

ЗАХИСНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ

Призначення, принцип дії і галузь застосування захисного заземлення. **Захисне заземлення** – спеціальне (навмисне) електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки і з інших причин (індуктивний вплив сусідніх струмовідних частин, винос потенціалу, розряд блискавки й т.п.), виконане з метою забезпечення електробезпеки працівників. Еквівалентом землі може бути вода ріки або моря, кам'яне вугілля в корінному заляганні тощо.

Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження електричним струмом у випадку дотику до корпусу електроустановки й до інших неструмовідних металевих частин, які опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус і з інших причин. Захисне заземлення необхідно відрізнити від робочого заземлення й заземлення блискавкозахисту.

Робоче заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею окремих точок електричного кола, наприклад нейтральних 140 точок обмоток генераторів, силових і вимірювальних трансформаторів, дугогасильних апаратів, реакторів поперечної компенсації в лініях електропередачі великої довжини, а також фази при використанні землі як фазного або зворотного проводу. Робоче заземлення призначене для забезпечення належної роботи електроустановки в нормальних або аварійних умовах і здійснюється безпосередньо (тобто шляхом з'єднання провідником частин, що заземлюються, із заземлювачем) або через спеціальні апарати – пробивні запобіжники, розрядники, резистори й т.п.

Заземлення блискавкозахисту – навмисне електричне з'єднання із землею блискавкоприймачів і розрядників з метою відведення від них струмів блискавки в землю. Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг дотику й кроку, обумовлених замиканням на корпус і іншими причинами. Це досягається шляхом зменшення потенціалу заземленого устаткування (зменшенням опору заземлювача), а також шляхом вирівнювання потенціалів основи, на якій стоїть людина, і заземленого устаткування (підйомом потенціалу основи, на якій стоїть людина, до значення, близького до значення потенціалу заземленого устаткування).

Галузь застосування захисного заземлення: мережі напругою до 1000 В змінного струму – трифазні трипроводові з ізолюваною нейтраллю або ізолюваним виводом джерела однофазного струму, а також постійного струму двопроводові з ізолюваною середньою точкою обмоток джерела струму; мережі напругою вище 1000 В змінного і постійного струмів з будь-яким режимом нейтральної або середньої точки обмоток джерел струму (рис. 1). Захисне заземлення є найбільш простим і в той же час достатньо ефективним заходом захисту від ураження струмом при появі напруги на металевих неструмовідних частинах.

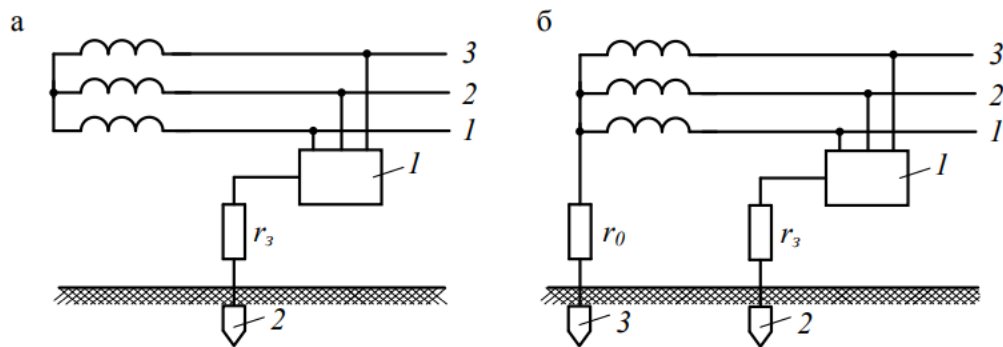


Рис 1 Принципові схеми захисного заземлення в мережах трифазного струму: а – у мережі з ізольованою нейтраллю напругою до 1000 В і вище; б – у мережі із глухозаземленою нейтраллю напругою вище 1000 В; 1 – заземлене устаткування; 2 – заземлювач захисного заземлення; 3 – заземлювач робочого заземлення; r_0 , r_3 – опори робочого й захисного заземлень

Типи заземлювальних пристроїв.

