



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА В БУДИНКАХ І СПОРУДАХ.

Вимоги до захисних заходів
від ураження електричним струмом

ДСТУ Б В.2.5–ХХ:20ХХ

(Проект, друга редакція)

Київ
Міністерство регіонального розвитку, будівництва
та житлово-комунального господарства
20ХХ

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: НВП “Елетер”; НВП “Укренергоналадкавимірювання”
РОЗРОБНИКИ: В. Божко, канд. техн. наук; А. Гінайло; В. Мозирський,
канд. техн. наук (науковий керівник); Д. Розинський, канд. техн. наук
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерство регіональ-
ного розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від
“___” _____ 20___ р. № ____, чинний з 20ХХ-ХХ-ХХ
- 3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ (з втратою чинності ДБН В.2.5-27-2006 “Захисні
заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд”
- 4 Цей стандарт згідно з ДБН А.1.1-1-2009 “Система стандартизації та
нормування в будівництві. Основні положення” відноситься до комп-
лексу нормативних документів в галузі будівництва В.2.5 “Інженерне
обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди”

Право власності на цей національний стандарт належить державі. Забороняється повністю чи частково видавати, відтворювати з метою розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання цей національний стандарт або його частину на будь-яких носіях інформації без дозволу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.

Мінрегіон, 20ХХ

ЗМІСТ

1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання.....	3
3 Терміни та визначення понять	3
4 Захисні заходи від ураження електричним струмом	23
4.1 Основні положення	23
4.2 Захисний захід — автоматичне вимикання живлення	27
4.2.1 Загальні вимоги.....	27
4.2.2 Електроустановки з системою TN	35
4.2.3 Електроустановки з системою TT.....	39
4.2.4 Електроустановки з системою IT.....	41
4.2.5 Система функціональної наднизької напруги (ФННН) ..	46
4.3 Захисний захід — подвійна або посилена ізоляція.....	47
4.4 Захисний захід — електричне відокремлення.....	51
4.5 Захисний захід — наднизька напруга, яка забезпечується системою БННН або ЗННН.....	52
5 Захист від ураження електричним струмом в електроустановках користувачів електроенергії у разі замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції.....	57
6 Уземлювальні пристрої і захисні провідники	61
6.1 Уземлювальні пристрої.....	61
6.1.1 Загальні положення	61
6.1.2 Уземлювачі	62
6.1.3 Уземлювальні провідники	69
6.1.4 Головна уземлювальна шина	70
6.2 Провідники захисного уземлення.....	71
6.3 PEN, PEM і PEL-провідники	79
6.4 Провідники основної і додаткової систем зрівнювання потенціалів	81
Додаток А Основний захист (захист від прямого дотику)	83
Додаток Б Захисні заходи, які здійснюються шляхом використання бар'єрів та розміщення поза зоною досяжності.....	85

Додаток В	Захисні заходи — непровідне розташування, неуземлене місцеве зрівнювання потенціалів і електричне відокремлення у разі живлення більше одного електроприймача	87
Додаток Г	Загальні правила, які повинні виконуватися у разі застосування пристроїв захисного вимикання (ПЗВ).....	91
Додаток Д	Типи систем захисного уземлення	94
Додаток Е	Приклади виконання систем зрівнювання потенціалів....	111
Додаток Ж	Методика перевірки виконання вимоги до часу автоматичного вимикання з урахуванням нагрівання провідників	114
Додаток И	Методика оцінки величини напруги на відкритих провідних частинах електроустановок користувачів електроенергії у разі замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції (з урахуванням специфіки виконання в Україні мереж високої напруги).....	120
Додаток К	Вимоги до рівня перенапруг на ізоляції електрообладнання низької напруги у разі замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції	126
Додаток Л	Оцінка величини опору розтіканню деяких типів розміщених в землі уземлювачів (уземлювальних електродів)	138
Додаток М	Специфіка виконання укладених в бетон фундаментних уземлювачів.....	145
Додаток Н	Обчислення коефіцієнта К для визначення мінімального перерізу провідника захисного уземлення за умовою термічної стійкості.....	148
Додаток П	Мінімально допустимі перерізи PEN-провідників	153
Додаток Р	Бібліографія.....	156

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА В БУДИНКАХ І СПОРУДАХ.

Вимоги до захисних заходів
від ураження електричним струмом

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ.

Требования к защитным мерам
от поражения электрическим током

ELECTRICAL SAFETY IN BUILDINGS AND STRUCTURES.

Requirements for protection measures
against electric shock

Чинний від “___” _____ 20__ р.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт установлює вимоги до застосування захисних заходів від ураження електричним струмом, а також виконання цих заходів та їх складових частин в електроустановках будинків і стаціонарних споруд.

1.2 Вимоги цього стандарту розповсюджуються на електроустановки низької напруги як змінного, так і постійного струмів (див. також примітку в 1.4).

Примітка 1. В електроустановках змінного струму під величиною струму та напруги, якщо в тексті не наведені відповідні уточнення, слід розуміти діючі значення напруги і сили струму.

Примітка 2. До електроустановок постійного струму в цьому стандарті віднесені електроустановки, в яких зміною в часі незмінних за напрямком значень струму і напруги можна знехтувати через її дуже малу величину (чисто постійний струм), а також електроустановки з слабо пульсуючою (випрямленою) напругою, у яких діюче значення змінної складової напруги не перевищує 10 % величини постійної складової.

1.3 Цей стандарт застосовують при проектуванні та монтажі електроустановок будинків і споруд (житлових, адміністративних та побутових, громадських, виробничих, навчальних закладів, дитячих дошкільних закладів, закладів охорони здоров'я, культурно-видовищних та дозвіллевих, спортивних та фізкультурно-оздоровчих тощо), які будуються і реконструюються. В електроустановках, які частково реконструюються, вимоги цього стандарту виконують лише в тих частинах цих електроустановок, які підлягають реконструкції.

Положення цього стандарту рекомендуються враховувати також при розробці нових і перевиданнях діючих нормативних документів всіх рівнів прийняття (ухвалення), в яких розглядаються питання забезпечення електробезпеки в електроустановках низької напруги.

1.4 Вимоги цього стандарту поширюються на звичайні електроустановки користувачів електроенергії та їх частини (див. також примітку 4 в 4.1.3).

Певні положення стандарту стосуються також застосування того чи іншого захисного заходу в деяких специфічних електроустановках користувачів електроенергії або їх частинах, які є невід'ємною складовою частиною звичайних електроустановок (див. 4.1.5; 4.1.6; примітку до рис. Е.1).

Виконання захисних заходів в електроустановках системи електропостачання, які пов'язані з виробництвом, перетворенням трансформацією, передаванням та розподілом електроенергії регламентується в [1] і в даному стандарті не розглядається.

Примітка. Винятком є тільки трансформаторні підстанції, які безпосередньо живлять електроустановки користувачів електроенергії і являють собою як електроустановки високої, так і низької напруги, в частині виконання їх уземлювальних пристроїв. Характеристики цих пристроїв, зокрема величини зазначених опорів суттєво впливають на рівень електробезпеки в електроустановках користувачів електроенергії і тому розглядається в цьому стандарті (див. розділ 5).

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення

ДСТУ 3225-95 (ІЕС 60742:1983) Розділові трансформатори і безпечні розділові трансформатори. Технічні вимоги

ДСТУ ІЕС 61140:2005 Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (ІЕС 61140:2001, IDT)

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) (Ступені захисту, які забезпечуються оболонками (Код IP))

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, які застосовані в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

Примітка. Визначення понять, що надані в цьому розділі, гармонізоване з відповідними визначеннями, які наведені в [2] та [3].

3.1 низька напруга

Напруга, величина якої не перевищує значення 1000 В змінного струму або 1500 В постійного струму

3.2 висока напруга

Напруга, величина якої перевищує значення 1000 В змінного струму або 1500 В постійного струму

3.3 наднизька напруга

Напруга, величина якої не перевищує значення 50 В змінного струму або 120 В постійного струму

3.4 електрообладнання

Будь-яке обладнання, що призначене для виробництва, перетворення, передавання, розподілу або використання електричної енергії, наприклад генератори, трансформатори, електричні апарати, вимірювальні прилади, пристрої захисту, кабельна і провідникова продукція, електроприймачі

3.5 електроприймач

Електрообладнання, яке призначене для перетворення електричної енергії в інший вид енергії, наприклад світлову, теплову, механічну

3.6 стаціонарне електрообладнання

Електрообладнання, яке відповідає одній з таких умов:

- надійно закріплено на опорі чи на іншому спеціальному місці розташування, або
- не має пристосування для перенесення (наприклад ручки) і має таку вагу, що не може бути легко пересунуте.

Примітка. Згідно з міжнародною практикою, для побутових електричних приладів такою вагою є 18 кг і більше.

3.7 пересувне (мобільне) електрообладнання

Електрообладнання, яке пересувається під час експлуатації або може бути легко пересунуте з одного місця на інше, коли воно підключене до мережі живлення

3.8 переносне електрообладнання

Електрообладнання, яке під час його використання звичайно тримають в руках

3.9 електроустановка

Призначений для досягнення визначених цілей комплект взаємопов'язаного електрообладнання, яке має скоординовані характеристики

Примітка 1. Термін *електроустановка*, який застосовується у цьому стандарті без уточнення величини її напруги, слід розуміти як *електроустановка* низької напруги.

Примітка 2. Терміном електроустановка може охоплювати все обладнання об'єкту (наприклад будинку) або тільки його відособленої частини (наприклад квартири в багатоквартирному будинку).

3.10 електроустановка будинку (споруди)

Електроустановка низької напруги, все електрообладнання якої розміщене всередині будинку (споруди)

3.11 електрична мережа (електромережа)

Сукупність підстанцій, розподільних пристроїв, струмопроводів, повітряних та кабельних ліній електропередачі, яка призначена для передавання та розподілу електроенергії

Примітка 1. Межа електричної мережі визначається відповідними критеріями, такими як географічна ситуація, права власності, величина напруги тощо.

Примітка 2. Терміном *електрична мережа живлення* в цьому стандарті слід розуміти частину електричної мережі, яка розташована між джерелом живлення (на-

приклад трансформатором живлячої підстанції) і електроустановками користувачів електроенергії.

Примітка 3. Терміни *мережа і мережа живлення*, які застосовуються в цьому стандарті, слід розуміти як *електрична мережа та електрична мережа живлення*.

3.12 електроустановка користувача електроенергії

Електроустановка будинку (споруди), що отримує електроенергію від електричної мережі електропостачальної організації (компанії) для її перетворення в інший вид енергії (світлову, теплову, механічну) і належить одній або декільком юридичним чи фізичним особам на правах власності або користування

Примітка 1. В нормативних документах і в технічній літературі замість терміну *користувач електроенергії* використовують також термін *споживач електричної енергії*, а замість терміну *електропостачальна організація* (організація, яка продає електроенергію користувачам) — *електропередавальна організація або електропостачальник*.

Примітка 2. Електроустановка користувача електроенергії може бути як звичайною, так і спеціальною електроустановкою (див. 3.14 і 3.13).

3.13 спеціальна електроустановка

Електроустановка, що характеризується особливими (специфічними) умовами діючого на неї оточуючого середовища (наприклад підвищеної вологості, високої температури тощо) або (і) експлуатації (наприклад стисненістю приміщення, доступністю до її електрообладнання тільки персоналу електропостачальної організації тощо), або (і) її функціонування (наприклад пересувні електроустановки), які слід враховувати при застосуванні захисних заходів від ураження електричним струмом

3.14 звичайна електроустановка

Електроустановка, яка з точки зору електробезпеки характеризується звичайними умовами оточуючого середовища, експлуатації та функціонування і не потребує специфічних заходів для забезпечення захисту від ураження електричним струмом

Примітка 1. Термін *електроустановка*, який застосовується в цьому стандарті без уточнення її характеристик (спеціальна, звичайна), слід розуміти, як *звичайна електроустановка*.

Примітка 2. До звичайних електроустановок належить переважна більшість електроустановок будинків і споруд.

3.15 електроприміщення

Приміщення або відгороджені (наприклад сіткою) частини приміщень, в яких розташоване електрообладнання, що є недоступними для пересічних осіб

Примітка. Типовим прикладом електроприміщень є електрощитові промислових підприємств і об'єктів цивільного призначення.

3.16 електропроводка

Сукупність проводів з кріпленнями і монтажними та захисними деталями, які розташовані на поверхні чи всередині конструктивних елементів будинку або споруди

3.17 ураження електричним струмом

Фізіологічний ефект, який зумовлений протіканням електричного струму через тіло людини або тварини і може являти собою загрозу життю або стану здоров'я

3.18 ризик

Поєднання оцінок імовірності виникнення негативної фізичної дії на людей, тварин, довкілля, майно і тяжкості наслідків цієї дії

3.19 прийнятний ризик (рівень ризику)

Ризик (рівень ризику), який вважається прийнятним в даній ситуації в системі сучасних цінностей суспільства

3.20 безпека

Відсутність неприйнятного рівня ризику

3.21 електробезпека

Безпека з боку електрики

Примітка 1. Об'єктом, електробезпека якого розглядається в цьому стандарті, є електроустановка будинку чи споруди. В стандарті розглядається основне проявлення небезпеки електрики в зазначеній електроустановці — ураження електричним струмом.

Примітка 2. Електробезпека є однією з найбільш важливих складових загальної безпеки електроустановки.

3.22 захист від ураження електричним струмом

Здійснення заходів для зменшення ризику ураження електричним струмом

3.23 захистний захід від ураження електричним струмом

Технічний захід, який використовують з метою захисту від ураження електричним струмом

3.24 підсилений захисний захід

Захисний захід від ураження електричним струмом, що забезпечує рівень захисту, який досягається використанням не менше двох окремих захисних заходів

3.25 провідна частина

Частина (об'єкт), яка може проводити електричний струм

3.26 провідник

Провідна частина, яка призначена для проведення через неї електричного струму визначеної величини

3.27 кваліфікований персонал (електротехнічний)

Особи, які мають відповідний рівень освіти та досвід роботи для того, щоб мати можливість оцінювати ризики та уникати небезпечних ситуацій, які можуть бути обумовлені електрикою

3.28 інструктований персонал (електротехнічний)

Особи, які відповідно інформовані або (і) перебувають під наглядом кваліфікованого персоналу, що дає їм змогу усвідомлювати ризики та уникати небезпечних ситуацій, які можуть бути обумовлені електрикою

3.29 пересічні особи (в електротехнічному сенсі)

Особи, які не належать ні до кваліфікованого, ні до інструктованого персоналу

3.30 уземлення

Навмисне електричне з'єднання із землею точки або декількох точок системи, установки, обладнання

3.31 захисне уземлення

Уземлення, яке застосовується з метою забезпечення електробезпеки

Примітка. Термін *уземлення*, який застосовується в цьому стандарті без уточнення його призначення, слід розуміти як *захисне уземлення*.

3.32 система захисного уземлення (в електроустановках низької напруги)

Упорядкована згідно з визначеними правилами сукупність захисних уземлень і захисних провідників, використання якої є обов'язковим, якщо як захисний захід від ураження електричним струмом застосовується *автоматичне вимикання живлення*

Примітка 1. Термін *система уземлення*, який застосовується в цьому стандарті, слід розуміти як *система захисного уземлення*.

Примітка 2. До захисних провідників належать всі провідники, які зазначені в примітці до 3.37.

Примітка 3. Під терміном *система* в цьому стандарті слід розуміти комплекс (сукупність) взаємопов'язаних елементів, які розглядаються в визначеному контексті як одне ціле, що відділене від зовнішніх оточуючих об'єктів.

3.33 тип системи захисного уземлення

Різновид системи захисного уземлення в електроустановках низької напруги, який характеризує певні специфічні її ознаки, а саме:

- наявність або відсутність безпосереднього уземлення точки мережі живлення;
- наявність приєднання відкритих провідних частин до уземленої точки мережі живлення або безпосереднього уземлення відкритих провідних частин;
- наявність або відсутність об'єднання одним провідником функцій провідника захисного уземлення і іншого провідника, наприклад нейтрального, якщо таке об'єднання може бути застосоване в системі уземлення даного типу

Примітка. Типи системи захисного уземлення розглянуті в розділі 4 і додатку Д.

3.34 функціональне уземлення

Уземлення, яке використовується для забезпечення нормальної роботи (функціонування) системи, установки або обладнання, але не з метою забезпечення електробезпеки або блискавкозахисту

3.35 Нормальний режим роботи (з точки зору забезпечення електробезпеки)

Режим роботи електроустановки, електричного кола, електрообладнання тощо, який характеризується відсутністю пошкоджень в системі захисту від ураження електричним струмом

3.36 Режим одиночного пошкодження

Режим роботи електроустановки, електричного кола, електрообладнання тощо, який характеризується наявністю одного пошкодження в системі захисту від ураження електричним струмом, наприклад порушенням основної ізоляції

Примітка. Якщо режим одиночного пошкодження є наслідком існування режиму іншого одиночного пошкодження, ці два одиночні пошкодження розглядаються як один режим одиночного пошкодження. Прикладом такого режиму є режим подвійного замикання в електроустановках з системою ІТ.

3.37 захисний провідник (РЕ-провідник)

Провідник, який використовується з метою забезпечення електробезпеки, наприклад, для здійснення захисного заходу від ураження електричним струмом

Примітка. В цьому стандарті розглядаються такі захисні провідники: провідники захисного уземлення (див. 3.38), провідники основної системи зрівнювання потенціалів (див. 3.89), провідники додаткової системи зрівнювання потенціалів (див. 3.90) і уземлювальні провідники (див. 3.79).

3.38 провідник захисного уземлення

Захисний провідник, який використовується для здійснення захисного уземлення (але не є уземлювальним провідником)

Примітка. У вітчизняній практиці в певних випадках замість терміну *провідник захисного уземлення* використовують термін *нульовий захисний провідник*, який не застосовується в міжнародній термінології і в даному стандарті.

3.39 середня точка

Спільна точка двох симетричних елементів електричного кола, наприклад джерела живлення, протилежні кінці яких електрично з'єднані з різнойменними лінійними провідниками цього кола

Примітка. Термін *середня точка* найчастіше застосовується при розгляді електричних схем в трипровідовій системі постійного струму.

3.40 нейтральна точка (нейтраль)

Спільна точка з'єднаних в зірку або зигзаг елементів в багатофазній електричній мережі або середня точка, яка уземлюється, в однофазній електричній мережі

3.41 нейтральний провідник (N-провідник)

Провідник, який електрично з'єднаний з нейтральною точкою і призначений для розподілення електроенергії

Примітка. У вітчизняній практиці замість терміну *нейтральний провідник* часто використовують термін *нульовий робочий провідник*, який не застосовується в міжнародній термінології і в даному стандарті.

3.42 середній провідник (М-провідник)

Провідник, який електрично з'єднаний з середньою точкою і призначений для розподілення електроенергії

Примітка. *Середній провідник* часто також називають *провідником середньої точки*.

3.43 лінійний провідник (L-провідник)

Провідник, який за нормальних умов експлуатації знаходиться під напругою і призначений для передавання або розподілення електроенергії, але не є нейтральним або середнім провідником

Примітка. *Лінійний провідник* в електроустановках змінного струму називають також *фазним провідником*, а в електроустановках постійного струму — *полюсним*.

3.44 PEN-провідник

Провідник, який виконує функції як провідника захисного уземлення, так і нейтрального провідника

3.45 PEM-провідник

Провідник, який виконує функції як провідника захисного уземлення, так і середнього провідника

3.46 PEL-провідник

Провідник, який виконує функції як провідника захисного уземлення, так і лінійного провідника

3.47 струмоведуча частина

Провідна частина або провідник, які передбачені для роботи під напругою в нормальних умовах експлуатації, включаючи нейтральний або середній провідник, але умовно не PEN, PEM або PEL-провідники

Примітка 1. Лінійні та нейтральні (або середні) провідники часто називають струмоведучими провідниками.

Примітка 2. В технічній літературі і нормативних документах це поняття позначається також терміном *струмовідна частина*.

3.48 небезпечна струмоведуча частина

Струмоведуча частина, яка за певних умов є небезпечною з точки зору ураження електричним струмом

3.49 відкрита провідна частина

Доступна дотику провідна частина, яка не є струмоведучою частиною, але може стати такою у разі пошкодження основної ізоляції

3.50 стороння провідна частина

Провідна частина, що не є частиною електроустановки, але може внести в будинок (споруду, приміщення) електричний потенціал (звичайно потенціал зони розтікання)

3.51 електричний контакт

Стан двох або більше провідних частин, які з'єднані одна з іншою випадково або навмисно і створюють єдину неперервну провідну частину

3.52 замикання на землю

Виникнення випадкового провідного шляху між струмоведучою частиною і землею

Примітка. Провідний шлях може проходити через пошкоджену ізоляцію, конструкції і обладнання (наприклад, опорну конструкцію, драбину тощо), провідні частини (відкриті, сторонні), рослинність (наприклад, дерево, кущі) і може мати достатньо великий електричний опір.

3.53 замикання на відкриту провідну частину

Виникнення випадкового електричного контакту (безпосереднього або через проміжні провідні частини, наприклад через провідник захисного уземлення) між струмоведучою частиною і відкритою провідною частиною

Примітка 1. У випадку виконання системи захисного уземлення замикання на відкриту провідну частину є одночасно і замиканням на землю.

Примітка 2. При розгляді питань забезпечення електробезпеки можуть бути взяті до уваги і інші види замикання, наприклад замикання на сторонню провідну частину або замикання між струмоведучими частинами різних кіл.

3.54 прямий дотик

Електричний контакт людей або тварин з струмоведучими частинами

3.55 непрямий дотик

Електричний контакт людей або тварин з відкритими провідними частинами, на яких через порушення ізоляції присутня напруга

3.56 основний захист

Захист від ураження електричним струмом за відсутності пошкоджень електрообладнання

3.57 захист від замикання

Захист від ураження електричним струмом, яке може бути спричинене виникненням замикання

3.58 надструм

Струм в електричному колі, величина якого перевищує значення номінального струму електрообладнання цього кола

Примітка. Для кабелів, проводів, шин поняття *номінальний струм* є еквівалентним поняттю *допустимий тривалий струм*.

3.59 струм витоку

Електричний струм, який протікає через непередбачені (небажані) для протікання шляхи за нормальних умов експлуатації

3.60 блукаючий струм

Струм витоку, який перетікає в землі або в заглиблених в землю металоконструкціях через їх контакт з землею

3.61 струм замикання

Електричний струм, який протікає через місце замикання на землю чи відкриту провідну частину

3.62 струм захисного провідника

Електричний струм, який протікає в захисному провіднику і являє собою струм витоку чи є наслідком пошкодження ізоляції

3.63 автоматичне вимикання

Розмикання (переривання безперервності) одного або більше лінійних провідників (якщо є потреба, то і нейтрального чи середнього провідника) електричного кола, що здійснюється автоматично захисним пристроєм у разі виникнення небезпечної аварійної ситуації

Примітка. В цьому стандарті розглядається автоматичне вимикання, яке застосовується з метою захисту від ураження електричним струмом у разі виникнення замикання на відкриту провідну частину. Таке вимикання, що виконується за зазначений в цьому стандарті час, є однією з основних складових частин захисного заходу від ураження електричним струмом, який має назву *автоматичне вимикання живлення*.

3.64 пристрій захисту від надструму

Пристрій, який призначений для розмикання (переривання безперервності) електричного кола в випадку, коли електричний струм в цьому колі в визначених умовах експлуатації перевищує заздалегідь установлену величину

Примітка. В електроустановках будинків і споруд як пристрої захисту від надструму застосовуються *автоматичні вимикачі* та *топки запобіжники*.

3.65 електричне коло (в електроустановках будинків і споруд)

Комплект електрообладнання електроустановки, яке захищається від надструму одним пристроєм (або набором пристроїв) захисту

Примітка 1. У більш широкому сенсі під терміном *електричне коло* розуміють сукупність пристроїв і (або) середовищ, через які може протікати електричний струм.

Примітка 2. Термін *коло*, який застосовується в цьому стандарті, слід розуміти як *електричне коло*.

3.66 розподільне коло

Електричне коло, яке призначене для безпосереднього живлення одного або декількох розподільних пристроїв (щитів, щитків, пунктів, збо-рок)

3.67 кінцеве коло

Електричне коло, яке призначене для безпосереднього живлення електроприймачів та штепсельних розеток

3.68 диференційний струм

Діюче значення векторної суми струмів, що протікають в усіх струмоведучих провідниках електричного кола в даний час і в даному місці цього кола

3.69 пристрій захисного вимикання (ПВЗ)

Автоматичний вимикаючий пристрій, який призначений для проведення і переривання протікання електричного струму в нормальних умовах експлуатації та автоматичного розмикання контактів, якщо за наявності установлених умов диференційний струм досягає заданої величини

Примітка. ПВЗ може бути сукупністю різних окремих пристроїв, які призначені для виявлення і оцінювання величини диференційного струму та переривання протікання струму.

3.70 незалежний від напруги пристрій захисного вимикання

Пристрій захисного вимикання, у якого функціонування всіх його елементів (виявлення і оцінювання величини диференційного струму, розмикання контактів) не залежить від величини напруги в електричному колі

Примітка. У залежного від напруги пристроя захисного вимикання функціонування всіх або деяких із зазначених елементів залежить від величини напруги в електричному колі.

3.71 номінальний вимикаючий диференційний струм ПЗВ

Зазначена виготовлювачем ПЗВ найменша величина диференційного струму, яка за наявності установлених умов повинна викликати розмикання контактів ПЗВ

3.72 номінальний невимикаючий диференційний струм ПЗВ

Зазначена виготовлювачем ПЗВ найбільша величина диференційного струму, яка за наявності установлених умов не повинна викликати розмикання контактів ПЗВ

3.73 напруга дотику

Напруга між провідними частинами у випадку одночасного дотику до них людини або тварини

Примітка. Величина напруги дотику може суттєво залежати від опору тіла людини або тварини, яка контактує з цими частинами

3.74 очікувана напруга дотику

Напруга між одночасно доступними частинами у разі відсутності дотику до цих частин людини або тварини

3.75 уземлювач

Провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, які знаходяться в електричному контакті з землею (можливо через проміжне провідне середовище, наприклад бетон або кокс) і застосовуються для здійснення уземлення

Примітка 1. Для позначення цієї провідної частини або (частіше) окремої частини, яка входить до складу зазначеної сукупності, застосовується також термін *уземлювальний електрод*.

Примітка 2. Термін *уземлювач*, який використовується в цьому стандарті без уточнення призначення, слід розуміти як *уземлювач*, що застосовується для здійснення захисного уземлення.

3.76 штучний уземлювач

Уземлювач, який застосовується тільки для забезпечення уземлення

3.77 природний уземлювач

Провідна частина, яка призначена для виконання певних функцій, але крім них виконує також функції уземлювача

3.78 функціональний уземлювач

Уземлювач, який використовується для виконання функціонального уземлення

3.79 уземлювальний провідник (загальне визначення)

Провідник, який забезпечує провідний шлях або частину цього шляху, між визначеною точкою електричної мережі (електроустановки, електрообладнання) і уземлювачем

Примітка 1. В електроустановках будинків і споруд під цією визначеною точкою, як правило, є головна уземлювальна шина.

Примітка 2. Термін *уземлювальний провідник*, який використовується в цьому стандарті без уточнення призначення, слід розуміти як *уземлювальний провідник*, що застосовується для здійснення захисного уземлення.

3.80 функціональний уземлювальний провідник

Уземлювальний провідник, який використовується для виконання функціонального уземлення

3.81 уземлювальний пристрій

Сукупність уземлювача (уземлювальних електродів), уземлювальних провідників, пристосувань і провідників для з'єднання, які використані для здійснення уземлення

Примітка. Термін *уземлювальний пристрій*, який використовується в цьому стандарті без уточнення призначення, слід розуміти як *уземлювальний пристрій*, що застосовується для здійснення захисного уземлення (*захисний уземлювальний пристрій*). В установках можуть бути також розташовані *функціональні уземлювальні пристрої*, *блисковкозахисні уземлювальні пристрої* та уземлювальні пристрої, які є спільними і об'єднують два чи три із зазначених вище уземлювальних пристроїв (*об'єднані уземлювальні пристрої*).

3.82 зона нульового потенціалу (еталонна земля)

Частина землі, що вважається провідною, знаходиться поза зоною впливу будь-яких уземлювачів і має електричний потенціал, який умовно вважається рівним нулю

Примітка. Поняття *земля* в цьому стандарті охоплює назву планети і всі фізичні речовини, з яких вона складається.

3.83 зона розтікання (локальна земля)

Частина землі, що має електричний контакт з уземлювачем та електричний потенціал, який не обов'язково дорівнює нулю

3.84 електрично незалежний уземлювач

Уземлювач, який розташований на такій відстані від інших уземлювачів, що електричні струми, які стікають з останніх у разі замикань на землю, вважаються такими, що не можуть помітно вплинути на величину електричного потенціалу цього уземлювача відносно зони нульового потенціалу

3.85 зрівнювання потенціалів

Запобіжний захід, який полягає в виконанні електричного зв'язку між провідними частинами для досягнення еквіпотенціальності (рівності електричних потенціалів) цих частин

Примітка. Термін *зрівнювання потенціалів*, який використовується в цьому стандарті, слід розуміти як *захисне зрівнювання потенціалів*, що виконується для захисту від ураження електричним струмом.

3.86 система зрівнювання потенціалів

Об'єднання провідних частин, яке призначене для зрівнювання потенціалів

3.87 основна система зрівнювання потенціалів

Система зрівнювання потенціалів в електроустановках будинків і споруд, яка виконується згідно з визначеними правилами та є обов'язковою для виконання, якщо як захід від ураження електричним струмом застосовується *автоматичне вимикання живлення*

Примітка. Правила здійснення цієї системи наведені в підрозділі 4.2 даного стандарту.

3.88 додаткова система зрівнювання потенціалів

Місцева система зрівнювання потенціалів, яка виконується додатково до основної системи зрівнювання потенціалів у випадках, коли у разі застосування як захисного заходу *автоматичного вимикання живлення* не забезпечуються вимоги до нормованого часу вимикання, або, якщо її

виконання є обов'язковим в певній електроустановці чи її частині згідно з вимогами відповідних нормативних документів

Примітка. Правила здійснення *цієї системи* у випадку, коли не забезпечується нормований час вимикання, наведені в підрозділі 4.2 даного стандарту.

3.89 провідник основної системи зрівнювання потенціалів

Захисний провідник, який призначений для здійснення основної системи зрівнювання потенціалів

3.90 провідник додаткової системи зрівнювання потенціалів

Захисний провідник, який призначений для здійснення додаткової системи зрівнювання потенціалів

3.91 головна уземлювальна шина

Шина або набір затискачів, які є частиною уземлювального пристрою електроустановки та надають можливість виконання електричного з'єднання декількох провідників з метою здійснення системи захисного уземлення і основної системи зрівнювання потенціалів

3.92 напруга на уземлювальному пристрої

Напруга між точкою вводу в уземлювальний пристрій струму, який стікає з цього пристрою в землю, і зоною нульового потенціалу

Примітка. В електроустановках будинків і споруд точкою вводу струму в уземлювальний пристрій звичайно є місце приєднання уземлювального провідника до головної уземлювальної шини.

3.93 напруга на уземлювачі

Напруга між точкою вводу в уземлювач струму, який стікає з цього уземлювача в землю, і зоною нульового потенціалу

Примітка. В електроустановках будинків і споруд точкою вводу струму в уземлювач звичайно є точка приєднання до нього уземлювального провідника.

3.94 опір уземлювального пристрою

Відношення величини напруги на уземлювальному пристрої до величини електричного струму, який стікає у разі наявності цієї напруги з уземлювача в землю

3.95 опір розтіканню уземлювача

Відношення величини напруги на уземлювачі до величини елек-

тричного струму, який стікає у разі наявності цієї напруги з уземлювача в землю

Примітка. У вітчизняній практиці замість цього терміну застосовують також словосполучення *опір уземлювача*.

3.96 питомий опір землі

Питомий опір зразка землі, який характеризує електрофізичні властивості землі в даному місці

Примітка. Значення цього питомого опору землі ($\text{Ом} \cdot \text{м}$) — величина, яка дорівнює опору землі (Ом), що має форму циліндра довжиною 1 м і площу перерізу 1 м^2 .

3.97 основна ізоляція

Ізоляція небезпечних струмоведучих частин, яка забезпечує виконання основного захисту

Примітка. Цей термін не застосовується для позначення ізоляції, яка використовується тільки для функціональних цілей (не для захисту від ураження електричним струмом).

3.98 додаткова ізоляція

Ізоляція, яка є незалежною від основної ізоляції і застосовується додатково до неї для забезпечення захисту від замикання

3.99 подвійна ізоляція

Ізоляція, яка складається із основної та додаткової ізоляцій

3.100 посилена ізоляція

Ізоляція небезпечних струмоведучих частин, що забезпечує рівень захисту від ураження електричним струмом, який є рівноцінним рівню подвійної ізоляції

Примітка. Посилена ізоляція може складатися із декількох шарів, які на відміну від основної і додаткової ізоляції не можуть бути випробувані поодиночі.

3.101 електрична оболонка

Оболонка, яка призначена для захисту від очікуваної загрози з боку електрики

Примітка. Під терміном *оболонка* тут слід розуміти корпус, кожух, чохол тощо, які дозволяють отримати прийнятний рівень того чи іншого захисту.

3.102 захисна оболонка (електрична)

Електрична оболонка, яка оточує зовнішні частини електрооблад-

нання для запобігання доступу до небезпечних струмоведучих частин з усіх боків

Примітка 1. Термін *оболонка*, який використовується в цьому стандарті без уточнення призначення, слід розуміти як *захисна оболонка*.

Примітка 2. Захисна оболонка може бути виконана з ізоляційного матеріалу (ізолююча оболонка) або з електропровідного матеріалу (електропровідна оболонка).

Примітка 3. Захисна оболонка часто додатково виконує функцію захисту від різного роду впливів, наприклад доступу пилу або води.

3.103 захисна огорожа

Частина, яка призначена для запобігання прямого дотику з боку звичайно можливих напрямків доступу до небезпечних струмоведучих частин

Примітка. Термін *огорожа*, який використовується в цьому стандарті без уточнення призначення, слід розуміти як *захисна огорожа*.

3.104 захисний бар'єр

Частина, яка призначена для запобігання ненавмисного прямого дотику, але не виключає прямого дотику через навмисні дії

Примітка. Термін *бар'єр*, який використовується в цьому стандарті без уточнення призначення, слід розуміти як *захисний бар'єр*.

3.105 екран (в системі безпеки)

Пристрій (у вигляді щита, кожуха тощо), який призначений для запобігання дії поля (електричного, магнітного, електромагнітного), тепла, світла, випромінювання або інших небезпечних дій на людей, тварин, обладнання, установки

3.106 захисний екран

Провідний екран, який використовується для відокремлення електричного кола і (або) окремих провідників чи іншого обладнання від небезпечних струмоведучих частин

3.107 захисне екранування

Відокремлення електричних кіл і (або) окремих провідників чи іншого обладнання від небезпечних струмоведучих частин за допомогою захисного екрану, який приєднується до основної системи зрівнювання потенціалів, з метою захисту від ураження електричним струмом

3.108 електричне відокремлення

Захисний захід, у разі застосування якого небезпечні струмоведучі частини ізолюються від елементів інших електричних кіл і частин, локальної землі та дотику до них

Примітка. Правила виконання зазначеного захисного заходу надані в цьому стандарті (див. 4.4 і додаток В).

3.109 захисне відокремлення

Відокремлення одного електричного кола від інших за допомогою подвійної чи посиленої ізоляції або основної ізоляції і захисного екранування

3.110 просте відокремлення

Відокремлення електричних кіл один від одного або електричного кола від локальної землі за допомогою основної ізоляції

3.111 розділовий трансформатор

Трансформатор, первинна обмотка якого відокремлена від вторинної обмотки (вторинних обмоток) за допомогою захисного відокремлення

3.112 безпечний розділовий трансформатор

Розділовий трансформатор, який призначений для живлення електричних кіл наднизької напруги

3.113 одночасно доступні частини

Провідники або провідні частини, дотик до яких людина або тварина може здійснити одночасно

Примітка. Такими частинами можуть бути:

- струмоведучі частини;
- відкриті провідні частини;
- сторонні провідні частини;
- захисні провідники;
- земля, провідні підлога, стіна, стеля.

3.114 зона досяжності

Зона доступності для дотику, що поширюється від будь-якої точки поверхні, де звичайно людина може стояти або перебувати в русі, до межі, якої може досягти людина шляхом простягання рук у будь-якому напрямку без використання сторонніх предметів (пристроїв, інструменту тощо)

Примітка. Нормовані розміри зони досяжності наведені в додатку Б цього стандарту.

3.115 система БННН

Система у разі застосування якої напруга в охоплених цією системою електричних колах не може перевищувати граничне значення наднизької напруги:

- в нормальному режимі роботи цих кіл, а також
- в режимах одиничного пошкодження, в тому числі замикання на землю в інших колах

Примітка 1. *БННН* — скорочений запис словосполучення *безпечна наднизька напруга*.

Примітка 2. Під *іншими колами* слід розуміти електричні кола, які не належать до кіл наднизької напруги.

Примітка 3. *Правила виконання системи БННН надані в підрозділі 4.5 цього стандарту.*

3.116 система ЗННН

Система у разі застосування якої напруга в охоплених цією системою електричних колах не може перевищувати граничне значення наднизької напруги:

- в нормальних режимі роботи цих кіл, а також
- в режимах одиничного пошкодження за винятком замикання на землю в інших колах

Примітка 1. *ЗННН* — скорочений запис словосполучення *захисна наднизька напруга*.

Примітка 2. Під *іншими колами* слід розуміти електричні кола, які не належать до кіл наднизької напруги.

Примітка 3. *Правила виконання системи ЗННН надані в підрозділі 4.5 цього стандарту.*

3.117 фундаментний уземлювач (уземлювальний електрод)

Провідна частина, яка укладена в землі біля нижньої поверхні фундаменту будинку або, переважно, розміщена в бетоні фундаменту і використовується для виконання уземлення

Примітка. Штучні фундаментні уземлювачі укладаються під час будівництва і згідно з даним визначенням поділяються на два види:

- укладені в землю фундаментні уземлювачі
- укладені в бетон фундаментні уземлювачі;

3.118 електромагнітна сумісність

Здатність обладнання або системи задовільно функціонувати в оточуючому електромагнітному середовищі без внесення будь-яких не-допустимих електромагнітних відхилень в це середовище

Примітка. Під електромагнітним середовищем тут слід розуміти сукупність електромагнітних явищ, які існують в даному об'єкті.

4 ЗАХИСНІ ЗАХОДИ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

4.1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Примітка. Вимоги цього розділу гармонізовані з положеннями [4].

4.1.1 Застосування захисних заходів від ураження електричним струмом в електроустановках будинків і споруд повинно забезпечити виконання основного правила в системі цих заходів і, таким чином, ефективно сприяти створенню прийняттого рівня ризику в електроустановках

Примітка 1. Згідно з основним правилом в системі захисних заходів від ураження електричним струмом (див. ДСТУ ІЕС 61140) *небезпечні струмоведучі частини електроустановок повинні бути недоступними, а доступні провідні частини повинні бути безпечними:*

- в нормальному режимі роботи;
- в режимах одиничного пошкодження (див. примітку 2 в 4.1.2).

Примітка 2. В технічній літературі замість словосполучення *основне правило* вживають також словосполучення *фундаментальне правило*.

4.1.2 Захисний захід від ураження електричним струмом, який призначений для забезпечення виконання основного правила (див. 4.1.1) повинен являти собою:

- комбінацію одного із запобіжних заходів основного захисту, які розглянуті в додатку А, та незалежних від нього запобіжних заходів захисту в режимах одиничного пошкодження (захисту від замикання);
- підсилений захисний захід, який поєднує в собі запобіжний захід основного захисту і запобіжний захід захисту в режимах одиничного пошкодження (захисту від замикання).

В окремих випадках дозволяється використовувати певні специфічні захисні заходи. Ці заходи і умови, за якими вони можуть бути застосовані, зазначені в 4.1.5 і 4.1.6.

Примітка 1. Застосування зазначених запобіжних заходів основного захисту забезпечує електробезпеку за відсутності пошкоджень в системі захисту, тобто в нормальному режимі роботи. В електроустановках будинків і споруд термін *основний захист* розглядають як захист від прямого дотику.

Примітка 2. В електроустановках будинків і споруд захист в режимах одиничного пошкодження фактично є захистом від непрямого дотику, який пов'язаний з порушенням ізоляції і, як наслідок, замиканням (зазвичай на відкриту провідну частину). Тому в цьому стандарті захист в режимах одиничного пошкодження ототожнюється з терміном *захист від замикання*, який і застосовується далі.

Примітка 3. Прикладом підсиленого захисного заходу є *посилена ізоляція* (див. 4.3).

4.1.2.1 Виконання основного захисту може бути досягнуте одним із таких способів:

- запобіганням протікання електричного струму через тіло людини або тварини шляхом недопущення прямого дотику;
- обмеженням величини струму, який може протікати через тіло людини або тварини, до безпечного значення у разі наявності прямого дотику.

4.1.2.2 Виконання захисту від замикання може бути досягнуте одним із таких способів:

- недопущенням протікання через тіло людини або тварини струму, що може бути зумовлений замиканням, зокрема за рахунок забезпечення умов для значного зниження імовірності його виникнення;
- обмеженням величини струму, який може протікати через тіло людини або тварини внаслідок замикання, до безпечного значення;
- обмеженням величини часу протікання струму через тіло людини або тварини внаслідок замикання до безпечного значення.

Захист від замикання може забезпечуватися також комбінацією зазначених способів.

4.1.3 Для виконання вимог, які зазначені в 4.1.1 і 4.1.2, в кожній частині електроустановки з урахуванням зовнішніх умов (дії оточуючого середовища, специфіки експлуатації тощо) повинен бути застосований принаймні один захисний захід.

У переважній більшості випадків застосовуються такі захисні заходи від ураження електричним струмом (див. також 4.1.5 та 4.1.6):

- автоматичне вимикання живлення (див. 4.2);
- подвійна або посилена ізоляція (див. 4.3);
- електричне відокремлення (див. 4.4);
- наднизька напруга, яка забезпечується системою БННН або ЗННН (див. 4.5).

Примітка 1. Найбільш поширеним захисним заходом є автоматичне вимикання живлення.

Примітка 2. Пошкодження в улаштуванні захисного заходу може бути небезпечним з точки зору ураження електричним струмом. Прикладом такого небезпечного

пошкодження є обрив PEN-провідника в системі уземлення TN-C або TN-C-S, який використовується для забезпечення *автоматичного вимикання живлення*.

Примітка 3. Вибір і монтаж електрообладнання слід проводити з урахуванням захисного заходу, який використовується в цій електроустановці.

Примітка 4. Застосування захисних заходів в спеціальних електроустановках (наприклад будмайданчиків, деяких медичних об'єктів, плавальних басейнів, виставок, транспорту, пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон тощо) повинно здійснюватись з урахуванням вимог, що наведені в нормативних документах, в яких ці електроустановки розглядаються (див. також 1.4).

У випадку спорудження спеціальної електроустановки, для якої вітчизняний нормативний документ не розроблений, для здійснення захисних заходів рекомендується керуватися вимогами відповідного стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (IEC).

4.1.4 Як складові частини захисного заходу можуть бути використані додаткові заходи захисту. Застосування такого додаткового заходу в деяких випадках може бути обов'язковим (див. 4.2.1.13) або вимушеним (див. 4.2.1.11).

Примітка 1. Найбільш розповсюдженими додатковими заходами захисту, застосування яких регламентується нормативними документами є заходи, що забезпечуються застосуванням ПЗВ з номінальним вимикаючим диференційним струмом не вище 30 мА, або (використовується рідше) додатковою системою зрівнювання потенціалів.

Застосування зазначених ПЗВ вважається корисним для забезпечення основного захисту або (і) захисту від замикання, чи необережних дій людини, але не вважається таким, що може самостійно забезпечити захист від ураження електричним струмом і включає необхідність використання одного із захисних заходів, які зазначені в 4.1.3.

Додаткова система зрівнювання потенціалів розглядається тільки як додатковий захід для забезпечення захисту від замикання.

Примітка 2. Застосування того чи іншого додаткового заходу захисту може бути обов'язковим також в спеціальних електроустановках згідно з вимогами нормативних документів, в яких ці електроустановки розглядаються.

4.1.5 В електроустановках або їх частинах, які є доступними тільки для кваліфікованого або інструктованого персоналу, замість зазначених в 4.1.3 заходів можуть бути застосовані такі захисні заходи як *бар'єри та розміщення поза зоною досяжності*. Вимоги до цих захисних заходів наведені в додатку Б.

Примітка. Прикладом зазначених частин електроустановок є частини, які розташовані в електроприміщеннях (наприклад електрощитових).

4.1.6 В електроустановці (або її частині), в якій її стан знаходиться під постійним наглядом кваліфікованого персоналу і недозволені цим персоналом зміни в електроустановці (її частині) неможливі, замість зазначених в 4.1.3 заходів можуть бути застосовані такі захисні заходи:

- непровідне розташування;
- неугрунтоване місцеве зрівнювання потенціалів;
- електричне відокремлення у разі живлення більше одного електроприймача.

Вимоги до цих захисних заходів наведені в додатку В.

Примітка. Прикладами зазначених електроустановок або їх частин є електроустановки (їх частини), які розташовані в електроприміщеннях промислових підприємств або в аналогічних приміщеннях об'єктів іншого призначення.

4.1.7 Якщо у разі застосування того чи іншого захисного заходу від ураження електричним струмом якісь вимоги, що наведені в цьому стандарті, не можуть бути виконані, дозволяється застосовувати допоміжні заходи, які дають можливість досягти того ж рівня електробезпеки, що мав би місце у разі виконання цих вимог.

Примітка. Прикладом застосування цього положення є система ФННН (див. 4.2.5).

За відсутності таких допоміжних заходів або їх недостатності захисний захід у разі наявності хоча б однієї нездійсненої вимоги до його виконання вважається таким, що не забезпечує захист від ураження електричним струмом.

