

LABORATORIJSKA VJEŽBA MJERENJE PARAMETARA ČETVEROPOLA

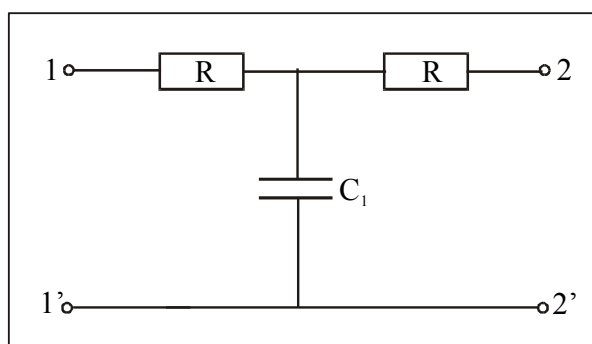
Cilj ove vježbe je da se na primjeru dva simetrična četveropola, koristeći ogled praznog hoda i kratkog spoja, mjerenjem odrede parametri četveropola.

Jednadžbe koje povezuju ulazne ($\underline{U}_1, \underline{I}_1$) i izlazne ($\underline{U}_2, \underline{I}_2$) veličine četveropola predstavljaju različite sisteme jednadžbi četveropola. Naprimjer, Z, Y i A sistemi jednadžbi četveropola glase:

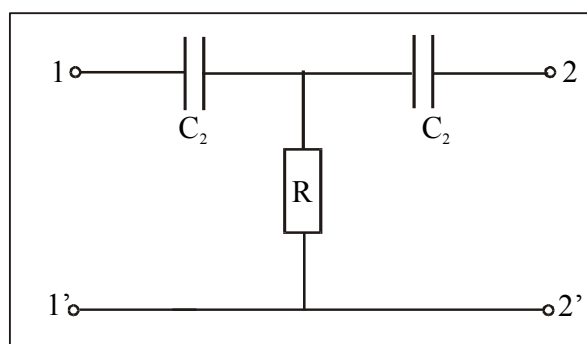
$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{Z}_{11} \underline{I}_1 + \underline{Z}_{12} \underline{I}_2 & \underline{I}_1 &= \underline{Y}_{11} \underline{U}_1 + \underline{Y}_{12} \underline{U}_2 & \underline{U}_1 &= \underline{A} \underline{U}_2 - \underline{B} \underline{I}_2 \\ \underline{U}_2 &= \underline{Z}_{21} \underline{I}_1 + \underline{Z}_{22} \underline{I}_2 & \underline{I}_2 &= \underline{Y}_{21} \underline{U}_1 + \underline{Y}_{22} \underline{U}_2 & \underline{I}_1 &= \underline{C} \underline{U}_2 - \underline{D} \underline{I}_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Vrijednosti pojedinih parametara četveropola mogu se odrediti mjerenjem.

Zadatak je potrebno uraditi za dvije konfiguracije četveropola (slika 1.)



Četveropol broj 1

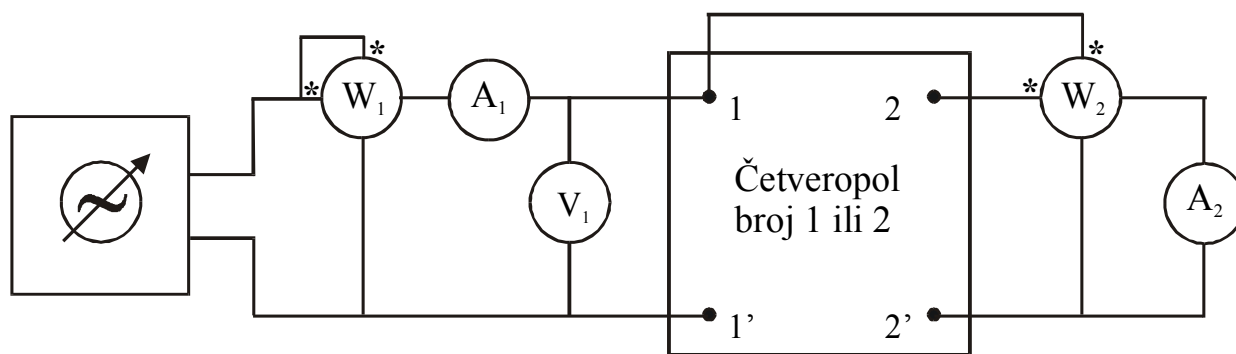


Četveropol broj 2

Slika 1.