Заземлювальним пристроєм називається сукупність заземлювача – провідників (електродів), що перебувають у безпосередній зіткненні із землею, металеві з'єднаних між собою, і заземлювальних провідників, що з'єднують частини електроустановки, що заземлюються, із заземлювачем. Залежно від місця розміщення заземлювача відносно устаткування, що заземлюється, розрізняють два типи заземлювальних пристроїв: *виносний й контурний*. Виносний заземлювальний пристрій (рис. 2) характеризується тим, що заземлювач його винесений за межі майданчика, на якому розміщене устаткування, яке заземлюється, або зосереджений на деякій частині цього майданчика. Тому виносний заземлювальний пристрій називають також зосередженим. Захисна дія виносного заземлювального пристрою досягається тільки в зменшенні потенціалу устаткування, що заземлюється. **Істотний недолік виносного заземлювального пристрою** – віддаленість заземлювача від устаткування, що захищається, внаслідок чого на всій або на частині території, що захищається, напруга дотику дорівнює потенціалу заземлювача. Тому заземлювальні пристрої цього типу застосовуються лише при малих струмах замикання на землю, зокрема в установках напругою до 1000 В, де потенціал заземлювача не перевищує значення допустимої напруги дотику. Крім того, при великій відстані до заземлювача може значно зрости опір заземлювального пристрою в цілому за рахунок опору заземлювального провідника. **Перевагою виносного заземлювального пристрою** є можливість вибору місця розміщення електродів заземлювача з найменшим опором ґрунту (сире, глинисте, у низинах і т.п.). При цьому зменшується потенціал заземлювача, а, отже, і напруга дотику до устаткування, яке заземлюється.

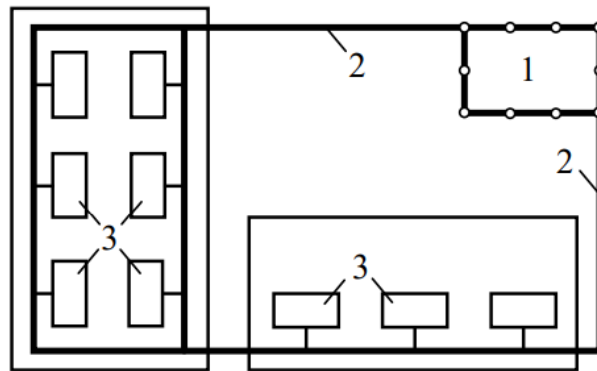


Рисунок 2 - Виносний заземлювальний пристрій: 1 –заземлювач;
2 – заземлювальні провідники (магістралі); 3 – устаткування, яке
заземлюється

Необхідність у пристрої виносного заземлення може виникнути в таких випадках: при неможливості з якихось причин розмістити заземлювач на території, що захищається; при високому опорі землі на даній території (наприклад, піщаний або скелястий ґрунт) і наявності поза цією територією місць зі значно кращою провідністю землі; при розосередженому розташуванні устаткування, що заземлюється, (наприклад, у гірських виробітках) і т.п.

Контурний заземлювальний пристрій характеризується тим, що електроди його заземлювача розміщаються по контуру (периметру) майданчика, на якому перебуває устаткування, яке заземлюється, а також усередині цього майданчика.

Часто електроди розподіляються на майданчику по можливості рівномірно, і тому контурний заземлювальний пристрій називається також розподіленням. Безпека при розподіленому заземлювальному пристрої може бути забезпечена не тільки зменшенням потенціалу заземлювача, а й вирівнюванням потенціалу на території, що захищається, до такого значення, щоб максимальні напруги дотику й кроку не перевищували допустимих. Це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів на території, що захищається. Усередині приміщень вирівнювання потенціалу відбувається природним шляхом завдяки металевим конструкціям, трубопроводам, кабелям і їм подібним провідним предметам, зв'язаним з розгалуженою мережею заземлення. Арматура залізобетонних будівель також впливає на вирівнювання потенціалу.

