

UPORABA KEMIJSKIH SONDI ZA UZEMLJENJE

SAŽETAK

U HEP DP "Elektroistra" Pula su 1991. godine uzemljivači dvaju repetitorskih objekata, izvedeni pomoću kemijskih sondi, američkog proizvođača LEC. U članku su opisana iskustva kod pripreme, izgradnje te eksploatacije ovakvog uzemljivača. Iznijeti su rezultati mjerenja dobivenog otpora uzemljenja od ugradnje do danas, te usporedba sa očekivanim rezultatima. Također se daje preporuka za mogućnost daljeg korištenja ovakvog tipa uzemljivača.

Također su dati osnovni principi rada ovakvog uzemljivača kao i pojednostavnjeni prikaz načina projektiranja, te neki primjeri mogućih načina "poboljšanja" tla.

Ključne riječi: Uzemljenje, kemijske sonde, tlo

THE USE OF CHEMICAL RODS FOR GROUNDING

ABSTRACT

In 1991, in HEP DP "Elektroistra" Pula, grounding system for two repeater facilities were carried out with chemical rods, of the American producer LEC. This article presents the experience during preparation, construction and exploitation of such a grounding system. The results of grounding resistance measurements from the time they were built in until today are given, as well as the comparison with expected results. There is also recommendation for the possibilities of future use of this type of grounding system.

The basic working principles of such a grounding system, as well as a simplified presentation of designing, and some examples of the possibilities of soil "improvement" are given.

Key words: Grounding system, chemical rods, soil

1. UVOD

"Uzemljenje je umjetnost postizanja električne veze sa zemljom". Kroz tu vezu prolaze električni događaji ka ili od isto tako povezanih sustava. Ovakvi električni događaji uključuju energiju, komunikacijske, telefonske, radio i ostale vrste podataka. Karakter ove veze odredit će uspješnost njegove funkcije. Djelotvornost te veze se uvijek procjenjuje na stvarni omski otpor prema zemlji. Međutim postoje i drugi čimbenici jednakog značaja, kao tranzient, valni otpor ili induktivitet. Ti čimbenici određuju djelotvornost ovakve veze za razne funkcije kao što su: zaštita od groma, uzemljenje, zaštita električnih strojeva i opreme te sigurnost ljudi u uvjetima kvara.

Iz do sada navedenog, vidi se da je sustav uzemljenja vrlo važan podsustav, pa se nikako ne smije zanemarivati. Slijepa primjena standarda i propisa sa skromnim podacima o karakteristikama terena i sezonskim promjenama, vrlo će rijetko dati dobro uzemljenje. Čest je slučaj projektiranja novih objekata na osnovu pretpostavljenog specifičnog otpora tla, umjesto da se na točno određenoj lokaciji izvrši mjerenje, koje u konačnosti može i uvjetovati mikrolokaciju objekta. Činjenica je da, kad se sustavu uzemljenja pristupi "na laku ruku", tj. ne pokloni potrebna pažnja, trajna je mogućnost oštećenja opreme i narušena je sigurnost ljudi.

Konačno, trend razvoja ka mikroelektronici, učinio je električke i elektroničke sustave mnogo osjetljivijima prema bilo kakvim električkim promjenama, te je to još jedan razlog za što kvalitetnije uzemljenje.

Uzemljenje, veza sa zemljom, mora se dakle promatrati kao vitalna funkcija, i izvoditi posebno za svaki sustav i svaku građevinu.

2. CILJEVI UZEMLJENJA

Sustav uzemljenja ispunjava jednu od slijedećih funkcija:

Zemlja, ili referentna elektroda. Svaki električni, odnosno elektronički sustav mora biti određen prema zemlji. To se naziva uzemljenje. Točka uzemljenja u tom sustavu osigurava zajedničku referentnu točku za sve krugove u sustavu. U velikom broju slučajeva, otpor prema zemlji te referentne točke je od malog značaja. Za ovakve sustave "zajednička zemlja" će zadovoljiti funkcionalne zahtjeve. Ovakvi su sustavi obično potpuno samostalni.

Ovakav način uzemljenja, traži odvojenu vezu od svakog elementa u sustavu prema zajedničkoj zemlji, najbolje (putem odvojenih staza) odvojeno.

Kao zaštita od udara groma, sustav uzemljenja mora ispunjavati iste zahtjeve kao prethodno, dok je ustvari sasvim drukčije. Mnogo slikovitiji naslov bio bi: "Sustav za neutraliziranje naboja groma". Ovo slijedi iz prirode atmosferskog elektriciteta i mehanizma udara groma. Oblaci induciraju jednaki naboj suprotnog predznaka na površini zemlje ispod oblaka. Kada staza groma završava na uzemljenom objektu, formira se vidljiva staza između dva tijela da dođe do izjednačenja potencijala među njima. Dok je naboj induciran na površini zemlje, slijedi da se sav taj naboj mora pokrenuti s mjesta na kojem je induciran prema mjestu udara da bi se neutralizirao oblak; sve u približno 20 μ s. Ako je to dio nabijenog tijela, ili je na kraju udara, sustav uzemljenja mora imati mali otpor, nisku valnu impedanciju između pojedinih dijelova sustava gdje udar može završiti. Prema tome, zahtjev na uzemljenje za zaštitu od udara groma nije samo nizak (omski) iznos otpora, već međusobno dobra povezanost valnom impedancijom.

