**Діагностування енергообладнання**

**Лабораторна робота №10**

**Тема: «Вимірювання питомого опору ґрунту»**

**Вступ.**

Одна з характерних особливостей сучасного науково-технічного прогресу – надзвичайне прискорення темпів приросту і оновлення знань. Розвиток людського суспільства, його культурний рівень безпосередньо пов’язані із збільшенням кількості споживаної енергії, дослідженням і обґрунтуванням нових, ефективніших її видів. Нинішній науково-технічний прогрес неможливий без використання якісно нового виду енергії, в першу чергу, електричної. Вона широко застосовується в промисловості, міському і сільському господарстві, на транспорті. Тому роль інженера-електроенергетика в сучасному суспільстві надзвичайно вагома. Відомо, що економічність і надійність систем електропостачання багато в чому забезпечується засобами визначення технічного стану електричного обладнання.

При експлуатації енергетичного устаткування ЕЕС неминучі їх пошкодження і ненормальні режими.

Світові тенденції підвищення надійності і пропускної спроможності мереж електропередачі, підвищення безпеки роботи енергетичних підприємств ґрунтуються на підвищенні безпеки роботи з силовим високовольтним устаткуванням.

Одним з важливих чинників, які впливають на безпеку експлуатації, обслуговування і ремонту силового енергетичного обладнання є правильний вибір, проектування, монтаж і експлуатація заземлювальних пристроїв.

Особливо важливим стає це завдання в умовах проектування і будівництва нових блоків атомних електричних станцій, нових електричних підстанцій і ліній електропередач.

Це забезпечує підвищення надійності і техніко-екологічної безпеки високовольтних повітряних ЛЕП, високовольтних систем передачі і розподілу електричної енергії в енергонасичених регіонах і об'єктах з великою щільністю людей.

Багато важливих технічних і економічних показників електричних мереж залежать від способу заземлення електричних мереж, який впли­ває на вартість ізоляції ліній та устаткування мережі, а також на вартість пристроїв заземлення; на надійність електропостачання спо­живачів; на можливість виникнення ферорезонансних та резонансних процесів; на умови безпеки обслуговування електроустановок; на ви­конання та функціонування пристроїв захисту від замикання на землю. Отже, правильний вибір способу заземлення електричних мереж має принципове і практичне значення.

Відомо, що в середньому електротравми складають 3% від  загальної кількості травм, 12 - 13% − смертельні електротравми від  загальної кількості смертельних випадків. Це багато, якщо враховувати високий рівень травматизму в  країні.

Прийнято обчислювати електротравматизм з розрахунку на 1 млн. жителів. В Україні цей показник складає 8,8  смертельних електротравм на 1 млн. жителів країни за рік (у передових промислово розвинених країнах  не  більше 3).

До  найбільш неблагополучних галузей відносяться: легка промисловість, де електротравматизм складає 17 % від кількості смертельних нещасних випадків, енергетика 14 %, хімічна промисловість 13 %, будівництво, сільське господарство по 20%, побут приблизно 24 % та інші.

Заходи захисту від ураження електричним струмом повинні бути достатніми під час проектування і реалізованими під час виготовлення електрообладнання, або в процесі монтажу електроустановки чи в обох випадках.

1. **Короткі теоретичні відомості**

**1.1\_Загальні відомості про методи та засоби захисту від ураження електричним струмом**

Всі частини установки, які нормально не перебувають під напругою, але можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції фази, з'єднують провідниками із землею.

Заземлювач − провідна частина (провідник) або сукупність з'єднаних між собою провідних частин (провідників), які перебувають в електричному контакті із землею безпосередньо або через проміжне провідне середовище, наприклад, через бетон.

Штучний заземлювач − заземлювач, який спеціально виконують з метою заземлення.

Штучні заземлювачі виконують з вертикальних і (або) горизонтальних електродів. Електроди можуть бути із сталі або із міді.

Вертикальні електроди заглиблюють в землю таким чином, щоб їх верхня кінцівка знаходилася на глибині 0,7÷0,8 м від поверхні землі. Якщо заземлювач має кілька вертикальних електродів, вони з'єднуються між собою горизонтальними електродами, які також розміщуються на глибині 0,7÷0,8 м. Довжина вертикальних електродів зазвичай прий­мається 3÷5 м, а у разі великого питомого опору у верхньому шарі землі і значно меншому опору в нижньому може бути 10÷15 м і більше. Відстань між сусідніми вертикальними електродами повинна бути не меншою, ніж довжина електроду. Краще, щоб ця відстань була у два чи три рази більшою за довжину електроду. Якщо питомий опір землі у верхньому шарі незначний, штучні заземлювачі можуть виконуватися шляхом закладання в землю тільки горизонтальних електродів, без застосування вертикальних.

Природний заземлювач − провідна частина, яка крім своїх безпосередніх функцій одночасно може виконувати функції заземлювача (наприклад, арматура фундаментів та інженерних комунікацій будівель і споруд, підземна частина металевих і залізобетонних опор ПЛ тощо). Перевага: застосування природних заземлювачів дозволяє отримати значну економію коштів і матеріалів на спорудженні заземлювальних пристроїв. Недолік: вадою природних заземлювачів у багатьох випадках є доступність до них людей, які не мають ніякого відношення до електроустановки і за цієї причини існує можливість пошкодження неперервності їх з'єднань. Тому, у разі використання природних заземлювачів, це повинно враховуватися.

Електрично-незалежні заземлювачі − заземлювачі, розташовані на такій відстані один від одного, що максимально можливий струм, який може стікати в землю по одному з них, суттєво не впливає на електричний потенціал інших.

Заземлювальний провідник - провідник, який з'єднує заземлювач з визначеною точкою системи або електроустановки чи обладнання.

Заземлювальний пристрій − сукупність електрично-з’єднаних між собою заземлювача і заземлювальних провідників, включаючи елементи їх з'єднання.

Основними електричними параметрами заземлювального пристрою є: опір розтікання заземлювача, напруга дотику напруга кроку в зоні розтікання. Заземлення − виконання електричного з'єднання між визначеною точкою системи або установки або обладнання і локальною землею.

Примітка: з'єднання з локальною землею може бути навмисним, ненавмисним і випадковим, а також постійним або тимчасовим.

Захисне заземлення − заземлення точки чи точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки.

Функціональне (робоче) заземлення − заземлення точки чи точок системи, установки або обладнання з метою, що не пов'язана з електробезпекою (наприклад, для забезпечення електро­магнітної сумісності).