Виконання заземлювальних пристроїв

Заземлювачі. Розрізняють заземлювачі штучні, призначені винятково для цілей заземлення, і природні – металеві предмети іншого призначення, що перебувають у землі. Для штучних заземлювачів застосовують звичайно вертикальні й горизонтальні електроди. Як вертикальні електроди використовують сталеві труби діаметром 5 – 6 см з товщиною стінки не менше 3,5

мм і кутову сталь із товщиною полиць не менш 4 мм (звичайно це кутова сталь розміром від 40х40 мм до 60х60 мм) відрізками довжиною 2,5–3,0 м. Широкого застосування набуває також пруткова сталь діаметром не менш 10 мм, довжиною до 10 м, а іноді й більше. Для зв'язку вертикальних електродів і як самостійний *горизонтальний електрод* застосовують смугову сталь перерізом не менше 4х12 мм і сталь круглого перерізу діаметром не менше 6 мм. Розміщення електродів виконують відповідно до проєкту. Заземлювачі не слід розміщати поблизу гарячих трубопроводів і інших об'єктів, що викликають висихання ґрунту, а також у місцях, де можливе просочення ґрунту нафтою, мастилами й т.п., оскільки в таких місцях опір ґрунту різко зростає. У випадку небезпеки посиленої корозії заземлювачів необхідно застосовувати електроди збільшеного перерізу або оцинковані чи обміднені. У деяких (досить рідких) випадках доцільно виконати електричний захист заземлювачів від корозії. Для установаження вертикальних заземлювачів попередньо риють траншею глибиною 0,7–0,8 м, після чого труби або кутки забивають механізмами – копрами, гідропрессами й т.п. (рис. 3).

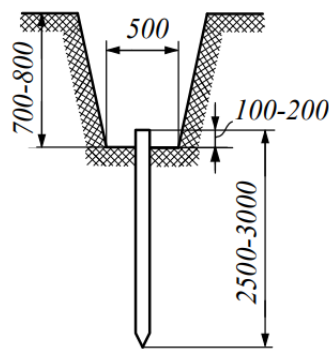


Рис. 3. Установлення стрижневого електрода в траншеї

Сталеві стрижні діаметром 10–12 мм, довжиною 4–4,5 м ввертають у землю за допомогою спеціальних пристосувань, а більш довгі заглиблюють вібраторами. Верхні кінці занурених у землю вертикальних електродів з'єднують сталеву смугою на зварюванні. При цьому смугу встановлюють на ребро, тому що в такому положенні її зручніше приварити до вертикальних електродів, і вона має кращий контакт із землею. У таких же траншеях прокладають і горизонтальні електроди. У цьому випадку електроди зі смугової сталі також рекомендується ставити на ребро. Траншеї засипають землею, очищеною від щебеню і будівельного сміття, з наступним ретельним трамбуванням, що знижує опір розтіканню заземлювача, а отже, дає економію металу. Штучні заземлювачі можуть бути також виконані з електропровідного бетону.

Як природні заземлювачі можуть використовуватися прокладені в землі водопровідні й інші металеві труби (за винятком трубопроводів горючих рідин, горючих або вибухонебезпечних газів), обсадні труби артезіанських колодязів, свердловин, шурфів і т.п.; металеві й залізобетонні конструкції будівель і споруд, що мають з'єднання із землею; свинцеві оболонки кабелів, прокладених у землі* ; металеві шпунти гідротехнічних споруд і т.п. Як природні заземлювачі підстанцій

і розподільних установок використовують заземлювачі опор повітряних ліній електропередачі, що відходять, з'єднані за допомогою заземлень грозозахисних тросів ліній з заземлювальним пристроєм підстанції. Останнім часом як природні заземлювачі використовують залізобетонні елементи опор повітряних ліній, які мають провідність таку, як і навколишні шари землі, що забезпечує стабільні значення опору розтікання металевої арматури, яка відіграє роль електродів заземлювача опори. Природні заземлювачі мають, як правило, малий опір розтіканню струму, і тому використання їх для заземлення дає досить відчутну економію металу. Природні заземлювачі можна використовувати без штучних, якщо вони забезпечують значення опору розтіканню струму, що вимагається Правилами улаштування електроустановок. Недоліками природних заземлювачів є доступність деяких з них неелектротехнічному персоналу й можливість порушення безперервності з'єднання протяжних заземлювачів (при ремонтних роботах і т.п.).

