

Elektronika za mlade – 18. nastavak

Electronics for the Young Ones - Part 18

8. Mjerenja

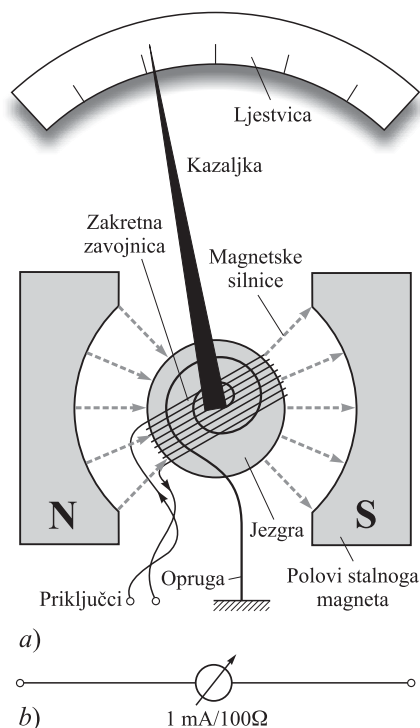
8.1. Poznavanje mjerenja napona, struje i otpora

Kada je 1800. godine talijanski fizičar Alessandro Volta načinio prvi izvor istosmjernje struje spajajući niz pojedinačnih članaka (danas bismo ih nazivali Voltinim člancima) u niz, nazvan Voltinim stupom (zapravo prvu električnu bateriju), mogao ju je jedino priključiti na elektroskop, koji je indicirao statički elektricitet i nije bio dovoljno osjetljiv za niski napon Voltina stupa od desetak volta. Mogao je tu bateriju priključiti i na žablje krakove, te promatrati koliko se trzaju. Mogao je također na trenutak kratko spojiti njezine polove kako bi skočila električna iskra, a mogao je na kraju staviti dva pola na jezik i osjetiti kiselkasto-slani ukus (koji potječe od elektrolize tekućine na jeziku), kao što i mi to danas ponekad činimo. U tim počecima nije bilo ni električnih mjernih jedinica, a kamoli nekakvih mjernih instrumenata. Velik napredak načinio je danski profesor, Hans Oersted, 1820. godine, kada je otkrio da električna struja pomiče magnetnu iglu kompasa. Tako je nastao prvi mjerni instrument koji upućuje na prolazak električne struje, *galvanoskop*, koji će kada mu se pridruži umjerena ljestvica, postati *galvanometar*. Bio je grub i nedovoljno osjetljiv, ali ipak uporabiv mjerni instrument.

Sve u svemu, nije čudo što je provincijski njemački učitelj, Georg Simon Ohm, morao čekati punih petnaest godina da *Britansko kraljevsko društvo* provjeri točnost zakonitosti koju je on dokazao mjerenjima iz 1827. godine, kada ni pojmovi *električnoga napona*, *jakosti električne struje* ili *električnog otpora* još nisu bili posve jasni. Stoga je Ohm svoja istraživanja izvodio pomoću relativnih mjerljivih veličina: dvostruko veći otklon magnetske igle na galvanometru značio je dvaput jaču struju, a kada je trebao dvostruko veći otpor, uzio bi dvaput dulju žicu. Dvostruko viši napon bila su dva Voltina stupa iste visine (tj. istog broja članaka), spojena jedan povrh drugoga. Samome Ohmu su pojmovi *električnog napona*, *električne struje* i *električnoga otpora* bili potpuno jasni, makar još nisu postojale definirane dogovorene mjerne jedinice.

Tek 1881. godine na *Prvom međunarodnom elektrotehničkom kongresu* u Parizu službeno su definirane i prihva-

ćene mjerne jedinice napona *volt* (znak V), struje *amper* (A), otpora *om* (Ω) i električnoga kapaciteta *farad* (F), kakvima se i danas služimo. Velika je zasluga kongresa i ta što je, umjesto uobičajenih grčkih ili latinskih riječi, za nazive tih jedinica uzeo imena zaslužnih znanstvenika. Već sljedeće godine, francuski fizioterapeut Jacques-Arsene d'Arsonval konstruirao znatno osjetljiviji mjerni instrument za mjerenje jakosti struje, instrument sa zakretnom zavojnicom. Taj je instrument postao osnova za izradu svih praktičnih voltmetara, ampermetara i ommetara u sljedećih sto godina, pa i danas kada se radi o tzv. analognim mjernim instrumentima (sl. 1.).



Slika 1. – Mjerni instrument sa zakretnom zavojnicom u stalnom magnetskom polju, a) pojednostavljen crtež, b) shematski znak.

8. 2. Mjerenje napona

Osim mjerenja napona, struje i otpora, u elektrotehnici postoje i mnoge druge vrste mjerenja: snage, frekvencije, kapaciteta, induktivnosti, pojačanja, itd. Ipak, mjerenja napona, struje i otpora osnovna su mjerenja za svako bavljenje elektrotehnikom. Napon se mjeri instrumentom koji se prema mjernoj jedinici naziva