Veza zemlje i sustava za uzemljenje može biti gotovo savršena. Što je niži otpor između točke uzemljenja mreže i prave zemlje, to je bolji, efikasniji i sigurniji sustav. Ovaj zahtjev uvijek dolazi zajedno sa činjenicom da sustav kojega štitimo ima mnogobrojne veze sa ostalim sustavima ili "vanjskim svijetom". Tipični primjeri su električna industrija, telefonske centrale, velike industrije i slično.

Ovakvi sustavi često zahtjevaju zajedničku točku uzemljenja, mogućnost neutraliziranja udara groma, i nisku vrijednost impedancije prema zemlji što zahtjeva univerzalno uzemljenje.

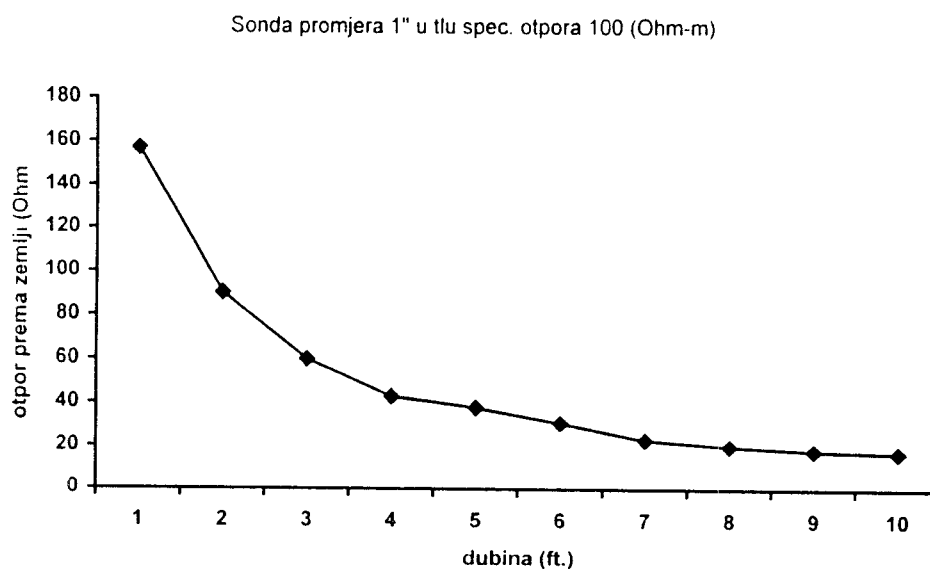
3. UTJECAJI NA UZEMLJENJE

Za slučaj da se uzemljenje izvodi sondama, na njega utječu karakteristike sonde i tla kao što se vidi iz do sada rečenog. Specifične varijable uključuju:

- Za sondu:
 - dužina, širina (promjer), način polaganja (vodoravna, uspravna, kosa) i oblik
- Za tlo:
 - specifični otpor, vlažnost, temperatura, sadržaj minerala i kompaktnost

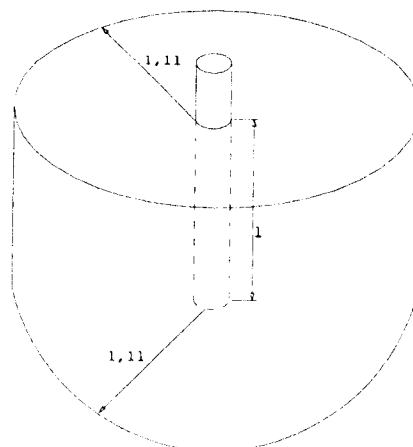
Puno je truda uloženo u proučavanje utjecaja ovih parametara na projektiranje sustava uzemljenja i rezultirajući (dobiveni) otpor prema zemlji. Kaže se "predviđanje otpora uzemljenja slično je predviđanju vremena"; izgleda da je sreća glavni čimbenik. Ova izjava može biti točna, ako je projektiranje izvršeno bez prave procjene **svih** utječućih čimbenika. Slijedi procjena značajnih čimbenika.

Utjecaj elektrode. Uzemljivačka elektroda može biti sonda, žica, ploča, bilo kako oblikovani komad metala ili čak poluvodiča (blok ugljena). Najčešći oblik uzemljivačke elektrode je pojedinačni vodič. Njegova efikasnost ovisi o njegovoj mogućnosti dobivanja prihvatljivo malog otpora u spoju sa zemljom. Bez pokušaja da se promjeni okolina vodiča (tlo), treba uzeti u obzir njegove dvije varijable: dužinu i promjer. Promjenljivost oblika može se svesti na jedan ili kombinaciju ovih. Ploče, trake i ostali nestandardni oblici pokazali su se manje efikasnim elementima za uzemljenje. Slika 1. prikazuje otpor uzemljenja kakav se može očekivati kod sonde različitih dimenzija, položenih u tlo specifičnog otpora 100 Ω m. Skale su log-log; što sonda postaje duža to je otpor manji. Kako se dužina sonde povećava, promjena u otporu se smanjuje. Postaje jasno da je dužina sonde preko tri metra beskorisna, ako ima dovoljno vlage pristune kroz godinu i da je temperatura tla iznad točke smrzavanja.