Заземлювальні провідники. Як заземлювальні провідники, призначені для з'єднання частин, що заземлюються, із заземлювачами, застосовують, як правило, смугову сталь і сталь круглого перерізу. Переріз заземлювальних провідників у мережах напругою до 1000 В й вище з ізолюваною нейтраллю повинний бути не менше встановленого ПУЕ, а їхня провідність повинна бути не менше 1/3 провідності фазних провідників. Наприклад, найменший переріз сталеві прямокутної шини при прокладенні її усередині будівлі становить 24 мм^2 , а при прокладенні поза будівлею або в землі – 48 мм^2 ; для круглої сталі найменший діаметр дорівнює 5 мм при прокладенні в будівлях, 6 мм – у зовнішніх установках, 10 мм – у землі. У виробничих приміщеннях з електроустановками напругою до 1000 В й вище магістралі заземлення (заземлювальний провідник із двома або більше відгалуженнями) зі сталеві смуги повинні мати переріз не менше 100 мм^2 . Допускається застосування сталі круглого перерізу тієї ж провідності. Як правило, не потребується застосування мідних провідників перерізом більше 25 мм^2 , алюмінієвих – більше 35 мм^2 і сталевих – більше 120 мм^2 . Рекомендується з метою економії металу використовувати як заземлювальні провідники так звані природні провідники – металеві конструкції будівель і споруд: ферми, колони, підкранові колії, каркаси розподільних пристроїв, шахти підйомників, ліфтів і елеваторів, а також обрамлення каналів, сталеві труби електропроводок, металеві кожухи й опорні конструкції шинопроводів, металеві стаціонарні відкрито прокладені трубопроводи всіх призначень (крім трубопроводів горючих і вибухонебезпечних речовин і сумішей, каналізації й центрального опалення).

Прокладення заземлювальних провідників здійснюється відкрито по конструкціях будівель, у тому числі по стінах. При цьому в приміщеннях сухих без агресивного середовища заземлювальні провідники допускається прокладати безпосередньо по стінах. У вологих, сирих і особливо сирих приміщеннях, а також у приміщеннях з агресивним середовищем заземлювальні провідники необхідно прокладати на відстані не менш 10 мм від стін (рис. 4). У зовнішніх установках магістралі заземлення й відгалуження від них повинні бути доступні для огляду. Це вимога не поширюється на оболонки кабелів, арматуру залізобетонних

конструкцій, а також на заземлювальні провідники, прокладені в трубах, коробах і безпосередньо в тілі будівельних конструкцій (замонолічені). Відгалуження від магістралей до електроприймачів напругою до 1000 В допускається прокладати приховано безпосередньо в стіні, під чистою підлогою й т.п. з попереднім захистом їх від впливу агресивних середовищ. Такі відгалуження не повинні мати з'єднань.

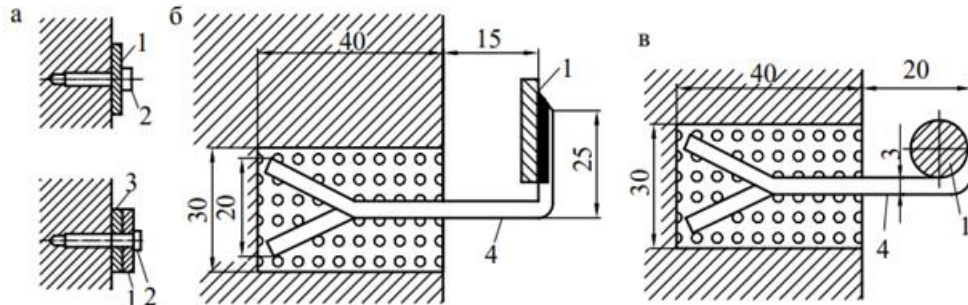


Рис. 4. Приклади кріплення сталевих заземлювальних провідників на стіні:

а – безпосередньо по стіні (у приміщеннях без агресивного середовища); б, в – на відстані від стін (у вологих, сирих і особливо сирих приміщеннях, а також у приміщеннях з агресивним середовищем); 1 – заземлювальний провідник; 2 – дюбель; 3 – підкладка; 4 – скоба

У зовнішніх установках заземлювальні провідники допускається прокладати в землі, у підлозі, а також по краю майданчиків фундаментів технологічних установок і т.п. Приєднання устаткування, що заземлюється, до магістралі заземлення здійснюється за допомогою окремих провідників. При цьому послідовне ввімкнення устаткування, що заземлюється, не допускається (рис.5). Заземлення окремих електродвигунів, апаратів й іншого устаткування, установлених безпосередньо на металевих верстатах таких, що мають із металом верстатів надійний контакт, може здійснюватися шляхом приєднання станини верстатів до заземлювальної магістралі. З'єднання заземлювальних провідників між собою, а також із заземлювачами й конструкціями, що заземлюються, виконуються, як правило, зварюванням, а з корпусами апаратів, машин і іншого устаткування – зварюванням або за допомогою болтів (рис. 6–8). При цьому приєднання заземлювальної магістралі до заземлювача – штучного або природного – виконується у двох місцях.