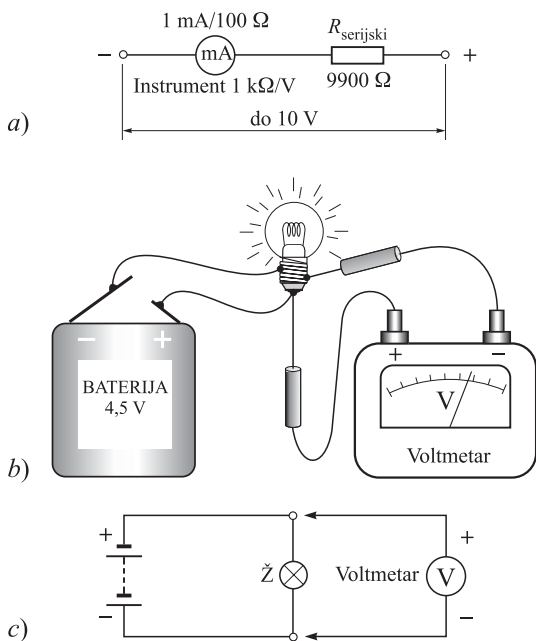
voltmetrom, struja *ampermetrom*, a otpor *ommetrom*. Svaki od tih instrumenata mjeri struju uz određene uvjete, pa mu je osnova d'Arsonvalov mjerni instrument, većinom u području mjerenja miliampera (miliampermetar) ili mikroampera (mikroampermetar). Danas su najčešće u uporabi kombinirani instrumenti koji ujedinjuju sve tri funkcije (tzv. *univerzalni mjerni instrumenti* ili *AVO-metri*; sl. 2.). Željene funkcije i mjerna područja biraju se odgovarajućim preklopnikom – posebno za istosmjernu, a posebno za izmjeničnu struju. Za mjerenje izmjeničnih napona i struja u instrumentu se nalazi još i ispravljački most s diodama.

Miliampermetar sa zakretnom zavojnicom postiže puni otklon kazaljke s naponima znatno nižim od jednog volta.

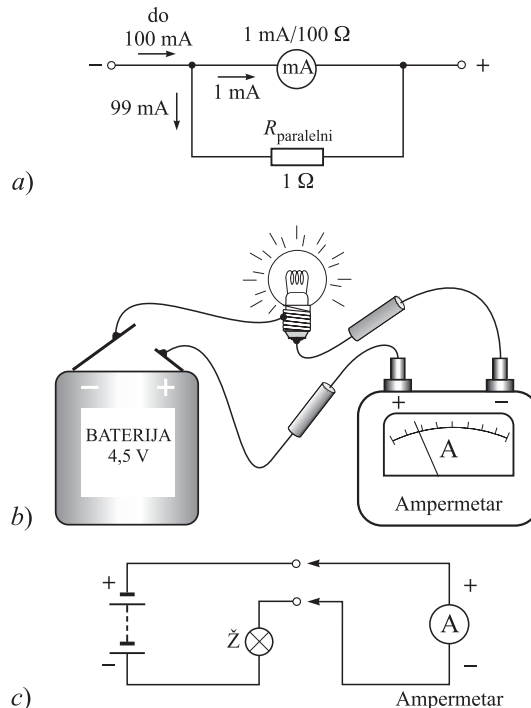


Slika 2. – Izgled univerzalnoga AVO-metra analognog tipa

Mjerno područje napona proširuje se tako da se instrumentu serijski spoji predotpornik (sl. 3.), koji "preuzima" većinu napona. Što je veći otpor toga predotpornika, bit će veće i mjerno područje napona. Instrument zapravo mjeri struju kroz tako velik otpornik, ali mu je ljestvica umjerena u pripadnim naponima, koji slijede iz Ohmovoga zakona. Napon se između dviju točaka mjeri tako da se ispitni šiljci voltmetra priključe na te točke (polove, priključnice, vodove, stezaljke, itd.). Pritom mjerno područje instrumenta mora biti veće od mjerenog napona.



Slika 3. – Mjerenje napona miliampermetrom, preuređenim tako da postane voltmetar,
 a) shema spoja miliampermetra i serijskoga otpornika,
 b) crtež spajanja pri mjerenju,
 c) shema mjerenja



Slika 4. – Proširenje mjernoga područja miliampermetra spajanjem paralelnoga otpornika,
 a) shema spoja miliampermetra i paralelnog otpornika,
 b) crtež spajanja pri mjerenju,
 c) shema mjerenja

Htjeli mi to ili ne, svaki voltmetar je ujedno i trošilo koje opterećuje strujni krug u kojemu mjerimo napon. To dovodi do promjena u strujnome krugu, tako da se u mjerenje unosi pogreška zbog dodatnog opterećenja strujnog kruga. Kako bi ona bila što manja, voltmetar mora imati što veći unutarnji otpor. Taj se podatak izražava relativno, u kiloomima po voltu (kΩ/V). Kvalitetan voltmetar bi morao imati unutarnji otpor od barem 20 kΩ/V za istosmjernu struju, što bi na mjernome području od 100 V tada iznosilo 2 MΩ. Za izradu takvog voltmetra potreban je mikroampermetar osjetljivosti 50 μA za puni otklon kazaljke (50 μA × 20 kΩ = 1 V).

Osim toga, nijedan instrument sam po sebi nije savršeno mjerilo. Tako se i cijene mjernih instrumenata često određuju prema stupnju njihove točnosti, odnosno vrijednosti moguće pogreške. Kod kvalitetnih mjernih instrumenata ta pogreška u pravilu iznosi do ± 1%.

8. 3. Mjerenje struje

Miliampermetar (ili čak mikroampermetar) kakav rabimo u mjernom instrumentu načinjen je u osnovi za mjerenje jakosti električne struje. Kako je vrlo osjetljiv, može mjeriti samo slabu struju; jača struja bi ga uništila. Kako bismo mogli mjeriti struje veće od one punoga odklona kazaljke, paralelno miliampermetru stavljamo otpornik, *premosnik* ili

šant (engl. *shunt*; sl. 4.). Njegov otpor je mnogo manji od unutarnjeg otpora miliampermetra, tako da veći dio struje teče paralelno. Na taj način proširujemo mjerno područje. Npr., ako je unutrašnji otpor miliampermetra 100 Ω, a njemu paralelno spojim otpornik otpora od 1 Ω, svega će stotinka mjerene struje teći kroz instrument, a ostalih 99 % kroz otpornik. Tako smo mjerno područje proširili za sto puta, pa ćemo moći mjeriti struje do 100 mA.

Jakost električne struje mjeri se tako da se ampermetar uključi serijski u strujni krug, koji stoga treba na jednome mjestu prekinuti. Pritom mjerno područje instrumenta mora biti veće od mjerene struje. Pri mjerenju jakosti električne struje treba biti osobito oprezan i početi od najvećeg mjernog područja, jer je u tom spoju instrument praktično bez zaštite i može lako pregorjeti.

