



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za osnove elektrotehnike i električka mjerenja



Zadaci

Kolegij “Mjerne metode”
Zagreb, 2009.

1.

- Napon izvora izmjereno je 100 puta u istim uvjetima digitalnim voltmetrom s $4\frac{1}{2}$ znamenke i granicama pogrešaka $\pm(0,1 \text{ \% od m.v.} + 9 \text{ znam.})$, na mjernom opsegu 20 V. Aritmetička sredina svih rezultata bila je 18,1 V, a standardno odstupanje (pojedine vrijednosti) 21 mV. Kolika je nesigurnost mjerenja napona uz razinu pouzdanosti od 95 %?

(31,5 mV)

2.

- Izmjenični napon faktora oblika 1,22 mjeri se dvama instrumentima. Prvi instrument je voltmetar s pomičnim željezom, a drugi instrument je univerzalni instrument s pomičnim svitkom, permanentnim magnetom i ispravljačem. Prvi instrument pokazuje 24,5 V. Koliko pokazuje drugi instrument ako zanemarimo pogreške instrumenata?

(22,3 V)

3.

- Napon nekog izvora unutrašnjeg otpora $120\ \Omega$ mjerili smo kompenzatorom i dobili $11\ \text{V}$. Koliki će napon pokazati voltmetar za $12\ \text{V}$, karakterističnog otpora $800\ \Omega/\text{V}$?

(10,86 V)

4.

- Kolika je tjemena vrijednost izmjeničnog napona ako je postupkom prema Chubbu kod $f = 50 \text{ Hz}$ i $C = 0,15 \text{ nF}$ dobivena srednja vrijednost struje od $0,95 \text{ mA}$?

(63,3 kV)

5.

- Miliampermetar mjernog sustava 2 mA i 10 mV te shunt 100 mA/15 mV treba iskoristiti za dobivanje mjernog opsega 100 mA. Koliki je predotpor potrebno dodati miliampermetru?

(2,35 Ω)

6.

- Analogni ampermetar A1, mjernog dometa 300 mA, umjerili smo usporedbom s analognim ampermetrom A2 razreda točnosti 0,2. Umjeravanjem u šest točaka, na ampermetru A2 očitali smo sljedeće iznose struja: 49,2; 98,8; 151,2; 198,9; 248,7 i 300,8 mA. Koji razred točnosti ampermetra A1 možemo jamčiti, računajući sa sigurnim granicama pogrešaka?

(1)

7.

- Struju tereta mjerimo ampermetrom za 5 A, razreda točnosti 1, preko strujnog mjernog transformatora 500/5 A, razreda točnosti 0,5. Ako je ampermetar pokazao 3,0 A, mjerni ćemo rezultat, računajući sa sigurnim granicama pogrešaka, iskazati kao ...?

$(300 \pm 6,5) \text{ A}$

8.

- Otpornik od $1\text{ k}\Omega$ protjecan je izmjeničnom strujom pravokutnog valnog oblika iz strujnog izvora efektivne vrijednosti 1 mA . Kolika je postotna pogreška određivanja efektivne vrijednosti te struje mjerenjem pada napona na otporniku univerzalnim instrumentom karakterističnog otpora $8\text{ k}\Omega/\text{V}$ i mjernog opsega 1 V ?

(-1,3 %)

- Mjerenjem gubitaka kratkog spoja trofaznog transformatora metodom triju vatmetara, u trofaznom sustavu linijskog napona 380 V, dobiveni su otkloni vatmetara od 82, 85 i 89 d.sk. Kolike su relativne sigurne granice pogrešaka tako izmjerene snage gubitaka ako su uporabljeni vatmetri razreda točnosti 0,5 za 450 V, 1 A, $\cos \varphi = 1$ i s mjernim dometom od 150 d.sk.?

(0,88 %)

- Vatmetar je svojom strujnom granom spojen u fazu R trofaznog sustava s dostupnom nultočkom. Ako naponsku granu spojimo između faze R i nultočke vatmetar pokazuje 420 W, a spojimo li je između faza S i T vatmetar pokazuje 280 W. Kolika je prividna snaga jedne faze simetričnog trošila spojenog u zvijezdu?

(450 VA)

11.

- Jednofazno brojilo s konstantom 3000 okr/kWh priključeno je na teret preko naponskog transformatora 1000 V/100 V. Brojilo je načinilo 30 okretaja u 40 sekundi. Kolika je snaga priključenog tereta?

(9 kW)

12.

- Pri mjerenju temperature platinskim osjetilom Pt-100 ($\alpha_{Pt} = 0,385 \text{ \%}/\text{K}$) primjenjuje se dvožični spoj s Wheatstoneovim mostom. Kolika će biti pogreška pri mjerenju temperature od $250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ako se ukupni otpor spojnih vodiča u iznosu od $2 \text{ }\Omega$ uslijed povećanja temperature okoline promijeni za $0,7 \text{ }\Omega$?