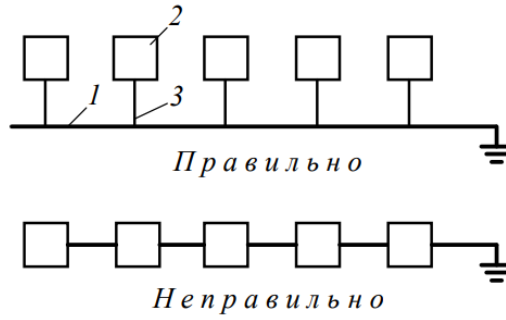


Рис. 5.5. Схема приєднання об'єктів, що заземлюються, до заземлювальної магістралі: 1 – заземлювальна магістраль; 2 – обладнання, що заземлюється; 3 – провідник – відгалуження від заземлювальної магістралі

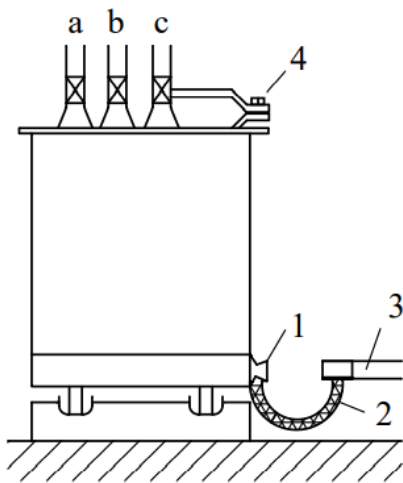


Рис. 6. Заземлення бака силового трансформатора з ізолюваною нейтраллю: 1 – заземлювальний болт; 2 – гнучка перемичка; 3 – відгалуження від заземлювальної магістралі; 4 – пробивний запобіжник

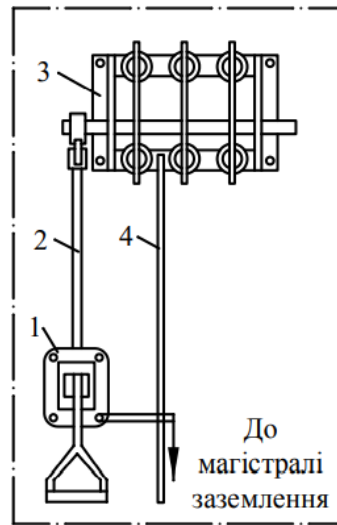


Рис. 7. Заземлення рами й привода триполюсного роз'єднувача: 1 – плита привода; 2 – тяга; 3 – рама; 4 – заземлювальна шина

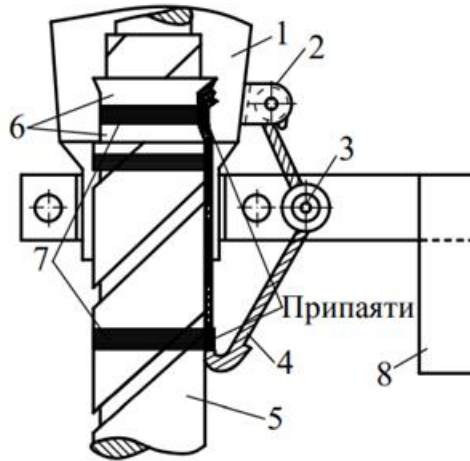


Рис. 8. Заземлення оболонки й броні кабелю в кінцевому закладенні: 1 – лійка сталева; 2 – пластинка, за допомогою якої здійснюється заземлення лійки; 3 – болт заземлення; 4 – мідний неізолюваний гнучкий провід; 5 – броня кабелю; 6 – свинцева оболонка; 7 – бандажі; 8 – заземлювальна шина

Розпізнавальним кольором заземлювальної мережі є чорний колір, у який мають бути пофарбовані всі заземлювальні провідники, конструкції й смуги заземлення, які розміщені відкрито.