Захисний провідник − провідник, призначений для забезпечення електробезпеки.

Захисний заземлювальний провідник − заземлювальний провідник, призначений для захисного заземлення.

Провідник системи зрівнювання потенціалів − захисний провідник, призначений для захисного зрівнювання потенціалів.

Заземлюють наступні металеві частини електроустановок: корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників і т. п .; приводи електричних апаратів; вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів; каркаси розподільних щитів, щитів управління, щитів і шаф; конструкції розподільних пристроїв, кабельні конструкції, корпуси кабельних муфт, оболонки і броні силових і контрольних кабелів і проводів, сталеві труби електропроводки і т. п.

На повітряних лініях напругою 6÷10 кВ заземлюють залізобетонні та металеві опори, розташовані в населених місцевостях, а також каркаси і корпуси електрообладнання (роз'єднувачів, запобіжників, розрядників), встановленого на дерев'яних, залізобетонних або металевих опорах.

Заземлювачі можуть бути природні та штучні. Природними заземлювачами є: металеві конструкції будівель і споруд, з'єднані з землею, прокладені в землі металеві трубопроводи (за винятком трубопроводів горючих рідин і горючих газів); свинцеві оболонки кабелів, прокладених у землі, якщо їх не менше двох.

У тому випадку, коли опір заземлюючого пристрою при використанні природних заземлювачів буде задовольняти вимогам ПУЕ, використовувати додаткове штучне заземлення не потрібно.

Як штучні заземлювачі застосовують вертикально забиті сталеві труби з товщиною стінок не менше 3,5 мм, кутову сталь, стальні стрижні діаметром не менше 6 мм, горизонтально прокладені сталеві смуги товщиною не менше 4 мм і загальним перерізом не менше 48 мм2 і т. п.

Внутрішню мережу заземлення в приміщеннях РУ виконують у вигляді магістралі заземлення і відгалужень від них до окремих корпусів апаратів.

Послідовне приєднання заземлюючих корпусів електроустаткування до магістралі заземлення не допускається. Магістральну заземлювальну шину з'єднують з заземлювачем не менше ніж двома відгалуженнями, приєднаними до заземлювача в різних місцях.

Магістральну заземлювальну шину і відгалуження до заземлюючим частинам прокладають відкрито. Відкрито прокладені заземлювальні провідники фарбують в чорний колір. При фарбуванні їх у інший колір в місцях приєднань і відгалужень необхідно прокреслити дві смуги чорного кольору на відстані 150 мм одна від іншої.

Перерізи заземлюючих провідників вибирають з розрахунку, щоб при протіканні струмів однофазних замикань на землю температура заземлювальних провідників в установках вище 1000 В з великими струмами замикання на землю не перевищувала 400°С, в установках до та понад 1000 В з малими струмами переріз заземлювальних провідників вибирають не менше перерізу фазних провідників.

В електроустановках напругою до 1000 вольт у якості заземлюючих провідників використовують мідні й алюмінієві провідники.

Заземлювальні провідники з'єднують один з одним зварюванням. До заземлювальної конструкції їх приєднують теж зварюванням, а до корпусів апаратів, машин − зварюванням або болтами. Пайкою приєднують заземлюючі провідники до металевих оболонок кабелів і проводів.

Проходи заземлюючих провідників крізь стіни і перекриття виконують в трубах, сталевих обіймах або відкритих отворах.

**1.2 Призначення та класифікація провідників заземлення**

РЕ– провідник (від англ. «Protective earthen» − захисне заземлення) − захисний провідник (рис.1) в електроустановках напругою до 1 кВ, призначений для захисту від ураження електричним струмом.

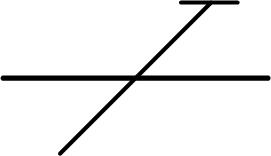


Рисунок 1 − РЕ-провідник

N– провідник (нейтральний провідник) - це є провідник в електроустановках напругою до 1 кВ електрично-з'єднаний з нейтральною точкою джерела живлення, яке використовується для розподілення електричної енергії (рис. 2).

Нейтральна точка (джерела живлення) - спільна точка з'єднаної в зірку багатофазної системи або заземлена точка однофазної системи.



Рисунок 2 − N– провідник

М – провідник (провідник середньої точки) − провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, який електрично-з'єднаний з середньою точкою джерела живлення і використовується для розподілення електричної енергії (рис. 3).



Рисунок 3 − М – провідник

РЕN - провідник − провідник в електроустановках напругою до 1 кВ, який поєднує в собі функції − захисного (РE-) і нейтрального (N-) провідників (рис. 4).

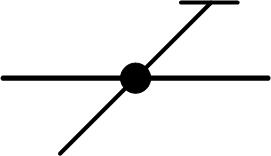


Рисунок 4 − РЕN − провідник

Терміни «нейтральний» і «захисний» провідники в системі TN є синонімами відповідних термінів «нульовий робочий» і «нульовий захисний» провідники, вони були в попередніх редакціях ПУЕ, а також в нормативних документах України, і не відповідають термінам міжнародних стандартів.

**1.3 Класифікація типів заземлення та їх характеристика**

Тип заземлення системи − показник, який характеризує розташування нейтрального провідника (N − провідника) або провідника середньої точки (М-провідника) і з'єднання з землею струмопровідних частин джерела живлення та відкритих провідних частин в електроустановках напругою до 1 кВ.

Позначення типу заземлення системи TN (ГОСТ 30331.2):

система TN-S**;** система TN-C**;** система TN-C-S**;** система TT**;** система IT

Системи TN − системи, в яких мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмопровідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно N **−** або М − і захисного РЕ – провідників. Де: Т – “terra” – земля, N − нейтраль.

Т – “terra” – земля (рис. 5). Це безпосереднє приєднання однієї точки струмопровідних частин джерела живлення до заземлювального пристрою. У трифазних мережах такою точкою, як правило, є нейтраль джерела живлення (якщо нейтраль недоступна, то заземлюють фазний провідник), у трипровідних мережах однофазного струму і постійного струму − середня точка, а у двопровідних мережах − один з виводів джерела однофазного струму або один з полюсів джерела постійного струму.

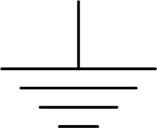


Рисунок 5 − Позначення землі на схемі

N – нейтраль (від англ. «neutral» − нейтраль). Це − безпосередній зв'язок відкритих провідних частин електроустановки з точкою заземлення. N– друга літера, яка позначає характер заземлення відкритих провідних частин електроустановки.