4.1.8 Різні заходи, які застосовані для захисту від ураження електричним струмом в одній електроустановці або частині електроустановки, не повинні впливати один на інший таким чином, щоб пошкодження чи інше порушення улаштування одного заходу послаблювало б захисні властивості інших заходів.

4.1.9 Захист від замикання може не охоплювати такі види устаткування:

- металеві опорні конструкції відкритої електропроводки, які розташовані поза зоною досяжності;
- армовані залізобетонні опорні конструкції відкритої електропроводки, сталева арматура яких є недоступною;

– відкриті провідні частини, вірогідність контакту яких з тілом людини через невеликі розміри цих частин (приблизно до 50 мм × 50 мм) або специфіку їх розміщення дуже мала, а приєднання до них захисного провідника викликає труднощі або є ненадійним;

Примітка. Прикладами таких частин є болти, заклепки, скоби для кріплення кабелів, фірмові дощечки, обрізки труб для механічного захисту кабелів у місцях їх переходу крізь стіни і перекриття, коробки схованих електропроводок тощо.

– металеві труби або інші металеві оболонки, які захищають обладнання з подвійною або посиленою ізоляцією (див. 4.3).

4.1.10 Повинні бути застосовані заходи для забезпечення захисту людей і тварин від внесення в електроустановки користувачів електроенергії небезпечного потенціалу внаслідок замикання на землю на стороні високої напруги живлячої трансформаторної підстанції (див. розділ 5).

Крім того, слід брати до уваги небезпеку виникнення перенапруг (зокрема викликаних певними пошкодженнями), які можуть привести до пробоя або перекриття ізоляції в електроустановках користувачів електроенергії і, як наслідок, до ураження електричним струмом.

Примітка. Одним з прикладів пошкоджень, що можуть викликати перенапруги, є вищезазначені замикання на землю на стороні високої напруги живлячої трансформаторної підстанції (див. 5.5).

Крім того, до найбільш розповсюджених таких пошкоджень належать:

- обрив нейтрального провідника в трифазній системі TN або TT;
- замикання на землю в системі IT.

Зазначені останніми два види пошкоджень можуть спричинити напругу на ізоляції, величина якої наближається до $\sqrt{3} \cdot U_0$, де U_0 — номінальна напруга між лінійним виводом джерела живлення і зоною нульового потенціалу (в системі TN і TT) або між цим виводом і нейтральною точкою джерела живлення (в системі IT).

4.2 ЗАХИСНИЙ ЗАХІД — АВТОМАТИЧНЕ ВИМИКАННЯ ЖИВЛЕННЯ

4.2.1 Загальні вимоги

4.2.1.1 Автоматичне вимикання живлення як захисний захід від ураження електричним струмом повинен поєднувати в собі:

- основний захист, який забезпечується основною ізоляцією або огорожами чи оболонками (див. додаток А);
- захист від замикання, що забезпечується уземленням, захисним

зрівнюванням потенціалів та автоматичним вимиканням у разі замикання на відкриту провідну частину, які виконуються в відповідності з вимогами цього підрозділу.

Примітка. Якщо застосовується цей захисний захід від ураження електричним струмом, звичайно використовується обладнання класу I за ДСТУ ІЕС 61140, але може також використовуватись електрообладнання з подвійною або посиленою ізоляцією (обладнання класу II за ДСТУ ІЕС 61140).

4.2.1.2 Автоматичне вимикання слід забезпечувати дією пристрою захисту від надструму (автоматичним вимикачем, топким запобіжником) або за допомогою ПЗВ. У певних випадках (зазначені в 4.2.1.13) необхідно використовувати додатковий захід захисту, який забезпечується застосуванням ПЗВ з номінальним вимикаючим диференційним струмом, що не перевищує 30 мА.

Правила, які повинні виконуватися у разі застосування ПЗВ, наведені в додатку Г.

4.2.1.3 У разі застосування як захисного заходу від ураження електричним струмом *автоматичне вимикання живлення* всі відкриті провідні частини (за винятком зазначених у 4.1.9) електроустановок будинку (споруди) за допомогою провідників захисного уземлення повинні бути приєднані до системи захисного уземлення з урахуванням специфічних особливостей, які властиві використаному типу цієї системи. Стандартизовані характеристики систем захисного уземлення різних типів (TN, TT та IT), застосування яких розповсюджене в світовій практиці, наведені в додатку Д.

Одночасно доступні відкриті провідні частини індивідуально, групами або всі разом повинні бути приєднані до однієї системи уземлення.

Кожне електричне коло повинне мати в своєму складі провідник захисного уземлення, який приєднують до призначеного для виконання уземлення затискача.

Вимоги до провідників захисного уземлення і елементів уземлювальних пристроїв (матеріалу, геометричних розмірів, монтажу) наведені в розділі 6.

Примітка. Кожен з стандартизованих типів систем захисного уземлення (TN, TT та IT) сприяє забезпеченню достатньо високого рівня ефективності захисту. Вирішальними факторами при виборі того чи іншого типу системи захисного уземлення для

використання в певній електроустановці або її частині за відсутності конкретних вимог нормативних документів є існуючі традиції та досвід експлуатації, умови експлуатації, вимоги до надійності електропостачання, вимоги до електромагнітної сумісності, характерні специфічні особливості об'єкту (наприклад наявність пожежонебезпечних або вибухонебезпечних зон) та вартість виконання робіт.

4.2.1.4 У разі відсутності вимог до застосування в даній електроустановці того чи іншого типу системи захисного уземлення з боку нормативних документів, її власника, користувачів електроенергії або експлуатуючої організації і, якщо ця електроустановка не належить до розглянутих в 4.2.1.5 та 4.2.1.6, рекомендується застосовувати традиційну для вітчизняної практики систему TN.

Примітка. Система TN поділяється на модифікації, які мають літерні позначення TN-C, TN-C-S, TN-S (див. додаток Д). На практиці словосполучення *модифікація системи* не застосовується, а використовуються тільки слово *система* (наприклад *система TN-C-S*).

Перевагу слід віддавати застосуванню систем TN-S і TN-C-S. При цьому у будинках і спорудах з вбудованими або прибудованими живлячими трансформаторними підстанціями слід, як правило, застосовувати тільки систему TN-S.

У разі застосування системи TN-C-S поділ PEN-провідника на провідник захисного уземлення і нейтральний провідник повинен, як правило, виконуватися на вводі лінії живлення в будинок.

Система TN-C не може застосовуватись в електричних колах, в яких використовуються ПЗВ. Слід також уникати застосування системи TN-C в електроустановках будинків з чутливим до електромагнітних завад обладнанням.

Примітка. Нормативними документами, які стосуються спеціальних електроустановок можуть бути також надані додаткові обмеження щодо використання в цих електроустановках системи TN-C.

4.2.1.5 Систему TT рекомендується застосовувати, якщо в процесі експлуатації очікується непідконтрольні кваліфікованому персоналу реконструкції або розширення електроустановки, наприклад шляхом підключення до неї додаткових частин без належної перевірки виконання вимог даного стандарту до часу автоматичного вимикання (електроустановки дачних будівель, базарів тощо).

Крім того, систему ТТ рекомендується застосовувати, якщо значні струми замикання (такі, як у разі використання системи TN) є джерелом підвищеної загрози життю, здоров'ю та майну людей, тваринам чи довкіллю, наприклад, коли вони можуть бути причиною виникнення пожежі або вибуху (нафтохімічні підприємства, приміщення для фарбування виробів тощо).

4.2.1.6 Систему IT рекомендується застосовувати в електроустановках з підвищеними вимогами до безперервності живлення електроприймачів (безвідмовності електропостачання), якщо є можливість швидкого усунення першого замикання (див. також 4.2.4.4).

У разі застосування електроустановки з системою IT, яка з'єднана з мережею високої напруги через трансформаторну підстанцію, в нейтральній точці кожного трансформатора цієї підстанції або в його лінійному виводі (коли нейтральна точка відсутня або недоступна) на стороні низької напруги повинен бути установлений пробивний запобіжник.

4.2.1.7 Вимоги до опорів провідників захисного уземлення і уземлювальних пристроїв залежать від типу системи захисного уземлення і повинні відповідати положенням, які наведені в підрозділах 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 та розділах 5 і 6.

4.2.1.8 Захисне і функціональне уземлення в будинку (споруді), а також уземлення системи блискавкозахисту цього будинку (споруди), як правило, слід здійснювати за допомогою одного спільного уземлювача.

Примітка 1. Згідно з вимогою міжнародного стандарту (див. [5], розділ 444) всі зазначені уземлення повинні мати один загальний уземлювач. При цьому за наявності чутливого до електромагнітних завад обладнання для зменшення впливу таких завад слід також виконувати специфічні вимоги, що наведені в зазначеному розділі стандарту.

До введення в українську нормативну базу відповідних положень рекомендується керуватись в практичній діяльності зазначеними вимогами [5]. Однак до введення в дію цих положень допускається за обґрунтованою вимогою виробника чутливого до електромагнітних завад обладнання застосовувати відокремлений функціональний уземлювач. Виконуючи цю вимогу виробника, слід брати до уваги його додаткові вимоги щодо характеристик цього уземлювача (максимального значення опору розтіканню, мінімальної величини відстані від інших уземлювачів тощо).

Застосування відокремленого функціонального уземлювача за будь-яких умов не повинно викликати зниження ефективності захисту від ураження електричним струмом, наприклад через невиконання хоча б однієї вимоги цього ДСТУ.

Примітка 2. В деяких специфічних випадках, наприклад для вибухонебезпечних об'єктів, згідно з відповідними нормативними документами може бути необхідним застосування відокремленого уземлювача системи блискавозахисту.

4.2.1.9 В електроустановці кожного будинку (споруди) повинно бути виконане захисне зрівнювання потенціалів, яке слід реалізувати шляхом з'єднання головної уземлювальної шини з такими провідними частинами цього будинку (споруди):

- провідниками захисного уземлення (в тому числі PEN, PEM, PEL-провідниками), провідниками систем захисного зрівнювання потенціалів і уземлювальними провідниками;
- введеними в будинок (споруду) зовні металевими трубами водопостачання, каналізації, опалення, газопостачання (у разі наявності ізолюючої вставки після місця вводу труби в будинок з'єднання здійснюється за вставкою з боку внутрішньої частини будинку);
- доступними в звичайних умовах до дотику сторонніми провідними частинами будівельного і виробничого призначення, а також металевими частинами магістральних систем опалення і кондиціонування повітря;
- сталевою арматурою залізобетонних конструкцій будинку, якщо це можливо.
- металевими покриттями (бронєю, захисними оболонками, екранами) всіх кабелів (телекомунікаційних — за наявності дозволу з боку їх власника або (і) обслуговуючої організації).

Провідні частини, які входять у будинок (споруду) зовні, повинні бути з'єднані з провідниками, що використовуються для реалізації захисного зрівнювання потенціалів, якомога ближче до точки вводу цих частин в будинок (споруду).

Примітка 1. Зазначене захисне зрівнювання потенціалів, називають основною системою зрівнювання потенціалів.

Примітка 2. З точки зору зменшення впливу на чутливе до електромагнітних завад обладнання, ввід в будинок всіх металевих труб (водяних, газових, опалення тощо) і кабелів (силових, телефонних, антенних тощо) найкраще здійснювати в одному місці поблизу головної уземлювальної шини.

Примітка 3. Приєднання зазначених в 4.2.1.9 провідників до головної уземлювальної шини не повинно бути обов'язково безпосереднім (прямим). Наприклад приєднання провідників захисного уземлення кінцевих кіл, як правило, здійснюється через провідники захисного уземлення розподільних кіл. Не є обов'язковим також і

пряме (без використання інших провідників основної системи зрівнювання потенціалів) приєднання до головної уземлювальної шини кожної із зазначених в 4.2.1.9 сторонніх провідних частин.

Примітка 4. Приклади виконання захисного зрівнювання потенціалів наведені в додатку Е.

4.2.1.10 Якщо в електроустановці з системою TN або TT номінальна напруга лінійного виводу джерела живлення відносно землі перевищує 50 В (система змінного струму) або 120 В (система постійного струму), захисний пристрій кожного електричного кола цієї електроустановки у разі виникнення металевого замикання в цьому колі між лінійним провідником і відкритою провідною частиною, повинен здійснити автоматичне вимикання протягом визначеного часу, який залежить від типу системи уземлення, величини номінальної напруги джерела живлення, розрахункової величини робочого струму електричного кола і наведений в 4.2.2.3 і 4.2.3.3 (див. також 4.2.1.11).

В електроустановках з системою IT автоматичне вимикання у разі виникнення першого замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину звичайно не є обов'язковим (див. 4.2.4.1). Вимоги до часу автоматичного вимикання в таких електроустановках після виникнення другого замикання (подвійне замикання) зазначені в 4.2.4.5.

Примітка. Нормативні документи, які стосуються спеціальних електроустановок, можуть вимагати виконання в цих електроустановках або їх частинах більш низькі величини допустимого часу автоматичного вимкнення. В електроустановках об'єктів електроенергетики, які пов'язані з генерацією, розподіленням і трансформацією електроенергії, нормативними документами, зокрема [1], можуть бути допущені більш високі величини часу автоматичного вимкнення.

4.2.1.11 Якщо в електроустановці або в окремій її частині не може бути забезпечений допустимий час автоматичного вимикання, який зазначений в 4.2.2.3, 4.2.3.3 і 4.2.4.5, в цій електроустановці або її частині повинне бути виконане додаткове захисне зрівнювання потенціалів.

Зазначене додаткове зрівнювання потенціалів повинне об'єднувати (шляхом електричного з'єднання) всі відкриті провідні частини стаціонарного електрообладнання і сторонні провідні частини (в тому числі, якщо

це можливо, сталеву арматуру залізобетону будівельних конструкцій), одночасний дотик до яких спричиняє підвищений рівень ризику через невиконання вимог до часу автоматичного вимикання.

Нормативні документи, які стосуються певних електроустановок, можуть вимагати виконання за будь-яких обставин додаткового захисного зрівнювання потенціалів в цих електроустановках або їх частинах, або в визначених приміщеннях. Приклад виконання додаткового захисного зрівнювання потенціалів, яке є обов'язковим для здійснення в ванних і душових приміщеннях, наведений на рисунку Е.1 додатка Е.

Примітка 1. Додаткове захисне зрівнювання потенціалів також називають *додатковою системою зрівнювання потенціалів* або *додатковим місцевим зрівнюванням потенціалів*.

Примітка 2. Застосування додаткового захисного зрівнювання потенціалів не виключає необхідності автоматичного вимикання за інших (не пов'язаних з небезпекою ураження електричним струмом) причин, наприклад, для захисту від перевантажень, виникнення пожежі тощо.

Примітка 3. В спеціальних електроустановках може бути необхідним виконати специфічні вимоги до здійснення цього зрівнювання, які наведені в відповідних нормативних документах.

Примітка 4. Для здійснення додаткового захисного зрівнювання потенціалів в багатьох випадках зручно застосовувати окрему шину або набір затискачів, які призначені для приєднання до них провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів.

Провідники додаткової системи зрівнювання потенціалів повинні бути з'єднані з провідниками захисного уземлення всієї електроустановки, в тому числі з тими, що підключені до штепсельних розеток (див. також 4.2.1.9).

4.2.1.12 Ефективність додаткового захисного зрівнювання потенціалів вважається підтвердженою, якщо величина активного опору R (Ом) провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів між кожною з пар одночасно доступних частин (відкритих і сторонніх), які охоплені цим зрівнюванням потенціалів, відповідає такій умові:

а) в електроустановках змінного струму:

$$R \leq 50 / I_a; \quad (1)$$

б) в електроустановках постійного струму:

$$R \leq 120 / I_a, \quad (2)$$

де I_a — струм, який є або номінальним вимикаючим диференційним стру-

мом ПЗВ, якщо цей пристрій застосовується як захисний в даному колі, або таким струмом, що згідно з часострумовою характеристикою автоматичного вимикача (або топкого запобіжника), який застосовується в цьому колі як захисний, забезпечує автоматичне вимикання протягом часу 5 с.

4.2.1.13 Додатковий захід захисту, який здійснюється шляхом використання ПЗВ з номінальним вимикаючим диференційним струмом $I_{\Delta n}$, що не перевищує 30 мА (див. 4.1.4 та 4.2.1.2), повинен бути застосований в таких колах мереж змінного струму:

а) штепсельних розеток з номінальним струмом до 20 А, які використовуються пересічними особами і призначені для загального використання;

б) пересувного або переносного електрообладнання з номінальним струмом до 32 А, яке застосовується просто неба.

Примітка 1. У зазначених колах в мережах з номінальною фазною напругою джерела живлення 230 В і вище в більшості випадків оптимальним з точки зору досягнення компромісу між рівнем захисту та забезпеченням відсутності небажаних (хибних) вимикань є використання ПЗВ з $I_{\Delta n} = 30$ мА.

Виняток щодо виконання наведеного правила може бути зроблений для електричних кіл, що зазначені в а), за таких умов:

– коло має одну розетку, яка установлена спеціально для живлення окремого електроприймача;

– коло знаходиться під наглядом кваліфікованого персоналу, наприклад в приміщенні промислового або комерційного підприємства.

Примітка 2. ПЗВ з $I_{\Delta n} \leq 30$ мА, в тому числі і в поєднанні з штепсельними розетками та вилками (ПЗВ-розетки, ПЗВ-вилки), рекомендується також застосовувати для підсилення рівня захисту від ураження електричним струмом в колах штепсельних розеток існуючих двопроводових мереж будинків і споруд.

Примітка 3. У колах штепсельних розеток з великим очікуваним струмом витоку через значну кількість одночасно працюючих електроприймачів, наприклад комп'ютерів, для можливості застосування ПЗВ з $I_{\Delta n} \leq 30$ мА може бути потрібним зменшення числа штепсельних розеток в колі за рахунок збільшення кількості цих кіл.

Примітка 4. У нормативних документах, які стосуються спеціальних електроустановок, можуть бути наведені інші вимоги до додаткового заходу захисту, що здійснюється шляхом застосування ПЗВ.

4.2.1.14 Застосування та належний стан заходів щодо захисту від ураження електричним струмом і обмеження величини напруги на ізоля-

ції електрообладнання в електроустановках користувачів електроенергії через порушену цілісність і недостатню ефективність системи уземлення в мережі живлення (наприклад в мережі електропостачальної організації), належить до сфери відповідальності власника цієї мережі або організації, яка відповідає за її стан за дорученням власника.

Примітка. Прикладами таких заходів є:

- виконання повторних уземлень PEN-провідників (див. примітку 1 в 4.2.2.1) в електроустановках з системою TN-C або TN-C-S для зменшення рівня небезпеки в випадках обриву цих провідників;
- проведення в процесі експлуатації ретельних періодичних перевірок (шляхом огляду і випробувань) для вчасного виявлення недоліків і пошкоджень цілісності системи уземлення;
- обмеження величини опору уземлювального пристрою джерела живлення з метою мінімізації рівня небезпеки в електроустановках користувачів електроенергії з системою TN у разі замикання на землю на лінії низької напруги, яка живить ці електроустановки;
- виконання вимог, що наведені в розділі 5, для мінімізації рівня небезпеки ураження електричним струмом в електроустановках користувачів електроенергії, а також обмеження підвищення напруги на ізоляції електрообладнання цих електроустановок до допустимого рівня в випадку замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції.

4.2.2 Електроустановки з системою TN

4.2.2.1 В електроустановках з системою TN нейтральна або середня точка джерела живлення повинна бути уземленою (див. також додаток Д). Якщо нейтральна або середня точка відсутня або недосяжна, в мережі живлення повинна бути уземленою одна точка лінійного провідника.

Всі відкриті провідні частини електроустановки повинні бути за допомогою провідників захисного уземлення приєднані до головної уземлювальної шини цієї електроустановки, яку слід з'єднати з точкою джерела живлення або лінійного провідника, яка уземлюється.

Функції провідника захисного уземлення і нейтрального або середнього, або лінійного провідника в електроустановці з стаціонарним електрообладнанням може здійснювати один провідник (відповідно PEN, PEM або PEL-провідник в системі TN-C), якщо виконані зазначені в 6.3 вимоги.

Примітка 1. Якщо існують інші точки надійного з'єднання з землею, рекомендується у разі можливості виконувати приєднання провідників захисного уземлення

(а також PEN, PEM та PEL-провідників) до цих точок. Такі додаткові уземлення цих провідників називають *повторними уземленнями*. Виконання повторного уземлення PEN-провідників на вводі лінії живлення в електроустановку будинку в деяких випадках є обов'язковим (див. 4.2.2.5).

Примітка 2. Повторне уземлення на вводі живлення в електроустановку будинку в багатьох випадках фактично забезпечує основна система зрівнювання потенціалів, до якої приєднанні сторонні провідні частини, що мають контакт з землею і входять до будинку зовні. Прикладом таких частин є прокладені в землі металеві труби водопостачання, опалення, каналізації, газопостачання (див. також 6.1.2.4).

4.2.2.2 Характеристики захисних пристроїв (див. 4.2.2.4) і повних опорів кіл замикання в електроустановках змінного і постійного струму повинні забезпечувати виконання такої умови:

$$Z_S \times I_a \leq U_0, \quad (3)$$

де Z_S — повний опір кола замикання, яке включає в себе джерело живлення, лінійні провідники між точкою замикання і джерелом живлення та провідники захисного уземлення між точкою замикання і джерелом живлення, Ом; I_a — струм, який згідно з часострумовою характеристикою захисного пристрою забезпечує автоматичне вимикання на протязі часу, що не перевищує зазначений в 4.2.2.3 (див. також примітку в 4.2.1.10), А; U_0 — номінальна напруга між лінійним виводом джерела живлення змінного або постійного струму і зоною нульового потенціалу, В.

Примітка 1. Якщо як захисний пристрій використовується ПЗВ, I_a є значенням диференційного струму, яке забезпечує вимикання ПЗВ за час, що не перевищує зазначений в 4.2.2.3.

Час автоматичного вимикання, що зазначений в таблиці 1, може відповідати величині диференційного струму (струму замикання), яка суттєво перевищує номінальний вимикаючий диференційний струм застосованого ПЗВ.

Для врахування впливу нагрівання провідників струмами навантаження і замикання на значення Z_S як розрахункові величини активних опорів лінійних провідників і провідників захисного уземлення слід приймати їх значення в кінці процесу замикання на відкриту провідну частину в розрахунковій точці замикання. Для цього може бути використана методика, яка наведена в додатку Ж.

Провідники захисного уземлення, які є частиною кола замикання, повинні також відповідати вимогам підрозділу 6.2. Виконання зазначених

в підрозділі 6.2 вимог (зокрема в 6.2.1 та 6.2.9) досягається тим, що провідники захисного уземлення, як правило, є жилами кабелів або проводів живлення.

Примітка 2. Використання для забезпечення автоматичного вимикання живлення сталевих провідників захисного уземлення не рекомендується через великі значення їх повних опорів. Якщо все ж таки застосовується сталевий провідник захисного уземлення, у разі перевірки виконання умови (3) слід також враховувати залежність активного та індуктивного опорів такого провідника (прямокутної штаби, круглої сталі, труби, профілю тощо) від розрахункової величини густини струму, яка може мати місце в цьому провіднику у випадку замикання.

Примітка 3. У разі живлення електроустановок з системою TN від трифазної мережі високої напруги через трансформаторну підстанцію (найбільш розповсюджений на практиці випадок) найкращім рішенням з точки зору забезпечення виконання умови (3) є використання на живлячій підстанції трансформаторів із схемою з'єднань обмоток *трикутник–зірка* або *зірка–зигзаг*.

4.2.2.3 Максимальний час автоматичного вимикання у разі замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину в кінцевому колі з розрахунковою величиною робочого струму, що не перевищує 32 А, при зневажливо малому опорі в місці замикання повинен бути не більшим зазначеного в таблиці 1.

Таблиця 1 — Максимальний час автоматичного вимикання в кінцевих колах з розрахунковою величиною робочого струму до 32 А електроустановок з системою TN

Значення U_0 , В	Максимальний час автоматичного вимикання в електроустановках	
	змінного струму, с	постійного струму, с
$50 < U_0 \leq 120$	0,8	—
$120 < U_0 \leq 230$	0,4	5
$230 < U_0 \leq 400$	0,2	0,4
$U_0 > 400$	0,1	0,1

Примітка 1. Автоматичне вимикання може бути необхідним також за інших причин, які не мають відношення до захисту від ураження електричним струмом.

Примітка 2. Час автоматичного вимикання в електроустановках змінного і постійного струму відповідно з $U_0 \leq 50$ В і $U_0 \leq 120$ В в цьому стандарті не обмежується, але може бути нормованим у документах, які стосуються спеціальних електроустановок.

В усіх розподільних колах, а також кінцевих колах з розрахунковою величиною робочого струму понад 32 А незалежно від величини U_0 час автоматичного вимикання може бути більшим ніж зазначений в таблиці 1, але не більшим 5 с.

4.2.2.4 Як пристрої для забезпечення захисту від замикання (захисні пристрої) в електроустановках з системою TN можуть бути використані :

- пристрої захисту від надструму (автоматичні вимикачі, топкі запобіжники);
- пристрої захисного вимикання (ПЗВ).

Примітка. У разі застосування ПЗВ повинен бути також застосований пристрій захисту від надструму (див. Г.8 в додатку Г).

4.2.2.5 В місцях трифазного або однофазного вводу повітряних ліній електропередачі (ПЛ) з PEN-провідником в електроустановки будинків повинно бути виконане повторне уземлення цього провідника.

Опір уземлювального пристрою зазначеного повторного уземлення при $U_0=230$ В в будь-яку пору року повинен бути не більшим 30 Ом. В електроустановках з іншим значенням U_0 величина цього опору не повинна перевищувати $30 \times 230 / U_0$ В.

Як уземлювачі повторного уземлення в місці вводу ПЛ в будинок можуть бути використані дозволені до застосування природні уземлювачі (див. 6.1.2.3). При цьому допускається також використання труб водопостачання, опалення, каналізації тощо, які введені в будинок зовні (див. примітки 2 в 4.2.2.1 і 6.1.2.4).

Обов'язковість здійснення повторного уземлення на вводі ПЛ в будинок не розповсюджується на ПЛ з самоутримними ізольованими проводами або (і) кабелями, які прокладені на всій довжині ПЛ.

Примітка. Живлення електроустановок будинків за допомогою ПЛ характерне для сільської місцевості і дачних споруд. Вірогідність обриву PEN-провідника на таких ПЛ достатньо велика, що і обґрунтовує необхідність виконання зазначених повторних уземлень.

Повинні бути також виконані повторні уземлення PEN-провідників в інших точках ПЛ, які зазначені в [1], і забезпечене виконання наведених в [1] вимог до величин опору уземлювальних пристроїв цих уземлень та їх сумарної величини на ПЛ.

4.2.3 Електроустановки з системою ТТ

4.2.3.1 В системі ТТ (див. також додаток Д) всі відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії, які розташовані в зоні захисту одного захисного пристрою, повинні бути приєднані провідниками захисного уземлення до спільного для цих провідних частин уземлювального пристрою. Якщо декілька захисних пристроїв установлені послідовно, ця вимога поширюється окремо на всі відкриті провідні частини, які розташовані в зоні захисту кожного пристрою.

Нейтральна, або середня точка джерела живлення повинна бути приєднана до іншого уземлювального пристрою, уземлювач якого є електрично незалежним від уземлювачів відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії. Якщо нейтральна або середня точка відсутня або недоступна, таким же чином повинна бути уземлена одна точка лінійного провідника в мережі живлення.

4.2.3.2 Як правило, в електроустановках системи ТТ для здійснення автоматичного вимикання слід застосовувати ПЗВ. Як альтернатива можуть бути застосовані пристрої захисту від надструму, якщо при цьому в будь-яку пору року забезпечується прийнятне значення повного опору кола замикання Z_S (див. 4.2.3.5).

Примітка 1. У разі застосування ПЗВ повинен бути також застосований пристрій захисту від надструму (див. Г.8 в додатку Г).

Примітка 2. Застосування для забезпечення захисту від замикання пристроїв вимикання, що реагують на зниження напруги, в цьому стандарті не розглядається.

4.2.3.3 Максимальний час автоматичного вимикання у разі замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину в кінцевому колі з розрахунковою величиною робочого струму, що не перевищує 32 А, при зневажливо малому опорі в місці замикання повинен бути не більшим зазначеного в таблиці 2.

Таблиця 2 — Максимальний час автоматичного вимикання в кінцевих колах з розрахунковою величиною робочого струму до 32 А електроустановок з системою ТТ

Значення U_0 , В	Максимальний час автоматичного вимикання в електроустановках	
	змінного струму, с	постійного струму, с
$50 < U_0 \leq 120$	0,3	—
$120 < U_0 \leq 230$	0,2	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,07	0,2
$U_0 > 400$	0,04	0,1

Примітка 1. Якщо в електроустановці будинку (споруди) із системою ТТ для захисту від замикання застосовується пристрій захисту від надструму і всі сторонні провідні частини приєднані до основної системи зрівнювання потенціалів всередині електроустановки, максимальний час автоматичного вимикання в кінцевих колах з розрахунковою величиною робочого струму до 32 А може бути прийнятим таким як в електроустановках з системою TN (див. таблицю 1).

Примітка 2. Автоматичне вимикання може бути необхідним також за інших причин, які не мають відношення до захисту від ураження електричним струмом.

Примітка 3. Час автоматичного вимикання в електроустановках змінного і постійного струму відповідно з $U_0 \leq 50$ В і $U_0 \leq 120$ В не обмежується, але може бути нормованим у документах, які стосуються спеціальних електроустановок.

В усіх розподільних колах, а також кінцевих колах з розрахунковою величиною робочого струму понад 32 А незалежно від величини U_0 час автоматичного вимикання може бути більшим ніж зазначений у таблиці 2, але не більшим 1 с.

4.2.3.4 Якщо для забезпечення автоматичного вимикання застосовується ПЗВ, крім вимоги до максимального часу вимикання, що зазначений в 4.2.3.3, повинна бути виконана така умова:

$$R_A \times I_{\Delta n} \leq 50, \quad (4)$$

де R_A — сума величин опору уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії і опорів провідників захисного уземлення, які з'єднують відкриту провідну частину із уземлювальним пристроєм, Ом; $I_{\Delta n}$ — номінальний вимикаючий диференційний струм ПЗВ, А.

Примітка 1. В спеціальних електроустановках із зниженим значенням допустимої напруги дотику величина 50 в правій частині умови (4) може бути зменшена згідно з вимогами нормативних документів, в яких ці електроустановки розглядаються.

Примітка 2. Виконання наведеної умови забезпечує захист у разі замикання також у випадку, коли в місці замикання є перехідний опір, величиною якого не можна знехтувати.

Примітка 3. Якщо величина R_A невідома, а значення Z_S (див. 4.2.3.5) установлене, наприклад шляхом вимірювання, це значення Z_S може бути використане у разі перевірки виконання умови (4) замість величини R_A .

Примітка 4. Час автоматичного вимикання, що зазначений в таблиці 2, може відповідати величині диференційного струму (струму замикання), яка суттєво перевищує номінальний вимикаючий диференційний струм застосованого ПЗВ.

4.2.3.5 Якщо для забезпечення автоматичного вимикання застосовується пристрій захисту від надструму, повинна бути виконана така умова:

$$Z_S \times I_a \leq U_0, \quad (5)$$

де Z_S — величина повного опору кола замикання, яке включає в себе джерело живлення, лінійні провідники, які з'єднують джерело живлення і точку замикання, провідники захисного уземлення, які з'єднують точку замикання із уземлювальним пристроєм відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії, уземлювальний пристрій зазначених відкритих провідних частин і уземлювальний пристрій нейтральної чи середньої точки джерела живлення (або уземленої точки лінійного провідника), Ом; I_a — струм, який згідно з часо-струмовою характеристикою захисного пристрою забезпечує автоматичне вимикання за час, що зазначений в 4.2.3.3, А.

4.2.4 Електроустановки з системою IT

4.2.4.1 В системі IT (див. також додаток Д) струмоведучі частини повинні бути ізольовані від землі або з'єднані з землею через достатньо великий повний опір. Для з'єднання з землею через цей опір може бути використана нейтральна чи середня точка джерела живлення, або штучна нейтральна точка, чи лінійний провідник (останній у разі відсутності або недоступності нейтральної чи середньої точки). Штучна нейтральна точка може бути безпосередньо уземлена, якщо при цьому результуючий опір нульової послідовності у разі замикання на землю має велике значення.

Примітка. Уземлення через достатньо великий опір (в залежності від характеристик електроустановок звичайно дорівнює від 1000 до 2000 Ом) здійснюється для зниження в мережі рівня перенапруг або (і) ослаблення коливань напруги відносно зони нульового потенціалу.

У випадку виникнення першого замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину струм замикання малий і автоматичне вимикання не є обов'язковим, якщо виконується умова, яка наведена в 4.2.4.2. Однак у разі виникнення в електроустановці ще одного (другого) замикання на відкриту провідну частину струмоведучого провідника, що має інший потенціал, повинно бути здійснене автоматичне вимикання. Вимоги до виконання автоматичного вимикання у разі такого подвійного замикання наведені в 4.2.4.5.

4.2.4.2 Відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії повинні бути уземленими індивідуально, групами або всі разом.

При цьому повинна бути виконана така умова:

а) в електроустановках змінного струму:

$$R_A \times I_d \leq 50; \quad (6)$$

б) в електроустановках постійного струму:

$$R_A \times I_d \leq 120; \quad (7)$$

де R_A — сума величин опору уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії і опору провідників захисного уземлення, які з'єднують відкриту провідникову частину із уземлювальним пристроєм, Ом; I_d — розрахунковий струм першого замикання між лінійним провідником і відкритою провідною частиною (з урахуванням перспективи розвитку мережі, якщо обґрунтований прогноз можливо зробити) при зневажливо малому опорі в точці його виникнення, А.

Примітка 1. У спеціальних електроустановках із зниженим значенням допустимої напруги дотику величини 50 або 120 в правій частині наведених умов можуть бути зменшені згідно з вимогами нормативних документів, в яких ці електроустановки розглядаються.

Примітка 2. При визначенні величини I_d повинні бути враховані струм витоку і всі можливі шляхи протікання струму нульової послідовності в колі замикання, в тому числі через опір, що зазначений в 4.2.4.1, якщо він існує.

Якщо через відсутність або недостатність достовірних вихідних даних величина I_d не може бути визначена розрахунком, виконання умов (6) і (7), як правило, може не перевірятися при проектуванні електроустановок будинків і споруд змінного струму з номінальною напругою між лінійним виводом джерела живлення і землею $U_0 = 230$ В і звичайними умовами

експлуатації, а також електроустановок постійного струму, коли забезпечено, що величина R_A в цих електроустановках у будь-яку пору року не перевищує 10 Ом (див. також примітку 3).

Примітка 3. За наявності специфічних умов експлуатації цих електроустановок змінного струму (велика протяжність мереж, особливо у разі наявності підвищеної вологості та (або) хімічного впливу на ізоляцію), коли є острагога, що значення I_d може бути великим, при проектуванні слід забезпечити зменшення величини R_A , але відсутня необхідність її зменшення до значень нижче 4 Ом.

При проектуванні електроустановок змінного струму, у яких U_0 не дорівнює 230 В, можна керуватися цим же спрощуючим правилом, але використовувати при цьому величини зазначених опорів 10 і 4 Ом, помножені на коефіцієнт $K = 230/U_0$.

Якщо при проведенні приймально-здавальної або періодичних перевірок електроустановок визначити величину I_d шляхом розрахунку неможливо, виконання наведеної в а) умови повинно бути підтверджене за допомогою проведення відповідних вимірювань.

4.2.4.3 В електроустановках з системою ІТ можуть бути використані такі захисні пристрої:

- пристрої захисту від надструму;
- ПЗВ.

Примітка. У разі застосування ПЗВ повинен бути також застосований пристрій захисту від надструму (див. Г.8 в додатку Г).

При виборі параметрів ПЗВ слід мати також на увазі можливість його небажаних вимикань, які спричинені наявністю в мережі першого замикання.

Захисні пристрої, які здійснюють автоматичне вимикання в електроустановках з розподіленим нейтральним чи середнім провідником, повинні забезпечувати одночасне вимикання як лінійних провідників, так і нейтрального або середнього провідника.

Примітка. Під словосполученням *розподілений нейтральний чи середній провідник* тут і далі слід розуміти нейтральний або середній провідник, який фізично є в електричному колі і використовується за своїм призначенням.

В електричному колі нейтральний або середній провідник може бути відсутнім. В цьому випадку нейтральний (середній) провідник є нерозподіленим.

4.2.4.4 Якщо система ІТ застосовується за причиною забезпечення неперервності живлення, повинен бути використаний пристрій контролю ізоляції, якій фіксує виникнення першого замикання струмоведучої час-

тини на землю. Цей пристрій повинен діяти на звуковий і (або) світловий сигнали, які повинні існувати протягом всього часу наявності першого замикання. Якщо мають місце обидва сигнали (звуковий і світловий), допускається припинення дії звукового сигналу під час наявності першого замикання.

В електроустановках з системою ІТ можуть також застосовуватись пристрої контролю диференційного струму і системи виявлення місця пошкодження ізоляції.

Примітка. Роботу електроустановки з першим замиканням слід обмежити якомога малим часом.

4.2.4.5 Для забезпечення ефективності автоматичного вимикання живлення у разі виникнення подвійного замикання (див. 4.2.4.1) повинні бути виконані умови, що наведені нижче.

Якщо відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до загального уземлювального пристрою, слід виконати умови що є аналогічними тим, які виконуються в системі TN, а саме:

- у разі нерозподіленого нейтрального або середнього провідника:

$$2Z_S \times I_a \leq U; \quad (8)$$

- у разі розподіленого нейтрального або середнього провідника:

$$2Z'_S \times I_a \leq U_0, \quad (9)$$

де U_0 — номінальна напруга між лінійним виводом джерела живлення змінного або постійного струму і відповідно його нейтральною або середньою точкою, В; U — номінальна лінійна напруга джерела живлення змінного або постійного струму, В; Z_S — повний опір кола замикання, яке включає в себе джерело живлення, лінійні провідники між точкою замикання і джерелом живлення та провідники захисного уземлення між точкою замикання і джерелом живлення, Ом; Z'_S — повний опір кола замикання, яке включає в себе джерело живлення, нейтральні або середні провідники між точкою замикання і джерелом живлення та провідники захисного уземлення між точкою замикання і джерелом живлення, Ом; I_a — струм, який згідно з часострумовою характеристикою захисного пристрою забезпечує автоматичне вимикання на протязі часу, що не перевищує наведений в 4.2.2.3 для систем TN, А.

При визначенні величин Z_S і Z'_S , як і в системі TN, слід враховувати фактор нагрівання провідників струмами навантаження та подвійного замикання. Для цього може бути застосована методика, яка наведена в додатку Ж.

Примітка 1. Час автоматичного вимикання, який зазначений в 4.2.2.3. є максимальним часом вимикання у разі подвійного замикання в електроустановці з системою IT як з нерозподіленим, так і з розподіленим нейтральним або середнім провідником.

Примітка 2. Розрахунковим видом подвійного замикання в електроустановці з нерозподіленим нейтральним або середнім провідником є одночасне замикання на відкриті провідні частини двох лінійних провідників, які належать до різнойменних фаз в системі змінного струму або є різнополюсними в системі постійного струму і знаходяться в різних колах. В електроустановках з розподіленим нейтральним або середнім провідником розрахунковим видом подвійного замикання є замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину і одночасне аналогічне замикання нейтрального або середнього провідника в іншому колі.

Примітка 3. Для виконання зазначених умов провідники захисного уземлення, як і в системі TN, повинні становити, як правило, єдину електропроводку з струмоведучими провідниками і бути мідними або алюмінієвими (див. також 6.2.9 та 6.2.1).

Якщо відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії індивідуально чи групами приєднані до різних уземлювальних пристроїв, повинна бути виконана умова, що є аналогічною тій, яка виконується в системі TT, а саме:

$$R_A \times I_a \leq 50, \quad (10)$$

де R_A — сума величин опору уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії і опору провідників захисного уземлення, які з'єднують відкриту провідну частину з уземлювальним пристроєм, Ом; I_a — струм, який забезпечує автоматичне вимикання захисного пристрою за час, що не перевищує наведений в 4.2.3.3 для системи TT, А.

Примітка 1. У спеціальних електроустановках із зниженим значенням допустимої напруги дотику величина 50 в правій частині умови (10) може бути зменшена згідно з вимогами нормативних документів, в яких ці електроустановки розглядаються.

Примітка 2. У випадку застосування індивідуального чи групового приєднання відкритих провідних частин до різних уземлювальних пристроїв, як правило, як захисний пристрій може бути використаний лише ПЗВ. У разі застосування ПЗВ величина I_a , яка відповідає наведеному в таблиці 2 значенню часу, може суттєво перевищувати величину номінального вимикаючого диференційного струму ПЗВ.

4.2.5 Система функціональної наднизької напруги (ФННН)

Примітка. Якщо за функціональними причинами використовується напруга, яка не перевищує 50 В змінного струму або 120 В постійного струму, але деякі вимоги підрозділу 4.5 до системи БННН чи ЗННН не виконуються і застосування цих систем не є необхідним, для забезпечення основного захисту і захисту від замикання можуть бути застосовані запобіжні заходи, які зазначені в 4.2.5.1–4.2.5.4. Сукупність цих заходів відома як система функціональної наднизької напруги (ФННН).

Застосування системи ФННН доцільне, наприклад, якщо кола наднизької напруги містять у собі електрообладнання (трансформатори, реле, контактори тощо), яке не забезпечує достатнє ізолювання (відокремлення) від кіл більш високої напруги (більше 50 В змінного струму або 120 В постійного струму).

4.2.5.1 Основний захист у разі застосування системи ФННН забезпечується:

- основною ізоляцією (див. додаток А), яка відповідає номінальній напрузі первинного кола джерела живлення, або
- огорожами чи оболонками, які відповідають вимогам, що наведені в додатку А.

4.2.5.2 Відкриті провідні частини в системі ФННН повинні бути з'єднані з провідниками захисного уземлення первинного кола джерела живлення, в якому як захисний захід від ураження електричним струмом використовується *автоматичне вимикання живлення*, що відповідає всім вимогам до цього захисного заходу.

4.2.5.3 Джерело живлення в системі ФННН повинно бути трансформатором принаймні з простим відокремленням між обмотками або одним із зазначених в 4.5.3 пристроїв.

Примітка. Якщо електрообладнання отримує живлення від системи з більш високою напругою (більше 50 В змінного струму або 120 В постійного струму) через пристрій, який не може забезпечити навіть просте електричне відокремлення від цієї системи (наприклад через автотрансформатор, потенціометр, напівпровідниковий пристрій тощо), це електрообладнання вважається продовженням первинного кола (кола живлення) і повинне входити до зони дії захисного заходу, що використовується в первинному колі.

4.2.5.4 Вилки і штепсельні розетки в системі ФННН повинні відповідати таким вимогам:

- конструкція вилок повинна не допускати їх вмикання в штепсельні розетки, які призначені для кіл з іншою напругою;

- конструкція штепсельних розеток повинна не допускати вмикання в них вилок, які призначені для кіл з іншою напругою;
- штепсельні розетки повинні мати контакт для приєднання захисного провідника.

4.3 ЗАХИСНИЙ ЗАХІД — ПОДВІЙНА АБО ПОСИЛЕНА ІЗОЛЯЦІЯ

4.3.1 У разі використання як захисного заходу подвійної або посиленої ізоляції повинні бути застосовані:

- основний захист, який здійснюється шляхом застосування основної ізоляції і захист від замикання, який забезпечується додатковою ізоляцією (подвійна ізоляція), або
- захист, який є поєднанням основного захисту і захисту від замикання, що забезпечується посиленою ізоляцією між струмоведучими частинами і доступними дотику частинами електрообладнання.

Примітка. *Подвійна або посилена ізоляція* може бути застосована як єдиний захисний захід за будь-яких обставин, крім тих, що зазначені в 4.3.2. Обмеження застосування цього захисного заходу можуть бути наведені і в окремих спеціальних електроустановках нормативними документами, які стосуються цих електроустановок.

4.3.2 Якщо подвійна або посилена ізоляція застосовується в електроустановці або колі як єдиний захисний захід (наприклад, коли є наміри застосувати в електроустановці чи колі електрообладнання тільки з такою ізоляцією), в процесі експлуатації повинен бути здійснений контроль для недопущення застосування неприйнятної електрообладнання (наприклад у разі заміни існуючого).

Такий захисний захід не може бути застосований в колах, в яких є штепсельні розетки, або в електроустановках (їх частинах), в яких можлива несанкціонована кваліфікованим обслуговуючим персоналом заміна електрообладнання.

Якщо як захисний захід в електричних колах застосовується подвійна або посилена ізоляція, але очікується, що в процесі експлуатації замість електрообладнання з такою ізоляцією можливе використання обладнання класу I згідно з ДСТУ ІЕС 61140, ці кола повинні мати в своєму складі провідники, які можуть бути використані як провідники захисного уземлення. Зазначені провідники повинні забезпечити можливість їх приєднання до затискачів в кожній точці електропроводки, де очікується можливість підключення обладнання класу I.

Примітка. Зазначені провідники потрібні для реалізації в цих колах (у разі необхідності) *автоматичного вимикання живлення* як захисного заходу.


4.3.3 Якщо в електроустановці або її частині як захисний захід використовується подвійна або посилена ізоляція, застосоване електрообладнання повинно:

- бути таким, що надходить на місце монтажу з повністю готовою до експлуатації ізоляцією, яка відповідає вимогам, що зазначені в 4.3.4 (найбільш поширений випадок), або
- мати основну ізоляцію (до проведення монтажу) і виконану в процесі монтажу цього електрообладнання додаткову ізоляцію, яка відповідає вимогам, що зазначені в 4.3.5, або
- мати неізольовані струмоведучі частини (до проведення монтажу) і виконану в процесі монтажу цього електрообладнання посилену ізоляцію, яка відповідає вимогам, що зазначені в 4.3.6.


