



ИСПИТ ИЗ ЕЛЕКТРОТЕРМИЈЕ

Београд, 09. март 2005. год.

- Термоелектромоторна сила на хладним крајевима термопара стандардног T типа мери се компензационом методом. Колика је температура топлог споја термопара стандардног типа T (за који је дат извод из карактеристике), ако је компензатор уравнотежен при вредности променљивог отпора компензатора $R = 290.14 \Omega$ (декадна кутија на лабораторијској вежби) и ако је температура хладних крајева термопара $\vartheta_h = 25^\circ\text{C}$? Иницијално уравнотежење компензатора је извршено при струји $I = 0.05 \text{ mA}$. /2.5/

Temperature (°C)	Хладни крајеви на °C										
DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Термоелектромоторна сила (mV)											
0	0.000	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.351	0.391
10	0.391	0.430	0.470	0.510	0.549	0.589	0.629	0.669	0.709	0.749	0.789
20	0.789	0.828	0.870	0.911	0.951	0.992	1.032	1.073	1.114	1.155	1.196
30	1.196	1.237	1.279	1.320	1.361	1.403	1.444	1.486	1.528	1.569	1.611
40	1.611	1.653	1.695	1.738	1.780	1.822	1.865	1.907	1.950	1.992	2.035
250	12.011	12.067	12.123	12.179	12.235	12.291	12.347	12.403	12.459	12.515	12.572
260	12.572	12.628	12.684	12.741	12.797	12.854	12.910	12.967	13.024	13.080	13.137
270	13.137	13.194	13.251	13.307	13.364	13.421	13.478	13.535	13.592	13.650	13.707
280	13.707	13.764	13.821	13.879	13.936	13.993	14.051	14.108	14.166	14.223	14.281
290	14.281	14.339	14.396	14.454	14.512	14.570	14.628	14.686	14.744	14.802	14.860
300	14.860	14.918	14.976	15.034	15.092	15.151	15.209	15.267	15.326	15.384	15.443
310	15.443	15.501	15.560	15.619	15.677	15.736	15.795	15.853	15.912	15.971	16.030
320	16.030	16.089	16.148	16.207	16.266	16.325	16.384	16.443	16.503	16.562	16.621
330	16.621	16.681	16.740	16.800	16.859	16.919	16.978	17.038	17.097	17.157	17.217
340	17.217	17.277	17.336	17.396	17.455	17.516	17.576	17.636	17.696	17.756	17.816
350	17.816	17.877	17.937	17.997	18.057	18.118	18.178	18.238	18.299	18.359	18.420
360	18.420	18.480	18.541	18.602	18.662	18.723	18.784	18.845	18.905	18.966	19.027
370	19.027	19.088	19.149	19.210	19.271	19.332	19.393	19.455	19.516	19.577	19.638
380	19.638	19.699	19.761	19.822	19.883	19.945	20.006	20.068	20.129	20.191	20.252
390	20.252	20.314	20.376	20.437	20.499	20.560	20.622	20.684	20.746	20.807	20.869
400	20.869										

- У јединственом $U(I)$ координатном систему представити карактеристику извора енергије, који садржи трансформатор, и карактеристику електричног лука, као елемента кола. Објаснити могуће односе ових карактеристика, који су битни за дефинисање стабилности горења електричног лука/1.5/.
- Израчунати вредности свих елемената електричног кола које је потребно узети да би се извршило симетрирање једнофазне индукционе пећи електричних карактеристика: $R_p=4\Omega$ и $X_p=3\Omega$ /2.5/.
- Температура једног термодинамичког система (топлотног капацитета C_S^T) у стању термодинамичке равнотеже износи T_S . Ако температуру датог термодинамичког система меримо термометром (топлотног капацитета C_M^T) који се пре почетка мерења налазио на температури T_M , одредити заједничку температуру система и термометра у новоуспостављеном стационарном стању за следећа три случаја:
 - $C_M^T \gg C_S^T$
 - $C_M^T \ll C_S^T$
 - $C_M^T = C_S^T$
 /1.5/
- На примеру равнот хомогеног зида чија једна гранична површ има константну температуру, а друга се хлади струјањем флуида извести израз за **Biot-ov** број. Који је општи облик **Biot-ovog** броја и критеријум према коме се може сматрати да тело представља изотермичку запремину./2/

