

DRŽAVNO NATJECANJE
IZ OSNOVA ELEKTROTEHNIKE I MJERENJA U ELEKTROTEHNICI
šk. godina 2011./2012.

Zaporka:

RJEŠENJA ZADATAKA TEORIJSKOG DIJELA NATJECANJA

Naputak za natjecatelje:

1. Raspoloživo vrijeme za rad je 150 minuta.
2. Rješenja upisati u za to predviđenu tablicu kemijskom olovkom. Upisani rezultati moraju proizlaziti iz priloženog postupka izrade, u suprotnom učenik za taj dio dobiva 0 bodova.
3. Dopuštena je uporaba kalkulatora.
4. Dopuštena je uporaba udžbenika odobrenih od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta.
5. Nije dopuštena uporaba zbirki zadataka.
6. Nije dopuštena uporaba mobitela.
7. Pažljivo čitajte zadatke!

S R E T N O !

Mogući broj bodova: 70

Učinak:

Potpis članova prosudbenog povjerenstva :

1. _____

2. _____

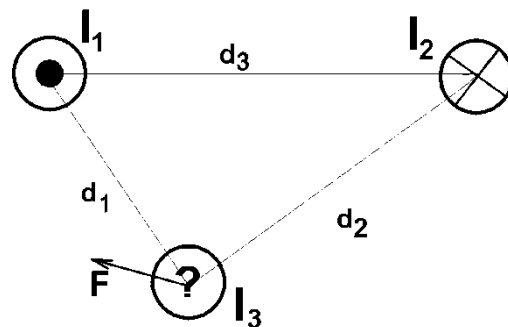
3. _____

Kutina, 26. i 27. travnja 2012.

ZADATAK 1.

Tri vodiča postavljena su u zraku u vrhove pravokutnog trokuta. Treba izračunati silu po metru duljine na vodič i odrediti smjer struje I_3 kroz vodič, tako da sila na vodič ima zadani smjer. Skicirajte vektore.

Zadano je: $I_1=100$ A; $I_2=150$ A; $I_3=70$ A
 $d_1=50$ cm; $d_2=120$ cm; $d_3=130$ cm



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
B_1	$4 \cdot 10^{-5} T$	1	
B_2	$2,5 \cdot 10^{-5} T$	1	
B_{12}	$4,72 \cdot 10^{-5} T$	2	
F/l	$3,3 \frac{mN}{m}$	1	
Skica smjera struje i gustoće magnetskog toka		2	
UKUPNO BODOVA		7	

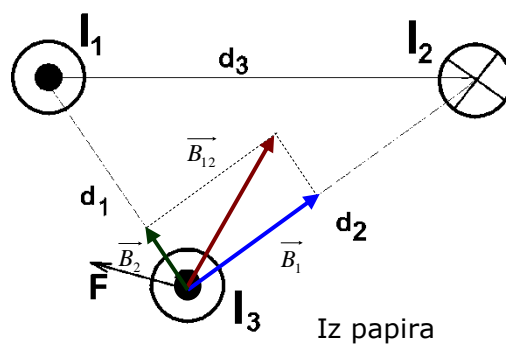
Rješenje 1.:

$$|\vec{B}_1| = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi d_1} = 4 \cdot 10^{-5} T$$

$$|\vec{B}_2| = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi d_2} = 2,5 \cdot 10^{-5} T$$

$$|\vec{B}_{12}| = \sqrt{|\vec{B}_1|^2 + |\vec{B}_2|^2} = 4,72 \cdot 10^{-5} T$$

$$\frac{F}{l} = |\vec{B}_{12}| \cdot I_3 = 3,3 \frac{mN}{m}$$



ZADATAK 2.

Zavojnica s potpuno zatvorenom feromagnetskom jezgrom presjeka $S_{Fe} = 16 \text{ cm}^2$, srednje duljine silnica $l_{Fe} = 40 \text{ cm}$ ima $N = 400$ namotaja. Kroz zavojnicu teče struja $I = 0.32 \text{ A}$ i stvara u jezgri magnetski tok gustoće 0.8 T .

Izračunaj induktivitet zavojnice L , relativnu permeabilnost željeza μ_r pri toj struji i magnetski tok Φ .

Koliki je iznos (apsolutna vrijednost) napona samoindukcije u_s u toj zavojnici, ako u vremenu $\Delta t = 0.1 \text{ s}$ struja linearno padne na nulu. Pretpostavite da je pri tome relativna permeabilnost željeza konstantna.

Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
$L =$	1.6 H	3	
$\mu_r =$	1988.86	1	
$\Phi =$	1.28 mVs	1	
$u_s =$	5.12 V	2	
UKUPNO BODOVA		7	

Rješenje 2.:

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{N^2}{\frac{l_{Fe}}{\mu \cdot S_{Fe}}} = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S_{Fe}}{l_{Fe}}$$

$$\mu = \frac{B}{H} = \frac{B}{\frac{N \cdot I}{l_{Fe}}} = \frac{B \cdot l_{Fe}}{N \cdot I}$$

$$\mu = \frac{0.8 \cdot 0.4}{400 \cdot 0.32} = 0.0025 \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

$$L = \frac{400^2 \cdot 0.0025 \cdot 16 \cdot 10^{-4}}{0.4} = 1.6 \text{ /H}$$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{0.0025}{1.257 \cdot 10^{-6}} = 1988.86$$

$$\Phi = B \cdot S$$

$$\Phi = 0.8 \cdot 16 \cdot 10^{-4} = 1.28 \text{ /mVs}$$

$$u_s = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.6 \frac{-0.32}{0.1} = 5.12 \text{ /V}$$

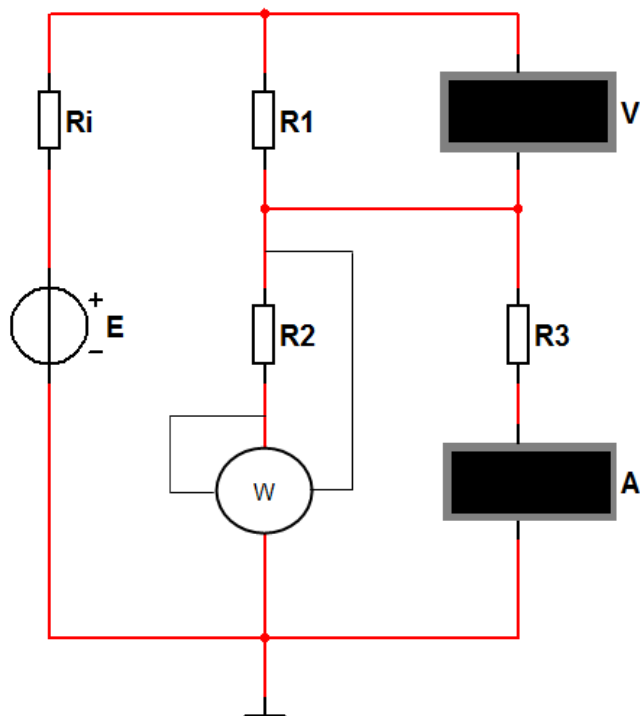
ili

$$u_s = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -400 \frac{-1.28 \cdot 10^{-3}}{0.1} = 5.12 \text{ /V}$$

Napon u_s je pozitivan jer se struja smanjuje i $\Delta I = -0.32 \text{ A}$.

ZADATAK 3.

Instrumenti uključeni u mrežu prema slici mjere: $U_V=15V$, $I_A=2A$, $P=5W$. Ako je poznat iznos otpora $R_2=5\Omega$ i $R_i=1\Omega$ odredi snagu izvora P_i .



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
R_{uk}	$7,67\ \Omega$	2	
I_{uk}	3 A	2	
P_i	69 W	3	
UKUPNO BODOVA		7	

Rješenje 3.:

$$P_2=U_2 \cdot I_2=I_2^2 \cdot R_2 \rightarrow I_2=1A$$

$$U_2=I_2 \cdot R_2=5V$$

$$U_2=U_3$$

$$I_3=I_A$$

$$R_3=U_3/I_3=2,5\Omega$$

$$I=I_2+I_3=3A$$

$$I_1=I=3A$$

$$R_1=U_V/I_1=5\ \Omega$$

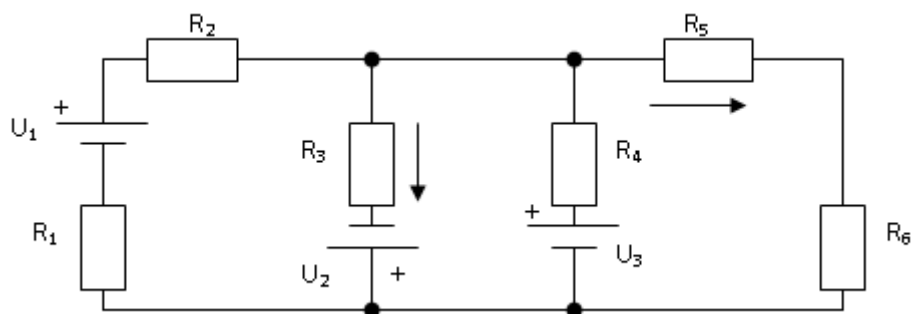
$$R_{uk}=R_2 || (R_3+R_1+R_i) =7,67\ \Omega$$

$$P_i=I^2 \cdot R_{uk}=69\ W$$

ZADATAK 4.

