

ВИДИ ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Білоус Д.Є., студент, Халіков В.А., д.т.н.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Як відомо, під час розробки, встановлення та експлуатації електроустаткування, включаючи промислове та побутове, а також електричні мережі, заземлення є одним з основних аспектів. Це необхідно для забезпечення безпеки та правильної роботи об'єктів. Відповідно до Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК), нормативний документ був створений для регулювання використання заземлення, і в цьому документі також визначаються терміни, які використовуються для опису різних систем заземлення. Пункт 1.7 Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) містить вимоги до систем заземлення [1].

Існують штучні та природні заземлювачі. До природних відносять металеві конструкції будинків, трубопроводи й устаткування, що мають надійне з'єднання із землею. Однак, з ними існує певна проблема. Електричний опір розтікання струму заземлювача (опір заземлення) від таких предметів погано піддається прогнозуванню та контролю, по цій та ряду інших причин використання природного заземлювача при експлуатації електрообладнання обмежено. У свою чергу, штучний заземлювач – це така сукупність з'єднаних між собою провідних частин, яку спеціально виконують з метою заземлення. Кожний тип штучного заземлення має характерні переваги та недоліки. Розуміння відмінностей є важливим для вибору оптимального типу заземлення в залежності від потреб та умов конкретної електричної системи. Детальний аналіз цих типів заземлення допоможе зробити осмислені рішення та забезпечити безпеку та ефективність електричних систем.

Мета роботи. Визначення типів заземлення, їх характеристик, принципів функціонування та використання для забезпечення належної безпеки та ефективності електроустаткування.

Матеріали і результати досліджень. Стандарт ІЕС 60364-1 поділяє розподільні мережі в залежності від типу заземлення системи. Усього існує п'ять типів таких систем: TN (у трьох модифікаціях - TN-C, TN-S та TN-C-S), TT та IT [2]. Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК) використовує французькі та латинські терміни для позначень. У системах використовують такі скорочення:

- Перша літера T (від лат. terra – земля) вказує на те, що ділянка мережі заземлена.

- Друга літера N (neutral – нейтраль) вказує на наявність нейтрального провідника, який підключений до мережі в певний спосіб, визначений третьою літерою.

- Третя літера C (combine) вказує на структуру нейтрального провідника.

- S (separate) вказує на те, що нейтраль розділена на два провідники.

- I (isolate – ізольований) може вказувати на безпосередню ізоляцію нейтралі або її зв'язок з землею через високий опір.

- PE – protective earth, захисне заземлення, яке вказує на захисний заземлювальний провід.

Різні комбінації цих літер утворюють різні схеми підключення електричних мереж з заземленням. Порядок літер має значення: перша літера вказує на тип заземлення джерела живлення, а друга - на заземлення у відкритих провідних частинах електричної установки. У практиці недостатньо звертають увагу на другий аспект, оскільки він має незначний вплив на розташування компонентів у розподільних щитках в квартирах, але на виробництві це може мати велике значення.

У схемах систем заземлення використовуються такі умовні позначення:

- L1, L2, L3 (A, B, C) – провідники жовтого, зеленого та червоного кольорів відповідно, до яких підключені фази джерела живлення. У однофазних системах використовується позначення L для проводу фази.

- M – робочий нуль джерела живлення (нульовий провідник).

- PE – захисний нуль: це заземлювальний провідник, який з'єднується з заземлювачем.

- PEN – провідник, що об'єднує робочий нуль і захисне заземлення [3].

Системи TN є найпоширенішими у країнах колишнього Радянського Союзу. У цих системах нульовий захисний провідник і нульовий робочий провідник з'єднані на усій довжині мережі, що забезпечує глухозаземлену нейтраль. Глухозаземлена нейтраль означає, що нейтральний провідник безпосередньо приєднується до заземлення на трансформаторній підстанції, забезпечуючи якісне заземлення з найкоротшим шляхом до ґрунту.

Найдавнішою системою з родини TN є система TN-C (рис. 1).