/ испит траје 2 сата/

ИСПИТ ИЗ ЕЛЕКТРОТЕРМИЈЕ

апсолвентски рок

21.5.2005. Београд

Предметни наставник: Зоран Радаковић

1. На примеру сферне кугле (унутрашњег пречника d и спољашњег пречника D) чија се унутрашња гранична површ налази на константној температури, а друга се хлади струјањем флуида извести израз за **Биот-ов** број. Који је општи облик **Биот-овог** броја и критеријум према коме се може сматрати да тело представља изотермичку запремину. /2/

2. Огледом кратког споја за један електрични лук одређене су вредности сопствене активне, $R = 3\Omega$, и реактивне, $X = 15\Omega$, отпорности елемената за прикључење електротермичког уређаја на "круту" мрежу назначеног напона 220 V. Вредности оточне импедансе прикључних елемената се могу занемарити. Огледом је одређено да је минимална струја лука 5 A.

Одредити вредности струје, активне снаге којом се енергија преузима из мреже, активне снаге којом се енергија претвара у топлоту у електричном луку и степена искоришћења у радној тачки у којој степен искоришћења достиже своју максималну вредност. /2.5/

3. Објаснити на који начин се оптерећење једне монофазне индукционе пећи са стране трофазне електродистрибутивне напојне мреже може "видети" као симетрично, чисто отпорно, оптерећење. /1.5/

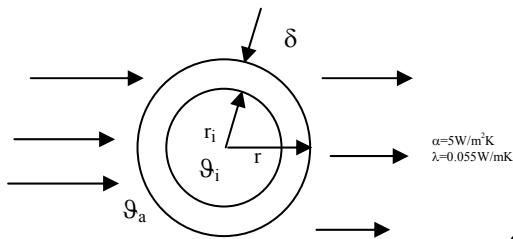
4. Описати експеримент којим се је у петој лабораторијској вежби илустровано ефикасније сушења дрвета применом високофреквентног диелектричног загревања у микроталасној пећи у односу на индиректно електроотпорно загревање. Како се квантификује интензитет сушења и шта је потребно подесити да би критеријум поређења био коректан. Скицирати промену температуре дуж узорка који се суши и објаснити разлог ефикаснијег сушења помоћу микроталаса. Објаснити узрок оваквих профила температуре. /2.5/

5. Одредити имплицитно задат облик функционалне зависности температуре од растојања од граничне површи хомогеног равног зида. Температуре изотермичких граничних површи зида износе $\vartheta_1, \vartheta_2 > 0$. Термичка проводност зида дебљине d износи $\lambda = \lambda_0(1 + b/\vartheta), \vartheta \neq 0$. /1.5/

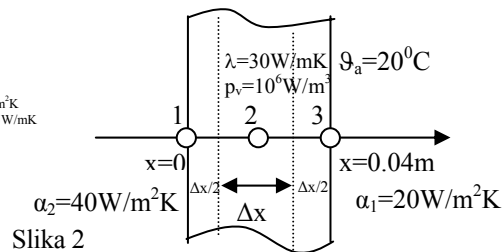
/испит траје 100 минута/

- a)** Opisati eksperiment kojim je pokazano efikasnije sušenje drveta primenom visokofrekventog dielektričnog zagrevanja u mikrotalasnoj peći u odnosu na indirektno elektrootporno zagrevanje. Kako se kvantifikuje intenzitet sušenja i šta je potrebno podesiti da bi kriterijum poređenja bio korektan. Skicirati promenu temperature duž uzorka koji se suši i objasniti razlog efikasnijeg sušenja pomoću mikrotalasa. Objasniti uzrok ovakvih profila temperatura. **b)** Princip rada i šema optičkog pirometra.
- Date su dve beskonačno velike paralelne površine, jedna sa temperaturom $T_1(K)$ i koeficijentom sivoće $\epsilon_1=0.8$, a druga sa temperaturom $T_2(K) < T_1(K)$ i koeficijentom sivoće $\epsilon_2=0.4$. Aluminijski štit čije obe strane imaju isti koeficijenta sivoće $\epsilon_3=0.05$, postavljen je paralelno između ove dve površine. Izračunati koliko je procentualno smanjenje razmene energije zračenjem ostvareno ubacivanjem opisanog štita.
- Dugačka metalna cev poluprečnika $r_1=5\text{mm}$ (slika 1) koristi se za transport rashladnog sredstva temperature ϑ_i . Temperatura okoline je $\vartheta_a > \vartheta_i$.

