

Zbirka ispitnih zadataka
iz
Električnih merenja
i
Merenja u elektronici

Sadržaj

1	Greške merenja	1
2	Merna nesigurnost	3
3	Analogni instrumenti	6
3.1	Talasni oblik	6
3.2	Proširivanje mernog opsega	10
3.3	Proširivanje mernog područja	10
3.4	Skala	11
3.5	Ostalo	11
4	Mostovi	13
5	Kompenzatori	16
6	Transformatori	17
7	Merenje električnih veličina	18
8	Osciloskopi	30
9	Digitalna merenja	31

1 GREŠKE MERENJA

Zadaci_ID: 1

Reaktivna snaga monofaznog potrošača određuje se na osnovu merenja struje, napona i aktivne snage.

Kolike su sigurne granice greške merenja reaktivne snage ako je faktor snage jednak 0,95, a sigurne granice greške merenja struje, napona i snage iznose $\pm 0,5\%$?

Rešenje: $\pm 15\%$

$$G_Q \leq \frac{1}{1 - \cos^2 \phi} (G_U + G_I + \cos^2 \phi G_P)$$

Zadaci_ID: 77

Fazni ugao monofaznog potrošača određuje se na osnovu merenja struje, napona i aktivne snage. Kolike su sigurne granice greške merenja faznog ugla ako je faktor snage jednak 0,95 a sigurne granice greške merenja ampermetra, voltmetra i vatmetra iznose $\pm 0,5\%$.

Rešenje: ± 46 mrad

$$G_\phi \leq \frac{\cos \phi}{\sqrt{1 - \cos^2 \phi}} (G_U + G_I + G_P)$$

Zadaci_ID: 109

Otpornost se meri U/I metodom, naponskom vezom. Upotrebljeni su:

- Voltmetar, opsega 6 V, klase tačnosti 1 i unutrašnje otpornosti $(6\ 000 \pm 12)\ \Omega$;
- Ampermetar, opsega 12 mA i klase tačnosti 1.

Očitano je 2 V i 10 mA.

Odrediti sigurne granice greške rezultata merenja.

Rešenje: $9,0\ \Omega$

$$R_m = \frac{U}{I} \quad ; \quad R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} = \frac{1}{1 - \frac{R_m}{R_v}} R_m$$

$$G_R = |c_U| G_U + |c_I| G_I + |c_{R_v}| G_{R_v}$$

$$G_U = \frac{kl_v \cdot U_{\max}}{100} \quad ; \quad c_U = \frac{\partial R_x}{\partial U} = \frac{R_v^2 I}{(R_v I - U)^2} = \frac{1}{I} \left(\frac{1}{1 - \frac{R_m}{R_v}} \right)^2$$

$$G_I = \frac{kl_A \cdot I_{\max}}{100} \quad ; \quad c_I = \frac{\partial R_x}{\partial I} = -\frac{R_v^2 U}{(R_v I - U)^2} = -\frac{U}{I^2} \left(\frac{1}{1 - \frac{R_m}{R_v}} \right)^2$$

$$G_{R_v} = \Delta R_v \quad ; \quad c_{R_v} = \frac{\partial R_x}{\partial R_v} = -\frac{U^2}{(R_v I - U)^2} = -\left(\frac{\frac{R_m}{R_v}}{1 - \frac{R_m}{R_v}} \right)^2$$

2 MERNÁ NESIGURNOST

Zadaci_ID: 68

Izvršeno je pet merenja jedne otpornosti pod istim okolnostima. Dobljene su vrednosti 1483, 1476, 1482, 1485 i 1480 oma.

Kolika je proširena merna nesigurnost rezultata, za faktor obuhvata $k = 2$?

Rešenje: 3,1 Ω

$$s_{\bar{R}} \cdot k = \frac{s_R}{\sqrt{N}} \cdot k$$

Zadaci_ID: 65

Kolika je standardna merna nesigurnost rezultata merenja analognim voltmetrom opsega 150 V i klasom tačnosti 0,5 ?

Rešenje: 0,43 V

$$u = \frac{kl}{100} U_{\max} \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Zadaci_ID: 66

Digitalnim multimetrom izmeren je napon od 3 V, na mernom opsegu od 10 V. Kolika je relativna standardna merna nesigurnost dobijenog rezultata merenja, ako su granice greške instrumenta određene formulom: $\pm(0,1 \% \text{ očitane vrednosti} + 0,05 \% \text{ mernog opsega})$?

Rešenje: 0,15 %

$$u = \left(\frac{0,1}{100} U + \frac{0,05}{100} U_{\max} \right) \frac{1}{U} \frac{1}{\sqrt{3}} = \left(0,1 + 0,05 \frac{U_{\max}}{U} \right) \frac{1}{\sqrt{3}} \%$$

Zadaci_ID: 69

Digitalnim multimetrom izmeren je napon od 3,00 V. Kolika je relativna standardna merna nesigurnost dobijenog rezultata merenja, ako su granice greške instrumenta određene formulom: $\pm(0,2 \% \text{ očitane vrednosti} + 3 \text{ digit})$?

Rešenje: 0,69 %

$$u = \left(0,2 + \frac{3 \cdot LSD}{U} \cdot 100 \right) \frac{1}{\sqrt{3}} \%$$

Zadaci_ID: 67

Digitalnim multimetrom izmeren je jednosmerni napon od 0,350 V. Kolika je relativna standardna merna nesigurnost rezultata merenja, nastala zbog konačne rezolucije displeja instrumenta?

Rešenje: 0,082 %

$$u = \frac{LSD}{2\sqrt{3} U}$$

Zadaci_ID: 102

Voltmetrom klase tačnosti 1 i mernog opsega 100 V izmeren je napon od 9 V. Kolika je relativna kombinovana nesigurnost rezultata merenja, uzimajući u obzir granice greške određene klasom tačnosti voltmetra i mernu nesigurnost nastalu zbog konačne rezolucije rezultata merenja?

Rešenje: 7,2 %

$$u = \sqrt{\left(\frac{kI_V U_{ops}}{100\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{U_{rez}}{2\sqrt{3}}\right)^2} \cdot \frac{1}{U} \cdot 100 (\%)$$

Zadaci_ID: 71

Kolika je standardna merna nesigurnost rezultata merenja temperature ako je unapred poznato da merena veličina može da se opiše simetričnom, ravnomernom gustinom raspodele verovatnoće, sa granicama od ± 3 °C?

Rešenje: 1,7 °C

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Zadaci_ID: 72

Kolika je standardna merna nesigurnost rezultata merenja temperature ako je unapred poznato da merena veličina može da se opiše simetričnom, trougaonom gustinom raspodele verovatnoće, sa granicama od ± 3 °C?