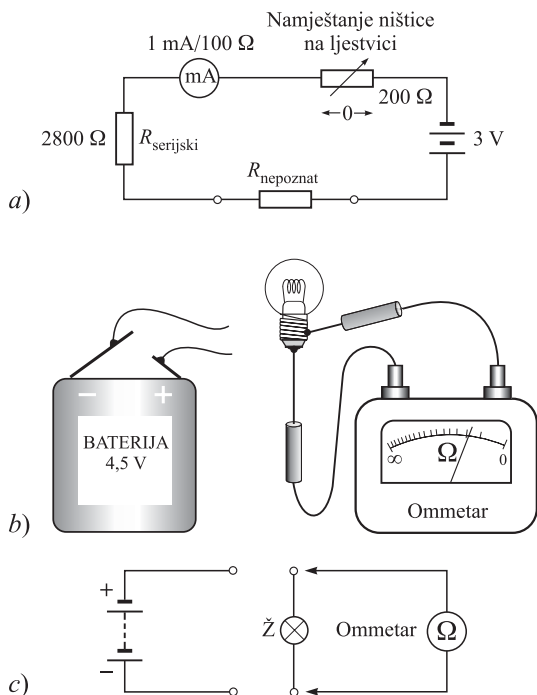
8. 4. Mjerenje otpora

Električni otpor se može mjeriti Wheatstoneovim mostom i drugim mjernim mostovima, ili mjerenjem napona i struje, pa izračunavanjem otpora iz Ohmova zakona (tzv. *UI*-postupak). Za tehničku se praksu otpor jednostavnije mjeri s pomoću prilagođenoga instrumenta, tzv. *ommetra*. U tom slučaju električni otpor mjeri se tako da se otpornik izvadi iz strujnog kruga i priključi na ommetar. Ako pak mjerenje otpora izvodimo u

strujnom krugu, onda moramo obavezno isključiti izvor napona. Mjerenje je, dakle, "na hladno". Potrebnu struju za mjerenje osigurava baterija smještena u ommetru. Prije mjerenja potrebno je ispitne šiljke spojiti nakratko i potenciometrom namjestiti kazaljku instrumenta na ničisticu, koja se nalazi na desnom kraju ljestvice (0 Ω). Vrijednost otpora očitava se zdesna ulijevo, a ljestvica nije linearna, nego je za veće otpore na lijevoj strani zgusnuta (sl. 5.).

Ako nemamo na raspolaganju ommetar, otpor možemo izmjeriti i indirektno – u strujnom krugu. Najprije ćemo izmjeriti napon na krajevima otpornika, a zatim struju koja prolazi kroz otpornik. Otpor zatim izračunavamo po Ohmovu zakonu: $R = U/I$.

Osim analognih, danas su vrlo rašireni i tzv. digitalni mjerni instrumenti (sl. 6.). Kod njih se vrijednost ne očitava preko položaja kazaljke na ljestvici, već se rezultat pojavljuje kao broj na pokazniku instrumenta. Očitavanje rezultata je lakše i točnije. Osim toga, skuplji primjerci često imaju i druge mogućnosti, npr. mjerenje kapaciteta, induktivnosti, potencijalnog praga u dioda, β-faktora pojačanja tranzistora itd. Međutim, u nekim slučajevima, npr. kada treba ugađati titrajne krugove, analogni instrument je neizbježan zbog lakšeg praćenja tijeka ugađanja. Danas se upotrebljivi analogni i digitalni univerzalni



Slika 5. – Mjerenje otpora ommetrom,
 a) shema spoja miliampermetra, serijskih otpornika i izvora,
 b) crtež spajanja pri mjerenju,
 c) shema mjerenja.



Slika 6. – Univerzalni AVO-metar digitalnoga tipa, s povećanim brojem funkcija.

mjerni instrumenti mogu dobiti već za stotinjak kuna. U rukama stručnog i pažljivog radioamatera mogu ga služiti cijeli život.

U ovome poglavlju upoznali smo sljedeće pojmove:

- miliampermetar s pokretnom zavojnicom,
- mjerne instrumente voltmetar, ampermetar i ommetar,
- načine mjerenja napona, struje i otpora,
- univerzalni mjerni instrument ili AVO-metar,

- unutrašnji otpor voltmetra,
- točnost pokazivanja rezultata,
- analogne i digitalne mjerne instrumente,
- serijski predotpornik za mjerenje napona,
- paralelni otpornik za proširenje mjerenoga područja struje.

U slijedećem poglavlju govorit ćemo o smetnjama.



Elektronika za mlade – 19. nastavak

Electronics for the Young Ones - Part 19

9. Smetnje

Smetnjama nazivamo neželjene elektromagnetske signale koje nepovoljno utječu na prijenos i upotrebu signala kojima se prenose korisne informacije.

U *Pravilniku o amaterskim radijskim komunikacijama* (Narodne novine broj 198/2003.) u članku 24. piše:

(1) Rad amaterske radijske postaje ne smije stvarati štetne smetnje drugim javnim telekomunikacijskim instalacijama.

(2) Ako amaterska radijska postaja prouzroči smetnju, vlasnik te postaje mora u roku od 30 dana poduzeti potrebne mjere u svrhu uklanjanja utvrđene smetnje i omogućavanja nesmetanog rada drugih radijskih postaja.

(3) Ako se utvrđena smetnja ne može ukloniti poduzimanjem mjera u roku iz stavka 2. ovoga članka, vlasnik amaterske radijske postaje mora promijeniti način rada, kako bi se spriječilo daljnje ometanje prijama drugih radijskih postaja, i o tome izvjestiti Agenciju.