4.3.4 Електрообладнання, яке надходить на місце монтажу з повністю готовою до експлуатації ізоляцією (див. 4.3.3), повинно належати до одного із таких типів:

- електрообладнання з подвійною або посиленою ізоляцією (обладнання класу II згідно з ДСТУ ІЕС 61140);
- електрообладнання, яке в технічній документації виробника задеклароване як рівноцінне обладнанню класу II (таким обладнанням є зборки з суцільною ізоляцією).

Це електрообладнання повинно пройти випробування при виготовленні та мати відповідне маркування.

Примітка. Зазначене електрообладнання маркується знаком .


4.3.5 Електрообладнання, яке мало до монтажу основну ізоляцію і виконану в процесі монтажу цього електрообладнання додаткову ізоляцію (див. 4.3.3), повинно забезпечувати рівень захисту від ураження електричним струмом такий, як у електрообладнання, що зазначено в 4.3.4, і відповідати вимогам, які наведені в 4.3.7 і 4.3.8.

Примітка. Таке електрообладнання повинно мати знак , який наноситься на видному місці оболонки.

4.3.6 Електрообладнання, яке мало до монтажу неізольовані струмоведучі частини і виконану в процесі монтажу цього електрообладнання

посилену ізоляцію (див. 4.3.3), повинно забезпечувати рівень захисту від ураження електричним струмом такий, як у електрообладнання, що зазначене в 4.3.4, і відповідати вимогам, які наведені в 4.3.8.

Така ізоляція може виконуватись тільки в випадках, коли конструктивні особливості електрообладнання перешкоджають застосуванню подвійної ізоляції.

Примітка. Таке електрообладнання повинно мати знак , який наноситься на відному місці оболонки.

4.3.7 У разі застосування додаткової ізоляції, яка здійснюється в процесі монтажу (див. 4.3.5), готове до експлуатації електрообладнання, всі провідні частини якого відокремлені від струмоведучих частин тільки основною ізоляцією, повинно бути вміщено в ізолюючу оболонку, яка забезпечує ступінь захисту принаймні IPXXB або IP2X згідно з ГОСТ 14254.

4.3.8 Ізолююча оболонка, яка здійснюється в процесі монтажу (див. 4.3.5 і 4.3.6) повинна відповідати вимогам, які зазначені в 4.3.8.1–4.3.8.3.

4.3.8.1 Для недопущення можливості втрати ізолюючих властивостей ізолююча оболонка не повинна:

- пересікатися провідними частинами, які можуть виносити потенціал;
- мати гвинтів, болтів або інших кріпильних засобів із ізолюючого матеріалу, які в процесі монтажу чи виконання ремонтних робіт можуть бути зняті і замінені на металеві гвинти, болти або інші металеві кріпильні засоби, що можуть спричинити зниження рівня ефективності ізоляції оболонки.

Якщо крізь ізолюючу оболонку повинна пройти деталь механічного з'єднання або зчленування (наприклад рукоятка керування пристроєм), це слід виконати таким чином, щоб не був знижений рівень захисту від ураження електричним струмом у разі виникнення замикання.

4.3.8.2 Якщо кришки або дверки ізолюючої оболонки можуть бути зняті або відкриті без використання інструменту чи ключа, всі провідні частини, які є доступними дотику внаслідок зняття кришки або відкриття дверок, повинні бути розташовані за ізолюючою огорожею. Ця огорожа повинна забезпечити ступінь захисту принаймні IPXXB або IP2X згідно з ГОСТ 14254 і перешкоджати ненавмисному дотику до цих частин. Зняття

такої огорожі повинно бути можливим тільки за допомогою інструменту або ключа.

4.3.8.3 Ізолююча оболонка не повинна негативно впливати на функціонування електрообладнання.

4.3.9 Провідні частини, які вміщені в ізолюючу оболонку, не повинні з'єднуватись із захисними провідниками. Проте може бути передбачено проходження через оболонку захисних провідників, що призначені для приєднання до провідних частин іншого електрообладнання, кола живлення якого також проходять через зазначену оболонку. Всередині оболонки всі такі провідники і їх затискачі повинні бути ізольовані принаймні так само, як струмоведучі частини. Зазначені затискачі повинні мати позначення, які відповідають маркуванню РЕ-затискачів.

Відкриті провідні частини та частини, які розташовані між ними і струмоведучими частинами, не повинні з'єднуватись із захисним провідником, якщо необхідність такого з'єднання спеціально не зазначена в супроводжувальній електрообладнання документації.

4.3.10 Монтаж (установлення, з'єднання з провідниками тощо) електрообладнання, що зазначено в 4.3.4, 4.3.5 і 4.3.6, повинен бути виконаний таким чином, щоб не погіршити захисні властивості цього електрообладнання, які зазначені в супроводжувальній документації.

4.3.11 Електропроводка в колах, в яких як захисний захід застосовується подвійна або посилена ізоляція, крім вимог до електропроводки, що наведені в відповідних нормативних документах (зокрема в ДБН В.2.5-23), повинна відповідати таким додатковим вимогам:

а) номінальна напруга електрообладнання в системі електропроводки не може бути меншою номінальної напруги електричної мережі і величини 300/500 В;

б) механічний захист основної ізоляції забезпечується принаймні одним із таких засобів:

- неметалевою оболонкою кабеля (проводу), або
- неметалевою огорожувальною конструкцією (трубою, коробом, лотком).

Примітка 1. В стандартах на кабельно-провідникову продукцію відсутні вимоги до стійкості до імпульсних перенапруг, але вважається, що ізоляція в системі електропроводок відповідає щонайменше вимогам ДСТУ ІЕС 61140 до посиленої ізоляції.

Примітка 2. Такі системи електропроводок не слід маркувати знаками, які зазначені в наведених в 4.3.4; 4.3.5 і 4.3.6 примітках.

4.4 ЗАХИСНИЙ ЗАХІД — ЕЛЕКТРИЧНЕ ВІДОКРЕМЛЕННЯ

4.4.1 У разі використання як захисного заходу *електричне відокремлення* повинні бути застосовані:

- основний захист, який здійснюється шляхом використання основної ізоляції або огорожень чи оболонок (див. додаток А);
- захист від замикання, який досягається простим відокремленням кола, що відокремлюється, від інших кіл і землі.

Примітка. В електроустановках або їх частинах, в яких застосовується цей захисний захід, може використовуватися електрообладнання класу 0 згідно з ДСТУ ІЕС 61140.

4.4.2 У разі застосування як захисного заходу *електричне відокремлення* слід передбачати живлення кожного окремого електроприймача від окремого неугрунтованого джерела живлення принаймні з простим відокремленням (див. також 4.4.3).

Примітка. Якщо застосовується цей захід захисту, особливо важливим є забезпечення відповідності характеристик основної ізоляції вимогам до ізоляції, які надаються в нормативній документації.

4.4.3 Якщо від неугрунтованого джерела живлення принаймні з простим відокремленням отримує живлення більше одного електроприймача, повинні бути виконані вимоги, що зазначені в В.3 додатка В (див. також 4.1.6).

4.4.4 Застосування захисту шляхом електричного відокремлення повинно супроводжуватися виконанням вимог до відокремлених кіл, які наведені в 4.4.4.1–4.4.4.5.

4.4.4.1 Напруга в відокремленому колі не повинна перевищувати 500 В.

4.4.4.2 Струмоведачі частини відокремленого кола не повинні мати з'єднань ні з однією точкою іншого кола, а також з землею або провідником захисного уземлення.

Між відокремленими колами повинна бути забезпечена наявність принаймні основної ізоляції.

4.4.4.3 Гнучкі кабелі (провода, шнури) відокремлених кіл повинні бути доступні для огляду на всіх частинах їх довжини, де можливі механічні пошкодження.

4.4.4.4 Для відокремлених кіл рекомендується застосовувати відокремлені системи електропроводок.

Якщо відокремлені кола та інші кола мають спільну систему електропроводок, повинні бути застосовані багатожильні кабелі без металевих броні, оболонки, екранів і ізолювані проводи, які прокладаються в ізоляційних трубах, ізолюваних коробах або лотках. При цьому номінальна напруга цих кабелів або проводів повинна бути не меншою максимальної номінальної напруги, яка має місце в спільній системі електропроводки, і кожне коло повинно бути захищене від надструму.

4.4.4.5 Відкриті провідні частини відокремленого кола не повинні мати з'єднання з відкритими провідними частинами інших кіл, будь-якими захисними провідниками або землею.

Примітка. Якщо можливий електричний контакт (навмисний чи випадковий) відкритих провідних частин відокремленого кола з відкритими частинами інших кіл, рівень захисту від ураження електричним струмом залежить вже не тільки від ефективності захисту шляхом електричного відокремлення, а і від характеристик захисту в зазначених інших колах.

4.5 ЗАХИСНИЙ ЗАХІД — НАДНИЗЬКА НАПРУГА, ЯКА ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ СИСТЕМОЮ БННН АБО ЗННН

4.5.1 У разі застосування захисного заходу *наднизька напруга, яка забезпечується системою безпечної наднизької напруги (БННН) або системою захисної наднизької напруги (ЗННН)*, вимагається:

- обмеження величини напруги джерела живлення в електроустановках з системами БННН і ЗННН змінного струму до величини 50 В, а в електроустановках з системами БННН і ЗННН постійного струму до величини 120 В;

- улаштування систем БННН і ЗННН, вимоги до якого зазначені в 4.5.2–4.5.4.

Примітка 1. В електроустановках або їх частинах, в яких застосовується цей захисний захід, може використовуватися електрообладнання класу III згідно з ДСТУ ІЕС 61140.

Примітка 2. В певних спеціальних електроустановках або в окремих частинах електроустановок вимоги відповідних нормативних документів можуть обмежити максимальну величину наднизької напруги до величин, менших ніж зазначені 50 і 120 В.

Вважається, що системи БННН і ЗННН можуть бути застосовані для забезпечення захисту в будь-якій електроустановці незалежно від умов навколишнього середовища і експлуатації.

4.5.2 Основний захист і захист від замикання вважаються забезпеченими, якщо крім обмеження величини напруги (див. 4.5.1) виконані такі вимоги до зазначеного в 4.5.1 улаштування систем БННН і ЗННН:

- джерело живлення є одним із наведених в 4.5.3;
- реалізовані правила виконання кіл зазначених систем і складових елементів цих кіл, які наведені в 4.5.4.

Примітка 1. Якщо кола з наднизькою напругою живляться від системи більш високої напруги через обладнання, яке не відповідає вимогам, що наведені в 4.5.3, але забезпечує просте відокремлення, захист від ураження електричним струмом може бути забезпечений виконанням вимог, які наведені в 4.2.5 для системи ФННН.

Примітка 2. Кола наднизької напруги систем БННН і ЗННН постійного струму, які живляться через напівпровідниковий перетворювач, потребують наявності внутрішнього кола для живлення змінним струмом випрямляючого блоку. Для забезпечення нормальної роботи блоку напруга (діюче значення) в такому внутрішньому колі дещо перевищує величину постійної напруги. В цьому випадку зазначене внутрішнє коло змінного струму не розглядається як коло, напруга якого виходить за межі наднизької напруги. Між цим колом і зовнішніми колами з більш високою напругою слід забезпечити захисне відокремлення.

Примітка 3. В системах БННН і ЗННН постійного струму з акумуляторними батареями напруга на виводах батарей в режимі заряду або невеликого навантаження перевищує її номінальне значення на деяку величину, яка залежить від типу батареї. Таке перевищення не викликає необхідності застосування будь-яких запобіжних заходів, які є додатковими до наведених у цьому підрозділі. Величина зарядної напруги не повинна перевищувати 75 В (змінний струм) або 150 В (постійний струм).

4.5.3 В системах БННН і ЗННН можуть бути застосовані такі джерела живлення:

- а) безпечні розділові трансформатори, що відповідають вимогам ДСТУ 3225;

б) джерела, що створюють рівень безпеки, який є рівноцінним рівню, що забезпечують зазначені в а) безпечні розділові трансформатори (наприклад мотор-генератори з обмотками, які мають еквівалентну цим трансформаторам ізоляцію);

в) електрохімічні джерела живлення (наприклад акумуляторні батареї) або інші незалежні від кіл з більш високим значенням напруги джерела (наприклад дизель-генератори);

г) пересувні джерела живлення (наприклад безпечні розділові трансформатори або мотор-генератори), які вибрані або змонтовані таким чином, що відповідають всім вимогам до захисного заходу *подвійна або посилена ізоляція* (див. 4.3);

д) виготовлені згідно з відповідним стандартом певні електронні пристрої, в яких передбачені заходи, що забезпечують навіть у випадку внутрішнього пошкодження неможливість підвищення напруги на вихідних затискачах пристрою до величини, яка перевищує зазначену в 4.5.1. Допускається більш високе значення напруги на вихідних затискачах пристрою лише в випадку, якщо у разі дотику до струмоведучої частини або замикання між струмоведучою частиною та відкритою провідною частиною забезпечується негайне зниження цієї напруги до величини, яка не перевищує зазначену в 4.5.1.

Примітка 1. Зазначені в д) пристрої можуть бути складовою частиною, наприклад, обладнання для випробування ізоляції і контролю.

Примітка 2. Коли на вихідних затискачах пристрою існує більш високе значення напруги, виконання зазначеної в д) вимоги може бути підтверджене вимірами, якщо їх здійснюють вольтметром з внутрішнім опором не менше 3000 Ом.

4.5.4 Виконання кіл і їх складових елементів в системах БННН і ЗННН повинно відповідати вимогам, які наведені в 4.5.4.1–4.5.4.5.

4.5.4.1 Кола в системах БННН і ЗННН повинні мати:

- принаймні основну ізоляцію між струмоведучими частинами та іншими колами системи БННН або ЗННН;
- захисне відокремлення від струмоведучих частин кіл, що не належать до системи БННН або ЗННН, яке відповідає найбільшій напрузі на цих струмоведучих частинах.

Струмоведучі частини повинні мати ізоляцію від землі принаймні рівноцінну основній ізоляції (див. також 4.5.4.4).

В колах системи ЗННН може бути здійснене уземлення.

Примітка 1. Особливо важливим є надійне захисне відокремлення між струмоведучими частинами такого електрообладнання як реле, контактори, перемикачі тощо і частиною кола більш високої напруги або кола системи ФННН.

Примітка 2. Уземлення в колах системи ЗННН може бути досягнуте шляхом приєднання до землі або до провідника захисного уземлення всередині джерела живлення.

4.5.4.2 Захисне відокремлення електропроводки систем БННН і ЗННН від струмоведучих частин інших кіл, які мають принаймні основну ізоляцію, може бути досягнене шляхом виконання однієї з таких умов:

- провідники кіл систем БННН і ЗННН у доповнення до основної ізоляції оточені неметалевою огорожею або ізолюючою оболонкою;
- провідники кіл систем БННН і ЗННН відокремлені від провідників кіл більш високої напруги уземленим металевим екраном чи уземленою металевною огорожею;
- провідники кіл систем БННН і ЗННН, які разом з провідниками інших кіл більш високої напруги входять до складу багатожильного кабелю або іншого групового провідника, мають ізоляцію, що відповідає рівню найбільшої напруги в цьому кабелі або іншому груповому провіднику;
- електропроводка інших кіл відповідає вимогам, які наведені в 4.3.11;
- електропроводка кіл БННН і ЗННН та електропроводка інших кіл прокладені різними трасами (фізичне відокремлення).

4.5.4.3 Вилки та штепсельні розетки в колах систем БННН і ЗННН повинні відповідати таким вимогам:

- конструкція вилок не допускає їх підключення до штепсельних розеток, які призначені для кіл з іншою напругою;
- конструкція штепсельних розеток не допускає підключення до них вилок, які призначені для кіл з іншою напругою;
- вилки і штепсельні розетки в системі БННН не повинні мати контакт для приєднання захисного провідника.

4.5.4.4 Відкриті провідні частини кіл системи БННН не повинні мати електричний контакт із землею, а також із захисними провідниками і відкритими провідними частинами інших кіл.

Примітка. Якщо виникає електричний контакт (навмисний чи випадковий) відкритої провідної частини кола системи БННН з відкритими провідними частинами інших кіл, рівень захисту від ураження електричним струмом залежить вже не тільки від ефективності захисту, який забезпечує система БННН, а і від характеристик захисту в зазначених інших колах.

4.5.4.5 Якщо номінальна напруга в електричних колах змінного чи постійного струмів з системою БННН або ЗННН перевищує відповідно 25 В чи 60 В або електрообладнання цих кіл є зануреним в рідину, повинен бути здійснений основний захист шляхом застосування:

- основної ізоляції, яка відповідає вимогам, що наведені в додатку А;
- огорож чи оболонки, які відповідають вимогам, що наведені в додатку А;

Основний захист, як правило, не є обов'язковим, якщо умови експлуатації електрообладнання є такими, що відповідають наявності сухого стану шкіри людини і виконуються такі додаткові умови:

- в колах з системою БННН номінальна напруга не перевищує 25 В (змінний струм) або 60 В (постійний струм);
- в колах з системою ЗННН номінальна напруга не перевищує 25 В (змінний струм) або 60 В (постійний струм), а відкриті провідні частини та (або) струмоведучі частини з'єднані захисним провідником з головною уземлювальною шиною електроустановки.

В усіх інших випадках, які не зазначені вище, основний захист не вимагається, якщо номінальна напруга в колах з системою БННН або ЗННН не перевищує 12 В (змінний струм) або 30 В (постійний струм).

Примітка 1. Під сухим станом шкіри слід розуміти звичайний стан її поверхні у здорової людини (з точки зору рівня вологості шкіри), коли ця людина знаходиться в спокійному стані в приміщенні з нормальними умовами оточуючого середовища.

Примітка 2. В нормативних документах, які стосуються спеціальних електроустановок, можуть бути наведені додаткові або інші вимоги до застосування основного захисту в системах БННН і ЗННН.

5 ЗАХИСТ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ КОРИСТУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У РАЗІ ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ НА СТОРОНІ ВИСОКОЇ НАПРУГИ ЖИВЛЯЧОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Примітка 1. У разі наявності певних аварійних ситуацій на стороні високої напруги трансформаторної підстанції, яка живить електроустановки користувачів електроенергії, або в мережі високої напруги, що живить цю підстанцію, в електроустановках користувачів електроенергії можуть виникнути небезпека ураження електричним струмом і (або) небезпечні рівні перенапруги на ізоляції електрообладнання. До зазначених аварійних ситуацій, які розглядаються в цьому розділі, належать:

- замикання на землю в розподільному пристрої високої напруги живлячої підстанції;
- замикання на корпус обмотки високої напруги трансформатора живлячої підстанції (безпосереднього або через пошкодження ізоляції між обмотками високої і низької напруг);
- внесення на живлячу підстанцію небезпечного потенціалу провідним покриттям (уземленою оболонкою, екраном, бронею) кабелю високої напруги, що живить цю підстанцію, наприклад у разі замикання між жилою кабелю і його металевою оболонкою.

Всі перелічені вище аварійні ситуації об'єднані у цьому стандарті терміном *замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції*.

Примітка 2. Вимоги цього розділу гармонізовані з положеннями [5].

5.1 Вимоги, які наведені в цьому розділі, поширюються на живлячі трансформаторні підстанції, що не належать електропостачальній організації (компанії), наприклад на цехові підстанції. При цьому організація, яка є власником підстанції або відповідає за її стан за дорученням власника, повинна забезпечувати цілісність системи уземлення та ефективність її функціонування (див. також 4.2.1.14). Крім того, ця організація повинна забезпечити виконання вимог до величин опорів уземлювальних пристроїв, які зазначені в [1] і не стосуються обмеження напруг, що розглянуті в цьому розділі стандарту (див. 5.3 і 5.5).

Примітка. До таких зазначених в [1] вимог належить, наприклад, вимога, згідно з якою в електроустановках з системою TN опір уземлювального пристрою, до якого приєднана нейтральна точка джерела трифазного струму або вивід джерела однофазного струму, у будь-яку пору року не повинен перевищувати 2; 4 і 8 Ом відповідно при лінійних напругах 660, 380 і 220 В мереж трифазного струму або 380, 220 і 127 В мереж однофазного струму.

Якщо живляча трансформаторна підстанція належить електропостачальній організації, здійснюються заходи, що зазначені в [1] . Але при цьому повинні бути також виконані вимоги, що зазначені в 5.3 і 5.5.

5.2 Кожна трансформаторна підстанція, що живить електроустановки низької напруги користувачів електроенергії від електричної мережі високої напруги, повинна мати одну уземлювальну систему, яка охоплює:

- уземлювач уземлювального пристрою підстанції;
- всі відкриті провідні частини розподільних пристроїв високої і низької напруг підстанції;
- корпуси трансформаторів;
- як правило, нейтральний провідник системи низької напруги;
- металеві покриття (оболонки, броня) кабелів високої напруги;
- металеві покриття кабелів низької напруги, якщо до уземлювача уземлювального пристрою підстанції приєднується нейтральний провідник системи низької напруги;
- сторонні провідні частини.

5.3 Замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції не повинні викликати перевищення величини напруги на відкритих провідних частинах електроустановок низької напруги користувачів електроенергії відносно зони нульового потенціалу U_f допустимого значення. Це допустиме значення залежить від фактичного часу наявності замикання і визначається кривою на рисунку 1.

Примітка 1. Замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції може викликати недопустиме підвищення напруги U_f в електроустановках з системою TN і IT через винос потенціалів з уземлювального пристрою підстанції провідниками захисного уземлення.

Небезпечні величини напруги U_f в електроустановках з системою TT у разі таких замикань не виникають ($U_f \approx 0$).

Для розрахункової оцінки величини U_f з урахуванням специфіки виконання мереж високої напруги в Україні, які через трансформаторні підстанції живлять мережі електроустановок користувачів електроенергії, може бути використана методика, що наведена в додатку И. Формули для визначення очікуємої величини U_f надані на рисунках К.1–К.9 і в таблиці К.2 додатка К.

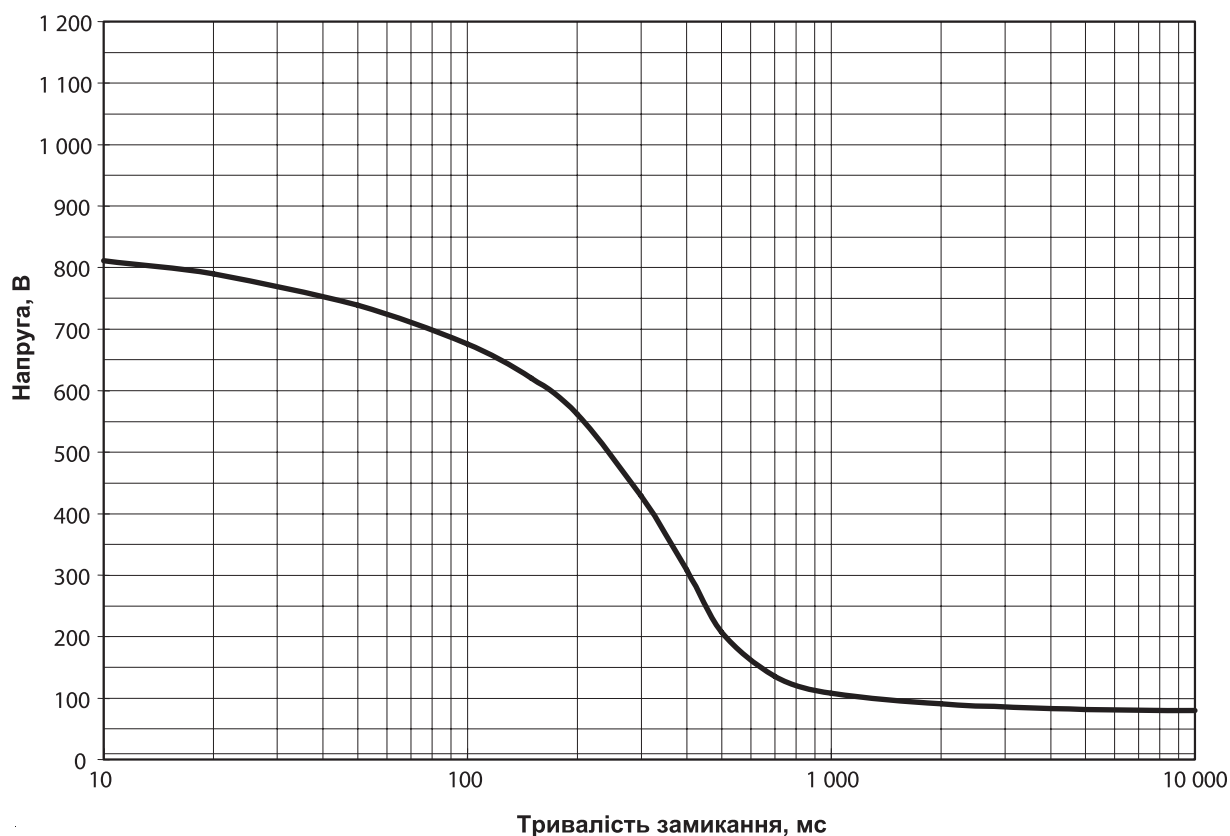


Рисунок 1 — Залежність величини допустимої напруги на відкритих провідних частинах електроустановок користувачів електроенергії від тривалості замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції

Примітка 2. Крива на рисунку 1 згідно з [5] є результатом проведеного імовірного та статистичного аналізу і забезпечує прийнятно низький рівень ризику в розрахунковому випадку, коли провідники захисного уземлення є уземленими тільки на уземлювальному пристрої підстанції.

Примітка 3. У разі дії пристрою захисту від однофазних замикань в мережі високої напруги на сигнал допустиме значення напруги U_f згідно з кривою на рисунку 1 може бути прийнятим рівним 80 В.

Згідно з вищенаведеною вимогою уземлювальний пристрій підстанції може виконувати також функції уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії з системою TN або IT (див. рисунки К.1а, К.3, К.8 і К.9 додатка К) тільки за умови, що величина $U_f = R \times I$ (де R — опір уземлювального пристрою живлячої підстанції, Ом; I — частина розрахункового струму замикання на землю, що стікає в землю безпосередньо із уземлювального пристрою живлячої

підстанції, А) не перевищує допустимої величини цієї напруги, яка визначається кривою на рисунку 1 (див. також 5.4).

Фактичне здійснення зазначеної вище вимоги повинно бути підтверджене перевіркою, наприклад шляхом вимірювання величини R_e (див. И.2 в додатку И) і подальшого порівняння розрахованої за формулою И.2 додатка И величини U_f з допустимим значенням. Таке підтвердження слід виконати і документально зафіксувати до введення в експлуатацію перших електроустановок користувачів електроенергії, що живляться від підстанції.

5.4 З урахуванням зазначеної в 5.3 вимоги в електроустановках з системою TN або IT може бути потрібним здійснення таких заходів:

а) відокремлення уземлювача нейтрального провідника системи низької напруги від уземлювача уземлювального пристрою підстанції (див. рисунок К.1б), К.4, К.5, К.6 і К.7 додатка К);

Примітка 1. Під відокремленням тут слід розуміти певне віддалення одного з уземлювачів від іншого для досягнення електричної незалежності.

В даному випадку умовно вважається, що відокремлений уземлювач нейтрального провідника є електрично незалежним, якщо у разі замикання на стороні високої напруги живлячої підстанції стікання струму з уземлювача уземлювального пристрою підстанції в землю не може викликати появи на уземлювачі нейтрального провідника потенціалу відносно зони нульового потенціалу, який перевищує визначену за рисунком 1 допустиму величину напруги.

Примітка 2. Виконання зазначеного відокремлення може викликати суттєві труднощі (особливо в умовах міста або промислового підприємства).

б) у разі спільного уземлювального пристрою живлячої підстанції і нейтрального провідника системи низької напруги відповідне зменшення величини R або (і) виконання повторних уземлень PE і PEN-провідників.

5.5 Величина напруги на ізоляції електрообладнання електроустановок користувачів електроенергії у разі замикання на стороні високої напруги живлячої підстанції не повинна перевищувати допустимих значень, які залежать від фактичного часу наявності замикання і наведені в таблиці К.1 додатка К. В цьому ж додатку на рисунках К.1–К.9 наведені формули для визначення очікуємих величин цієї напруги, які залежать від типу системи уземлення і специфіки її виконання.

Примітка. Виконання зазначеної вимоги має суттєве значення для забезпечення надійності електропостачання, а також зменшення імовірності ураження електричним струмом через пробиття або перекриття ізоляції.

6 УЗЕМЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ І ЗАХИСНІ ПРОВІДНИКИ

6.1 УЗЕМЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

6.1.1 Загальні положення

Примітка 1. Основними складовими частинами (елементами) уземлювального пристрою в електроустановках будинків і споруд є:

- уземлювач;
- уземлювальний провідник;
- головна уземлювальна шина.

Примітка 2. Захисний уземлювальний пристрій, як виняток, може бути виконаний окремо від функціонального і (або) блискавкозахисного уземлювальних пристроїв (якщо останні споруджуються) або, як правило, бути об'єднаним з ними (див. 4.2.1.8).

Примітка 3. Вимоги цього розділу гармонізовані з положеннями [6].

6.1.1.1 В об'єднаному уземлювальному пристрої (див. наведену вище примітку 2) повинні бути виконані вимоги до функціонального і (або) блискавкозахисного уземлення, але в усіх випадках насамперед слід виконати вимоги, які стосуються захисного уземлювального пристрою.

6.1.1.2 У разі спорудження уземлювального пристрою, через який в землю можуть стікати струми високої частоти, слід звернути увагу на питання забезпечення електромагнітної сумісності чутливого до електромагнітних завад обладнання (див. також примітку 1 в 4.2.1.8).

6.1.1.3 Якщо електроустановка будинку чи споруди має свій захисний уземлювальний пристрій (наприклад повторного уземлення PEN-провідника), уземлювач цього пристрою всередині електроустановки повинен бути з'єднаним з головною уземлювальною шиною за допомогою уземлювального провідника (див. також 4.2.1.9).

6.1.1.4 Характеристики захисних уземлювальних пристроїв і їх елементів повинні забезпечувати:

- виконання вимог, які зазначені в цьому розділі, а також в розділах 4 і 5;
- можливість стікання в землю струмів захисних провідників таким чином, щоб не створити небезпеки (термічного, термомеханічного і електромеханічного характеру, а також ураження електричним струмом), яка може бути викликана цими струмами;
- стійкість до зовнішніх впливів, які очікуються (наприклад механічної напруги і корозії).

6.1.1.5 Ефективність системи захисту від ураження електричним струмом, вимоги до якої надані в розділах 4 і 5, на протязі всього терміну її функціонування не повинна бути погіршена під впливом змін опору уземлювального пристрою, наприклад через корозію.

Вимоги до уземлювальних пристроїв, зокрема до величин їх опорів, повинні бути виконані з урахуванням найбільш несприятливих погодних і кліматичних умов, які характерні для даної місцевості (див. також 6.1.2.6).

6.1.1.6 Якщо для виконання уземлювального пристрою застосовуються провідники з різних матеріалів, слід враховувати можливість підвищення рівня електрохімічної корозії.

Примітка. Високий рівень корозії слід очікувати, наприклад, у разі безпосереднього з'єднання між собою провідників з алюмінію і міддю (мідних сплавів, мідним покриттям) або між останніми та провідниками з горячооцинкованою сталлю (див. також 6.1.2.7).

6.1.1.7 Для прийняття уземлювального пристрою до експлуатації повинні бути пред'явлені: виконавчі креслення, фотографії (якщо це доцільно), акти на виконані приховані роботи, протоколи іспитів опорів. Зазначені документи є частиною технічної документації, яка стосується захисних заходів, і входять до складу загальної документації електроустановки будинку (споруди), що споруджується.

В виконавчих кресленнях повинні бути зазначені місця розташування уземлювальних електродів, їх характеристики (матеріал, габаритні розміри), глибина закладання електродів у землю або бетон, розташування підземних комунікацій, місця приєднання до штучних уземлювальних електродів природних уземлювачів і уземлювальних провідників, місця виводу з будинку частин уземлювального пристрою, наприклад уземлювальних провідників, та надана (за потреби) інша інформація, яка стосується виконання уземлювального пристрою.

6.1.2 Уземлювачі

6.1.2.1 Тип, матеріал і розміри уземлювачів повинні бути вибрані такими, щоб забезпечити їх стійкість до корозії і достатню механічну міцність на протязі призначеного терміну служби.

Примітка 1. На рівень корозійної небезпеки впливає: активність в місці розміщення уземлювача водневих іонів (водневий показник рН), питома провідність землі,

вологість, а також наявність в землі блукаючих струмів (змінних і постійних) та різно-
рідних речовин і хімічних забруднень.

Матеріали, які звичайно використовуються для виконання уземлю-
вачів, зазначені в таблиці 3. В цій же таблиці наведені мінімальні розміри
уземлювальних електродів, які розміщуються в землі або бетоні фунда-
менту будинку, і мінімально допустимі параметри захисного покриття.

Примітка 2. Мінімальна допустима товщина захисного покриття вертикальних
електродів може бути більшою ніж горизонтальних, оскільки покриття останніх зазна-
ють менші механічні навантаження в процесі монтажу.

Примітка 3. Вважається, що зазначені мінімальні розміри є прийнятними з точки
зору запобігання небезпечного рівня корозії і забезпечення механічної міцності.

Таблиця 3 — Характеристики уземлювальних електродів, які звичайно
використовуються для укладання в землю або в бетон фундаменту бу-
динку, і їх покриття

Матеріал узем- лювальних електродів і їх покриття	Характеристики уземлювальних електродів				Характеристики покриття	
	Тип уземлювального електрода	Мінімальний діаметр, мм	Мінімальний переріз, мм ²	Мінімальна товщина (штаби, полиці, стінки), мм	Вага на одиницю площі поверхні, г/м ² , не менше	Мінімальна товщина, мкм
1	2	3	4	5	6	7
Укладена в бетон звичай- на*, горячооцин- кована, нержа- віюча сталь (фундаментний заземлювач)	Круглий дрiт	10	—	—	—	—
	Суцільна стрічка або штаба	—	75	3	—	—
	Скручений з декіль- кох горячооцинкова- них дротів		70			
Звичайна сталь в землі (див. також 6.1.2.5)	Штаба або фасонна штаба (суцільна чи гратчаста пластина)	—	90	3	—	—
	Круглий стрижень (вертикальний)	16	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7
	Круглий дрiт (укладений горизонтально)	10	—	—	—	—
	Труба	25	—	2	—	—
	Кутик або iнший профiль (вертикальний)	—	(290)	3	—	—
Сталь горячо-оцинкована в землi (див. примiтку 2)	Штаба або фасонна штаба (суцiльна чи ґратчаста пластина)	—	90	3	500	63
	Круглий стрижень (вертикальний)	16	—	—	350	45
	Круглий дрiт (укладений горизонтально)	10	—	—	350	45
	Труба	25	—	2	350	45
	Кутик або iнший профiль (вертикальний)	—	(290)	3	—	—
Сталь з електролiтичним мiдним покриттям в землi (див. примiтку 2)	Круглий стрижень (вертикальний)	14	—	—	—	250**
	Круглий дрiт (укладений горизонтально)	(8)	—	—	—	70
	Штаба (укладена горизонтально)	—	90	3	—	70
Сталь нержавiюча (хрому $\geq 16\%$; нiкелю $\geq 5\%$; молiбдену $\geq 2\%$; углероду $\geq 0.08\%$) в землi	Штаба або фасонна штаба (пластина)	—	90	3	—	—
	Круглий стрижень (вертикальний)	16	—	—	—	—
	Круглий дрiт (укладений горизонтально)	10	—	—	—	—
	Труба	25	—	2	—	—
Мiдь в землi	Штаба	—	50	2	—	—
	Круглий дрiт (укладений горизонтально)	—	(25) 50	—	—	—
	Круглий стрижень (вертикальний)	(12) 15	—	—	—	—
	Багатодрiтний скручений провiд	1,7 для кожного дроту	(25) 50	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7
	Труба	20	—	2	—	—
	Суцільна пластина	—	—	(1,5) 2	—	—
	Гратчаста пластина	—	—	2	—	—

* Під звичайною сталлю в цьому стандарті слід розуміти сталь, яка не має підвищеної стійкості до корозії (не є гарячооцинкованою, неїржавіючою або з електролітичним мідним покриттям).

** Зазначена товщина дає можливість уникнути механічних пошкоджень в процесі монтажу вертикального стрижня. Ця товщина може бути зменшена до величини не менше 100 мкм у випадках, коли згідно з інструкціями виготовлювача електродів прийняті спеціальні заходи для уникнення механічних пошкоджень під час монтажу (наприклад шляхом виконання свердловин).

Примітка 1. Зазначені в дужках мінімальні розміри уземлювальних електродів стосуються тільки електродів захисного уземлення. Мінімальні розміри уземлювальних електродів, які не розміщені в дужках, використовуються для вибору електродів системи блискавкозахисту і захисного уземлення (див. також 6.1.1.1).

Примітка 2. Покриття повинно бути рівним і безперервним на всіх частинах зовнішньої поверхні уземлювального електрода та мати високу надійність з'єднання з сталлю.

Примітка 3. Мінімальні розміри уземлювальних електродів, які займають в землі проміжне становище між вертикальними та горизонтальними (похилі електроди), такі самі, як у вертикальних електродів.

Примітка 4. З'єднання вертикальних чи похилих уземлювальних електродів рекомендується здійснювати неізольованими провідниками, які відповідають вимогам цього підрозділу і, зокрема цієї таблиці. Якщо для з'єднання вертикальних чи похилих електродів застосовується ізольований мідний провідник (кабель, провід), його переріз повинен бути не меншим 25 мм², коли уземлювальний пристрій є тільки захисним, і 50 мм², коли уземлювальний пристрій використовується також і для системи блискавкозахисту.

Алюмінієві провідники (як неізольовані, так і ізольовані) застосовувати для зазначеного з'єднання не слід.

Примітка 5. Уземлювальні електроди не слід фарбувати.

6.1.2.2 Ефективність функціонування уземлювача залежить від кількості уземлювальних електродів, їх розмірів (габаритів), взаємного розташування і характеристик землі.

При спорудженні уземлювального пристрою повинні бути визначені кількість уземлювальних електродів, їх розміщення та габаритні показники таким чином, щоб були забезпечені нормативні вимоги до цього пристрою, зокрема до величини його опору.

В додатку Л наведені розрахункові формули для оцінки величини опорів розтіканню деяких типів уземлювачів, які часто використовуються в практичних цілях.

6.1.2.3 При спорудженні уземлювального пристрою можуть бути використані такі уземлювачі (уземлювальні електроди):

а) штучні уземлювачі:

- укладений в бетон фундаментний уземлювач;

Примітка 1. Інформація щодо виконання таких уземлювачів наведена в додатку М.

- укладений в землю фундаментний уземлювач;
- розміщені безпосередньо в землі (вертикально, горизонтально чи з нахилом) металеві електроди (наприклад стрижні, труби, дріт, стрічки, штаби, пластини);

б) природні уземлювачі:

- металеві покриття ізольованих провідників, які мають надійний зв'язок з землею;

Примітка 2. Прикладом такого покриття є свинцеві оболонки прокладених у землі кабелів (див. також 6.1.2.4).

- провідні підземні металеві конструкції, які забезпечують виконання зазначених в 6.1.1.4 вимог, наприклад частини колон споруд, обсадні труби артезіанських колодязів, свердловин, шурфів тощо;
- арматура залізобетону, заглибленого в землю, і не ізольованого від неї фундаменту (див. також 6.1.2.4).

Примітка 3. Ізолювання фундаменту від землі може бути виконане, наприклад для запобігання втрат теплової енергії або його захисту від дії води.

6.1.2.4 Не слід розглядати як уземлювачі (уземлювальні електроди), які враховуються при визначенні опору уземлювального пристрою, такі розташовані в землі провідні частини:

- покриття кабелів або ізольованих провідників мережі живлення, а також арматуру залізобетону фундаменту, якщо виникають сумніви щодо їх ефективності як уземлювачів (наприклад щодо надійного зв'язку з землею або довговічності);

Примітка 1. До таких покриттів можуть бути віднесені алюмінієві оболонки і сталева броня кабелів.

- попередньо напружена арматура залізобетону;
- труби гарячого і холодного водопостачання, опалення, каналізації, а також для подачі горючих рідин та горючих або вибухонебезпечних газів та сумішей.

Примітка 2. Ця вимога не виключає необхідність приєднання всіх зазначених труб, які введені в будинок чи споруду зовні, до головної уземлювальної шини (див. 4.2.1.9). Такі труби, як виняток, можуть вважатися придатними для здійснення повторного уземлення РЕ, PEN, PEM, PEL-провідника на вводі живлення в електроустановку будинку (див. також 4.2.2.5 та примітку 2 в 4.2.2.1).

6.1.2.5 Зазначені в таблиці 3 мінімальні розміри уземлювальних електродів можуть бути недостатні за умови наявності значних ризиків корозії. В таких випадках для забезпечення надійного і довготривалого функціонування цих електродів слід застосовувати відповідні заходи, наприклад збільшувати переріз електродів, або такі, що істотно знижують ефект корозії.

Примітка. Значні ризики корозії можуть мати місце, зокрема через циркуляцію в землі блукаючих струмів, наприклад зворотних постійних струмів систем електричної тяги.

Не слід застосовувати уземлювальні електроди із звичайної сталі, якщо вони повинні бути вміщені в середовище, яке є сильно агресивним з точки зору небезпеки корозії.

Уземлювальні електроди із звичайної сталі, не рекомендується також застосовувати в середньо агресивному середовищі. В такому середовищі повинні бути, як правило, застосовані інші уземлювальні електроди із зазначених в таблиці 3. Якщо в середньо агресивному середовищі все ж застосовуються уземлювальні електроди із звичайної сталі, рекомендуються підвищити величини їх розмірів (насамперед товщини штаби, полиці, стінки) порівняно з наведеними в таблиці 3. Підвищення рекомендується робити тим більшим, чим більший розрахунковий термін служби уземлювального пристрою.

Примітка. В стандартах міжнародної електротехнічної комісії (IEC) звичайна сталь не розглядається як матеріал, що використовується для розташованих в землі уземлювачів.

6.1.2.6 При визначенні характеристик уземлювача, зокрема величини його заглиблення в землю, слід врахувати вплив місцевих кліматичних умов на висихання та промерзання землі (див. також 6.1.1.5).

6.1.2.7 Для запобігання дії електрохімічної корозії уземлювальних електродів (див. 6.1.1.6) слід уникати, наскільки це можливо, застосування з'єднань різних металів і сплавів.

Виготовлені з гарячооцинкованої сталі з'єднання зовнішніх по відношенню до бетону фундаменту провідників (наприклад уземлювального провідника) з розташованими в бетоні уземлювальними електродами не слід розміщувати в землі.

6.1.2.8 Уземлювач не може бути безпосередньо зануреним в воду моря, річки, ставка, озера або інших подібних місць.

6.1.2.9 З'єднання частин уземлювачів повинно виконуватися шляхом застосування зварки (наприклад екзотермічної), опресування, зажимних пристосувань, з'єднувальних муфт (різьбові з'єднання) або іншого прийнятного з точки зору надійності механічного засобу з'єднання (див. також 6.1.3.2).

Застосування зажимних пристосувань і з'єднувальних муфт не повинне спричиняти пошкодження елементів уземлювальних пристроїв (уземлювальних провідників, уземлювальних електродів), зокрема захисних покриттів.

Механічні пристрої з'єднання повинні бути змонтовані згідно з інструкціями їх виготовлювача. Повинні бути передбачені заходи проти ослаблення болтових контактів.

Примітка. З'єднання, в тому числі і арматури залізобетонного фундаменту, тільки шляхом обгортання сталевим дротом не вважається прийнятним засобом з'єднання у разі виконання захисного уземлення.

6.1.2.10 У разі застосування уземлювачів у місцях з великим питомим опором землі для забезпечення потрібної ефективності їх функціонування можуть бути використані такі заходи:

- заглиблення в землю вертикальних уземлювальних електродів підвищеної довжини, якщо значення питомого опору нижніх шарів землі менше ніж верхніх;

- улаштування виносних уземлювачів, якщо поблизу електроустановки є місця з меншим питомим опором землі (див. також 6.1.2.8);

- укладення в траншеї навколо горизонтальних уземлювачів, які розташовані у скельних структурах, вологого глинистого ґрунту з наступним трамбуванням і засипанням щебеню до верху траншеї;
- застосування штучної обробки ґрунту з метою зниження питомого опору землі.

6.1.2.11 Уземлювачі повинні бути віддалені, наскільки це можливо, від сміттєвих звалищ (наприклад різних видів добрив, хімічних продуктів тощо), які через проникнення речовин в землю можуть спричинити корозію уземлювачів.

Не слід розташовувати уземлювачі в місцях, де земля підсушується під дією штучного нагріву, наприклад поблизу трубопроводів теплових мереж.

Траншеї для горизонтально укладених уземлювальних електродів повинні заповнюватися однорідним ґрунтом, який не містить в собі щебеню і будівельного сміття.

6.1.3 Уземлювальні провідники

6.1.3.1 Переріз уземлювальних провідників повинен бути таким, щоб забезпечити виконання загальних вимог до уземлювальних пристроїв (див. 6.1.1.4) з урахуванням зазначених нижче положень.

За відсутності суттєвих струмів, які стікають в землю через уземлювач (наприклад в системі TN або IT), при виборі перерізу уземлювальних провідників можна керуватися положеннями, які надані в 6.4.2 для вибору перерізу провідників основної системи зрівнювання потенціалів.

Якщо уземлювальний провідник знаходиться в землі, характеристики і розміри цього провідника повинні також відповідати даним, які наведені в таблиці 3.

В усіх випадках переріз мідних уземлювальних провідників повинен бути не менше 6 мм², сталевих — 50 мм², а алюмінієві уземлювальні провідники застосовувати не слід.

Якщо блискавкозахисна система приєднується до уземлювача захисного уземлення, переріз уземлювальних провідників цієї системи повинен бути не меншим 16 мм² (мідних) та 50 мм² (сталевих).

6.1.3.2 З'єднання уземлювального провідника з уземлювачем повинно бути механічно тривким, відповідати високому рівню електропро-

відності і положенням, які наведені в 6.1.2.9 для забезпечення надійних з'єднань частин уземлювачів.

З'єднання які забезпечуються тільки пайкою м'яким припоєм, не можуть вважатися такими, що самостійно гарантують достатню механічну тривкість.