 - Nacrtati ekvivalentno kolo sa oznakom parametara;
 - Ako se zanemari termička rezistansa za unutrašnji prenos toplote, odrediti optimalnu vrednost poluprečnika r po kriterijumu najmanjeg prenosa toplote sa vazduha na rashladni fluid. Diskutovati prirodu rešenja za promenljive uslove prenosa toplote sa spoljašnje površine;
 - Nacrtati zavisnost promene ekvivalentne podužne termičke rezistanse za debljine izolacije δ : 0, 2, 5, 10 i 20mm.



Slika 1

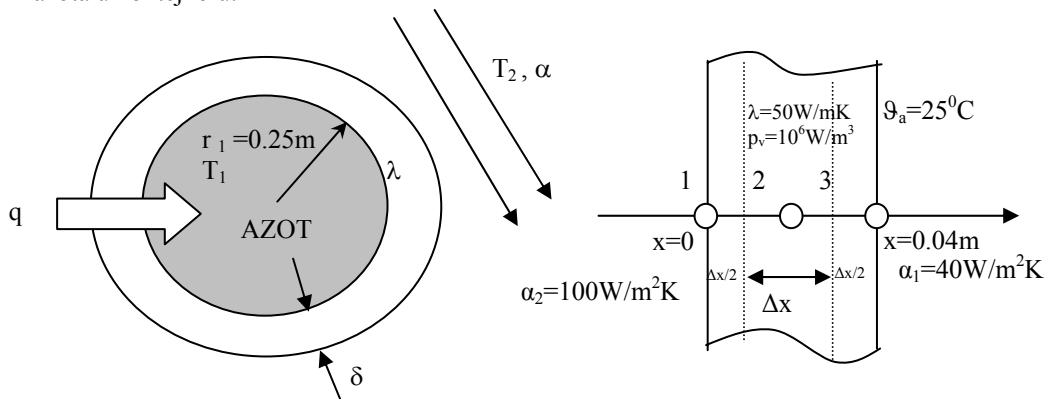


Slika 2

- Za objekat na slici 2 izvesti sistem jednačinu za proračun temperaturnog polja u stacionarnom stanju.
- Objasniti prenos toplote za slučaj rashladnih rebara konstantnog poprečnog preseka. Smatrati da se za granični uslov na vrhu rebra može usvojiti da nema prenosa toplote na okolinu. Izvesti jednačinu promene temperature rebra ako je poznata temperatura u njegovoj bazi.

Otvor prečnika $D=0.15\text{m}$ je probušen kroz centar čvrstog tela kvadratnog poprečnog preseka stranice $a=1\text{m}$ i dužine $l=2\text{m}$. Specifična toplotna provodnost materijala od koga je napravljeno telo iznosi $\lambda=150\text{W/mK}$. Topli fluid koji protiče kroz rupu održava temperaturu unutrašnje površi na $\vartheta_1=50^\circ\text{C}$, dok je temperatura spoljašnje površi omotača bloka $\vartheta_2=10^\circ\text{C}$. Ne postoji podužni prenos toplote. Koristeći grafičku metodu odrediti snagu toplotnog provođenja od unutrašnje ka spoljašnjoj površi. Pored graničnih izotermičkih linija usvojiti da se crtaju još 4 izotermičke linije.