Позначення N – провідника (або М – провідника) на схемі (рис. 6):



Рисунок 6 − Позначення N – провідника на схемі

**1.4 Схеми виконання систем заземлень**

Система TN-S − система TN, в якій N − або М − і РЕ − провідники розділено по всій мережі (рис. 7). Літера S показує розташування нейтрального N і захисного РЕ − провідників: S (від англ. «separate» − розділяти) − функції N − і РЕ − провідників виконують окремі провідники.

Схеми виконання систем TN-S (рис. 7, 8) містять: ДЖ − джерело живлення; L1, L2, L3 − лінійні (фазні) провідники; 1 − заземлювач джерела живлення; 2 − відкриті провідні частини; 3 − заземлювач відкритих провідних частин; 4 − захисний заземлювальний провідник. Заземлення системи позначено потовщеними лініями.

.

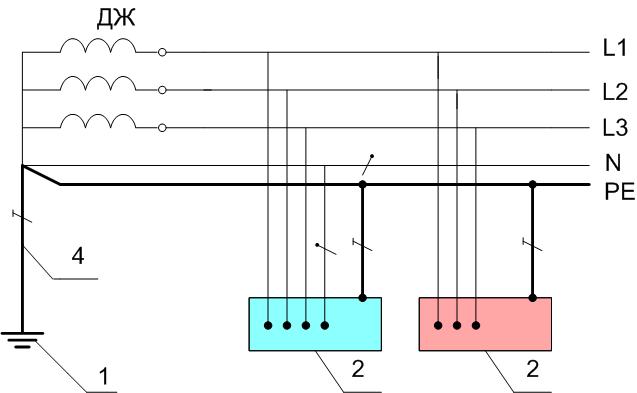


Рисунок 7 − Схема 1 виконання системи TN-S (у джерела схема «зірки»)

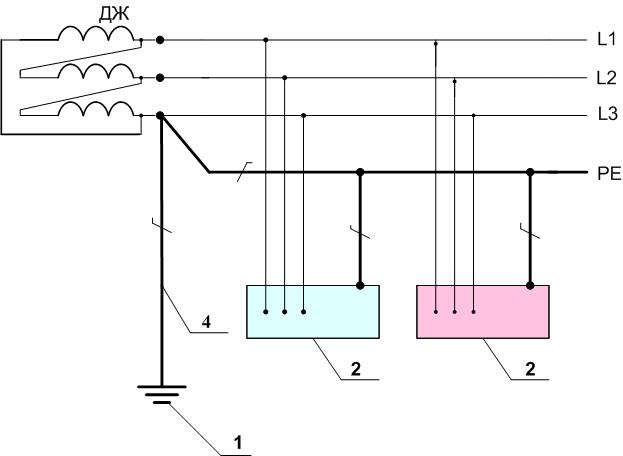


Рисунок 8 – Схема 2 виконання системи TN-S (у джерела схема «трикутника»)

Система TN-C (рис. 9) − система TN, в якій N − або М − і РЕ − провідники поєднано в одному PEN − провіднику по всій мережі С (від англ. «combine» − об'єднувати) − функції N − і РЕ− провідників виконує один РЕN − провідник.

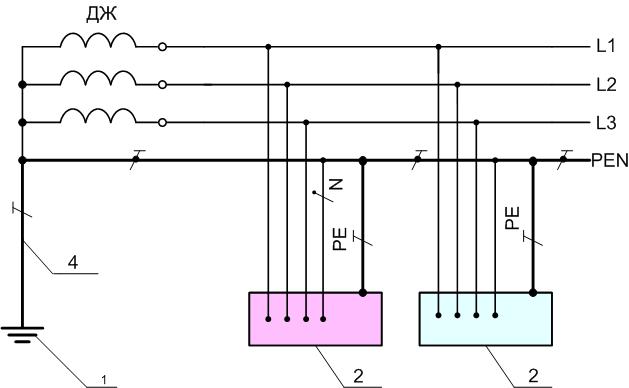


Рисунок 9 − Схеми виконання систем TN-С (у джерела схема «зірки»)

Система TN-C-S (рис.10) − система TN, в якій N- або М- і РЕ-провідники поєднано в одному провіднику в частині мережі, починаючи від джерела живлення.

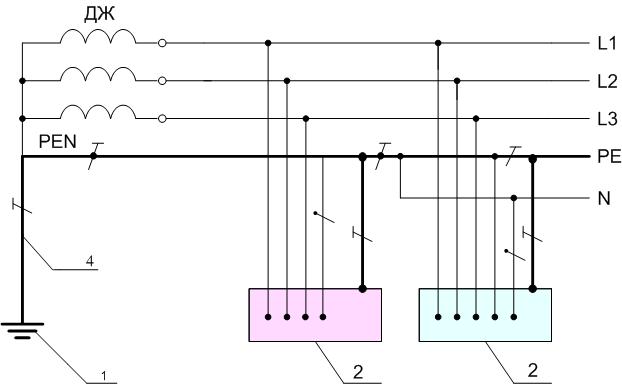


Рисунок 10−Схема виконання систем TN-С-S (у джерела схема «зірки»)

Схеми виконання систем TN-С-S: ДЖ − джерело живлення; L1, L2, L3 − лінійні (фазні) провідники; 1 − заземлювач джерела живлення; 2 − відкриті провідні частини; 3 − заземлювач відкритих провідних частин; 4 − захисний заземлювальний провідник. Заземлення системи позначено потовщеними лініями.

Система ТТ (рис. 11) − система, одна точка струмопровідних частин джерела живлення якої заземлена, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до РЕ-провідника, з'єднаного із заземлювачем, електрично-незалежним від заземлювача, до якого приєднано точку струмопровідних частин джерела живлення.

