

12. UZEMLJIVAČI U TELEFONIJI I SIGNALNOJ TEHNICI

Uzemljenja su vjerni pratioci svih električnih uređaja. Franklin je već prije 250 godina otkrio kako zemlja može poslužiti kao vodič za pražnjenje atmosferskog elektriciteta, a gromobran koji je on tada pronašao nije u principu znatno različit od današnjih. "Zemlja" u električnom značenju, može se smatrati tijelom koje ima praktično neograničenu sposobnost apsorpcije elektriciteta ne mijenjajući pritom svoj potencijal.

Praktična konstrukcija uzemljenja se sastoji u postavljanju jedne metalne elektrode u pogodnoj točki u određenoj dubini ispod površine zemljišta, i u spajanju ove elektrode pomoću metalnih vodiča s električnom instalacijom u točki u kojoj se želi obaviti uzemljenje instalacije. Uzemljenje u električnom smislu predstavlja kontakt uzemljivača s električnom zemljom, a definira se preko otpora uzemljenja. Otpor uzemljenja se sastoji iz tri dijela:

1. Otpor metalnog spoja na elektrodi uzemljenja,
2. Otpor dodira između elektrode uzemljenja i najbližeg sloja zemljišta i
3. Otpor mase zemljišta koje okružuje elektrodu uzemljenja - otpor rasprostiranja.

Otpor rasprostiranja uzemljivača je otpor zemlje između uzemljivača i referentne zemlje. Referentna zemlja je dio zemlje koji je od pripadnog uzemljivača toliko udaljen da se između po volji odabranih točaka na tom dijelu ne pojavljuju znatnije razlike potencijala. Otpor uzemljenja je zbroj otpora rasprostiranja i otpora zemljovoda. Uzemljivač predstavlja vodič koji se postavlja u zemlju i s njom je u vodljivoj vezi ili vodič što se stavlja u beton koji je sa zemljom u dobro vodljivoj vezi.

Otpor mase zemljišta ovisi o:

- a) geološkim značajkama zemljišta
- b) kemijskom sastavu tla
- c) temperaturi zemljišta i
- d) sadržaju vlage.

Rezultati ispitivanja pokazuju kako se otpor zemljišta može predvidjeti u različitim uvjetima zemljišta primijenjujući izraz:

$$R = \frac{\rho}{2\pi a}, \text{ gdje je:}$$

- ρ - specifični otpor zemljišta, i
 a - polumjer ekvivalentne polukugle naponskog ljevka

Uzemljenje treba ispuniti tri glavna zadatka:

- a) osigurati pravilno funkcioniranje električnih instalacija različitih vrsta - pogonsko uzemljenje,
- b) osigurati zaštitu od po život čovjeka opasnih napona dodira i koraka koji se mogu pojaviti pri smetnjama i kvarovima na vodičima niskog i visokog napona, kao i strojevima i uređajima - zaštitno uzemljenje i
- c) omogućiti pražnjenje prenapona različitih uzroka - prenaponsko ili gromobransko uzemljenje.

Sustav uzemljenja telekomunikacijskih mreža je kompleksan, ali se može ukratko podijeliti na:

1. Uzemljenje komutacijskog čvora - centrale
 - a) uzemljenje za jaku struju (zaštitno i prenaponsko uzemljenje)
 - b) uzemljenje za slabu struju (prenaponsko i radno za npr. dvojničke priključke)
2. Uzemljenje pretplatničke mreže
3. Pretplatničko uzemljenje

Prema propisima za izgradnju telekomunikacijskih uređaja, otpor zaštitnog i prenaponskog uzemljenja centrale i njezinih izdvojenih stupnjeva ne smije biti veći od 0,5 Ω , a izvodnih stupova i razdjelnih ormara pretplatničke mreže ne smije biti veći od 30 Ω . Za antenske stupove fiksne i mobilne mreže gromobransko i prenaponsko uzemljenje mora imati otpor uzemljenja maksimalno 0,5 Ω .

Uzemljenje u telekomunikacijskim i signalnim sustavima mora osigurati siguran i pouzdan rad uređaja, tako što pri projektiranju moraju biti zadovoljeni određeni uvjeti kada uzemljenje može služiti kao:

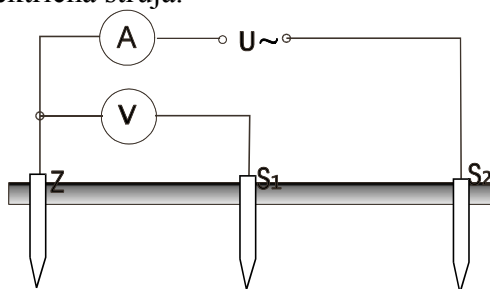
- a) povratni vod u jednožilnim vezama,
- b) povratni vod u signalnim strujnim krugovima,
- c) element podizanja pouzdanosti,
- d) element olakšanja lokalizacija smetnji na vodovima,
- e) element za izjednačavanje potencijala i zaštite i
- f) element za odvođenje prenapona i
- g) element za sprečavanje preslušavanja