Slika 1. Efekt povećanja duljine sonde u homogenom tlu

Preblizu postavljene sonde rezultiraju činjenicom da dvije ili više sonde koriste isti dio tla, uzrokujući proporcionalne gubitke u utjecaju tla kao elektrode na iznos uzemljenja. Što je elektroda dulja, to je veći promjer polukugle tla sa dominantnim utjecajem na iznos uzemljenja.



Slika 2. Polukugla djelovanja

Čimbenici utjecaja tla imaju dominantan utjecaj na otpor uzemljenja. Čimbenici kao tip tla, temperatura, sadržaj vlage, sadržaj minerala, kompaktnost i zrnatost zajedno utječu na konačan otpor tla. Međutim neki od ovih čimbenika, vlažnost, sadržaj minerala i temperatura utječu znatnije. Sva tri čimbenika variraju obzirom na doba godine i lokalnu klimu što može uzrokovati promjene u otporu tla i do 250%.

Sadržaj vlage. Različitosti u količinama podzemnih voda mogu imati utjecaj na trenutni specifični otpor tla, što može uzrokovati varijacije od najnižeg mogućeg otpora, gotovo do beskonačnosti (prevelika vrijednost za mjerenje). Prema iskustvu pijesak je dobro vodljiv uz samo 4% vlage, dok ilovača zahtjeva preko 14%. Ovaj podatak također upućuje na zaključak o značajnoj razlici u mjerenju otpora između vlažne i suhe sezone. Te promjene mogu ići i do nekoliko stotina %.

4. PROJEKTIRANJE UZEMLJENJA SA KEMIJSKIM SONDAMA

Da bi se ispravno projektirao sustav uzemljenja ili čak izabrao tip elektroda, osnovno je dobro definirati okolinu u kojoj sustav mora funkcionirati. Čimbenici koje treba procijeniti definirani su u prethodnom tekstu. Predmet ove aktivnosti mora biti, prikupiti sve podatke potrebne za definiranje specifičnog otpora tla pod svim uslovima koji nastupaju kroz godinu na određenoj lokaciji. Potrebni su sljedeći podaci:

1. Specifični otpor tla u dano doba godine
2. Promjene otpora u funkciji dubine tla, do najviše 10 m.
3. Sadržaj vlage u vrijeme mjerenja (% od težine)
4. Varijacije vlage u tijeku prosječne godine
5. Temperatura u vrijeme mjerenja
6. Varijacije temperature u tijeku prosječne godine
7. Prosječna dubina tla koje se zimi smrzava, ako ga ima.

U procesu prikupljanja ovih podataka, mora biti jasno da netočnost u bilo kojem od gore navedenih podataka vodi u netočnost projektiranog sustava.

Kod mjerenja specifičnog otpora tla, pažnju treba skrenuti na postizanje što točnijih rezultata. Znači treba mjeriti na različitim mjestima kompletne lokacije. Broj mjerenja ne smije biti manji od 5, a po mogućnosti i veći od 10, da bi procjena rezultata bila što točnija, te da bi se eliminirali utjecaji eventualnih vodiča i varijacija u količini vlage. Uz podatke o mjerenju specifičnog otpora tla i uvjetima u kojima je mjerenje izvršeno, može se za jednu prosječnu godinu izračunati otpor tla. Ovi su uvjeti očekivani i moraju se koristiti kod projektiranja, ili parametri otpora moraju biti kontrolirani.

Temperatura tla

Otpornost tla je vrlo zavisna od njegove temperature, sve dok ne dostigne točku smrzavanja, otpornost tla raste vrlo brzo do točke gdje prividno nema kontakta sa preostalom zemljom. Trajno smrznuto tlo je poseban slučaj koji zahtjeva posebnu pažnju. Specifični otpor tla može u ovim slučajevima biti čak i 10.000 Ω m.

Zrnatost (kompaktnost) gustoća

Svi ovi čimbenici utječu na vodljivost tla. Općenito što je tlo gušće (sitniji pojedinačni dijelovi), niži je otpor. Međutim ovo je istina samo tamo gdje je tlo propusno za vodu ili vodljivo za osmotske ili kapilarne procese. Ovi čimbenici se ne mijenjaju značajno tijekom godine. Kada se otpornost jedanput odredi ovi se čimbenici mogu zanemariti.

Sadržaj minerala

Koncentracija određenih minerala, kiselina i hidroksida može značajno poboljšati vodljivost tla. Što je viša koncentracija, niža je prosječna otpornost. Međutim i prevelika koncentracija može imati negativan utjecaj po samu elektrodu. Izbor soli može značajno utjecati na smanjenje vrijednosti.

