

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Електротехнічний факультет
Кафедра електроенергетики

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання лабораторної роботи ЕТР-8
"ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРУ ОПОРУ ЗАЗЕМЛЕННЯ"

Затверджено на засіданні кафедри електроенергетики
(протокол № 1 від 04.09.2019)

Дніпро
2019

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи ЕГР-8
"Дослідження методів виміру опору заземлення" / А.І Кур'ян, А.М.
Корольов, В.Б. Гончаров.- Дніпро: НТУ «ДП», 2019. - 13 с.

Укладачі: А.І. Кур'ян, канд. техн. наук доц.
А.М. Корольов, канд. техн. наук, доц.
В.Б. Гончаров, канд. техн. наук, доц.

Редакційна обробка укладачів

Переклад українською - Дибрін С.В., асист.

Відповідальний за випуск - в.о. завідувача кафедри електроенергетики
В.М. Рогоза, канд. техн. наук, проф.

I. Завдання виконання роботи

1. Усвідомити, що таке опір заземлення і які чинники впливають на його величину.
2. Вивчити принцип виміру і конструкції приладів для виміру опору заземлення.
3. Навчитися робити вимір опору заземлення.

II. Методичні вказівки

Одним із засобів захисту від ураження електричним струмом є захисні заземлення. Захисне заземлення створює паралельний шлях струму в землю при дотику людини до корпусу, що виявився під напругою. Чим менша величина опору ланцюга захисного заземлення порівняно з опором людини, тим менша і безпечніша величина струму, що протікає через тіло людини.

Контроль величини опору заземлення на гірничодобувних підприємствах здійснюється періодичними вимірами (не рідше одного разу на місяць).

Для виміру опору у вибухонебезпечних шахтах використовуються прилади М1103 і М416/1 в іскробезпечному виконанні. Для виміру опору заземлення на кар'єрах і в шахтах, безпечних по газу і пилу, можна використовувати прилад М416.

Опір заземлення складається з опору заземлювача і опору з'єднувальних дротів.

На рис.1 представлена схема, що складається з генератора змінного струму і двох заземлювачів "З" і "Вз" для виміру розподілу потенціалів вольтметром.

Струм від генератора проходить через заземлювачі на землю і зустрічає на своєму шляху опір окремих ділянок. Падіння напруги на заземленні по мірі віддалення від електроду зменшуватиметься внаслідок збільшення площі еквівалентної поверхні, через яку проходить струм (внаслідок зменшення щільності струму).

На якійсь відстані від електроду площа еквіпотенціальної поверхні настільки збільшиться, що падіння напруги на цій ділянці ми не виявимо. Це буде зона так званого нульового потенціалу.

Якщо в зоні нульового потенціалу встановити (заземлити) зонд і включити вольтметр, як показано на рис.1, то вольтметр покаже падіння напруги на заземлювачі "З".