(4) Ako Agencija utvrdi stalnu smetnju u prijemu radijskih postaja, može odrediti vlasniku amaterske radijske postaje, koja uzrokuje takvu smetnju, određena ograničenja u pogledu sati rada i uporabe određenih frekvencijskih pojaseva, kao i dodatna ograničenja u odnosu na snagu odašiljanja, i to tako dugo dok se smetnja ne ukloni.

Dakako, prethodne mjere protiv mogućih smetnji provode se već prilikom izdavanja Dozvole za rad vlasniku amaterske radijske postaje. Ako je postaja amaterske izrade, mora imati odgovarajući atest o ispravnosti što ga izdaje Hrvatski radioamaterski savez nakon provedenih mjerenja na postaji. Ako je pak postaja tvorničke izrade, Agencija posjeduje tipski popis poznatih tvorničkih uređaja i rezultate mjerenja u samoj tvornici.

Nadalje, u navedenom *Pravilniku* u članku 22. čitamo:

(1) Amaterska radijska postaja mora se postaviti u skladu s važećim propisima.

(2) Odašiljačke radijske frekvencije moraju biti stabilne u mjeri u kojoj to omogućuje stupanj tehničkog razvoja amaterskih radijskih postaja. Granice

frekvencijskih pojaseva ne smiju se prekoračiti.

(3) Sporedne emisije moraju se smanjiti na najmanju moguću mjeru. Za smanjenje sporednih emisija u odnosu na izračenu snagu radne frekvencije uzimaju se, kao smjernice, sljedeće vrijednosti:

1. za odašiljače s radnom frekvencijom manjom od 30 MHz i srednjom snagom većom od 25 W: 40 dB (tj. 10 000 puta); za srednju snagu do 25 W sporedne emisije ne smiju biti veće od 10^{-3} W (tj. 1 mW);
2. za odašiljače s radnom frekvencijom od 30 MHz do 235 MHz i srednjom snagom većom od 25 W: 60 dB (tj. milijun puta); za srednju snagu do 25 W sporedne emisije ne smiju biti veće od 10^{-6} W (tj. 1 μ W);
3. za odašiljače s radnom frekvencijom većom od 235 MHz sporedne emisije moraju se smanjiti na najmanju moguću mjeru.

(4) Prijamna oprema amaterske radijske postaje ne smije stvarati smetnje u frekvencijskim pojasevima koji su namijenjeni za emitiranje radija i televizije (radiodifuzija) i to u iznosu većem od 10^{-9} W (tj. 0,001 μ W. To se odnosi na lokalne oscilatore u prijamicima.)

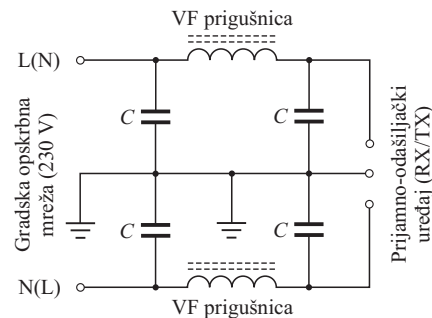
(5) Radioamater mora posjedovati shemu električne instalacije svojeg odašiljača i nacrt lokalne izvedbe nepokretnog antenskog sustava, koje mora redovito usklađivati u slučaju nastanka promjena, te bez odgode predočiti ili dostaviti u svrhu inspekcijskog nadzora u skladu sa Zakonom o telekomunikacijama.

(6) Odašiljačka oprema amaterske radijske postaje mora biti izgrađena na način da omogući smanjenje izlazne snage u slučajevima smetnje ili indukcije.

9.1. Osnovno poznavanje uklanjanja smetnji

Smetnja iz naše radijske postaje ne mora se širiti bežičnim putem; to može biti i kroz mrežu za napajanje. Zato je važno u mrežni dovod svakoga amaterskog odašiljača postaviti tzv. mrežni filter koji će spriječiti širenje smetnje (sl. 1.). Filter djeluje u oba smjera, tj. zapor je za

smetnje iz gradske mreže i iz prijamo-odašiljačkoga uređaja. Takvi filteri mogu se dobiti i u trgovinama elektromaterijalom (dobar je i onaj iz rashodovanoga računala).



Slika 1. – Shema VF mrežnoga filtra protiv smetnji

Nadalje, za sprječavanje rasprostranjenja smetnja uređaj mora biti oklopljen, tj. mora se nalaziti u limenoj kutiji, i mora biti kvalitetno uzemljen. To su tri osnovne mjere za sprječavanje smetnji: **postavljanje mrežnog filtra, oklapanje i uzemljenje.**

Uzemljenje će biti to bolje što je veća dodirna površina zemljovoda sa zemljom. U pravilu, to bi bila bakrena ploča površine oko 1 m², zakopana u jamu dubine oko dva metra. Dobro je jamu dopuniti aktivnim ugljenom i industrijskom solju, jer poboljšavaju vodljivost. Ako to nije moguće, zadovoljit će i vodovodna cijev duljine oko 2,5 m, zabijena u zemlju. Na donjem kraju cijevi zabit ćemo drveni šiljak, a preporučljivo je u cijevi izbušiti desetak rupica, kako bismo za sušnih dana mogli u cijev naliti vodu i tako vlažiti okolno zemljište. Veći je problem na kamenitim terenima gdje treba potražiti mjesto s više zemlje. U pravilu, otpor uzemljenja morao bi biti manji od 20 Ω . (Taj otpor najčešće se mjeri tzv. *metodom triju točaka*.)