12.1. MJERENJE OTPORA UZEMLJENJA

12.1.1. Princip mjerenja

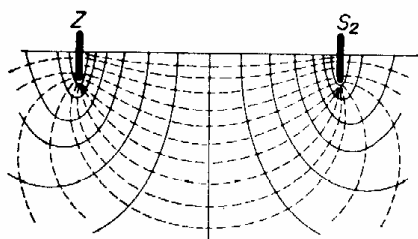
Propisi traže da su kućišta svih električnih naprava uzemljena, kako u slučaju greške u izolaciji ne bi bio ugrožen život osoblja koje posluhuje naprave. Razumije se, međutim, da takva zaštitna mjera odgovara svojoj svrsi jedino u slučaju kada je uzemljenje ispravno izvedeno, te je otpor uzemljenja dovoljno nizak. Zato su potrebna mjerenja otpora uzemljenja. Otpor uzemljenja treba izmjeriti nakon što se uzemljenje izvede te se treba uvjeriti je li uzemljenje uopće odgovara svojoj svrsi, a budući da nikada nije isključena mogućnost oštećenja na napravama za uzemljenje, potrebna je stalna kontrola otpora uzemljenja.

No prije nego što se počne raspravljati o samom mjerenju otpora uzemljenja treba znati kako zemlja vodi električnu struju. Zamislimo, da se u međusobnom razmaku (sl. 12.1.) nalaze uzemljivači Z i S_2 . Kada na njih narinemo napon, između uzemljivača počinje teći električna struja.



Slika 12.1. Mjerenje otpora uzemljenja UI metodom

Pretpostavimo da struja izlazi iz uzemljivača S_2 i teče prema uzemljivaču Z . Kao što je vidljivo na slici 12.2., struja izlazi iz uzemljivača u svim smjerovima, rasprostire se zatim po svojoj okolnoj zemlji te se na kraju sjedinjuje, kada se približi drugom uzemljivaču. Prema tome, u neposrednoj blizini uzemljivača struja raspolaže malim presjekom, pa stoga mora savladati prilično veliki otpor, zbog čega je tu pad napona velik. U sredini pak između uzemljivača struja raspolaže ogromnim presjekom te treba da savlada samo mali otpor, pa je stoga i pad napona u tom dijelu vrlo malen. Na taj način se dakle napon koji je narinut na uzemljivače duž staze između uzemljivača ne raspoređuje jednoliko, odnosno, u neposrednoj blizini uzemljivača doživljava veliki pad napona, dok u srednjem dijelu pad napona skoro i ne postoji. Principijelni raspored napona između uzemljivača, prikazuje slika 12.3.

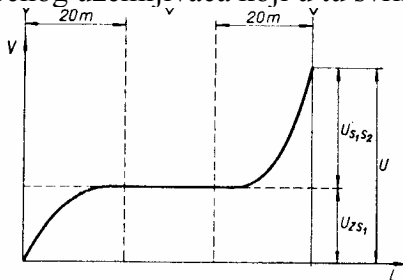


Slika 12.2. - Raspored strujnica i ekvipotencijalnih ploha između uzemljivača i sonde

Područje oko uzemljivača na kome se pojavljuje najveći pad napona naziva se naponski ljevjak. Veličina naponskog ljevka ovisi o veličini uzemljivača te njegov polumjer kod malih uzemljivača iznosi oko 5 metara.

Opisana raspodjela napona između uzemljivača može se mjeriti voltmetrom dovoljno velikog unutrašnjeg otpora. U tu svrhu se voltmetar priključuje, kao što je pokazano na slici 12.1, jednom stezaljkom npr. na uzemljivač Z, a drugom stezaljkom na mjerni uzemljivač (sondu) S₁. Ako se sa sondom S₁ udaljujemo od uzemljivača A, mjerimo napon između pojedinih točaka i uzemljivača Z. tj. napon U_{ZS}. Ako očitane vrijednosti napona unesemo u dijagram dobijemo krivulju podjele napona između uzemljivača (sl. 12.3.).

Mjerenje otpora uzemljenja sastoji se sada u tome da se mjeri otpor između uzemljivača i okolne zemlje izvan potencijalnog ljevka. Očito je naime, da je praktično sav otpor uzemljenja uzemljivača koncentriran u unutrašnjosti zaporne plohe, tj. u neposrednoj blizini uzemljivača. Budući da samu zemlju ne možemo upotrebiti za mjerenje i na taj način neposredno mjeriti otpor uzemljenja uzemljivača, čiji otpor uzemljenja moramo kontrolirati, otpor uzemljenja mjerimo tako da mjerimo otpor između uzemljivača koji kontroliramo i pomoćnog uzemljivača koji u tu svrhu postavimo.