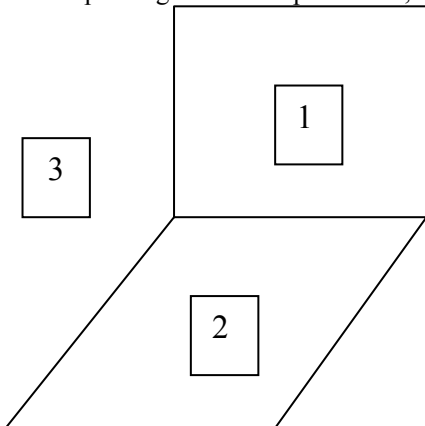
Sferični kontejner prikazan na slici upotrebljen je kao spremište za tečni azot koji se nalazi na temperaturi od $T_1 = 77\text{K}$. Kontejner ima tanak metalni zid tako da se provođenje toplote kroz njega može zanemariti dok je na njegovu površinu postavljena specijalna izolaciona masa čija je toplotna provodnost $\lambda=0.0017\text{ W/mK}$. Debljina izolacionog sloja iznosi $\delta=25\text{mm}$. Koefficient prelaska toplote sa okolnog vazduha koji se nalazi na temperaturi $T_2 = 300\text{K}$ na površinu izolacionog sloja iznosi $\alpha = 20\text{W/m}^2\text{K}$. Izračunati kolika je ostvarena razmena toplotne energije između okoline i tečnog azota u kontejneru.



Za objekat na slici gore desno izvesti sistem jednačina za proračun temperaturnog polja u stacionarnom stanju.

Objasniti na koji način se opterećenje jedne monofazne indukcione peći sa strane trofazne elektrodistributivne napojne mreže može "videti" kao simetrično čisto otporno opterećenje.

Dve kvadratne površine $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ postavljene su okomito jedna na drugu tako da imaju zajedničku ivicu. Jedna površina ima temperature $T_1=1000\text{K}$ i $\epsilon_1=0.6$, dok je druga površina idealno toplotno izolovana i ima temperaturu T_2 . Sistem ove dve površine se nalazi u slobodnom prostoru velike površine, temperature $T_3=300\text{K}$. Odrediti temperaturu druge površine T_2 i toplotne gubitke kroz površinu 1, ako se zna da faktor viđenja između površine 1 i 2 iznosi $F_{12}=0.2$.



Trajanje ispita: 150 minuta



6. Termoelektromotorna sila na hladnim krajevima termopara standardnog T tipa meri se kompenzacionom metodom. Nacrtati šemu kompenzatora i objasniti način merenja termoelektromotorne sile kompenzacionom metodom. Kolika je temperatura toplog spoja termopara standardnog tipa T (za koji je dat izvod iz karakteristike), ako je kompenzator uravnotežen pri vrednosti promenljivog otpora kompenzatora $R = 29.14 \Omega$ (dekadna kutija na laboratorijskoj vežbi) i ako je temperatura hladnih krajeva termopara $\vartheta_h = 25^\circ\text{C}$? Inicijalno uravnoteenje kompenzatora je izvršeno pri struji $I = 0.5 \text{ mA}$. /2p/