Na slici je prikazana električna mreža. Primjenom Millmanovog teorema odredi struju kroz otpor R_3 i R_5 .

$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \Omega \\ R_2 &= 1 \Omega \\ R_3 &= 6 \Omega \\ R_4 &= 3 \Omega \\ R_5 &= 4.5 \Omega \\ R_6 &= 1.5 \Omega \\ U_1 &= 14 \text{ V} \\ U_2 &= 42 \text{ V} \\ U_3 &= 42 \text{ V} \end{aligned}$$



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
$U_{AB} =$	12 V	3	
$I_3 =$	9 A	2	
$I_{56} =$	2 A	2	
Ukupno bodova		7	

Rješenje 4.:

$$U_{AB} = \frac{U_1 Y_{12} + U_3 Y_4 - U_2 Y_3}{Y_{12} + Y_3 + Y_4 + Y_{56}}$$

$$U_{AB} = \frac{14 \frac{1}{2} + 42 \frac{1}{3} - 42 \frac{1}{6}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}}$$

$$U_{AB} = \frac{14}{\frac{3+1+2+1}{6}} = \frac{14}{7}$$

$$U_{AB} = 12 \text{ / V}$$

$$U_{AB} = I_3 \cdot R_3 - U_2$$

$$I_3 = \frac{U_{AB} + U_2}{R_3}$$

$$I_3 = \frac{54}{6}$$

$$I_3 = 9 \text{ / A}$$

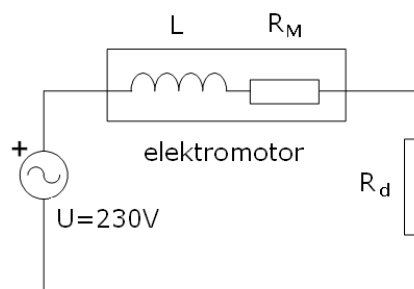
$$I_{56} = \frac{U_{AB}}{R_{56}}$$

$$I_{56} = \frac{12}{6}$$

$$I_{56} = 2 \text{ / A}$$

ZADATAK 5.

Odredite iznos otpora otpornika R_d koji je potrebno spojiti u seriju s elektromotorom (induktivnim trošilom) nazivnih podataka ($P_n=220 \text{ W}$, $U_n=110 \text{ V}$, $\cos\varphi=0,8$) s ciljem da se trošilu omogući rad na nazivnom naponu u gradskoj mreži ($U = 230 \text{ V}$). Nacrtaj vektorski dijagram.



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
U_{RM}	88 V	1	
U_L	66 V	1	
I	2,5 A	1	
U_{Ruk}	220,33 V	1	
U_{Rd}	132,33 V	1	
R_d	52,9 Ω	1	
vektorski dijagram		1	
Ukupno bodova		7	

Rješenje 5.:

$$U_{RM} = U_N \cdot \cos\varphi = 110 \cdot 0,8 = 88V$$

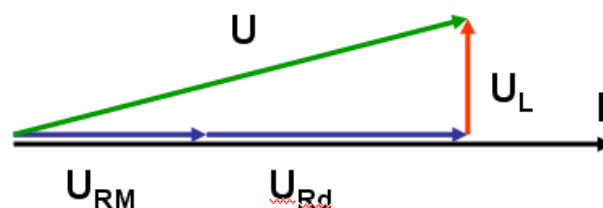
$$U_L = \sqrt{U_N^2 - U_{RM}^2} = \sqrt{110^2 - 88^2} = 66V$$

$$I = \frac{P_N}{U_{RM}} = \frac{220}{88} = 2,5A$$

$$U_{Ruk} = \sqrt{U^2 - U_L^2} = \sqrt{230^2 - 66^2} = 220,33V$$

$$U_{Rd} = U_{Ruk} - U_{RM} = 220,33 - 88 = 132,33V$$

$$R_d = \frac{U_{Rd}}{I} = \frac{132,33}{2,5} = 52,9\Omega$$



ZADATAK 6.