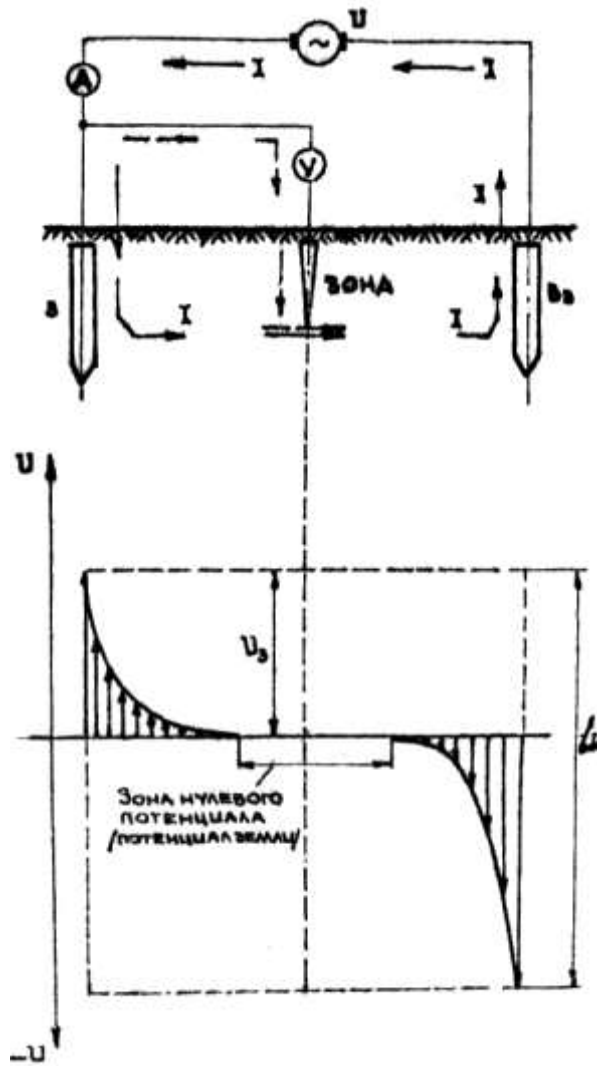


Рис.1 Вимірювання розподілу потенціалів вольтметром

Якщо зонд буде встановлений поза зоною нульового потенціалу, але ближче до заземлювача "З", то показання приладу будуть меншими за величину падіння напруги на заземлювачі, а при наближенні зонду до заземлювача "Вз" із зони нульового потенціалу показання вольтметра будуть більшими за величину падіння напруги на заземлювачі "З".

Щоб отримати правильний результат виміру перехідного опору заземлювача "З", необхідно допоміжний заземлювач "Вз" і зонд встановити на певній відстані від заземлювача "З". У шахтних умовах ця відстань повинна складати $15 \div 20$ м. Крива розподілу потенціалу навколо заземлення показана на рис.1. Ординати зі стрілками відповідають падінню напруги між поверхнею нульового потенціалу і екіпотенціальною поверхнею, на яку спирається ордината зі стрілкою.

Щоб уникнути виникнення явища поляризації вимір опору заземлювачів потрібно робити на змінному струмі.

Прилад М1103 призначений для виміру опору заземлень, у тому числі в шахтах, небезпечних по газу і пилу.

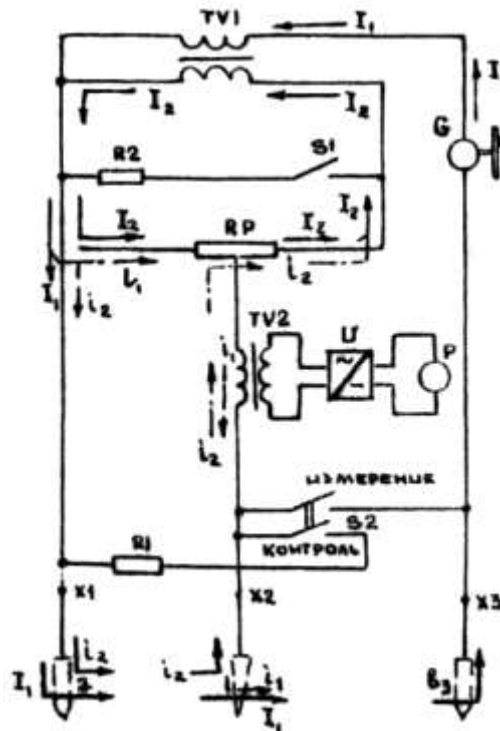


Рис.2. Принципова схема приладу М1103:

- I_1 - струм в ланцюзі R_3 заземлювача "З";
- i_1 - струм в ланцюги тр-ра TV2, частина струму I_1 ;
- I_2 - струм в ланцюзі RP (реохорда);
- i_2 - струм в ланцюги тр-ра TV2, частина струму I_2

Технічна характеристика приладу М1103

Діапазони виміру, Ом	0,1÷10, 0,5÷50
Опір допоміжних заземлювачів (не більше), Ом	200
Основна погрішність, %	$\pm(5+N/R_x)^*$
Номинальна частота обертання рукоятки, об/хв	120
Напруга на затискачах при розімкненому зовнішньому ланцюзі і номінальній частоті обертання, В	18
Габаритні розміри, мм	177x237x212
Маса, кг	6
Виконання	РН, I

* N - кінцеве значення діапазону, R_x - вимірюваний опір.