Ipak, kvalitetno uzemljenje može biti veći problem, osobito u gradovima gdje nemamo mjesta za postavljanje posebnoga uzemljenja. Zato se često služimo spojem na vodovodnu instalaciju. U zadnje vrijeme valja biti oprezan jer se metalne cijevi ponegdje zamjenjuju plastičnim. (Cijevi centralnoga grijanja ne dolaze u obzir jer najčešće nisu dobro uzemljene.) Pritom vod do cijevi mora

biti što kraći i što deblji, a obujmica što čvršća. Moramo još ometrom provjeriti da li je električna vodljivost kod vodomjera prekinuta, što je kod nekih vodomjera pravilo. U tom slučaju obujmicama i debelom žicom moramo premostiti brojilo. Zabranjeno je spajanje na gromobranske trake kao na uzemljenje. To, također, može biti i vrlo opasno. Isto tako je štetna imitacija uzemljenja spajanjem na nulti vodič gradske mreže. Ponajprije, taj najčešće na potencijalu uzemljenja, a drugo, to može biti paralelni put za širenje smetnji putem mreže (nulti vodič je uzemljen tek kod transformatorske postaje). I na kraju, naglasimo da opisana uzemljenja nisu pogodna kao druga strana četvrtvalne vertikalne antene, već je to samo uzemljenje u odnosu na gradsku mrežu.

Postoji i mogućnost da smetamo susjedu, iako je naš uređaj potpuno ispravan i u granicama propisa, a njegov televizor je također ispravan. To se osobito događa ako imamo usmjerenu antenu (*beam*) koja "gleda" u susjedovu antenu u kojoj se onda javlja visok VF napon iz našeg odašiljača, pa je susjedov prijamnik "blokiran". Tada se javljaju smetnje na televizijskoj slici. Jedini "lijek" je stavljanje visokopropusnoga filtra u susjedov antenski vod, a ako ni to ne pomaže, tada pomaže samo smanjenje snage odašiljača, prekid rada u vrijeme kada susjed gleda televiziju ili rad na nekoj drugoj frekvenciji koja ne stvara smetnje, kako to previđaju propisi. Tvrdoglavost, bilo s jedne ili druge strane, vodi u dugotrajne sukobe koji ne rješavaju problem. Nasreću, satelitski programi i kablovska televizija mnogo su manje osjetljivi na smetnje nego što je to bilo nekada, kad su se programi najviše gledali na 1. TV *bandu*.

U stranoj literaturi često ćemo naći kraticu EMC (*electromagnetic compatibility*, elektromagnetska usklađenost), kojom se označava rad bez smetnji, od odašiljača jer ih ne zrači, i prijarnika, jer je dobro zaštićen kvalitetnom konstrukcijom i filtrima. Druga je kratica EMI (*electromagnetic interference*, elektromagnetska interferencija), koja označava izravnu smetnju od susjedne radijske postaje ili od nekoga drugog izvora radiovalova.

Nemojmo zaboraviti da i amateri imaju pravo na čist prijam, ali su često nemoćni. Evo konkretnog primjera. Radioklub Rijeka nalazi se u prizemlju sedmerokatnice s 48 stanova. Antena je bila *inverted V* na krovu. U prijarniku se čuo stalan šum jakosti S-9, koji onemogućuje bilo kakav ozbiljniji rad na kratkome valu. Uzeli smo džepni prijarnik, namjestili ga na 7 MHz i počeli se udaljavati od zgrade. Na udaljenosti od 20 m šum je naglo oslabio na S-2. Očito se zgrada nalazi u oblaku smetnji

uzrokovanih suvremenim impulsnim ispravljačima u televizorima (tzv. *chopperima*, kojih je u zgradi najmanje 50), slabo oklopljenim računalima i raznim kućanskim električnim aparatima. Postavljanjem antene podalje od zgrade šum je bitno smanjen. Također se dobro pokazala i *skywire-antena*, punovalna kružna antena na samome krovu, koja svojom simetrijom poništava šum. Sličan učinak imat će i *kvad-antena*, kao i *Delta Loop-antena*, koje se smatraju *tihim antenama*. Inače, problem *gradskoga šuma* u svijetu je već takav da su se u amaterskoj literaturi počeli javljati članci o daljinski upravljanim amaterskim postajama postavljenim izvan grada. Pritom je važno da je izvan grada samo prijamnik, čime se izbjegavaju zakonske zavrzlake oko odašiljača u nekim zemljama. *Gradski šum* ne utječe na odašiljač, iako nije loše ako je i on izvan grada.

I tada, kada je uzročnik smetnji poznat, ta borba može biti dugotrajna i teška. Odličan primjer je BPL (*Broadband over Power Line*, širokopojsni prijenos internetskoga signala preko gradske mreže), koji uzima maha u SAD-u i nekim europskim zemljama. Radi se o tome da internetski poslužitelji (*Ethernet provideri*) u rjeđe naseljenim područjima upotrebljavaju gradsku opskrbnu električnu mrežu za priključak pretplatnika, što je za njih najjeftinije. U tu svrhu se služe frekvencijama 1..80 MHz, pa takve signale koje puštaju kroz vodove, što uključuje i kratki val i sve amaterske frekvencije na njemu. Kako dalekovodi i gradski vodovi opskrbne električne mreže nisu oklopljeni, jasno je da zrače, što amaterima stvara smetnje. Iako se radi o "nelicenciranim izvorima zračenja" američka Savezna agencija za telekomunikacije (FCC) ovaj put reagira sporo i neučinkovito, nasuprot glasu koji je bije kao o brzoi nepristranoj "britvi". Istodobno je 70-godišnji Jack Gerritsen osuđen na sedam godina zatvora zbog "namjernog i zloradog" začepljenja amaterskih repetitora i ometanja vojne radijske mreže *MARS*, kao i mreža *Obalne straže* i *Crvenoga križa*. Ali, kod BPL-a se radi o interesima mjesnih samouprava koje neočekivano dobivaju najamninu za mrežu, o proizvođačima *hardvera* i *softvera*, kao i o vlasnicima BPL-sustava koji ubiru pretplatu. Drugim riječima, u pitanju su veliki novci i interesi. Na radioamaterskoj strani se nalazi samo zakonski članak koji zabranjuje stvaranje smetnji licenciranim korisnicima. Vlasnici BPL-a arogantno pitaju: "A koji su sad ovi?", te angažiraju pravnike koji su stručnjaci za iscrpljivanje – otezanje parnica i dovođenje slučajeva u slijepu ulicu. Osim toga, svaki slučaj rješava se pojedinačno, što se pretvara u *Sizifov posao*. SAD se sastoji od pedeset država u kojima ima nekoliko

stotina poslužitelja. ARRL se upustio u bitku koju sami nazivaju "borba s bikovima". Radioamateri ističu da oni nisu protiv BPL-a, ali da se može prenositi i putem optičkih vlakana ili putem tzv. *wirelessa*. Ishod sukoba se za sada ne vidi.