Kolikom je frekvencijom f izvršeno mjerenje U-I metodom omskog otpora R i induktiviteta $L=12\text{mH}$ mjernog svitka, ako je kod istosmjernog izvora napajanja izmjeren napon $4,23\text{V}$ i struja $1,85\text{A}$, a kod izmjeničnog sinusoidalnog izvora napajanja $25,22\text{V}$ i $0,94\text{A}$? Koliki je otpor R mjerenog svitka ?

Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
R_L	$2,286 \Omega$	2	
Z_L	$26,83 \Omega$	1	
X_L	$26,7322 \Omega$	2	
ω	$2227,68 \text{ s}^{-1}$	1	
f	$354,55 \text{ Hz}$	1	
Ukupno bodova		7	

Rješenje 6.:

$$R_L = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} = \frac{4,23}{1,85} = 2,286 \Omega$$

$$Z_L = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} = \frac{25,22}{0,94} = 26,830 \Omega$$

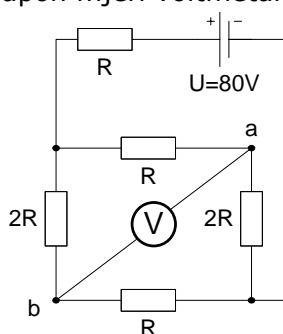
$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} = \sqrt{26,830^2 - 2,286^2} = \sqrt{719,84 - 5,228} = \sqrt{714,61} = 26,7322 \Omega$$

$$\omega = \frac{X_L}{L} = \frac{26,7322}{0,012} = 2227,68 \frac{1}{\text{s}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2227,68}{2\pi} = 354,55 \text{ Hz}$$

ZADATAK 7.

Koliki napon mjeri voltmetar između točaka a i b u spoju na slici, ako je $U = 80 \text{ V}$?



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
φ_a	32 V	3	
φ_b	16 V	3	
U_{ab}	16 V	1	
Ukupno bodova		7	

Rješenje 7.:

$$R_{uk} = \frac{3 \cdot R}{2} + R = \frac{5 \cdot R}{2}$$

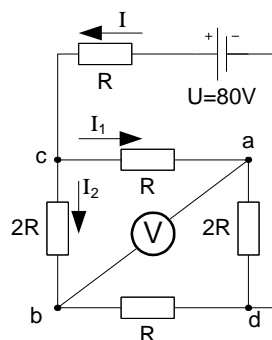
$$I = \frac{U}{R_{uk}} = \frac{2 \cdot U}{5 \cdot R}$$

$$U_{cd} = U - U_R = U - I \cdot R = U - \frac{2 \cdot U}{5 \cdot R} \cdot R = \frac{3 \cdot U}{5} \text{ V}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{U_{cd}}{R + 2R} = \frac{\frac{3 \cdot U}{5}}{3 \cdot R} = \frac{U}{5 \cdot R}$$

$$\varphi_a = I_1 \cdot 2R = \frac{2U}{5} = 32 \text{ V} \quad \varphi_b = I_2 \cdot R = \frac{U}{5} = 16 \text{ V}$$

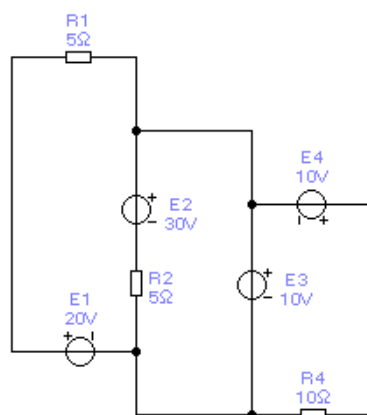
$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 32 - 16 = 16 \text{ V}$$



ZADATAK 8.

U mreži na slici metodom superpozicije potrebno je odrediti jakost struje kroz izvor E_3 ($I_3=?$).

Poznato je: $R_1=5\Omega$; $R_2=5\Omega$; $R_4=10\Omega$;
 $E_1=20V$; $E_2=30V$; $E_3=10V$; $E_4=10V$



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
I_3' (A)	4 A	1	
I_3'' (A)	6 A	1	
I_3''' (A)	5 A	2	
I_3'''' (A)	1 A	1	
I_3 (A)	4 A	2	
Ukupno bodova		7	

Rješenje 8.:

$$I_3' = \frac{20}{5} A = 4A \downarrow$$

$$I_3'' = \frac{30}{5} A = 6A \downarrow$$

$$I_3''' = \frac{10}{2,5 \parallel 10} A = 5A \uparrow$$

$$I_3'''' = \frac{10}{10} A = 1A \uparrow$$

$$I_3 = I_3' + I_3'' + I_3''' + I_3'''' = 4A$$

ZADATAK 9.