(2,67 %)

Zadatci za vježbu

- **Problem 2:** Treba odrediti faktor snage i njegove sigurne granice pogrešaka, ako je pri mjerenju korišten vatmetar klase 0,5 za $\cos\varphi = 0,5$ sa 150 d.sk. na području 300 V i 1 A, voltmetar za 300 V klase 1 te ampermetar za 1 A klase 0,2. Na vatmetru je očitano 128 d.sk., na voltmetru 218 V, a na ampermetru 0,92 A.

1.) $n=100$; $4\frac{1}{2}$ digita; $\pm(0,1\% \text{ m.v.} + 9 \text{ digita})$; $MO=20 \text{ V}$; $E=18,1 \text{ V}$; $s=21 \text{ mV}$; $P=95\% \rightarrow k=2$

$$u_c = k \sqrt{u_a^2 + u_b^2} \quad u_a = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{21 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{100}} = 2,1 \cdot 10^{-3} \quad u_b = \frac{G_V}{\sqrt{3}} \quad G_V = \frac{0,1}{100} \cdot 18,1 + 0,009 = 27,1 \cdot 10^{-3}$$

$$u_b = \frac{27,1 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 15,6462 \cdot 10^{-3} \quad u_c = 2 \cdot \sqrt{(2,1 \cdot 10^{-3})^2 + (15,6462 \cdot 10^{-3})^2} = 31,573 \text{ mV}$$

2.) voltmetar s pomičnim željezom \rightarrow mjeri efektivnu vrijednost $U_{ef}=24,5 \text{ V}$

univerzalni instrument s pomičnim svitkom, permanentnim magnetom i ispravljačem \rightarrow mjeri elektrolitsku srednju vrijednost (punovalno ispravljanje), a umjeren je da pokazuje efektivnu vrijednost za čisti sinus (faktor oblika 1,11)

$$\xi = \frac{U}{U_{el}} \quad U_{el} = \frac{U}{\xi} = \frac{24,5}{1,11} = 22,082 \text{ V} \quad U_2 = \xi_0 \cdot U_{el} = 1,11 \cdot 22,082 = 24,5 \text{ V}$$

$$p = \frac{\xi_0 - \xi}{\xi} \cdot 100\% = \frac{1,11 - 1,12}{1,12} \cdot 100\% = -0,9\% \rightarrow U_2 = U - 0,9\% = 24,5 \text{ V}$$

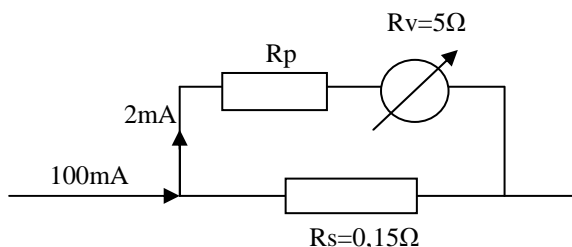
3.) $E=11 \text{ V}$; $R_i=120 \Omega$; $R_v = 800 \Omega/\text{V} \cdot 12\text{V}=9600 \Omega$

$$I = \frac{E}{R_i + R_v} = \frac{11}{120 + 9600} = 1,1317 \cdot 10^{-3} \text{ A} \quad U_v = I \cdot R_v = 10,8642 \text{ V}$$

4.)

$$U_m = \frac{I_{sr}}{2 \cdot f \cdot C} = \frac{0,95 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 50 \cdot 0,15 \cdot 10^{-9}} = 63,3 \text{ kV}$$

5.) $2\text{mA}, 10\text{mV} \rightarrow R_v=10/2=5 \Omega$; $100\text{mA}/15\text{mV} \rightarrow R_s=15/100=0,15 \Omega$; $MO=100 \text{ mA}$



$$U_{Rs} = I_{Rs} \cdot R_s = 98 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 = 14,7 \text{ mV}$$

$$U_v = 10 \text{ mV} \quad I_v = 2\text{mA}$$

$$U_{Rp} = U_{Rs} - U_v = 4,7 \text{ mV} \quad I_{Rp} = 2\text{mA}$$

$$R = \frac{U_{Rp}}{I_{Rp}} = 2,35 \Omega$$

6.) $MO \cdot 0,2/100 = 0,6$

I_1 [mA]	50	100	150	200	250	300
I_2 [mA]	49,2	98,8	151,2	198,9	248,7	300,8
$p = \frac{I_1 - (I_2 \pm 0,6)}{MO = 300} \cdot 100\%$	0,467%	0,6%	-0,6%	0,567%	0,633%	-0,467%

klasa točnosti je 1

7.)

