить ефективними і навіть у ґрунтах з невисокою провідністю забезпечують необхідну величину опору заземлення. Наприклад, у хмарочосі Мінтрансу України, розташованому на проспекті Перемоги, опір змонтованого контурного заземлювача

становить менше ніж 1 Ом. Цікаво, що глибинний стрижневий заземлювач у тому ж ґрунті не «дотягнув» і до 10 Ом! Потреба у додаткових стрижневих заземлювачах виникає переважно для невеликих об'єктів.

Контурні заземлювачі зручно закладати зразу з початком будівництва чи перебудови споруди. При цьому важливо, крім правильного вибору матеріалу та перерізу, забезпечувати заглиблення на 0,5 - 1 м та відступ від стін (фундаментів) не менше ніж на 1 м. На **рис. 9** наведено помилковий спосіб влаштування контурного заземлювача, коли вказані відстані не дотримані.

Фундаментні заземлювачі

На **рис. 10** наведено приклад економічного, надійного та ефективного фундаментного заземлювача для споруд котеджного типу. Для цього досить зробити траншею для влаштування фундаменту на 10 см глибше. На її дно через кожні 2,5 - 3 м забивають дистанційні елементи у вигляді спеціальних кілочків-фіксаторів (**рис. 11**). Сталеву штабу перерізом 40х4 мм чи круглий дріт діаметром 10 мм щільно закріплюють у пази на вершечках кілочків таким чином, щоб вони були на 5 - 8 см вище рівня ґрунту. Від штаби (дроту) роблять відводи до контрольних затискачів (чи блискавкопусків) та до шини зрівнювання потенціалів, після чого на дно траншеї вкладається десятисантиметровий шар рідкого бетону. Бетон запобігає проникненню до заземлювача вологи та кисню, що разом із цинковим покриттям сталевих елементів суттєво уповільнює корозію.

Використовуючи як заземлювач монолітний залізобетонний фундамент (**рис. 12**), належить забезпечити надійне електричне з'єднання окремих фрагментів арматури між собою та із струмовідводами (від блискавкопусків та системи зрівнювання потенціалу). Найкраще для цього використовувати спеціальні з'єднувачі, які пройшли стандартні випробування.

Провідник заземлення від заземлювача зручно вводити усередину споруди і оформлювати за допомогою, наприклад, стрижня діаметром 10 мм з диском на кінці та пластиковою кришкою (**рис. 13**). Це так звана точка приєднання до заземлення, яка має відповідну позначку. Приклади влаштування цього вузла можна побачити на ілюстраціях в попередніх двох публікаціях (на **рис. 2** [10] та на **рис. 16** [3]).

Безпечна відстань від струмовідводів

Як елементи системи заземлення, так і проводи зовнішнього блискавкозахисту належить розташовувати на достатній відстані від електрокомунікацій та чутливого електроустаткування (як ззовні, так і всередині споруди). На **рис. 14** наведено приклади надто близького розташування блискавкопуску до електрокомунікацій та блискавкоприймача до електроустаткування, яке він захищає.

Нехтування вимог безпечної відстані найчастіше призводить до пошкодження апаратури офісних телефонних та комп'ютерних мереж під час грози.

Нерідко доводиться доопрацьовувати існуючий блискавкозахист з огляду на появу на даху додаткового устаткування (системи вентиляції та кондиціонування, приймально-передавальні пристрої тощо). Деяке обладнання вимагає ізолюваної системи блискавкозахисту (**рис. 15**). Інколи треба якомога простіше (без розтяжок) додатково зафіксувати тонкий і довгий блискавкоприймач, не приєднуючи його металевими елементами до устаткування на даху (**рис. 16**). На такі випадки як знахідка будуть системи ізоляційних елементів виробництва фірми «OBO Batterman GmbH & Co.», за допомогою яких можна закріплювати блискавкоприймач окремо або безпосередньо до об'єкту, який має бути захищеним (поз. 2 - 4 на **рис. 15, 16**). На плоскому даху реалізація рішення досить проста. Наприклад, за **рис. 16**: оцинкований дріт діаметром 8 мм (поз. 8), круг з бетону (поз. 1) із вмурованою втулкою з різьбою, куди вкручується штирковий блискавкоприймач (поз. 5) необхідної висоти, кілька проміжних опор (поз. 9) та

Рис. 8. З'єднання стрижнів заземлювача за допомогою муфт

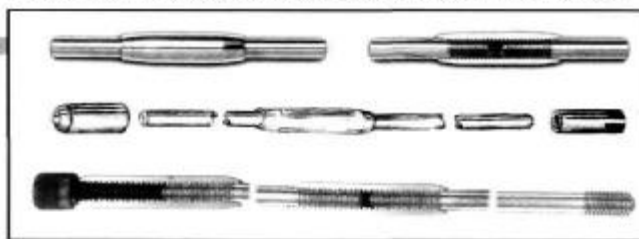


Рис. 9. Помилки при влаштуванні контурного заземлювача: надто близько до поверхні ґрунту і до споруди