Rešenje: 1,2 °C

$$u = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

Zadaci_ID: 73

Temperatura je merena pod uslovima ponovljivosti 20 puta i dobijeno je da je standardna devijacija pojedinačnih rezultata merenja 1,49 °C.

Kolika je standardna merna nesigurnost rezultata merenja temperature?

Rešenje: 0,33 °C

$$u = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Zadaci_ID: 85

Otpornost se meri U/I metodom, naponskom vezom. Upotrebljeni su:

- Voltmetar, opsega 6 V, klase tačnosti 1 i unutrašnje otpornosti (6 000 ± 12) Ω;
- Ampermetar, opsega 12 mA i klase tačnosti 1.

Očitano je 2 V i 10 mA.

Određiti standardnu mernu nesigurnost rezultata merenja.

Rešenje: 4,0 Ω

$$R_m = \frac{U}{I} \quad ; \quad R_x = \frac{R_V \cdot R_m}{R_V - R_m} = \frac{R_V U}{R_V I - U} \quad ; \quad u_R = \sqrt{c_U^2 u_U^2 + c_I^2 u_I^2 + c_{R_V}^2 u_{R_V}^2}$$

$$u_U = \frac{kl_V \cdot U_{\max}}{100\sqrt{3}} \quad ; \quad c_U = \frac{\partial R_x}{\partial U} = \frac{R_V^2 I}{(R_V I - U)^2}$$

$$u_A = \frac{kl_A \cdot I_{\max}}{100\sqrt{3}} \quad ; \quad c_I = \frac{\partial R_x}{\partial I} = -\frac{R_V^2 U}{(R_V I - U)^2}$$

$$u_{R_V} = \frac{\Delta R_V}{\sqrt{3}} \quad ; \quad c_{R_V} = \frac{\partial R_x}{\partial R_{R_V}} = -\frac{U^2}{(R_V I - U)^2}$$

$$u_{R_x} = \frac{R_m}{\left(1 - \frac{R_m}{R_V}\right)^2} \sqrt{\left(\frac{kl_V}{100\sqrt{3}} \frac{U_{\max}}{U}\right)^2 + \left(\frac{kl_A}{100\sqrt{3}} \frac{I_{\max}}{U}\right)^2 + \left(\frac{R_m}{R_V} \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\Delta R_V}{R_V}\right)^2}$$

3 ANALOGNI INSTRUMENTI

3.1 Talasni oblik

Zadaci_ID: 6

Na voltmetar sa kretnim kalemom i dvostranim ispravljačem, kalibrisanim tako da meri efektivnu vrednost prostoperiodičnog napona, doveden je jednostrano ispravljen prostoperiodični napon.

Kolika je sistematska greška merenja?

Rešenje: -29 %

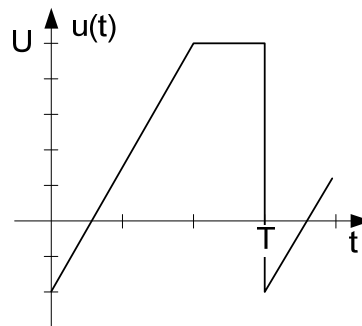
Zadaci_ID: 24

Talasni oblik napona na izlazu iz izvora prikazan je na slici. Amplituda U iznosi 1 V.

Koliki jednosmerni napon (ofset) treba superponirati prikazanom naponu da bi srednja vrednost tako dobijenog napona bila jednaka nuli?

Rešenje: -0,53 V

$$U_{\text{ofset}} = -\frac{8}{15}U$$



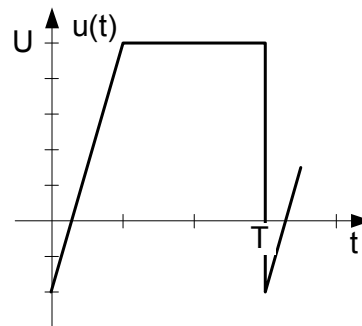
Zadaci_ID: 57

Talasni oblik napona na izlazu iz izvora prikazan je na slici. Amplituda U iznosi 1 V.

Koliki jednosmerni napon (ofset) treba superponirati prikazanom naponu da bi srednja vrednost tako dobijenog napona bila jednaka nuli?

Rešenje: -0,77 V

$$U_{\text{ofset}} = -\frac{23}{30}U$$



Zadaci_ID: 87

Napon se istovremeno meri instrumentom sa pokretnim gvožđem i instrumentom sa kretnim kalemom i jednostranim ispravljačem. Pokazivanja instrumenata su 1 V i 0,707 V, respektivno.

Koliki je faktor oblika merenog napona?

Rešenje: 1,41

$$\xi = \frac{U_1}{U_2}$$

Zadaci_ID: 59

Napon $u(t) = (3 - 3 \sin 314 t)$ V meri se voltmetrom sa pokretnim gvožđem.

Koliko će biti pokazivanje voltmetra?

Rešenje: 3,67 V

$$\sqrt{U_0^2 + \frac{U_m^2}{2}}$$

Zadaci_ID: 63

Napon $u(t) = (3 - 4 \sin (314 t - \pi/4))$ V meri se voltmetrom sa pokretnim gvožđem.

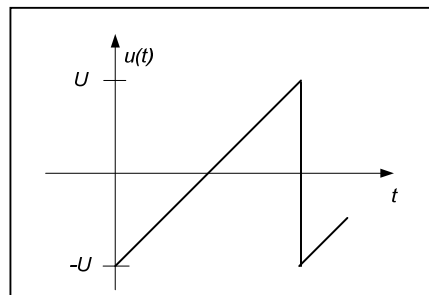
Koliko će biti pokazivanje voltmetra?

Rešenje: 4,12 V

$$\sqrt{U_0^2 + \frac{U_m^2}{2}}$$

Zadaci_ID: 103

Talasni oblik napona $u(t)$ dovoljno visoke frekvencije, dovedenog na voltmetar sa kretnim kalemom i jednostranim ispravljačem, kalibrisanim da meri efektivnu vrednost naizmeničnog napona, prikazan je na slici. $U = 1 \text{ V}$.
Koliko je relativna sistematska greška merenja?



Rešenje: -3,8 %

$$\Gamma = \frac{\frac{1}{4}U \frac{\pi}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{3}}U}{\frac{1}{\sqrt{3}}U} = \frac{\frac{1}{4} \frac{\pi}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{\sqrt{3}}} - 1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{\pi}{4} - 1$$

Zadaci_ID: 104

Periodičan napon dovoljno visoke frekvencije, talasnog oblika datog funkcijom $u(t) = \frac{t}{T}U + U_0$; $0 \leq t \leq T$; $U > 0$ u okviru jedne periode T , doveden je na voltmetar sa kretnim kalemom i jednostranim ispravljačem, kalibrisanim da meri efektivnu vrednost naizmeničnog napona.
Koliko iznosi relativna sistematska greška merenja ako je odnos $U_0/U = -0,1$?