Примітка 1. Пайка твердим припоєм для виконання таких з'єднань дозволяється.

М'якими припоями умовно вважаються пропої з температурою плавлення до 450°C, а твердими припоями — більше 450°C.

Примітка 2. У разі застосування вертикальних уземлювальних електродів можуть бути передбачені засоби, які дозволяють зробити огляд з'єднання та заміну вертикального стержня.

6.1.3.3 Для захисту уземлювальних провідників слід застосовувати такі самі заходи, як і для провідників захисного уземлення (див. 6.2.18).

В місцях переходу уземлювального провідника із повітря в землю рекомендується застосовувати антикорозійні бандажі (приблизно на 0,3 м вище і нижче рівня ґрунту).

6.1.3.4 Як захисні уземлювальні провідники не можуть бути застосовані ті ж провідні частини, які не допускаються застосовувати як провідники захисного уземлення (див. 6.2.8).

6.1.3.5 Від'єднання уземлювального провідника від системи уземлення повинно бути можливим тільки за допомогою інструменту (див. також 6.1.4.2).

Установлення вимикаючих пристроїв (вимикачів, рубильників, штепельних роз'ємів тощо) для забезпечення цього від'єднання не допускається.

6.1.4 Головна уземлювальна шина

6.1.4.1 Для ефективного функціонування системи уземлення і основної системи зрівнювання потенціалів повинна бути установлена головна уземлювальна шина, до якої слід приєднати провідні частини, що зазначені в 4.2.1.9.

6.1.4.2 Конструкція головної уземлювальної шини повинна забезпечити можливість надійного приєднання до неї провідних частин, які підлягають приєднанню. Повинна бути передбачена можливість індивідуального

від'єднання цих провідних частин. Від'єднання повинно бути можливим тільки з використанням інструменту.

6.1.4.3 Головна уземлювальна шина може бути виготовлена з будь-якого металу, який спроможний забезпечити виконання вимог, що наведені в 6.1.1.4 (наприклад міді, латуні, нержавіючої сталі тощо).

Застосування головних уземлювальних шин з алюмінію не рекомендується.

В процесі експлуатації головну уземлювальну шину за необхідності можна продовжувати шляхом приєднання до неї додаткових елементів.

6.1.4.4 Головна уземлювальна шина повинна бути розміщена в доступному і зручному для електротехнічного персоналу місці (див. також примітку 2 в 4.2.1.9). Ця шина може бути розташована всередині ввідного (ввідно-розподільного) пристрою електроустановки або розподільного пристрою низької напруги вбудованої (прибудованої) трансформаторної підстанції (в цих випадках РЕ-шина пристрою використовується як головна уземлювальна шина) чи окремо (див. рисунки Е.1 і Е.2 в додатку Е).

Якщо в одній електроустановці є декілька таких пристроїв за головну уземлювальну шину може бути умовно прийнята РЕ-шина одного з них, наприклад та, до якої приєднуються труби водопостачання, газопостачання, опалення.

Якщо головну уземлювальну шину установлюють окремо, її слід розташовувати, як правило, в тому самому приміщенні, що і зазначені пристрої (наприклад в електроприміщенні на стіні).

6.2 ПРОВІДНИКИ ЗАХИСНОГО УЗЕМЛЕННЯ

6.2.1 При виборі матеріалів і величин перерізів провідників захисного уземлення повинна бути врахована необхідність виконання зазначених в 4.2 вимог, а також забезпечені прийнятна механічна міцність і термічна стійкість цих провідників.

Як провідники захисного уземлення слід, як правило, використовувати спеціально прокладені (див. 6.2.6) мідні або алюмінієві провідники. Застосування спеціально прокладених сталевих провідників захисного уземлення, як правило, обмежене через необхідність виконання вимог, що наведені в 6.2.2 і 4.2 (зокрема в примітці 2 до 4.2.2).

6.2.2 Мінімальне значення перерізу провідника захисного уземлення, який є жилою кабелю чи проводу живлення або виготовлений з того ж матеріалу, що й лінійні провідники, і розташований в безпосередній близькості від цього кабелю чи проводу (див. 6.2.9), повинно визначатися згідно з таблицею 4. Переріз провідника захисного уземлення з іншого матеріалу повинен бути таким, щоб забезпечити його повну провідність, яка була б не меншою повної провідності провідника захисного уземлення з перерізом, визначеним за таблицею 4.

Таблиця 4 — Мінімальний переріз провідника захисного уземлення, який є жилою кабелю (проводу) живлення або виготовлений з того ж матеріалу, що лінійні провідники, і розташований біля кабелю (проводу) живлення

Переріз лінійних провідників S в кабелі (проводі) живлення, мм ²	Мінімальне значення перерізу провідника захисного уземлення, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$
<p>Примітка 1. Зазначене в таблиці зменшення перерізу провідників захисного уземлення порівняно з лінійними провідниками допускається і для PEN та PEX провідників, але за умови виконання вимог, що наведені в 6.3.4.</p> <p>Примітка 2. Якщо переріз лінійних провідників дорівнює 150 мм², мінімальний переріз провідника захисного уземлення допускається приймати рівним 70 мм².</p>	

Примітка. Якщо провідник захисного уземлення є спільним для двох або більше кіл, то при виборі перерізу цього провідника слід враховувати те коло, в якому лінійні провідники кабелю (проводу) мають більшу активну провідність на погонний метр.

Повинні бути також виконані вимоги до перерізу провідників захисного уземлення, що наведені в 6.2.3 і 6.2.4, та прийнята до уваги вказівка, що надана в 6.2.5.

Затискачі для провідників захисного уземлення повинні забезпечувати надійне приєднання провідників, перерізи яких вибрані згідно з зазначеними в цьому підрозділі вимогами.

6.2.3 Переріз провідника захисного уземлення повинен бути не меншим величини, яка визначається за формулою (використовується для часу автоматичного вимикання, що не перевищує 5 с):

$$S_M = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}, \quad (11)$$

де S_M — мінімальний переріз провідника захисного уземлення, мм²; I — значення струму замикання (при зневажливо малому опорі в місці його виникнення), протікання якого очікується через провідник захисного уземлення (в електроустановках з ситемою ІТ значення струму подвійного замикання), А; t — час автоматичного вимикання живлення, який відповідає протіканню зазначеного струму I , с; K — коефіцієнт, значення якого залежить від матеріалу провідника захисного уземлення, його ізоляції і прийнятих розрахункових температур провідника на початку і в кінці процесу замикання.

Формула для обчислення коефіцієнта K і його розрахункові значення наведені в додатку Н.

Примітка 1. У розрахунку за формулою (11) слід враховувати ефект обмеження струму опорами елементів кола замикання, а також обмеження величини $I^2 t$ захисним пристроєм, якщо цей пристрій забезпечує таке обмеження.

Примітка 2. За розрахункову точку для визначення величини I (початок або кінець кола) приймається та з них, в якій добуток $I^2 t$ є більшим.

Примітка 3. Якщо провідник захисного уземлення є спільним для двох або більше кіл, його мінімальний переріз повинен визначатися з урахуванням найбільшої величини добутку $I^2 t$, яка має місце в цих колах.

Примітка 4. Зазначена в 6.2.3 вимога є визначальною при виборі перерізу провідника захисного уземлення в відносно рідких випадках. Якщо ця вимога є визначальною, як мінімальний переріз провідника слід прийняти значення стандартного перерізу, що є не меншим отриманої за формулою (11) величини.

6.2.4 Переріз провідника захисного уземлення, який не входить до складу кабелю або проводу живлення і прокладений не в спільній огорожувальній конструкції з цим кабелем (проводом) повинен бути не меншим :

- 2,5 мм² (мідний провідник за наявності механічного захисту);
- 4 мм² (мідний провідник за відсутності механічного захисту);
- 16 мм² (алюмінієвий провідник незалежно від наявності чи відсутності механічного захисту).

Примітка. Провідники захисного уземлення, які не є частиною кабелю або проводу живлення, вважаються механічно захищеними, якщо вони розміщені в трубі, каналі, коробі тощо.

6.2.5 В електроустановках з системою ТТ відсутня необхідність застосування провідників захисного уземлення, переріз яких перевищує 25 мм² (мідних) або 35 мм² (алюмінієвих).

6.2.6 Для виконання функцій провідників захисного уземлення можуть бути застосовані:

- а) спеціально прокладені для цього провідники (див. також 6.2.7):
 - жили багатожильних кабелів і проводів;
 - ізольовані або неізольовані провідники, які прокладені в спільній огорожувальній конструкції з кабелями (проводами) живлення;
 - окремо прокладені стаціонарні ізольовані або неізольовані провідники;
- б) деякі відкриті провідні частини (див. також 6.2.8):
 - металеві труби, які призначені для прокладання в них кабелів і проводів живлення;
 - металеві оболонки і екрани кабелів та проводів;

Примітка. На відміну від алюмінієвих оболонок кабелів можливість використання свинцевих оболонок за відсутності інших паралельно підключених провідників суттєво обмежена через великий питомий опір і малу теплоємність свинцю.

- металеві оболонки і опорні конструкції розподільних пристроїв або шинопроводів, які входять до складу електроустановки низької напруги, за умови можливості приєднання до них в потрібних місцях інших провідників захисного уземлення (відгалужень);

- в) деякі сторонні провідні частини (див. також 6.2.8):
 - металеві будівельні конструкції будинків і споруд (ферми, колони тощо);
 - металеві конструкції виробничого призначення (підкранові рейки, галереї, площадки, шахти ліфтів і підйомників, обрамлення каналів тощо).

6.2.7 Використання провідників, які спеціально прокладені для виконання функцій провідників захисного уземлення (див. 6.2.6), для інших цілей не допускається. Проте такі захисні провідники можуть виконувати також функції нейтрального (PEN), середнього (PEM) або лінійного (PEL) провідників (див. 6.3).

6.2.8 Використання відкритих і сторонніх частин, що зазначені в 6.2.6, як провідників захисного уземлення допускається, якщо вони відповідають таким вимогам:

- а) забезпечують виконання вимог, які наведені в 6.2.1–6.2.4 і 6.2.9;
- б) їх тривала електрична неперервність забезпечується конструкцією або відповідними з'єднаннями, а також, якщо потрібно, захистом від пошкоджень механічного, хімічного і електрохімічного характеру;
- в) виконання з цими частинами дій, що можуть спричинити небезпечне порушення (навіть тимчасове) неперервності провідників захисного уземлення (наприклад у разі проведення ремонтних робіт), є подією, імовірністю виникнення якої можна знехтувати.

Примітка. З урахуванням вимоги, що зазначена в в), з'єднання кожної відкритої провідної частини з провідником захисного уземлення повинно бути виконане таким чином, щоб можливе відокремлення відкритої провідної частини від системи уземлення, зокрема для проведення ремонту електрообладнання, не порушувало неперервність системи уземлення. Тому не слід використовувати відкриту провідну частину для виконання функцій провідника захисного уземлення, який призначений для приєднання до іншої відкритої провідної частини.

Прикладом прийнятого способу приєднання відкритих провідних частин до системи уземлення є застосування відгалуження від магістрального провідника захисного уземлення.

Вимога, що зазначена в в), не стосується металевих оболонок і опорних конструкцій комплектних розподільних пристроїв та комплектних шинопроводів низької напруги (див. 6.2.6 б)). Ці оболонки можуть бути застосовані як провідники захисного уземлення за умови виконання вимог, що наведені в а) і б).

Не можуть використовуватися як провідники захисного уземлення такі провідні частини:

- труби гарячого і холодного водопостачання, каналізації, опалення, а також трубопроводи горючих рідин та горючих або вибухонебезпечних газів і сумішей;
- частини конструкцій, які можуть бути, як очікується, об'єктом механічних пошкоджень за звичайних умов експлуатації;
- опорні конструкції для проводів і кабелів, несучі троси для тросової проводки, кабельні лотки та коробки;
- гнучкі металеві частини, наприклад оболонки ізоляційних трубок і трубчастих проводів, металорукава тощо.

6.2.9 Якщо для захисту від ураження електричним струмом використовуються пристрої захисту від надструму, провідники захисного уземлення повинні бути прокладені в спільній з лінійними провідниками електропроводці (наприклад входити до складу одного кабелю з останніми) або знаходитись в безпосередній близькості від лінійних провідників.

6.2.10 Не допускається установлювати комутаційні апарати (вимикачі, рубильники, контактори, топкі запобіжники тощо) для від'єднання провідників захисного уземлення від системи уземлення.

Проте для від'єднання провідників захисного уземлення можуть застосовуватися пристосування, які з метою виконання вимірів можна розібрати за допомогою інструменту. Можуть також застосовуватись штепсельні або інші аналогічні з'єднувачі, які призначені для забезпечення живлення електроприймачів і мають спеціальні контакти для приєднання до них провідників захисного уземлення.

Примітка. Не слід також застосовувати однополюсні вимикачі та інші аналогічні пристрої для від'єднання від мережі нейтральних чи середніх провідників.

6.2.11 У разі застосування електричного контролю системи уземлення не дозволяється підключати пристрої для виконання цього контролю (наприклад датчики, котушки, трансформатори струму) послідовно (у розсічку) з провідником захисного уземлення.

6.2.12 Якщо провідники захисного уземлення використовуються для приєднання до електрообладнання, яке підлягає частому демонтажу або установлене на частинах, що рухаються чи зазнають трясіння або вібрації, такі провідники повинні бути мідними та гнучкими.

6.2.13 Провідники захисного уземлення, які призначені для приєднання до корпусів переносних електроприймачів, повинні бути мідними, гнучкими, як правило, входити до складу кабелів чи проводів, що живлять ці електроприймачі, і мати переріз не менший ніж у лінійних провідників.

6.2.14 Провідник захисного уземлення, який є складовою частиною даної лінії (кабелю, проводу системи неізолюваних проводів) не допускається використовувати для захисного уземлення електрообладнання, що отримує живлення від іншої лінії.

6.5.15 Провідник захисного уземлення може не мати ізоляції. Проте в місцях, де використання неізолюваного провідника захисного узем-

лення може привести до пошкодження ізоляції кабелів чи проводів через іскріння між ним і металевою оболонкою або конструкцією (наприклад у випадку його прокладання разом з кабелями (проводами) в спільній трубі), зазначений провідник повинен мати рівноцінну з лінійними провідниками ізоляцію.

6.2.16 Провідник захисного уземлення не може використовуватися для створення провідного шляху в землю для струму в нормальних умовах експлуатації електрообладнання (наприклад струму фільтру високих частот).

6.2.17 Коли величина струму провідника захисного уземлення, яка обумовлена роботою постійно підключених до мережі електроприймачів, за нормальних умов експлуатації може перевищувати 10 мА, для забезпечення ефективності функціонування системи захисного уземлення повинна бути виконана одна з таких вимог:

- якщо такий провідник приєднується до електрообладнання, яке має тільки один затискач для приєднання, переріз цього провідника на всій його довжині повинен бути не меншим 10 мм² (мідного) або 16 мм² (алюмінієвого);

Примітка 1. PEN, PEM, PEL-провідники завжди забезпечують виконання цієї вимоги (див. 6.3.4).

- якщо електрообладнання має окремий затискач для додаткового провідника захисного уземлення і використовуються два такі паралельно підключені провідники, кожен з них повинен мати переріз, що може забезпечити нормований в 4.2 час автоматичного вимикання у разі замикання на відкриту провідну частину без урахування наявності іншого провідника.

Примітка 2. В системі TN-C зазначений струм провідника захисного уземлення може трактуватися як струм навантаження.

Примітка 3. Електроприймачі, робота яких за нормальних умов експлуатації викликає великий струм в провіднику захисного уземлення, можуть виявитися несумісними з ПЗВ, що установлені в колах цих електроприймачів.

6.2.18 Захист провідників захисного уземлення, які входять до складу кабелів чи проводів, забезпечується складовими частинами цих кабелів або проводів (наприклад кабельними оболонками) і шляхом виконання вимог чинних нормативних документів до прокладання кабелів (проводів).

Окремо прокладені неізольовані провідники захисного уземлення також повинні бути захищені від дій механічного характеру, хімічної і електрохімічної корозії та електродинамічних і термодинамічних впливів, якщо небезпека таких явищ існує.

Примітка. При виборі тих чи інших заходів захисту окремо прокладених провідників захисного уземлення слід враховувати умови функціонування цих провідників. Особливу увагу при цьому слід приділити захисту в приміщеннях з підвищеною вологістю (відносна вологість більше 60%) та хімічно агресивним середовищем. В таких приміщеннях, наприклад, не слід прокладати провідники захисного уземлення безпосередньо по стінах (відстань між ними і стіною повинна бути не менше 10 мм).

У місцях перетину температурних і осадових швів слід передбачати компенсацію довжини провідників.

6.2.19 Кожне з'єднання (шляхом екзотермічної зварки, опресування, зажимних пристосувань тощо) провідників захисного уземлення або цих провідників з іншими провідними частинами повинно забезпечувати довготривалу електричну неперервність та мати достатню механічну міцність і захищеність. Для болтових з'єднань повинні бути передбачені заходи проти ослаблення контакту.

Не слід застосовувати з'єднання шляхом паяння м'яким припоєм (див. також 6.1.3.2).

Примітка. Термічна здатність і механічна міцність кожного з'єднання повинна забезпечувати збереження його високої якості за будь-якої можливої в даному колі часострумової комбінації.

6.2.20 З'єднання провідників захисного уземлення повинні бути доступними для перевірки, крім таких:

- залитих компаундом;
- поміщених в оболонку (герметизованих);
- розташованих в трубах, каналах, шинопроводах;
- які відповідно до стандарту на обладнання є частиною цього обладнання (наприклад упресовані в нього);
- виконаних шляхом зварки або пайки твердим припоєм;
- виконаних з використанням обтискного інструменту.

6.2.21 Ідентифікація провідників захисного уземлення повинна здійснюватися за допомогою зелених і жовтих смуг, що чергуються (кольорове позначення), або літерного позначення РЕ.

6.3 PEN, PEM I PEL-ПРОВІДНИКИ

6.3.1 Вимоги до характеристик провідників захисного уземлення, що наведені в 6.2, розповсюджуються і на PEN, PEM, PEL-провідники в тій мірі, в якій вони не змінені вимогами, що надані в 6.3.2–6.3.7.

Примітка. Вимоги до зазначених провідників в спеціальних електроустановках або їх частинах, наприклад в системі живлення обладнання інформаційних технологій, можуть бути уточнені чи (і) доповнені в нормативних документах, які стосуються цих електроустановок або їх частин.

6.3.2 PEN, PEM, PEL-провідники можуть бути використані в електроустановках з системою TN-C або TN-C-S тільки в колах з стаціонарним електрообладнанням. Використання PEN, PEM, PEL-провідників у колах живлення переносних і пересувних електроприймачів не допускається.

6.3.3 Використання сторонніх провідних частин для виконання функцій PEN, PEM, PEL-провідників не допускається.

6.3.4 Вимоги до визначення перерізів провідників захисного уземлення, що наведені в 6.2.1–6.2.3, розповсюджуються і на PEN, PEM і PEL-провідники, але у разі вибору перерізів цих провідників слід також забезпечити виконання вимог до перерізів відповідно нейтральних, середніх і лінійних провідників.

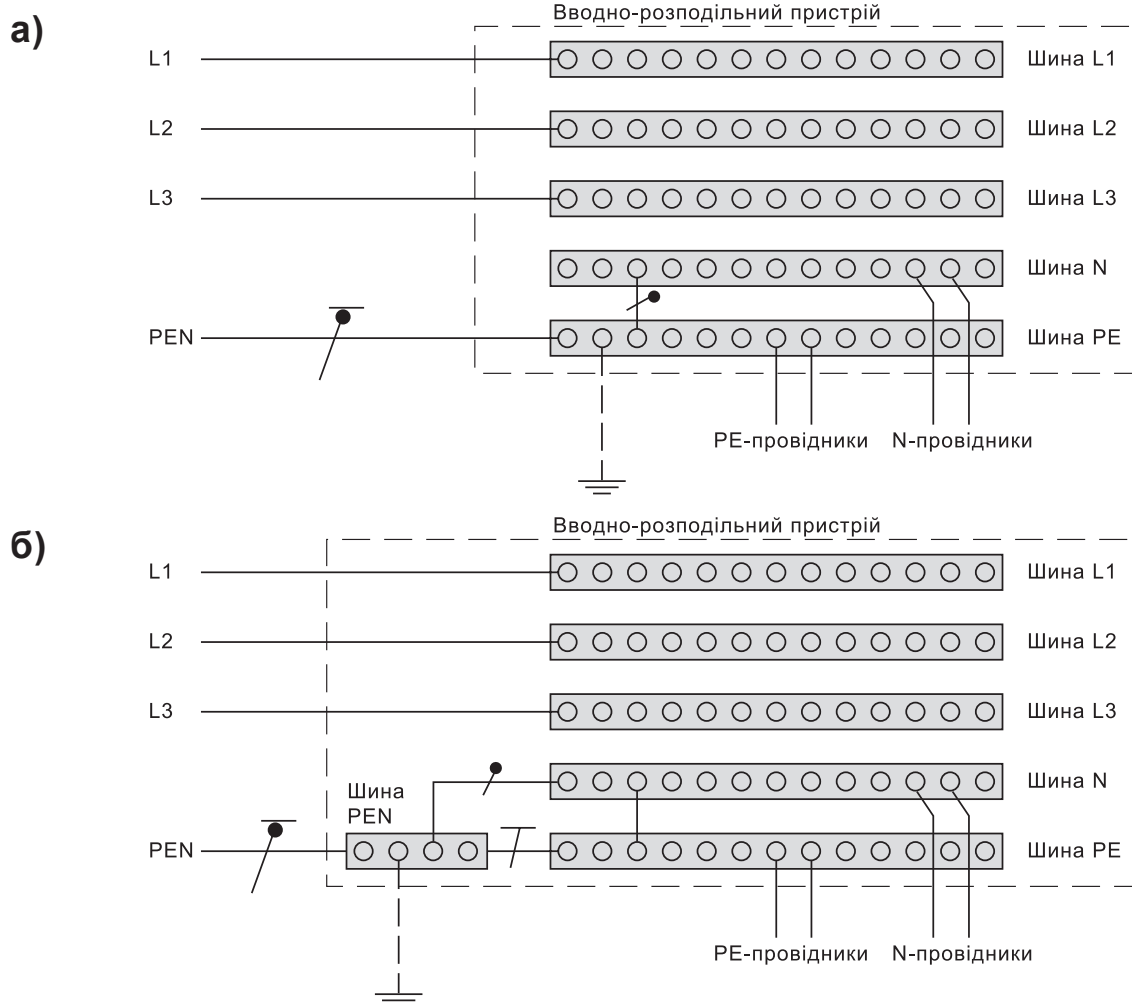
Примітка. Додаткові умови, за яких PEN-провідник кола може мати переріз менший перерізу лінійного провідника, наведені в додатку П. Ці умови враховують обмеження можливості зменшення перерізу нейтральних провідників, які зазначені в [8].

Переріз PEN, PEM, PEL-провідників в усіх випадках повинен бути не меншим 10мм² (мідь) або 16 мм² (алюміній).

6.3.5 PEN, PEM, PEL-провідники повинні мати ізоляцію, яка є рівноцінною ізоляції лінійних провідників.

6.3.6 В місці розділення на захисний і нейтральний (середній, лінійний) провідники PEN, PEM, PEL-провідник повинен бути підключеним до шини чи набору зажимів, які призначені для приєднання провідників захисного уземлення (див. рисунок 2 а), крім випадків наявності спеціальної шини чи набору зажимів, що призначені для приєднання PEN, PEM, PEL-провідника (як приклад див. рисунок 2 б).

6.3.7 Якщо в якійсь точці електроустановки з системою TN-C-S PEN або PEM-провідник поділений на окремі нейтральний чи середній провід-



Примітка. Позначення провідників відповідає наведеному в додатку Д.

Рисунок 2 — Приклади приєднання PEN-проводника до шини або набору зажимів: а) — звичайне приєднання; б) — за наявності спеціальної шини для приєднання PEN-проводника

ники і провідник захисного уземлення, не допускається з'єднання цього нейтрального або середнього провідника з будь-якими уземленими частинами (див. також Г.5 в додатку Г).

PEN, PEM або PEL-провідники можуть бути поділені на кілька провідників захисного уземлення та відповідно кілька нейтральних, середніх або лінійних провідників.

6.4 ПРОВІДНИКИ ОСНОВНОЇ І ДОДАТКОВОЇ СИСТЕМ ЗРІВНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ

6.4.1 Для виконання функцій провідників основної та додаткової систем зрівнювання потенціалів слід застосувати, як правило, спеціально прокладені для цього стаціонарні провідники.

У місцях, де це зручно, допускається в сполученні з цими провідниками використовувати зазначені в 6.2.6 відкриті і сторонні провідні частини, які можуть надійно забезпечити електричну неперервність (див. 6.2.8).

6.4.2 Переріз провідників основної системи зрівнювання потенціалів повинен бути не меншим:

- 6 мм² — мідних;
- 16 мм² — алюмінієвих;
- 50 мм² — сталевих.

Переріз цих провідників повинен бути також таким, що забезпечує активну провідність на погонний метр, яка є не меншою половини аналогічної провідності провідника захисного уземлення, що знаходиться всередині електроустановки даного будинку (споруди), і має найбільшу активну провідність на погонний метр серед провідників захисного уземлення. Проте не має потреби застосовувати мідні, алюмінієві і сталеві провідники перерізом відповідно більше ніж 25, 50 і 200 мм².

6.4.3 Переріз провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів повинен забезпечувати виконання таких вимог:

а) якщо з'єднуються дві відкриті провідні частини, величина активної провідності на погонний метр з'єднуючого провідника повинна бути не меншою аналогічної провідності того з приєднаних до зазначених відкритих провідних частин провідників захисного уземлення, у якого ця провідність менша;

б) якщо з'єднуються відкрита провідна частина і стороння провідна частина, величина активної провідності на погонний метр з'єднуючого провідника повинна бути не меншою половини аналогічної провідності провідника захисного уземлення, який приєднаний до відкритої провідної частини;

в) мінімальна величина перерізу провідника, який з'єднує дві сторонні провідні частини, а також провідників, які зазначені в а) і б) і не входять до складу кабелю або проводу живлення, повинна бути не меншою ніж вимагається в 6.2.4.

Примітка. Вибрані згідно з зазначеними правилами перерізи провідників додаткової системи зрівнювання потенціалів, як правило, забезпечують виконання умов (1) та (2), що наведені в 4.2.1.12.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

ОСНОВНИЙ ЗАХИСТ
(захист від прямого дотику)

Примітка 1. Запобіжні заходи основного захисту (*основна ізоляція* та *огорожі чи оболонки*) забезпечують захист в нормальному режимі роботи електроустановки і використовуються як частина застосованого захисного заходу від ураження електричним струмом.

Примітка 2. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [4].

A.1 ОСНОВНА ІЗОЛЯЦІЯ

Примітка. Основна ізоляція призначена для запобігання електричного контакту людей і тварин з струмоведучими частинами (прямого дотику).

У разі застосування цього виду основного захисту струмоведучі частини повинні бути повністю покриті твердою ізоляцією, яка може бути усунена тільки шляхом руйнування.

Ізоляція струмоведучих частин електрообладнання повинна відповідати вимогам стандартів, згідно з якими це електрообладнання виконане.

Якщо застосовується повітряна ізоляція, для запобігання контакту з небезпечними струмоведучими частинами повинні бути використані *огорожі чи оболонки* (див. A.2 цього додатку) або *бар'єри*, або *розміщення поза зоною досяжності* (див. додаток Б).

A.2 ОГОРОЖІ ЧИ ОБОЛОНКИ

Примітка. Огорожі чи оболонки призначені для запобігання електричного контакту людей і тварин з струмоведучими частинами (прямого дотику).

A.2.1 У разі застосування *огорож чи оболонок* як основного захисту струмоведучі частини повинні бути розміщені за захисними огорожами або вміщені в захисні оболонки, якими забезпечується ступінь захисту принаймні IPXXB або IP2X за ГОСТ 14254 (див. також A.2.2).

Винятком з цього правила є випадки, коли більші отвори (щілини) потрібні для заміни частин електрообладнання (певні типи патронів, запобіжників тощо) або для забезпечення належних умов для нормальної роботи електрообладнання згідно з вимогами конструкторської документації. У цих випадках необхідно:

– застосувати слушні запобіжні заходи для запобігання ненавмисного

дотику до струмоведучих частин;

- забезпечити, наскільки це можливо, щоб люди були попереджені про можливість дотику до струмоведучих частин через отвори (щілини) і небезпеку такого дотику (навмисного чи ненавмисного);

- виконати отвори (щілини) малими настільки, наскільки це дозволяє заміна частин електрообладнання або вимоги до забезпечення належних умов його роботи.

A.2.2 Легкодоступні горизонтальні поверхні огорож і оболонок повинні забезпечувати ступінь захисту принаймні IPXXD або IP4X за ГОСТ 14254.

A.2.3 Огорожі і оболонки повинні бути надійно закріплені, а також мати достатню міцність для забезпечення довготривалого захисту і якісного відокремлення струмоведучих частин в звичайних умовах роботи електрообладнання з урахуванням можливих зовнішніх впливів в процесі експлуатації.

A.2.4 Зняття огорожі або розкриття оболонки (повне чи часткове) повинно бути можливим тільки:

- за допомогою ключа чи інструмента, або
- після вимкнення живлення струмоведучих частин, що розташовані за огорожею чи вміщені в оболонку, вмикання якого можливе тільки після заміни або відновлення огорожі чи оболонки, або
- якщо для запобігання контакту із струмоведучими частинами установлена проміжна огорожа, яка забезпечує ступінь захисту принаймні IPXXB або IP2X за ГОСТ 14254 і може бути знята тільки за допомогою ключа чи інструмента.

A.2.5 Якщо за огорожею або оболонкою знаходиться електрообладнання, яке зберігає небезпечний електричний заряд після вимкнення живлення електрообладнання (наприклад конденсатори), повинен мати місце відповідний попереджувальний напис. Конденсатори з невеликою ємністю, наприклад ті, що використовуються для гашення дуги, затримки спрацювання реле тощо, не вважаються такими, що зберігають небезпечний електричний заряд після вимкнення живлення.

Примітка. Електрообладнання не вважається таким, що зберігає небезпечний електричний заряд, якщо напруга на струмоведучих частинах цього електрообладнання, яка є результатом наявності зазначеного заряду, після вимкнення живлення знижується за час, що не перевищує 5 с, до значення нижче 120 В.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

**ЗАХИСНІ ЗАХОДИ, ЯКІ ЗДІЙСНЮЮТЬСЯ
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ БАР'ЄРІВ ТА РОЗМІЩЕННЯ
ПОЗА ЗОНОЮ ДОСЯЖНОСТІ**

Примітка. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [4].

Б.1 ЗАСТОСУВАННЯ

Використання бар'єрів і розміщення поза зоною досяжності забезпечує лише основний захист. Ці заходи можуть вважатись захисними тільки, якщо виконана зазначена в 4.1.5 умова, і застосовуються як в поєднанні з захистом від замикання, так і без останнього.

Дотримання зазначених нижче вимог до виконання цих заходів в процесі експлуатації повинно бути здійснене шляхом контролю, який забезпечує кваліфікований персонал.

Б.2 БАР'ЄРИ

Примітка. Бар'єр призначений для запобігання ненавмисного наближення і дотику до струмоведучих частин, але не виключає можливості наближення і дотику до цих частин у разі навмисного подолання бар'єру.

Б.2.1 Бар'єри можуть бути зняті без використання ключа або інструмента, але вони повинні бути установлені таким чином, щоб їх неможливо було усунути ненавмисно.

Б.2.2 Перевагу слід віддавати бар'єрам із ізолюючого матеріалу.

Примітка. У разі використання провідного бар'єра, який відділений від небезпечних струмоведучих частин лише основною ізоляцією, цей бар'єр вважається відкритою провідною частиною, що викликає необхідність застосування захисту від замикання.

Б.3 РОЗМІЩЕННЯ ПОЗА ЗОНОЮ ДОСЯЖНОСТІ

Примітка. Захист шляхом розміщення поза зоною досяжності призначений для запобігання ненавмисного дотику до струмоведучих частин.

Б.3.1 У разі застосування як захисного заходу *розміщення поза зоною досяжності* частини, які в звичайних умовах роботи електроустановки мають різний потенціал, не повинні бути одночасно доступними, тобто знаходитися всередині зони досяжності руками, розміри якої наведені на рисунку Б.1.

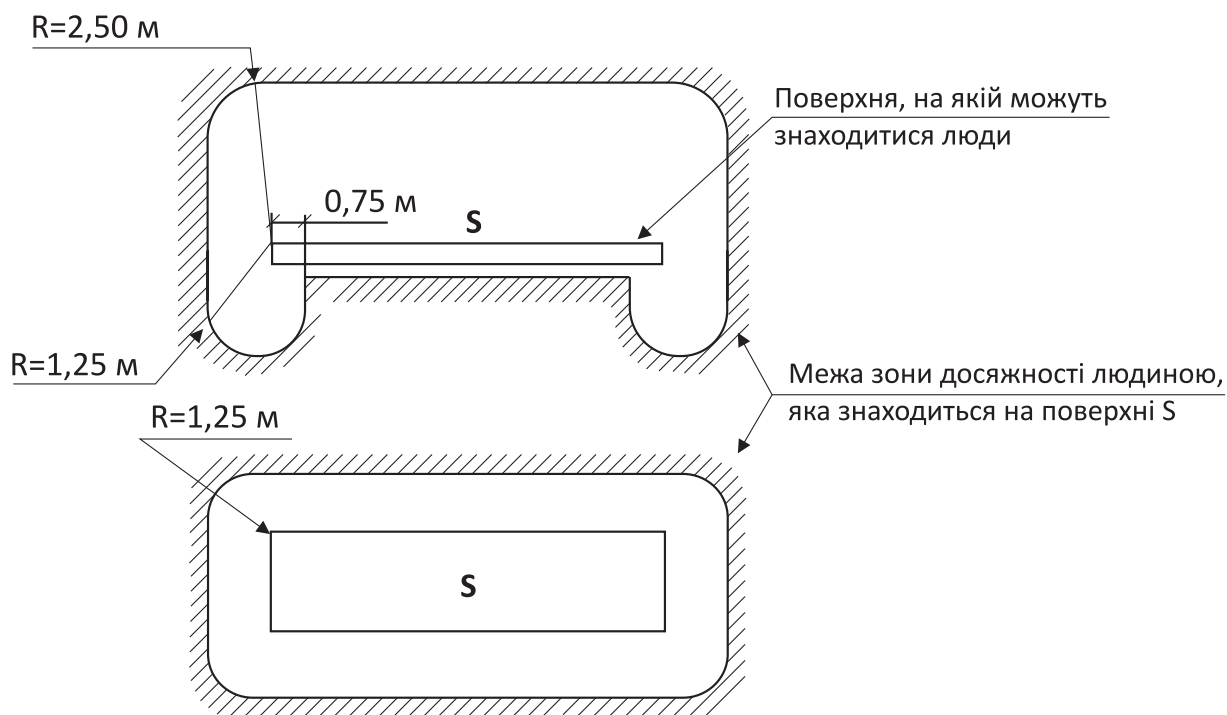


Рисунок Б.1 — Зона досяжності

Вважається, що одночасний дотик є неможливим у всіх випадках, коли частини знаходяться на відстані більше 2,5 м одна від одної. В певних випадках ця відстань може бути скорочена (див. рисунок Б.1).

Примітка. Зазначені габарити зони досяжності запобігають безпосередньому дотику до струмоведучих частин голими руками (без врахування предметів, які можуть знаходитись у руках людини, наприклад інструмента, драбини тощо).

Б.3.2 Якщо місце, де звичайно знаходяться люди, обмежується в горизонтальному напрямку перешкодою (наприклад поручнем або сітчастою огорожею), що забезпечує ступінь захисту менше IPXXB або IP2X за ГОСТ 14254, зона досяжності руками, повинна розташовуватись, починаючи від цієї перешкоди.

У вертикальному напрямку розмір зони досяжності руками становить 2,5 м від поверхні S (див. рисунок Б.1). При цьому не враховуються ніякі проміжні перешкоди, які забезпечують ступінь захисту менше IPXXB або IP2X за ГОСТ 14254.

Примітка. Див. також примітку в Б.3.1.

Б.3.3 У місцях, де звичайно переносяться громіздкі і довгі провідні предмети, відстані, що зазначені в Б.3.1 і Б.3.2, повинні бути збільшені з урахуванням розмірів цих предметів.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

**ЗАХИСНІ ЗАХОДИ — НЕПРОВІДНЕ РОЗТАШУВАННЯ,
НЕУЗЕМЛЕНЕ МІСЦЕВЕ ЗРІВНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ
І ЕЛЕКТРИЧНЕ ВІДОКРЕМЛЕННЯ У РАЗІ ЖИВЛЕННЯ
БІЛЬШЕ ОДНОГО ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧА**

Примітка 1. Спільним для всіх трьох зазначених заходів є те, що вони можуть розглядатися як захисні тільки за умови дотримання вимог, що зазначені в 4.1.6. Дотримання наданих нижче вимог до цих заходів в процесі експлуатації повинно бути реалізоване шляхом контролю, який здійснює кваліфікований персонал.

Примітка 2. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [4].

В.1 НЕПРОВІДНЕ РОЗТАШУВАННЯ

Примітка. Цей захисний захід призначений для запобігання одночасного дотику до частин, які можуть мати різний потенціал через пошкодження основної ізоляції.

В.1.1 Якщо як захисний захід застосовується непровідне розташування, повинні бути виконані вимоги, що зазначені в В.1.1.1–В.1.1.5.

В.1.1.1 Повинен бути застосований один із запобіжних заходів основного захисту, які розглянуті в додатку А.

В.1.1.2 Відкриті провідні частини повинні бути розташовані таким чином, щоб людина не могла одночасно доторкнутися до частин, які у разі пошкодження основної ізоляції можуть опинитись під різними потенціалом, а саме:

- різних відкритих провідних частин;
- відкритої провідної частини і сторонньої провідної частини.

Зазначені вимоги вважаються виконаними, якщо підлога і стіни є ізолюючими (див. В.1.1.3) і здійснений один або більше (за потреби) із таких запобіжних заходів:

а) забезпечена достатня віддаленість між відкритими провідними частинами, а також відкритими і сторонніми провідними частинами.

Віддаленість між зазначеними провідними частинами вважається достатньою, якщо відстань між ними становить не менше 2,5 м. В певних місцях ця відстань може бути зменшена до 1,25 м (див. зону досяжності на рисунку Б.1 додатка Б);

б) в потрібних місцях установлені ефективні бар'єри між різними відкритими провідними частинами, а також між відкритими і сторонніми провідними частинами.

Бар'єр вважається ефективним, якщо його наявність забезпечує достатню віддаленість між провідними частинами, яка зазначена в а).

Бар'єри не повинні мати електричний зв'язок із землею або відкритими провідними частинами. Рекомендується використовувати бар'єри з ізолюючих матеріалів;

в) ізольовані або розміщені за ізолюючою огорожею сторонні провідні частини.

Ізоляція сторонніх провідних частин повинна мати достатню механічну міцність і витримувати випробувальну напругу принаймні 2000 В протягом 1 хвилини.

В.1.1.3 Активний опір ізолюючих (непровідних) підлог і стін при вимірюванні в будь-якій їх точці повинен бути не меншим:

- 50 кОм, якщо номінальна напруга джерела живлення електроустановки не перевищує 500 В, або

- 100 кОм, якщо номінальна напруга джерела живлення електроустановки перевищує 500 В.

Якщо значення цього опору в якійсь точці менше відповідної зазначеної величини підлога (або стіна) повинна розглядатися як стороння провідна частина.

В.1.1.4 Захисні провідники не повинні застосовуватися.

В.1.1.5 Повинна бути забезпечена довговічність наведених в В.1.1.2 та В.1.1.3 заходів і виключена можливість втрати або зниження їх ефективності. Повинні бути також забезпечені застережні заходи захисту, якщо розглядається питання застосування пересувного або переносного електрообладнання, а також для запобігання внесення небезпечного потенціалу в приміщення ззовні сторонніми провідними частинами.

Примітка 1. Слід звернути увагу на небезпеку, що може мати місце, коли електроустановка знаходиться під недостатньо ефективним контролем і в процесі експлуатації в приміщення, де розміщене електрообладнання, можуть бути внесені додаткові провідні частини (наприклад пересувне чи переносне обладнання класу I за ДСТУ ІЕС 61140 або сторонні провідні частини, такі як металеві труби водопроводу), які можуть викликати невідповідність рівня захисту вимогам цього пункту.

Примітка 2. Не можна допускати зниження рівня характеристик ізоляції підлоги і стін через дію вологи.

В.2 НЕУЗЕМЛЕНЕ МІСЦЕВЕ ЗРІВНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ

Примітка. Цей захисний захід призначений для запобігання виникнення небезпечної напруги дотику.

В.2.1 Якщо як захисний захід застосовується неуземлене місцеве зрівнювання потенціалів, повинні бути виконані вимоги, зазначені в В.2.1.1–В.2.1.4.

В 2.1.1 Повинен бути застосований один із заходів основного захисту, які розглянуті в додатку А.

В.2.1.2 Всі провідні частини (відкриті і сторонні), які є одночасно доступними, повинні бути з'єднані провідниками місцевого зрівнювання потенціалів.

В.2.1.3 Система місцевого зрівнювання потенціалів не повинна мати електричний контакт з землею ані безпосередньо, ані через відкриті провідні частини, ані через сторонні провідні частини.

Примітка. Якщо ця вимога не може бути виконана, прийнятним для використання захисним заходом є автоматичне вимкнення живлення (див. підрозділ 4.2).

В.2.1.4 Слід застосовувати профілактичні заходи, що спрямовані на те, щоб люди, які входять до приміщення, де застосовується незаземлене місцеве зрівнювання потенціалів, не могли наразитися на дію небезпечної різниці потенціалів, зокрема, коли ізольована від землі провідна підлога з'єднана з системою неуземленого місцевого зрівнювання потенціалів.

В.3 ЕЛЕКТРИЧНЕ ВІДОКРЕМЛЕННЯ У РАЗІ ЖИВЛЕННЯ БІЛЬШЕ ОДНОГО ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧА

Примітка. Цей захисний захід призначений для запобігання ураження електричним струмом у разі дотику до відкритих провідних частин, які можуть знаходитись під напругою через пошкодження основної ізоляції.

В.3.1 Все електрообладнання повинно відповідати вимогам до одного із зазначених в додатку А заходів основного захисту.

В.3.2 У разі застосування цього захисного заходу повинні бути виконані всі вимоги, що зазначені в 4.4.4.1–4.4.4.5, а також наведені в В.3.2.1–В.3.2.5.

В.3.2.1 Слід здійснювати заходи для запобігання пошкоджень в відокремленому колі, зокрема порушень ізоляції.

В.3.2.2 Відкриті провідні частини відокремленого кола повинні бути з'єднані між собою ізольованими провідниками зрівнювання потенціалів, які не мають зв'язок з землею. Такі провідники не повинні з'єднуватись ані з провідниками захисного уземлення, ані з відкритими провідними частинами інших кіл, ані з будь-якими сторонніми провідними частинами (див. також примітку в 4.4.4.5).

В.3.2.3 Всі штепсельні розетки повинні мати захисний контакт, який слід приєднати до системи зрівнювання потенціалів, що виконується згідно з В.3.2.2.

В.3.2.4 Всі гнучкі кабелі (проводи, шнури) за винятком тих, що живлять електрообладнання з подвійною або посиленою ізоляцією, повинні містити в собі провідник, який використовується як провідник зазначеної в В.3.2.2 системи зрівнювання потенціалів.

В.3.2.5 У разі замикання провідників, між якими існує різниця потенціалів, на різні відкриті провідні частини (подвійне замикання) захисний пристрій повинен забезпечити вимикання живлення за час, що не перевищує зазначений у таблиці 1 (див. 4.2.2.3).

В.3.3 Рекомендується обмежувати величину, яка являє собою добуток значень напруги мережі і довжини системи електропроводки значенням $100000 \text{ В} \cdot \text{м}$, а зазначену довжину величиною 500 м.

ДОДАТОК Г
(обов'язковий)

**ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА, ЯКІ ПОВИННІ
ВИКОНУВАТИСЯ У РАЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ
ЗАХИСНОГО ВИМИКАННЯ (ПЗВ)**

Г.1 У разі застосування ПЗВ, крім вимог, що зазначені в розділі 4 цього стандарту, повинні бути виконані загальні правила, які наведені нижче в Г.2–Г.10.

Нормативні документи, які стосуються певних електроустановок, можуть ставити специфічні вимоги до ПЗВ в цих електроустановках, зокрема до їх застосування, параметрів і функціонування.

Г.2 Застосовувати ПЗВ не слід в колах, раптове вимикання яких може привести до небезпечних наслідків (виникненню вибухів, зупинки роботи установок для забезпечення пожежної безпеки тощо).

Г.3 Для недопущення небажаних (хибних) вимикань ПЗВ слід керуватися положеннями, які надані в Г.3.1–Г.3.3.

Г.3.1 Значення номінального вимикаючого диференційного струму $I_{\Delta n}$ встановленого в колі ПЗВ повинно суттєво перевищувати найбільше очікуване значення струму витоку $I_{\Delta c}$ в цьому колі.

Примітка. Для надійного виконання цієї вимоги рекомендується забезпечити, щоб в колах з ПЗВ виконувалось співвідношення: $I_{\Delta n} \geq 3I_{\Delta c}$.

В системі ІТ, коли коло не повинно автоматично вимикатися у разі виникнення першого замикання, для запобігання небажаних вимикань може бути потрібним застосування ПЗВ з достатньо високим значенням $I_{\Delta c}$. Цей факт може бути суттєвим ускладненням при вирішенні питання використання чутливих ПЗВ в колах електроустановки з системою ІТ.

Г.3.2 У разі підключення двох чи більше ПЗВ послідовно повинна бути забезпечена селективність їх роботи шляхом відстроювання за струмом і часом.

Для забезпечення відстроювання за струмом необхідно, щоб значення $I_{\Delta n}$ розташованого вище (ближче до джерела живлення) ПЗВ не менше ніж в три рази перевищувало значення $I_{\Delta n}$ розташованого нижче (ближче до електроприймачів) ПЗВ.