На панелі приладу розташовані затискачі для приєднання випробовуваного заземлення, індикатор нуля, перемикачі меж виміру і режимів роботи, ручка реохорда і вікно для відображення показників. Дію приладу засновано на компенсаційному методі із застосуванням допоміжного заземлення і потенційного електроду (зонду).

При вимірі опору заземлення генератор змінного струму G приладу підключається до допоміжного заземлювача (затискач X3) і через первинну обмотку трансформатора TV1 - до випробовуваного заземлювача (затискач X1) - див. рис. 2. Вторинну обмотку трансформатора включено на калібрувальний резистор (реохорд) RP. Нуль-індикатор P включено між рухливим контактом реохорда і зондом (затискач X2) через трансформатор TV2 і випрямляч U.

Компенсація настає при такому положенні рухливого контакту реохорда, при якому падіння напруги на ділянці реохорда до рухливого контакту дорівнює падінню напруги на вимірюваному опорі. При цьому струм у нуль-індикаторі відсутній. Оскільки струми, що протікають в ланцюзі заземлювача і реохорда, рівні, то й опір заземлювача (при компенсації) дорівнює опору ділянки реохорда до рухливого контакту.

Реохорд має шкалу, що дозволяє безпосередньо визначити шуканий опір. Зміна меж виміру здійснюється перемикачем S1, що під'єднує до реохорда шунтуючий резистор R2. Для перевірки справності самого приладу між затискачами X1 і X2 за допомогою перемикача S2 вмикається резистор R1 (10 Ом), а між затискачами X2 і X3 - перемичка.

Технічна характеристика приладу M416

Діапазон виміру, Ом	0,1÷10, 0,5÷50 2÷200, 10÷1000
Опір допоміжного заземлювача і зонду (не більше), Ом	500, 1000, 2500, 5000
Основна погрішність, %	$\pm[5+(N/R_x - 1)]$
Живлення приладу	3 елемента 373
Струм споживання (не більше), мА	90
Напруга на затискачах приладу при розімк- неному зовнішньому ланцюзі (не менше), В	13
Габаритні розміри, мм	245x140x160
Маса, кг	3

Прилад М416 призначений для виміру опору заземлюючих пристроїв, активних опорів, а також може бути використаний для визначення питомого опору ґрунту. Застосування приладу М416 в шахтах допускається за умови контролю рудникової атмосфери.