Обладнання, яке підлягає заземленню

Заземленню підлягають електроустановки в залежності від їх номінальної напруги та розташування (табл. 1). Галузь застосування захисного заземлення – трифазні трипроводові мережі напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю та трифазні трипроводові мережі напругою вище 1000 В з будь-яким режимом нейтралі. В трифазних чотирипроводових мережах напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю застосовують занулення. Заземлення або занулення електроустановок не вимагається за номінальної напруги до 42 В змінного і до 110 В постійного струму, за винятком електроустановок, в яких підлягають заземленню або зануленню металеві оболонки й броня контрольних кабелів і проводів, прокладених на спільних металевих конструкціях, в тому числі в спільних трубах (коробах тощо) разом із кабелями та проводами, металеві оболонки та броня яких підлягають заземленню або зануленню.

Заземленню або зануленню відповідно до вищевикладеного підлягають:

- корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників тощо;
- приводи електричних апаратів;
- каркаси розподільних щитів, щитів управління, щитків і шаф, які можуть зніматися або відкриватися, а також знімні частини та частини, що відкриваються, на яких встановлено електрообладнання напругою понад 42 В змінного або понад 110 В постійного струму;

Таблиця 1 - Електроустановки, що підлягають заземленню або зануленню

Розташування електроустановки	Номинальна напруга електроустановки, В	
	Змінного струму	Постійного струму
Електроустановки в будь-яких приміщеннях	380 і більше	440 і більше
Електроустановки в приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних	Більше 42, але менше 380	Більше 110, але менше 440
Зовнішні електроустановки	Більше 42, але менше 380	Більше 110, але менше 440

Примітка. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом наведена в п.12.6.

- металеві конструкції розподільних пристроїв, металеві кабельні конструкції і з'єднувальні муфти, металеві оболонки та броня контрольних й силових кабелів, металеві оболонки проводів, рукави і труби електропроводки, кожухи й опорні конструкції шинопроводів, лотки, короби, струни, троси і сталеві смуги, на яких укріплені кабелі й проводи (крім струн, тросів й смуг, по яких прокладені кабелі із заземленою або зануленою 151 металевою оболонкою або бронею), а також інші металеві конструкції, на яких встановлюється електрообладнання;
- металеві корпуси пересувних та переносних електроприймачів;
- електрообладнання, яке розміщене на частинах станків, машин і механізмів, що рухаються. Усі відкриті провідні частини в електроустановках вище 1000 В повинні бути заземлені, а в електроустановках до 1000 В – приєднані до захисного РЕ-провідника, відповідно до типу заземлення системи (TN, TT, IT). Заземленню або зануленню не підлягають:
 - корпуси електрообладнання, апаратів та електромонтажних конструкцій, установлених на заземлених або занулених металевих конструкціях розподільних пристроїв, на щитах, шафах, щитках, станинах станків, машин і механізмів, за умови забезпечення надійного електричного контакту із заземленими або зануленими основами;
 - арматура ізоляторів усіх типів, відтяжок, кронштейнів і освітлювальна арматура у разі установлення їх на дерев'яних опорах повітряних ліній електропередачі і на дерев'яних конструкціях відкритих підстанцій, якщо це не вимагається умовами захисту від атмосферних перенапруг. Під час прокладання кабелю з металевою заземленою оболонкою або неізольованого заземлювального провідника на дерев'яній опорі вказана арматура, розміщена на цій опорі, повинна бути заземлена або занулена;
 - частини металевих каркасів камер розподільних пристроїв, шаф, огорож тощо, які знімаються або відкриваються за умови, що на цих частинах не встановлено

електрообладнання або якщо напруга встановленого електрообладнання не перевищує 42 В змінного або 110 В постійного струму;

– корпуси електроприймачів із подвійною ізоляцією;

– металеві скоби, закріпи, відрізки труб механічного захисту кабелів у місцях їх проходження через стіни й перекриття та їм подібні деталі, в тому числі протяжні та відгалужувальні коробки, розміром до 100 см², електропроводок, виконаних кабелями або ізольованими проводами, що прокладені по стінах, перекриттях і інших елементах будівель.