Vlasnici odašiljača, ne samo radioamateri, danas se susreću i s novom društvenom pojavom: javnim stahom od zračenja. Pritom, ni tisk ni javnost, ne razlikuju ionizirajuće zračenje od radijskih valova. Dozvola za rad koju izdaje Hrvatska agencija za telekomunikacije dovoljno je jamstvo da su elektromagnetska zračenja u blizini ljudi svedena na neškodljivu mjeru. Ali to, čini se, nikoga ne zanima. Na sastanku vlasnika stanova u zgradi u kojoj se nalazi i Radioklub Rijeka u raspravi o našoj anteni jedan je umirovljeni profesor filozofije obavijestio stanare da svaka razapeta žica opasno zrači, bila priključena na odašiljač ili ne. Savjetovao sam mu da svoje epohalno "otkriće" objavi u znanstvenoj literaturi, poslije čega mu ne gine Nobelova nagrada, bogatstvo i vječna slava.

Danas smo upoznali sljedeće pojmove:

- radijsku štetnu smetnju,
- najveću dopuštenu snagu sporednih zračenja,
- mrežni filter,
- oklapanje uređaja,
- uzemljenje uređaja,
- smetnje zbog "blokiranja" prijarnika,
- EMC – elektromagnetsku prilagođenost,
- EMI – elektromagnetsku interferenciju.

U sljedećem nastavku govorit ćemo o mjerama sigurnosti u amaterskoj radijskoj postaji. ■

U prošlim brojevima obradili smo teme:

- Električna, elektromagnetska i radijska teorija
- Komponente
- Krugovi
- Prijarnici
- Odašiljači
- Antene
- Rasprostiranje radiovalova
- Mjerenja

Elektronika za mlade – 20. nastavak

Electronics for the Young Ones - Part 20

10. Opasnost od električne energije

Ljudsko tijelo

Poznato je da je Nikola Tesla svoje eksperimente s visokim naponima uvijek izvodio držeći lijevu ruku u džepu ili iza leđa, kako mu slučajnim dodirnom struja ne bi prošla preko srca. Kažu da nikada nije imao ni najmanju nezgodu. U tablici 1. vidimo osjetljivost ljudskog tijela na prolaz električne struje. Navedene se vrijednosti u stručnoj literaturi prilično razlikuju, jer posljedice ovise o vrsti struje, načinu priključivanja, mjestu na ljudskom tijelu i dr.

Tablica 1. Posljedice prolaza električne struje kroz ljudsko tijelo

Jakost električne struje*	Posljedice
do 1 mA	ne osjeća se
1 mA	jedva se osjeća
5 mA	blagi šok
30 mA	bolni šok, nemogućnost kontrole mišića
50...150 mA	prestanak disanja, grčenje mišića, moguća smrt
1000 mA	prestanak rada srca, trajna oštećenja, smrt
10 000 mA	trenutačna smrt, pougljenjeno tijelo

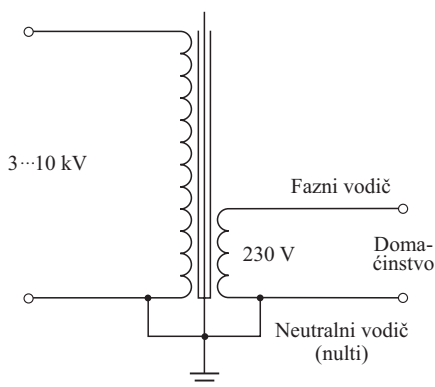
* Točnije, radi se o gustoći električne struje u miliamperima po četvornom centimetru (mA/cm²), ali se ovdje pretpostavlja da je ploština dodira elektrode (žice i sl.) upravo reda vrijednosti četvornoga centimetra, pa se zbog jednostavnosti navode samo vrijednosti struje.

Vidimo da je struja od 30 mA gornja granica do koje smijemo ići. Kada je koža suha, ljudsko tijelo može imati otpor i do 500 kΩ, ali kada je mokra ili znojna, njezin otpor pada i na 1 kΩ. Ako 50 mA uzmemo kao struju kod koje već može nastupiti smrt, preračunato u napon možemo zaključiti da kod mokre kože 50 V efektivnoga izmjeničnog napona već može izazvati smrt. Zato je normirana tzv. donja naponska granica smrtno opasnosti za istosmjernu struju 120 V, a za NF izmjeničnu (npr. 50 Hz, kakva je u gradskoj elektroenergetskoj mreži) samo 50 V.

Već po prirodi svoga hobija, radioamateri se redovito bave električnom strujom, a mnogi imaju i svoju sobicu, koja

je njihovo "carstvo". Možemo postaviti pitanje koliko je to carstvo sigurno. Prva sigurnosna mjera su osigurači, koji će prekinuti dovod struje ako ova prijeđe dopuštenu jakost, npr. u slučaju kratkoga spoja. Postoje četiri vrste osigurača: rastalni, elektromagnetski, toplinski (bimetalni) i diferencijalni osigurači.

Prekidom dovoda napona osigurači sprječavaju veću štetu, npr. požar, strujni udar, izgaranje uređaja. Osigurači često rade "u savezu" s uzemljenjem. Pritom moramo razlikovati nulti vodič od uzemljenja. Na sl. 1. je prikazana načelna shema područne podstanice elektroenergetske mreže. Uzemljen je tzv. neutralni vodič (nulti vodič).