Pojedinačne sonde

Uobičajeno projektiranje zasniva se na uporabi uobičajenih elektroda (sondi) za uzemljenje. Ovo uključuje čvrste sonde od bakra, pocinčanog čelika, nerđajućeg čelika ili galvaniziranog čelika. Prvi korak je izračunati otpor jedne sonde prema zemlji.

Veći broj sondi

Kada se sa jednom sondom ne može postići željeni rezultat, potrebno ih je koristiti više. Naravno treba biti siguran da nema značajnijeg preklapanja među njihovim polukuglama djelovanja. Ako je određen prostor koji se može koristiti, to je ustvari limit na broj sondi koje se stvarno mogu položiti. Što su sonde kraće može ih se koristiti veći broj. Pod idealnim uvjetima, mnogo kratkih sondi je bolje nego nekoliko dugih. Mijenjanjem dužine i promjera sonde, te broja rezultirajućih polukugli, može se odrediti optimalna kombinacija za zadano područje. Rezultat će biti najniži mogući otpor pod uobičajenim uvjetima.

Efekti slojevitosti tla su značajni

Svi prethodni podaci bili su zasnovani na pretpostavci da je tlo oko uzemljivačke elektrode razumno homogeno. Međutim u stvarnom svijetu to često nije tako. Pravilo je da postoje najmanje dva sloja do 3 m od površine, ponekad i više. Nadalje, obično je činjenica da je gornji sloj bolje vodljiv; kada i ako ima viška vlage kroz godinu. Mnogo je češći slučaj, da upotreba više kraćih sondi, što dozvoljava njihov bliži smještaj, daje bolji rezultat od manjeg broja duljih sondi. Ovo se ne može potpuno uopćiti, jer postoje iznimke. U vrlo sušnim područjima i suhom tlu, nizak otpor uzemljenja nije moguće postići uobičajenom tehnologijom. U ovim područjima mora se koristiti vlaženje, ili duže sonde koje prodiru u vlažniji dio tla. U ovim slučajevima dužina sondi nije uključena u veličinu polukugle djelovanja.

Ograničenja uobičajene tehnologije

Tamo gdje je specifični otpor tla visok i pristupačni je prostor ograničen, postoji granica ispod koje se otpor uzemljenja više ne može smanjiti uobičajenim tehnologijama, odnosno da bi se postigao zadani otpor potrebna je višestruko veća površina od stvarno dostupne. Kada se konvencionalnom tehnologijom ne može doći do potrebnog rezultata, moraju se koristiti alternative. Ove alternative su ograničene sa mogućnošću zamjene postojećeg tla ili mogućnošću popravljivanja njegovih svojstava.

5. MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA KARAKTERISTIKA TLA

Automatsko kondicioniranje tla dodavanjem minerala

Više od 20 posljednjih godina, bilo je mnogo pokušaja da se postigne automatsko kondicioniranje tla uz različite stupnjeve uspjeha. Jedna takva jedinica poznata kao "XIT sonda" je bakrena cijev promjera 2", ispunjena kamenim solima i perforirana rupama za disanje na vrhu i rupama za prodor na dnu. Vlaga se upija iz zraka, kada je moguće, pomoću soli u cijevi, stvarajući zasićenu otopinu soli koja prodire van na dnu sonde i kondicionira tlo u određenom području. Kao rezultat, dramatično smanjenje otpora tla, bilo je poznato u području visoke vlažnosti. Međutim u sušnim krajevima XIT sonda je bila značajno manje efikasna. U vrlo suhim krajevima ima neznatnu prednost pred uobičajenom sondom. Sljedeći testovi su pokazali da XIT sonda i ostale vrste zasnovane na "udisanju zraka" pate od dvije vrste ograničenja: zahtjevaju vrlo vlažan zrak i kondicioniraju tlo samo oko baze sonde.

Zasnovano na dosad rečenom, firma LEC, razvila je posljednji sustav za kondicioniranje tla - CHEM-ROD. Chem-Rod je zasnovan na raznolikosti dužina. Nude se u modificiranim oblicima koji dozvoljavaju projektantu razne mogućnosti. Međutim, najviše se koriste dužine 6,8 i 10 ft. Vršene su usporedbe sa različitim tipovima sondi. Testirano je 5 raznovrsnih tla i 5 vrsta sondi. Chem-Rod daje niži otpor i manje varira u toku godine od svih ostalih. Vidljivo je da Chem-Rod zahtjeva oko 10 tjedana da dostigne određeni nivo, nakon čega otpor kontinuirano balgo pada idućih šest mjeseci, ovisno o poroznosti tla.

Automatsko povećanje vlažnosti

Sadržaj vlage je vjerojatno pojedinačno najutjecajniji činitelj u sustavu uzemljenja. Bez njega nema kontakta sa zemljom. Vlažnost predstavlja medij koji stvara elektrolit u tlu i ostvaruje vodljivost tla.