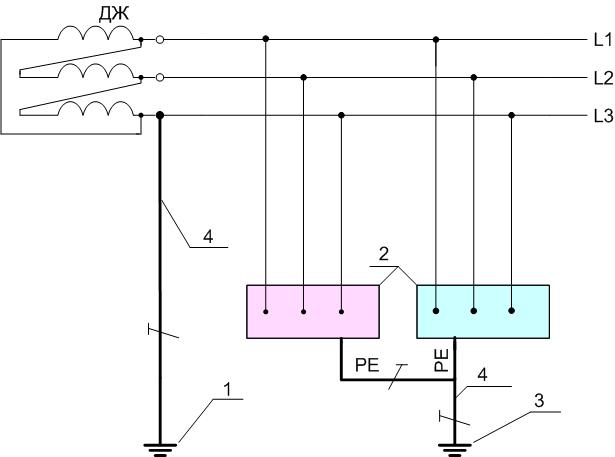


Рисунок 11 − Схема 1 виконання системи TT

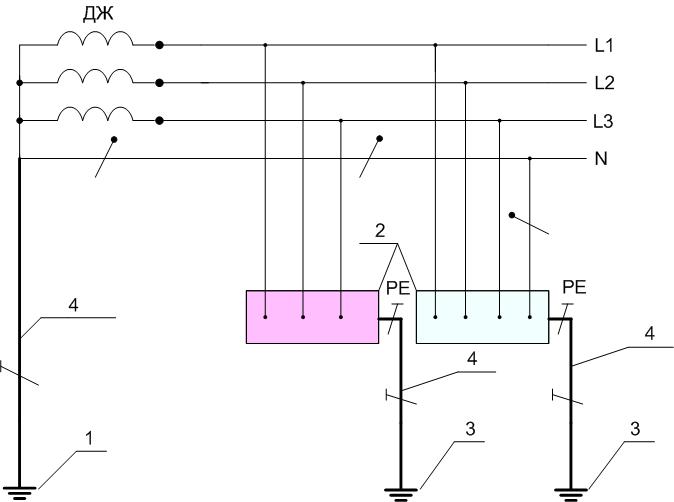


Рисунок 12 – Схема 2 виконання системи TT (у джерела схема «зірки»)

Схеми виконання системи TT (рис.11, рис.12) містять: ДЖ − джерело живлення; L1, L2, L3 − лінійні (фазні) провідники; 1 − заземлювач джерела живлення; 2 − відкриті провідні частини; 3 − заземлювач відкритих провідних частин; 4 − захисний заземлювальний провідник. Заземлення системи позначено потовщеними лініями.

Система IT (рис.13) − система, в якій мережа живлення ізольована від землі чи заземлена через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого РЕ-провідника.

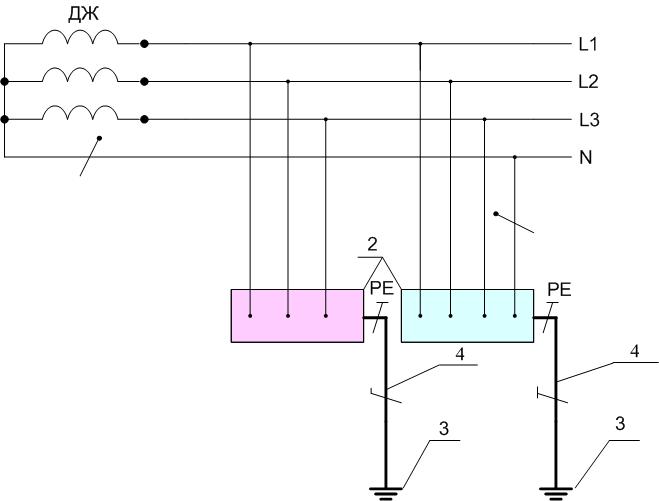


Рисунок 13−Схема 1 виконання системи IT (у джерела схема «зірки»)

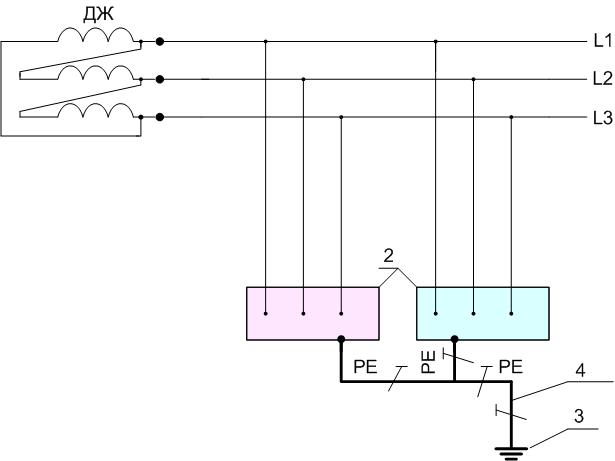


Рисунок 14 **−** Схема 2 виконання системи IT (у джерела схема «трикутника»)

Система IT − система, в якій мережа живлення ізольована від землі чи заземлена через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого РЕ-провідника.

Схема 1 виконання систем IT: ДЖ − джерело живлення; L1, L2, L3 - лінійні (фазні) провідники; 1 − заземлювач джерела живлення; 2 − відкриті провідні частини; 3 − заземлювач відкритих провідних частин; 4 − захисний заземлювальний провідник. Заземлення системи позначено потовщеними лініями**.**

Схема 1 і схема 2 виконання систем IT (рис.13 та рис.14) містить: ДЖ − джерело живлення; L1, L2. L3 − лінійні (фазні) провідники; 1 − заземлювач джерела живлення; 2 − відкриті провідні частини; 3 − заземлювач відкритих провідних частин; 4 − захисний заземлювальний провідник. Заземлення системи позначено потовщеними лініями.

**1.5. Вплив зовнішніх факторів на заземлювальні пристрої**

Опір заземлення заземлювачів визначається в основному питомим опором ґрунту, розміром і формою заземлювача, глибиною закладення його в ґрунті. На опір ґрунту впливають вид ґрунту, температура, волога та інші фактори.