Rešenje: 82,4 %

Zadaci_ID: 105

Periodičan napon dovoljno visoke frekvencije, talasnog oblika datog funkcijom $u(t) = -\frac{t}{T}U + U_0$; $0 \leq t \leq T$; $U > 0$ u okviru jedne periode T , doveden je na voltmetar sa kretnim kalemom i dvostranim ispravljačem, kalibrisanim da meri efektivnu vrednost naizmeničnog napona.
Koliko iznosi relativna sistematska greška merenja ako je odnos $U_0/U = 0,1$?

Rešenje: -7,7 %

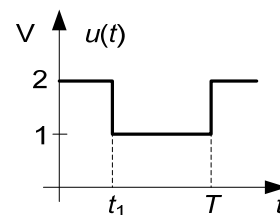
Zadaci_ID: 33

Periodičan napon $u(t)$ talasnog oblika prikazanog na slici doveden je na voltmetar sa kretnim kalemom.

Koliki je odnos t_1/T ako voltmetar pokaže napon od 1,2 V?

Rešenje: 0,20

$$\frac{t_1}{T} = \frac{U - U_2}{U_1 - U_2}$$



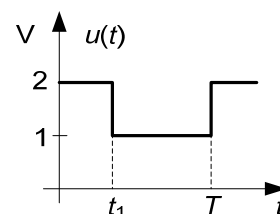
Zadaci_ID: 36

Periodičan napon $u(t)$ talasnog oblika prikazanog na slici doveden je na voltmetar sa pokretnim gvožđem.

Koliki je odnos t_1/T ako voltmetar pokaže napon od 1,2 V?

Rešenje: 0,15

$$\frac{t_1}{T} = \frac{U^2 - U_2^2}{U_1^2 - U_2^2}$$



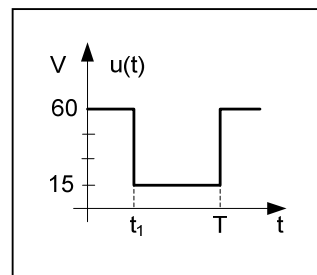
Zadaci_ID: 93

Periodičan napon $u(t)$ talasnog oblika prikazanog na slici doveden je na elektrodinamički voltmetar.

Koliki je odnos t_1/T ako voltmetar pokaže napon od 33 V?

Rešenje: 0,26

$$\frac{t_1}{T} = \frac{U^2 - U_2^2}{U_1^2 - U_2^2}$$



3.2 Proširivanje mernog opsega

Zadaci_ID: 37

Voltmetru dometa 15 V i klase tačnosti 0,5, čija je unutrašnja otpornost $15 \text{ k}\Omega \pm 15 \text{ }\Omega$, radi proširivanja mernog opsega vezan je na red predotpornik od $15 \text{ k}\Omega \pm 75 \text{ }\Omega$.

Koju klasu tačnosti novodobijenog voltmetra treba očekivati?

Rešenje: 1

$$\frac{\Delta U}{U_{\max}} = \frac{R_p / R_V}{1 + R_p / R_V} \frac{\Delta R_V}{R_V} + \frac{R_p / R_V}{1 + R_p / R_V} \frac{\Delta R_p}{R_p} + \frac{\Delta U_V}{U_{V \max}}$$

3.3 Proširivanje mernog područja

Zadaci_ID: 9

Za merenje naizmeničnog napona na raspolaganju je mikroampermetar sa kretnim kalemom, dometa $100 \text{ }\mu\text{A}$ i unutrašnje otpornosti $2 \text{ k}\Omega$, i jednostrani ispravljač.

Kolika treba da bude vrednost predotpornika kojeg treba upotrebiti da bi tako dobijeni voltmetar mogao da meri prostoperiodični napon efektivne vrednosti do 10 V ?

Rešenje: $43 \text{ k}\Omega$

$$R_{p\text{jedn.}} = \frac{\sqrt{2}U}{\pi I_{\mu A}} - R_{\mu A}$$

Zadaci_ID: 95

Za merenje naizmenične struje na raspolaganju je mikroampermetar sa kretnim kalemom, dometa $100 \text{ }\mu\text{A}$ i unutrašnje otpornosti $2 \text{ k}\Omega$, i dvostrani ispravljač.

Kolika treba da bude vrednost šanta kojeg treba upotrebiti da bi tako dobijeni miliampermetar mogao da meri naizmeničnu struju efektivne vrednosti do 1 mA ?

Rešenje: $250 \text{ }\Omega$

$$R_{s\text{Grec}} = \frac{1}{\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \frac{I_{\text{eff}}}{I_{\mu A\text{sr}}} - 1} - R_{\mu A}$$

3.4 Skala

Zadaci_ID: 13

Otpornost u opsegu od 1Ω do $1\ 000 \Omega$ meri se instrumentom sa logaritamskom skalom, dugom 135 mm.

Odrediti granice greške merenja otpornosti (prouzrokovane netačnim očitavanjem), ako položaj kazaljke na skali instrumenta može da se odredi sa greškom ne većom od $\pm 0,2$ mm.

Rešenje: 1,0 %

Zadaci_ID: 32

Voltmetrom sa kvadratnom skalom izmeren je napon od 50 V.

Kolike su granice greške merenja, koja nastaje zbog netačnog očitavanja položaja kazaljke na skali, ako je domet voltmetra 150 V, dužina skale 135 mm, a granice greške očitavanja su $\pm 0,2$ mm?

Rešenje: 0,33 V

3.5 Ostalo

Zadaci_ID: 21

Na izvor elektromotorne sile 10 V i unutrašnje otpornosti $1\ k\Omega$ priključen je voltmetar sa mekim gvožđem otpornosti $10\ k\Omega$. Koliki će napon izmeriti voltmetar?

Rešenje: 9,09 V

Zadaci_ID: 48

Ulazna impedansa elektrodinamičkog voltmetra može da se predstavi rednom vezom otpornika od $5\ k\Omega$ i kalema induktivnosti 0,2 H. Voltmetar je, u jednosmernom režimu rada, podešen tako da na gornjoj granici mernog opsega greška merenja bude jednaka nuli.

Kolika će biti greška merenja na gornjoj granici mernog opsega ako se meri naizmenični napon frekvencije 500 Hz?