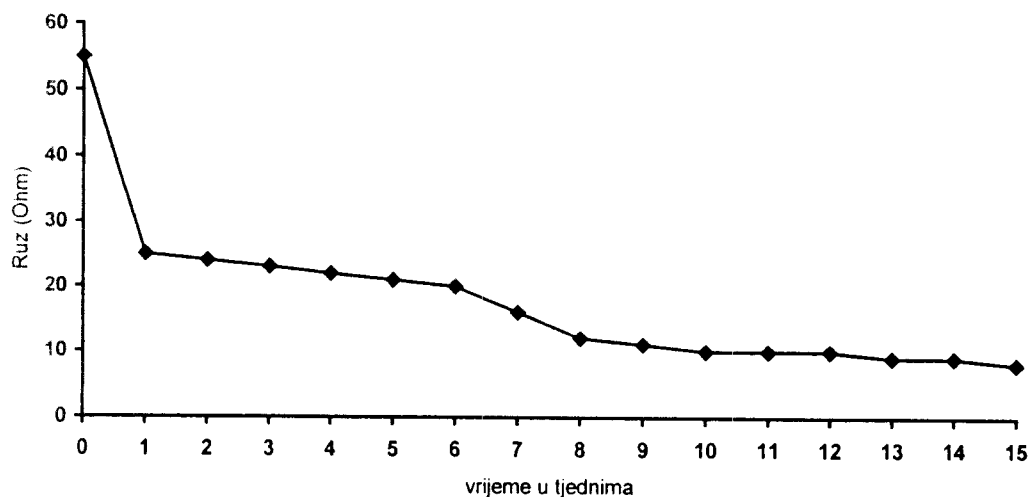
Prema tome, nema konvencionalnog sustava za uzemljenje koji će funkcionirati kako treba u vrlo suhim područjima bez dodavanja vlage.

Očito je neophodan određeni način vlaženja u takvim suhim područjima. Za takve slučajeve LEC je predvidio Chem-Rod sustav sa automatskom kontrolom vlaženja, tako da se tlo unutar polukugle djelovanja, može smatrati u bilo kojem trenutku dovoljno vlažnim. Ovo se izvršava na način da se vlaga ubacuje u sondu direktno.

Postoje dva načina automatskog vlaženja:

1. Autonomna suncem regulirana jedinica koja uključuje vlastiti izvor vode, grijane suncem (koje je uzrok suhog tla). Sunčana toplina uzrokuje isparavanje i putem pare prelazak vlage u sondu, što omogućava željenu vlažnost gdje i kada je potrebno.
2. Centralno kontrolirani izvor vode, kada se javni vodovod koristi kao izvor vode, kontroliran je senzorom koji se uključuje kada je vlaga potrebna. Tada se voda ubacuje u sondu preko automata i postepeno se cijedi u okolno tlo iz sonde zajedno sa solima metala.

sonda CR 10



Slika 3. Otpor sonde CHEM-ROD u funkciji vremena, u tlu specifičnog otpora 100 (Ωm)

6. PRIMJENA KEMIJSKIH SONDI ZA UZEMLJENJE NA OBJEKTIMA HEP DP "ELEKTROISTRA" PULA

Prilikom izgradnje novog sustava veza na području DP "Elektroistra" Pula, zaštitni otpor uzemljenja repetitorskih postaja, na dvije lokacije, nije se mogao postići klasičnim metodama, u iznosu traženom od projektanta (manji od 5 Ω). Stoga je na lokacijama repetitorskih postaja Sveti Martin i Goli uzemljenje izvedeno kemijskim sondama, CHEM-ROD, američkog proizvođača LEC.

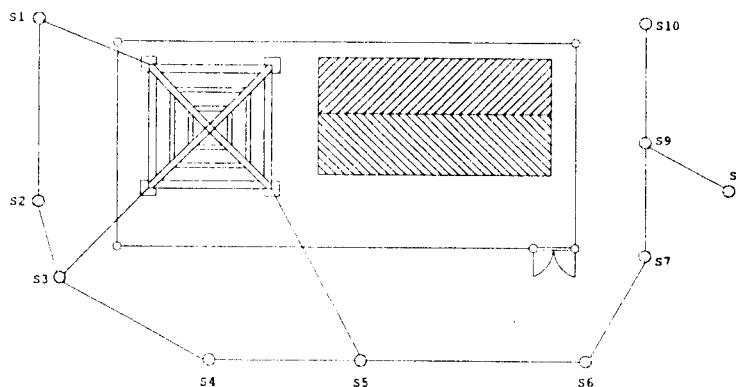
Ugradnja sonde izvršena je 03. rujna (Sveti Martin) i 04. rujna (Goli) 1991. godine. Za polaganje kemijskih sondi bušene su rupe promjera 300 mm i dubine 3000 mm. Koristilo se dijamentno svrdlo. U središte tako izbušene rupe je položena sonda, koja je pridržavana dok se preostali prostor bušotine zapunjavao žitkom mješavinom čiste zemlje, riječnog pijeska, GAF¹-a i vode. Sonde su isporučene sa umetnutim punilom. Nakon što su položene sve sonde međusobno su povezane bakrenim užetom presjeka 70 mm² i spojene na postojeći sustav uzemljenja. Svaka je sonda pokrivena plastičnim šahtom, koji ujedno služi i kao mehanička zaštita.