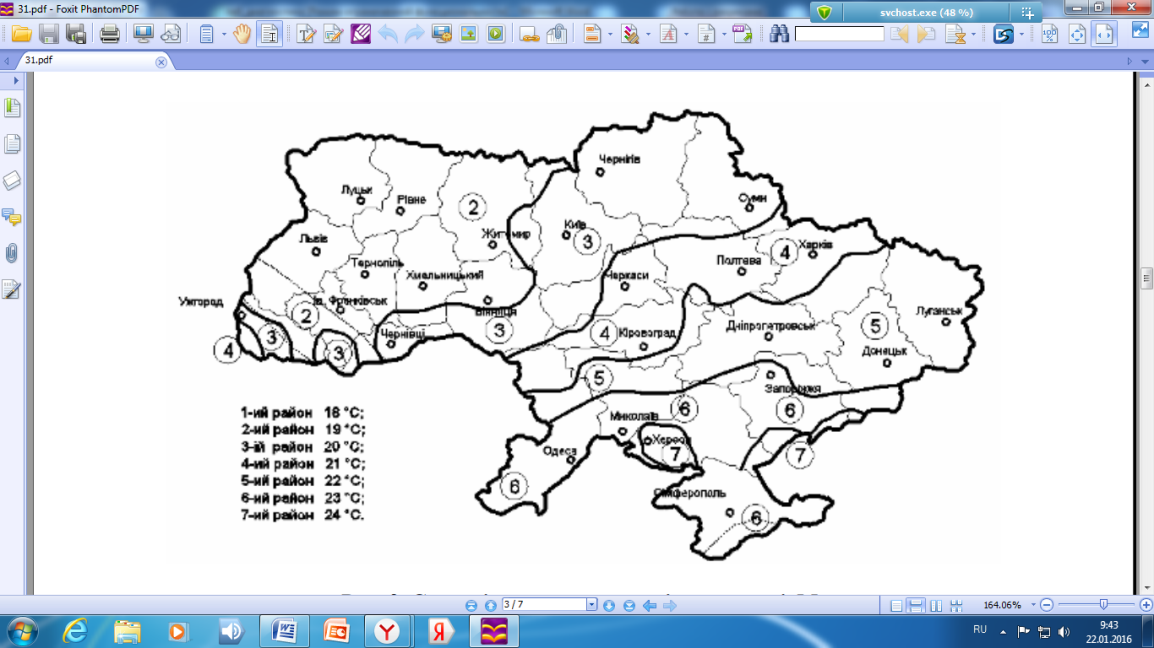
Таблиця 1− Межі змін питомих опорів ґрунтів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ґрунти | Питомий опір, Ом·см | | |
| Мінімальний | Середній | Макс. |
| Зольні ґрунти, шлаки,  засолені ґрунти, пустинні | 590 | 2370 | 7000 |
| Глини, глинисті сланці, мулистий ґрунт, суглинок | 340 | 4060 | 16000 |
| Ті ж з піском або щебенем | 1020 | 15800 | 135000 |
| Гравій, пісок, камені  з невеликою кількістю глини або суглинку | 59000 | 94000 | 458000 |

Територіальне районування України за середньорічною температурою повітря показане на рис. 15.



Середні температури повітря в січні М1



Середні температури повітря в липні М7

Рисунок 15 − Територіальне районування України за середньорічною температурою повітря [7]

Як можна бачити з таблиць 1 та 2, опір зразка ґрунту змінюється вельми швидко при збільшенні вмісту вологи в ньому приблизно до 20%.

Таблиця 2 − Вплив вологи на опори зразків піщаного суглинку

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вміст вологи, % | Питомий опір, Ом·см | |
| Ґрунт | Піщаний суглинок |
| 0 | >109 | >109 |
| 2,5 | 250000 | 150000 |
| 5 | 165000 | 43000 |
| 10 | 53000 | 18500 |
| 15 | 19000 | 10500 |
| 20 | 12000 | 6300 |
| 30 | 6400 | 4200 |

Питомий опір ґрунту, також, залежить від температури [21]. Питомий опір піщаного суглинку з вмістом вологи 12,5% змінюється при зміні температури від +20 до −15°С від 7200 до 330 000 Ом·см

Таблиця 3 – Залежність питомого опору піщаного суглинку

від температури

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура, °С | Температура  по Фаренгейту, F | Питомий опір, Ом·см |
| 20 | 68 | 7200 |
| 10 | 50 | 9900 |
| 0 | 32 (вода) | 13800 |
| 0 | 32 (лід) | 30000 |
| -5 | 23 | 79000 |
| -15 | 14 | 330000 |

Таблиця 4 − Види та характеристики ґрунтів [18]

|  |  |
| --- | --- |
| Ґрунт | Питомий опір ґрунту Ом∙м |
| Пісок | 400÷1000 і більше |
| Супісок | 150÷400 |
| Суглинок | 40÷150 |
| Глина | 8÷70 |
| Чорнозем | 10÷50 |
| Садова земля | 40 |

Кліматичні зони розташування заземлювальних пристроїв впливають на їх опір. Найнесприятливішими умовами для заземлювальних пристроїв є тропічні і субтропічні кліматичні пояси, а також пояси з великою кількістю сезонних дощів.

Так під час промерзання ґрунту, або в посушливий період − під час

його висихання, значно збільшується питомий опір в верхніх шарах, а відповідно йому і опір заземлювальних пристроїв. Особливо значних змін зазнає опір горизонтальних заземлювачів, закладених в землю на глибину 0,7÷0,8 м.

**1.6. Приведення параметрів електричної структури землі до розрахункових сезонних умов**

Якщо вимірювання параметрів електричної структури землі проводиться не в розрахунковий сезон, отримані в результаті усереднювання основних допоміжних ВЗЕ данні, приводяться до розрахункових сезонних умов за допомогою сезонного коефіцієнта питомого опору землі *kС* з глибини сезонних вимірювань *hc* . Коефіцієнт *kc* і глибина *hc* залежать від кліматичної зони, в якій розташована проектувальна електроустановка. Кліматичні зони відповідають кліматичним районам і підрайонам по БНіП 2.01.01 -82 (Будівельна кліматологія і геофізика). Для районів, що в зимній період мають від'ємні температури, в якості сезонних змін приймається нормативна глибина сезонного промерзання грантів, яка визначається по БНіП 2.02.01-83 (Основа будинків і споруд) або по довідникових даних клімату. Для всіх інших районів глибина сезонних змін приймається рівною 0,5м.

Значення *kc* і *hc*  можуть бути отримані шляхом спеціальних досліджень, виконаних у зоні розташування станцій і підстанцій. Для цього можна використовувати результати ВЗЕ, виконані в період найменших і найбільших значень питомого опору верхніх шарів землі. Тоді значення коефіцієнта можна визначити по максимальній і мінімальній величині питомого опору першого шару за формулою

, (1)

Глибина *hc* визначається шляхом порівняння потужності верхніх шарів землі.

При відсутності необхідних даних, *kc*можна вибирати по таблиці 5.

