

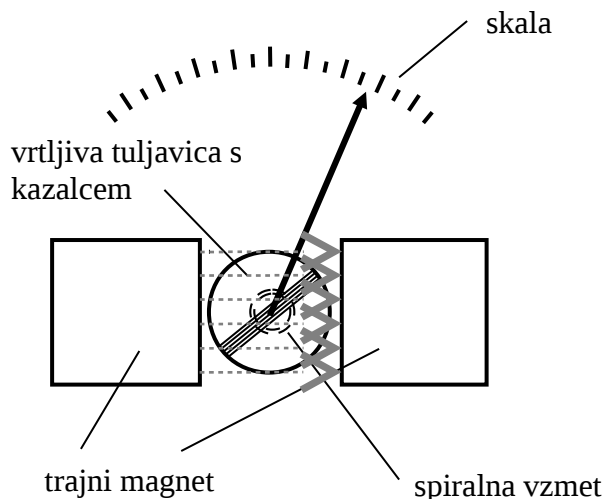
## B2\_03 Povečevanje merilnega območja

### Teoretični uvod

Napetost in tok lahko merimo z instrumentom na vrtljivo tuljavico. Odvisno od lastnosti in načina uporabe ga imenujemo voltmeter ali ampermeter.

Instrument na vrtljivo tuljavico je zgrajen iz trajnega magneta, vrtljive tuljavice, na katero je pritrjen kazalec in spiralne vzmeti, ki vrača kazalec v začetno lego. Poenostavljeno zgradbo instrumenta prikazuje . Če teče skozi instrument električni tok, deluje na tuljavico magnetni navor, saj je postavljena v magnetno polje trajnega magneta. Navor je enak  $M = NISB$ , kjer je  $N$  število ovojev,  $S$  ploščina tuljave,  $B$  gostota magnetnega polja magnetov in  $I$  tok (glej vajo 11: Navor na tuljavo v magnetnem polju). Vse količine razen toka so konstantne.

Tok  $I_0$  naj bo tok, pri katerem se kazalec odkloni čez vso skalo. Takrat je padec napetosti na instrumentu enak  $U_0$ .



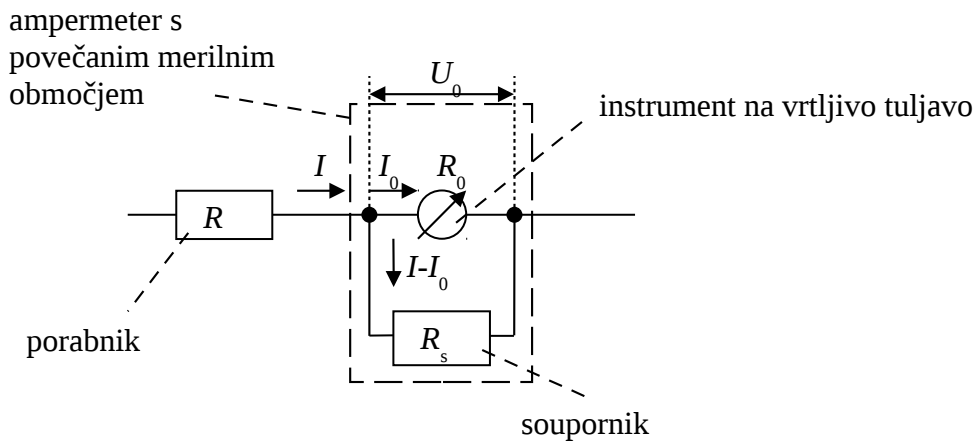
Slika 1. Instrument na vrtljivo tuljavico

Poglejmo, kako deluje instrument na vrtljivo tuljavico kot ampermeter. Ko skozi tuljavo teče tok, deluje nanjo magnetni navor in jo poskuša zavrteti. Magnetnemu navoru nasprotuje mehanski navor, ker je na tuljavo pritrjena vzmet. Tuljava se zavrti do kota  $\varphi$ , kjer sta magnetni in mehanski navor uravnovešena. Takrat velja:  $NISB = D\varphi$ , kjer je  $D$  torzijski koeficient vzmeti. Večji tok kot teče skozi instrument, bolj se kazalec odkloni. Povezava med tokom in odklonom kazalca je linearna, zato nam umerjanje instrumenta ne dela preveč težav.