¹ GAF-Ground Augmentation Fill – "punilo za smanjenje iznosa otpora uzemljenja" je materijal vrlo niskog specifičnog otpora ($\rho \leq 0,8 \Omega\text{m}$) kojim se popunjava prostor oko kemijske sonde.

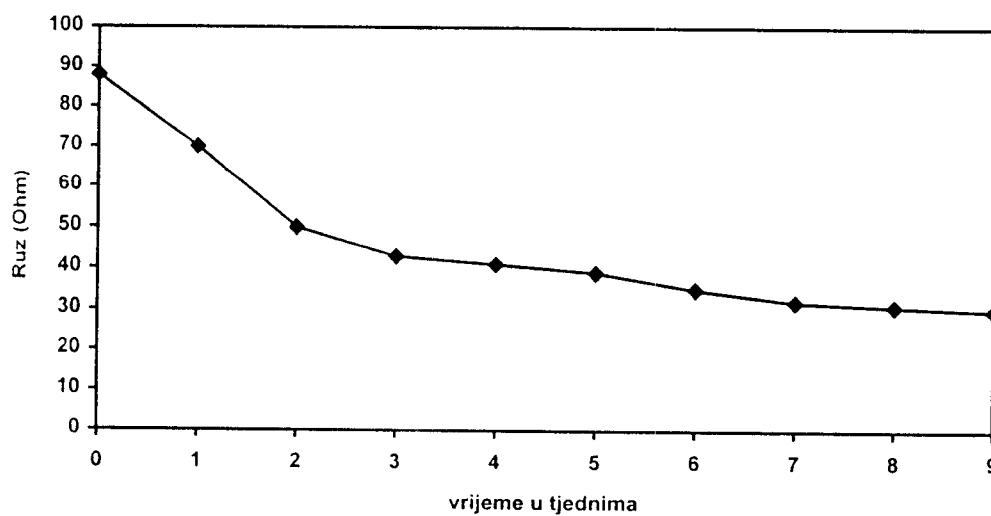
Sonde su periodički dopunjavane vodom uz istovremeno mjerenje otpora uzemljenja, glede praćenja promjene istog u ovisnosti o vremenu proteklom od polaganja sonde. Mjerenja su vršena Behrendovom metodom. Nekoliko puta su izvršena kontrolna mjerenja UI metodom. Mjerenjem su dobiveni rezultati gotovo istih iznosa, neovisno o korištenoj mjernoj metodi.

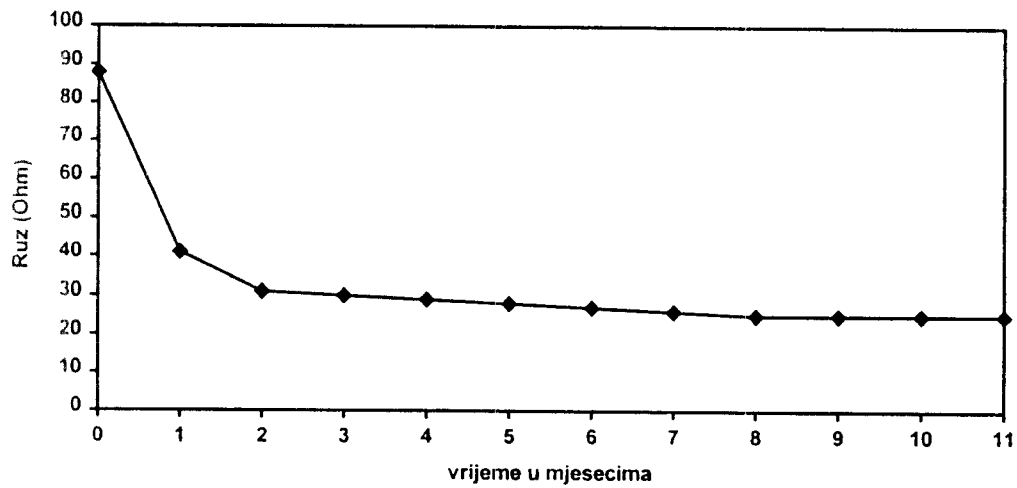
6.1. Repetitorska postaja Sveti Martin

Na toj je lokaciji ugrađeno 10 kemijskih sondi. Raspored ugrađenih sondi prikazan je slikom dolje.