Для забезпечення відстроювання за часом ПЗВ, які розташовані вище, повинні мати затримку часу вимикання.

Примітка. Таку селективність називають *вертикальною*.

Іноді (особливо в електроустановках з системою ІТ і за наявності великої довжини кола і (або) обладнання з ємнісними фільтрами) може мати місце небажані вимикання ПЗВ у разі замикання на землю в іншому колі мережі. В таких випадках слід прийняти заходи для забезпечення *горизонтальної селективності*, наприклад, якщо це можливо, застосувати ПЗВ з більшим значенням $I_{\Delta n}$.

Г.3.3 В певних випадках, коли існує достатньо велика імовірність виникнення небезпечних (з точки зору створення сприятливих умов для хибних вимикань ПЗВ) короточасних кидків струму витоку, доцільно застосувати ПЗВ спеціальних типів, які рекомендуються виготовлювачами використовувати в цих специфічних випадках.

Примітка. Найбільш частими причинами виникнення зазначених кидків струму витоку є:

- а) значні комутаційні перенапруги;
- б) робота регульованого електроприводу;
- в) спрацювання приладів захисту від перенапруг (коли ПЗВ розташований вище обмежувача перенапруг чи розрядників).

Г.4 До зажимів ПЗВ повинні бути приєднані всі струмоведучі провідники (лінійні, нейтральний) кола згідно з маркуванням виготовлювача ПЗВ.

Г.5 Не допускається з'єднання нейтрального провідника кола за ПЗВ (з боку електроприймачів) з будь-якою провідною частиною, яка має зв'язок з землею, а також з нейтральними провідниками інших кіл, в яких цей ПЗВ не виконує захисних функцій.

Г.6 ПЗВ не можуть застосовуватися в електроустановках або їх частинах з системою TN-C. В електроустановках з системою TN-C-S поділ PEN провідника на захисний заземлений і нейтральний провідники повинен бути здійсненим вище ПЗВ.

Г.7 У колах промислових або інших електроприймачів, які спричиняють появу у диференційному струмі суттєвої постійної складової, повинні бути застосовані чутливі до таких диференційних струмів ПЗВ (згідно з

класифікацією ПЗВ відносно їх спроможності реагувати на диференційні струми, що відрізняються за формою від синусоїдальних).

У колах об'єктів цивільного або іншого призначення (в тому числі промислового), де відсутні джерела суттєвої постійної складової в диференційному струмі, слід, як правило, використовувати ПЗВ які реагують тільки на синусоїдальні диференційні струми (ПЗВ типу АС).

Г.8 Для захисту ПЗВ (як і інших елементів кола) від струмів перевантаження і коротких замикань повинні бути застосовані пристрої захисту від надструму. Для забезпечення ефективності цього захисту характеристики ПЗВ і зазначеного пристрою, який захищає ПЗВ, повинні бути скоординовані між собою.

ПЗВ і пристрій захисту від надструму можуть входити до складу одного апарату або бути розміщені окремо.

Г.9 В житлових будинках не допускається застосовувати ПЗВ, які здійснюють автоматичне вимикання у разі зникнення або зниження напруги в мережі.

Г.10 В електроустановках або їх частинах, в яких користувачами електрообладнання є пересічні особи і не виконуються регулярні періодичні перевірки ПЗВ кваліфікованим персоналом, рекомендується застосовувати функціонально незалежні від напруги електричної мережі (електромеханічні) ПЗВ.

Примітка. До таких електроустановок відносяться, наприклад електроустановки житлових та багатьох громадських будинків.

Г.11 В існуючих двопроводових мережах житлових будинків, де відкриті провідні частини не приєднанні до системи захисного уземлення, використання ПЗВ (наприклад в колі живлення пральної машини) рекомендується як тимчасовий (до проведення повної реконструкції мережі) додатковий захід для підвищення рівня електробезпеки. Рішення щодо використання в зазначених колах ПЗВ слід приймати з урахуванням аналізу даних про стан електропроводки і електрообладнання (для уникнення небажаних (хибних) вимикань).

ДОДАТОК Д
(обов'язковий)

ТИПИ СИСТЕМ ЗАХИСНОГО УЗЕМЛЕННЯ

Примітка. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [7].

В цьому додатку розглянуті типи систем уземлення, які використовуються у разі застосування як захисного заходу від ураження електричним струмом *автоматичного вимикання живлення*.

На рисунках Д.1–Д.14 надані приклади виконання схем систем уземлення в електроустановках змінного струму, а на рисунках Д.15–Д.19 — в електроустановках постійного струму. Пунктирною лінією на цих рисунках позначені елементи системи електропостачання, які знаходяться в мережі живлення, а суцільною лінією — елементи електроустановок користувачів електроенергії.

В одній електроустановці можуть бути застосовані кілька різних типів систем уземлення.

Позначення типу системи уземлення складається з таких літер:

а) перша літера (визначає характеристики уземлення струмоведучих частин мережі живлення):

Т — безпосереднє приєднання однієї точки струмоведучих частин до землі;

І — всі струмоведучі частини ізольовані від землі або одна точка уземлена через великий опір;

б) друга літера (визначає характеристики уземлення відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії):

Т — безпосереднє уземлення відкритих провідних частин, яке виконується незалежно від наявності чи відсутності уземлення струмоведучих частин в мережі живлення;

N — безпосереднє приєднання відкритих провідних частин до уземленої точки мережі живлення.

Подальші літери, якщо вони є, стосуються системи TN і характеризують специфічні особливості провідника захисного уземлення, а саме:


S — функції провідника захисного уземлення виконує окремий провідник;

С — провідник захисного уземлення одночасно є і нейтральним або середнім, або лінійним провідником та має відповідне позначення: PEN, PEM, PEL-провідник.

Застосовуються також такі графічні та літерні позначення провідників:

 — нейтральний (N) або середній (M) провідник;

 — провідник захисного уземлення (PE);

 — провідник, який поєднує функції провідника захисного уземлення і нейтрального провідника (PEN-провідник) або провідника захисного уземлення і середнього провідника (PEM-провідник);

L1, L2, L3 — лінійні (фазні) провідники в електроустановці змінного струму;

L–, L+ — лінійні (полюсні) провідники в електроустановці постійного струму.

Згідно з [7] стандартизованими типами системи уземлення є системи TN (і її модифікації — див. Д.1.1), TT та IT. Рекомендації щодо вибору того чи іншого типу системи уземлення в електроустановках низької напруги надані в 4.2.1.4–4.2.1.6.

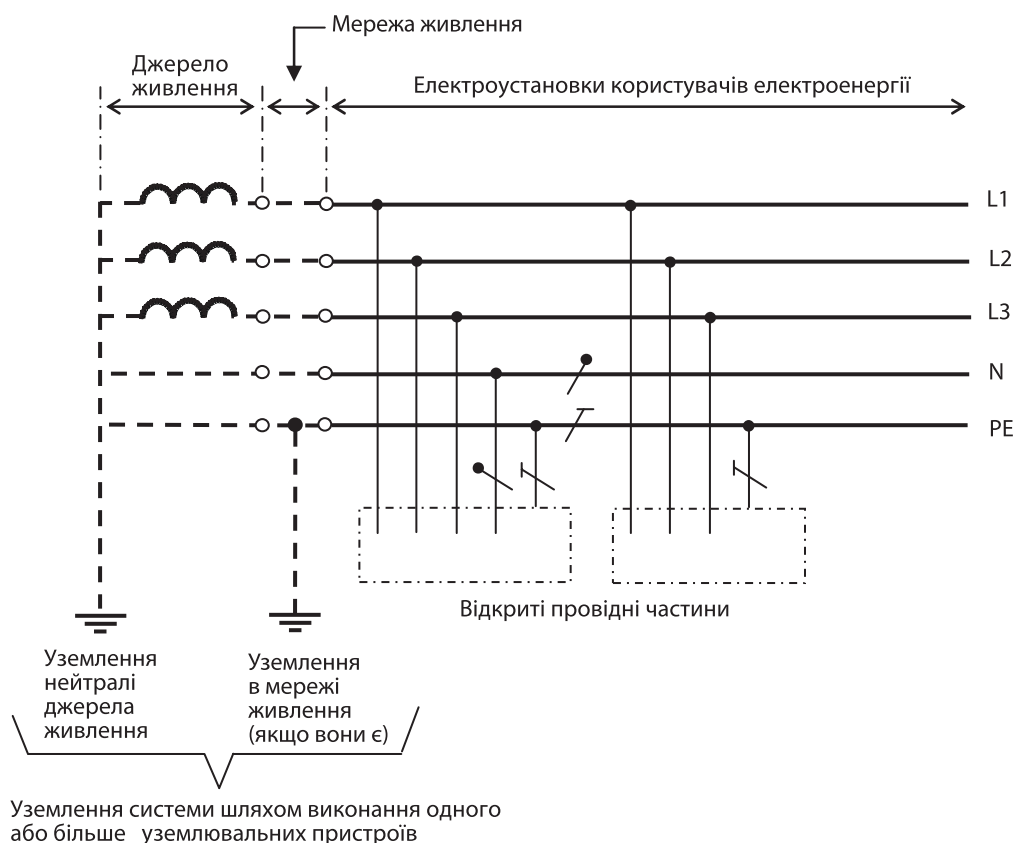
Д.1 СИСТЕМИ УЗЕМЛЕННЯ В МЕРЕЖАХ ЗМІННОГО СТРУМУ

Д.1.1 Система TN

Система має одну точку (див. 4.2.2.1), яка напряду уземлюється біля джерела живлення. До цієї точки провідниками захисного уземлення приєднуються всі відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії. Звичайно розглядаються три модифікації системи TN, які відрізняються характеристиками провідників захисного уземлення, а саме: TN-S; TN-C-S і TN-C.

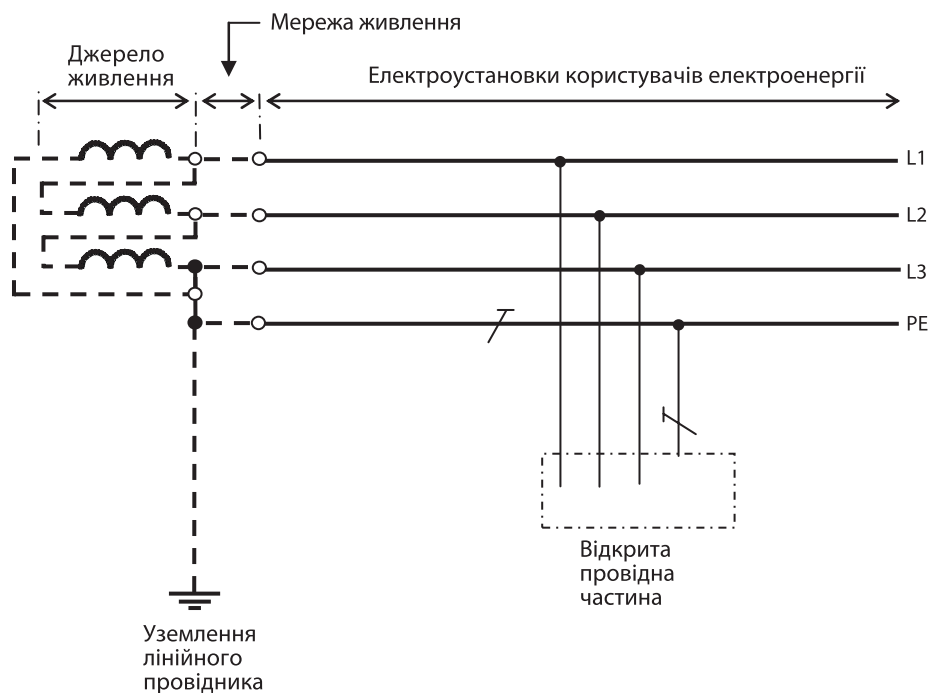
На рисунках Д.1, Д.2 і Д.3 наведені приклади виконання системи TN-S. В схемах на цих рисунках функції провідника захисного уземлення і нейтрального провідника виконують різні провідники на протязі всієї системи уземлення.

На рисунках Д.4, Д.5 і Д.6 наведені приклади виконання системи TN-C-S. В цій системі функції провідника захисного уземлення і нейтрального провідника виконує один провідник тільки в частині системи уземлення, яка прилягає до джерела живлення.



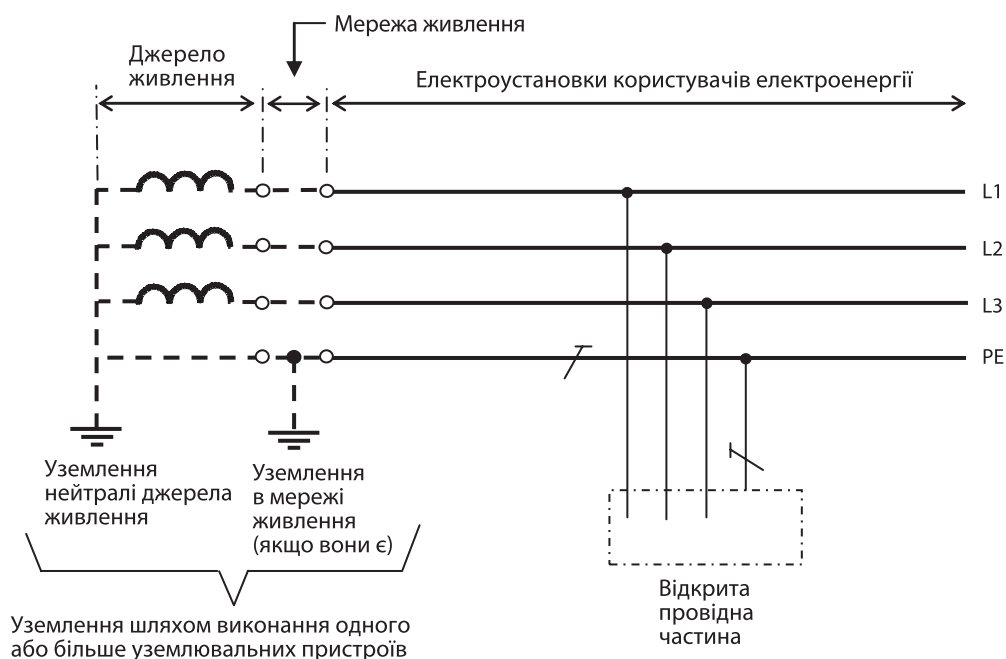
Примітка. В схемі можуть мати місце додаткові повторні уземлення РЕ-провідника.

Рисунок Д.1 — Система TN-S з уземленою нейтральною точкою і розподілим нейтральним провідником



Примітка. В схемі можуть мати місце повторні уземлення РЕ-провідника.

Рисунок Д.2 — Система TN-S з уземленим лінійним провідником



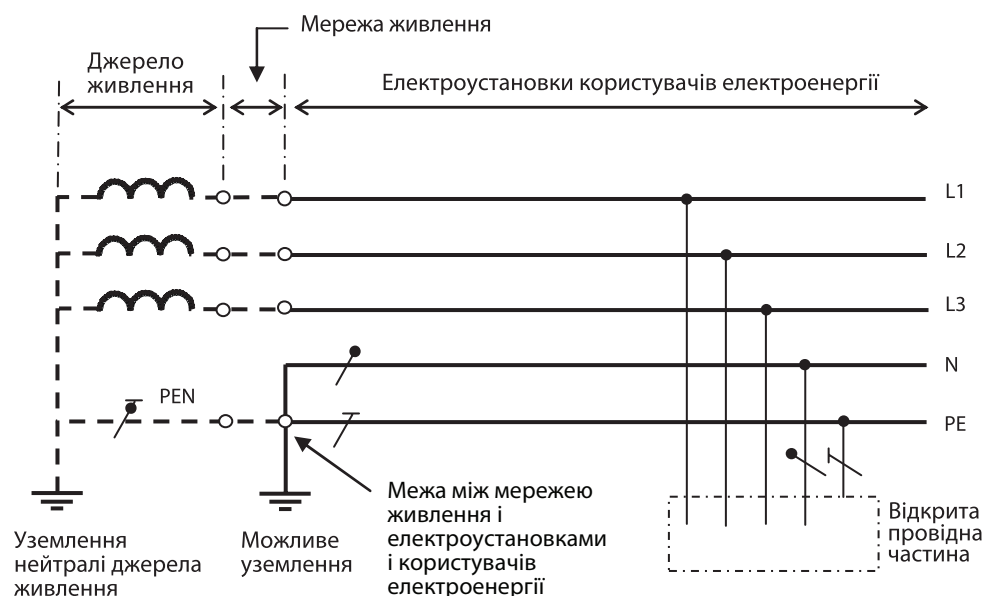
Примітка. В схемі можуть мати місце додаткові повторні уземлення РЕ-провідника.

Рисунок Д.3 — Система TN-S з уземленою нейтральною точкою і нерозподіленим нейтральним провідником



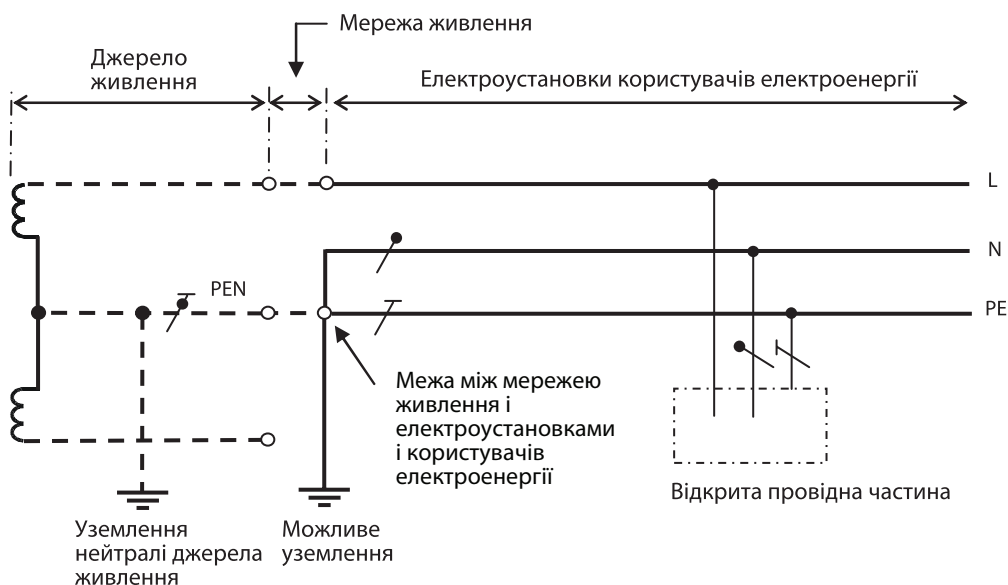
Примітка. В схемі можуть мати місце додаткові повторні уземлення PEN або РЕ-провідників.

Рисунок Д.4 — Система TN-C-S, в якій розділення PEN-провідника на нейтральний провідник і провідник захисного уземлення здійснюється в електроустановці користувача електроенергії



Примітка. В схемі можуть мати місце додаткові повторні уземлення PEN-проводника (в мережі живлення) і PE-проводника (в електроустановках користувачів електроенергії).

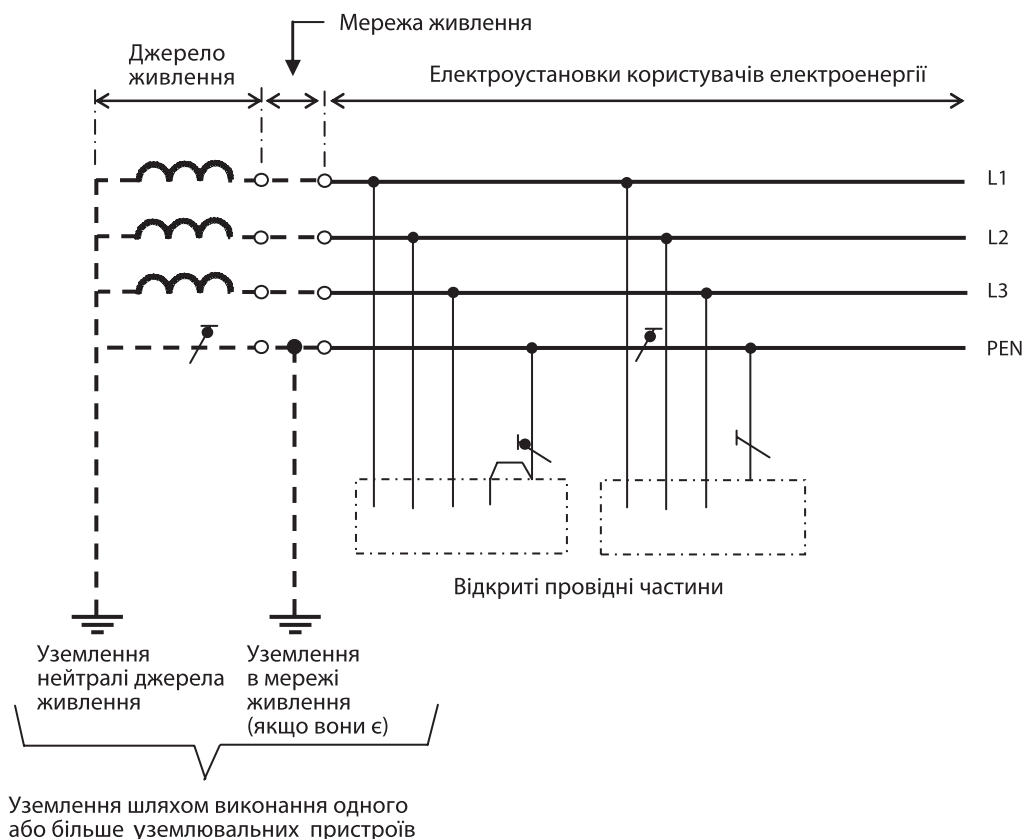
Рисунок Д.5 — Система TN-C-S (трифазна), в якій розділення PEN-проводника на нейтральний провідник і провідник захисного уземлення здійснюється на межі між мережею живлення і електроустановками користувачів електроенергії



Примітка. В схемі можуть мати місце додаткові повторні уземлення PEN-проводника (в мережі електропостачальної організації) і PE-проводника (в мережі електроустановок користувачів електроенергії).

Рисунок Д.6 — Система TN-C-S (однофазна), в якій розділення PEN-проводника на нейтральний провідник і провідник захисного уземлення здійснюється на межі між мережею живлення і електроустановками користувачів електроенергії

На рисунку Д.7 наведений приклад виконання системи TN-C, яка характеризується тим, що функції провідника захисного уземлення і нейтрального провідника виконує один провідник в усіх частинах електроустановки.



Примітка. В схемі можуть мати місце додаткові повторні уземлення PEN-проводника.

Рисунок Д.7 — Система TN-C з уземленою нейтральною точкою

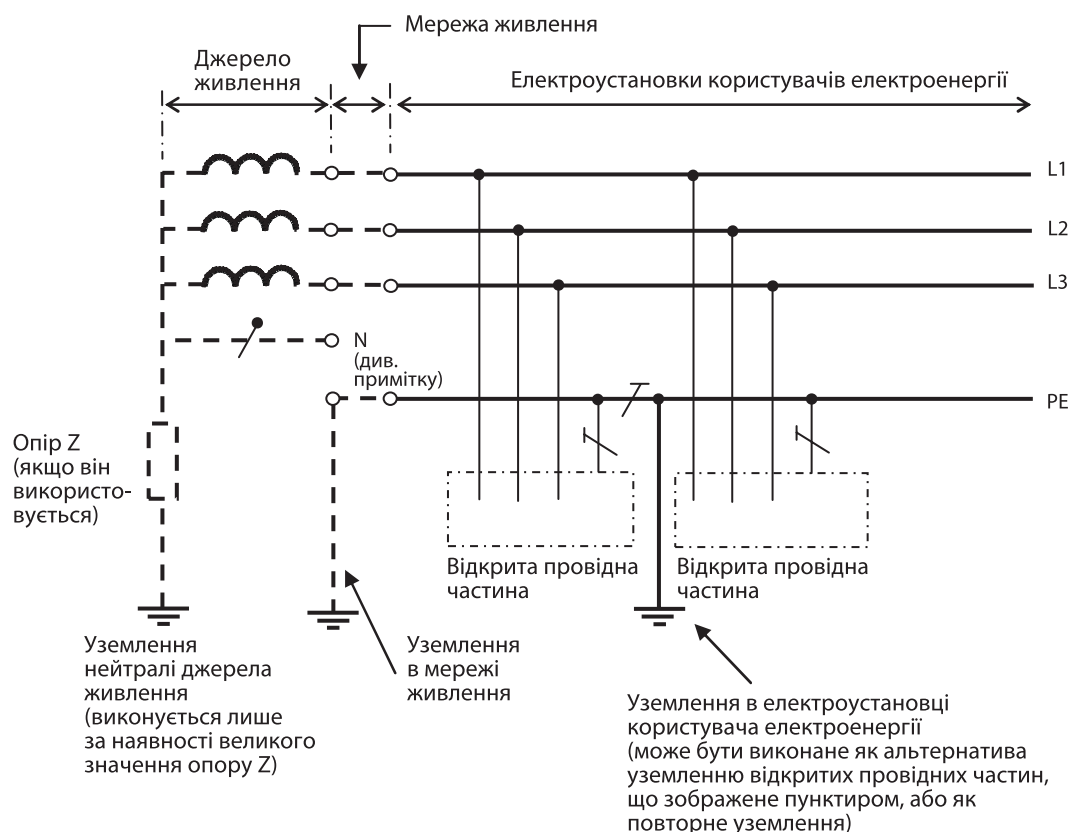
Д.1.2 Система TT

Система TT характеризується тим, що має лише одну безпосередньо уземлену точку в мережі живлення, а відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднуються до уземлювачів, які є електрично незалежними від уземлювача захисного пристрою в мережі живлення (див. також 4.2.3.1).

Приклади виконання системи TT наведені на рисунках Д.8 і Д.9.

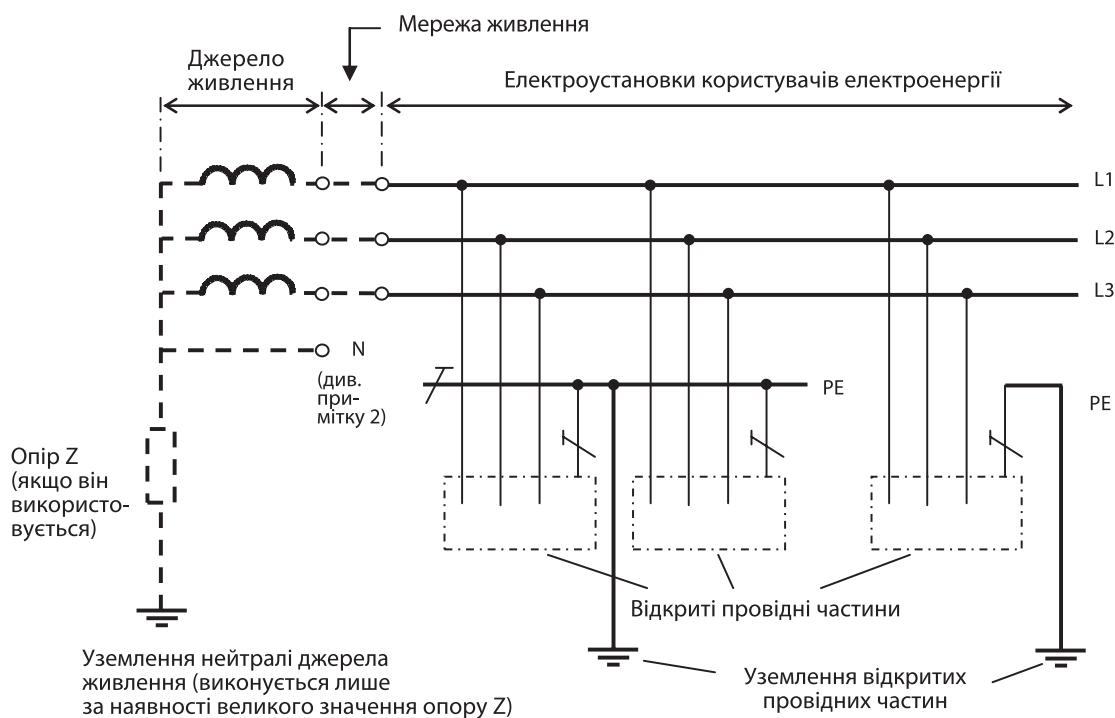
Д.1.3 Система IT

В системі IT всі струмоведучі частини є ізольованими від землі або одна точка цих частин в системі живлення з'єднується з землею через великий повний опір (див. також 4.2.4.1). Відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії уземлюються (див. також 4.2.4.2). Приклади виконання системи IT наведені на рисунках Д.10 і Д.11 (різновиди виконання системи IT див. також в додатку К).



Примітка. Нейтральний провідник може бути розподіленим або нерозподіленим.

Рисунок Д.10 — Система IT, в якій відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії з'єднані провідниками захисного уземлення і всі разом уземлені



Примітка 1. В схемі можуть мати місце додаткові уземлення PE-проводника.

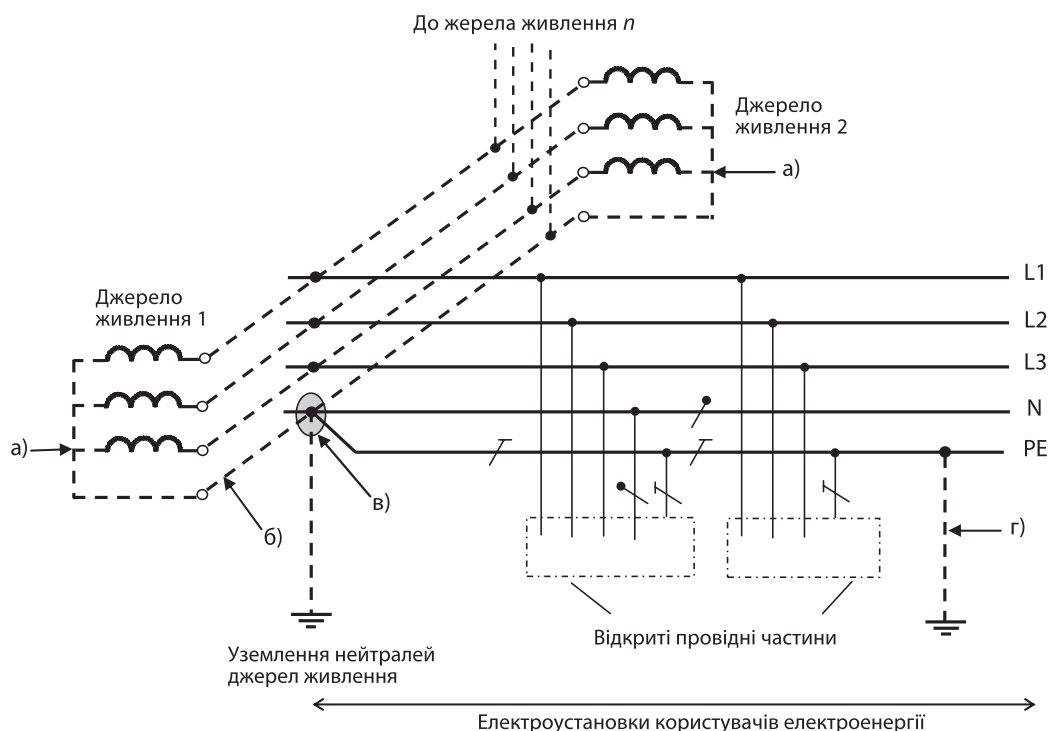
Примітка 2. Нейтральний провідник може бути розподіленим або нерозподіленим.

Рисунок Д.11 — Система IT, в якій відкриті провідні частини користувачів електроенергії приєднуються до різних уземлювальних пристроїв групами або індивідуально

Д.1.4 Системи уземлення в електроустановках з декількома джерелами живлення

У разі некоректного виконання системи TN в електроустановках з двома або більше джерелами живлення помітна частина робочого струму може протікати шляхами, які для цього не призначені (наприклад через PE-проводник). Таке явище є небажаним з точки зору забезпечення електромагнітної сумісності, а також в деяких випадках пожежної і корозійної безпеки [5; 7]. Тому на практиці за наявності декількох джерел живлення слід застосовувати схеми системи TN, які не мають зазначеного недоліку і наведені на рисунках Д.12 і Д.13.

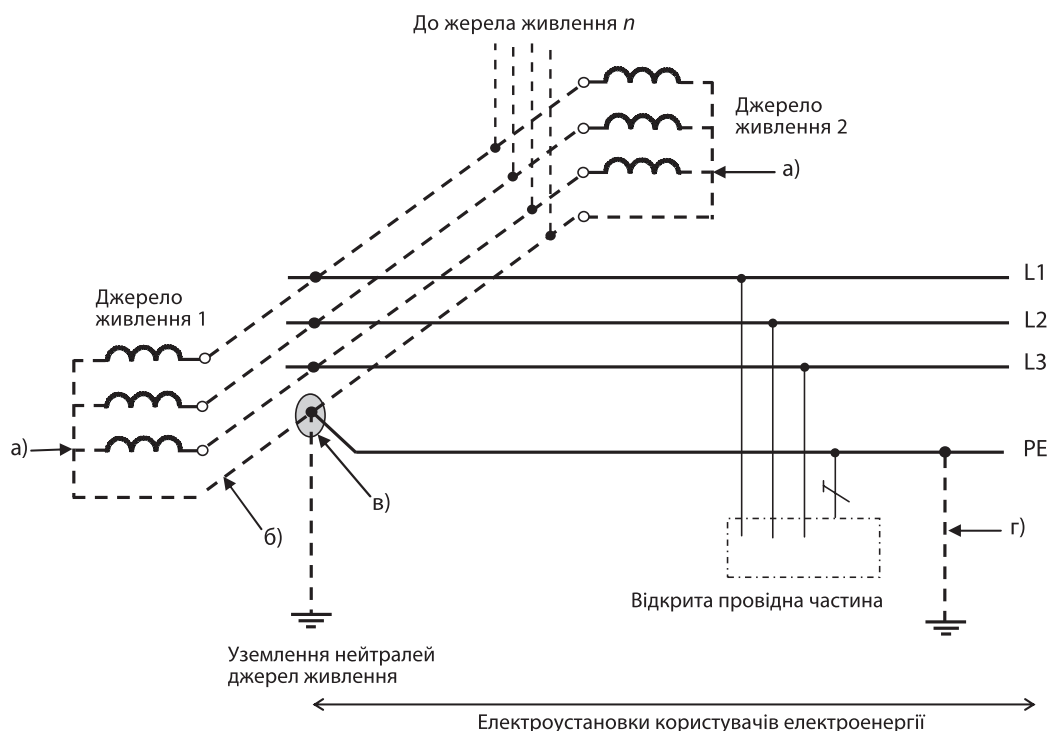
Ці схеми забезпечують мінімізацію струмів, які протікають небажаними шляхами. Основні вимоги, які повинні бути виконані у разі реалізації цих схем, наведені в примітках, що надані безпосередньо на рисунках.



Примітка. При виконанні системи необхідно дотримуватися таких правил:

- а) не слід виконувати безпосереднє уземлення кожної нейтральної точки джерел живлення;
- б) провідник, який з'єднує нейтральні точки джерел живлення, повинен бути ізолюваним. Цей провідник виконує такі самі функції як і PEN-провідник і може бути таким же чином маркованим. Однак його не слід приєднувати безпосередньо до електроприймачів;
- в) повинно бути виконано тільки одне з'єднання об'єднаних нейтральних точок джерел живлення з РЕ-провідником. Це з'єднання повинно бути розташоване всередині розподільного пристрою (щита, щитка, пункту тощо);
- г) можуть мати місце додаткові уземлення РЕ-провідника.

Рисунок Д.12 — Система TN (TN-C-S) з декількома джерелами живлення, нейтральні точки яких уземлені в одній точці, і розподіленим в електроустановках користувачів електроенергії нейтральним провідником



Примітка. Правила а), б), в) і г), які наведені в примітці до схеми на рисунку Д.12, стосуються також і виконання даної схеми.

Рисунок Д.13 — Система TN з декількома джерелами живлення, нейтральні точки яких уземлені в одній точці, і нерозподіленим в електроустановках користувачів електроенергії нейтральним провідником

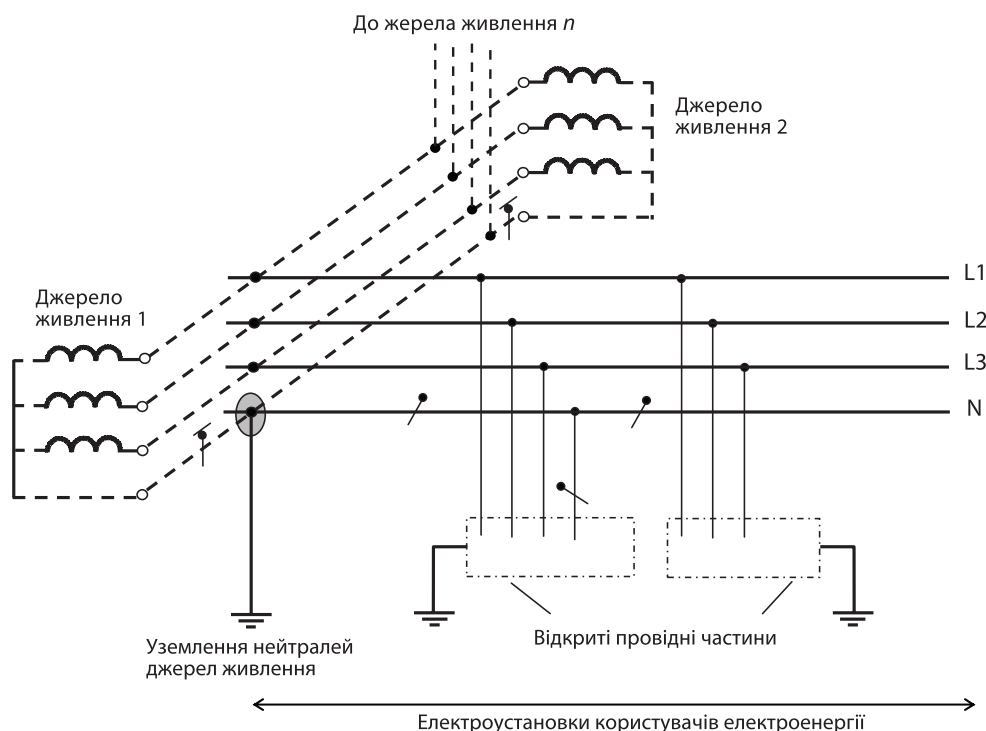


Рисунок Д.14 — Рекомендована схема системи ТТ з декількома джерелами живлення, нейтральні точки яких уземлені в одній точці

В електроустановці з системою ТТ і двома або більше джерелами живлення для створення найбільш сприятливих умов для забезпечення електромагнітної сумісності рекомендується здійснити аналогічне з системою TN з'єднання нейтральних точок джерел живлення між собою і уземлення їх в одній точці. Схема, що реалізує цю рекомендацію, наведена на рисунку Д.14 і є аналогічною (за виключенням уземлення відкритих провідних частин) схемі, яка надана на рисунку Д.12.

Д.2 СИСТЕМИ УЗЕМЛЕННЯ В МЕРЕЖАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

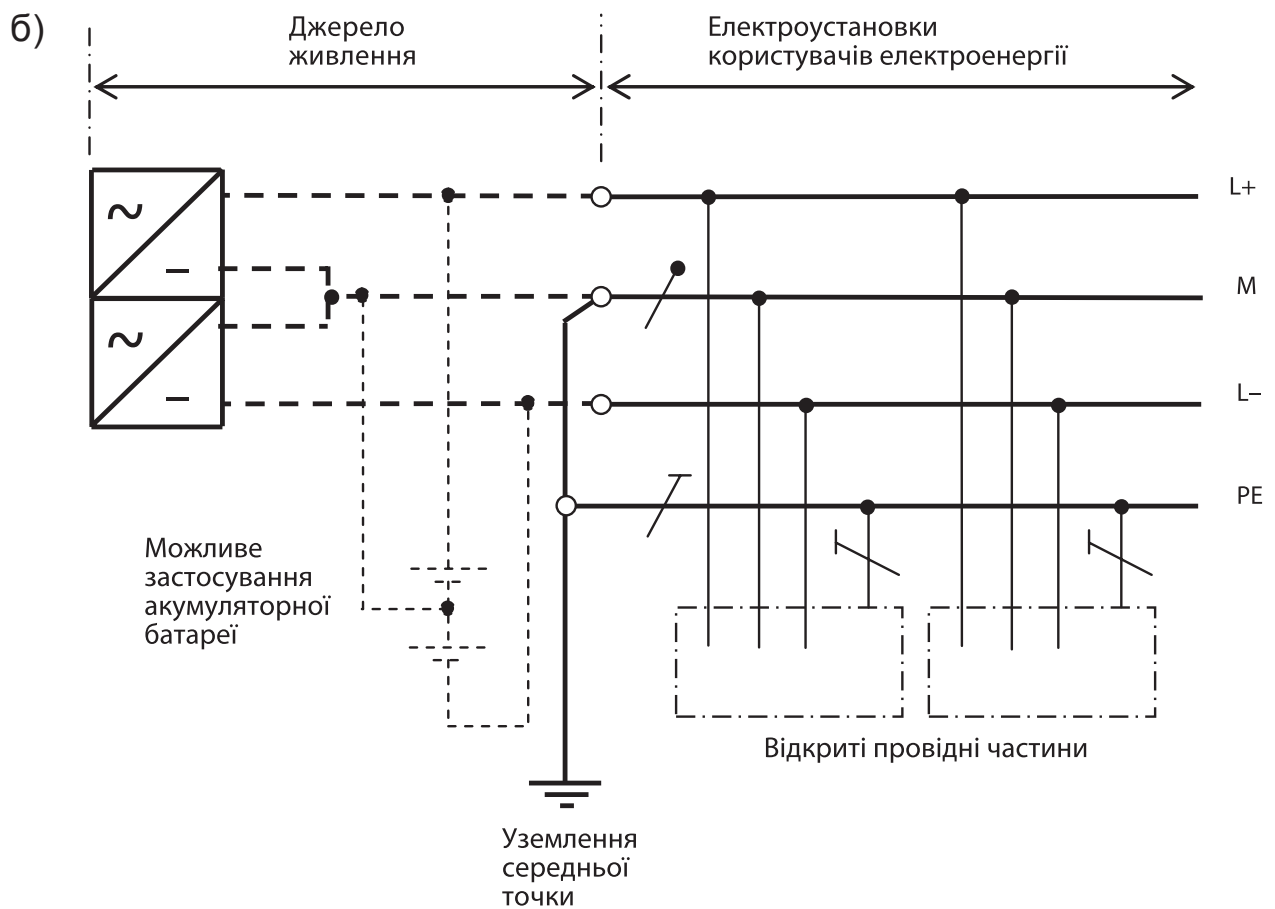
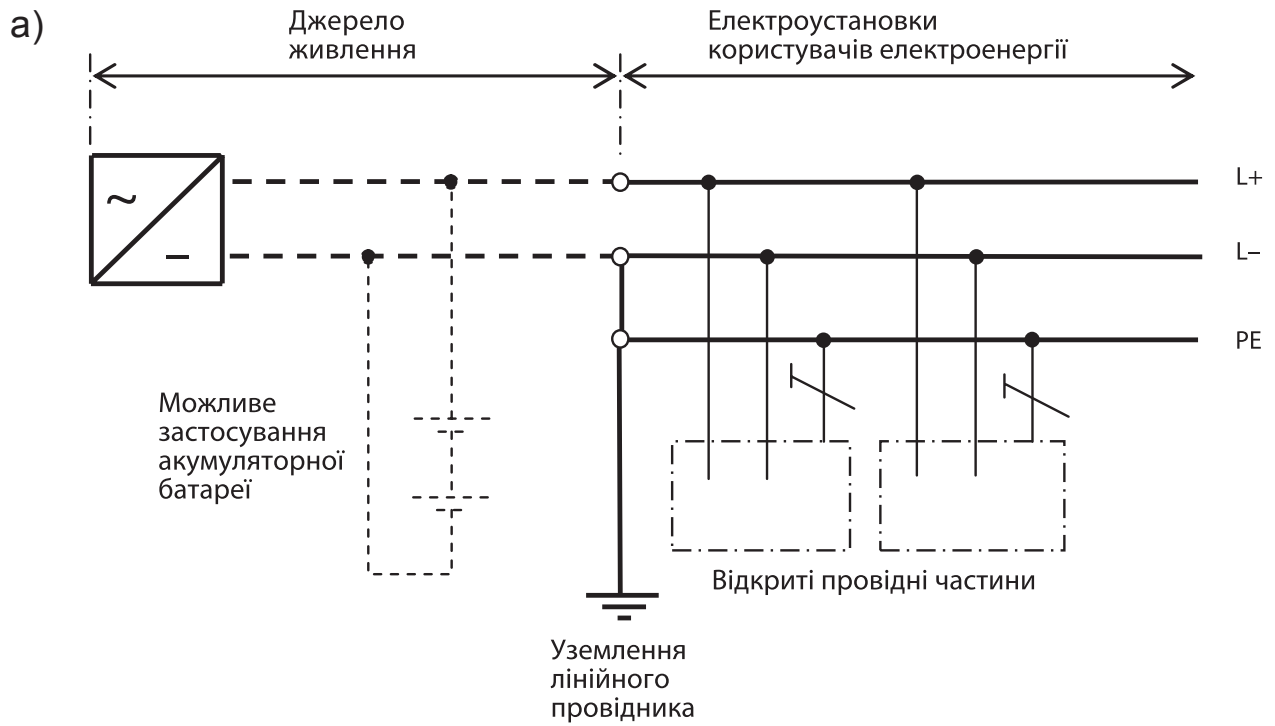
Примітка. Рішення про уземлення позитивного або негативного полюса джерела живлення в системі TN чи ТТ приймається з урахуванням умов функціонування електроустановки або інших міркувань, наприклад уникнення ефекту корозії підземних об'єктів.

Д.2.1 Система TN

На рисунку Д.15 а) наведений приклад виконання системи TN-S, в якій функції лінійних провідників і провідника захисного уземлення здійснюють різні провідники. На рисунку Д.15 б) наведений приклад, в якому в системі TN-S функції середнього провідника і провідника захисного уземлення здійснюють різні провідники.