Ampermeter vežemo zaporedno porabniku, na katerem želimo izmeriti tok in zahtevamo, da je upor ampermetra mnogo manjši, kot upor porabnika. Padec napetosti na ampermetru mora biti zanemarljiv v primerjavi s padcem na porabniku, saj ne želimo, da bi se zaradi naše meritve spremenil tok skozi porabnik.

Pomanjkljivost instrumenta na vrtljivo tuljavo v vlogi ampermetra je njegovo merilno območje. Največji tok, ki ga lahko merimo je  $I_0$ . Če dodamo soupornik (shunt), ki ga vežemo vzporedno glede na instrument na vrtljivo tuljavo, lahko merilno območje instrumenta povečamo, saj del toka  $I$ , ki naj bo novo merilno območje našega ampermetra, steče preko soupornika  $R_s$ . V primeru, ko bo tok skozi soupornik enak  $I - I_0$ , bo tekkel skozi instrument

na vrtljivo tuljavo tok  $I_0$  in kazalec se bo odklonil čez vso skalo. Takšen primer prikazuje Slika 2. Upor vzporedno vezanega upornika mora biti mora biti  $R_s = U_0 / (I - I_0)$ .

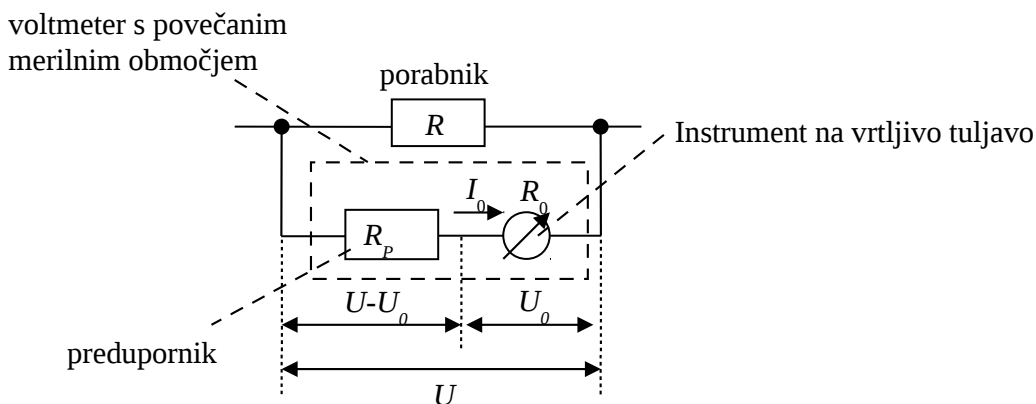


Slika 2. Ampermeter s povečanim merilnim območjem

Podobno deluje instrument na vrtljivo tuljavico v vlogi voltmetra. Večja kot je potencialna razlika med njegovima priključkoma, večji tok bo tekel skozi tuljavico in večji bo odklon. To je razvidno iz Ohmovega zakona  $U = R_0 I$ , kjer je  $R_0$  notranji upor instrumenta na vrtljivo tuljavico in je konstanten. Vidimo, da sta napetost in odklon kazalca linearno povezana.

Voltmeter vežemo vzporedno porabniku, na katerem merimo napetost. Želimo, da bi imel voltmeter mnogo večji upor v primerjavi s porabnikovim. Veljati torej mora: Tok skozi voltmeter mora biti zanemarljiv v primerjavi s tokom, ki teče skozi porabnik, saj ne želimo, da bi se zaradi naše meritve spremenil tok skozi porabnik in s tem napetost na njem.

Tudi voltmetru želimo povečati merilno območje. To dosežemo s predupornikom  $R_p$ , ki ga vežemo zaporedno z instrumentom na vrtljivo tuljavico. Del napetosti  $U$ , ki naj bo naše novo merilno območje, pade na preduporniku  $R_p$ . Ko je napetost na  $R_p$  enaka  $U - U_0$ , bo napetost na instrumentu na vrtljivo tuljavo enaka  $U_0$ , tok bo enak  $I_0$  in kazalec se bo odklonil čez vso skalo (slika 3). Upor predupornika je potem  $R_p = (U - U_0) / I_0$ .