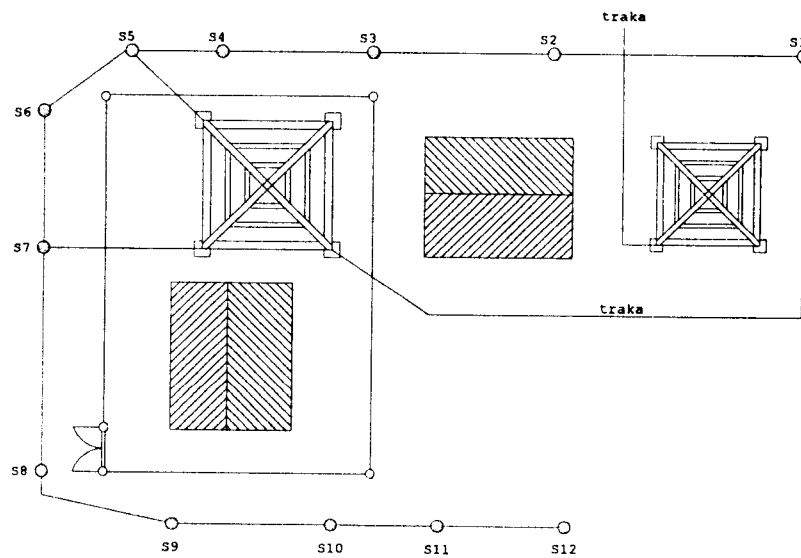
Mjerenjem dobiveni rezultati otpora uzemljenja na objektu Sveti Martin predloženi su niže prikazanim dijagramima.



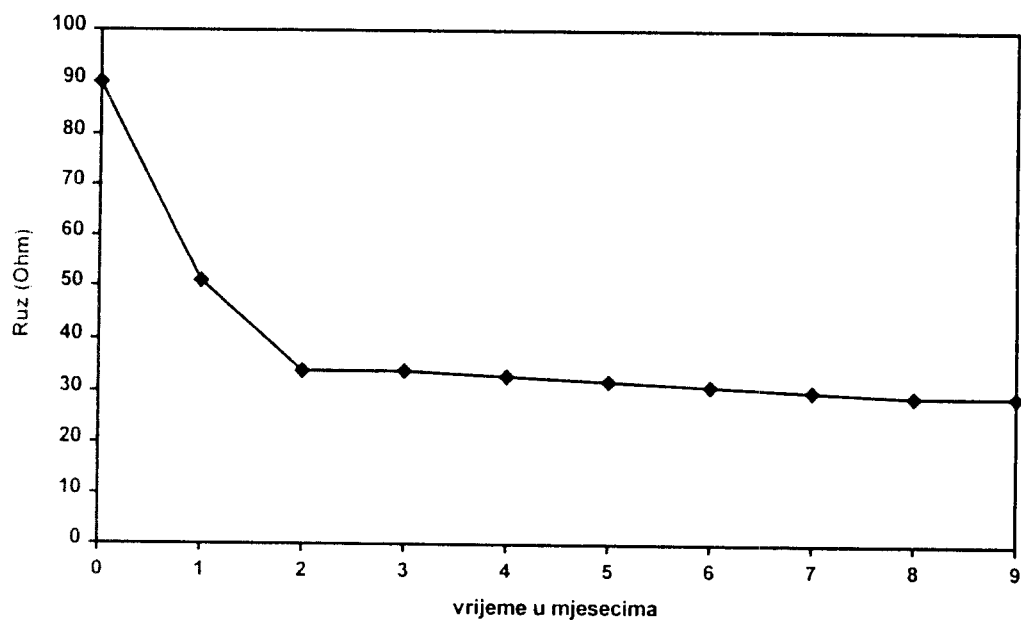
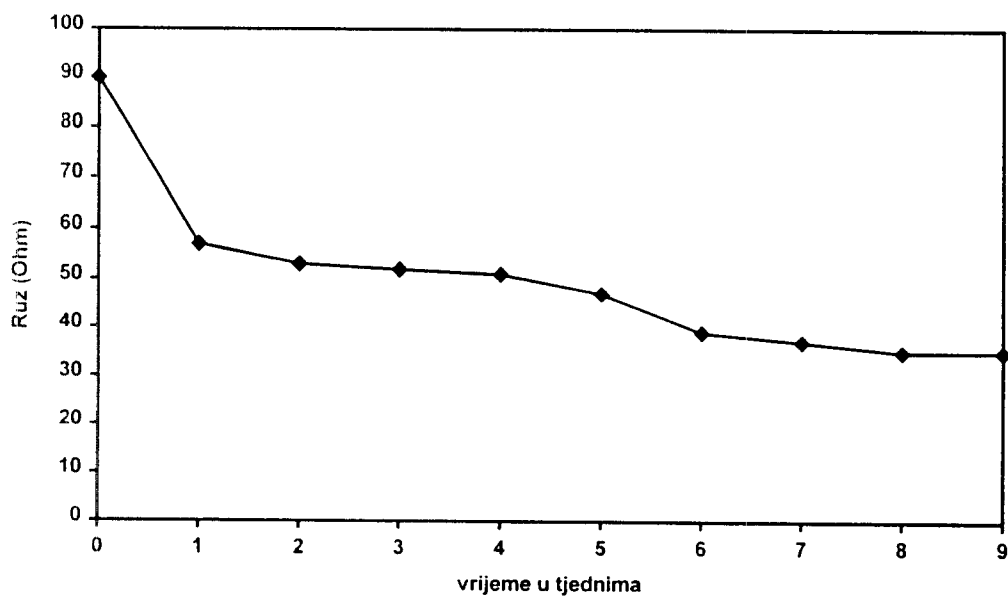


6.2. Repetitorska postaja Goli

Na toj je lokaciji ugrađeno 12 kemijskih sondi. Raspored ugrađenih sondi prikazan je slikom dolje.