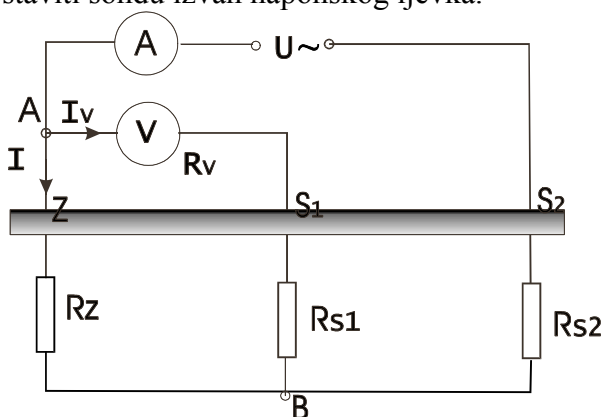


Slika 12.3. Raspored potencijala između uzemljivača i sonde S₂

Posljednji međutim, mora biti udaljen bar za dvostruki polumjer naponskog ljevka, tj. kod malih uzemljivača bar 10 metara, da se naponski ljevci ne prekrivaju, jer bi to prouzrokovalo pogrešne rezultate. Preporučuje se da sonde budu razmaknute 15 do 20 metara. Otpor uzemljenja treba mjeriti izmjeničnom strujom, jer kod istosmjerne struje dolazi do polarizacionih pojava koje ometaju mjerenje i kvare točnost rezultata.

12.2. Mjerne metode

Mjerenje otpora uzemljenja UI metodom - mjerenjem struje i napona. U ovom se slučaju upotrebljava spoj prikazan na slici 12.4; ampermetrom se mjeri struja koja teče kroz oba uzemljivača, a voltmetrom napon između uzemljivača i okolne zemlje, pri čemu treba postaviti sondu izvan naponskog ljevka.



Slika 12.4. Nadomjesna shema mjerenja otpora uzemljenja

Ako voltmetar priključimo između sonde i uzemljivača Z, mjerimo napon U_{ZS₂}, a ako ga priključimo između sonde i uzemljivača S₁, mjerimo napon U_{ZS₁}. Budući da nam je poznata struja I koja teče kroz uzemljivače, otpor uzemljivača možemo izračunati po Ohmovom zakonu.

Otpor uzemljivača Z je:

$$R_Z = \frac{U_{ZS1}}{I},$$

a otpor uzemljivača S_2

$$R_{S2} = \frac{U_{ZS2}}{I}.$$

Kod mjerenja ovom metodom potreban je voltmetar vrlo velikog unutrašnjeg otpora, kako bi bio što manji utjecaj sonde na mjerni rezultat. Zato se često upotrebljavaju elektronički voltmetri koji imaju veliki ulazni otpor.

Otpor pomoćnog uzemljivača utječe u prvom redu na struju kroz zemlju; zato otpor ne smije biti prevelik, jer bi inače bio potreban viši napon za postizavanje dovoljne struje.

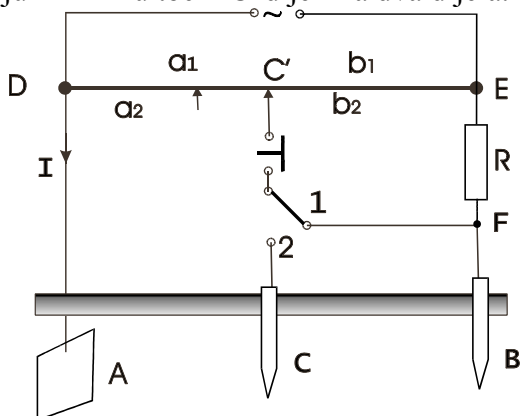
Kod mjerenja uzemljivača male prostranosti rjeđe se upotrebljava metoda mjerenja struje i napona u opisanoj izvedbi, jer ona općenito traži mnogo priprema, pa su zato za praktični rad podesnija tvornička mjerila koja su za mjerenje po ovoj metodi izrađena prvenstveno kao kvocijenta mjerila s ugrađenim izvorom izmjeničnog napona.

Međutim, ova metoda ima u nekim slučajevima također u svome osnovnom obliku izvjesne prednosti. Ona je naročito značajna kod mjerenja velikih površinskih uzemljivača u elektranama i velikim transformatorskim stanicama gdje je otpor uzemljivača vrlo malen te kod sistema sa direktno uzemljenom neutralnom točkom iznosi jedva nekoliko desetinki oma ili čak manje i gdje je ova metoda praktično jedini način mjerenja otpora uzemljenja. Kod ovih mjerenja obično se postupi tako da se strujni krug između mjernog i pomoćnog uzemljivača napaja direktno iz mreže, pri čemu struja kroz uzemljivač iznosi 50 do 100 A. No pri tome treba paziti na činjenicu da promjer naponskog ljevka kod velikih uzemljivača iznosi nekoliko stotina ili čak preko tisuću metara, pa zato sondu treba postaviti dovoljno daleko.