Slika 3. Voltmeter s povečanim merilnim območjem

Poudarimo, da lahko z instrumentom na vrtljivo tuljavo in ustreznimi uporniki izdelamo, volti ali ampermeter. Od obeh merilnikov zahtevamo različne lastnosti in ju različno vežemo v tokokrog. Z dodajanjem upornikov spreminjamo merilno območje merilnikov. Z obračanjem

preklopnika na univerzalnih merilnik torej izberemo različne kombinacije upornikov, s čimer izberemo merilnik in njegovo merilno območje.

### Naloga

Izmeri kolikšna napetost je potrebna, da se kazalec na instrumentu na vrtljivo tuljavico odkloni čez vsa skalo in izračunaj notranji upor instrumenta na vrtljivo tuljavico, če veš, da je  $I_0 = 100 \mu\text{A}$ .

Instrument na vrtljivo tuljavico predelaj v ampermeter z merilnim območjem 500 mA in z njim izmeri, kolikšen tok poganja akumulator skozi priloženo žarnico. Izračunaj, kolikšen notranji upor ima novi ampermeter.

Instrument na vrtljivo tuljavico predelaj v voltmeter z merilnim območjem 5,0 V in z njim izmeri neznan napetost. Izračunaj, kolikšen notranji upor ima novi voltmeter.

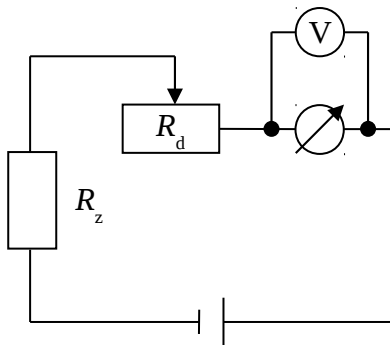
### Potrebščine

Generator napetosti, zaščitni upornik, dekadni upornik, instrument na vrtljivo tuljavico, voltmeter, neznan napetost, žarnica.

### Navodilo

1. Dekadni upornik  $R_d$ , instrument na vrtljivo tuljavico, voltmeter in zaščitni upornik  $R_z$  veži na izvor napetosti, kot kaže slika 4. Dekadni upornik nastavi na največjo vrednost, da skozi instrument na vrtljivo tuljavo ne steče prevelik tok. Nato zmanjšuj dekadni upor, dokler kazalec na instrumentu ne doseže največje vrednosti. Takrat odčitaj napetost na voltmtru. To je  $U_0$ .

Slika 4



2. Izračunaj, kolikšen upor moraš vezati, da dobiš ampermeter z merilnim območjem 300 mA. Izračunani upor nastavi na dekadnem uporniku in izmeri tok, ki ga baterija poganja skozi žarnico.
3. Izračunaj, kolikšen upor moraš vezati, da dobiš voltmeter z merilnim območjem 5 V. Izračunani upor nastavi na dekadnem uporniku in izmeri neznan napetost.

### Razmisli

1. Kaj meri instrument na vrtljivo tuljavico?
2. Izpelji enačbi za izračun upornosti soupornika in predupornika.

3. Glej sliko 4. Zakaj smo morali vezati dodatni zaščitni upor?
4. Imaš voltmetr z merilnim območjem 10 V, a izmeril bi rad napetost 50 V. Kaj bi naredil? Katere meritve bi moral opraviti?
5. Kako bi ugotovil, kolikšno je merilno območje voltmetra?
6. Kaj lahko narediš, če je tok, ki ga želiš izmeriti, premajhen za tvoj ampermetr? Lahko težavo odpraviš z vezavo dodatnih uporov?
7. Kako določimo napako dekadnega upornika?
8. Imamo instrument na vrtljivo tuljavico, za katerega velja  $I_0 = 150 \mu\text{A}$ ,  $U_0 = 5,0 \text{ V}$ . Kolikšen mora biti predupornik  $R_p$ , da bo novo merilno območje 20 V?
9. Za kolikšen del skale (v %) se odkloni kazalec pri napetosti 15 V, če merimo z voltmetrom iz prejšnjega vprašanja?
10. Kako izberemo merilno območje, da bo meritev čim bolj natančna?