Таблиця 5− Значення сезонного коефіцієнта *kс*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Кліматична  зона | Зволоженість ґрунту | | |
| Перезволожений | Зволожений | Малозволожений |
| *kс* | *kс* | *kс* |
| 1 | 10,0 | 7,5 | 3,8 |
| 2 | 6,5 | 4,0 | 3,6 |
| 3 | 3,6 | 2,5 | 2,8 |
| 4 | 1,6 | 1,8 | 2,4 |

Таблиця 6 − Ознаки кліматичних зон і значення коефіцієнтів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристики кліматичних зон** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Середня багаторічна нижча температура (січень), С | от -20  до -15 | от -14  до -10 | от -10  до 0 | от 0  до +5 |
| Середня багаторічна вища температура (липень), С | от +16  до +18 | от +18  до +22 | от +22  до +24 | от +24  до +26 |
| Середньорічна кількість опадів, см. | 40 | 50 | 50 | 30 - 50 |
| Тривалість замерзання вод (днів) | 190 | 150 | 100 | 0 |
| **Значення підвищувальних коефіцієнтів.** | | | | |
| Для вертикальних електродів, Кв | 1,8-2,0 | 1,5-1,8 | 1,4-1,6 | 1,2-1,4 |
| Для горизонтальних електродів, Кг | 4,5-7,0 | 3,5-4,5 | 2,0-2,5 | 1,5-2,0 |

Значення коефіцієнта *qс* приймається таким, який дорівнює:

− якщо вимірювання параметрів електричної структури землі проводилися в період, відповідний найменшим значенням питомого опору верхніх шарів землі , а розрахунковий сезон відповідає їх найбільшим значенням , то

; (2)

− якщо вимірювання параметрів електричної структури землі проводилися в розрахунковий сезон, то

; (3)

− якщо вимірювання параметрів електричної структури землі проводилися в період, відповідний найбільшим значенням питомого опору верхніх шарів землі, а розрахунковий сезон відповідає їх найменшим значенням, то

. (4)

**1.7. Приклад розрахунку похибки**

Умови проведення вимірювань наступні: вимірюється опір заземлюючих пристроїв підстанції напругою 110 кВ; температура повітря мінус10°С; вологість не більше100%; вимірювач живиться від внутрішнього джерела; положення вимірювача майже горизонтальне; вимірювач встановлений далеко від потужних силових трансформаторів.

Виміряна величина опору Rx = 0,15 Ом на діапазоні вимірювань 0÷0,3 Ом. У вимірюваного кола були виявлені завади від джерела змінного струму.

Зведена похибка визначається (5) з огляду на наступні складові додаткових похибок:

від індуктивності заземлювача ΔС1 = 8%;

від температури:

 (5)

від напруги живлення ∆С3 = 4%;

від завад змінного струму ∆С4 = 2%;

∆ = ∆0 + ∆С1+ ∆С2+ ∆С3+ ∆С4= 4 + 8 + 12 + 4 + 2 = 30%.

Відносна похибка γ може бути визначена за формулою (6):

 (6)

Рисунок 16 − Приведення виміряних параметрів електричної структури землі до розрахункових сезонних умов



Імовірність того, що всі складові похибки матимуть максимальну величину з однаковим знаком надзвичайно мала, тому похибка вимірювань буде значно меншою.

**1.8. Короткі відомості про прилад Ф4103**

Вимірювач опору заземлень Ф4103-М1 (рис. 17) призначений для вимірювання опору заземлюючих пристроїв будь-яких геометричних розмірів, питомого опору ґрунтів і активних опорів, як при наявності перешкод, так і без них.



Рисунок 17 − Зовнішній вигляд приладу Ф4103

Прилад відноситься до засобів вимірювань групи 4 за ГОСТ 22261-94 «Засоби вимірювань електричних і магнітних величин. Загальні технічні умови», але з розширеним значенням робочих температур від мінус 25°С до плюс 55°С і відносній вологості до 90% при температурі 30°С.

Клас точності приладу − 4.0 на діапазоні 0÷0,3 Ом і 2,5 на інших діапазонах.

Межі основної зведеної похибки приладу ± 4% у діапазоні 0÷0,3 Ом і ± 2,5% на інших діапазонах від кінцевого значення діапазону вимірювання.

Частота вимірювального струму знаходиться в межах 265÷310 Гц.

Змінна напруга на затискачах Т1 і Т2 при розімкнутому зовнішньому ланцюзі не більше 36 В.

Електроживлення вимірювача здійснюється від дев'яти вбудованих гальванічних елементів 373, А373, (R20, LR20) або від зовнішнього джерела постійного струму напругою від 11,5 до15 В.

Струм споживання від джерела живлення струмом не більше160 мА.

Час встановлення показів в положенні «ИЗМ І» не перевищує 6 секунд, а в положенні «ИЗМ ІІ» − не більше 30 с.

Час встановлення робочого режиму не більше10 с.

Тривалість безперервної роботи вимірювача при живленні від зовнішнього джерела не обмежена. Тривалість безперервної роботи від вбудованого джерела живлення обмежується ємністю електрохімічного джерела струму.

Габаритні розміри: 305×125×155 мм.

Маса приладу: не більше 2,2 кг.

**2\_Хід роботи**

1. Встановити сухі елементи в відсік живлення з дотриманням полярності. При відсутності їх підключити вимірювач до зовнішнього джерела за допомогою шнура живлення.

2. Встановити вимірювач на рівній поверхні і зняти кришку, за

необхідності закріпити її на бічній поверхні корпусу.

3. Перевірити рівень завад перевіреній ланцюга. Для цього встановити перемикачі в положення «ИЗМ ІІ» і «0,3» і натиснути кнопку «ИЗМ». Якщо червоний світлодіод КПМ не світиться, то рівень завад не перевищує допустимий і вимірювання можна проводити. Якщо світлодіод КПМ світиться, то рівень завад перевищує допустимий для діапазону 0÷0,3 Ом (3 В) і необхідно перейти на діапазон 0÷1 Ом, де допустимий рівень завад 7 В. Якщо в цьому випадку світлодіод не світиться, то можна проводити вимірювання на всіх діапазонах (окрім 0÷0,3 Ом).

**УВАГА!** Забороняється підключати дроти до затискачів Т1, Т2 і проводити вимірювання, якщо лампа КПМ засвітиться у діапазоні 0÷1 Ом, щоб уникнути виходу приладу з ладу.

При короткочасному підвищенні рівня завад вище допустимого провести повторний контроль після деякого часу.

4. Перевірити напругу джерела живлення. Для цього «закоротити» затискачі Т1, П1, П2, Т2, встановити перемикачі в положення «ИЗМ ІІ» і «0,3» , а ручку «КЛБ» (КЛБ − калібрування) − в крайнє праве положення. Натиснути кнопку «ИЗМ». Якщо при цьому червоний світлодіод КП (КП − контроль живлення) не світиться, то напруга живлення в нормі.



Рисунок 18 − Схема вимірювань питомого опору ґрунту.

5. Перевірити роботоздатність вимірювача. Для цього, в положенні «ИЗМ ІІ» перемикача, встановити нуль ручкою встоїть, натиснути кнопку «ИЗМ», ручкою «КЛБ» встановити стрілку на відмітку «30».