Rešenje: -1,6 %

$$\text{Rešenje: } G = -\frac{\left(\frac{\omega L}{R}\right)^2}{1 + \left(\frac{\omega L}{R}\right)^2} \cdot 100 \quad (\%)$$

4 MOSTOVI

Zadaci_ID: 54

Vitstonov most za merenje otpornosti ima u sve četiri grane otpornosti od približno 1 k Ω i napaja se iz (idealnog) naponskog izvora napona 4 V. Kao indikator nule, koristi se instrument čija je strujna konstanta 1 $\mu\text{A}/\text{pod}$ i unutrašnja otpornost 1 k Ω .

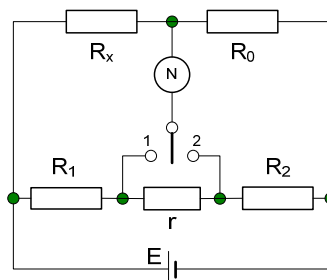
Koliku još promenu merene otpornosti ovakav most može da detektuje?

Rešenje: 0,20 Ω

Zadaci_ID: 47

Za merenje otpornosti R_x koristi se merno kolo prikazano na slici. Parametri kola su: $R_0 = 1000 \Omega$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$ i $r = 0,1 \Omega$.

Kolika je merena otpornost R_x ako skretanje kazaljke indikatora nule iznosi 12 podeoka kada je preklopnik u položaju (1) a -18 podeoka kada je preklopnik u položaju (2)?



Rešenje: 999,8 Ω

$$R_x = \frac{(R_1 + R) \alpha_1 - R_1 \alpha_2}{R_2 \alpha_1 - (R_2 + r) \alpha_2} R_0$$

Zadaci_ID: 10

Za merenje malih promena otpornosti otpornika od približno 100 Ω koristi se Vitstonov neuravnoteženi most.

Odrediti granice greške merenja prouzrokovane neosetljivošću mosta ako se zna da otpornost otpornika u ostalim granama mosta iznosi 100 Ω , da se most napaja konstantnom strujom od 10 mA, da je strujna konstanta upotrebljenog indikatora nule 0,9 $\mu\text{A}/\text{pod}$ i da je njegova unutrašnja otpornost 100 Ω .

Rešenje: 7,2 m Ω

$$\Delta R = \frac{4(R + R_5) C_i}{I_0} \frac{1}{10}$$

Zadaci_ID: 94

Za merenje malih promena otpornosti otpornika od približno 100 Ω koristi se Vitstonov neuravnoteženi most.

Odrediti granice greške merenja prouzrokovane neosetljivošću mosta ako se zna da otpornost otpornika u ostalim granama mosta iznosi 100Ω , da se most napaja iz izvora konstantnog napona od 9 V , da je strujna konstanta upotrebljenog indikatora nule $0,9 \mu\text{A/pod}$ i da je njegova unutrašnja otpornost 100Ω .

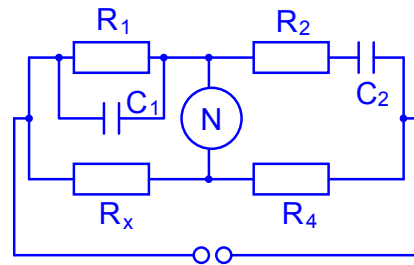
Rešenje: $0,80 \text{ m}\Omega$

$$\Delta R = \frac{4R(R+R_5)C_i}{E} \frac{C_i}{10}$$

Zadaci_ID: 61

Naizmenični most, prikazan na slici, uravnotežen je za sledeće vrednosti elemenata: $R_1=800 \Omega$; $C_1=0,5 \mu\text{F}$; $R_2=400 \Omega$; $C_2=1 \mu\text{F}$ i $R_4=1 \text{ 000 } \Omega$.

Izračunati frekvenciju napona napajanja pri kojoj je most u ravnoteži.



Rešenje: 398 Hz

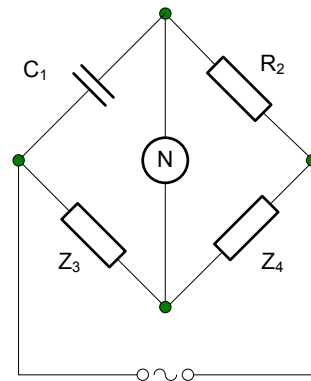
Zadaci_ID: 44

U grani "1" Vitstonovog mosta za naizmeničnu struju prikazanog na slici nalazi se kondenzator reaktanse $2 \text{ k}\Omega$, u grani "2" otpornik od $0,5 \text{ k}\Omega$, a u grani "4" redna veza otpornika od $0,5 \text{ k}\Omega$ i kalema reaktanse $1,5 \text{ k}\Omega$. U grani "3" su elementi podešeni tako da most bude u ravnoteži.

Koliki je fazni ugao impedanse u grani "3"?

Rešenje:

$$\varphi_3 = -\frac{\pi}{2} + \arctan \frac{X_4}{R_4}$$



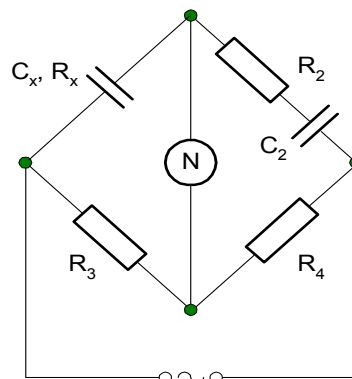
Rešenje: -18°

Zadaci_ID: 38

Most prikazan na slici, sa otpornicima $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ i $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$, napaja se iz izvora napona efektivne vrednosti 15 V i frekvencije 1592 Hz . Uravnotežen je za $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ i $C_2 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$.

Koliko će da skrene kazaljka indikatora nule, čija je naponska konstanta 1 mV/pod i unutrašnja otpornost dovoljno velika, ako se otpornost R_2 promeni za $1 \text{ }\Omega$?

Rešenje: 2,7 podeoka



$$R_x = \frac{R_3}{R_4} R_2 \quad ; \quad C_x = \frac{R_4}{R_3} C_2$$

$$U_T = \frac{\frac{R_3}{R_4}}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)^2 \sqrt{1 + \left[\omega R_2 C_2 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \frac{\Delta R}{R_2}\right)\right]^2}} \frac{\Delta R}{R_2} E \approx \frac{\frac{R_3}{R_4}}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)^2 \sqrt{1 + (\omega R_2 C_2)^2}} \frac{\Delta R}{R_2} E$$

$$\alpha = \frac{U_T}{C_u}$$

Zadaci_ID: 97

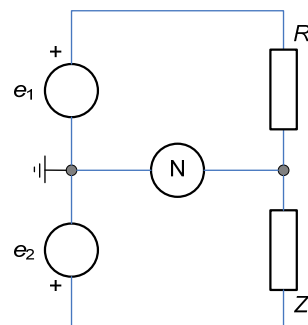
Impedansa Z_x meri se mostom sa dva izvora. Ravnoteža mosta postignuta je za $\underline{E}_1 = 10 \text{ V}$,

$$\underline{E}_2 = 3 e^{-j110^\circ} \text{ V i } R_s = 15 \text{ k}\Omega.$$

Kolika je impedansa Z_x ?