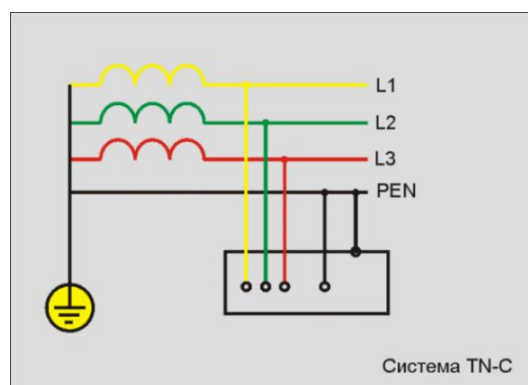


Рисунок 1 – Електрична схема заземлення TN-C

У цій системі нульовий захисний провідник і нульовий робочий провідник поєднані в один спільний провідник (PEN). Ця система часто зустрічається в старих будівлях, де не проводились жодні реконструкції електромереж. Проте вона

застаріла, і зараз частіше використовуються більш сучасні схеми підключення, такі як TN-CS або TN-S для поліпшення загальної безпеки.

Система TN-C-S є наступною у родині TN і спрямована на підвищення експлуатаційної безпеки (рис. 2).

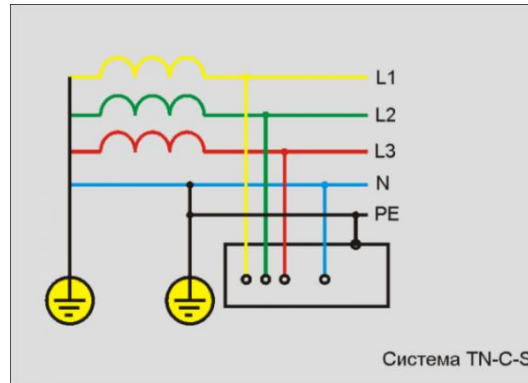


Рисунок 2 – Електрична схема заземлення TN-C-S

У цій системі глухозаземлена нейтраль на підстанції розділяється на захисний (PE) і нульовий (N) провідники, які подаються до будівлі окремо. Цей підхід часто використовується в багатоповерхівках і приватному секторі з повітряними лініями живлення. TN-CS забезпечує більшу безпеку і надійність, але не рекомендується для використання в однофазних мережах.

Система TN-S є найпрогресивнішою серед усіх систем TN і має найвищу надійність (рис. 3).

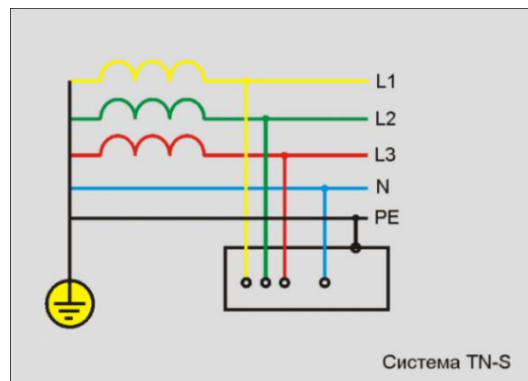


Рисунок 3 – Електрична схема заземлення TN-S

У цій системі нульовий і заземлювальний провідники з'єднуються лише на трансформаторній підстанції і не мають з'єднання між собою протягом всього шляху. TN-S використовується в п'ятидротових мережах, де до споживачів окремо подаються захисний (PE) та робочий (N) провідники. Незважаючи на складнощі монтажу і дороговизну, такий тип захисту простіший в обслуговуванні і має найбільшу надійність серед сімейства TN. Саме тому ця система часто використовується в сучасних повітряних, підземних і магістральних лініях [4].

Система ТТ є найбільш автономною серед усіх систем, що використовуються (рис. 4).