Na gradsku mrežu (230V,50Hz) su priključeni aparat za zavarivanje, elektromotor i peć za zagrijavanje. Aparat za zavarivanje troši snagu 6kW uz $\cos\varphi_1=0,5$ (ind.) , motor troši 12kW uz $\cos\varphi_2=0,8$ (ind.), a peć 10kW uz $\cos\varphi_3=1$. Odredi kolika je ukupna struja iz izvora i uz koji $\cos\varphi_{uk}$.

Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
Q_{Luk}	19,392 kVAr	2	
P_{uk}	28 kW	1	
S	34,059 kVA	2	
I	148 A	1	
$\cos\varphi$	0,822	1	
UKUPNO BODOVA		7	

Rješenje 9.:

$$Q_{L1} = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = 10,392 \text{ [Var]}$$

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = \frac{12}{0,8} = 15 \text{ [VA]}$$

$$Q_{L2} = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = 9 \text{ [Var]}$$

$$Q_{LUK} = Q_{L1} + Q_{L2} = 19,392 \text{ [Var]}$$

$$P_{UK} = P_1 + P_2 + P_3 = 28 \text{ [W]}$$

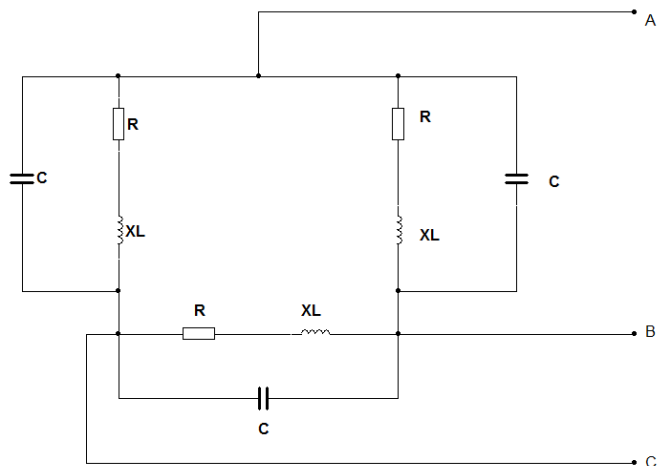
$$S = \sqrt{P_{UK}^2 + Q_{LUK}^2} = 34,059 \text{ [VA]}$$

$$I = \frac{S}{U} = \frac{34059}{230} = 148 \text{ [A]}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{28}{34,059} = 0,822$$

ZADATAK 10.

Simetrično trofazno trošilo spojeno je u trokut prema slici. Poznato je: $R=9\Omega$; $f=50\text{Hz}$ te ukupan faktor snage $\cos\varphi'=0,8$ (uključujući i kompenzacijske kondenzatore). Jalova snaga na svakom od kondenzatora iznosi $Q_c=6352,5\text{ kVar}$. Struje kroz induktivitete iznose 1100 A . Izračunaj kapacitet kompenzacijskih kondenzatora C i induktivni otpor X_L za zadane podatke i provedenu kompenzaciju snage.



Rješenja		Mogući bodovi	Učinak
Veličina	Rezultat		
X_L	$12\ \Omega$	4	
C	$74,31\ \mu\text{F}$	3	
Ukupno bodova		7	

Rješenje 10.:

$$P_1 = I_f^2 * R = 10890\text{ kW}$$

$$\cos\varphi' = 0,8 \quad \varphi' = 36,86^\circ$$

$$\text{tg } \varphi = Q_L / P \quad \text{tg } \varphi' = (Q_L - Q_C) / P$$

$$Q_L - Q_C = Q_1$$

$$Q_L = P * \text{tg } \varphi$$

$$Q_1 = P * \text{tg } \varphi'$$

$$Q_C = Q_L - Q_1$$

uvrštavajući dobijemo: $\varphi = 53,12^\circ$

$$\text{tg } \varphi = X_L / R \quad X_L = 12\ \Omega$$

4 boda

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = 15\ \Omega$$

$$U_f = Z * I_f = 16500\text{ V}$$

$$Q_C = U_f * I_{fc} = U_f^2 / X_C$$

$$C = Q_C / (2 * \pi * f * U_f^2)$$

$$C = 74,31\ \mu\text{F}$$

3 boda