Ogled kratkog spoja četveropola

Za ogled kratkog spoja četveropola potrebno je spojiti električnu shemu prema slici 2.



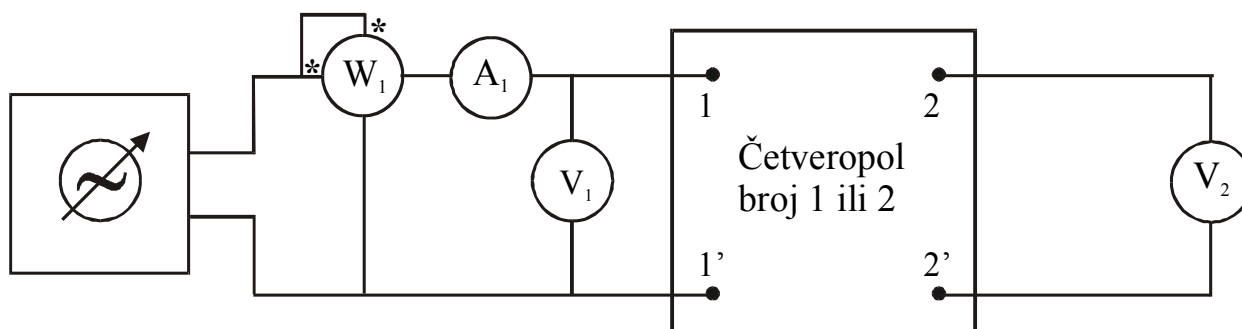
Slika 2. Shema kruga za ogled kratkog spoja četveropola

Ako su izlazni krajevi četveropola (2, 2') kratko spojeni, tada je napon $\underline{U}_2 = 0$, te iz jednadžbi (1) slijedi da je:

$$\underline{Y}_{11} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_1} \quad \underline{Y}_{21} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{U}_1} \quad \underline{B} = -\frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_2} \quad \underline{D} = -\frac{\underline{I}_1}{\underline{I}_2} \quad (2)$$

Ogled praznog hoda četveropola

Za ogled praznog hoda četveropola potrebno je spojiti električnu shemu prema slici 3.



Slika 3. Shema kruga za ogled praznog hoda četveropola

Ako su izlazni krajevi četveropola (2, 2') otvoreni, tada je struja $\underline{I}_2 = 0$, te iz jednadžbi (1) slijedi da je:

$$\underline{Z}_{11} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} \quad \underline{Z}_{21} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{I}_1} \quad \underline{A} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{U}_2} \quad \underline{C} = \frac{\underline{I}_1}{\underline{U}_2} \quad (3)$$

Ako je četveropol simetričan (kao što je slučaj u ovoj laboratorijskoj vježbi), za određivanje svih Z, Y i A parametara četveropola potrebno je napraviti manji broj mjerenja, s obzirom da za simetričan četveropol vrijedi:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{11} &= \underline{Z}_{22} & \underline{Y}_{11} &= \underline{Y}_{22} & \underline{A} &= \underline{D} \\ \underline{Z}_{12} &= \underline{Z}_{21} & \underline{Y}_{12} &= \underline{Y}_{21} & & \end{aligned} \quad (4)$$

Popis opreme

- Regulacioni izvor izmjeničnog napona
- Analogni multimeter MI 7030 Iskra (V_1)
- Analogni watmetar HEW –a (W_1 i W_2)
- Digitalni multimeter Peak teach 431RS (A_1)
- Digitalni multimeter Voltcraft 4095 (A_2 i V_2)
- Simetrični četveropol (slika 1. $R = 300 \Omega$, $C = 16 \mu\text{F}$)

Opis vježbe

Spojiti četveropol broj 1 i instrumente prema shemi mjerenja za ogled kratkog spoja (slika 2.). Podesiti na regulacionom izvoru napajanja napon od 100 V (očitanje na voltmetru V_1). Očitati ostale instrumente u krugu i podatke unijeti u tabelu.

Odvojiti električni krug od izvora napajanja i spojiti četveropol i instrumente prema shemi mjerenja za ogled praznog hoda (slika 3.). To se najlakše postiže tako što se odspoji watmetar W_2 , a univerzalni instrument koji je u prvom spoju služio kao ampermetar A_2 podesi da služi kao voltmetar (V_2). Ponovo priključiti električni krug na izvor napajanja, podesiti napon na 100 V, očitati sve instrumente u krugu i podatke unijeti u tabelu.