6.\_Виміряти питомий опір ґрунту.

7.\_Записати результати вимірювань у таблицю 7.

8.\_Переставити електроди в інше місце, поряд з попереднім.

9.\_Підключити прилад Ф4103 в схему вимірювання відповідно до рис. 18.

10.\_Відкалібрувати прилад Ф4103.

11.\_Виміряти питомий опір ґрунту.

12.\_Записати результати вимірювань у таблицю 7.

13.\_Переставити електроди в інше місце, поряд з попереднім.

14.\_Підключити прилад Ф4103 в схему вимірювання відповідно до рис. 18.

16.\_Відкалібрувати прилад Ф4103.

17.\_Виміряти питомий опір ґрунту.

18.\_Записати результати вимірювань у таблицю 7.

19.\_Визначити середнє арифметичне значення питомого опору ґрунту за результатами трьох вимірів.

20.\_Визначити розрахункове (уявне) значення питомого опору ґрунту ρуявн на глибині, яка дорівнює відстані між електродами «а» за формулою (7)

ρуявн = 2π∙а∙Ra, (7)

де Rа − покази приладу Ф4103 в Омах, а = 0,5·5 = 2.5 м за умови, що глибина занурення електродів в ґрунт дорівнює 0,5 м.

Відстань «а» приймається не меншою за збільшеною в п’ять разів глибиною занурення в грунт вимірювальних електродів під час виконання вимірювань питомого опору ґрунту.

21. Заповнити протокол вимірювань питомого опору ґрунту за зразком (додаток А).

22. Визначити похибку приладу Ф4103 максимальне можливе значення похибки вимірювання, який враховує всі фактори, що впливають на похибки вимірювань.

Для цього визначте зведену похибку вимірювання Δ за формулою (8):

, (8)

де Δ0 − межа допустимої основної зведеної похибки;

ΔСn − межа допустимої додаткової зведеної похибки з урахуванням впливу фактора на похибку.

Перед проведенням вимірів необхідно, по можливості, зменшити кількість факторів, що викликають додаткову похибку, наприклад, встановлювати вимірювач практично горизонтально, далеко від потужних силових трансформаторів, використовувати джерело живлення напругою (12 ± 0,25) В, індуктивну складову враховувати тільки для контурів заземлення, опір яких менший 0,5 Ом, визначати наявність завад і т.п.

Завади змінного струму виявляються по коливанням стрілки приладу Ф4103 під час обертання ручки налаштування «ПДСТ f» (ПДСТ − налаштовування) в режимі вимірювання «ИЗМ ІІ».

Завади імпульсного (стрибкоподібного) характеру і високочастотні радіоперешкоди виявляються за постійними неперіодичними коливаннями стрілки.

**Питання для самостійної перевірки знань**

1.\_Що ми називаємо з’єднанням між собою провідних частин (провідників), які перебувають в електричному контакті із землею безпосередньо або через проміжне провідне середовище, наприклад, через бетон?

2.\_Що називають штучним заземлювачем ?

3.\_Що називають штучним заземлювачем ?

4.\_Із чого виконують заземлювальні пристрої?

5. Як заглиблюють вертикальні електроди?

6. Що вам відомо про схему Веннера?

7. Як порахувати питомий опір ґрунту за результатами вимірів?

8. Як порахувати зведену та відносну похибки вимірів питомий опір ґрунту?

9. Яка послідовність дій під час вимірювань питомого опору ґрунту? зведену та відносну похибки вимірів питомий опір ґрунту?

**Література**

1.\_Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. ДБН В.2.5-27-2006. − К.: ИМЦ Мінбуд України, 2006. – 156 с.

2.\_ГНД 34.20.303-2003. Випробування та контроль стану заземлювальних пристроїв електроустановок. Типова інструкція. − К.: ОЕП ГРІФРЕ, 2004. − 96 с.

3.\_ Маньков В. Д. Защитное заземление и защитное зануление электроуста­новок: Справочник. / В. Д. Маньков , С. Ф. Заграничный − СПб.: Политехника, 2005. − 400 c.

4. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Видавництво

«Індустрія», 2009. – 422 с.

5.\_\_Норми випробування електрообладнання : СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007. : Видання офіційне. – К. : ГРІФРЕ, 2007. – 262 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).

**Додаток А.**

|  |  |
| --- | --- |
| Вінницький національний | Об’єкт |
| аграрний університет | Заземлювальний пристрій |
|  | навчального корпусу №3 |
|  | ауд. 315 |
|  | Дата проведення вимірювань |
|  | «24» березня 2016 року |

Атестат акредитації № АК-118 діє до 28 липня 2017 р.

**ПРОТОКОЛ № 4**

**ВИМІРЮВАНЬ питомого ОПОРУ ГРУНТУ**

Характеристика грунту і його стан: суглинок, зволожений

Температура навколишнього середовища: 5°С

Вимірювання опору ґрунту методом Веннера (4 симетричних електроди).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № виміру | Глибина занурення електродів **L (м)** | Відстань між електродами **а=5 L (м)** | Величина опору, який виміряний приладом  **R (Ом)** | Розрахункова величина питомого опору **Р=2π Ra** (Ом⋅м) | Примітка |
| 1 | 0,5 | 2,5 | 0,88 | 13,816 |  |
| 2 | 0,5 | 2,5 | 0,76 | 11,932 |  |
| 3 | 0,5 | 2,5 | 0,67 | 10,519 |  |
| 4 | 0,5 | 2,5 | 0,87 | 13,659 |  |
| 5 | 0,5 | 2,5 | 0,82 | 12,874 |  |
| Середнє значення  без урахування коефіцієнта  зволоження | | | 0,8 | 12,56 |  |
| Середнє значення  з урахуванням коефіцієнта  зволоження | | | 2,88 | 45,2 |  |

− для кліматичної зони України − 3 та коефіцієнта врахування зволоження вологого ґрунту − 3,6.

**Застосовані прилади і обладнання**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва | Тип | Завод. № | дата останньої Держперевірки | Примітка |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Складові додаткових похибок:

від індуктивності заземлювача ΔС1 = 8%;

від температури:



від напруги живлення ∆С3 = 4%;

від завад змінного струму ∆С4 = 2%.

Зведена похибка:

∆ = ∆0 + ∆С1+ ∆С2+ ∆С3+ ∆С4= 2,5 + 8 + 4 + 4 + 2 = 20,5%

Відносна похибка γ (на діапазоні 3,00):





Висновки:

1.\_Досліджуваний ґрунт − суглинок.