Mjerenjem dobiveni rezultati otpora uzemljenja na objektu Goli predočeni su niže prikazanim dijagramima.



6.3. Analiza mjenenog otpora uzemljenja

Analizom prikazanih dijagrama uočava se da krivulja promjene otpora uzemljenja u ovisnosti o vremenu proteklom od ugradnje sonde, na obje lokacije, odgovara krivulji promjene otpora sonde prikazane slikom 3.

Vrijednost otpora uzemljenja na Svetom Martinu, primjenom kemijskih sonde za uzemljenje, stabilizirala se na približno 25 Ω , a na Golom na približno 26 Ω . Dobiveni iznosi otpora uzemljenja su obzirom na teren veoma povoljni, no konačni je iznos otpora uzemljenja još uvijek znatno veći od zahtijevanog tj. trebao je biti manji od 5 Ω .

7. ISKUSTVA I PRIJEDLOZI ZA POBOLJŠANJE

U HEP DP "Elektroistra" se prilikom izgradnje novog sustava veza prišlo izgradnji pet repetitorskih postaja. Na dvije od njih, Sveti Martin i Goli, nije bio moguće klasičnim metodama postići tražene otpore uzemljenja ($< 5 \Omega$). Odlučeno je da se traženi iznosi otpora uzemljenja pokušaju dobiti primjenom potpuno novog načina uzemljenja, pomoću kemijskih sonde. Takav način uzemljenja uobičajen je u Americi upravo za ovakve vrste objekata, ali isto tako i za uzemljenje klasičnih elektroenergetskih objekata. Prišlo se izvođenju tog uzemljenja, međutim zbog neiskustva kako investitora tako i izvođača, poduzeće iz Ljubljane, učinjene su neke pogreške zbog kojih krajnji rezultat nije bio zadovoljavajući, odnosno nije postignuta tražena vrijednost otpora uzemljenja. Konačni iznos otpora uzemljenja je bio dovoljno mali obzirom na uvjete koji vladaju na navedenim lokacijama i sigurno je da ne bi bio postignut klasičnim načinom uzemljenja, ali je bio znatno veći od otpora traženog od strane projektanta elektroničkog dijela repetitora.

Nakon višegodišnjeg praćenja i obrade rezultata, smatramo da su učinjene sljedeće pogreške koje bi trebalo izbjeći kod budućih ugradnji ovakvog uzemljivača:

- Pogrešno izmjeren specifični otpor tla (dobiveni rezultat mjeren od strane izvođača bitno je niži od stvarnog specifičnog otpora na tim lokacijama)
- Raspored sonde oko objekta mogao je biti izvršen kvalitetnije, s aspekta simetričnosti uzemljivača kao i mikrolokacije svake pojedine sonde
- Bušenje rupa za ugradnju sonde vršeno je svrdlom, uz vodeno hlađenje, čime je sonda položena praktično u "keramičku posudu". Da su rupe izvedene strojnim kopanjem ili miniranjem, dobili bi se krateri nepravilnijeg oblika i trebale bi veće količine zemlje za popunjavanje, ali bi se time dobila puno kvalitetnija veza sa okolnim terenom
- Rupe su oko sonde ispunjavane mješavinom zemlje, pijeska i GAF-a, a puno kvalitetniji rezultat bi se dobio sa čistim GAF-om

Gore nabrojani propusti učinjeni na izgradnji naših objekata, ujedno su i prijedlozi za poboljšanja kod eventualne buduće izgradnje uzemljivača na sličnim principima.

8. ZAKLJUČAK

Zaključci koji se mogu izvući iz opisanog iskustva u Elektroistri su sljedeći:

- Uz ispravan pristup pripremnim radovima, projektiranju i izvođenju, uzemljivač izveden sa kemijskim sondama je vrlo kvalitetan uzemljivač kojega posebno odlikuje postojanost otpora uzemljenja bez obzira na vremenske prilike
- Ovakav uzemljivač je relativno skup i ne može se preporučiti za uobičajene elektroenergetske objekte u distribuciji
- Indicirano je korištenje na značajnijim elektroenergetskim objektima ili objektima sa puno skupe elektronske opreme, gdje se klasičnim metodama ne mogu postići zadovoljavajući iznosi otpora uzemljenja
- Ovakav uzemljivač u pogonu potrebno je redovno i kvalitetno održavati

9. PITANJA ZA DISKUSIJU

- Da li se projektiranju uzemljivača poklanja odgovarajuća pozornost ?
- Kvaliteta ulaznih podataka za projektiranje ?
- Opravdanost uzemljivanja elektroenergetskih objekata kemijskim sondama ?
Kojih i gdje ?
- Opravdanost razvoja i proizvodnje sličnog uzemljivača u Hrvatskoj ?

10. LITERATURA

1. Roy B. Carpenter, Jr. "Designing for a Low Resistance Earth Interface (Grounding), LEC, Inc. Publication, LEC 90-1, January 1990
2. Hrvoje Požar " Visokonaponska rasklopna postrojenja", ITP Tehnička knjiga Zagreb, 1990.