Isti postupak ponoviti za četveropol broj 2.

Obrada rezultata mjerenja

Rezultate mjerenja unijeti u tabelu broj 1.

Tabela 1.

	KRATKI SPOJ					PRAZNI HOD			
Instrument	V ₁	W ₁	A ₁	W ₂	A ₂	V ₁	W ₁	A ₁	V ₂
Veličina	U _{1k} (V)	P _{1k} (W)	I _{1k} (mA)	P _{2k} (W)	I _{2k} (mA)	U ₁₀ (V)	P ₁₀ (W)	I ₁₀ (mA)	U ₂₀ (V)
Četveropol broj 1									
Četveropol broj 2									

Vodeći računa da je električni krug radno-kapacitivan, na osnovu rezultata mjerenja iz tabele 1 računaju se fazni uglovi kao:

$$\varphi_{1k} = \arccos \frac{P_{1k}}{U_{1k} I_{1k}} \quad \varphi_{10} = \arccos \frac{P_{10}}{U_{10} I_{10}} \quad \varphi_{2k} = \arccos \frac{P_{2k}}{U_{1k} I_{2k}}$$

Z parametri četveropola se računaju kao:

$$\text{Četveropol broj 1} \quad \underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} = \frac{U_{10}}{I_{10}} \angle -\varphi_{10} \quad \underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = \frac{U_{20}}{I_{10}} \angle -90^\circ$$

$$\text{Četveropol broj 2} \quad \underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} = \frac{U_{10}}{I_{10}} \angle -\varphi_{10} \quad \underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = \frac{U_{20}}{I_{10}} \angle 0^\circ$$

Y parametri četveropola se računaju kao:

$$\text{Četveropol broj 1} \quad \underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} = \frac{I_{1k}}{U_{1k}} \angle \varphi_{1k} \quad \underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = \frac{I_{2k}}{U_{1k}} \angle 180^\circ - \varphi_{2k}$$

$$\text{Četveropol broj 2} \quad \underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} = \frac{I_{1k}}{U_{1k}} \angle \varphi_{1k} \quad \underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = \frac{I_{2k}}{U_{1k}} \angle -\varphi_{2k}$$

A parametri četveropola se računaju kao:

$$\text{Četveropol broj 1} \quad A = D = \frac{U_{10}}{U_{20}} \angle 90^\circ - \varphi_{10} \quad B = \frac{U_{1k}}{I_{2k}} \angle \varphi_{2k} \quad C = \frac{I_{10}}{U_{20}} \angle 90^\circ$$

$$\text{Četveropol broj 2} \quad A = D = \frac{U_{10}}{U_{20}} \angle -\varphi_{10} \quad B = \frac{U_{1k}}{I_{2k}} \angle \varphi_{2k} + 180^\circ \quad C = \frac{I_{10}}{U_{20}} \angle 0^\circ$$

Za određivanje faznih uglova Z i A parametara korištena je činjenica da je poznata struktura i vrsta elemenata četveropola.

Rezultate proračuna Z, Y i A parametara na osnovu mjerenja za oba četveropola prikazati u tabeli 2.

Računskim putem, na osnovu poznatih elemenata i strukture četveropola, odrediti "tačne" vrijednosti Z, Y i A parametara i unijeti ih u tabelu 3.

Uporediti rezultate iz tabele 2 i tabele 3 i objasniti eventualna odstupanja.

Tabela 2. Parametri dobiveni na osnovu mjerenja

	ČETVEROPOL 1	ČETVEROPOL 2
$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} [\Omega]$		
$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} [\Omega]$		
$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} [\text{mS}]$		
$\underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} [\text{mS}]$		
$A = D$		
$B [\Omega]$		
$C [\text{mS}]$		

Tabela 3. Parametri dobiveni na osnovu proračuna

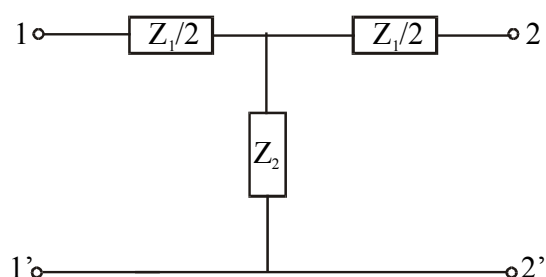
	ČETVEROPOL 1	ČETVEROPOL 2
$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} [\Omega]$		
$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} [\Omega]$		
$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} [\text{mS}]$		
$\underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} [\text{mS}]$		
$A = D$		
$B [\Omega]$		
$C [\text{mS}]$		

