

DETERMINING THE EQUIVALENT SOIL RESISTANCE IN DOUBLE-LAYER STRUCTURES

Maya Zlateva, Kiril Dzhustrov

University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia; E-mail: m.zlateva@mgu.bg, justrov@mgu.bg

ABSTRACT. When designing mine grounding devices, the problem of high soil resistivity often arises. The article discusses one of the approaches to solving the problem: by artificially creating a two-layer soil structure, reducing the natural resistivity. A well-known methodology for determining the actual resistivity is applied, and it is compared with an experimental study.

Key words: mine grounding devices, two-layer soil structure

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕКВИВАЛЕНТНОТО СПЕЦИФИЧНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ НА ПОЧВАТА ПРИ ДВУСЛОЙНИ СТРУКТУРИ

Мая Златева, Кирил Джустров

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. При проектирането на рудничните заземителните устройства често възниква проблема с високото специфично съпротивление на почвата. В статията е разгледан един от подходите за решението на проблема: чрез изкуствено създаване на двуслойна структура на почвата, намаляващ естественото специфично съпротивление. Приложена е известна методика за определяне на действителното специфично съпротивление, като е сравнена с експериментално изследване.

Ключови думи: руднични заземителните устройства, двуслойна почвена структура.

Въведение

Преходното електрическо съпротивление е един от ключовите експлоатационни параметри на заземителните устройства. То не трябва да надвишава допустимите стойности за конкретен тип съоръжение. При проектирането е от съществено значение правилно да се определи видът, конфигурацията и преходното съпротивление на заземителните устройства. Точността на изчисленията зависи от много фактори: надеждността на геоложките почвени проучвания, изборът на методи за изчисление, квалификацията на персонала и много други.

Неправилното изчисляване на заземителните устройства може значително да увеличи строителните разходи. Разходите за строителство обикновено се увеличават, когато се използват решения за намаляване на съпротивлението на заземителните устройства, като се увеличава количеството на заземителната верига.

Ако измереното съпротивление на устройството след монтажа е по-високо от допустимото, се предприемат мерки за намаляването му на място, което в резултат на това води до превишаване на бюджета.

В някои случаи възникват проблеми по време на проектирането на заземителните устройства поради почви, характеризиращи се с високо електрическо съпротивление: скалисти или замръзнали почви, пясъчлива глинеста почва и др. При тези условия изчисленото съпротивление на основната конфигурация на заземяващата верига може да е по-високо от допустимата стойност.

Нормативните документи (НАРЕДБА № 3 от 9 юни 2004 г.) предписват редица технически мерки, насочени към намаляване на съпротивлението на заземителната система в такива почви. Този списък включва мерки като увеличаване площта на заземяващите електроди, изграждане на отдалечени или дълбоки заземителни уредби, засипване на траншеи, съдържащи хоризонтални заземители с глинеста почва, изкуствена обработка на

грунта за намаляване на специфичното му съпротивление и др.

IEEE 80-2000 предоставя информация за третиране на зоната около електродите с минерални соли. Твърди се, че химическата обработка на почвата може да намали съпротивлението с 15 до 90% в зависимост от вида и текстурата на почвата. Химикалите обикновено се прилагат чрез поставянето им в сондаж или изкоп около електрода. Ефектът от обработката става забележим след определен период от време (период на стабилизация). Недостатъкът на този метод е, че ефектът на намаляване на съпротивлението е сравнително краткотраен, тъй като обработката на почвата трае приблизително 2-4 години. При тези методи заземяващият електрод се изработва от лентова, ъглова или кръгла цинкувана или неръждаема стомана.

Велев и Петров (2010) предлагат заземителите, поставяни в агресивни почви, да бъдат покрити с бетонни обмазки, за да се увеличи корозоустойчивостта им и да се удължи експлоатационният им срок.