Rešenje: $(1,5 - j 4,2) \text{ k}\Omega$

$$Z_x = \frac{E_2}{E_1} R_s (\cos(\pi + \theta_2) + j \sin(\pi + \theta_2))$$



5 KOMPENZATORI

Zadaci_ID: 22

Za poznati napon od 1,2 V, na skali potenciometra, pri uravnoteženom kompenzatoru, očitana je vrednost 12 podeljaka, a za nepoznati napon je dobijeno očitavanje od 18 podeljaka. Koliki je mereni napon?

Rešenje: 1,8 V

Zadaci_ID: 55

Elektromotorna sila izvora jednosmernog napona meri se prvo voltmetrom unutrašnje otpornosti 3 kΩ a zatim kompenzatorom. Rezultati merenja su 2,5 V, odnosno 5 V.

Kolika je unutrašnja otpornost izvora?

Rešenje: 3,0 kΩ

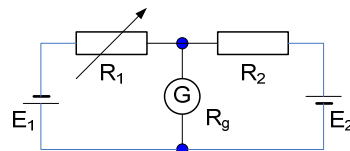
Zadaci_ID: 52

Na slici je prikazano kompenzatorsko kolo gde su $E_1 = E_2 = 4,5 \text{ V}$, $R_2 = 150 \text{ } \Omega$ i $R_g = 200 \text{ } \Omega$.

Kolika je strujna osetljivost kola na promene otpornosti R_1 u blizini ravnotežnog stanja?

Rešenje: 55 $\mu\text{A}/\Omega$

$$\frac{\partial I_g}{\partial R_1} = \frac{1}{\frac{E_1}{E_2} R_2 + \left(1 + \frac{E_1}{E_2}\right) R_g} \frac{E_2}{R_2}$$



6 TRANSFORMATORI

Zadaci_ID: 19

Struja sekundara strujnog mernog transformatora 50/5 A izmerena je ampermetrom klase tačnosti 1 i dometa 5 A.

U kojim granicama se nalazi prava vrednost struje u primaru ako je ampermetrom izmerena struja od 2 A?

Rešenje: $(20 \pm 0,50)$ A

Zadaci_ID: 40

Za merenje snage potrošača upotrebljeni su strujni merni transformator za 100/5 A i naponski merni transformator za 10000/100 V. Na sekundarnoj strani mernih transformatora je dobijeno 4,7 A, 93 V i 21 W. Kolika je izmerena aktivna snaga potrošača ako je strujna greška strujnog transformatora +0,5 % a naponska naponskog transformatora +0,3 %, i ako je fazna greška strujnog transformatora +25' a naponskog +5' ?

Rešenje: 36,6 kW

$$P = I_s k_I \left(1 - \frac{p_I}{100}\right) U_s k_U \left(1 - \frac{p_U}{100}\right) \cos \left(\arccos \frac{P_s}{I_s U_s} + \delta_I - \delta_U \right)$$

Zadaci_ID: 41

Za merenje faktora snage potrošača upotrebljeni su strujni merni transformator za 100/5 A i naponski merni transformator za 10000/100 V. Na sekundarnoj strani mernih transformatora je dobijeno 4,7 A, 93 V i 21 W. Koliki je izmeren faktor snage potrošača ako je strujna greška strujnog transformatora +0,5 % a naponska naponskog transformatora +0,3 %, i ako je fazna greška strujnog transformatora +25' a naponskog +5' ?

Rešenje: 0,0422

$$\cos \varphi_p = \cos \left(\arccos \frac{P_s}{U_s I_s} + \delta_I - \delta_U \right)$$

7 MERENJE ELEKTRIČNIH VELIČINA

Zadaci_ID: 56

Metodom tri ampermetra merena je aktivna snaga i faktor snage monofaznog potrošača. Dobijeno je 100 W i faktor snage jednak 0,3.

Kolika će da bude aktivna snaga istog potrošača ako se izmeri i metodom tri voltmetra, uz korišćenje istog izvora i istog otpornika, jednakog modulu impedanse potrošača?

(Korišćeni instrumenti i izvor napona mogu se smatrati idealnim).

Rešenje: 38 W

$$3A: P_{3A} = U_Z I_Z \cos \varphi = U_1 \frac{U_1}{Z} \cos \varphi = U_1 \frac{U_1}{R} \cos \varphi = \frac{U_1^2}{R} \cos \varphi$$

$$3V: P_{3V} = U_Z I_Z \cos \varphi = U \frac{U_0}{R} \cos \varphi = \frac{U^2}{R} \cos \varphi$$

$$\Rightarrow P_{3V} = \left(\frac{U}{U_1} \right)^2 P_{3A} = \left| \frac{Z}{R+Z} \right|^2 P_{3A} = \left| \frac{Z}{R+Z \cos \varphi + jZ \sin \varphi} \right|^2 =$$
$$\left| \frac{R}{R[(1+\cos \varphi) + j \sin \varphi]} \right|^2 P_{3A} = \frac{1}{2(1+\cos \varphi)} P_{3A}$$

Zadaci_ID: 12

Faktor snage monofaznog potrošača meri se pomoću tri jednaka voltmetra. Očitavanja instrumenata su 15 V, 10 V i 10 V. Unutrašnja otpornost voltmetara je 5 k Ω a otpornost dodatog otpornika je 100 Ω .

Koliki je faktor snage potrošača?

Rešenje: 0,106

Zadaci_ID: 108

Faktor snage potrošača meri se metodom tri voltmetra.

Kolike su sigurne granice greške merenja ako su pokazivanja voltmetara 15 V, 10 V i 10 V a relativne sigurne granice greške merenih napona su jednake i iznose 0,5 %.

Rešenje: 0,023

$$G = \left(\frac{U_1}{U_0} \frac{U_1}{U} + \frac{U_0}{U} + \frac{U}{U_0} + 2 \cos \varphi \right) \frac{\Delta U}{U} = 4,5 \frac{\Delta U}{U}$$

Zadaci_ID: 15

Dat je vatmetar naponskog i strujnog opsega 150 V i 0,5 A, sa skalom od 150 podeljaka.