Wiechertova mosna metoda (sl. 12.5.) omogućuje podesnije mjerenje otpora uzemljenja od upravo opisanog načina mjerenjem struje i napona. I ovdje su potrebni pomoćni uzemljivač B i sonda C. Metoda je mosna i potpuno analogna Wheatstoneovom mostu s mjernom žicom. Treba izvesti dva mjerenja jedno za drugim. Kod prvog mjerenja, kada je sklopka u položaju 1, potražimo na mjernoj žici točku C', koja u ravnoteži ima isti potencijal kao i točka F. Kao što se vidi, u tom se slučaju oba otpora uzemljenja nalaze u jednoj grani mosta, pa zato dobijemo omjer:

$$(R_A + R_B) : R = a_1 : b_1 = \alpha_1,$$

u kome je R otpor usporedbenog otpornika, $a_1 : b_1$ omjer između odsjeka na mjernoj žici koju kliznik u točki C' dijeli na dva dijela.



Slika 12.5 Wiechertova mosna metoda

Kod drugog je mjerenja sklopka u položaju 2, tako da se R_B i R nalaze u seriji u jednoj grani. U tom slučaju dobijemo novi omjer

$$R_A : (R_B + R) = a_2 : b_2 = \alpha_2.$$

gdje je $a_2 : b_2$ omjer između dvaju odsjeka na mjernoj žici. Iz ovih dviju jednadžbi može se odrediti otpor uzemljenja uzemljivača A. Rješenjem obje jednadžbi dobijemo kao otpor uzemljenja R_A

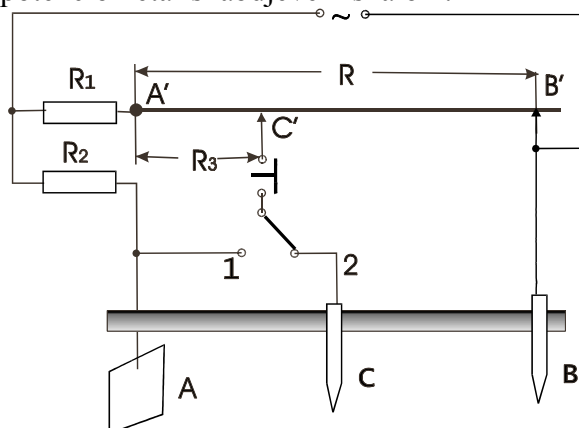
$$R_A = R \cdot \alpha_2 \frac{1 + \alpha a}{1 + \alpha_2}$$

gdje smo omjer $a_1 : b_1$ zamijenili s α_1 , a omjer $a_2 : b_2$ s α_2 , kako bi jednadžba bila preglednija.

Wiechertova metoda omogućuje, točnija mjerenja od prijašnje metode, jer je sonda u ravnoteži bez struje te njen otpor uzemljenja ne utječe na mjerenje, no ona nije praktična, jer su potrebna dva mjerenja, a konačni se rezultat dobiva tek izračunavanjem po navedenoj formuli.

Kao nulinstrument kod prenosivih mjerila obično se upotrebljava slušalica.

Stösselova mosna metoda (sl. 12.6.) zahtijeva, doduše isto tako, dva mjerenja kao i Wiechertova metoda, no ona daje rezultat bez posebnog računanja. Kod ove se metode glavni izmjenični strujni krug zatvara preko otpornika, R_2 , uzemljivača A, zemlje i pomoćnog uzemljivača B, a paralelno tome su priključeni otpornik R_1 i mjerna žica odnosno potencijometar snabdjeveni skalom.



Slika 12.6. Stösselova mosna metoda

Mjerenje se izvodi tako da se preklopka najprije prebaci u položaj 1, a klizač C' pomakne do točke A' , pa se zatim mijenja položaj klizača B' sve dok se u mostu ne postigne ravnoteža.

Kada je most u ravnoteži vrijedi omjer

$$R_1 : R_2 = R : (R_A + R_B)$$

u kome je R_A kao i prije otpor uzemljenja uzemljivača A koji mjerimo, a R_B otpor uzemljenja pomoćnog uzemljivača B. Kada je ovo mjerenje završeno ostavimo klizač B' na tome mjestu, prebacimo preklopku u položaj 2 te klizač C' pomičemo sve dok ne postignemo ravnotežu kod nove kombinacije otpora u mostu. U tom slučaju vrijedi u ravnoteži:

$$\frac{R_1 + R_3}{R_2 + R_A} = \frac{R - R_3}{R_B}$$

Iz ovih jednadžbi dobijemo za otpor uzemljivača A

$$R_A = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

Ako su otpori R_1 i R_2 jednaki te ako je skala mjerne žice baždarena u omima, može se neposredno očitati otpor uzemljenja uzemljivača A. Mijenjanjem pak omjera R_2/R_1 dana je mogućnost da se promijeni mjerni opseg. Ako je na primjer $R_2/R_1 = 10$ ili $1/10$, otpor R_A dobijemo jednostavno na taj način da vrijednost očitane na mjernoj žici pomnožimo sa 10 ili sa 0,1.