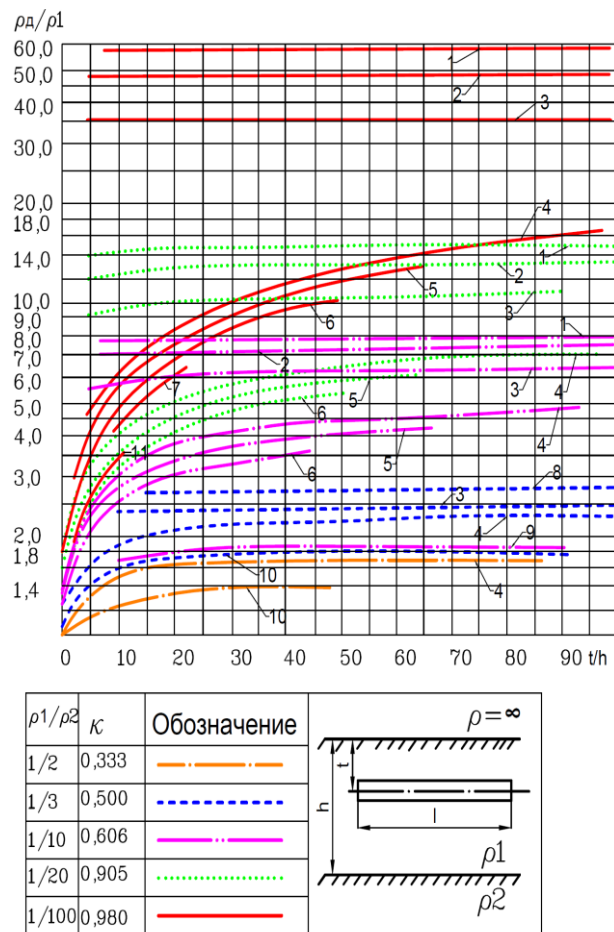
В изследване на Partaon et al (2021) се дават резултати от добавяне на дървени въглища, получени от кокосови черупки за намаляване на специфичното съпротивление на почвата.

Методи за намаляване на съпротивлението на заземяващите електроди чрез подмяна на почвата в зоната около електродите за намаляване на електрическото ѝ съпротивление са отдавна известни. В този случай изчисленията трябва да се правят като за двуслойни почви.

Определяне на специфичното съпротивление на почвата

Ако на мястото на заземяване почвата има ясно изразена двуслойна структура, при изчисляване на преходното съпротивление на заземяването трябва да се използва ефективното специфично съпротивление на

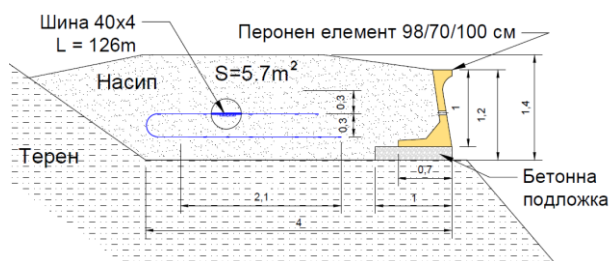
почвата. Графики на стойностите на ефективното съпротивление на почвата за хоризонтални заземители са дадени в Руководство (1971) и са показани на фиг. 1 за различни стойности на ρ_1/ρ_2 и $k = (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_1 + \rho_2)$.



Фиг. 1. Графики на стойностите на ефективното специфично съпротивление на почвата за хоризонтални заземители при различни съотношения l/h и $k > 0$:

1 - $l/h = 2$; 2 - $l/h = 1,5$; 3 - $l/h = 1,1$; 4 - $l/h = 1$; 5 - $l/h = 0,8$; 6 - $l/h = 0,4$; 7 - $l/h = 0,2$; 8 - $l/h = 1,5$; 9 - $l/h = 1,1$; 10 - $l/h = 0,4$; 11 - $l/h = 0,05$

Във връзка с подобряване на преходното съпротивление на откритата разпределителна уредба (ОРУ) на открит рудник за добив на руда е предвидено да бъде направено изнесено заземително огнище, което се допуска от Наредба 3 (2004). Новото заземително огнище ще бъде присъединено към съществуващата заземителна инсталация на ОРУ. Изнасянето на допълнителната заземителна инсталация се налага от спецификата на терена. Избран е съществуващ полски път с размери 150 m дължина и ширина около 3-4 m. Теренът е скалист и е измерено специфично съпротивление на почвата $\rho_2 = 3600 \Omega m$. Доставена е хумусна почва със специфично съпротивление $\rho_1 = 60 \Omega m$, като е положена върху съществуващата основа от скалиста почва. По време на работата по полагане на хумусната почва е изградена заземителна мрежа от цинкована шина, както е дадено на фиг. 2.