Kolika je izmerena snaga, ako je pokazivanje vatmetra 47 podeljaka?

Rešenje: 23,5 W

Zadaci_ID: 16

Dat je vatmetar naponskog i strujnog opsega 150 V i 0,5 A, sa skalom od 150 podeljaka, specijalno konstruisan za faktor snage 0,2. Kolika je izmerena snaga ako je pokazivanje vatmetra 82 podeljaka?

Rešenje: 8,2 W

Zadaci_ID: 18

Vatmetrom, naponskog i strujnog opsega 150 V i 0,5 A, klase tačnosti 0,5, izmerena je aktivna snaga potrošača od 25 W. Kolike su granice greške dobijenog rezultata merenja?

Rešenje: 0,38 W

Zadaci_ID: 60

Faktor snage monofaznog potrošača meri se ampermetrom, voltmetrom i vatmetrom (voltmetar i naponsko kolo vatmetra su priključeni na potrošač). Unutrašnja otpornost voltmetra i otpornost naponskog kola vatmetra su 25 kΩ. Na instrumentima je očitano 3 A, 200 V i 75 W.

Koliki je faktor snage potrošača?

Rešenje: 0,120

$$R_{vW} = \frac{R_v R_w}{R_v + R_w} \quad ; \quad I_{vW} = \frac{U}{R_{vW}} \quad ; \quad P_{vW} = \frac{U^2}{R_{vW}}$$
$$\cos \varphi = \frac{P_p}{UI_p} = \frac{P - \frac{U^2}{R_{vW}}}{U \sqrt{I^2 + \frac{U^2}{R_{vW}^2} - \frac{2P}{R_{vW}}}} = \frac{1 - \frac{P_{vW}}{P}}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_{vW}}{I}\right)^2 - \frac{2PP_{vW}}{U^2 I^2}}} \frac{P}{UI}$$

Zadaci_ID: 23

Aktivna snaga simetričnog trofaznog potrošača čiji je faktor snage približno 0,2, izmerena je Aronovim spojem i dobijena su pokazivanja vatmetara 120 W i 20 W. Kolika je aktivna snaga potrošača?

Rešenje: 100 W

Zadaci_ID: 98

Aktivna snaga trofaznog potrošača priključenog na trofazni četvorožični sistem meri se jednim vatmetrom.

Nazivna vrednost faktora snage potrošača iznosi 0,5 a upotrebljeni vatmetar se može smatrati dovoljno tačnim.

Kolike su sigurne granice greške merenja ako se zna da se fazne struje ne razlikuju za više od 0,5 % od nazivne struje, a fazni uglovi ne razlikuju za više od 1,5° od nazivne faze?

Rešenje: 3,4 %

$$G_p = \frac{2}{3} \left(\frac{G_I}{I} + |\tan \varphi| G_\varphi \right) = \frac{2}{3} \left(\frac{G_I}{I} + \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} G_\varphi \right)$$

Zadaci_ID: 99

Pri merenju snage trofaznog simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 91$ pod. i $\alpha_2 = -86$ pod. Skale vatmetara imaju 100 podeljaka.

Kolike su sigurne granice grešaka merenja aktivne snage ako su vatmetri klase tačnosti 0,2 ?

Rešenje: 8,0 %

$$\frac{G_P}{P} = \left[\left| \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} k_{lW} \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_1} \right| + \left| \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} k_{lW} \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_2} \right| \right] = \frac{2\alpha_{\max}}{\alpha_1 + \alpha_2} k_{lW} (\%)$$

Zadaci_ID: 81

Pri merenju snage trofaznog simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 80$ pod. i $\alpha_2 = -75$ pod. Vatmetri imaju pun otklon od 100 podeljaka pri izmerenoj snazi od 2 kW.

Kolika je aktivna snaga potrošača ?

Rešenje: 100 W

$$P = \frac{P_{1\max}}{\alpha_{1\max}} \alpha_1 + \frac{P_{2\max}}{\alpha_{2\max}} \alpha_2$$

Zadaci_ID: 79

Pri merenju snage trofaznog simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 91$ pod. i $\alpha_2 = -86$ pod. Vatmetri imaju pun otklon od 100 podeljaka pri izmerenoj snazi 2 kW.

Kolike su sigurne granice greške merenja aktivne snage ako su vatmetri klase tačnosti 0,2 ?

Rešenje: 8,0 %

$$\frac{G_P}{P} = \frac{\left(\frac{k_{lW1}}{100} P_{1\max} + \frac{k_{lW2}}{100} P_{2\max} \right)}{\left(\frac{P_{1\max}}{\alpha_{1\max}} \alpha_1 + \frac{P_{2\max}}{\alpha_{2\max}} \alpha_2 \right)} \cdot 100 (\%)$$

Zadaci_ID: 82

Pri merenju snage trožičnog, trofaznog, simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 80$ pod. i $\alpha_2 = -75$ pod.

Koliki je faktor snage potrošača ?

Rešenje: 0,019

$$\xi_1 = \frac{P_2}{P_1} ; \quad \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+3\left(\frac{1-\xi}{1+\xi}\right)^2}}$$

Zadaci_ID: 80

Pri merenju faktora snage trofaznog simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 80$ pod. i $\alpha_2 = -75$ pod. Vatmetri imaju pun otklon od 100 podeljaka.

Kolike su sigurne granice greške merenja faktora snage ako su vatmetri klase tačnosti 0,2 ?

Rešenje: 0,0015

$$\xi = \frac{P_2}{P_1} ; \quad G_{\cos \varphi} \leq \frac{3}{4} \frac{|\xi|(1-\xi)}{(\xi^2 - \xi + 1)^{3/2}} \left\{ \frac{kl_{W1}}{100} \frac{\alpha_{1\max}}{\alpha_1} + \frac{kl_{W2}}{100} \frac{\alpha_{2\max}}{|\alpha_2|} \right\}$$

Zadaci_ID: 84

Pri merenju faznog ugla trofaznog simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 80$ pod. i $\alpha_2 = -75$ pod. Vatmetri imaju pun otklon od 100 podeljaka.

Koliki je fazni ugao potrošača ?

Rešenje: 89°

$$\xi = \frac{P_2}{P_1} ; \quad \varphi = \text{Arccos} \left(\frac{1}{\sqrt{1+3\left(\frac{1-\xi}{1+\xi}\right)^2}} \right)$$

Zadaci_ID: 83

Pri merenju faznog ugla trofaznog simetričnog potrošača metodom dva vatmetra dobijena su skretanja $\alpha_1 = 80$ pod. i $\alpha_2 = -75$ pod. Vatmetri imaju pun otklon od 100 podeljaka.