Napomena: Proračun parametara za simetričan četveropol (slika 4) vrši se na osnovu sljedećih jednažbi:

$$A = D = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} \quad B = Z_1 \left(1 + \frac{Z_1}{4Z_2} \right) \quad C = \frac{1}{Z_2}$$

$$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} = \frac{Z_1}{2} + Z_2 \quad \underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = Z_2$$

$$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} = \frac{D}{B} \quad \underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = -\frac{1}{B}$$



Slika 4

Univerzitet u Sarajevu
Elektrotehnički fakultet

Električni krugovi I

Prezime i ime: ŠLJIVO AMINA

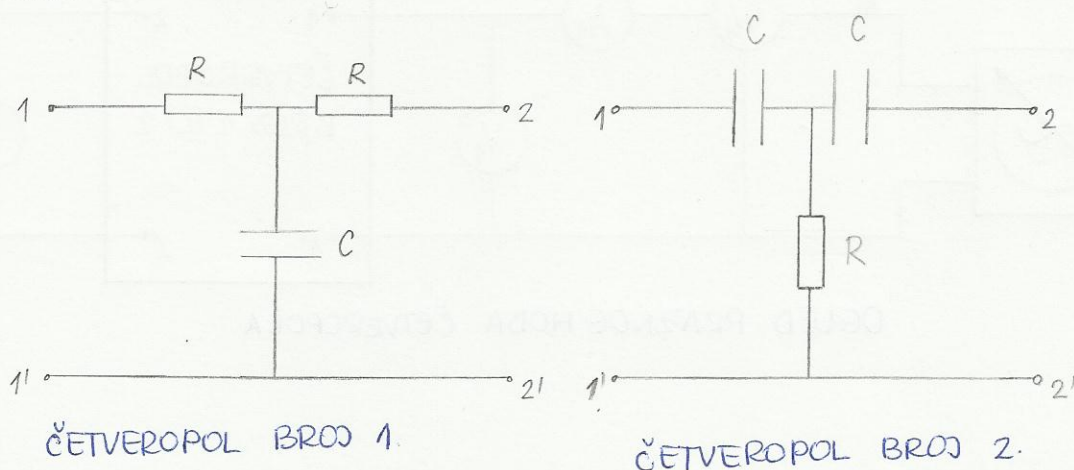
Nastavna grupa: 10

Broj indeksa: 16014

LABORATORIJSKA VJEŽBA BR: 5
IZVJEŠTAJ

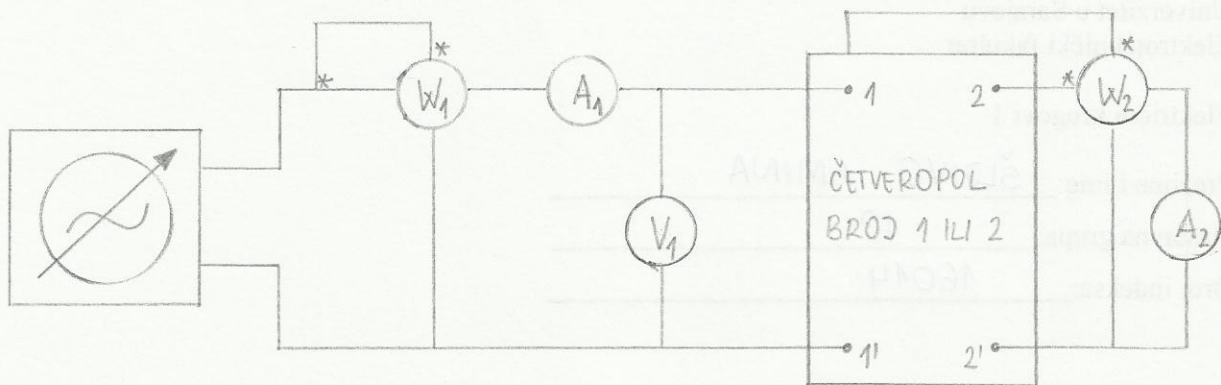
Naziv vježbe: MJERENJE PARAMETARA ČETVEROPOLA

Šema spoja:

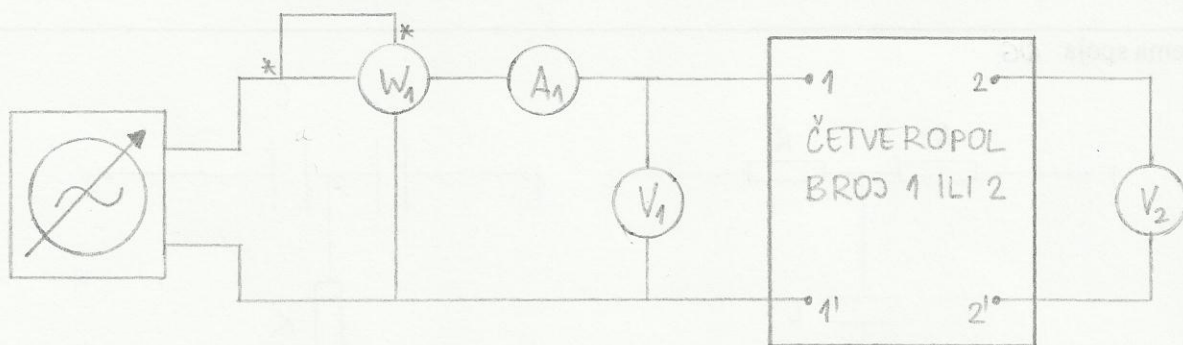


Popis korištene mjerne opreme:

- REGULACIONI IZVOR IZMJENIČNOG NAPONA;
- ANALOGNI MULTIMETAR MI 7043 ISKRA (A_1 I A_2);
- ANALOGNI WATMETAR HEW- α (W_1 I W_2);
- DIGITALNI MULTIMETAR PEAK TECH 451RS (V_1);
- DIGITALNI MULTIMETAR VOLT CRAFT VC820 (V_2);
- SIMETRIČNI ČETVEROPOL;
- SPOJNI PROVOĐNICI;
- OTPORNICI METREL (SA KLIZAČEM, $R=300\Omega$);
- DVA KONDENZATORA KAPACITETA PO $8\mu F$.



OGLED KRATKOG SPOJA ČETVEROPOLA



OGLED PRAZNOG HODA ČETVEROPOLA

Kratak opis vježbe:

SPOJILI SMO ČETVEROPOL BROJ 2 I INSTRUMENTE PREMA SHEMI ZA OGLED KRATKOG SPOJA. NA REGULACIONOM IZVORU NAPAJANJA PODESILI SMO NAPON OD 100V KOJI SMO OČITALI NA VOLTMETRU V_1 . OČITALI SMO OSTALE INSTRUMENTE U KRUGU I PODATKE UNIJELI U TABELU. ZATIM SMO ODVOJILI ELEKTRIČNI KRUG OD IZVORA NAPAJANJA I SPOJILI ČETVEROPOLI INSTRUMENTE PREMA SHEMI ZA OGLED PRAZNOG HODA. TO SMO UČINILI TAKO ŠTO SMO ODSPOJILI WATMETAR W_2 I AMPERMETAR A_2 , A SPOJILI VOLTMETAR V_2 . PONOVO SMO PRIKLUČILI ELEKTRIČNI KRUG NA IZVOR NAPAJANJA, PODESILI NAPON NA 100V, OČITALI INSTRUMENTE U KRUGU I PODATKE UNIJELI U TABELU. ISTI POSTUPAK SMO PONOVLILI ZA ČETVEROPOL BROJ 1.

Priprema za vježbu – proračun: $R=300\ \Omega$; $C=16\ \mu\text{F}$; $U=100\text{V}$; $\omega=314\text{Hz}$

ČETVEROPOL BR.1 (KRATAK SPOJ)

$$\underline{Z}_{ul} = R + \frac{R \cdot \frac{-j}{\omega C}}{R - \frac{j}{\omega C}} = 300 + \frac{300 \cdot (-j199)}{300 - j199} = 391,67 - j138,19\ (\Omega)$$

$$\underline{I}_1 = \frac{U}{\underline{Z}_{ul}} = \frac{100\text{V}}{(391,67 - j138,19)\ (\Omega)} = 0,123 + j0,08\ (\text{A})$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_1 \cdot \frac{\frac{j}{\omega C}}{R - \frac{j}{\omega C}} = (0,123 + j0,08) \cdot \frac{-j199}{300 - j199} = 0,11 - j0,09\ (\text{A}) ; \underline{U}_2 = 0\text{V}$$

$$\underline{S}_1 = \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* = 100(0,123 - j0,08) = 23 - j8 \Rightarrow P_1 = \text{Re}\{\underline{S}_1\} = 23\text{W} \quad \left. \begin{array}{l} \text{AKTIVNA} \\ \text{SNAGA} \end{array} \right\}$$

$$\underline{S}_2 = \underline{U}_2 \cdot \underline{I}_2^* = 100(0,11 + j0,09) = 11 + j9 \Rightarrow P_2 = \text{Re}\{\underline{S}_2\} = 11\text{W}$$