Behrendova metoda. Ova metoda omogućava određivanje otpora mjenjenog uzemljenja iz samo jednog mjerenja. Iz ručnog generatora dobivamo izmjeničnu struju I_1 , koja teče kroz primar strujnog transformatora, ispitivani uzemljivač Z i sondu S_2 (sl. 12.7.). Kroz sekundarni namot strujnog transformatora teći će struja I_2 koja je u stalnom omjeru prema struji I_1 . Na nulinstrumentu nema otklona kada je napon U_1 između ispitivanog uzemljivača Z i sonde S_1 jednak padu napona U_2 na dijelu klizne žice otpora R_1 , tj. kada je:

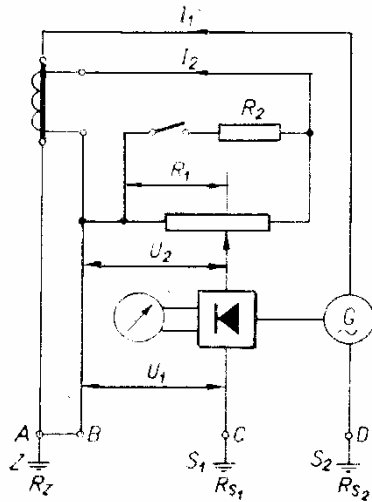
$$I_1 R_Z = I_2 R_1$$

Kako je omjer struja I_2/I_1 konstantan, tj. $I_2/I_1 = k$, slijedi:

$$R_Z = k R_1$$

Veličinu mjerenog otpora uzemljenja možemo izravno očitati na skali klizne žice. Promjena mjernog opsega postiže se otporom R_2 koji se spaja paralelno kliznoj žici.

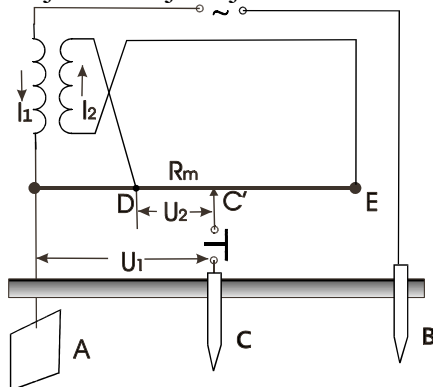
Lutajuće struje ne utječu na rezultat, jer je za nulinstrument upotrebljen sistem s pomičnim svitkom i mehaničkim ispravljačem, koji je povezan s osovinom ručnog generatora.



Slika 12.7. Behrendova metoda

U novijim izvedbama se umjesto ručnog generatora primjenjuju elektronički sklopovi koji napon džepne baterije pretvaraju u pravokutni izmjenični napon frekvencije od npr. 108 Hz kako bi se lakše izbjegao utjecaj lutajućih struja iz industrijskih pogona. Umjesto mehaničkog ispravljača upotrebljavaju se sinhroni elektronički filter i sinhroni detektor s pojačalom.

Behrendova kompenzaciona metoda (sl. 12.8.) omogućuje mjerenje otpora uzemljenja samo jednim mjerenjem.



Slika 12.8. Behrendova kompenzaciona metoda

Kao što se vidi na slici, u strujnom krugu, koji se napaja izmjeničnim strujom, nalazi se transformator s prijenosnim omjerom 1, uzemljivač A, čiji otpor mjerimo, i pomoćni uzemljivač B. U sekundarnom strujnom krugu transformatora nalazi se poredbeni otpornik u obliku mjerne žice DE te sekundarni strujni krug transformatora predstavlja zapravo pomoćni strujni krug kompenzatora. Kao nulinstrument služi slušalica ili instrument s pomičnim svitkom i poluvodičkim ispravljačem koji je uključen između klizača C' i sonde. Pri mjerenju pomičemo klizač C' po mornoj žici sve dok ne nađemo nulu. Ako je između uzemljivača A i sonde C napon U_1 , a na pripadnom dijelu mjerne žice napon U_2 , onda je u ravnoteži $U_1 = U_2$; između točaka C i C' ne postoji razlika potencijala, pa stoga zvuk u slušalici prestane, jer je ona bez struje. Ako u primarnom strujnom krugu teče struja I_1 , a u sekundarnom strujnom krugu struja I_2 u slučaju ravnoteže vrijedi.