Kolike su sigurne granice greške merenja faznog ugla ako su vatmetri klase tačnosti 0,2 ?

Rešenje: $0,085^\circ$

$$\xi = \frac{P_2}{P_1} ; G_{\cos \varphi} \leq \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{|\xi|}{(\xi^2 - \xi + 1)} \left\{ \frac{kl_{W1}}{100} \frac{\alpha_{1 \max}}{\alpha_1} + \frac{kl_{W2}}{100} \frac{\alpha_{2 \max}}{|\alpha_2|} \right\}$$

Zadaci_ID: 46

Aktivna snaga trofaznog, trožičnog, približno simetričnog potrošača meri se pomoću dva jednaka vatmetra (Aronova veza). Upotrebljeni su vatmetri klase tačnosti 0,1 a njihova skretanja su približno na polovini skale.

Oceniti sigurne granice greške merenja ako se zna da je faktor snage potrošača približno 0,02.

Rešenje: 6 %

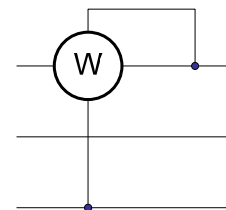
$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 2P_{\max} kl_W \frac{1}{100}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{2P_{\max} kl_W}{\sqrt{3}UI \cos \varphi} = \frac{2kl_W}{\sqrt{3} \cos \varphi} \quad (\%) \quad (\text{jer je : } P_1 \approx P_2 \approx UI \cos \pi/3 \approx \frac{1}{2} P_{\max})$$

Zadaci_ID: 34

Reaktivna snaga trofaznog, trožičnog, simetričnog potrošača meri se jednim vatmetrom. Nepažnjom, šema veza je bila kao na slici.

Kolika sistematska greška merenja reaktivne snage nastaje zbog pogrešnog vezivanja ako je faktor snage potrošača 0,9?



Rešenje: 129 %

$$G = \frac{1}{2} \left(\sqrt{3} \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} - 1 \right)$$

Zadaci_ID: 11

Za merenje impedanse potrošača, čiji je aktivni deo poznat i iznosi 300Ω , koristi se U/I metoda (voltmetar vezan paralelno sa impedansom).

Koliki je moduo impedanse ako je na instrumentima očitano 10 V i 10 mA , a unutrašnja otpornost voltmetra iznosi $10 \text{ k}\Omega$?

Rešenje: $1,035 \text{ k}\Omega$

$$Z_x = Z_m \sqrt{\frac{1 + 2 \frac{R_x}{R_V}}{1 - \left(\frac{Z_m}{R_V}\right)^2}}$$

Zadaci_ID: 90

Za merenje impedanse potrošača, čiji je faktor snage poznat i iznosi $0,05$, koristi se U/I metoda (voltmetar vezan paralelno sa impedansom).

Koliki je moduo impedanse ako je na instrumentima očitano 10 V i 10 mA , a unutrašnja otpornost voltmetra iznosi $10 \text{ k}\Omega$?

Rešenje: $1,010 \text{ k}\Omega$

$$Z_x = \frac{1}{1 - \left(\frac{Z_m}{R_V}\right)^2} \left[\left(\frac{Z_m}{R_V}\right) \cos \varphi + \sqrt{1 - \left(\frac{Z_m}{R_V}\right)^2 (1 - \cos^2 \varphi)} \right] Z_m$$

Komentar: Vidi se uticaj faktora snage impedanse na faktor korekcije.

Zadaci_ID: 88

Za merenje impedanse potrošača, čiji je aktivni deo poznat i iznosi 300Ω , koristi se U/I metoda (ampermetar vezan na red sa impedansom).

Koliki je moduo impedanse ako je na instrumentima očitano 10 V i 10 mA , a unutrašnja otpornost ampermetra iznosi 300Ω ?

Rešenje: 854Ω

$$Z_x = Z_m \sqrt{1 - \left[\left(\frac{R_a + R_x}{Z_m} \right)^2 - \left(\frac{R_x}{Z_m} \right)^2 \right]}$$

Zadaci_ID: 91

Za merenje impedanse potrošača, čiji je faktor snage poznat i iznosi $0,05$, koristi se U/I metoda (ampermetar vezan na red sa impedansom).

Koliki je moduo impedanse ako je na instrumentima očitano 10 V i 10 mA , a unutrašnja otpornost ampermetra iznosi 300Ω ?

Rešenje: $0,939 \text{ k}\Omega$

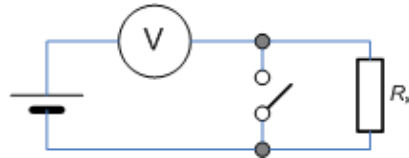
$$Z_x = \left[\sqrt{1 - \left(\frac{R_A}{Z_m} \right)^2 (1 - \cos^2 \varphi)} - \left(\frac{R_A}{Z_m} \right) \cos \varphi \right] Z_m$$

Komentar: Vidi se uticaj faktora snage impedanse na faktor korekcije.

Zadaci_ID: 106

Za merenje otpornosti ommetarskom metodom upotrebljen je voltmetar sa kretnim kalemom, dometa 15 V i klase tačnosti 1.

Kolike su sigurne granice greške merenja ako je pokazivanje voltmetra pri zatvorenom prekidaču 10 V, a pri otvorenom 6 V?



Rešenje: 10 %

$$G = \frac{\frac{U_1}{U_2}}{\frac{U_1}{U_2} - 1} k_V \left(\frac{U_{\max}}{U_1} + \frac{U_{\max}}{U_2} \right)$$

Zadaci_ID: 64

Koliku otpornost ima otpornik preko koga se kondenzator od 80 nF isprazni na polovinu početnog napona za 15,3 s? Kada se otpornik ukloni, kondenzator se isprazni na polovinu početnog napona za 62 s.

Rešenje: 366 MΩ

$$R_x = \frac{T_0}{\frac{T_0}{T_x} - 1} \frac{1}{C \ln 2}$$

Zadaci_ID: 49

Za merenje nepoznate otpornosti metodom poređenja na raspolaganju su izvor konstantne struje, etalon otpornosti od 1 kΩ i voltmetar unutrašnje otpornosti od 5 kΩ.

Kolika je nepoznata otpornost ako napon na otporniku nepoznate otpornosti iznosi 2 V a na etalon-otporniku iznosi 1 V?