Temperature ($^\circ\text{C}$)	Hladni krajevi na 0°C										
DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Termoelektromotorna sila (mV)										
0	0.000	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.351	0.391
10	0.391	0.430	0.470	0.510	0.549	0.589	0.629	0.669	0.709	0.749	0.789
20	0.789	0.830	0.870	0.911	0.951	0.992	1.032	1.073	1.114	1.155	1.196
30	1.196	1.237	1.279	1.320	1.361	1.403	1.444	1.486	1.528	1.569	1.611
40	1.611	1.653	1.695	1.738	1.780	1.822	1.865	1.907	1.950	1.992	2.035
50	2.035	2.078	2.121	2.164	2.207	2.250	2.293	2.336	2.379	2.422	2.465
60	2.465	2.509	2.552	2.595	2.638	2.681	2.724	2.767	2.810	2.853	2.896
70	2.896	2.940	2.983	3.026	3.069	3.112	3.155	3.198	3.241	3.284	3.327
80	3.327	3.370	3.413	3.456	3.499	3.542	3.585	3.628	3.671	3.714	3.757
90	3.757	3.800	3.843	3.886	3.929	3.972	4.015	4.058	4.101	4.144	4.187
100	4.187	4.230	4.273	4.316	4.359	4.402	4.445	4.488	4.531	4.574	4.617
110	4.617	4.660	4.703	4.746	4.789	4.832	4.875	4.918	4.961	5.004	5.047
120	5.047	5.090	5.133	5.176	5.219	5.262	5.305	5.348	5.391	5.434	5.477
130	5.477	5.520	5.563	5.606	5.649	5.692	5.735	5.778	5.821	5.864	5.907
140	5.907	5.950	5.993	6.036	6.079	6.122	6.165	6.208	6.251	6.294	6.337
150	6.337	6.380	6.423	6.466	6.509	6.552	6.595	6.638	6.681	6.724	6.767
160	6.767	6.810	6.853	6.896	6.939	6.982	7.025	7.068	7.111	7.154	7.197
170	7.197	7.240	7.283	7.326	7.369	7.412	7.455	7.498	7.541	7.584	7.627
180	7.627	7.670	7.713	7.756	7.799	7.842	7.885	7.928	7.971	8.014	8.057
190	8.057	8.100	8.143	8.186	8.229	8.272	8.315	8.358	8.401	8.444	8.487
200	8.487	8.530	8.573	8.616	8.659	8.702	8.745	8.788	8.831	8.874	8.917
210	8.917	8.960	9.003	9.046	9.089	9.132	9.175	9.218	9.261	9.304	9.347
220	9.347	9.390	9.433	9.476	9.519	9.562	9.605	9.648	9.691	9.734	9.777
230	9.777	9.820	9.863	9.906	9.949	9.992	10.035	10.078	10.121	10.164	10.207
240	10.207	10.250	10.293	10.336	10.379	10.422	10.465	10.508	10.551	10.594	10.637
250	10.637	10.680	10.723	10.766	10.809	10.852	10.895	10.938	10.981	11.024	11.067
260	11.067	11.110	11.153	11.196	11.239	11.282	11.325	11.368	11.411	11.454	11.497
270	11.497	11.540	11.583	11.626	11.669	11.712	11.755	11.798	11.841	11.884	11.927
280	11.927	11.970	12.013	12.056	12.099	12.142	12.185	12.228	12.271	12.314	12.357
290	12.357	12.400	12.443	12.486	12.529	12.572	12.615	12.658	12.701	12.744	12.787
300	12.787	12.830	12.873	12.916	12.959	13.002	13.045	13.088	13.131	13.174	13.217
310	13.217	13.260	13.303	13.346	13.389	13.432	13.475	13.518	13.561	13.604	13.647
320	13.647	13.690	13.733	13.776	13.819	13.862	13.905	13.948	13.991	14.034	14.077
330	14.077	14.120	14.163	14.206	14.249	14.292	14.335	14.378	14.421	14.464	14.507
340	14.507	14.550	14.593	14.636	14.679	14.722	14.765	14.808	14.851	14.894	14.937
350	14.937	14.980	15.023	15.066	15.109	15.152	15.195	15.238	15.281	15.324	15.367
360	15.367	15.410	15.453	15.496	15.539	15.582	15.625	15.668	15.711	15.754	15.797
370	15.797	15.840	15.883	15.926	15.969	16.012	16.055	16.098	16.141	16.184	16.227
380	16.227	16.270	16.313	16.356	16.399	16.442	16.485	16.528	16.571	16.614	16.657
390	16.657	16.700	16.743	16.786	16.829	16.872	16.915	16.958	17.001	17.044	17.087
400	17.087	17.130	17.173	17.216	17.259	17.302	17.345	17.388	17.431	17.474	17.517

7. U jedinstvenom $U(I)$ koordinatnom sistemu predstaviti karakteristiku izvora energije, koji sadrži transformator, i karakteristiku električnog luka, kao elementa kola. Objasniti uticaj relevantnih parametara na oblik krivih: za izvor – uticaj promene prenosnog odnosa i uticaj promene ekvivalentne impedanse i za luk – uticaj promene dužine luka. Objasniti moguće odnose ovih karakteristika, koji su bitni za definisanje stabilnosti gorenja električnog luka. /2p/
8. Dve horizontalne stranice (kvadrati) jedne kocke ivice 1 m predstavljaju izotermičke površi temperatura 80°C (gornja površ) i 300°C (donja površ), sa emisivnim karakteristikama crnog tela. Od četiri vertikalne stranice, tri su idealno toplotno izolovane od okoline, a četvrta predstavlja otvor u slobodan prostor temperature 20°C . Potrebno je odrediti veličinu i smer snage protoka energije kroz gornju i donju površ kocke. Poznato je da faktor viđenja između dva paralelna kvadrata čije je rastojanje jednako njihovoj stranici iznosi 0.2. /2p/
4. U proizvodnji šper ploča se koristi dielektrično zagrevanje na sledeći način. Između dve metalne ploče prese, površine $S=3\text{m}^2$, postavi se 6 slojeva furnira, svaki debljine $l_1=10^{-3}\text{m}$ i 5 slojeva lepka, svaki debljine $l_2=10^{-4}\text{m}$. Ovako formiran sendvič se izloži pritisku preko metalnih ploča. Metalne ploče se priključuju na krajeve izvora električne energije brzopromenljivog napona, efektivne vrednosti 1000V i učestanosti 5MHz. Izračunati prividnu snagu na izlazu izvora energije (pretvarača učestanosti), kao i faktor snage njegovog opterećenja. /2p/