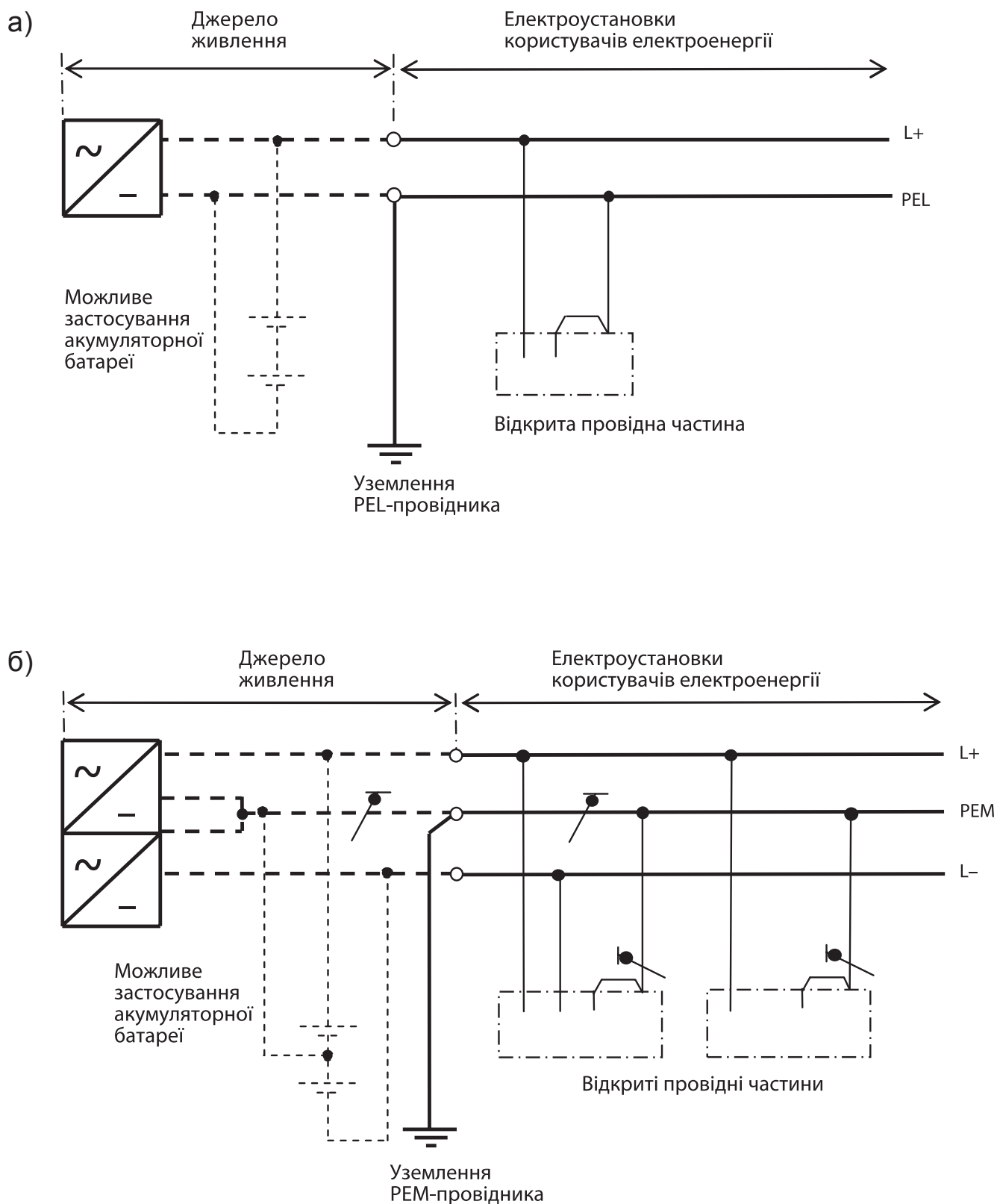
На рисунку Д.16 а) наведений приклад виконання системи TN-C, в якому функції одного з лінійних провідників і провідника захисного уземлення виконує РЕL-провідник, а на рисунку Д.16 б) приклад, в якому в системі TN-C функції середнього провідника і провідника захисного уземлення виконує РЕМ-провідник.

На рисунку Д.17 а) наведений приклад виконання системи TN-C-S, в якому в частині електроустановки функції одного з лінійних провідників і провідника захисного уземлення виконує РЕL-провідник, а на рисунку Д.17 б) приклад, в якому функції середнього провідника і провідника захисного уземлення в частині електроустановки виконує РЕМ-провідник.



Примітка. В наведених схемах можуть мати місце додаткові уземлення РЕ-провідника.

Рисунок Д.15 — Система TN-S в електроустановках постійного струму



Примітка. В наведених схемах можуть мати місце додаткові уземлення PEL або PEM-провідників.

Рисунок Д.16. — Система TN-C в електроустановках постійного струму

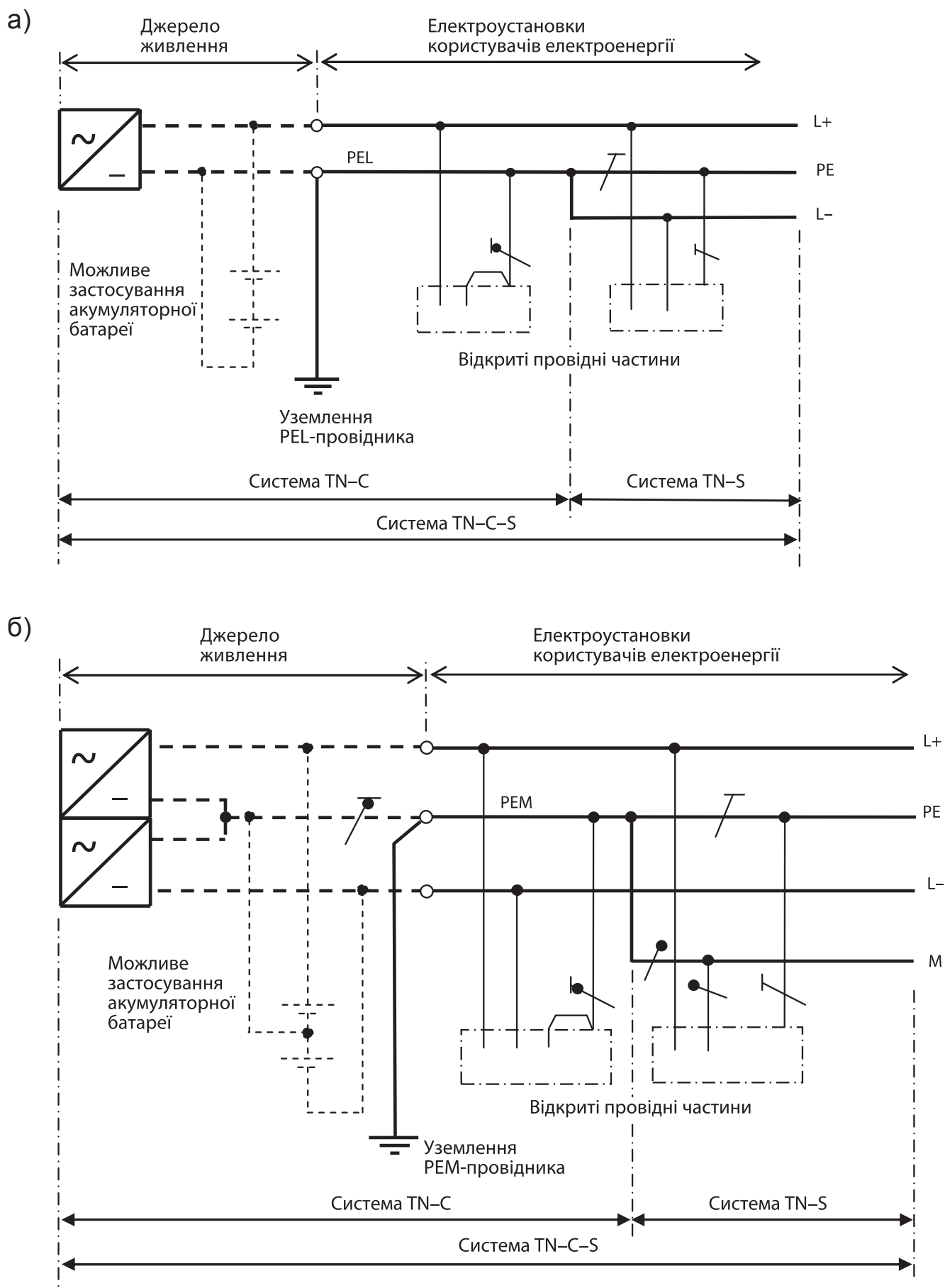
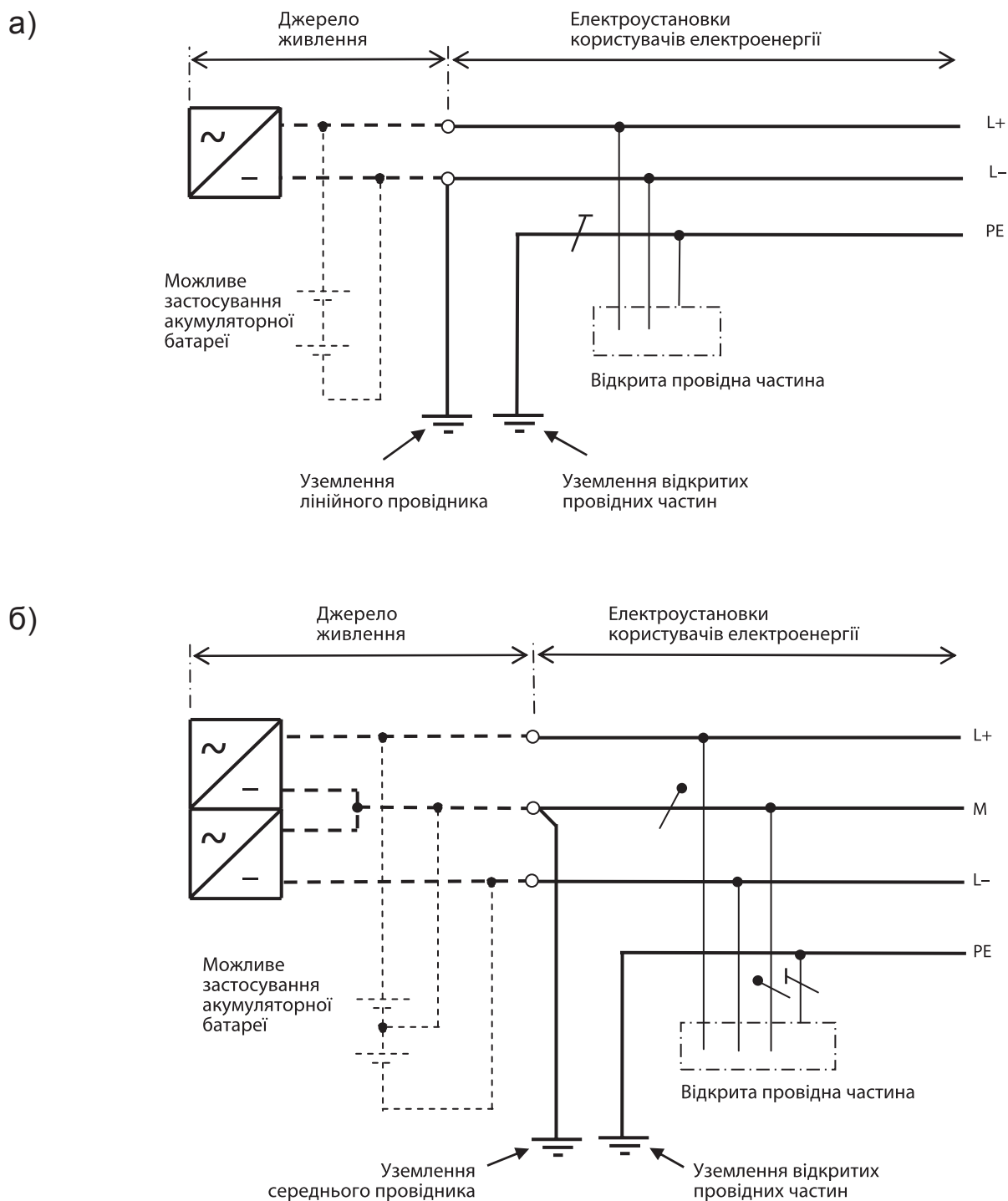


Рисунок Д.17. — Система TN-C-S в електроустановках постійного струму

Д.2.2 Система ТТ

На рисунку Д.18 а) наведений приклад виконання системи ТТ в електроустановці без середнього провідника, а на рисунку Д.18 б) — в електроустановці з середнім провідником.

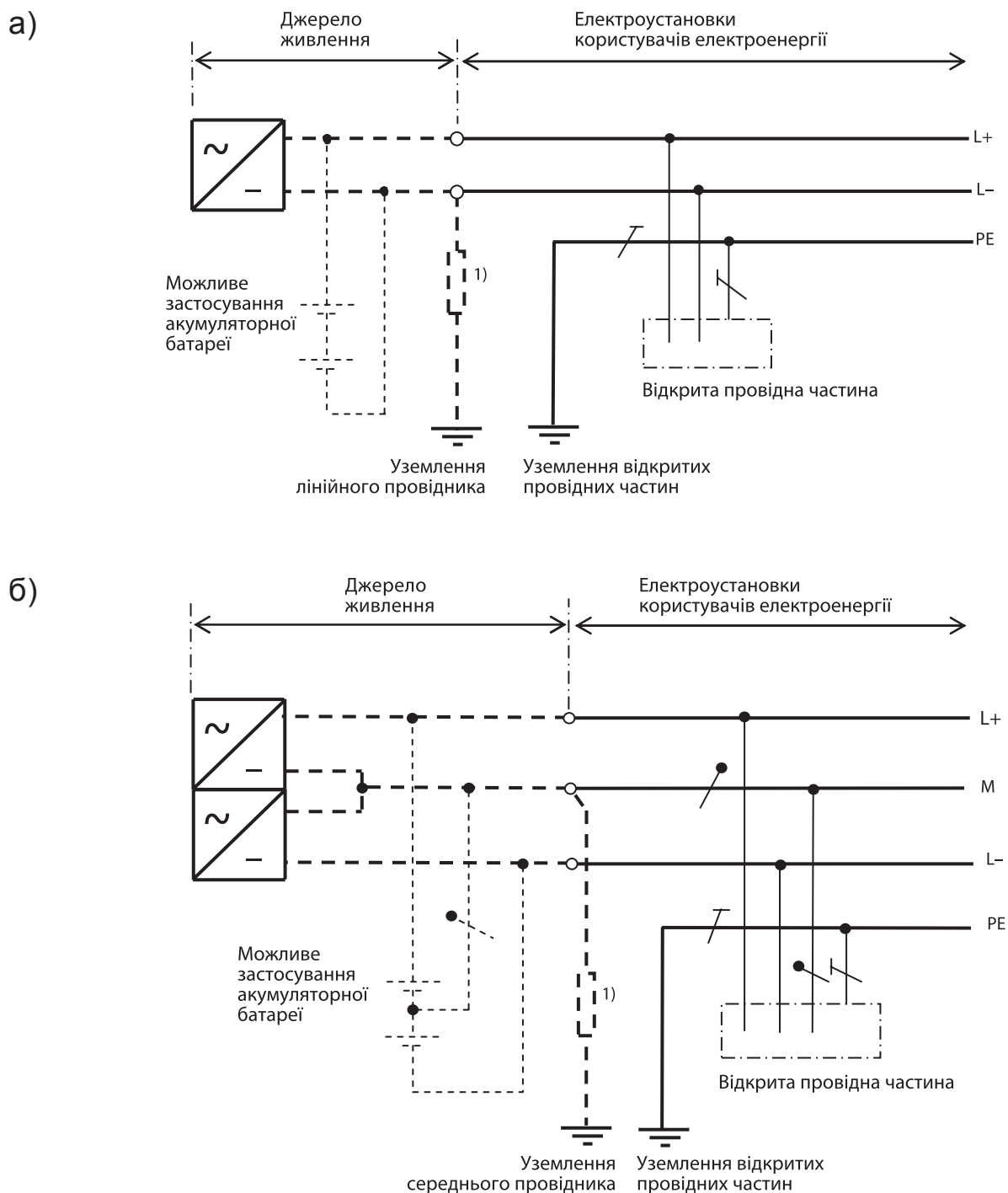


Примітка. В наведених схемах можуть мати місце додаткові уземлення РЕ-проводника.

Рисунок Д.18 — Система ТТ в електроустановках постійного струму

Д.2.3 Система ІТ

На рисунку Д.19 а) наведений приклад виконання системи ІТ в електроустановці без середнього провідника, а на рисунку Д.19 б) — в електроустановці з середнім провідником.



1) Уземлення можливе лише через достатньо великий опір.

Примітка. В наведених схемах можуть мати місце додаткові уземлення РЕ-провідника.

Рисунок Д.19 — Система ІТ в електроустановках постійного струму

ДОДАТОК Е
(довідковий)

**ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ
СИСТЕМ ЗРІВНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ**

Примітка. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [6].

На рисунку Е.1 наведений приклад виконання основної системи зрівнювання потенціалів в електроустановці з системою TN житлового будинку, а також додаткової системи зрівнювання потенціалів в ванній кімнаті цього будинку. Зазначений рисунок ілюструє також застосування захисних провідників різних типів в електроустановках будинків.

Позначення на рисунку Е.1:

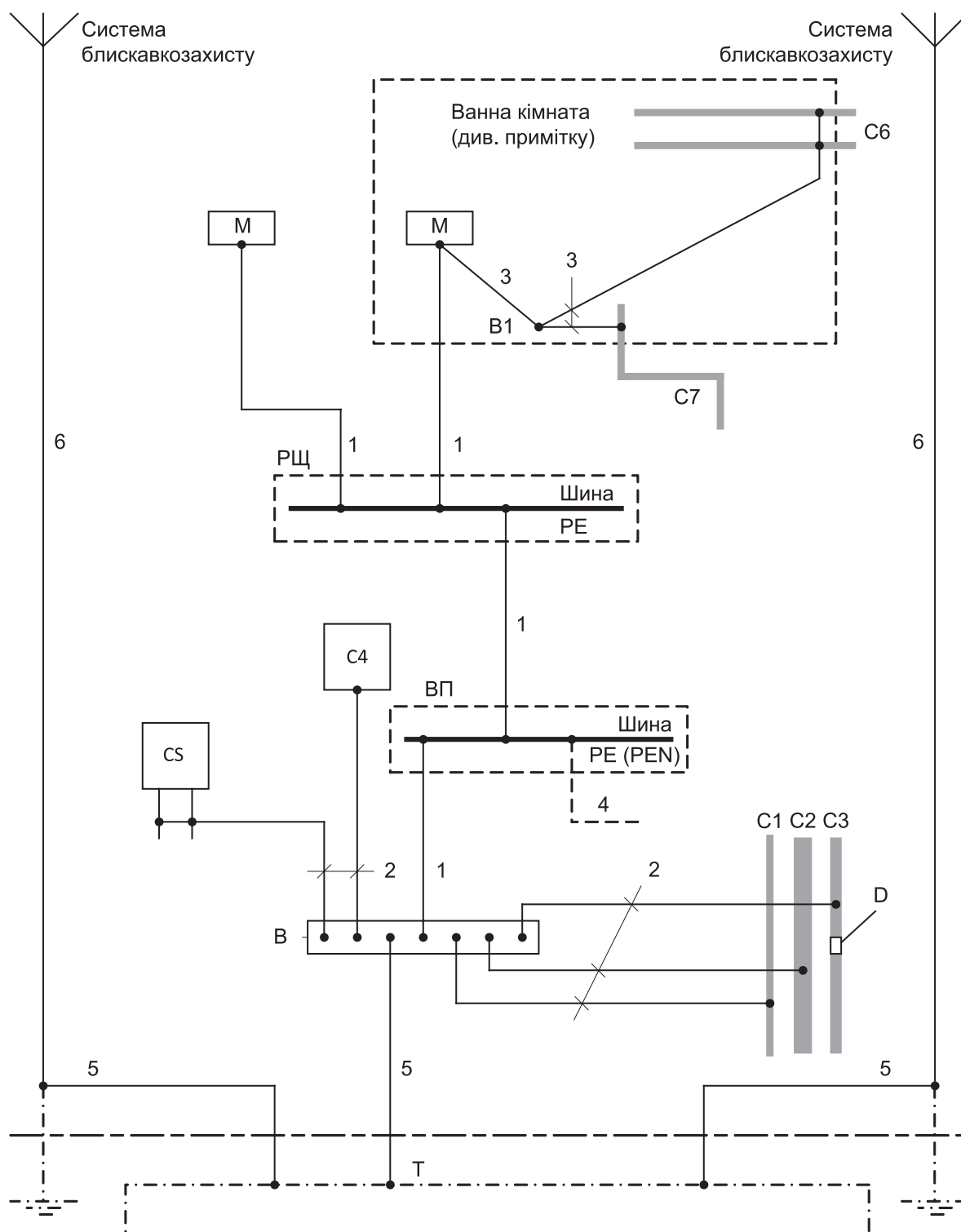
ВП — ввідний пристрій; РЩ — розподільний щиток; С1, С2, С3 — металеві труби систем водопостачання, водовідведення і газопостачання, які входять до будинку ззовні; С4 — система кондиціювання; С5 — система опалення; С6 і С7 — металеві труби водопостачання і водовідведення в ванній кімнаті; D — ізолююча вставка; В — окремо розташована головна уземлювальна шина; В1 — шина (або сукупність затискачів) для здійснення додаткової системи зрівнювання потенціалів; М — відкрита провідна частина; Т — уземлювач (наприклад фундаментний); 1 — провідник захисного уземлення; 2 — провідник основної системи зрівнювання потенціалів; 3 — провідник додаткової системи зрівнювання потенціалів; 4 — РЕ або PEN-провідник кабельної лінії мережі живлення; 5 — уземлювальний провідник; 6 — струмовідвід (спуск) системи блискавкозахисту.

На рисунку Е.2 наведений інший приклад здійснення основної системи зрівнювання потенціалів в електроустановці житлового будинку і розглядаються варіанти її виконання в системах TN і TT.

Позначення на рисунку Е.2:

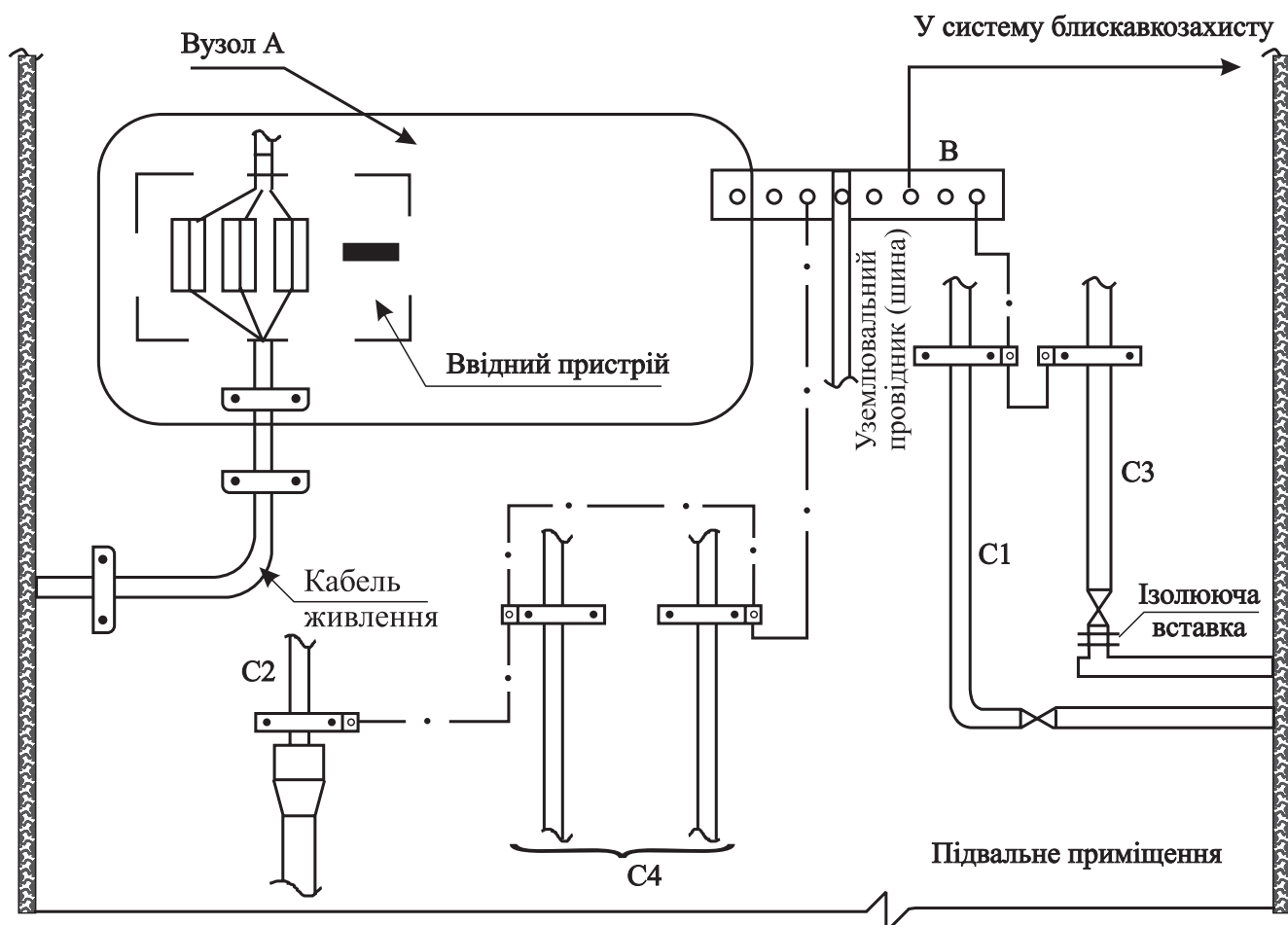
----- — провідник основної системи зрівнювання потенціалів; металеві труби, які введені в будинок ззовні: С1 — труба водопостачання; С2 — труба водовідведення; С3 — труба газопостачання; С4 — труби опалення; В — окремо розташована головна уземлювальна шина.

Літерні позначення провідників (РЕ, N, PEN) — див. додаток Д.



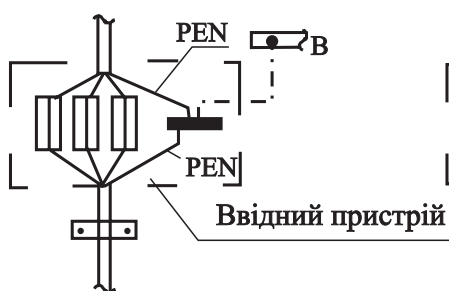
Примітка. В кімнаті, яка містить в собі ванну або (і) душ, повинна бути виконана місцева додаткова система зрівнювання потенціалів (див. 4.2.1.11), що об'єднує одночасно доступні відкриті і сторонні провідні частини цієї кімнати та з'єднана з основною системою зрівнювання потенціалів електроустановки будинку. До зазначених сторонніх провідних частин належать: металеві будівельні конструкції та металеві частини таких систем: водопостачання, водовідведення, опалення, повітряного кондиціювання, газопостачання.

Рисунок Е.1 — Приклад виконання системи зрівнювання потенціалів і уземлення в електроустановці індивідуального житлового будинку

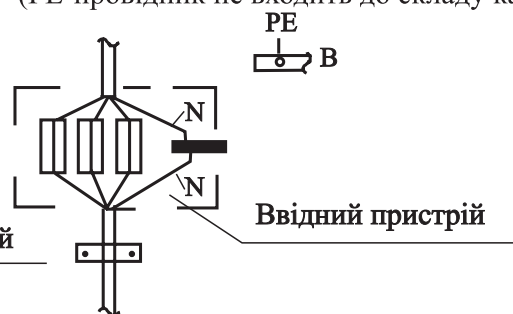


Вузол А

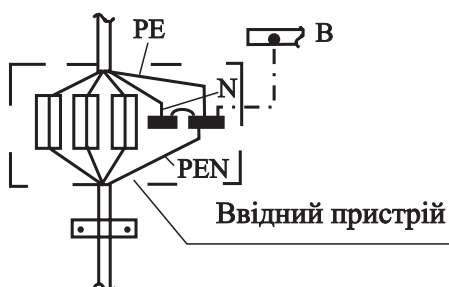
Система TN-C



Система TT
(РЕ-провідник не входить до складу кабелю)



Система TN-C-S



Система TT
(РЕ-провідник є оболонкою кабелю)

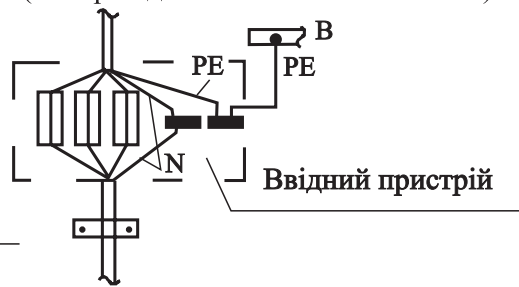


Рисунок Е.2 — Приклад виконання основної системи зрівнювання потенціалів в електроустановці індивідуального житлового будинку

ДОДАТОК Ж
(довідковий)

**МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ВИКОНАННЯ ВИМОГИ
ДО ЧАСУ АВТОМАТИЧНОГО ВИМИКАННЯ
З УРАХУВАННЯМ НАГРІВАННЯ ПРОВІДНИКІВ**

Нижче наведена спрощена методика перевірки виконання умови (3), яка надана в 4.2.2.2 цього стандарту, з урахуванням нагрівання мідних або алюмінієвих лінійних провідників та провідників захисного уземлення струмами навантаження і замикання в електроустановках з системою TN. Така методика може бути використана як при проектуванні, так і при виконання приймально-здавальних або періодичних випробувань електроустановки. В цьому додатку наведені також зауваження щодо аналогічної перевірки в електроустановках з системою IT.

Примітка 1. Нагрівання провідників впливає на час автоматичного вимикання через збільшення під його дією опору провідників і, як наслідок, зменшення значення струму замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину.

Примітка 2. Свинцеві (оболонки кабелів) і сталеві провідники в цьому додатку не розглядаються оскільки вони, як правило, не використовуються як єдині провідники захисного уземлення.

Згідно з даною методикою спочатку здійснюють грубу перевірку виконання умови (3), яка наведена в 4.2.2.2. Для цього по часострумівій характеристиці захисного пристрою визначають струм I_a , який забезпечує автоматичне вимикання за час, що відповідає зазначеному в 4.2.2.3. Далі розраховують (у разі проектування) або вимірюють (у разі випробування) повний опір кола замикання $Z_{S,20}^*$. Маючи зазначені величини струму і опору, проводять перевірку виконання нерівності, яка має вигляд:

$$I_a \times Z_{S,20} \leq 2U_0 / 3. \quad (\text{Ж.1})$$

Якщо ця нерівність виконується, то вважають, що результат перевірки умови (3) є позитивним. Якщо нерівність не виконується і добуток

* Розрахункова температура для обчислення значення опору кола замикання приймається рівною 20°C. Ця величина може бути також прийнята такою, що відповідає значенню температури оточуючого середовища при вимірюванні (за умови проведення вимірювання в приміщенні, відсутності електричного навантаження і використання невеликого випробувального струму).

$I_a \times Z_{S,20}$ є близьким до значення U_0 або перевищує це значення, результат перевірок умови (3) є негативним, що потребує прийняття заходів для забезпечення виконання цієї умови або здійснення додаткової системи зрівнювання потенціалів.

За наявності відносно невеликого перевищення значення лівої частини умови (Ж.1) над правою (менше ніж 30–35%) є доцільним продовжити перевірку виконання умови (3) шляхом уточнення величини активного опору провідників захисного уземлення і лінійних провідників кола замикання. Для цього розрахований або виміряний активний опір зазначених провідників при 20°C слід помножити на відповідний температурний коефіцієнт K_θ , який визначається в залежності від нормованого часу автоматичного вимикання у разі замикання, характеристики прокладки провідників захисного уземлення відносно лінії живлення (окремо від лінії або провідник входить до складу кабелю чи проводу живлення*) і прийнятої початкової температури провідників**. Згідно з даною методикою вибір величини коефіцієнта K_θ виконується відповідно з наведеними нижче правилами.

У випадках, коли перевірка умови (3) здійснюється з використанням струму I_a , що відповідає наведеному в таблиці 1 (див. 4.2.2.3) часу вимикання (наприклад у разі дії електромагнітної відсічки автоматичного вимикача), активний опір мідного чи алюмінієвого провідника захисного уземлення, який не входить до складу кабелю чи проводу живлення, приймається рівним помноженій на $K_\theta=1,05$ величині опору цього провідника при 20°C. Для мідних і алюмінієвих провідників (лінійних і захисного

* До провідників, які входять до складу кабелю чи проводу живлення в даному додатку умовно віднесені також провідники захисного уземлення, які прокладені у пучку (джгуті) з кабелями (проводами) живлення.

** Під прийнятою початковою температурою θ_i в даному випадку слід розуміти температуру провідників, яку приймають як розрахункову в момент виникнення замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину.

Для провідників захисного уземлення, які не входять до складу кабелів чи проводів живлення, величина θ_i може бути прийнята рівною розрахунковій температурі оточуючого середовища (для приміщень будинків і споруд в цьому додатку прийнято, що $\theta_i = 20^\circ\text{C}$). Для лінійних провідників і провідників захисного уземлення, які входять до складу кабелів чи проводів живлення, величина θ_i може бути прийнятою рівною максимально допустимій температурі жил провідника, яка враховувалася при виборі перерізу лінійних провідників кабелю (проводу) за умови їх нагріву тривало допустимим струмом навантаження. При цьому досягається деякий розрахунковий запас в бік збільшення величин K_θ .

уземлення), які входять до складу кабелю чи приводу живлення, за таких умов для розрахунку приймається коефіцієнт $K_\theta = 1,25$.

Зазначений коефіцієнт $K_\theta = 1,25$ застосовується для урахування нагрівання провідників, прийнята початкова температура θ_i яких не перевищує 70°C . Якщо θ_i перевищує 70°C , наприклад у разі, коли переріз лінійних провідників вибраний за умови протікання тривало допустимого струму, який відповідає температурі жил вище зазначеної, повинен бути застосований додатковий коефіцієнт $K_d = (\beta + \theta_i) / (\beta + 70) \approx (230 + \theta_i) / 300$, де β — величина, яка є оберненим значенням температурного коефіцієнта опору провідника при 0°C . Для міді і алюмінію ця величина приблизно однакова і дорівнює біля 230°C .

У випадках, коли перевірка умови (3) здійснюється з використанням струму I_a , який відповідає величині часу t_0 , що перевищує наведену в таблиці 1, але не є більшою 5 с (розподільні кола і кінцеві кола з робочим струмом більше 32 А), коефіцієнти K_θ може бути визначеним за допомогою таблиць Ж.1 і Ж.2. В зазначених таблицях надані значення коефіцієнтів K_θ , які розраховані за формулою (Ж.2) і визначають рівень збільшення активного опору провідників у разі протікання через них струму замикання протягом $t_0 = 5$ с. Ці значення K_θ залежать від співвідношення I_a / S (де S — переріз провідника), матеріалу провідника і прийнятої початкової температури θ_i . Отримані шляхом розрахунку значення округлені в бік збільшення до числа з двома цифрами після коми, остання з яких є 5 або 0

Формула для розрахунку величини K_θ має вигляд

$$K_\theta = \frac{\beta + \theta_i}{\beta + 20} e^{\frac{\rho_{20} I_a^2 t_0}{Q_c (\beta + 20) S^2}} \quad (\text{Ж.2})$$

В формулі (Ж.2) застосовані такі позначення: $e = 2,718$ — неперове число; ρ_{20} , Q_c і β — фізичні параметри матеріалу провідників, значення яких наведені в таблиці Н.1 додатка Н (ρ_{20} — питомий електричний опір матеріалу провідника при 20°C , Ом·мм; Q_c — об'ємна теплоємність матеріалу провідника при 20°C , Дж/ $^\circ\text{C}$ ·мм³; β ($^\circ\text{C}$) — див. вище).

Примітка 3. Формула (Ж.2) отримана шляхом застосування спрощеного аналізу процесу нагрівання провідників струмом замикання, який базується на припущеннях, що процес нагрівання є адіабатичним, аперіодична складова струму замикання відсутня і його величина протягом всього часу замикання є незмінною та дорівнює I_a .

Таблиця Ж.1 — Розрахункові значення K_θ для мідних провідників, коли час автоматичного вимикання перевищує наведений в таблиці 1, але є не більшим 5 с

Характеристика провідника	Коефіцієнт K_θ при величині I_a / S (А/мм ²)										
	До 20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Провідник захисного узем- лення не входить до складу кабелю чи проводу живлення ($\theta_i = 20^\circ\text{C}$)	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,45	1,55	1,65	1,75
Провідник (лінійний, захисного уземлення) входить до складу кабелю чи проводу живлення ($\theta_i \leq 70^\circ\text{C}$)	1,25	1,35	1,35	1,40	1,50	1,55	1,65	1,75	1,85	—	—
Примітка 1. Якщо прийнята початкова температура θ_i перевищує 70°C , повинен бути застосований додатковий коефі- цієнт K_d .											
Примітка 2. У разі проміжного значення I_a / S величина коефіцієнта K_θ визначається шляхом лінійної інтерполяції.											

Таблиця Ж.2 — Розрахункові значення K_θ для алюмінієвих провідників, коли час автоматичного вимикання перевищує наведений в таблиці 1, але є не більшим 5 с

Характеристика провідника	Коефіцієнт K_θ при величині I_a / S (А/мм ²)							
	До 13	20	25	30	35	40	45	50
Провідник захисного уземлення не входить до складу кабелю чи проводу живлення ($\theta_j = 20^\circ\text{C}$)	1,05	1,10	1,20	1,25	1,35	1,45	1,60	1,80
Провідник (лінійний, захисного уземлення) входить до складу кабелю чи проводу живлення ($\theta_j \leq 70^\circ\text{C}$)	1,25	1,35	1,40	1,50	1,60	1,75	—	—
Примітка. Див. примітки 1 і 2 в таблиці Ж.1.								

Визначення температурних коефіцієнтів K_θ і, якщо потрібно, то і додаткових коефіцієнтів K_d за зазначеними вище виразами дозволяє отримати прийнятну для практичних цілей оцінку значень активних опорів лінійних провідників і провідників захисного уземлення, які входять до складу кола замикання, з урахуванням їх нагрівання струмом навантаження і струмом замикання. Знаючи розрахункові величини активних опорів цих провідників і параметри джерела живлення, легко отримати значення повного опору кола замикання Z_S , яке використовується для перевірки виконання умови (3) в 4.2.2.2.

Для одержання значень повних опорів провідників з урахуванням їх нагрівання допускається здійснювати множення величин повних опорів цих провідників при температурі 20°C на відповідні значення коефіцієнтів K_θ . Отримані повні опори провідників кола замикання з урахуванням їх нагрівання струмами навантаження та замикання і розрахований повний опір джерела живлення дозволяють з прийнятною точністю визначити величину Z_S шляхом арифметичного складання.

Перевірка виконання вимоги до часу автоматичного вимикання з урахуванням нагрівання провідників в електроустановках з системою ІТ, в яких відкриті провідні частини всі разом приєднуються до одного уземлювального пристрою, виконується аналогічно перевірці в електроустановках з системою TN. Для визначення коефіцієнтів K_θ і K_d можуть бути використані наведені вище дані. Проте відмінністю в методиці перевірки в електроустановках з системою ІТ є те, що замість перевірки умови (3) слід виконувати перевірку умови (8) або (9) в залежності від зазначеної в 4.2.4.5 характеристики нейтрального або середнього провідника. Беручи це до уваги, нерівність (Ж.1), яка використовується для грубої перевірки виконання умови (3), повинна бути також замінена на нерівність $I_a \times Z_{S,20} \leq U / 3$ або $I_a \times Z'_{S,20} \leq U_0 / 3$ (див. 4.2.4.5).

ДОДАТОК И
(довідковий)

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВЕЛИЧИНИ НАПРУГИ
НА ВІДКРИТИХ ПРОВІДНИХ ЧАСТИНАХ
ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК КОРИСТУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
У РАЗІ ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ НА СТОРОНІ
ВИСОКОЇ НАПРУГИ ЖИВЛЯЧОЇ ПІДСТАНЦІЇ
(З УРАХУВАННЯМ СПЕЦИФІКИ ВИКОНАННЯ
В УКРАЇНІ МЕРЕЖ ВИСОКОЇ НАПРУГИ)**

Примітка 1. Специфіка українських мереж високої напруги, які безпосередньо живлять через трансформаторні підстанції електроустановки низької напруги, полягає в тому що вони, як правило, є мережами напругою 10 або 6 кВ з ізолюваною або уземленою через дугогасильний реактор нейтраллю. Для захисту мережі від перенапруг або (і) забезпечення селективного захисту у разі замикання на землю між нейтраллю трансформатора і землею може бути також підключений резистор (за наявності дугогасильного реактора підключається паралельно цьому реактору).

Ці мережі (у вітчизняній практиці мають назву “мережі з ізолюваною або компенсованою нейтраллю”) характеризуються тим, що величина струму замикання на землю в них звичайно не перевищує декількох десятків ампер. Пристрої захисту від замикань на землю в таких мережах, як правило, діють на сигнал і лише в деяких випадках на автоматичне вимикання.

Примітка 2. Матеріал цього додатку може бути використаний для виконання вимог, що надані в розділі 5 і додатку К.

И.1 Якщо уземлювальний пристрій підстанції виконує також функції уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії, розрахункова величина напруги U_f на відкритих провідних частинах користувачів електроенергії у разі замикання на землю на стороні високої напруги підстанції визначається за виразом (див. також 5.3 та рисунки К.1а); К.3; К.8; К.9 додатка К):

$$U_f = U_{y3} = R \times I, \quad (\text{И.1})$$

де U_{y3} — напруга на уземлювальному пристрої живлячої підстанції у разі замикання на землю на стороні високої напруги цієї підстанції; I — частина розрахункового струму замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції I_3 , яка стікає в землю з уземлювального пристрою цієї підстанції; R — опір уземлювального пристрою підстанції.

Примітка. До складу уземлювального пристрою підстанції входять уземлювальні електроди, які зазначені в 5.2.

Оскільки величина струму замикання на землю на стороні високої напруги підстанції $I_3 \geq I$, як значення U_f може бути прийнятий добуток $I_3 \times R$, що при $I_3 > I$ забезпечує деякий розрахунковий запас.

И.2 На практиці формулу (И.1) може бути доцільним використовувати в дещо зміненому вигляді, а саме:

$$U_f = U_{y3} = R_e \times I_3, \quad (\text{И.2})$$

де R_e — еквівалентний опір системи уземлення, яка об'єднує уземлювальний пристрій підстанції, та, якщо вони є, повторні уземлення РЕ і PEN-провідників і протяжні уземлювачі (оболонки чи екрани кабелів високої та низької напруг, які приєднані до уземлювального пристрою підстанції (див. 5.2) і згідно з цим стандартом (див. 6.2.8) можуть розглядатись як природні уземлювачі).

Для визначення величини I_3 та R_e на стадії проектування можуть бути використані положення, які наведені в И.2.1–И.2.6.

И.2.1 За розрахунковий струм I_3 приймається:

а) в мережах з ізольованою нейтраллю — повний струм металевого замикання на землю (в практичних розрахунках допускається враховувати тільки ємнісну складову цього струму I_C , спосіб визначення величини якої розглянуто в И.2.2);

б) в мережах з уземленою через дугогасильний реактор нейтраллю найбільша очікувана величина повного струму металевого замикання на землю у випадку, коли один з підключених до мережі живлення підстанції реакторів знаходиться у вимкненому стані. В практичних розрахунках як I_3 допускається приймати величину $(I_C - I_L)$, де I_L — обумовлений наявністю дугогасильних реакторів індуктивний струм (струм компенсації), який очікується у разі виникнення в живлячій мережі металевого замикання на землю і вимкненого стану реактора, який має найбільшу потужність;

в) в мережах з підключеними до нейтралі резисторами струм, який визначається за формулою:

$$I_3 = \sqrt{I_p^2 + (U_\phi / R_p)^2}, \quad (\text{И.3})$$

де U_ϕ — номінальна фазна напруга джерела живлення мережі високої напруги; I_p — розрахунковий струм, який визначається згідно з а) (за

відсутності дугогасильних реакторів) або згідно з б) (за наявності дугогасильних реакторів), A ; R_p — еквівалентний опір підключених до мережі резисторів, Ом.

Струм I_3 , який розраховується згідно а), б) або в), слід визначати для тієї з реально можливих в експлуатації схем мережі, в якій цей струм має найбільше значення.

И.2.2 Складова ємнісного струму металевого замикання на землю в мережах 10(6) кВ з ізолюованою нейтраллю (див. И.2.1), яка обумовлена ємністю кабельних ліній, може бути визначена за формулою:

$$I_{c.k} = \sum_{i=1}^n I_{c.oj} \cdot \ell_i, \quad (\text{И.4})$$

де $I_{c.oj}$ — розрахункове значення ємнісної складової струму металевого замикання на землю, яке обумовлене підключенням до мережі даної напруги кабелю довжиною 1 км та i -м перерізом жил (як правило визначається за довідковими даними або даними виготовлювача цього кабелю), А/км; ℓ_i — сумарна довжина всіх кабелів в даній мережі, які мають i -й переріз, км; n — загальна кількість різних перерізів кабелів в даній мережі.

Аналогічно визначають ємнісний струм $I_{c.п}$, який обумовлений наявністю в мережі повітряних ліній. В мережах, що мають як кабельні, так і повітряні лінії, струм I_c визначається шляхом підсумовування значень $I_{c.k}$ і $I_{c.п}$.