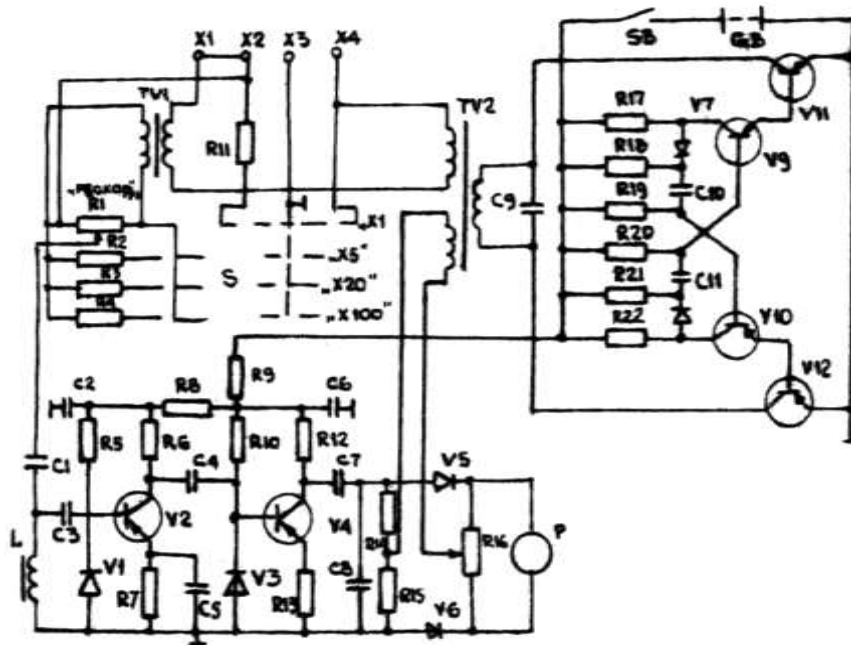


Рис. 3. Принципова схема приладу М416

На лицьовій панелі приладу розташовані: відліковий пристрій, показчик рівноваги схеми, ручка перемикача діапазонів і роду роботи, кнопка включення і чотири затискача. Вимір опору заземлення приладом заснований на компенсаційному методі із застосуванням допоміжного заземлювача і потенційного електроду (зонду).

Схема приладу (рис.3) складається з трьох функціональних вузлів: а) джерела постійної напруги; б) перетворювача постійного струму в змінний (генератор); в) вимірювального пристрою.

Джерело постійної напруги GB служить для живлення перетворювача і підсилювача вимірювального пристрою. Перетворювач (генератор) забезпечує живлення змінним струмом вимірювальних ланцюгів і виробляє опорну напругу для фазового детектора. Вимірювальний пристрій забезпечує можливість компенсації напруги на вимірюваному опорі, індикацію моменту компенсації і відлік вимірюваної величини.

При вимірі вихід перетворювача (виконаного за схемою симетричного мультівібратора на транзисторах V9-V12) підключається до допоміжного заземлювача (затискач X4) і через первинну обмотку трансформатора TV1 - до вимірюваного опору (затискач X1).

Вторинна обмотка трансформатора TV1 підключається до спеціального каліброваного резистора (реохорду) R1, що шунтується опорами R2-R4 залежно від межі виміру. При такій схемі включення, окрім основного ланцюга струму через землю, створюється ланцюг струму через резистор R1.

Схема забезпечує рівність цих струмів, що дозволяє зміною величини каліброваного резистора змінювати величину падіння напруги між движком реохорда і затискачем допоміжного заземлювача. Різниця напруга подається через підсилювач і детектор на індикатор P.

Момент компенсації настає при такому положенні рухливого контакту резистора, при якому падіння напруги на ділянці резистора до рухливого контакту дорівнює падінню напруги на вимірюваному опорі. При цьому струм в ланцюзі індикатора дорівнює нулю.

Реохорд має оцифровану шкалу, що дозволяє безпосередньо визначати вимірюваний опір.

Для грубих вимірів опору заземлення і виміру великих опорів затискачі X1 і X2 з'єднуються перемичкою і прилад підключається до вимірюваного об'єкту за тризатискальною схемою (рис. 4).

При точних вимірах знімають перемичку із затискачів X1 і X2 і підключають прилад до вимірюваного об'єкту за чотирізатискальною схемою. Це дозволяє виключити погрішність, що вноситься опором сполучних дротів і контактів (рис. 4. пунктир).

На відміну від M416 прилад M416/1 має виконання P0 і може застосовуватися в шахтах, небезпечних по газу або пилу усіх категорій, і при роботі з ним не треба контролювати рудникову атмосферу.

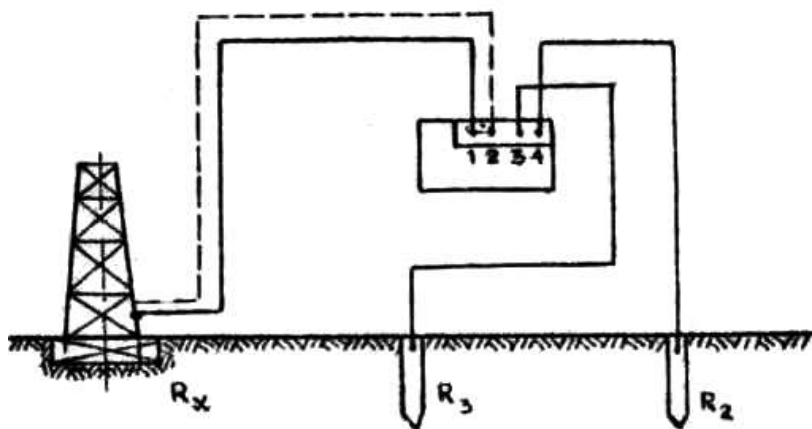


Рис. 4. Підключення приладу за тризатискальною схемою

III. Домашня підготовка до роботи

При підготовці до лабораторної роботи необхідно:

- 1) вивчити, що таке опір заземлення і які чинники впливають на його величину;
- 2) що таке зона нульового потенціалу і крива розтікання потенціалу;
- 3) зрозуміти, як необхідно розташовувати заземлювачі при вимірі опору заземлення і чому;
- 4) вивчити принцип роботи приладів для виміру опору заземлення.

IV. Опис лабораторного стенду

На лицьовій панелі лабораторного столу розташовано планшет (рис.5) з напівпровідним папером 1 для моделювання розподілу потенціалів у землі між вимірюваним опором і допоміжним заземлювачем, в якості яких використовують електроди 2, до яких підведено напругу від джерела живлення. Вольтметр 3 і щупи 4 служать для виміру розподілу потенціалів.

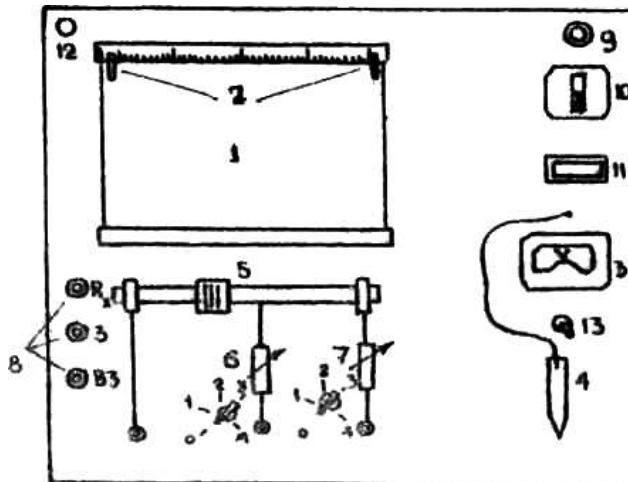


Рис. 5. Розташування елементів на лицьовій панелі лабораторної установки

Модель опору розтікання струмів із заземлювачів, виконана на реостаті 5 і потенціометрах 6 і 7, служить для дослідження впливу розташування зонду (двигок реостата 5), а також опору зонду (потенціометр 6) і допоміжного заземлювача (потенціометр 7) на результат виміру опору заземлення.

Клеми 8 підключені відповідно до контуру заземлення лабораторії R_x та реальним допоміжному заземлювачу (ДЗ) і зонду (З).

Лампа 9 сигналізує про те, що на лабораторний стіл подано напругу. При включенні автоматичного вмикача 10 подається напруга на клеми 2 і спалахує сигнальне табло 11. Кнопка 12 служить для аварійного зняття напруги з усіх лабораторних столів. Тумблер 13 – для зміни полярності вольтметра 3.

V. Порядок виконання роботи на стенді

1. Побудова графіку розподілу потенціалів між електродами за допомогою моделі розтікання струмів із заземлювачів. Електрична схема моделі відповідає рис.1. Як зонд використовується щуп 4. Для побудови графіку необхідно:

1.1. Включити автоматичний вмикач 10, подавши тим самим напругу U (рис.1.) на модель.

1.2. Встановлюючи щуп 4 на напівпровідний папір біля відповідних поділок лінійки планшета, зняти свідчення вольтметра (полярність вольтметра перемикається тумблером 13).

1.3. Побудувати графік зміни потенціалів між електродами.

2. Вимір опору контуру заземлення.

2.1. Зробити перевірку приладу M416, для чого перемикач меж виміру поставити в положення "КОНТРОЛЬ 5Ω" і натиснути червону кнопку на приладі.