Ostali podaci: $\epsilon_{r1}=4$, $\epsilon_{r2}=5$, $\text{tg}\delta_{e1}=0.4$, $\text{tg}\delta_{e2}=0.5$, $\epsilon_0=8.855/10^{12} \text{ F/m}$

Napomena: Ivični efekti kod kondenzatora se mogu zanemariti!

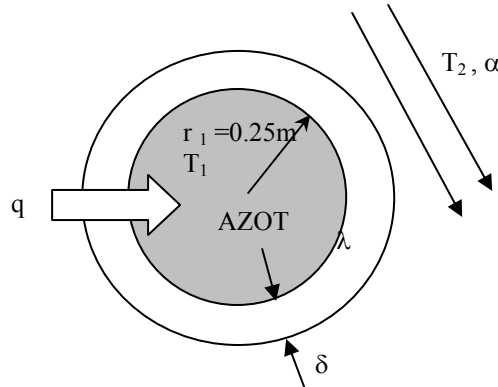
5. Izvesti i objasniti matamatički model za jednodimenzionalni i dvodimenzionalni problem provođenja toplote u prelaznom stanju. Smatrati da se promena unutrašnje energije elementa može modelovati ili može uvažiti sa promenom srednje vrednosti temperature elementa.

Ispit traje 2 sata.

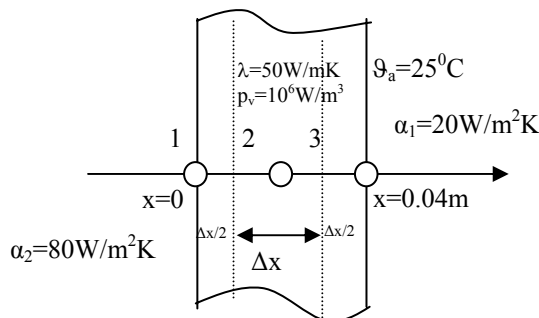


Beograd, 5.10.2005. ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Date su dve beskonačno velike paralelne površine, jedna sa temperaturom $T_1(K)$ i koeficijentom sivoće $\varepsilon_1=0.8$, a druga sa temperaturom $T_2(K) < T_1(K)$ i koeficijentom sivoće $\varepsilon_2=0.4$. Aluminijski štit koeficijenta sivoće $\varepsilon_3=0.05$ sa oba dve njegove strane, postavljen je paralelno između ove dve površine. Izračunati koliko je procentualno smanjenje razmene energije zračenjem ostvareno ubacivanjem opisanog štita. /2.5/
2. Sferični kontejner prikazan na slici upotrebljen je kao spremište za tečni azot koji se nalazi na temperaturi od $T_1=77K$. Kontejner ima tanak metalni zid tako da se provođenje toplote kroz njega može zanemariti dok je na njegovu površinu postavljena specijalna izolaciona masa čija je toplotna provodnost $\lambda =0.0017 W/mK$. Debljina izolacionog sloja iznosi $\delta =25mm$. Koeficijent prelaska toplote sa okolnog vazduha koji se nalazi na temperaturi $T_2 = 300K$ na površinu izolacionog sloja iznosi $\alpha =20W/m^2K$. Izračunati kolika je ostvarena razmena toplotne energije između okoline i tečnog azota u kontejneru. /2.5/



3. Za objekat na slici gore desno izvesti sistem jednačina za proračun temperaturnog polja u stacionarnom stanju. /2.5/



4. Objasniti egzistenciju i nacrtati kružni dijagram kompleksne snage električnog luka. Objasniti postupak rada, nacrtati električnu šemu i diskutovati rezultate dobijene izvođenjem laboratorijske vežbe. /2.5/

/ispit traje 120 minuta/