Slika 1. – Shema područne postаницe (prikazan je samo jedan fazni vodič od moguća tri)

U obližnjoj transformatorskoj stanici gradske elektroenergetske mreže jedan njezin pol je uzemljen, dok je drugi pol fazni vodič, tzv. faza (do tri takva vodiča u trofaznoj mreži). Taj uzemljeni vodič nazivamo neutralnim ili nulnim vodičem, koji zbog opće potrošnje i pada napona u njemu, u našoj mrežnoj utičnici može imati i nešto viši potencijal prema zemlji od potencijala uzemljenja (a to je 0 V). Danas su propisane zaštitne instalacije tipa šuko (prema njem. Schutzkontakt, zaštitni spoj), u kojima utičnice bočno imaju kontakte za uzemljenje. Ako u zgradi nije izvedeno propisno uzemljenje, ono se u nuždi može na razvodnoj ploči spojiti na nulti vod (tzv. nulovanje), ali samo ako je cijela instalacija tako izvedena! Ispravno uzemljenje mora imati otpor niži od 20 Ω.

U Europskoj uniji propisane su boje vodiča u gradskoj mreži:

- zeleno-žuta – vodič za uzemljenje,
- modra – neutralni vodič (nulti vodič),
- smeđa (ili neka druga) – fazno vodič.

Vrlo je važno pridržavati se navedenih boja, jer njihova međusobna zamjena može dovesti do tragičnih posljedica. Ovdje valja reći i to da nas dobro uzemljenje štiti i od neočekivanoga električnog udara, npr. kada se zbog oštećene izolacije faza spoji na metalnu kutiju našega uređaja. Ako je ta kutija uzemljena, nastat će kratki spoj, ali mi ćemo ostati nepovrijeđeni. Uzemljena kutija ne može se izdići iznad potencijala uzemljenja.

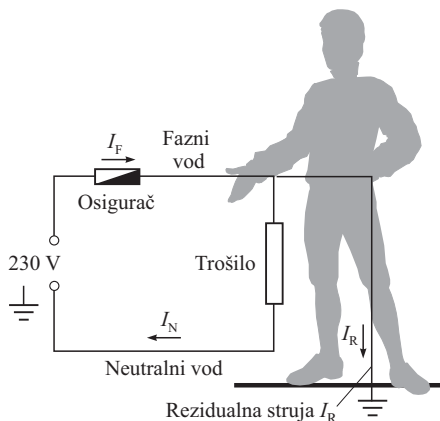
Strujno-zaštitna sklopka

Osigurač u krugu faznoga vodiča štiti mrežu od kratkog spoja, a posredno nas same od električnog udara (tzv. sekundarna zaštita). Međutim, osigurači su redovno dimenzionirani na desetak ampera, dok već struja od 0,05 A može uzrokovati teška oštećenja i smrt. Tu zaštitu pruža nam strujno-zaštitna sklopka (engleski residual-current device – RCD, ili residual current circuit breaker – RCCB, njem. Fehlerstromschutzschalter ili FI-Schalter). Spoj zaštitne sklopke u potrošačkom strujnom krugu je na sl. 2. Gornja tipka na sklopki služi za provjeru rada, dok donja za ponovno uključivanje sklopke.

U Hrvatskoj je za strujnu zaštitnu sklopku uobičajen naziv Fidova sklopka, vjerojatno prema prvom proizvođaču. Ta sklopka prekida dovod struje kada god ustanovi da između jakosti struje u dolaznom, faznom vodiču, i jakosti struje u izlaznom, nulnom vodiču, nema ravnoteže. Logična je pretpostavka da u tom slučaju to "curenje" ide preko tijela, koje je jednim krajem uzemljeno, a drugim krajem dodiruje "vrući" kraj – fazu.



Slika 2. – Strujna zaštitna sklopka (Fidova sklopka)

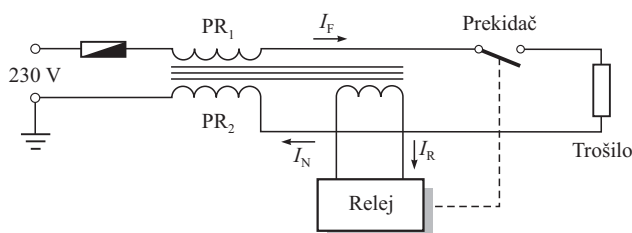


Slika 3. – Shema potrošačkoga strujnog kruga i tok rezidualne struje kroz ljudsko tijelo

Ovakav događaj može izazvati smrt, ali je sklopka tako načinjena da "iskače" dovoljno rano i dovoljno brzo da ostanete živi (slika 3.).

Na sl. 4 vidimo načelnu shemu strujne zaštitne sklopke. Glavnu ulogu ovdje ima tzv. diferencijalni transformator. Ako je sve u redu, struja u dolaznom vodiču (fazi) mora biti jednaka struji u neutralnom, povratnom vodiču (nultom vodiču). Njihov zbroj jednak je ničisti i sklopka miruje. Svaka neravnoteža aktivirat će relej u sekundaru koji prekida dovod struje. U SAD i Kanadi propisana osjetljivost sklopke iznosi samo 5 mA, dok u Europi ona iznosi 30 mA. Brzina isključenja je u pravilu 25 tisućina sekunde. Diferencijalni transformator u sklopki ima dva primara i jedan sekundar. Kroz prvi primar prolazi dolazna struja, a kroz drugi povratna, ali u suprotnom smjeru, tako da poništava magnetski tok u jezgri. Zaštitna sklopka reagira ako čovjek dodirne fazu i pri tome ima spoj s uzemljenjem.

