

## MJERNI INSTRUMENTI I MJERENJA

### MJERENJE STRUJE, NAPONA I OTPORA

#### Princip ampermetra i voltmetra

Za mjerenje *jakosti struje* služe ampermetri, miliampermetri i mikroampermetri. Naziv ovisi samo o mjernom području. Takvi mjerni instrumenti grade se obično za maksimalni otklon kazaljke kod 50  $\mu\text{A}$ , 100  $\mu\text{A}$ , 500  $\mu\text{A}$ , 1 mA, 5 mA i 10 mA. Za jače struje treba dodati *paralelni* otpor ( $R_p$ , sl. 21-1a). Ovaj se već u samoj tvornici ugrađuje u kućište instrumenta ili ga treba dodati izvana.

Vrijednost paralelnog otpora za mjerenje jačih struja izračunava se ovako:

$$R_p = \frac{R_m}{n-1}$$

Ovdje  $R_m$  označuje vlastiti otpor samog instrumenta, dok je slovom  $n$  označen faktor kojim treba pomnožiti vrijednost na skali. Ako, npr. miliampermetrom sa unutrašnjim otporom od 10  $\Omega$ , koji je gra-

đen za maksimalnu struju od 1 mA, želimo mjeriti jakost struje do 100 mA, treba:

$$R_p = \frac{10}{100-1} = \frac{10}{99} = 0,101 \Omega$$

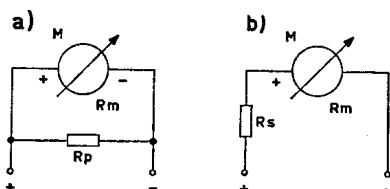
Ako takav miliampermetar želimo upotrebiti u strujnim krugovima sa velikim naponom (npr. u anodnim strujnim krugovima snažnijih davača), moramo paziti da ne dobijemo električni udarac pri doticanju vijka za korekciju nule. Ako je napon, vrlo velik, veći od onoga koji tvornica navodi za određeni tip instrumenta, ne smijemo ga montirati na metalnu prednju ploču ili na šasiju, da ne dođe do unutrašnjih proboja. Tada je najbolje da instrument montiramo na posebnu izoliranu pločicu tako da se skala može očitavati kroz poseban otvor, prekriven staklom ili prozirnom plastikom, npr. pleksiglasom.

Isti merni instrument može poslužiti i za mjerenje *napona*, kao voltmetar. Tada je potrebno dodati *serijski* otpornik ( $R_s$ , sl. 21-1b). On je često ugrađen u kućište instrumenta kojemu je skala odmah ispisana u vrijednostima napona, ali ga možemo i sami dodati. Za manje vrijednosti napona možemo  $R_s$  izračunati pomoću formule:

$$R_s = R_m \left( \frac{U}{U_m} - 1 \right),$$

gdje je  $R_m$  otpor voltmetra,  $U_m$  napon na njegovim priključcima za puni otklon kazaljke, a  $U$  maksimalni napon novog opsega.

Za vrijednosti napona, koje su znatno više od  $U_m$  smijemo tu vri-



Sl. 21-1. Princip upotrebe električnih mjernih instrumenata: a) za mjerenje jakosti struje; b) za mjerenje napona

jednost zanemariti i  $R_s$ , izračunati iz Ohmovog zakona:

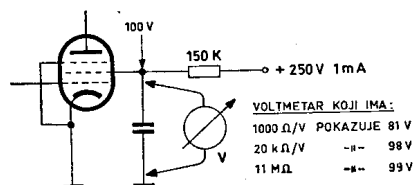
$$R_s = \frac{U}{J}$$

Jakoš struje  $J$  je ona koja je potrebna za puni otklon skale instrumenta. Uzmimo npr. miliampermetar za maksimalno 5 mA. Želimo ga upotrebiti za mjerenje napona do 100 V. Prema gornjem će biti:

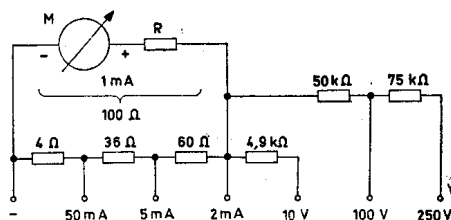
$$R_s = \frac{U \text{ (volta)}}{J \text{ (ampera)}} = \frac{100}{0,005} = 20\,000\ \Omega$$

U ovom primjeru na svaki volt napona otpada po 200  $\Omega$  otpora. Ovo može biti dovoljno, ako takvim voltmetrom mjerimo, npr. napon neke galvanske baterije. Za druge svrhe će biti bolje da voltmetar ima manji vlastiti potrošak struje i veći otpor za jedinicu napona. Ima li voltmetar više  $\Omega/V$ , kažemo da mu je *osjetljivost* veća.

Utjecaj osjetljivosti voltmetra na tačnost mjerenja napona jasnije se vidi iz prikaza na sl. 21-2. Ako se napon od 100 V za neku zaštit-



Sl. 21-2. Voltmetri koji imaju različite osjetljivosti pokazuju različite vrijednosti napona



Sl. 21-3. Shema »Multimetra«, mjernog instrumenta za samogradnju pomoću miliampermetra sa skalom do 1 mA

nu mrežicu postiže serijskim otpornikom od 150 k $\Omega$  koji je spojen na 250 V, pad napona od 150 V nastat će uz jakost struje od 1 mA. Pri mjerenju napona ovome se dodaje struja koju troši sam voltmetar, pad napona na 150 k $\Omega$  zbog toga postaje veći. Za vrijeme mjerenja napon zaštitne mrežice postaje dakle manji; voltmetar uvijek pokazuje malo manje. Razlika je to veća što je osjetljivost voltmetra manja!

U trgovinama ima različitih mjernih instrumenata, uvoznih i domaćih (»Iskra-Kranj«), koji imaju više različitih mjernih područja za napone i za jakosti struja. Kod kupnje takvog instrumenta je bolje uzeti onaj koji ima veću osjetljivost, npr. 10 ili 20 k $\Omega/V$ , jer takav bolje odgovara za različita radiotehnička mjerenja nego instrumenti kojima je osjetljivost manja. Istini za volju treba ipak reći da najprecizniji voltmetri redovito imaju razmjerno malu osjetljivost, malo  $\Omega/V$ .

Ima radio-amatera koji vole sve sami načiniti. Za njih, na sl. 21-3, donosimo shemu mjernog instrumenta koji ima više mjernih područja za struje i napone. Jedino je potrebno nabaviti miliampermetar od 1 mA, sa unutrašnjim otporom  $R_m$  koji je manji od 100  $\Omega$ . Otpornik  $R$  treba odabrati tako da  $R_m + R$  bude tačno 100  $\Omega$ , dok ostali otpornici moraju imati označene vrijednosti. Osjetljivost ovog »multimetra« za mjerenje napona iznosi 500  $\Omega/V$ , što može odgovarati skromnijim zahtjevima.

### Mjerenje otpora

Dvije vrste jednostavnijih om-metara za mjerenje otpora nacrtane su na sl. 21-4. Svaki od ovih instrumenata ima bateriju  $B$  koja je spojena u seriju sa miliampermetrom  $M$ , zatim promjenljivi otpornik  $R_1$  i priključnice za nepoznati otpor  $R_x$ . Prije mjerenja tre-