EFEKTIVNE VRIJEDNOSTI PRORAČUNATIH VELIČINA SU:

$$U_1 = 100\text{V} , U_2 = 0\text{V} , I_1 = 0,124\text{A} , I_2 = 0,142\text{A}$$

ČETVEROPOL BR.2 (KRATAK SPOJ)

$$\underline{Z}_{ul} = \frac{-j}{\omega C} + \frac{R \cdot \frac{-j}{\omega C}}{R - \frac{j}{\omega C}} = 91,67 - j337,19\ (\Omega)$$

$$\underline{I}_1 = \frac{U}{\underline{Z}_{ul}} = \frac{100}{91,67 - j337,19} = 0,08 + j0,28\ (\text{A})$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_1 \cdot \frac{R}{R - \frac{j}{\omega C}} = (0,08 + j0,28) \cdot \frac{300}{300 - j199} = -0,07 + j0,23\ (\text{A}) ; \underline{U}_2 = 0\text{V}$$

$$\underline{S}_1 = \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* = 100(0,08 - j0,28) = 8 - j28 \Rightarrow P_1 = 8\text{W}$$

$$\underline{S}_2 = \underline{U}_2 \cdot \underline{I}_2^* = 100(-0,07 - j0,23) = -7 - j23 \Rightarrow P_2 = -7\text{W}$$

EFEKTIVNE VRIJEDNOSTI :

$$U_1 = 100\text{V} , U_2 = 0\text{V} , I_1 = 0,291\text{A} , I_2 = 0,240\text{A}$$

OSTATAK PRORAČUNA JE NA POLEDINI

ČETVEROPOL BR. 1 (PRAZAN HOD)

$$Z_{ul} = R - \frac{j}{\omega C} = 300 - j199 \text{ } (\Omega)$$

$$\underline{I}_1 = \frac{U}{Z_{ul}} = \frac{100}{300 - j199} = 0,23 + j0,15 \text{ (A)} \quad ; \quad \underline{I}_2 = 0 \text{ A}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{I}_1 \cdot \frac{-j}{\omega C} = (0,23 + j0,15) (-j199) = 30,65 - j45,96 \text{ (V)}$$

$$\underline{S}_1 = \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* = 100 (0,23 - j0,15) = 23,1 - j15,4 \Rightarrow P_1 = 23,1 \text{ W}$$

EFEKTIVNE VRIJEDNOSTI :

$$U_1 = 100 \text{ V} ; U_2 = 55,24 \quad ; \quad I_1 = 0,288 \text{ A} \quad ; \quad I_2 = 0 \text{ A}$$

ČETVEROPOL BR. 2 (PRAZAN HOD)

$$Z_{ul} = R - \frac{j}{\omega C} = 300 - j199 \text{ } (\Omega) \quad ; \quad \underline{I}_1 = \frac{U}{Z_{ul}} = \frac{100}{300 - j199} = 0,23 + j0,15 \text{ (A)} \quad ; \quad \underline{I}_2 = 0 \text{ A}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{I}_1 \cdot R = (0,23 + j0,15) \cdot 300 = 69,3 + j46,2 \text{ (V)}$$

$$\underline{S}_1 = \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* = 100 \cdot (0,23 - j0,15) = 23,1 - j15,4 \Rightarrow P_1 = 23,1 \text{ W}$$

EFEKTIVNE VRIJEDNOSTI :

$$U_1 = 100 \text{ V} ; U_2 = 83,29 \text{ V} \quad ; \quad I_1 = 0,274 \quad ; \quad I_2 = 0 \text{ A}$$

Rezultati mjerenja i obrada rezultata mjerenja:

INSTRUMENT	KRATKI SPOJ					PRAZNI HOD			
	V ₁	W ₁	A ₁	W ₂	A ₂	V ₁	W ₁	A ₁	V ₂
VELIČINA	U _{1K} (V)	P _{1K} (W)	I _{1K} (mA)	P _{2K} (W)	I _{2K} (mA)	U ₁₀ (V)	P ₁₀ (W)	I ₁₀ (mA)	U ₂₀ (V)
ČETVEROP. BR. 1.	100,1	23	240	10	120	100,1	23,5	275	54,4
ČETVEROP. BR. 2.	99,3	8	280	7	240	100,9	23,5	270	84,7

$$\varphi_{1K} = \arccos \frac{P_{1K}}{U_{1K} \cdot I_{1K}} = \arccos \frac{23}{100,1 \cdot 0,24} = 16,8^\circ$$

$$\varphi_{10} = \arccos \frac{P_{10}}{U_{10} \cdot I_{10}} = \arccos \frac{23,5}{100,1 \cdot 0,275} = 31,38^\circ$$

$$\varphi_{2K} = \arccos \frac{P_{2K}}{U_{1K} \cdot I_{2K}} = \arccos \frac{10}{100,1 \cdot 0,12} = 33,64^\circ$$

ČETVEROPOL BR. 1. $\varphi_{1K} = 73,28^\circ$
 ČETVEROPOL BR. 2. $\varphi_{10} = 30,39^\circ$
 $\varphi_{2K} = 72,92^\circ$

→ ČETVEROPOL BROJ 1 (PARAMETRI IZRAČUNATI POMODU IZMJERENIH VRIJEDNOSTI):

$$Z_{11} = Z_{22} = \frac{U_{10}}{I_{10}} e^{-j\varphi_{10}} = 364 e^{-j31,38^\circ}; \quad Z_{12} = Z_{21} = \frac{U_{20}}{I_{10}} e^{-j90^\circ} = 197,82 e^{-j90^\circ}$$

$$Y_{11} = Y_{22} = \frac{I_{1K}}{U_{1K}} e^{j\varphi_{1K}} = 0,0024 e^{j16,8^\circ}; \quad Y_{12} = Y_{21} = \frac{I_{2K}}{U_{1K}} e^{j(180^\circ - \varphi_{2K})} = 0,0012 e^{j146,36^\circ}$$

$$A = D = \frac{U_{10}}{U_{20}} e^{j(90^\circ - \varphi_{10})} = 1,84 e^{j58,62^\circ}; \quad B = \frac{U_{1K}}{I_{2K}} e^{j\varphi_{2K}} = 834,167 e^{j33,64^\circ}$$

$$C = \frac{I_{10}}{U_{20}} e^{j90^\circ} = 0,005 e^{j90^\circ}$$

→ ČETVEROPOL BROJ 2 (PARAMETRI IZRAČUNATI POMODU IZMJERENIH VRIJEDNOSTI):

$$Z_{11} = Z_{22} = \frac{U_{10}}{I_{10}} e^{-j\varphi_{10}} = 373,7 e^{-j30,39^\circ}; \quad Z_{12} = Z_{21} = \frac{U_{20}}{I_{10}} e^{j0^\circ} = 313,7 e^{j0^\circ}$$

$$Y_{11} = Y_{22} = \frac{I_{1K}}{U_{1K}} e^{j\varphi_{1K}} = 0,0028 e^{j73,28^\circ}; \quad Y_{12} = Y_{21} = \frac{I_{2K}}{U_{1K}} e^{j(180^\circ - \varphi_{2K})} = 0,0024 e^{j107,08^\circ}$$

$$A = D = \frac{U_{10}}{U_{20}} e^{-j\varphi_{10}} = 1,19 e^{-j30,39^\circ}; \quad B = \frac{U_{1K}}{I_{2K}} e^{j(\varphi_{1K} + 180^\circ)} = 413,75 e^{j252,92^\circ}$$

$$C = \frac{I_{10}}{U_{20}} e^{j0^\circ} = 0,0032 e^{j0^\circ}$$

→ TAČNE VRIJEDNOSTI Z, Y I A PARAMETARA ZA ČETVEROPOL BR. 1:

$$Z_{11} = Z_{22} = R + (j \frac{1}{\omega C}) = 300 - j199 = 360 e^{-j33,56^\circ}; \quad Z_{12} = Z_{21} = -j \frac{1}{\omega C} = -j199 = 199 e^{-j90^\circ}$$

$$A = D = 1 + \frac{ZR}{-j \frac{1}{\omega C}} = 1 + jR\omega C = 1 + j1,51 = 1,81 e^{j56,48^\circ}$$

$$B = 2R \left(1 + \frac{ZR}{-j \frac{1}{\omega C}} \right) = 600 \left(1 + \frac{300}{-j398} \right) = 600 + j452,26 = 751,36 e^{j37^\circ}$$

$$C = \frac{1}{-j \frac{1}{\omega C}} = j0,005 = 0,005 e^{j90^\circ} \text{ (OSTATAK NA POLEDINI)}$$