Zato nulti vod **ne smije biti uzemljen prije sklopke**, ali ne smeta ako je uzemljen poslije nje. Sklopka na sebi ima označenu nazivnu struju i struju isključenja npr. 20 A/30 mA). Tu je također i tipka za provjeru, kao i prekidač koji u kritičnom trenutku padne, pa ga možemo vratiti rukom. Strujna zaštitna sklopka spasila je mnoge živote, npr. u kupao-nici, pa ne bi bilo naodmet da je radioamater ima i u svojoj sobici. Ta sklopka neće reagirati ako smo istodobno dodir-



Slika 4. – Shema spajanja strujno zaštitne sklopke u potrošački krug elektroenergetske mreže

mulu fazni i nulti vodič, je se tada tijelo ne razlikuje od trošila. Strujno-zaštitna sklopka **ne štiti** od preopterećenja ili kratkog spoja, pa je uz nju potrebno imati i uobičajene osigurače.

Visoki napon

Nekada su radioamateri radili isključivo s elektronskim cijevima, pa su redovito radili i s višim naponima. Uobičajeni anodni napon za prijamnike iznosio je 250 V, koji je mogao zadati opasan udara, dok je anodni napon u odašiljaču bio oko 800 V, što je smrtno opasno. Danas, kada su tranzistori zamijenili elektronske cijevi, taj napon je znatno niži, oko desetak volta, pa je i opasnost od visokog napona na tome mjestu znatno smanjena. Ipak, neki amateri sami izrađuju svoja VF izlazna pojačala velike snage (QRO), koja su još uvijek s elektronskim cijevima. Tako npr., za suvremenu keramičku izlaznu cijev 4CX250B snage 250 W treba anodni napon od 2 500 V! Pretpostavlja se da se u takav pothvat neće upustiti osoba koja nije potpuno upoznata sa svim mjerama sigurnosti. Ovdje valja spomenuti i visokonaponske kondenzatore u takvom ispravljaču koji mogu ostati nabijeni i po nekoliko sati, iako je sve isključeno. Zato je pravilo da visokonaponski kondenzator u ispravljaču mora imati tzv. *bleeder*. To je otpornik od oko 100 kΩ, odgovarajuće snage, spojen paralelno kondenzatoru, preko kojega će se taj sam isprazniti. U svakom slučaju, prije nego što ga uzmemo u ruke visokonaponski kondenzator ćemo za svaki slučaj izbiti kratkim spajanjem njegovih priključaka.

Munja

Kada je Benjamin Franklin 1753. godine pustio dječji zmaj u olujni oblak, a na drugome kraju držao ključ, imao je sreću da je ostao živ, što se ne može reći za neke druge znatiželjnike poslije njega koji su pokušali ponoviti taj eksperiment. Franklin je tako dokazao da je munja zapravo električna iskra, pražnjenje električnog naboja između oblaka i zemlje. Radi se o naponu od stotinjak milijuna volta! Tako je Franklin izumio i gromobran, koji danas štiti zgrade i druge objekte od udara munje.

Radioamateri podižu svoje antene u pravilu na što veću visinu i tako se

zapravo izlažu udaru munje. Danas znamo da će munja rjeđe pogoditi zgradu koja je propisno zaštićena gromobranom, iako stoji činjenica da se ne može predvidjeti mjesto gdje će ona udariti. Prilikom udara struja u vodovima može dosegnuti i 200 000 A, što znači da će se svi vodovi rastaliti bez obzira na njihovu debljinu. Iako udar munje ne možemo pouzdano spriječiti, možemo se učinkovito zaštititi, ponajprije sebe, a zatim naše uređaje. Prvo pravilo kaže da je opasnost prisutna ako je vremenski razmak između bljeska i grmljavine manji od deset sekunda, što odgovara udaljenosti od oko tri kilometra. U tom slučaju antenu treba isključiti iz uređaja i uzemljiti, po mogućnosti s vanjske strane zgrade. Tranzistori su mnogo osjetljiviji na prenapon i prije će stradati negoli nekada elektronske cijevi. Istodobno valja mrežne utikače izvaditi iz utičnica. Naime, mnogi nisu svjesni opasnosti od tzv. indirektnoga udara: iako je munja udarila i kilometar daleko, javlja se visoki napon koji zračnim vodovima stiže i do nas i uzrokuje štetu. Od toga nisu pošteđeni ni telefonski vodovi, pa sve rečeno vrijedi i za naše kućno računalo priključeno na Internet. Uostalom, suvremene antene danas se napajaju putem koaksijalnog kabela, pa je normalno da su njegova utičnica i njegov oplet uvijek uzemljeni. Što se tiče srednjega, "vrućega" vodiča, moramo se pobrinuti da se taj ne nabije statičkim nabojem iz antene. Ako se uz antenu nalazi i *balun*, taj je za istosmjerni napon već spojen s opletom, a ako je pak taj kraj antene izoliran, dobro je paralelno antenskom priključku našega primoodašiljača staviti čvršću prigušnicu induktivnosti 0,1 mH, koja će mogući istosmjerni naboj voditi na uzemljenje, bez štete za VF napon.

Danas smo upoznali sljedeće pojmove:

- opasnost od struje za ljudsko tijelo,
- vrste osigurača,
- propisane boje u vodičima gradske elektroenergetske mreže,
- neutralni ili nulti vodič,
- strujno zaštitnu, tzv. *Fidovu sklopku*,
- gromobran i zaštitu od munje.

Ovo je ujedno bio i posljednji nastavak serije *Elektronika za mlade*. Pri tome smo se pridržavali programa propisanog za polaganje radioamaterskog P-ispita – poglavlje *Tehnički dio*. Tko je redovito pratio ovu seriju, bez sumnje se solidno pripremio za ispit.

Druge dvije skupine pitanja: *Hrvatski i međunarodni propisi i Hrvatska i međunarodna djelatna pravila i postupci* jednake su kao i za A-ispit, pa ih zainteresirani čitatelj može naći u knjizi *Radio-komunikacije* koju gotovo redovito oglašavamo u našem časopisu. ■