Рис. 10. Фундаментний заземлювач з дистанційними елементами

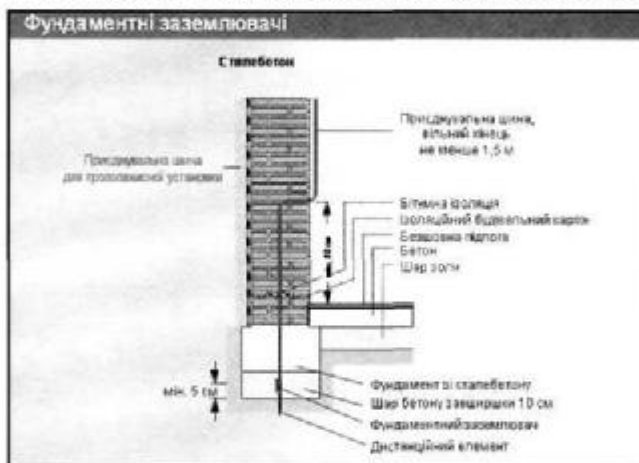


Рис. 11. Кілочок-фіксатор – дистанційний елемент (на **рис. 10**)

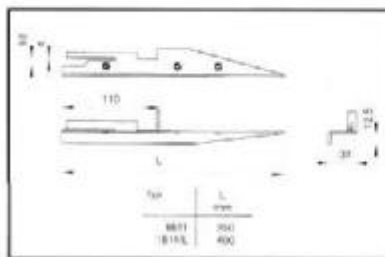


Рис. 12. Монолітний фундамент як заземлювач



Рис.13. Вузол для вводу заземлення у споруду



Рис.14. Приклади недотримання безпечної відстані



Рис.15. Ізольована система блискавкозахисту (на основі продукції фірми «OBO Bettermann GmbH & Co.»)

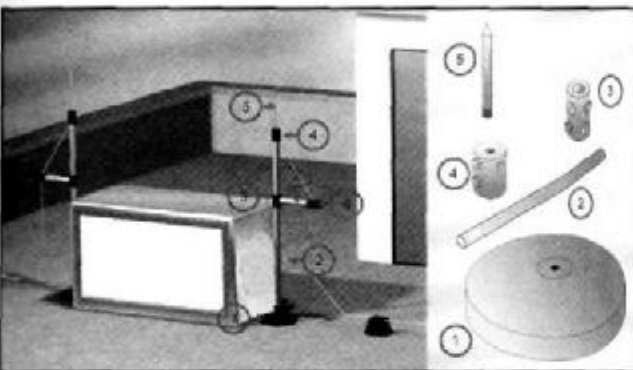


Рис.16. Фіксація блискавкоприймача з використанням ізоляційних елементів (фірми «OBO Bettermann GmbH & Co.»)

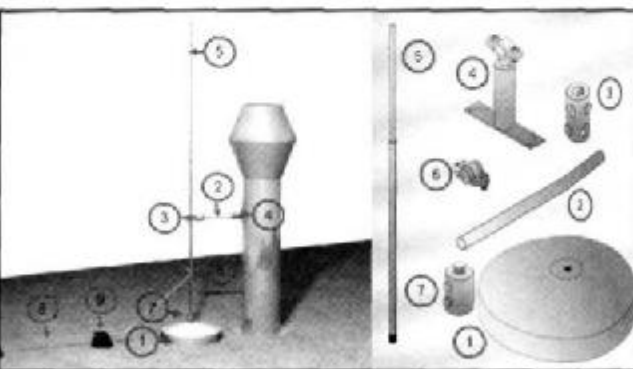
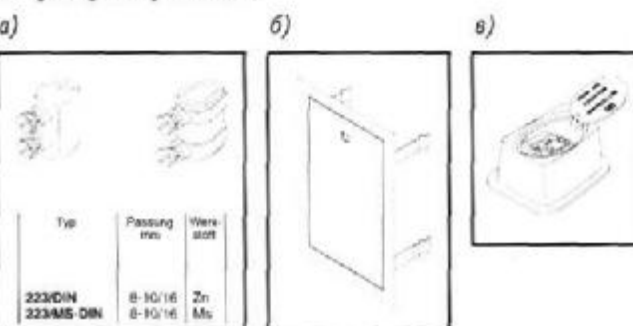


Рис.17. Контрольні з'єднувачі для вимірювання опору заземлення:
а, б – на стіні;
в – у чавунному каладязі



з'єднувачів (поз. 6) для прокладання проводу до найближчого елемента існуючої системи блискавкозахисту. Все то - вироб, які випускаються серійно, тож спеціаліст впорається з монтажем дуже швидко.

Перевірка систем блискавкозахисту

Перевірка величини опору заземлення та стану заземлювачів виконується як складова частина процедури перевірки та обслуговування системи блискавкозахисту.

Згідно з [1] такі перевірки виконуються під час введення об'єкта до експлуатації, а надалі періодично для будівель і споруд I та II категорій 1 раз на рік перед початком грозового сезону, а об'єктів III категорії - не рідше, ніж 1 раз на 3 роки. Зокрема, перевіряють цілісність та захищеність від корозії досяжних для огляду частин блискавкоприймачів та струмовідводів і контактів між ними, а також величину опору струму промислової частоти блискавковідводів, що стоять окремо. Ця величина не повинна перевищувати більше ніж у 5 разів результати відповідних вимірювань на стадії приймання.