$$I_1 R_A = I_2 R_m$$

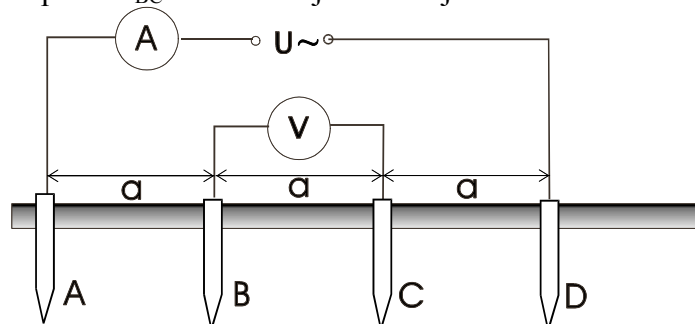
gdje je R_m otpor mjerne žice između točke D i klizača C'. budući da je $I_1 = I_2$ kod jednakih napona $U_1 = U_2$ mora biti $R_A = R_m$. Stoga je otpor čiju vrijednost očitamo na mjernoj žici jednak mjerenom otporu uzemljenja uzemljivača A. Kod ove mjerne metode, dakle, otpor sonde i pomoćnog uzemljivača u jednadžbi uopće nije uzet u obzir, te otpor pomoćnog uzemljivača utječe jedino na jakost struje u primarnom strujnom krugu a time na osjetljivost cijelog uređaja. Otpor sonde ne treba uopće uzimati u obzir, jer je u postignutoj ravnoteži sonda bez struje.

Mjerni opseg može se mijenjati time da se uzme strujni transformator s nekoliko prijenosnih omjera tj. s nekoliko odvojaka. Na taj način mogu se dobiti odnosi struja $I_1 = 0,1 I_2$ ili $I_1 = 10 I_2$ i u skladu s time $R_A = 0,1 R_m$ ili $R_A = 10 R_m$. No mjerni opseg može se mijenjati i time da se paralelno s mjernim otpornikom DE priključuju otpornici različitog otpora.

Ova metoda se danas najviše primjenjuje, te po njoj djeluje i većina tvorničkih mjerila.

Mjerenja specifičnog otpora tla. Da bi se pri projektiranju uzemljenja mogle odrediti dimenzije uzemljivača, potrebno je prethodno mjerenjem odrediti specifični otpor tla. Pri tome se mora voditi računa o nehomogenosti tla i ovisnosu specifičnog otpora o klimatskim prilikama, pa je mjerenje potrebno izvršiti na više mjesta i u razna doba godine.

Obično se takva mjerenja provode pomoću četiri elektrode zabijene u zemlju u jednakim dovoljno velikim udaljenostima a (sl. 12.9.). Na vanjske elektrode priključi se izvor izmjeničnog napona, a pomoću voltmetra s velikim unutarnjim otporom izmjeri se pad napona U_{BC} između dvije unutarnje elektrode.



Slika 12.9. Mjerenje specifičnog otpora tla

Ako su elektrode male prema njihovoj međusobnoj udaljenosti, može ih se tretirati kao točkaste uzemljivače, pa će razlika potencijala između elektroda B i C iznositi:

$$U_{BC} = \frac{I\rho}{2\pi a}$$

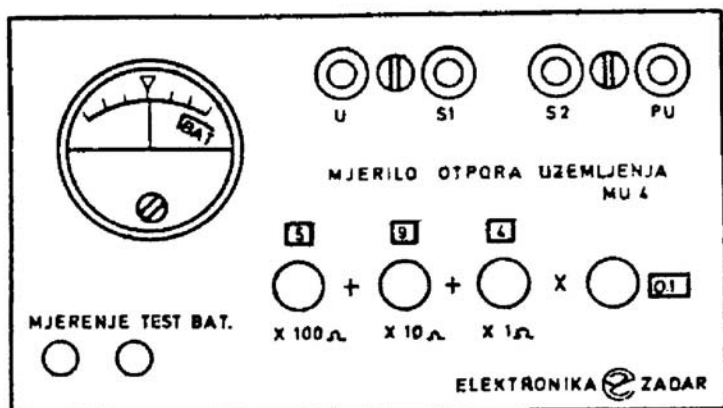
pa je specifični otpor tla:

$$\rho = 2\pi a \frac{U_{BC}}{I}$$

Specifični otpor tla možemo odrediti i raznim drugim metodama, koje se bitno ne razlikuju od onih za mjerenje otpora uzemljenja. Tako možemo izmjeriti specifični otpor pomoću uređaja prikazanog na sl. 12.7. ako otklonimo vezu između stezaljke A i B, te stezaljke A, B, C i D uređaja povežemo redom sa sondama A, B, C i D.

12.2. PRIMJERI UPORABE MJERILA UZEMLJENJA

Instrument MU-4 proizveden u tvornici "Elektronika" Zadar predstavlja jedan od rijetkih domaćih instrumenata, a služi za mjerenje otpora uzemljenja i specifičnog otpora zemljišta. Ovaj instrument koristi Beherendovu kompenzacijsku metodu, kod koje u momentu kompenzacije kroz sondu S1 prema uzemljivaču i sondi S2 ne teče struja, te tako točnost mjerenja ne ovisi jako o dubini ukapanja ispitnih sondi S1 i S2. Ima dva mjerna područja: od 0,3 do 12,00 Ω i od 12,00 do 120,0 Ω .