amp 5A klasa1

str mjerni trafo 500/5 A klasa 0,5

$I_2 = 3,0$ A

$k = 500/5 = 100$

$I_1 = k \cdot I_2 = 100 \cdot 3 = 300$ A

$$G_{I1} = \left| G_{I2} \frac{\partial I_1}{\partial I_2} \right| + \left| G_k \frac{\partial I_1}{\partial k} \right| \quad G_{I2} = \frac{1}{100} \cdot 5 = 0,05 \quad G_k = \frac{0,5}{100} \cdot 100 = 0,5$$

$$G_{I1} = 0,05 \cdot k + 0,5 \cdot I_2 = 0,05 \cdot 100 + 0,5 \cdot 3 = 6,5 \text{ A}$$

8.)

$R = 1 \text{ k}\Omega$; $I_{ef} = 1 \text{ mA}$; $R_V = 8 \text{ k}\Omega/V \cdot 1 \text{ V} = 8 \text{ k}\Omega$; $\zeta_0 = 1,11$; $\zeta = 1$;

$$I_{Vel} = I \frac{R}{R + R_V} = 1 \frac{1000}{1000 + 8000} = \frac{1}{9} \text{ mA} \quad U_{Vel} = I_{Vel} \cdot R_V = 0,8889 \text{ V} \rightarrow I_{el} = 0,8889 \text{ mA} \rightarrow$$

$$I_{pokaz} = \zeta_0 \cdot I_{el} = 1,11 \cdot 0,8889 = 0,98668 \text{ mA} \rightarrow p = \frac{I_{pokaz} - I}{I} \cdot 100\% = -1,33\%$$

9.)

$P_{W,MAX} = 450 \text{ W}$

$G_W = 450 \cdot 0,5/100 = 2,25 \text{ W}$

$P_{W1} = 82 \cdot 450/150 = 246 \text{ W}$

$P_{W2} = 85 \cdot 450/150 = 255 \text{ W}$

$P_{W3} = 89 \cdot 450/150 = 267 \text{ W}$

$P = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3} = 768 \text{ W}$

$$G_P = \sum_i \left| \frac{\partial P}{\partial P_{Wi}} G_W \right| = 3 \cdot G_W = 6,75 \text{ W}$$

$$G_{P\%} = \frac{G_P}{P} 100\% = 0,879\%$$

$$10.) \quad P_{1f} = 420 \text{ W} \quad Q_{1f} = P_W / \sqrt{3} = 280 / 1,732 = 161,66 \text{ var}$$

$$S_{1f} = \sqrt{P_{1f}^2 + Q_{1f}^2} = \sqrt{420^2 + \frac{280^2}{3}} = 450 \text{ VA}$$

11.)

$$W = \frac{N}{c} \rightarrow P \cdot t = \frac{N}{c} \rightarrow P = \frac{N}{t \cdot c} = \frac{30}{40} \cdot \frac{3600}{3000} = 0,9 \text{ kW} \quad P_{tereta} = n \cdot P = 9 \text{ kW}$$

12.)

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta T) = 100 \cdot \left(1 + \frac{0,385}{100} \cdot 250\right) = 196,25 \Omega \quad R_{uk} = R + 2 + 0,7 = 198,95 \Omega$$

$$\Delta T' = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_{uk}}{R_0} - 1 \right) = 257,013 \text{ K} \quad p = \frac{\Delta T' - 250}{250} 100\% = 2,8052\%$$

Problem2:

$$P_{W,MAX} = 300 \cdot 1 \cdot 0,5 = 150 \text{ W}$$

$$P_W = 128 \cdot 150 / 150 = 128 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = \frac{P_W}{I \cdot U} = \frac{128}{0,92 \cdot 218} = 0,6382$$

$$\begin{aligned} G &= \sum_i \left| \frac{\partial \cos \varphi}{\partial X_i} G_i \right| = \left| \frac{\partial \cos \varphi}{\partial P} G_P \right| + \left| \frac{\partial \cos \varphi}{\partial I} G_I \right| + \left| \frac{\partial \cos \varphi}{\partial U} G_U \right| = \left| \frac{1}{I \cdot U} G_P \right| + \left| -\frac{P_W}{I^2 \cdot U} G_I \right| + \left| -\frac{P_W}{I \cdot U^2} G_U \right| = \\ &= \left| \frac{1}{0,92 \cdot 218} \cdot \frac{0,5 \cdot 150}{100} \right| + \left| -\frac{128}{0,92^2 \cdot 218} \cdot \frac{0,2 \cdot 1}{100} \right| + \left| -\frac{128}{0,92 \cdot 218^2} \cdot \frac{1 \cdot 300}{100} \right| = \pm 0,01391 \end{aligned}$$