И.2.3 Еквівалентний опір системи уземлення R_e може бути визначений за допомогою формули:

$$1/R_e = 1/R' + 1/R_n + 1/R_{об}, \quad (\text{И.5.})$$

де R' — опір уземлювального пристрою підстанції (див. И.1), але без врахування приєднаних до нього опорів розтікання провідних покриттів (оболонок, екранів) кабелів високої і низької напруг (може бути розрахованим, наприклад за допомогою формул, що наведені в додатку Л); R_n — еквівалентний опір уземлювальних пристроїв всіх повторних уземлень РЕ і PEN-провідників, які мають електричний зв'язок з уземлювальним пристроєм підстанції (якщо такі повторні заземлення є), Ом; $R_{об}$ — еквівалентний опір розтіканню провідних покриттів (оболонок чи екранів) кабелів високої і низької напруги, якщо такі покриття приєднані до уземлювального пристрою підстанції і можуть розглядатись як протяжні природні уземлювачі, Ом.

Примітка. Якщо виконання розрахунку R_e не може бути здійснене (наприклад через відсутність вихідних даних), як розрахункове значення R_e для оцінки верхньої межі величини U_f може бути прийняте максимально допустиме значення цього опору, яке подано в [1] і не стосується обмеження напруг, що розглядаються в розділі 5 цього стандарту. В системі TN, наприклад, при лінійній напрузі в мережі трифазного струму 380 В таке максимально допустиме значення R_e дорівнює 4 Ом (див. також 5.1).

И.2.4 Величина R_n може бути визначена за допомогою формули:

$$\frac{1}{R_n} = \sum_{k=1}^p \frac{1}{R_{n.k}}, \quad (\text{И.6})$$

де $R_{n.k}$ — опір k -го уземлювального пристрою повторного уземлення РЕ або PEN-провідника в мережі низької напруги, який має електричний зв'язок з уземлювальним пристроєм підстанції; p — загальна кількість цих уземлювальних пристроїв.

При визначенні величини R_n можуть бути враховані уземлювальні пристрої повторних уземлень тільки тих ліній живлення, що підключаються до мережі низької напруги (і це відомо достовірно) до початку експлуатації електроустановок користувачів електроенергії, для яких здійснюється перевірка виконання зазначених в розділі 5 і (або) додатку К умов.

В розрахунках за сумарну величину опорів всіх уземлювальних пристроїв повторних уземлень PEN-провідників кожної повітряної лінії може бути прийнята максимальне допустиме значення, що наведене в [1].

И.2.5 Величина $R_{об}$ визначається за допомогою формули:

$$\frac{1}{R_{об}} = \sum_{j=1}^m \frac{1}{R_{об.j}}, \quad (\text{И.7})$$

де $R_{об.j}$ — розрахунковий опір розтіканню j -ої оболонки чи екрану кабелю високої або назької напруги, які приєднані до уземлювального пристрою підстанції і можуть розглядатися як протяжні природні уземлювачі; m — загальна кількість цих оболонок чи екранів.

И.2.6 Для визначення величини $R_{об.j}$ може бути використана розрахункова модель, в якій оболонка чи екран, що з'єднані з уземлювальним пристроєм підстанції і мають провідний зв'язок із землею, розглядаються як лінія з розподіленими параметрами в системі “оболонка — земля”. Опір $R_{об.j}$ є вхідним опором цієї системи і може бути визначений шляхом застосування формул, які використовуються в електротехніці для розрахунку параметрів ліній з розподіленими параметрами, а саме:

$$\begin{aligned}
 R_{об.j} &= R_{в.j} \operatorname{cth} \gamma_j \ell_j ; \\
 R_{в.j} &= \sqrt{Z_{о.j} \cdot Z_{н.j}} ; \\
 \gamma_j &= \sqrt{\frac{Z_{о.j}}{Z_{н.j}}} ,
 \end{aligned}
 \tag{И.8}$$

де $R_{в.j}$ — хвильовий опір j -ої системи “оболонка — земля”, Ом; γ_j — коефіцієнт розповсюдження струмів в j -ій системі “оболонка — земля”, км⁻¹; $Z_{о.j}$ — поздовжній опір j -ої системи “оболонка — земля” довжиною 1 км (в розрахунках може бути прийнятим активним), Ом/км; $Z_{н.j}$ — поперечний опір (опір витоку) j -ої системи “оболонка — земля” на довжині 1 км (має активний характер), Ом·км; ℓ_j — довжина j -ої оболонки (екрану), км; cth — гіперболічний котангенс ($\operatorname{cth} \gamma_j \ell_j = \frac{e^{\gamma_j \ell_j} + e^{-\gamma_j \ell_j}}{e^{\gamma_j \ell_j} - e^{-\gamma_j \ell_j}}$, де $e = 2,718$ — неперове число).

Значення поздовжнього опору системи “оболонка-земля” повинно бути визначено з урахуванням нагрівання оболонки чи екрану внаслідок протікання через жили кабелю струму навантаження, а також активного опору землі (останній звичайно приймається рівним 0,05 Ом/км). Слід також враховувати, що, крім незначного внутрішнього індуктивного опору виконаних з кольорового металу оболонок (екранів), має місце складова індуктивного опору, яка обумовлена впливом струму, що протікає в землі.

Нагрівання оболонки чи екрану, а також наявність певної індуктивної складової в опорі $Z_{о.j}$ в розрахунках можуть бути орієнтовно враховані підвищенням значення активної складової цього опору шляхом застосування коефіцієнту $K=1,25$.

Таким чином, величина $Z_{о.j}$ може бути визначена за формулою:

$$Z_{о.j} = \frac{1,25 \rho_{j.20} \cdot 10^6}{S_{о.j}} + 0,05 ,
 \tag{И.9}$$

де $\rho_{j.20}$ — питомий електричний опір матеріалу оболонки (екрану) j -ої системи “оболонка — земля” при 20°C, Ом·мм; $S_{о.j}$ — переріз оболонки (екрану) в j -ій системі “оболонка — земля”, мм².

Величина $Z_{н.j}$ може бути визначена за допомогою формули (Л.1), наведених в додатку Л. Для визначення $Z_{н.j}$ в Ом·км всі величини, які входять в цю формулу повинні бути виражені в кілометрах. Враховуючи це,

а також те, що $P = 2$ і $Q = -1,3$ (див. таблицю Л.3) розрахункова формула має вигляд:

$$Z_{п. j} = \frac{\rho}{2\pi} \ln \frac{1}{1,83dh}, \quad (\text{И.10})$$

де питомий опір землі ρ виражений в Ом·км, а діаметр оболонки (екрану) d і глибина закладання в землю h — в км.

Якщо декілька кабелів прокладені поряд один з іншим, для врахування їх взаємного впливу значення $Z_{п. j}$ в кожній окремій системі “оболонка — земля” слід помножити на підвищувальний коефіцієнт: при двох кабелях — 1,2; трьох — 1,4; чотирьох, п’яти і шести — 1,5; семи і восьми — 1,6.

Рівень впливу довжини лінії ℓ_j на значення $R_{об. j}$ суттєво зменшується із збільшенням величини ℓ_j . При довжині лінії, яка перевищує приблизно $2,5/\gamma_j$, що характерно для ліній мережі високої напруги, в розрахунку $R_{об. j}$ можна приймати $\text{cth } \gamma_j \ell_j \approx 1$.

ДОДАТОК К
(обов'язковий)

**ВИМОГИ ДО РІВНЯ ПЕРЕНАПРУГ НА ІЗОЛЯЦІЇ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ
У РАЗІ ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ НА СТОРОНІ
ВИСОКОЇ НАПРУГИ ЖИВЛЯЧОЇ ПІДСТАНЦІЇ**

Примітка. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [5].

К.1 В цьому додатку використані такі літерні позначення:

I — частина розрахункового струму замикання на землю на стороні високої напруги живлячої трансформаторної підстанції I_3 , яка стікає в землю з уземлювального пристрою цієї підстанції;

R — опір уземлювального пристрою підстанції;

R_A — опір уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії;

R_B — опір уземлювального пристрою нейтральної точки (нейтралі) трансформатора живлячої підстанції;

Примітка 1. Уземлювачі зазначених уземлювальних пристроїв можуть бути незалежними один від іншого або їх функції може виконувати спільний уземлювач. Різні варіанти улаштування уземлювачів наведені на рисунках і таблиці К.2 цього додатка.

U_0 — номінальна напруга між лінійним виводом на стороні низької напруги трансформатора живлячої підстанції і землею (в системах TN та TT) або цим виводом і нейтральною чи середньою точкою трансформатора (в системі IT);

U_L — допустима напруга дотику (в електроустановках змінного струму звичайно $U_L = 50$ В);

U_1 і U_2 — напруги впливу відповідно на живлячій підстанції (U_1) і в електроустановках користувачів електроенергії (U_2), які живляться від цієї підстанції (див. примітку 2);

Примітка 2. Під *напругою впливу* тут слід розуміти розрахункову напругу, яка очікується на ізоляції електрообладнання низької напруги під впливом замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції.

U_f — розрахункова напруга на відкритих провідних частинах електроустановок користувачів електроенергії відносно зони нульового потенціалу,

яка очікується у разі виникнення замикання на землю на стороні високої напруги живлячої підстанції;

Z — повний опір, через який нейтраль трансформатора живлячої підстанції в системі ІТ з'єднується з землею (наприклад опір пристрою контролю стану ізоляції);

I_h — розрахунковий струм в системі ІТ, що стікає в землю з уземлювального пристрою відкритих провідних частин електроустановок користувачів електроенергії у разі одночасної наявності замикання на землю на стороні високої напруги підстанції і замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину в електроустановці користувача електроенергії, коли уземлювачі уземлювального пристрою підстанції і зазначених відкритих провідних частин є електрично незалежними.

К.2 Для забезпечення надійної і безпечної роботи системи електропостачання необхідно виконати умову, яка полягає в тому, що величини напруг впливу (U_1 і U_2) не повинні перевищувати допустимих значень, які наведені в таблиці К.1 і залежать від часу їх існування.

Таблиця К.1 — Значення допустимої напруги впливу в залежності від тривалості замикання на стороні високої напруги живлячої підстанції

Тривалість замикання, с	Допустима напруга впливу, В
Більше 5	$U_0 + 250$
До 5	$U_0 + 1200$
<p>Примітка 1. В системах без нейтрального провідника для визначення допустимої напруги впливу замість U_0 слід використовувати номінальну лінійну напругу трансформатора на стороні низької напруги підстанції.</p> <p>Примітка 2. Перший рядок таблиці стосується, як правило, електроустановок низької напруги, що живляться через трансформатор від мережі високої напруги, в якій захист від замикань на землю діє на сигнал, а другий рядок — на вимикання.</p>	

Очікувані величини напруг U_1 , U_2 і U_f наведені в таблиці К.2 та для наочної ілюстрації на розрахункових схемах для визначення цих величин, які зображені на рисунках К.1–К.9.

Примітка. В системі ІТ дані, які наведені в таблиці К.2 застосовуються тільки за наявності нейтральної точки. Для електроустановок з системою ІТ, в яких нейтральні точки відсутні, розрахункові формули повинні бути відповідним чином скориговані.

Для визначення значень напруг U_1 , U_2 і U_f можуть бути використані положення, які наведені в додатках И та Л.

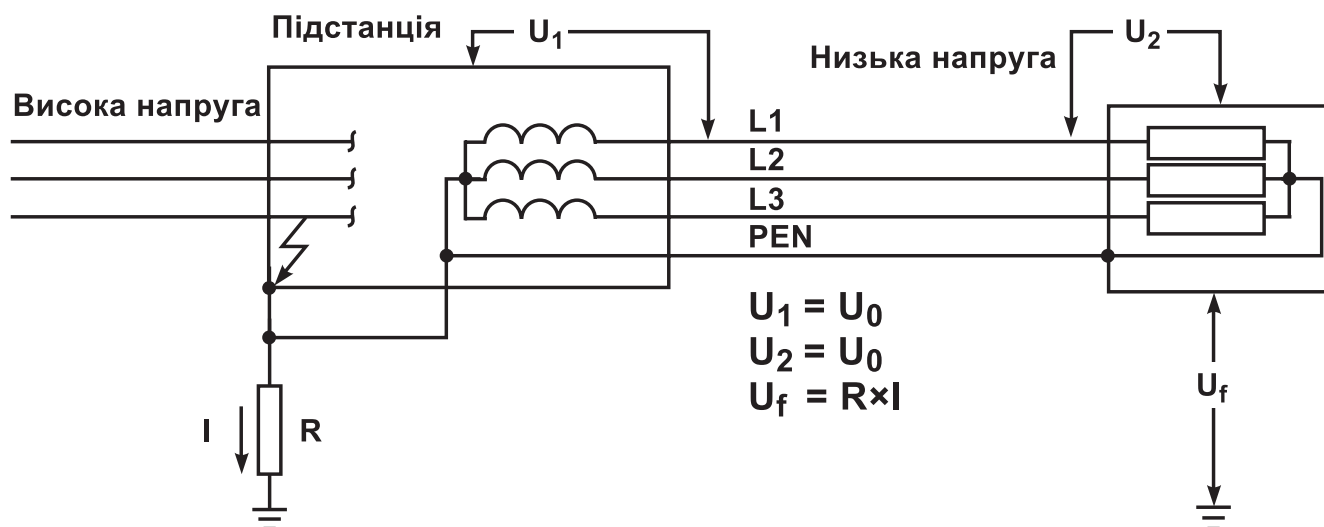
Таблиця К.2 — Зачення U_1 , U_2 і U_f в залежності від типу системи уземлення і специфіки її виконання

Тип системи уземлення	Номер рисунку і особливості виконання системи уземлення	U_1	U_2	U_f
TN	Рисунок К.1 а); R і R_B — об'єднані	U_0	U_0	$R \times I$
	Рисунок К.1 б); R і R_B — відокремлені	$R \times I + U_0$	U_0	0
TT	Рисунок К.2 а); R і R_B — об'єднані	U_0	$R \times I + U_0$	0
	Рисунок К.2 б); R і R_B — відокремлені	$R \times I + U_0$	U_0	0
IT	Рисунок К.3; R , R_B і R_A — об'єднані	U_0	U_0	$R \times I$
		$U_0 \times \sqrt{3}$	$U_0 \times \sqrt{3}$	$R \times I$
	Рисунок К.4; R і R_B — об'єднані, R і R_A — відокремлені	U_0	$R \times I + U_0$	0
		$U_0 \times \sqrt{3}$	$R \times I + U_0 \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	Рисунки К.5 і К.6; R і R_A — відокремлені, R і R_B — відокремлені (рис. К.5) або R_B відсутній (рис. К.6)	$R \times I + U_0$	U_0	0
		$R \times I + U_0 \times \sqrt{3}$	$U_0 \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	Рисунок К.7; R_B і R_A — об'єднані, R і R_B — відокремлені	$R \times I + U_0$	U_0	0
		$R \times I + U_0 \times \sqrt{3}$	$U_0 \times \sqrt{3}$	0
	Рисунки К.8 і К.9; R і R_A — об'єднані, R і R_B — відокремлені (рис. К.8) або R_B відсутній (рис. К.9)	$R \times I + U_0$	$R \times I + U_0$	$R \times I$
		$R \times I + U_0 \times \sqrt{3}$	$R \times I + U_0 \times \sqrt{3}$	$R \times I$

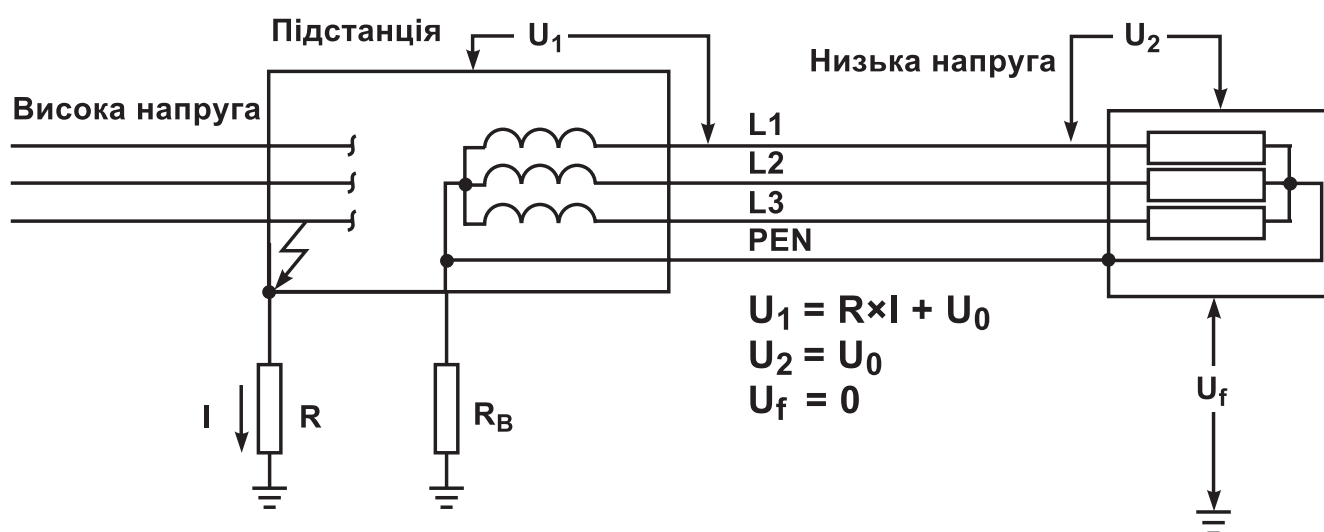
Примітка 1. В таблиці слово *відокремлені* означає, що уземлювачі, які позначені відповідними літерами (наприклад R і R_B), є електрично незалежним, а слово *об'єднані* означає, що функції цих уземлювачів виконує один спільний уземлювач.

Примітка 2. Затемнені рядки в таблиці відносяться до випадків, коли одночасно з замиканням на землю на стороні високої напруги підстанції існує замикання лінійного провідника на відкриту провідну частину електроустановки користувача електроенергії в системі IT. Такі випадки є розрахунковими в системі IT для визначення U_1 і U_2 .

Примітка 3. Значення $U_f = R \times I$ повинні відповідати вимозі, яка зазначена в 5.3. Значення U_f , які дорівнюють $R_A \times I_h$, не повинні перевищувати величину U_L .



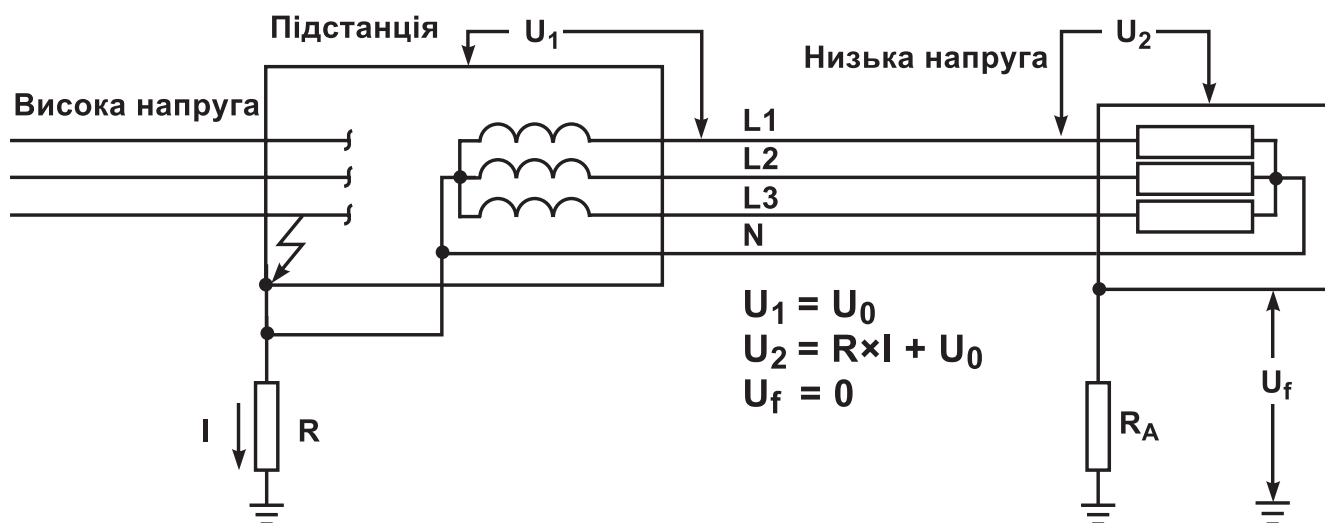
а)



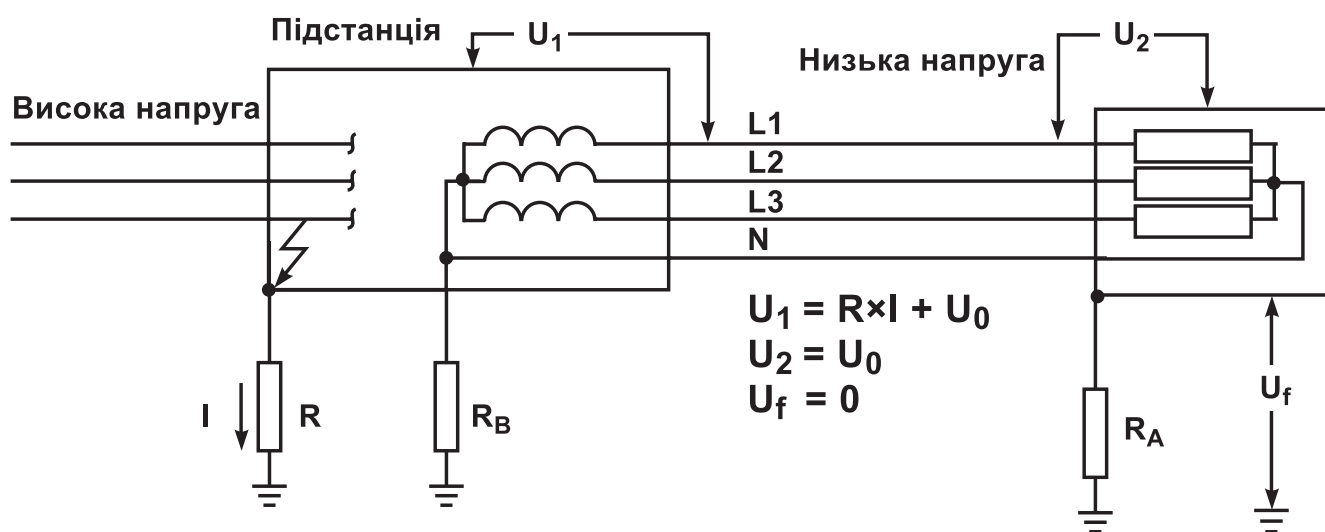
б)

Рисунок К.1 — Розрахункова схема для системи TN:

а) — нейтральна точка трансформатора приєднана до уземлювального пристрою підстанції; б) — нейтральна точка трансформатора приєднана до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції



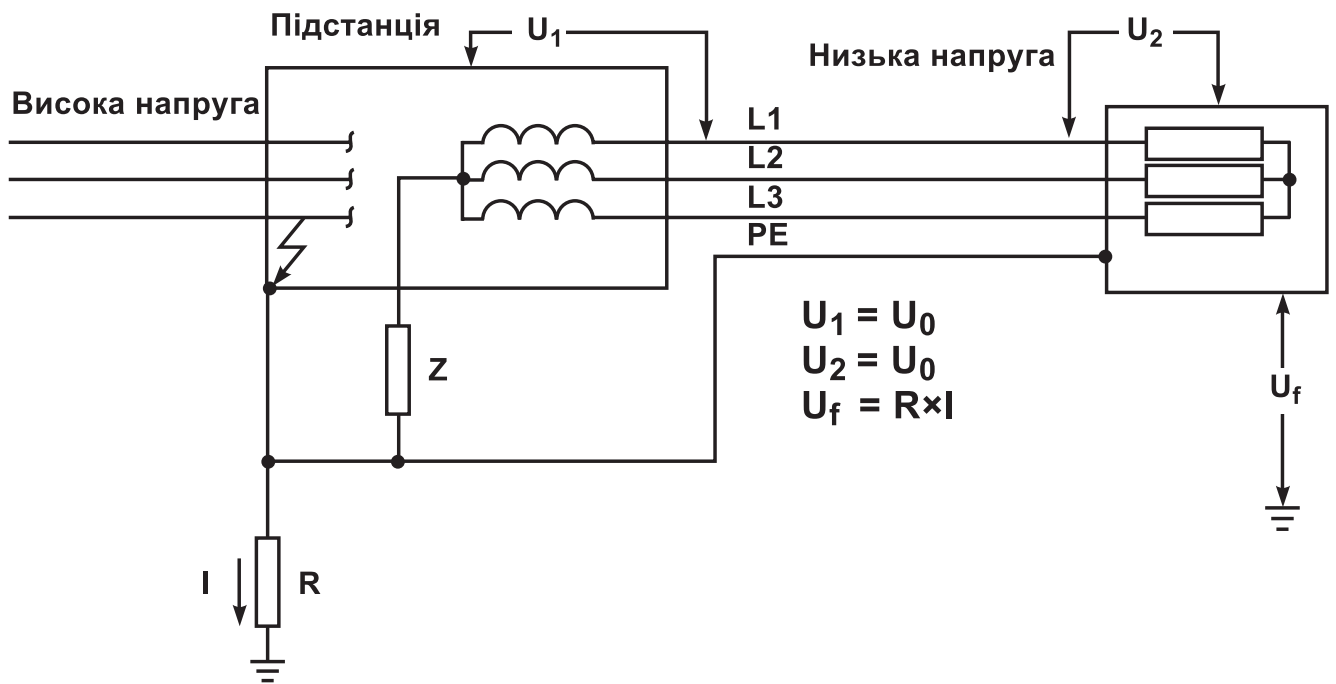
а)



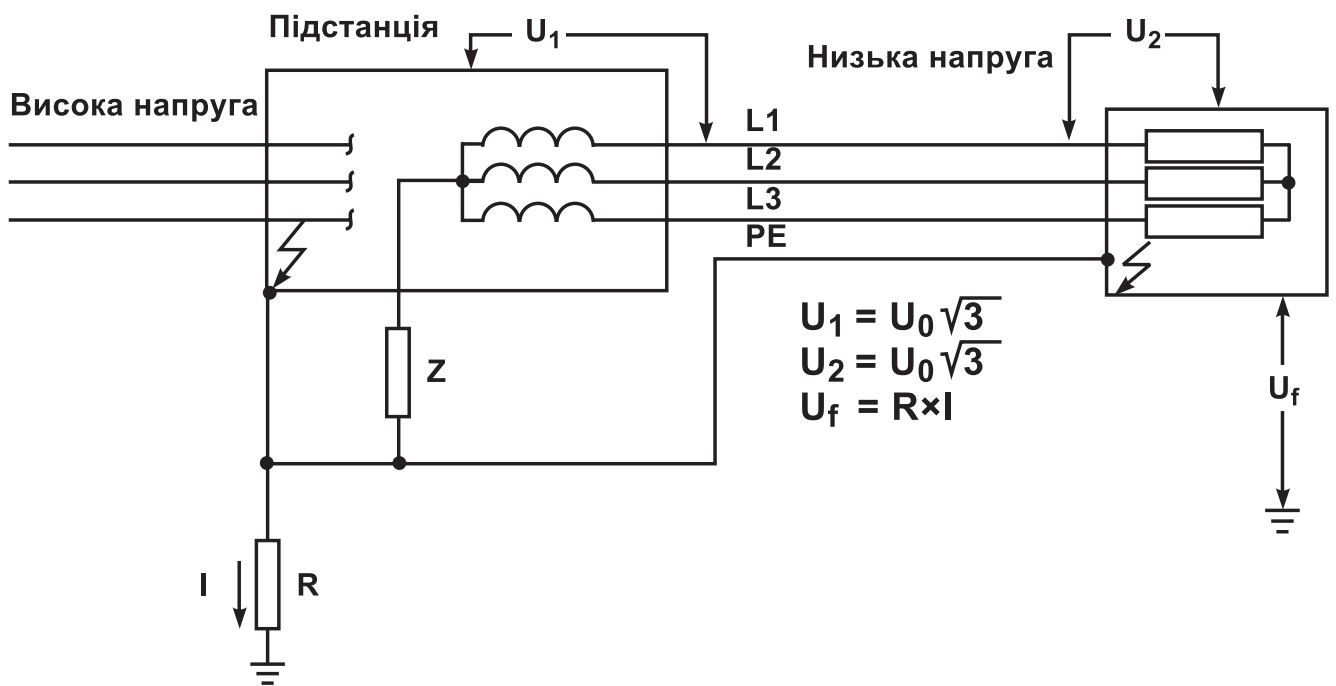
б)

Рисунок К.2 — Розрахункова схема для системи ТТ:

а) — нейтральна точка трансформатора приєднана до уземлювального пристрою підстанції; б) — нейтральна точка трансформатора приєднана до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції



а)



б)

Рисунок К.3 — Розрахункова схема для системи IT, в якій нейтральна точка трансформатора (через опір Z) і відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до уземлювального пристрою підстанції:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину

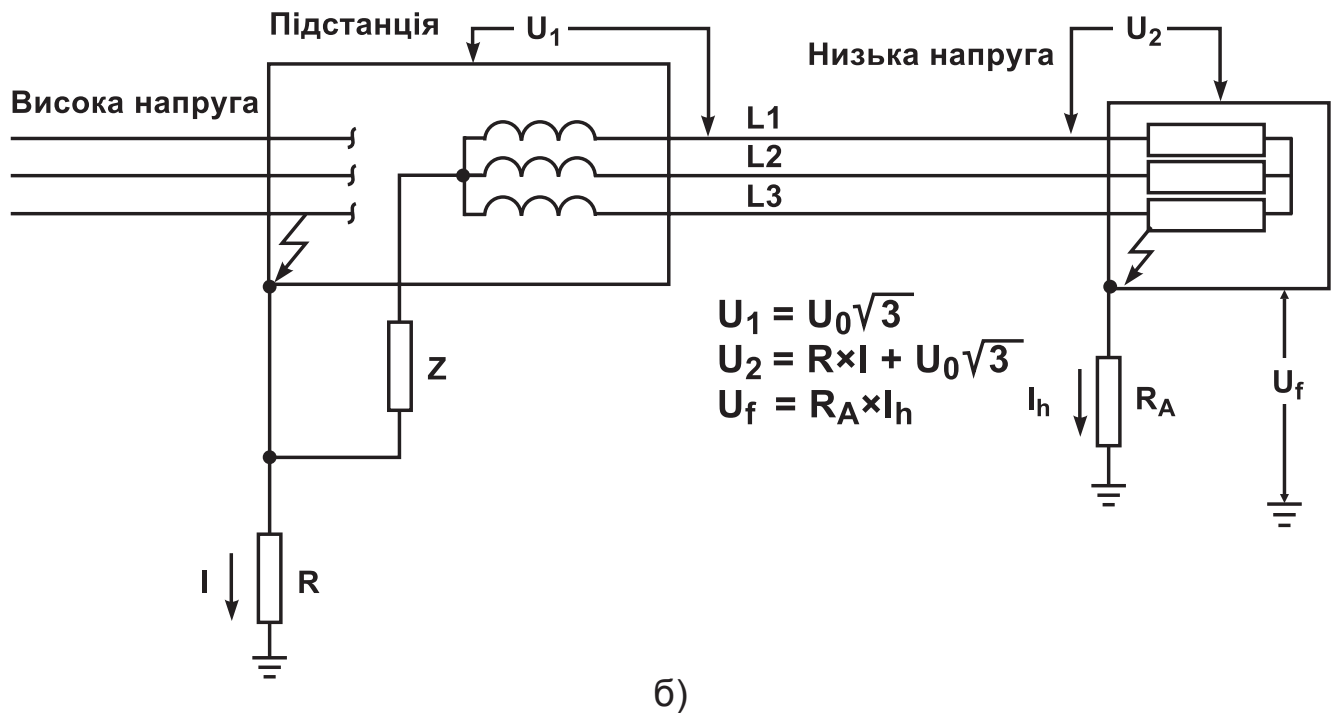
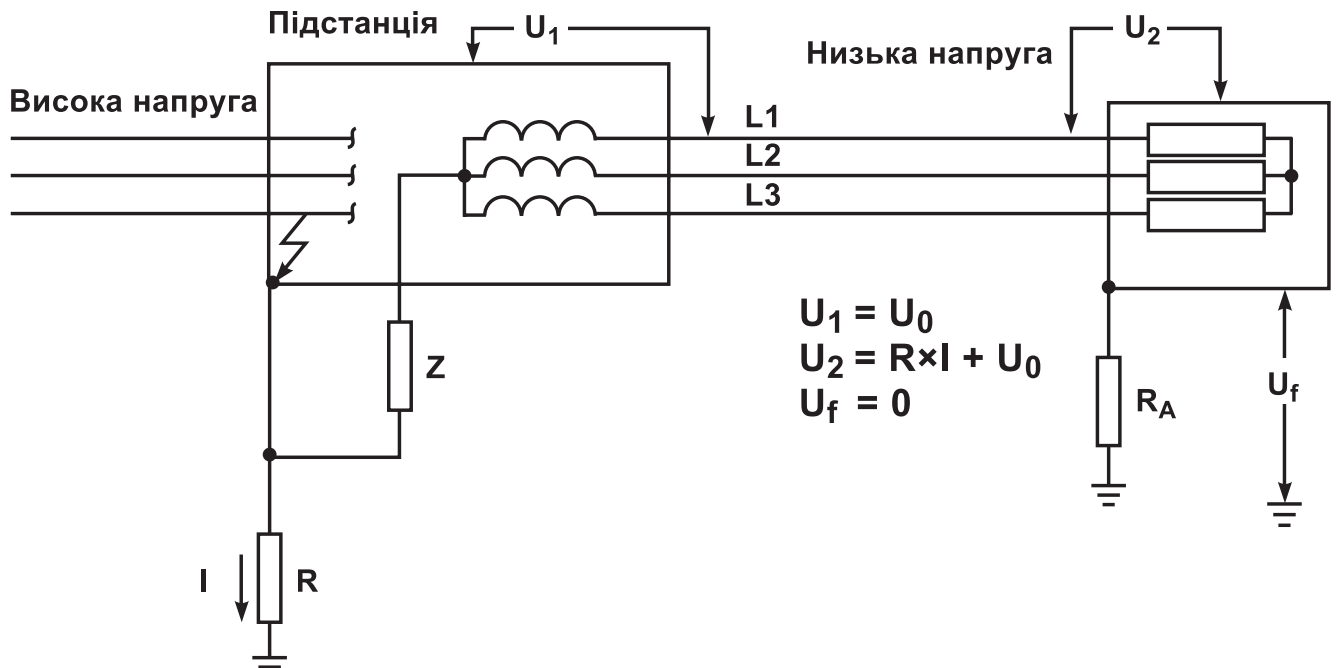


Рисунок К.4 — Розрахункова схема для системи IT, в якій нейтральна точка трансформатора через опір Z приєднана до уземлювального пристрою підстанції, а відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину

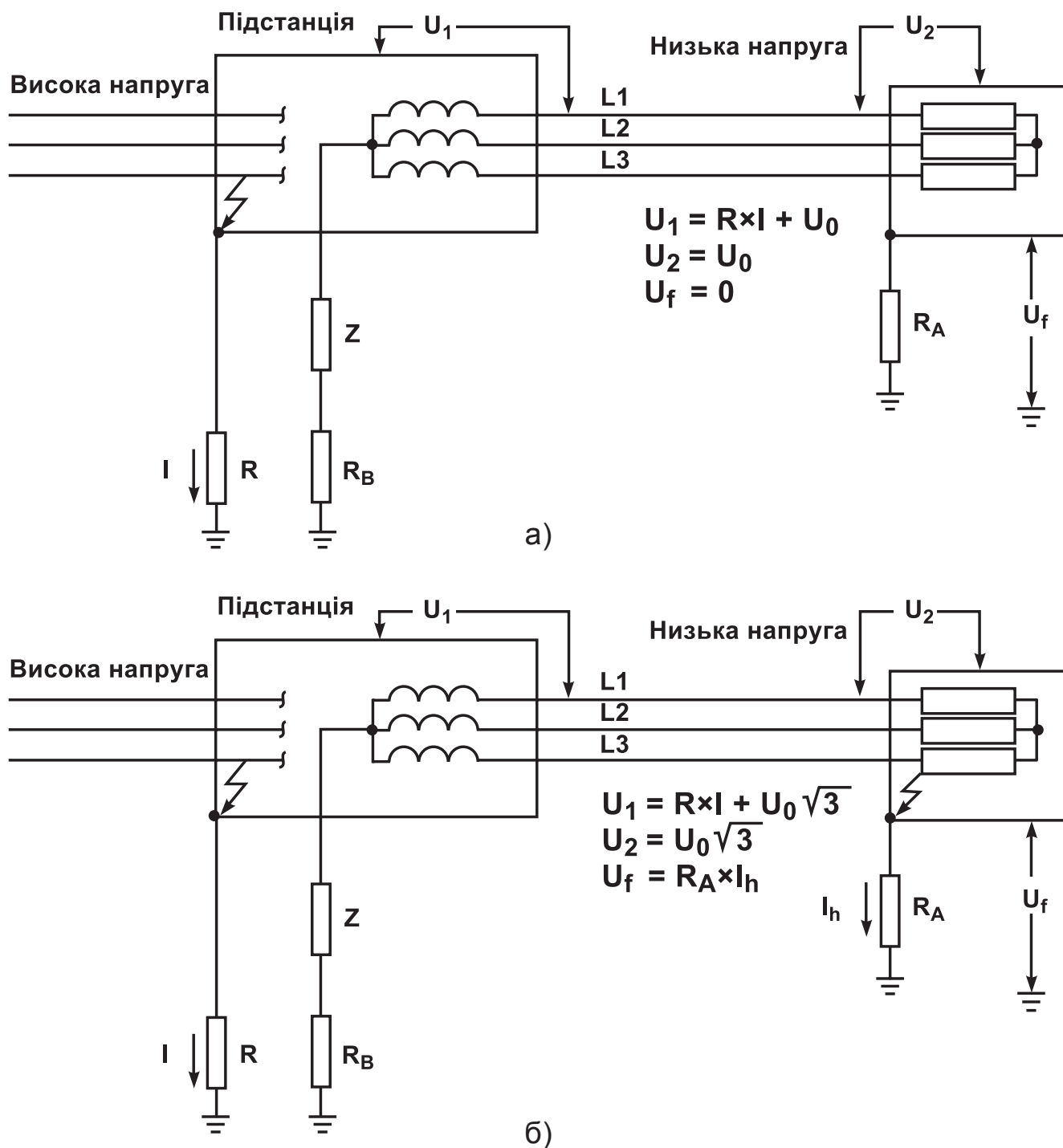
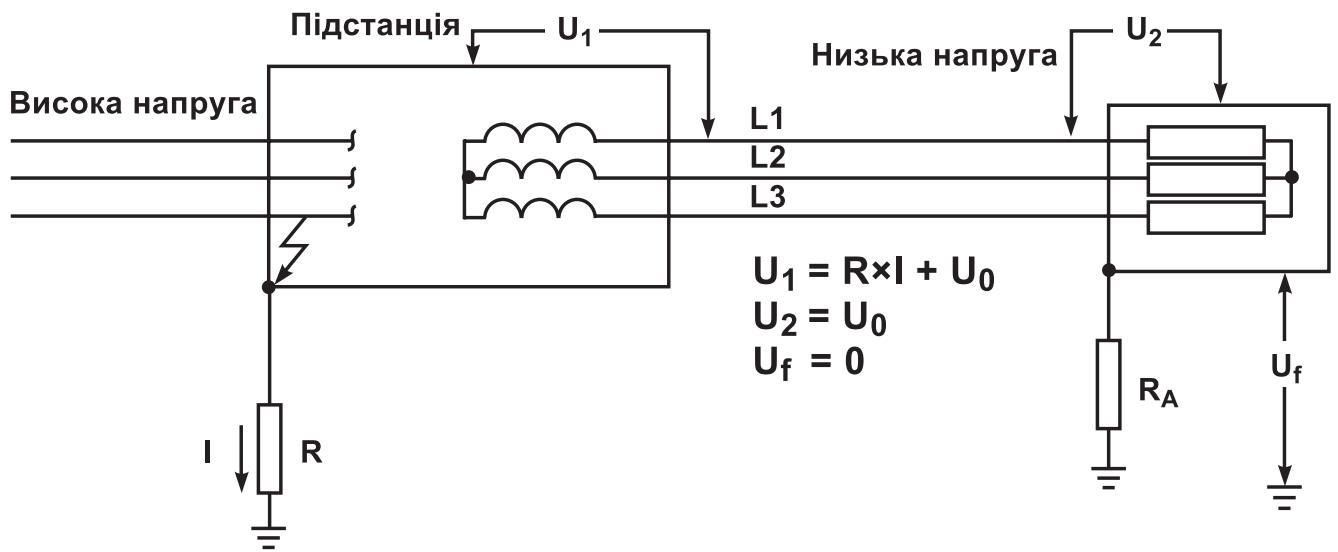
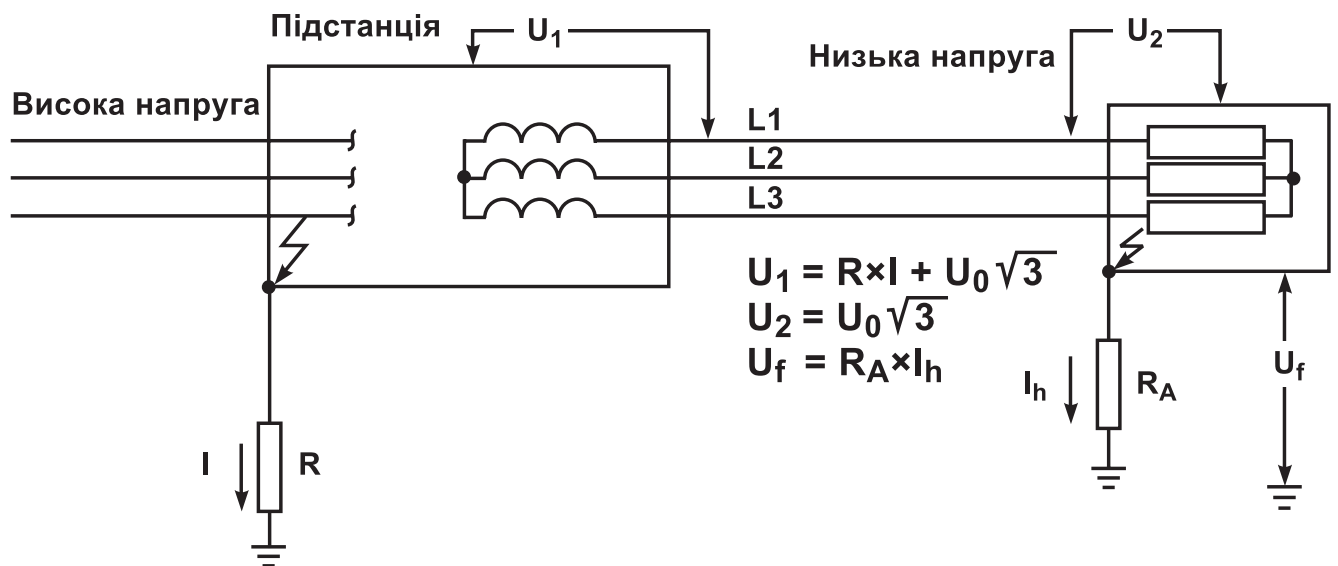


Рисунок К.5 — Розрахункова схема для системи ІТ, в якій нейтральна точка трансформатора через опір Z приєднана до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції, а відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до іншого електрично незалежного уземлювача:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину



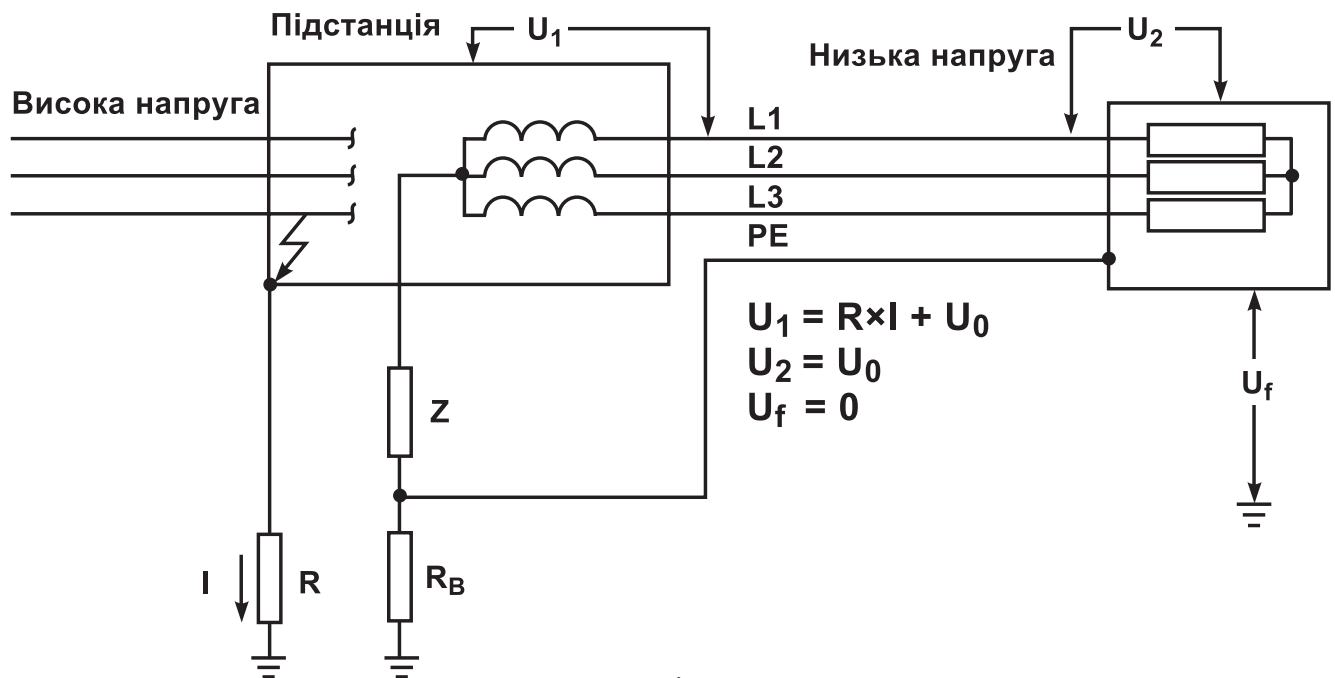
а)