2.\_Середнє виміряне значення питомого опору ґрунту − ≈ 2,88 Ом⋅м.

3.\_Розрахункове значення питомого опору ґрунту − ≈ 45,2 Ом⋅м.

4.\_Відносна похибка − 21 %.

Випробовування виконали:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(підпис) (ПІБ)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(підпис) (ПІБ)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(підпис) (ПІБ)

**Додаток Б**

Приклад оформлення звіту до лабораторної роботи № 5

Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний аграрний університет

Факультет механізації сільського господарства

Кафедра електротехнічних систем, технологій та автоматизації в АПК

**ЗВІТ**

з лабораторної роботи № 10

**на тему: «Вимірювання питомого опору ґрунту»**

Виконали студенти гр. 41-ЕЕС:

\_\_\_\_\_\_\_ Поповський М. Й.

(П.І.Б)

\_\_\_\_\_\_\_ Гринь І. П.

(П.І.Б)

\_\_\_\_\_\_\_ Марецький Є. В.

(П.І.Б)

Прийняв:

доцент кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Вінниця 2016

**Мета роботи.** Ознайомлення з методом вимірювання питомого опору ґрунту.

**Хід роботи.**

**2\_Хід роботи**

1. Встановлюємо сухі елементи в відсік живлення з дотриманням полярності. При відсутності їх підключаємо вимірювач до зовнішнього джерела за допомогою шнура живлення.

2. Встановлюємо вимірювач на рівній поверхні і зняти кришку, за

необхідності закріпляємо її на бічній поверхні корпусу.

3. Перевіряємо рівень завад перевіреній ланцюга. Для цього встановлюємо перемикачі в положення «ИЗМ» і «0,3» і натиснути кнопку «ИЗМ». Якщо червоний світлодіод КПМ не світиться, то рівень завад не перевищує допустимий і вимірювання можна проводити. Якщо світлодіод КПМ світиться, то рівень завад перевищує допустимий для діапазону 0÷0,3 Ом (3 В) і необхідно перейти на діапазон 0÷1 Ом, де допустимий рівень завад 7 В. Якщо в цьому випадку світлодіод не світиться, то проводимо вимірювання на всіх діапазонах (окрім 0÷0,3 Ом).

При короткочасному підвищенні рівня завад вище допустимого проводимо повторний контроль після деякого часу.

4. Перевіряємо напругу джерела живлення. Для цього «закорочуємо» затискачі Т1, П1, П2, Т2, встановлюємо перемикачі в положення «ИЗМ» і «0,3» , а ручку «ИЗМ» − в крайнє праве положення. Натискаємо кнопку «ИЗМ». Якщо при цьому червоний світлодіод КП не світиться, то напруга живлення в нормі.

5. Перевіряємо роботоздатність вимірювача. Для цього, в положенні «ИЗМ» перемикача, встановлюємо нуль ручкою корегування «нуля», натискаємо кнопку «ИЗМ», ручкою «ИЗМ» встановлюємо стрілку на відмітку «30».

6.\_ Підключаємо прилад Ф4103 в схему вимірювання відповідно до рис. 1 та вимірюємо питомий опір ґрунту.



Рисунок 1 − Схема вимірювань питомого опору ґрунту.

7.\_Записуємо результати вимірювань у таблицю 1.

8.\_Переставляємо електроди в інше місце, поряд з попереднім місцем.

9.\_Підключаємо прилад Ф4103 в схему вимірювання відповідно до рис. 1.

10.\_Відкалібрувати прилад Ф4103.

11.\_Виміряти питомий опір ґрунту.

12.\_Записати результати вимірювань у таблицю 1 (зразок таблиці у чинних методичних вказівках − це таблиця 7).

13.\_Переставити електроди в інше місце, поряд з попереднім.

14.\_Підключити прилад Ф4103 в схему вимірювання відповідно до рис. 18.

16.\_Відкалібрувати прилад Ф4103.

17.\_Виміряти питомий опір ґрунту.

18.\_Записати результати вимірювань у вище зазначену таблицю.

19.\_Визначити середнє арифметичне значення питомого опору ґрунту за результатами трьох вимірів.

20.\_Визначити розрахункове (уявне) значення питомого опору ґрунту ρуявн на глибині, яка дорівнює відстані між електродами «а» за формулою (1)

ρуявн = 2π∙а∙Ra, (1)

де Rа − покази приладу Ф4103 в Омах.

21. Заповнити протокол вимірювань питомого опору ґрунту за зразком (додаток А методичних вказівок).

22. Визначити похибку приладу Ф4103 максимальне можливе значення похибки вимірювання, який враховує всі фактори, що впливають на похибки вимірювань.

Для цього визначте зведену похибку вимірювання Δ за формулою (2):

, (2)

де Δ0 − межа допустимої основної зведеної похибки;

ΔСn − межа допустимої додаткової зведеної похибки з урахуванням впливу фактора на похибку.

Перед проведенням вимірів необхідно, по можливості, зменшити кількість факторів, що викликають додаткову похибку, наприклад, встановлювати вимірювач практично горизонтально, далеко від потужних силових трансформаторів, використовувати джерело живлення напругою (12 ± 0,25) В, індуктивну складову враховувати тільки для контурів заземлення, опір яких менший 0,5 Ом, визначати наявність завад і т.п.

Завади змінного струму виявляються по коливанням стрілки приладу Ф4103 під час обертання ручки налаштування «ПДСТ f». в режимі вимірювання «ИЗМ».

Завади імпульсного (стрибкоподібного) характеру і високочастотні радіоперешкоди виявляються за постійними неперіодичними коливаннями стрілки.

Складові додаткових похибок:

від індуктивності заземлювача ΔС1 = 8%;

від температури:



від напруги живлення ∆С3 = 4%;

від завад змінного струму ∆С4 = 2%.

Зведена похибка:

∆ = ∆0 + ∆С1+ ∆С2+ ∆С3+ ∆С4= 2,5 + 8 + 4 + 4 + 2 = 20,5%

Відносна похибка γ (на діапазоні 3,00):





**Висновки:**

1.\_Досліджуваний ґрунт − суглинок.

2.\_Середнє виміряне значення питомого опору ґрунту − ≈ 2,88 Ом⋅м.

3.\_Розрахункове значення питомого опору ґрунту − ≈ 45,2 Ом⋅м.

4.\_Відносна похибка − 21 %.