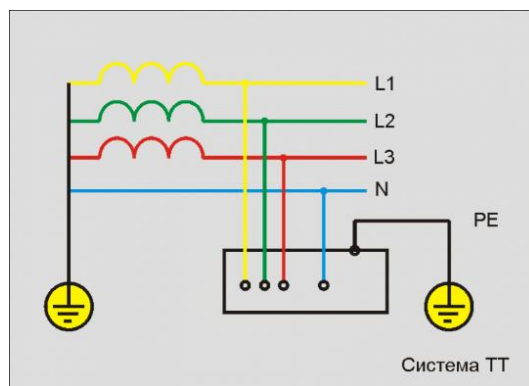


Рисунок 4 – Електрична схема заземлення ТТ

Вона застосовується тоді, коли неможливо встановити інші типи систем. У системі ТТ нейтральний провідник, який походить від трансформаторної підстанції, не має зв'язку з заземленням будівлі. Власники самостійно встановлюють заземлюючий контур та підключають його до своєї електричної системи. Система застосовується в сільських місцевостях, побутових вагончиках, кіосках та інших подібних місцях, а також під час виконання монтажних робіт. Однак однією із перешкод у використанні системи ТТ є потреба у використанні пристрою захисного відключення, тобто ПЗВ (диференційного реле або дифавтомата), оскільки сила струму при короткому замиканні, може бути замало для автоматичного відключення. В інших аспектах система ТТ не поступається іншим типам систем [5]. У системі ІТ нейтральний провідник відсутній (рис. 5).

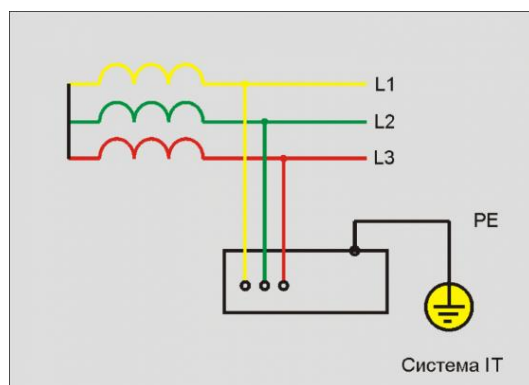


Рисунок 5 – Електрична схема заземлення ІТ

При цьому нейтраль можуть заземлювати через високоомний резистор, а відкриті частини корпусів електроустановок заземлені через власний контур заземлення. Це дозволяє уникнути передачі напруги на обладнання споживачів і запобігти його пошкодженню. У системі ІТ відсутній нейтральний провідник N та заземлення PE. Електричні пристрої безпосередньо підключаються до лінійної

напруги. Зазвичай система IT використовується у господарських будівлях, майстернях, виробничих цехах, газовій, нафтовій або вугільній промисловості тощо, де є високі ризики вибухонебезпеки та пожежі.

Висновки. Тип TN-C економічний варіант заземлення, оскільки використовує спільний нульовий провідник для струму та заземлення, але має потенційну небезпека у разі несправності. Тип TN-S має високий рівень безпеки, оскільки використовуються окремі провідники для струму та заземлення, але вимагає додаткового провідника для заземлення, що може підвищувати вартість та складність установки. Тип TN-C-S – це комбінація економічності та безпеки, оскільки використовує спільний нульовий провідник для струму та окремий провідник для заземлення, але має потенційну небезпеку в разі несправності заземлювального провідника. Тип TT має надійне заземлення на кожному об'єкті, оскільки передбачає окремі заземлення для електричних систем та об'єктів, але вимагає встановлення місцевих заземлювальних електродів, що може бути витратним і складним процесом. Тип IT має високий рівень надійності та стійкості до переривань електропостачання, оскільки кожне обладнання має власну заземлену нейтраль, але вимагає спеціального обладнання та додаткових заходів для забезпечення ізоляваності системи від землі.

Отже, вибір типу заземлення залежить від конкретних вимог і характеристик електричної системи. Кожен тип має свої переваги та недоліки, які потрібно враховувати при проектуванні та встановленні заземлення. Важливим є вміння визначати оптимальний варіант, який забезпечить безпеку, ефективність та надійність функціонування електричної мережі у конкретних умовах.

Перелік посилань

1. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, Київ, 2017.
2. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Затвер. наказом Мінрегіону України від 01.07.2016 № 204.
3. Електричні мережі та системи : підручник / В. В. Кирик. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. - 324 с.
4. Power Supply System (TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT) Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.lsp-international.com/power-supply-system/>
5. What are different AC Power Systems (TN, TT & IT earthing) and which one should you choose? Електронний ресурс. Режим Доступу: <https://www.emobilitysimplified.com/2020/04/iec-60364-3-different-ac-power-systems-earthing-tn-tt-it.html#>