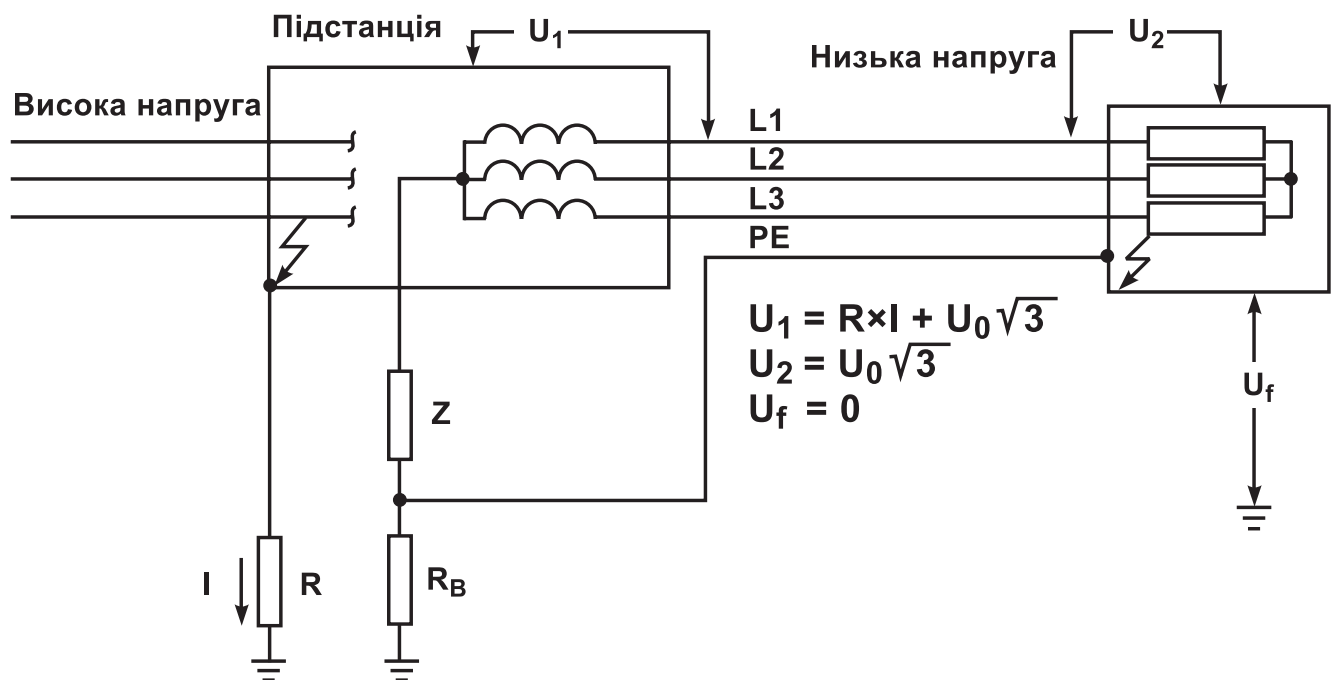
б)

Рисунок К.6 — Розрахункова схема для системи ІТ, в якій нейтральна точка трансформатора ізолювана від землі, а відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину



а)



б)

Рисунок К.7 — Розрахункова схема для системи IT, в якій нейтральна точка трансформатора (через опір Z) і відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину

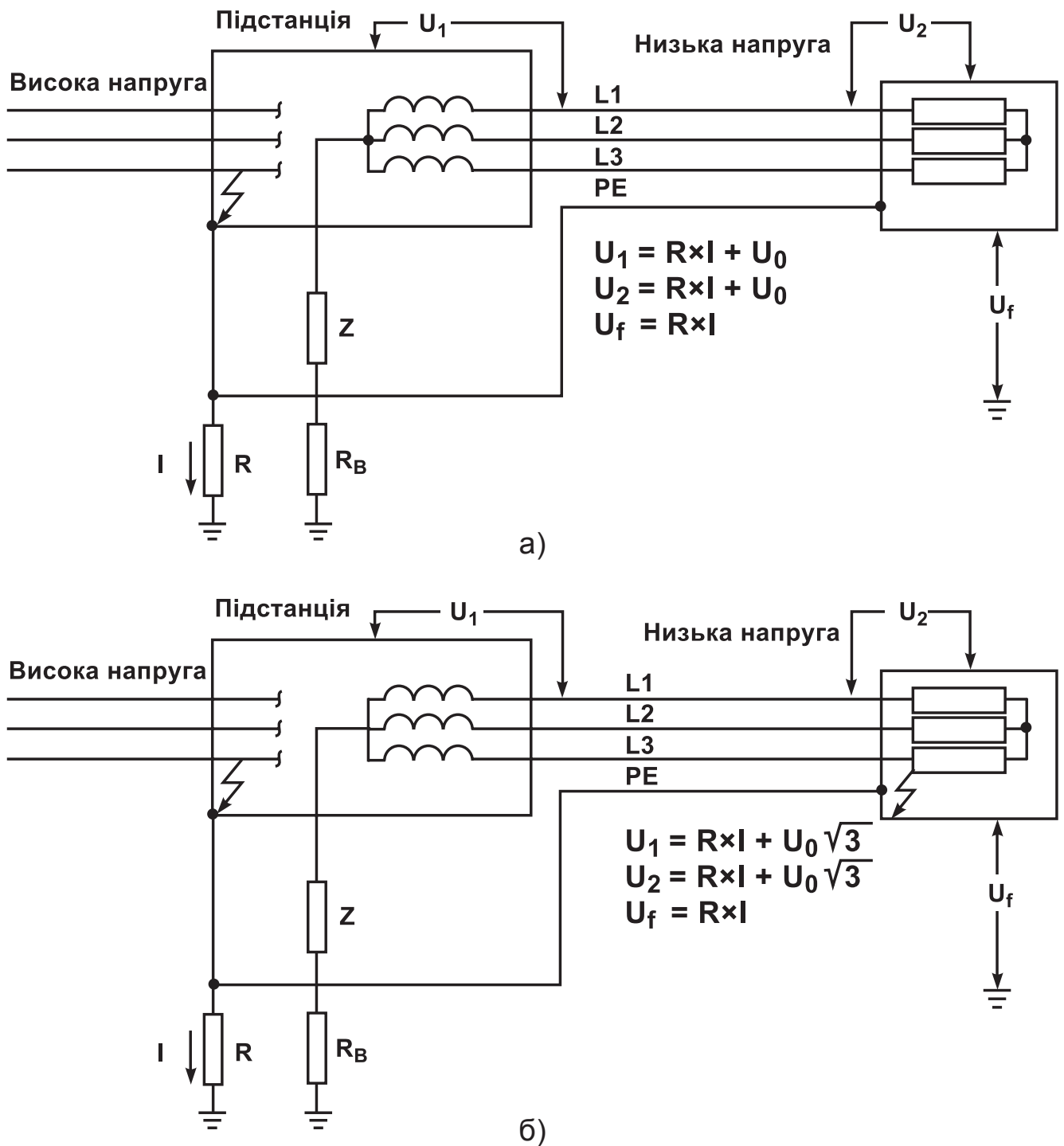
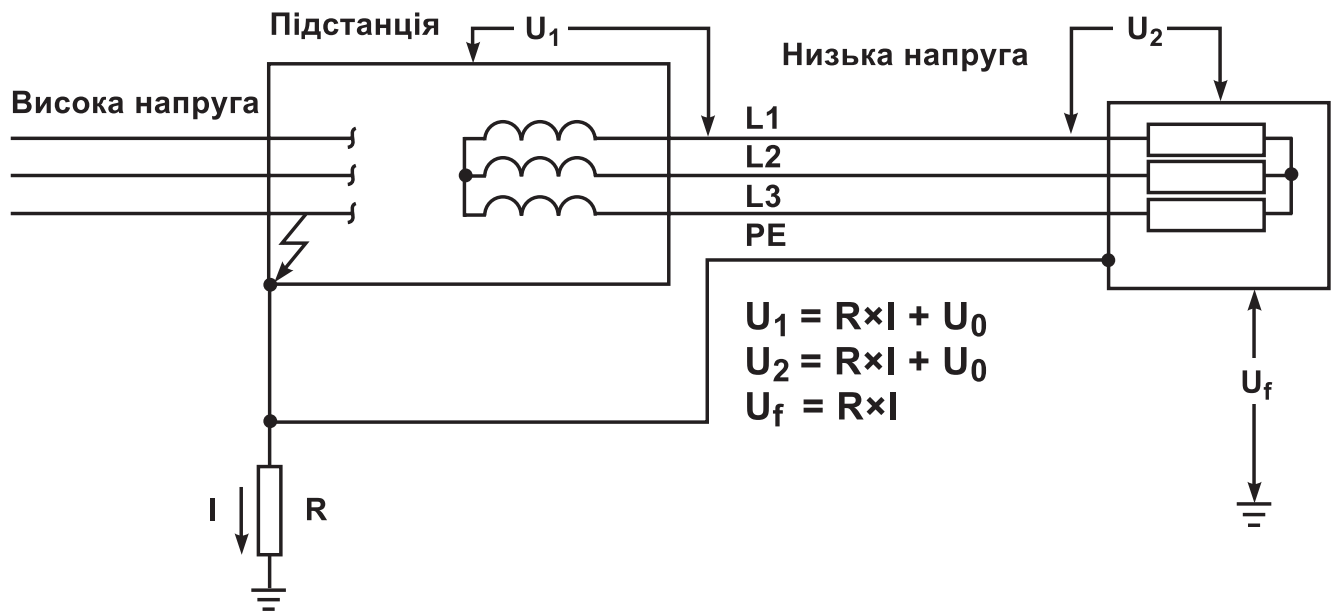
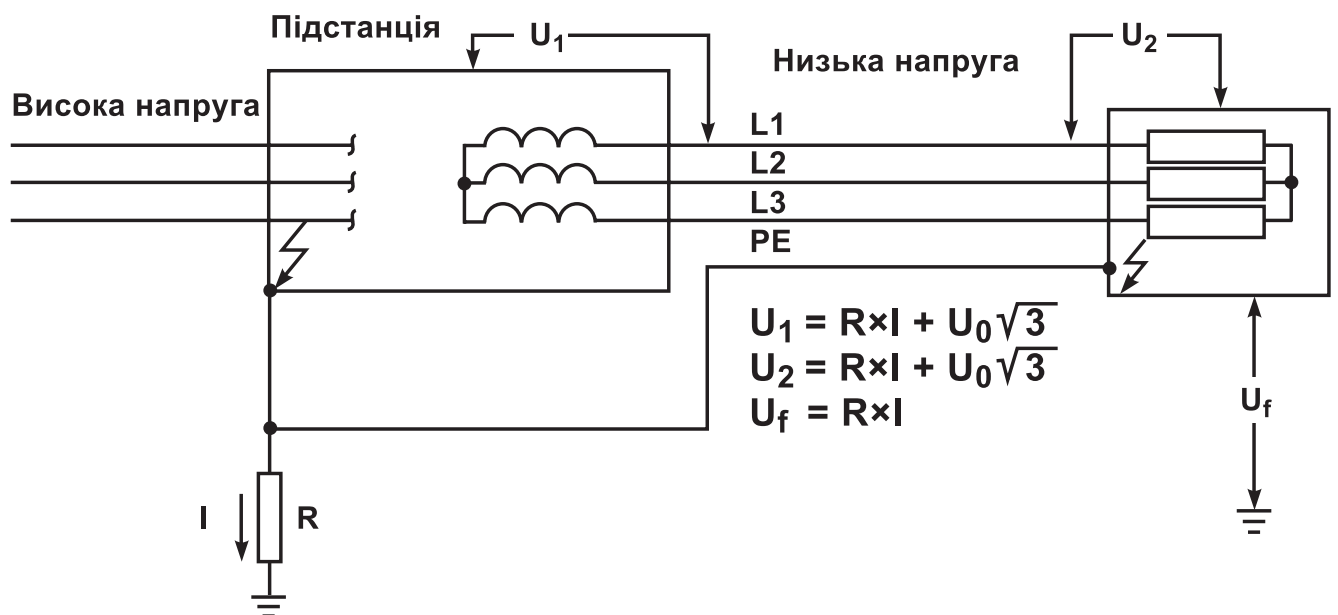


Рисунок К.8 — Розрахункова схема для системи ІТ, в якій нейтральна точка трансформатора через опір Z приєднана до уземлювача, який є електрично незалежним від уземлювача уземлювального пристрою підстанції, а відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до уземлювального пристрою підстанції:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину



а)



б)

Рисунок К.9 — Розрахункова схема для системи IT, в якій нейтральна точка трансформатора ізольована від землі, а відкриті провідні частини електроустановок користувачів електроенергії приєднані до уземлювального пристрою підстанції:

а) — в електроустановках користувачів електроенергії відсутнє замикання на відкриту провідну частину; б) — в одній з електроустановок користувачів електроенергії має місце замикання на відкриту провідну частину

ДОДАТОК Л
(довідковий)

**ОЦІНКА ВЕЛИЧИН ОПОРУ РОЗТІКАННЮ
ДЕЯКИХ ТИПІВ
РОЗМІЩЕНИХ В ЗЕМЛІ УЗЕМЛЮВАЧІВ
(УЗЕМЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДІВ)**

Л.1 Стислі загальні відомості про питомий опір землі

Опір розтіканню окремого уземлювального електрода і уземлювального пристрою в цілому значною мірою залежить від питомого опору землі, в якій він розміщується. Зазначений питомий опір часто змінюється від місця до місця, а також з відстанню від поверхні землі.

Питомий опір землі залежить від її вологості і температури, які з часом змінюються. Вологість землі, в свою чергу, залежить від її зернистості і пористості. Питомий опір землі збільшується у разі зменшення вологості.

Шари землі, в яких проходять підземні потоки води, є надзвичайно хорошим місцем для розміщення уземлювачів. На практиці ці водоносні шари складаються з каменистої землі, та забезпечують самоочищення води і дуже низький питомий опір. Для досягнення глибоких шарів в землю з кращою електропровідністю, зокрема водоносних шарів, часто використовують стрижні підвищеної довжини.

Наявність морозної погоди значно збільшує питомий опір землі, який в шарі промерзання може досягнути значення декілька тисяч Ом.

Сухість також збільшує питомий опір землі. Питомий опір висушеної землі може бути того ж порядку, що має місце під час промерзання.

Інформація про величини питомого опору певних типів землі наведена в таблиці Л.1 і відповідає наданій в [6]. Із цієї таблиці видно, що значення питомого опору можуть відрізнятися в широкому діапазоні для одного і того ж типу землі.

Для визначення в першому наближенні опору розтіканню уземлювача можуть бути виконані обчислення з використанням усереднених величин питомого опору різних типів землі (наведені в таблиці Л.2), які відповідають наданим в [6].

Примітка. Для більш точного обчислення цього опору на стадії проектування доцільно використовувати результати вимірювання питомого опору землі.

Таблиця Л.1 — Значення питомого опору різних типів землі

Тип землі	Питомий опір, Ом·м
Болотиста земля	Від декількох одиниць до 30
Алювій	Від 20 до 100
Чорнозем	Від 10 до 150
Вологий торф	Від 5 до 100
Пластична (м'яка) глина	50
Мергель і тверда глина	Від 100 до 200
Мергель юрського періоду	Від 30 до 40
Суглинок	Від 50 до 500
Кременистий пісок	Від 200 до 3000
Кам'яниста земля без рослинності	Від 1500 до 3000
Покрита травою кам'яниста земля	Від 300 до 500
М'який вапняк	Від 100 до 300
Твердий вапняк	Від 1000 до 5000
Тріщинуватий вапняк	Від 500 до 1000
Аспідний (кристалічний) сланець	Від 50 до 300
Лосняковий сланець	800
Граніт і піщаник (в залежності від його вивітрювання)	Від 1500 до 10000

Таблиця Л.2 — Усереднені значення питомого опору різних видів землі для грубо орієнтовного розрахунку

Тип землі	Усереднене значення питомого опору, Ом·м
В'язкий орний ґрунт; вологий щільний насип	50
Неродюча орна земля; нарінок; твердий насип	500
Кам'яниста земля без рослинності; сухий пісок; непрониклива порода	3000

Очевидно, що виконання таких обчислень дає можливість отримати лише дуже приблизні величини опорів розтіканню.

Вимірювання опору розтіканню після спорудження уземлювального пристрою і використання формул, що наведені нижче, дозволяють отримати емпіричну оцінку питомого опору землі в даному місці. Такі знання можуть бути корисними у разі спорудження уземлювальних пристроїв в аналогічних умовах в майбутньому.

Л.2 Оцінка величини опору розтіканню уземлювальних електродів.

Примітка 1. Визначення величин опору за допомогою формул (Л.1)–(Л.4), (Л.6)–(Л.8) та таблиць Л.3–Л.5 відповідає положенням, які надані в [10], а за допомогою формул (Л.5), (Л.9), (Л.10) — [6].

Примітка 2. Методика визначення опору розтіканню оболонок або екранів кабелів наведена в додатку И.


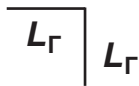
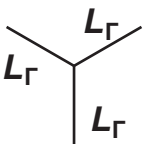
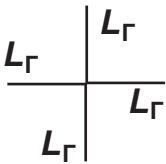
Горизонтально укладені уземлювальні електроди

Приблизна величина опору розтіканню горизонтально укладеного уземлювача (штаби, круглого провідника) R_{Γ} може бути розрахована за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho}{P_{\pi} L_{\Gamma}} \left[\ln \left(\frac{2L_{\Gamma}^2}{dh} \right) + Q \right], \text{ Ом}, \quad (\text{Л.1})$$

де L_{Γ} — довжина штаби або круглого провідника (див. таблицю Л.3), м; ρ — розрахунковий питомий опір землі; Ом·м; d — ширина штаби або діаметр круглого провідника, м; h — глибина закладання уземлювача в землю, м; P і Q — коефіцієнти, які залежать від форми уземлювача і наведені в таблиці Л.3.

Таблиця Л.3 — Значення коефіцієнтів P і Q

Форма уземлювача	Коефіцієнт		
	P	Q	
		штаба	круглий
Один відрізок 	2	–1	–1,3
Два відрізка під кутом 90° 	4	0,5	0,9
Три відрізка під кутами 120° 	6	1,8	2,2
Чотири відрізка під кутами 90° 	8	3,6	4,1

Коли два або більше з'єднаних по кінцям горизонтальних електродів у вигляді прямолінійних відрізків довжиною L_{Γ} кожний розташовані паралельно на відстані від суміжного S , їх еквівалентний опір може бути визначений як добуток $F \times R_{\Gamma}$, де за умови, що $0,02 \leq S / L_{\Gamma} \leq 0,3$, коефіцієнт F приймають рівним:

а) у разі двох відрізків:

$$F = 0,5 + 0,078 (S/L_{\Gamma})^{-0,307}; \quad (\text{Л.2})$$

б) у разі трьох відрізків:

$$F = 0,33 + 0,071 (S/L_{\Gamma})^{-0,408}; \quad (\text{Л.3})$$

в) у разі чотирьох відрізків:

$$F = 0,25 + 0,067 (S/L_{\Gamma})^{-0,451}. \quad (\text{Л.4})$$

В грубо орієнтовних розрахунках величина опору розтіканню горизонтального уземлювального електроду може бути оцінена за формулою:

$$R_{\Gamma} = 2\rho / L_{\Gamma}, \text{ Ом}. \quad (\text{Л.5})$$

Якщо уземлювальний електрод є укладеним в землю фундаментним уземлювачем, величина L_{Γ} в формулі (Л.5) являє собою значення периметру будинку.

Прокладення провідника в траншеї звивистим шляхом не може суттєво вплинути на опір розтікання в бік його зменшення.

Заглиблена в землю пластина (плита)

Для підтримання прийнятного контакту обох поверхонь пластини з землею найкраще розташовувати її вертикально. При цьому пластина повинна бути заглиблена в землю таким чином, щоб її верхній кінець був розташованим на глибині орієнтовно 1 м.

Приблизна величина опору розтіканню такої пластини може бути визначено за формулою:

$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{2A}}, \text{ Ом}, \quad (\text{Л.6})$$

де A — площа лицьової поверхні пластини, м^2 ; ρ — див. формулу (Л.1).

Вертикальні уземлювальні електроди

Приблизна величина опору розтіканню вертикального уземлювального електроду (круглого стрижня, труби) може бути визначена за формулою:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi L_B} \left[\ln \left(\frac{8L_B}{d} \right) - 1 \right], \text{ Ом}, \quad (\text{Л.7})$$

де L_B — довжина вертикального уземлювального електрода, м; інші позначення є такими самими, що і в формулі (Л.1).

Якщо n вертикальних електродів з'єднані між собою провідниками і рівномірно розміщені на одній прямій лінії, їх загальний опір розтіканню R_n може бути розрахований за формулою:

$$R_n = R_B \left(\frac{1 + \lambda a}{n} \right), \text{ Ом}, \quad (\text{Л.8})$$

де λ — коефіцієнт, значення якого в залежності від кількості електродів n наведені в таблиці Л.4; $a = \rho / (2\pi R_B S)$; S — відстань між сусідніми електродами.

Таблиця Л.4 — Значення λ в залежності від n у разі розташування електродів на прямій лінії

n	λ
2	1,00
3	1,66
4	2,15
5	2,54
6	2,87
7	3,15
8	3,39
9	3,61
10	3,81

Якщо з'єднуються між собою два електрода, рекомендується, щоб відстань між ними дорівнювала принаймні довжині більшого з них. Якщо кількість електродів більше двох, відстань між ними рекомендується збільшити порівняно з зазначеною.

Якщо електроди рівномірно розміщені на сторонах квадрату (наприклад по периметру будинку) загальний опір розтіканню може бути розрахований за формулою (Л.7), де коефіцієнт λ визначається за таблицею Л.5.

Таблиця Л.5 — Значення λ в залежності від n у разі розташування електродів на сторонах квадрату

Кількість вертикальних електродів (n) на кожній стороні квадрату	Коефіцієнт λ	Кількість вертикальних електродів (n) на кожній стороні квадрату	Коефіцієнт λ
2	2,71	9	7,65
3	4,51	10	7,90
4	5,48	12	8,32
5	6,14	14	8,67
6	6,63	16	8,96
7	7,03	18	9,22
8	7,36	20	9,40

Примітка. Загальна кількість розташованих на сторонах квадрата електродів $m = 4(n-1)$.

Таблиця Л.5 може бути використана у разі розташування n вертикальних електродів на кожній стороні прямокутника ($n=1+m/4$, де m — загальна кількість електродів). Згідно з [10], якщо відношення довжини сторін прямокутника не перевищує 2, помилка в розрахунку не перевищує 6%.

Зменшення загального опору розтікання за рахунок розташування додаткових електродів всередині квадрату невелике, хоча такі електроди суттєво зменшують потенціальний градієнт на поверхні землі. Практичним прикладом застосування таких електродів є укладання горизонтальних штаб для утворення ґрат усередині прямокутника.

У разі розташування трьох електродів на вершинах рівностороннього трикутника може бути також застосована формула (Л.7), де $\lambda = 1,66$.

В грубо орієнтованих розрахунках опір розтіканню окремого вертикального уземлювального електрода може бути оцінений за формулою:

$$R = \rho / L_B, \text{ Ом.} \quad (\text{Л.9})$$

Рекомендується мати таку довжину вертикальних електродів, щоб принаймні 1–2 м їх нижніх частин знаходилися поза шарами висушування і промерзання.

Якщо використовувати вертикальні уземлювальні електроди великої довжини, в ряді випадків можуть бути досягнуті шари землі з дуже малим питомим опором (див. Л.1), що суттєво зменшує опір розтіканню.

Металеві колони

Металеві колони, які є частиною будівельних конструкцій і заглиблені в землю, можуть бути використані як уземлювальні електроди (див. 6.1.2.3).

Опір розтіканню такої колони може бути оцінений за формулою:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L_K} \ln \left(\frac{3L_K}{d_K} \right), \text{ Ом}, \quad (\text{Л.10})$$

де L_K — величина заглиблення колони в землю, м; d_K — діаметр циліндру, в який уписується тіло даної колони, м; ρ — див. формулу (Л.1).

Система з'єднаних між собою колон, які розташовані навкруги будинку, забезпечує опір розтіканню уземлювача одного порядку з укладеним в бетон фундаментним уземлювачем.

Укладання металевої колони в бетон не є перешкодою для її використання як уземлювального електрода і суттєво не змінює розрахунковий опір розтіканню цієї колони.

ДОДАТОК М
(довідковий)

СПЕЦИФІКА ВИКОНАННЯ УКЛАДЕНИХ В БЕТОН ФУНДАМЕНТНИХ УЗЕМЛЮВАЧІВ

Примітка. Положення цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [6].

М.1 Загальна інформація

Бетон, який використовується для спорудження фундаментів, має визначену електричну провідність і звичайно велику площу контакту з землею. Тому закладені в бетон неізольовані металеві провідники можуть бути використані для цілей уземлення (крім випадків, коли бетон є відокремлений від землі, наприклад за допомогою спеціальної ізоляції).

Через хімічні і фізичні ефекти горячооцинкована сталь або сталь без покриття та інші метали, які закладаються в бетон на певну глибину (див. М.2.2) мають високий рівень захисту від корозії (звичайно на весь час використання будинку). Для підвищення ефективності уземлення слід також використовувати, якщо це можливо, існуючу сталеву арматуру залізобетону.

Виконання укладеного в бетон фундаментного уземлювача під час спорудження будинку може бути економічним рішенням досягнення якісного уземлення тривалого використання, що обумовлено такими чинниками:

- відсутня необхідність додаткових робіт, які пов'язані з розкопуванням землі;
- звичайно відсутні або є незначними негативні сезонні впливи погодних умов;
- забезпечується надійний контакт з землею;
- уземлювач має невеликий опір розтіканню, який забезпечується всією поверхнею фундаменту будинку;
- забезпечується оптимальний уземлювальний пристрій і для системи блискавкозахисту;
- з початку будівництва цей уземлювач може використовуватися як уземлювач електроустановки будмайданчика.

Крім цього, укладений в бетон фундаментний уземлювач є корисним для забезпечення ефективної основної системи зрівнювання потенціалів.

Якщо фундамент будинку є захищеним від теплових втрат шляхом ізолювання непровідними матеріалами або застосовані певні заходи захисту від дії води, наприклад пластичні покриття фундаменту товщиною більше 0,5 мм, використання бетону фундаменту з метою здійснення уземлення є неефективним. В цих випадках може бути використаний позитивний ефект приєднання до системи захисного зрівнювання потенціалів сталевий арматури фундаменту, а для уземлення слід застосовувати інші уземлювачі, наприклад укладений в землю фундаментний уземлювач.

Слід мати на увазі, що сталь (звичайна або гарячеоцинкована), яка укладена в бетон, має електрохімічний потенціал, який дорівнює потенціалу укладений в землі міді. Тому існує небезпека електрохімічної корозії, що виникає в іншому уземлювальному пристрої, сталевий уземлювач якого укладений в землю і з'єднаний з укладеною в фундамент сталлю.

М.2 Основні положення щодо виконання фундаментного уземлювача

М.2.1 Слід надавати перевагу виконанню фундаментного уземлювача (або декількох з'єднаних між собою уземлювачів в разі великого розміру фундаменту) у вигляді замкнутого контуру (кола, прямокутника) з розміром (радіусом, діагоналлю) до 20 м.

М.2.2 Фундаментний уземлювач повинен бути закладений в бетон на глибину не менше 5 см від зовнішньої поверхні бетону. Якщо як уземлювальний електрод застосовується штаба, вона повинна бути зафіксована в положенні “на ребро” (для запобігання наявності під штабою пустот, які не заповнені бетоном).

М.2.3 Укладений в бетон фундаментний уземлювач повинен мати на виході з бетону всередині будинку принаймні одне місце для приєднання уземлювача до системи уземлення (звичайно до головної уземлювальної шини). Місце для приєднання (вивід, зажим) повинно бути доступним для технічного персоналу, зокрема для виконання вимірювань.

З метою забезпечення прийнятних умов для здійснення системи блискавкозахисту або в будинках з особливими вимогами до обладнання інформаційних технологій, яке в них знаходиться, може бути потрібною

наявність декількох місць приєднання (наприклад до струмовідводів (спусків) системи блискавкозахисту).

М.2.4 Для визначення мінімальних перерізів укладених в бетон уземлювальних електродів, в тому числі виводів (зажимів) для здійснення з'єднань, слід використовувати дані, які наведені в таблиці 3 (див. 6.1.2.1).

З'єднання повинні відповідати вимогам до їх виконання, що наведені в 6.1.2.9 і 6.1.3.2.

М.2.5 Будь-який сталевий уземлювальний електрод не повинен безпосередньо виходити з бетону фундаменту і входити в землю. Винятком є тільки електроди, які виготовлені з нержавіючої сталі або мають інший надійний здійснений заводським способом захист від дії вологи. Гарячеоцинковане покриття або захист шляхом окрашення чи накладання інших аналогічних фарбі матеріалів не є достатнім захистом.

Якщо фундаментний уземлювач не забезпечує потрібний опір розтіканню можуть бути застосовані додаткові уземлювальні електроди, які розташовані поблизу нього в землі. У разі безпосереднього приєднання фундаментного і додаткового уземлювачів, останній повинен бути виготовлений з іншого матеріалу (не із звичайної або гарячеоцинкованої сталі), наприклад із нержавіючої сталі або міді, щоб забезпечити необхідний термін служби цієї частини уземлювача.

М.2.6 Бетон, в який укладається фундаментний уземлювач, повинен містити в собі принаймні 240 кг цементу на 1 м³ бетону. Цемент повинен мати напіврідку консистенцію для заповнення всіх пустот під уземлювальними електродами.

М.2.7 Після укладання фундаментного уземлювача, але до заливання бетону повинен бути зроблений огляд цього уземлювача і документально зафіксовані його характеристики згідно з 6.1.1.7.

ДОДАТОК Н
(обов'язковий)

ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА K ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКА ЗАХИСНОГО УЗЕМЛЕННЯ ЗА УМОВОЮ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ

Примітка. Вимоги цього додатка гармонізовані з відповідними положеннями [6].

Н.1 Значення коефіцієнта K , яке використовують для визначення мінімально допустимого перерізу провідника захисного уземлення за умовою термічної стійкості (див. формулу (11) в 6.2.3), залежать від фізичних параметрів матеріалу провідника, прийнятої початкової температури цього провідника (в момент виникнення замикання) θ_i та його допустимої кінцевої температури (в момент, коли відбулося автоматичне вимикання внаслідок замикання) θ_f .

Коефіцієнт K в залежності від фізичних параметрів матеріалу провідника та прийнятих значень θ_i та θ_f (виражені в °C) визначається виразом:

$$K = \sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}} \ln \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i}}, \quad (\text{Н.1})$$

де Q_c — об'ємна теплоємність матеріалу провідника при температурі 20°C, Дж/°C·мм³; β — величина, яка є оберненим значенням температурного коефіцієнта опору провідника при температурі 0°C, °C; ρ_{20} — питомий електричний опір матеріалу провідника при температурі 20°C, Ом·мм; \ln — натуральний логарифм.

Величини фізичних характеристик матеріалів провідників захисного уземлення, які використовуються в розрахунках, наведені в таблиці Н.1.

Таблиця Н.1 — Фізичні параметри матеріалів

Матеріал	β , °C	Q_c , Дж/°C·мм ³	ρ_{20} , Ом·мм	$\sqrt{\frac{Q_c (\beta + 20)}{\rho_{20}}}$
Мідь	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$	226
Алюміній	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$	148
Свинець	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}	41
Сталь	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}	78

Н.2. Розраховані за формулою (Н.1) величини K з урахуванням параметрів матеріалів, які наведені в таблиці Н.1, надані в таблицях Н.2–Н.6.

Примітка. Зазначені в таблицях Н.2–Н.6 температурні обмеження відповідають наданим в [9].

Наведені в таблицях Н.2–Н.6 значення температури Q_f можуть вважатися прийнятними лише в випадках, коли за таких температур не погіршується якість з'єднань провідників.

Таблиця Н.2 — Значення коефіцієнта K для ізольованого провідника захисного уземлення, який не входить до складу кабелю чи ізольованого проводу живлення і не прокладений у пучку (джгуті) з іншими кабелями (ізольованими проводами)

Ізоляція провідника і тривало допустима температура	Температура, °C		Матеріал провідника		
	Почат- кова θ_i	Кінцева θ_f	Мідь	Алюміній	Сталь
			Значення коефіцієнта K		
Термопластична (полівінілхлорид), 70°C	30	160 (140)	143 (133)	95 (88)	52 (49)
Термопластична (полівінілхлорид), 90°C	30	160 (140)	143 (133)	95 (88)	52 (49)
Термореактивна (наприклад етиленпропілен або зшитий поліетилен), 90°C	30	250	176	116	64
Термореактивна (етилен- пропіленова гума), 60°C	30	200	159	105	58
Термореактивна (етилен- пропіленова гума), 85°C	30	220	166	110	60
Термореактивна (кремнійорга- нічна (силіконова) гума), 185°C	30	350	201	133	73

Примітка 1. Значення кінцевої температури θ_f і коефіцієнта K , що наведені в дужках, використовуються для провідників захисного уземлення, переріз яких перевищує 300 мм².

Примітка 2. Термопластична ізоляція — виготовлена з пластмаси ізоляція, яка спроможна в певному температурному інтервалі неодноразово розм'якшуватися під впливом нагрівання і твердіти під дією охолодження, а в розм'якшеному стані неодноразово бути профільованою шляхом екструзії.

Термореактивна ізоляція — виготовлена з пластмаси ізоляція, яка за рахунок вулканізації шляхом застосування нагрівання або іншого засобу (радіації, каталізу тощо), перетворюється в тривкий, тугоплавкий і нерозчинний продукт.

Таблиця Н.3 — Значення коефіцієнта K для неізолюваного провідника захисного уземлення, який знаходиться у контакт з покриттям кабелю чи ізолюваного проводу живлення, але не прокладений в одному пучку (джгуті) з іншими кабелями (ізолюваними проводами)

Ізоляція кабелю або ізолюваного провідника	Температура, °C		Матеріал провідника		
			Мідь	Алю- міній	Сталь
	Почат- кова θ_i	Кінце- ва θ_f	Значення коефіцієнта K		
Термопластична (полівінілхлорид)	30	200	159	105	58
Поліетилен	30	150	138	91	50
Хлорсульфований поліетилен	30	220	166	110	60

Таблиця Н.4 — Значення коефіцієнта K для провідника захисного уземлення, який є жилою кабелю чи ізолюваного проводу живлення або прокладений у пучку (джгуті) з іншими кабелями (ізолюваними проводами)

Ізоляція провідника і тривало допустима температура	Температура, °C		Матеріал провідника		
			Мідь	Алю- міній	Сталь
	Почат- кова θ_i	Кінце- ва θ_f	Значення коефіцієнта K		
Термопластична (полівініл- хлорид), 70°C	70	160 (140)	115 (103)	76 (68)	42 (37)
Термопластична (полівініл- хлорид), 90°C	90	160 (140)	100 (86)	66 (57)	36 (31)
Термореактивна (наприклад етиленпропілен або зшитий поліетилен), 90°C	90	250	143	94	52
Термореактивна (етилен- пропіленова гума), 60°C	60	200	141	93	51
Термореактивна (етилен- пропіленова гума), 85°C	85	220	134	89	48
Термореактивна (кремнійорга- нічна (силіконова) гума), 185°C	180	350	132	87	47
Примітка 1. Значення кінцевої температури θ_f і коефіцієнта K , що наведені в дужках, використовуються для провідників захисного уземлення, переріз яких перевищує 300 мм ² .					
Примітка 2. Визначення термінів <i>термопластична ізоляція</i> і <i>термореактивна ізоляція</i> — див. примітку 2 в таблиці Н.2.					

Таблиця Н.5 — Значення коефіцієнта K у разі використання як провідника захисного уземлення металеві оболонки, екрану, коаксіального провідника кабелю чи ізольованого проводу живлення

Ізоляція провідника і тривало допустима температура	Температура, °C		Матеріал провідника		
	Почат- кова θ_i	Кінце- ва θ_f	Мідь	Алю- міній	Сви- нець
			Значення коефіцієнта K		
Термопластична (полівініл-хлорид), 70°C	60	200	141	93	26
Термопластична (полівініл-хлорид), 90°C	80	200	128	85	23
Термореактивна (наприклад етиленпропілен або зшитий поліетилен), 90°C	80	200	128	85	23
Термореактивна (етилен-пропіленова гума), 60°C	55	200	144	95	26
Термореактивна (етилен-пропіленова гума), 85°C	75	220	140	93	26
Мінеральна з термопластичним (полівінілхлоридним) покриттям*	70	200	135	—	—
Мінеральна без покриття	105	250	135	—	—
<p>* Це значення K може бути також використане, якщо неізольований провідник є доступним дотику або знаходиться в контакті з горючим матеріалом.</p> <p>Примітка. Визначення понять термінів <i>термопластична ізоляція</i> і <i>термореактивна ізоляція</i> див. примітку 2 в таблиці Н.2.</p> <p>Мінеральна ізоляція — ізоляція, яка складається з спресованого мінерального порошку.</p>					

Таблиця Н.6 — Значення коефіцієнта K для неізолюваного провідника захисного уземлення, якщо зазначені температури не можуть бути причиною пошкодження оточуючих матеріалів

Експлуатаційні умови	Матеріал провідника					
	Мідь		Алюміній		Сталь	
	Значення K	Кінцева температура, °C	Значення K	Кінцева температура, °C	Значення K	Кінцева температура, °C
Провідник прокладений в спеціально відведеному місці і знаходиться в полі зору	228	500	125	300	82	500
Звичайні умови	159	200	105	200	58	200
Провідник прокладений в місці з підвищеним ризиком виникнення пожежі	138	150	91	150	50	150
Примітка. Прийнята початкова температура провідника дорівнює 30°C.						

ДОДАТОК П
(обов'язковий)

**МІНІМАЛЬНО ДОПУСТИМИ
ПЕРЕРІЗИ PEN-ПРОВІДНИКІВ**

Примітка. При формуванні правил визначення мінімально допустимих перерізів PEN-провідників, які наведені в цьому додатку, згідно з 6.3.4 враховані вимоги до вибору перерізів:

- провідників захисного уземлення (див. 6.2);
- нейтральних провідників (надані в [8]).

П.1 У однофазних двопроводових колах переріз PEN-провідника повинен бути не меншим перерізу лінійного провідника.

П.2 У багатофазних колах, в яких переріз лінійних провідників перевищує 16 мм² (мідних) або 25 мм² (алюмінієвих), переріз PEN-провідника може бути зменшеним (але, як правило, не більше ніж на 50%) порівняно з перерізом лінійних провідників, якщо одночасно виконуються такі умови:

- електричне навантаження кола є збалансованим, а загальне значення третьої гармоніки і непарних кратних трьом гармонік в струмі навантаження кола не перевищує 15%;

Примітка 1. Електричне навантаження кола тут вважається збалансованим, якщо різниця розрахункових струмів найбільш і найменш навантажених фаз цього кола в максимальному режимі споживання електроенергії не перевищує 50% (відносно величини першого із згаданих струмів).

Під загальним значенням *третьої гармоніки і непарних кратних трьом гармонік в струмі навантаження кола* тут слід розуміти розрахункове відношення діючого значення частини струму навантаження цього кола, яка складається з третьої і непарних кратних трьом гармонік, і діючого значення основної (першої) гармоніки струму кола в максимальному режимі споживання електроенергії (обчислюється в %).

- пристрій захисту від надструму діє на вимикання лінійних провідників кола у разі виникнення в PEN-провіднику цього кола надструму, що є небезпечним для зазначеного провідника при його фактичному перерізі;

Примітка 2. Зазначений захист від надструму можна вважати прийнятним, якщо виконані вимоги до цього захисту, які наведені в нормативних документах, зокрема в [1]. Для забезпечення виконання цієї умови вибрана величина перерізу повинна бути скоординована з характеристиками пристрою захисту;

– переріз PEN-провідника є не меншим 16 мм² (мідний провідник) або 25 мм² (алюмінієвий провідник).

Якщо не всі зазначені вище умови виконуються, переріз PEN-провідника багатофазного кола повинен бути принаймні не меншим перерізу лінійних провідників цього кола.

П.3 Виходячи з вимог, що зазначені в 6.3.4 та П.2, в таблиці П.1 наведені мінімально допустимі значення перерізів PEN-провідників, які виконані з того ж матеріалу, що і лінійні провідники кола.

Таблиця П.1 — Мінімально допустимі стандартні значення перерізів PEN-провідників

Переріз лінійних провідників кола S , мм ²	Мінімальний переріз PEN-провідника кола, мм ²
S — менше 10 за міддю або менше 16 за алюмінієм	PEN-провідник не застосовується (використовуються окремі захисний і нейтральний провідники). Проте може бути застосований окремо прокладений PEN-провідник перерізом не менше 10 мм ² за міддю або 16 мм ² за алюмінієм (див. примітку 1)
S дорівнює 10 за міддю або 16 за алюмінієм	10 за міддю або 16 за алюмінієм
S дорівнює 16 за міддю або 25 за алюмінієм	16 за міддю або 25 за алюмінієм
S дорівнює 25 або 35 за міддю	16
S дорівнює 35 за алюмінієм	25
S більше 35	$S/2$ (див. примітку 2)
<p>Примітка 1. Якщо в результаті розрахунку переріз лінійних провідників кабелю в трифазному колі вибраний рівним, наприклад 6 мм², функції захисного і нейтрального провідників повинні виконуватися двома різними жилами (кабель при цьому є п'ятижильним з перерізом всіх жил 6 мм²). Як альтернатива може бути застосований трижильний кабель з жилами 6 мм² (лінійні провідники) та прокладений по тій же трасі одножильний кабель (PEN-провідник) з мідною жилою перерізом 10 мм².</p> <p>Примітка 2. Якщо переріз лінійних провідників складає 150 мм², мінімальний допустимий переріз PEN-провідника може бути прийнятий рівним 70 мм².</p>	

П.4 В випадках, коли загальне діюче значення струмів третьої і непарних кратних трьом гармонік в струмі навантаження кола перевищує 15% (наприклад в колах з люмінесцентними лампами або з пристроями інформаційних технологій), переріз PEN-провідника в чотирипроводовому

кабелі або проводі повинен завжди бути таким же як переріз лінійних провідників. При цьому зазначені гармоніки у разі їх суттєвих значень можуть спричиняти необхідність збільшення перерізу як лінійних, так і PEN-провідників.

Значні величини таких гармонік можуть викликати в певних випадках в колах з одножильними кабелями чи проводами необхідність збільшення перерізу PEN-провідника порівняно з перерізом лінійних провідників.

До введення в дію в Україні відповідних правил нормативного характеру рішення щодо необхідності збільшення перерізу провідників через наявність гармонічних складових в струмі навантаження рекомендується приймати згідно з положеннями, які надані в [8].

П.5 Для окремих спеціальних електроустановок або частин цих електроустановок нормативні документи, які їх стосуються, можуть надати додаткові або інші вимоги щодо вибору перерізу PEN-провідників.

ДОДАТОК Р
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), 2014.
- 2 IEC 60050 (195): 1998, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 195: Earthing and protection against electric shock (Міжнародний електротехнічний словник. Частина 195. Заземлення і захист від ураження електричним струмом, 1998).
- 3 IEC 60050 (826): 1982, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 826: Electrical installations of buildings (Міжнародний електротехнічний словник. Частина 826. Електроустановки будинків, 1982).
- 4 IEC 60364-4-41:2005, Low-voltage electrical installations — Part 4-41: Protection for safety — Protection against electric shock; edition 5, 2005 (Електроустановки низької напруги. Частина 4-41. Захисні заходи безпеки. Захист від ураження електричним струмом; п'яте видання, 2005).
- 5 IEC 60364-4-44:2007, Low-voltage electrical installations — Part 4-44: Protection for safety — Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances; edition 2, 2007 (Електроустановки низької напруги. Частина 4-44. Захисні заходи безпеки. Захист від неприйнятних напруг і електромагнітних завад; друге видання, 2007).
- 6 IEC 60364-5-54:2011, Low-voltage electrical installations — Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment — Earthing arrangements and protective conductors; edition 3, 2011 (Електроустановки низької напруги. Частина 5-54. Вибір і монтаж електрообладнання. Уземлювальні пристрої і захисні провідники; третє видання, 2011).
- 7 IEC 60364-1:2005, Low-voltage electrical installations — Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions; fifth edition, 2005 (Електроустановки низької напруги. Частина 1. Основові положення принципи, оцінка загальних характеристик, визначення понять; п'яте видання, 2005).
- 8 IEC 60364-5-52:2009, Low-voltage electrical installations — Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment — Wiring systems; edition 3, 2009 (Електроустановки низької напруги. Частина 5-52. Вибір і монтаж електрообладнання. Системи електропроводок; третє видання, 2009).

9 IEC 60724:2008, Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m=1,2$ kV) and 3 kV ($U_m=3,6$ kV); edition 3, 2008 (Граничні температури електричних кабелів на номінальну напругу 1 кВ ($U_m=1$ кВ) і 3 кВ ($U_m=3,6$ кВ) в умовах короткого замикання; третє видання, 2008).

10 BS 7430:1998, Code of practice for earthing, 1998 (Правила виконання уземлення, 1998).

11 IEC 61140:2009, Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment; edition 3, 2009 (Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти для електроустановки і електрообладнання; третє видання, 2009).

Код УКНД 91.140.50; 91.120.99

Ключові слова: автоматичне вимикання, джерело живлення, електробезпека, електропостачання, електроустановка, замикання, захисний пристрій, захисні заходи, захід від замикання, захист від ураження електричним струмом, зрівнювання потенціалів, напруга дотику, номінальна напруга, опір уземлювального пристрою, основна ізоляція, основний захист, провідник захисного уземлення, система уземлення, струм витоку, струм замикання, уземлювальний пристрій, уземлювальний провідник, уземлювач.

Науковий керівник розробки,
канд. техн. наук

В. Мозирський

Директор
НВП “ЕЛЕТЕР”, канд. техн. наук

Д. Розинський