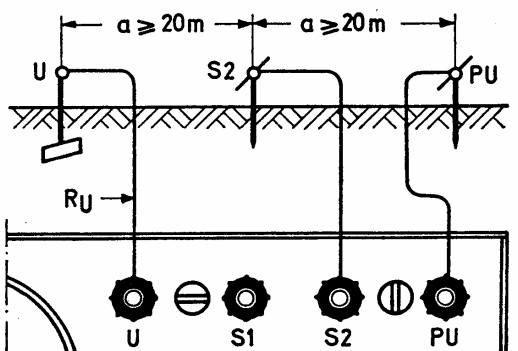


Slika 12.10. Prikaz prednje ploče mjerila MU4

Mjerenje otpora uzemljenja

Prije početka mjerenja treba podesiti kazaljku nulinstrumenta na sredinu skale, a nakon toga provjeriti napon baterije pritiskom na taster TEST BAT. U slučaju da kazaljka nije u obilježenom području treba promijeniti baterije.

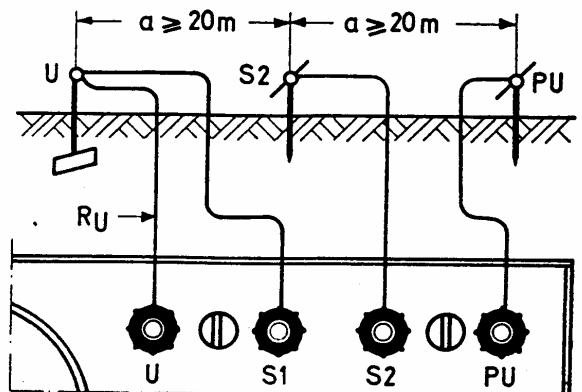
Nakon toga se uzemljivač i sonde priključuju prema slici 12.11. ako se radi o mjerenju s tri vodiča ili prema slici 12.12 s četiri vodiča.



Slika 12.11. Priključak uzemljivača kod mjerenja s tri vodiča

Uzemljivač se spaja na stezaljku U, a sonde na stezaljke S2 i PU. Prekidač 14 s postavlja u horizontalni položaj koji označava kratko spajanje stezaljke U i S1, dok su stezaljke S2 i PU odspojene (vertikalni položaj prekidača 13). Pritiskom tastera MJERENJE, a pomoću preklopnika 3, 4, 5 i 6 uravnotežuje se most. Očitana vrijednost na preklopnicima predstavlja otpor uzemljenja. Očitanoj vrijednosti treba oduzeti otpor priključnog voda (oko 0,5 Ω). Ova metoda se najčešće koristi za veće otpore uzemljenja (preko 100 Ω)

Za mjerenje manjih otpora uzemljenja (manjih od 10 Ω) koristi se postupak s četiri vodiča kako je to prikazano slikom 12.12.



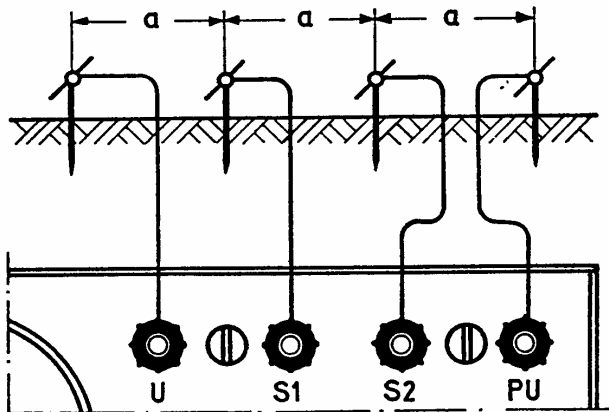
Slika 12.12. Priključak uzemljivača kod mjerenja s četiri vodiča

Kod ove metode mjerenja oba prekidača 13 i 14 su isključena, a uravnoteženja mosta je isto kao i za metodu s tri vodiča. Očitanoj vrijednosti otpora uzemljenja, kod ove metode, se ne oduzima vrijednost vlastitog otpora priključnog vodiča.

Pri mjerenju otpora uzemljenja velikih sustava treba povećati razmake između sonde te sonde i uzemljivača, tako da on bude 2,5 do 5 puta veći od dijagonale određene najudaljenijom točkom sustava za uzemljenje. Otpor sonde odnosno sonde i pomoćnog uzemljivača treba biti što manji, a to znači da sonde moraju biti što bolje ukopane.

Mjerenje specifičnog otpora uzemljenja

Za mjerenje specifičnog otpora zemlje koristi se shema prikazana slikom 12.13.



Slika 12.13. Mjerenje specifičnog otpora zemlje

Specifični otpor zemlje dobiva se iz relacije:

$$\rho_Z = 2\pi a R_Z$$

gdje je:

ρ_Z - specifični otpor zemlje u Ωm ,

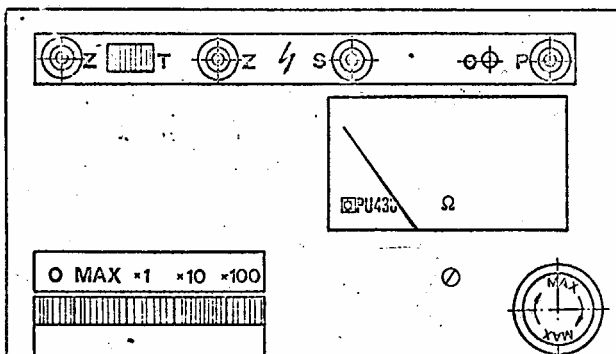
a - razmak između sonde u metrima i

R_Z - očitana vrijednost otpora u Ω .