Zaključak: UPOREDIMO LI PRORAČUNATE VRIJEDNOSTI SA IZMJERENIM PRIMJETIT ĆEMO MALA ODSUPANJA PROUZROKOVANA NEIDEALNOŠĆU MJERNIH INSTRUMENTATA, NAŠOM NEPRECIZNOŠĆU PRI MJERENJU KAO I GREŠKE ZBOG ZAOKRUŽIVANJA VELIČINA PRI RAČUNANJU. ODREĐENA GREŠKA SE JAVIJA I ZBOG UNUTRAŠNJE OTPOPNOSTI SPOJNIH PROVODNIKA KOJU PRI PRORAČUNU NE UZIMAMO U OBZIR.

$$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} = \frac{D}{B} = \frac{1,81 e^{j56,48^\circ}}{751,36 e^{j37^\circ}} = 0,0024 e^{j19,48^\circ} ; \underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = -\frac{1}{B} = -0,0013 e^{-j37^\circ} = 0,0013 e^{j143^\circ}$$

→ TAČNE VRIJEDNOSTI Z_{ij} I A PARAMETARA ZA ČETVEROPOL BR. 2 :

$$A = D = 1 + \frac{-2j \frac{1}{\omega C}}{Z_R} = 1 - j0,66 = 1,2 e^{-j33,42^\circ} ; B = -2j \frac{1}{\omega C} \left(1 + \frac{-2j \frac{1}{\omega C}}{4R} \right) = -j398 (1 - j0,33) = -132 - j398$$

$$B = 419,32 e^{-j108,35^\circ} = 419,32 e^{j251,65^\circ}$$

$$C = \frac{1}{R} = 0,003 e^{j0^\circ}$$

$$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} = j \frac{1}{\omega C} + R = 300 - j199 = 360 e^{-j33,56^\circ}$$

$$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = R = 300 e^{j0^\circ}$$

$$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} = \frac{D}{B} = \frac{1,2 e^{-j33,42^\circ}}{419,32 e^{j251,65^\circ}} = 0,003 e^{j74,93^\circ}$$

$$\underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = -\frac{1}{B} = -0,0024 e^{j74,93^\circ} = 0,0024 e^{-j254,93^\circ}$$

	ČETVEROPOL 1	ČETVEROPOL 2
$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} (\Omega)$	$364 e^{-j34,38^\circ}$	$373,7 e^{-j30,39^\circ}$
$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} (\Omega)$	$197,82 e^{-j90^\circ}$	$313,7 e^{j0^\circ}$
$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} (\text{ms})$	$2,4 e^{j16,8^\circ}$	$2,8 e^{j73,28^\circ}$
$\underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} (\text{ms})$	$1,2 e^{j146,36^\circ}$	$2,4 e^{j107,08^\circ}$
A = D	$1,84 e^{j58,62^\circ}$	$1,19 e^{j30,39^\circ}$
B (Ω)	$834,167 e^{j33,64^\circ}$	$413,75 e^{j252,92^\circ}$
C (ms)	$5 e^{j90^\circ}$	$3,2 e^{j0^\circ}$

PARAMETRI DOBJENI NA OSNOVU MJERENJA

	ČETVEROPOL BR. 1	ČETVEROPOL BR. 2
$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{22} (\Omega)$	$360 e^{-j33,56^\circ}$	$360 e^{-j33,56^\circ}$
$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} (\Omega)$	$199 e^{-j90^\circ}$	$300 e^{j0^\circ}$
$\underline{Y}_{11} = \underline{Y}_{22} (\text{ms})$	$2,4 e^{j19,48^\circ}$	$3 e^{j74,93^\circ}$
$\underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} (\text{ms})$	$1,3 e^{j143^\circ}$	$2,4 e^{-j254,93^\circ}$
A = D	$1,81 e^{j56,48^\circ}$	$1,2 e^{-j33,42^\circ}$
B (Ω)	$751,36 e^{j37^\circ}$	$419,32 e^{j251,65^\circ}$
C (ms)	$5 e^{j90^\circ}$	$3 e^{j0^\circ}$

PARAMETRI DOBJENI NA OSNOVU PRORAČUNA