Згідно з [9] такі перевірки проводяться також при будь-яких змінах, перебудовах, дообладнанні чи ремонтах споруди, яка захищається від блискавки, якщо такі дії мають відношення і до системи блискавкозахисту. Також перевірки необхідні після кожного зафіксованого ураження системи захисту блискавкою. Розрізняють два типи перевірок: (1) візуальні обстеження та (2) повна перевірка і випробування. Дані щодо регламентованої періодичності таких перевірок наведено у табл. 10.

Таблиця 10
Інтервали між перевірками системи блискавкозахисту (DIN VDE V0185)

I	2 роки	1 рік
II	4 роки	2 роки
III, IV	6 років	3 роки

Згідно з стандартами IEC, візуальне обстеження має виконуватися щонайменше один раз на рік (для всіх рівнів захисту, а згідно з ОШ V ЧОЕ V 0185 - в різні терміни (1-3 роки) з градацією по рівнях захисту). В зонах з важкими погодними та іншими умовами такі обстеження рекомендовано проводити частіше.

Повна перевірка і випробування (вимірювання) проводяться з інтервалами від 2 до 6 років залежно від класу захисту. Критичні компоненти, наприклад, частини системи блискавкозахисту, на які діють великі механічні сили, обмежувачі перенапруг, елементи системи зрівнювання потенціалів кабелів та труб і т.п., повинні повністю інспектуватися кожні 1-4 роки, залежно від призначення споруди або від характеристик оточуючого середовища. Під час вимірювання опору заземлення важливо враховувати його можливі зміни в різні сезони за варіацій температури та опадів. Якщо спостерігається помітне відхилення від запроєктованих параметрів і, особливо, якщо є тенденція поступового зростання опору, то приймають рішення щодо модернізації системи заземлення.

Зауважимо, що сучасні компоненти і технології дозволяють розробляти системи заземлення, які за правильної експлуатації та обслуговування надійно працюють щонайменше протягом 30 років.

Як правило, вимірювання опорів заземлювачів здійснюють в місцях розташування контрольних з'єднувачів (рис. 17), де струмовідводи від блискавкоприймачів підходять до провідників системи заземлення. Звичайно, контрольні з'єднувачі мають бути на

кожному спуску, за виключенням «природних» (арматура з/б конструкцій, металеві фасади та ін.). Їх встановлюють на стіні споруди (безпосередньо на спусках чи у монтажних коробках і люках) або у спеціальних колодязях (пластикових, чавунних, бетонних) на рівні землі поблизу споруди. Доступ до контрольних з'єднувачів та їх роз'єднання має бути можливим лише за допомогою інструменту. Для порівняльних вимірювань величини опору заземлення звичайно обмежуються проведенням їх на промисловій частоті.

Що далі...

Ця публікація завершує виклад вибраних питань семінару «СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД БЛИСКАВКИ», проведеного за ініціативою редакції «ЕП» в рамках міжнародної виставки «elcom ukraïne 2003». Блискавкозахист - важлива, велика та складна тема. За участю багатьох національних комітетів зі стандартизації міжнародні норми щодо систем блискавкозахисту динамічно розвиваються. Цього вимагає поява нових матеріалів і технологій у всіх сферах життя.

Вочевидь існує об'єктивна потреба в удосконаленні і наших вітчизняних норм. Але й сьогодні, виконуючи чинні в Україні стандарти, можливо і потрібно враховувати міжнародний досвід. Ми намагалися ознайомити фахівців у царині блискавкозахисту з новими методами і засобами, які покликані зробити більш безпечним і комфортним життя наших співвітчизників та надійніше захистити їхнє майно. Сподіваємося на активну участь спеціалістів у розвитку вітчизняних норм та подальшому обговоренні на сторінках журналу питань проектування, монтажу та експлуатації сучасних систем блискавкозахисту.

Література

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87/ Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1989. -56 с.
2. IEC 1024-1. Protection of structures against lightning. Part 1: General principles.
3. Шостак В., Баранник Є. Сучасні системи блискавкозахисту будинків та споруд (частина 2) // Електропанорама. - 2003. - N212. -С.20- 29.
4. Правила устройства электроустановок, 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986 - 648 с.
5. ГОСТ 464-79. Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приема телевидения. Нормы сопротивления.
6. ДСТУ 3680-98. Електромагнітна сумісність. Стійкість до дії грозових розрядів. Методи захисту.
7. Лобода М. Заземлення - види, параметри, властивості та практичний аспект// Електропанорама. - 2002. - №5. - С.28- 29.
8. DIN V VDE V0185 (2002-11). Blitzschutz.
9. IEC 1024-1. Protection of structures against lightning. Part 1. Guide B.
10. Шостак В., Баранник Є. Сучасні системи блискавкозахисту будинків та споруд (частина 1) // Електропанорама. - 2003. - №11.-С. 24-27.