Kod mjerenja specifičnog otpora uzemljenja treba paziti da se u području mjerenja ne nalaze metalni objekti ili kabeli. Specifični otpor zemlje predstavlja otpor kocke zemlje brida 1m, a mjereno između dvije suprotne stranice, a izražava se u $\Omega\text{m}^2/\text{m}$ ili Ωm .

Pomoću ovog instrumenta moguće je mjerenje omskog otpora, tako što se nepoznati otpor priključuje na stezaljke U i PU uz otvorene prekidače 13 i 14 za metodu mjerenja s tri vodiča ili zatvorene prekidače 13 i 14 za metodu mjerenja s četiri vodiča.

Instrument PU 430 tvornice Iskra također koristi Beherendovu kompenzacijsku metodu, kod koje u momentu kompenzacije kroz sondu S1 prema uzemljivaču i sondi S2 ne teče struja, a ima tri mjerna područja: $\times 1 \Omega$, $\times 10 \Omega$ i $\times 100 \Omega$. Izgled prednje ploče instrumenta je prikazana slikom 12.14.



Slika 12.14. Instrument za mjerenje otpora uzemljenja PU 430

Uzemljivač se priključuje na stezaljku Z uz otvorenu sklopku T za mjernu metodu s tri vodiča, a sonde se priključuju na stezaljke S i P. Duljina vodiča do uzemljivača ne bi smjela biti veća od 3m, a za sonde su predviđeni vodiči duljine 10 odnosno 20 m. Prije mjerenja pritiskom tipke 0 kontrolira se namještenost instrumenta, a podešavanje se obavlja potenciometrom smještenim između stezaljki S i P. Pritiskom tipke MAX mjeri se pad napona koji nastaje na ulaznom otporu pojačala. Potenciometrom MAX-MIN se podesi pojačanje, tako što se kazaljka otkloni na maksimalnu vrijednost skale. Nakon kalibracije obavlja se mjerenje pritiskom na tastere x100, x 10 i x 1, a na skali instrumenta direktno očitamo vrijednost otpora uzemljenja. U slučaju većih duljina mjernih vodiča do uzemljivača, rabi se metoda s četiri vodiča, gdje su vodiči do sonde duljina 20 i 40 m, a prekidač T ne smije biti pritisnut.

Ovdje treba naglasiti opasnost od napona dodira, jer je napon praznog hoda na izlaznim stezaljkama 85 V i frekvencije 135 Hz. U svakom slučaju dozvoljena je uporaba samo izoliranih mjernih veza.

Specifični otpor zemlje obavlja se po istoj mjernoj metodi kao i za MU-4. U tablici 12.1. su prikazane orijentacijske vrijednosti specifičnog otpora za pojedine vrste tla.

Tablica 12.1.

Vrst zemlje	ρ (Ωm)
Mokra zemlja, močvara	8-60
Oranica, glina, ilovača	20-300
Vlažno pjeskovito tlo	200-600
Suho pjeskovito tlo	200-2000
Kamenito i mješovito kamenito tlo	300-80000
Čisti kamen	10000-1000000

Vodljivost zemlje ovisi o vrsti zemlje, njene rasutosti po širini i dubini, temperaturi i vlažnosti. Također treba napomenuti da se vodljivost smrznutog zemljišta smanjuje.

Prosječne vrijednosti raznih vrsta uzemljivača u oranici ($\rho_Z=100 \Omega\text{m}$) prikazane su tablicom 12.2.

Tablica 12.2.

Vrsta uzemljivača	mjere uzemljivača (m)	Otpor uzemljenja (Ω)
Trakasti	10	20
	25	10
	50	5
Cjevasti $\Phi=2''$	1	70
	2	40
Pločasti	1x1	25

Za približno određivanje otpora uzemljenja za neke tipove uzemljivača u praksi se često koristi tablica 12.3.

Tablica 12.3.

Vrsta uzemljivača	Jednadžba	
Trakasti (zvjezdasti) uzemljivač	$R_p = \frac{2\rho_Z}{l}$	
Cijevni uzemljivač	$R_p = \frac{\rho_Z}{l}$	
Prstenasti uzemljivač	$R_p = \frac{2\rho_Z}{3 \cdot D}$	$D = 1,13 \cdot \sqrt{F}$

gdje je:

R_p - otpor uzemljenja (Ω),

ρ_Z - specifični otpor tla (Ωm),

l - duljina uzemljivača (m),

D - promjer prstenastog uzemljivača (m) i

F - površina koju omeđuje prstenasti uzemljivač (m^2).