Rešenje: 2,5 kΩ

$$R_x = \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{U_x}{U_N} \right) \frac{R_N}{R_V}} \frac{U_x}{U_N} R_N$$

Zadaci_ID: 26

Induktivnost kalema merena je U/I metodom. U jednosmernom režimu rada izmerene su vrednosti 10 mA i 40 V, a u naizmeničnom, pri frekvenciji od 50 Hz, izmereno je 10 mA i 50 V.

Kolika je induktivnost kalema?

Rešenje: 9,5 H

Zadaci_ID: 27

Induktivnost kalema merena je ampermetrom, voltmetrom i vatmetrom, pri frekvenciji od 50 Hz. Izmerene su vrednosti od 10 mA, 50 V i 0,1 W.

Kolika je induktivnost kalema?

Rešenje: 15,6 H

Zadaci_ID: 28

Induktivnost kalema merena je ampermetrom opsega 10 mA, voltmetrom opsega 100 V i vatmetrom sa opsezima 10 mA & 100 V načinjenog za faktor snage 0,2. Klasa tačnosti upotrebljenih instrumenata je 1,5. Izmerene su vrednosti od 10 mA, 25 V i 0,1 W.

Kolike su sigurne granice greške merenja induktivnosti kalema?

Rešenje: 8,9 %

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - \frac{P^2}{I^4}}$$

$$G_{L\%} = \frac{1}{\frac{U^2}{I^2} - \frac{P^2}{I^4}} \left[\frac{U^2}{I^2} G_{U\%} + \left| -\frac{U^2}{I^2} + \frac{2P^2}{I^4} \right| G_{I\%} + \frac{P^2}{I^4} G_{P\%} \right] =$$

$$= \frac{1}{1 - \cos^2 \varphi} \left[G_{U\%} + \left| -1 + 2 \cos^2 \varphi \right| G_{I\%} + \cos^2 \varphi G_{P\%} \right], \quad \text{gde je} \quad \cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

Zadaci_ID: 29

Kapacitivnost elektrolitskog kondenzatora merena je miliampermetrom dometa 15 mA i klase tačnosti 1,5 i voltmetrom dometa 3 V i klase tačnosti 1. Izmerene su vrednosti od 12 mA i 2,4 V.

Kolike su sigurne granice greške merenja kapacitivnosti kondenzatora?

Rešenje: 3,1 %

Zadaci_ID: 30

Kapacitivnost elektrolitskog kondenzatora merena je U/I metodom. Izmerene su vrednosti od 12 mA i 2,4 V.

Kolika je minimalna vrednost napona polarizacije?

Rešenje: 3,4 V

Zadaci_ID: 35

Kapacitivnost elektrolitskog kondenzatora meri se U/I metodom. Paralelno merenom kondenzatoru nalazi se redna veza voltmetra i kondenzatora dovoljno velike kapacitivnosti. Na miliampermetru i voltmetru su očitane vrednosti 10 mA i 0,66 V.

Kolika sistematska greška merenja kapacitivnosti nastaje ako se ne vodi računa o tome da je unutrašnja otpornost voltmetra konačna i da iznosi 1 kΩ?

Rešenje: 0,22 %

$$\Gamma = \frac{1 - \sqrt{1 - (Z_m / R_V)^2}}{\sqrt{1 - (Z_m / R_V)^2}} \cdot 100 \quad (\%)$$

Zadaci_ID: 92

Kapacitivnost elektrolitskog kondenzatora meri se U/I metodom. Paralelno merenom kondenzatoru nalazi se redna veza voltmetra dovoljno velike unutrašnje otpornosti i kondenzatora. Na miliampermetru i voltmetru su očitane vrednosti 10 mA i 0,66 V.

Kolika sistematska greška merenja kapacitivnosti nastaje ako se ne vodi računa o tome da je kapacitivnost kondenzatora vezanog na red sa voltmetrom konačna i da iznosi 1 μF?

Rešenje: 0 %

8 OSCILOSKOPI

Zadaci_ID: 101

Talasni oblik napona $u(t) = U_m \sin(150 t)$ posmatra se osciloskopom.

Koji položaj preklopnika za horizontalnu osetljivost treba izabrati da bi se na ekranu osciloskopa videla približno jedna 0,25 periode posmatranog signala? (Ekran osciloskopa je podeljen po širini na deset podeljaka).

Rešenje: 1 ms/pod

9 DIGITALNA MERENJA

Zadaci_ID: 8

Perioda signala meri se digitalnim instrumentom. Rezultat merenja je 123,45 ms.

Kolike su granice greške merenja ako se frekvencija osnovnog oscilatora nalazi u granicama $10 \text{ MHz} \pm 100 \text{ Hz}$?

Napomena: ppm $\sim 10^{-6}$.

Rešenje: 91 ppm

$$G = \frac{1}{N} + \frac{\Delta f_0}{f_0}$$

Zadaci_ID: 25

Frekvencija signala meri se digitalnim instrumentom. Rezultat merenja je 123,45 Hz.

Kolike su sigurne granice greške merenja ako se frekvencija osnovnog oscilatora nalazi u granicama $10 \text{ MHz} \pm 10 \text{ Hz}$?

Napomena: ppm $\sim 10^{-6}$.

Rešenje: 82 ppm

$$G = \frac{1}{N} + \frac{\Delta f_0}{f_0}$$

Zadaci_ID: 45

Za merenje frekvencije od približno 2 Hz na raspolaganju je digitalni instrument čiji generator osnovne frekvencije radi sa frekvencijom od 1 MHz, čija vremenska baza može da se bira u koracima $10^0, 10^1, 10^2, \dots, 10^6$, i čiji displej ima pet dekadnih cifara (može da prikaže cele brojeve od 0 do 99 999). Može se smatrati da se osnovna frekvencija poznaje dovoljno tačno.

Kolike su najmanje moguće granice greške merenja date frekvencije ovakvim instrumentom?

Napomena: ppm $\sim 10^{-6}$.

Rešenje: 20 ppm

$$N = 10^{-d} f_0 T_x \leq N_{\max} \quad ; \quad G = 1/N$$

Zadaci_ID: 62

Counter Timer-om se meri fazna razlika između dva prostoperiodična signala frekvencije 2 kHz. Frekvencija osnovnog oscilatora je 10 MHz, a sadržaj brojača je 1000.

Kolika je merena fazna razlika?

Rešenje: 1,26 rad

$$\varphi = 2\pi fNT_0$$

Zadaci_ID: 107

Jednosmerni napon meri se A/D konvertorom, sa dvostrukim nagibom. Integracija merenog napona traje 100 ms, a referentnog napona, od 1,2 V, traje 99,7 ms.

Koliki je mereni napon?

Rešenje: 1,196 V

$$U = \frac{t}{T} U_{ref}$$