Фиг. 2. Разрез на заземителната инсталация

За да бъде правилно изчислено преходното съпротивление на проектираната заземителна инсталация е необходимо да бъде определено действителното специфично съпротивление на двуслойната структура от почви, при следните условия: заземителят е хоризонтален, специфично съпротивление на горния слой $\rho_1 = 60 \Omega m$, специфично съпротивление на долния слой $\rho_2 = 3600 \Omega m$, дебелина на горния слой $h = 1,4 m$. За заземяване се използва метална шина с дължина 120 m, положена на дълбочина 0,8 m.

Определят се изходните съотношения:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{60}{3600} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{l}{h} = \frac{120}{1,4} \approx 85$$

$$\frac{t}{h} = \frac{0,8}{1,4} \approx 0,6$$

Значението на $\rho_1/\rho_2 = 1/100$ ще съответства на плътна червена крива от фиг. 1, значението $t/h = 0,6$ ще съответства на крива между криви 5 и 6. При $l/h = 85$, определяме $\rho_d/\rho_1 = 12$.

Действителното преходно съпротивление ρ_d ще бъде:

$$\rho_d = 12 \cdot \rho_1 = 12 \cdot 60 = 720 \Omega m$$

Това е твърде високо специфично съпротивление на почвата и ако се използва известният израз за определяне на единичен хоризонтален заземител (шина с размери 40/4 mm), ще се получи:

$$R_x = \frac{0.366 \cdot \rho_d}{l_x} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_x^2}{b \cdot t_x} = 13,08 \Omega$$

В статия на Al-Shawesh et al. (2021) се разглеждат много от формулите за проектиране на заземяване, налични в широко използвани международни стандарти и публикувани научни статии, за сравнителен анализ на техните различия. Дадени са множество различни формули за изчисляване на съпротивлението на ефективни заземителни системи.

Заклучение

На така изградената нова площадка с насипан хумусен слой експериментално е измерено специфичното съпротивление на двуслойната структура. Измерената стойност е $590 \Omega m$, което е 22% грешка. Такава грешка е очаквана при графично решаване на подобни задачи.

Видно е, че за да се получи нормираното преходно съпротивление на заземяване е необходимо при тези изходни условия (специфика на терена, площта на заземителната уредба, високото специфично съпротивление и т.н.) да бъдат свързани в паралел множество единични заземители от цинкована шина 40/4mm. Това пък ще доведе до появата на екраниращ ефект между тях и заземителната инсталация ще има нисък коефициент на използване и за достигане на ниски стойности на преходното съпротивление е необходимо голям разход на метал.

Литература

Велев Г., Петров, П. (2010). Математическо моделиране и анализ на заземители с проводима бетонна обмазка, Годишник на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 53, Св. III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 137-140.

Наредба № 3 от 9 юни 2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии
Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов, Издательство «связь» МОСКВА (1971)

Al-Shawesh Yousef, Siow Chun Lim, Mutaz Nujaim (2021). Analysis of the Design Calculations for Electrical Earthing Systems, *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)*, Vol. 16, N. 2 ISSN 1827- 6660 March – April 2021, <https://doi.org/10.15866/iree.v16i2.16839>

IEEE 80-2000 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.

Partaonan Harahap, Waleed Khalid Ahmed Al-Ani, (2021) The Effect of Charcoal on the Improvement of Grounding Resistance as a Soil Treatment in Reducing Grounding Resistance, *Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering*, 1 (1) (2021) 12-15 Vol. 1, No. 1, March 2021. 12-15 e-ISSN: 2776-0049, DOI: 10.29103/jreece.v1i1.3619