2.2. Підключити прилад до контуру заземлення, зонду і допоміжного заземлювача (затискачі R_x, З, ДЗ) і виміряти опір заземлення.

3. Дослідження впливу опору допоміжного заземлювача і зонду на результат виміру опору заземлення.

3.1. Підключити прилад до затискачів R_x', З' і ДЗ'.

3.2. Встановити движок реостата 5 у середнє положення.

3.3. Підключити і вимірювати опір заземлення при різних значеннях опору допоміжного заземлювача (5-6 положень потенціометра 7) при нульовому опорі зонду).

3.4. Зробити вимір опору заземлення при різних значеннях опору зонду (5-6 положень потенціометра 6) при нульовому опорі допоміжного заземлювача.

3.5. Побудувати графіки: $R_x = f(RBЗ)$ і $R_x = f(RЗ)$.

VII. Зміст звіту

1. Накреслити принципові схеми приладів M1103 і M416.
2. Коротко описати принцип дії вказаних приладів.
3. Побудувати графік розподілу потенціалів між вимірюваними опорами і допоміжним заземлювачем.
4. Привести результат виміру опору заземлюючого контуру.
5. Побудувати графіки: $R_x = f(RB3)$ і $R_x = f(R3)$.

Питання для самостійного контролю знань матеріалу лабораторної роботи ЕГР-8

1. Призначення захисного заземлення. В чому суть захисту від ураження електричним струмом?
2. Яка величина нормованого ПУЕ і ПБ опору заземлення в мережах із заземленою й ізольованою нейтраллю трансформатора при напругах більше 1000 В, 660 В, 380 В і 220 В у промислових приміщеннях і на поверхні шахт?
3. Яка допустима величина опору шахтної заземлюючої мережі? В якій точці шахтної мережі має бути вимірним опір шахтної заземлюючої мережі?
4. Що таке зона нульового потенціалу і чим вона характеризується? Яка відстань має бути між заземлювачами, а також між зондом і заземлювачами та чому?
5. Який струм (постійний або змінний) застосовується для виміру опору заземлення і чому?
6. На якій відстані встановлюються зонд і допоміжний заземлювач? Від чого залежить ця відстань?
7. Основні відмінності принципових схем приладів M1103, M416 і M416/1. Які сфери їх застосування?
8. Як впливає величина опору зонду і допоміжного заземлювача на точність виміру? Які мають бути величини цих опорів?
9. Яка періодичність перевірки опору заземлення в шахтах?
10. Чому зонд встановлюється в зоні нульового потенціалу і до чого приведе недотримання цього положення?
11. Які джерела живлення застосовуються в приладах M1103, M416 і M416/1?
12. Що з себе являють крива і зона розтікання потенціалу?
13. Що таке напруга дотику і крокова напруга?

Література

1. Основы электроснабжения горных предприятий. Под ред. проф. Волотковского С.А. – Киев: "Вища школа", 1978. – 272 с (с. 247-255).
2. Электропривод и электрификация подземных горных работ: Учебник для вузов/ В.И. Щуцкий, Ю.Д. Глухарев, А.К. Малиновский, Л.А. Плащанский. – М.: Недра, 1981. – 319 с (с. 147-150).
3. Электрификация горных работ. Учебник для вузов / Под ред. С.А. Волотковского. – Киев: Вища школа, 1980. – 448 с (с.106-110).
4. Щуцкий В.И., Волошенко Н.И., Плащанский Л.А. Электрификация подземных горных работ: Учебник для вузов – М.: Недра, 1986. – 364 с (с.50-54).
5. Озерной М.И. Электрооборудование и электроснабжение подземных разработок угольных шахт. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: "Недра", 1975. – 448 с (Заземление – с.24-39).

Укладачі:

Андрій Іванович Кур'ян
Анатолій Михайлович Корольов
Володимир Борисович Гончаров

Методичні вказівки по виконанню лабораторної роботи ЕГР-8
"Дослідження методів виміру опору заземлення"

Видано в редакції авторів

Переклад українською – Сергій Володимирович Дибрін

НТУ «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.