

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

12.02.2003.

1. 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 uravnoteženje kompenzatora je izvršeno pri struji $I = 0.5 \text{ mA}$. /2.5p/

| Temperature (°C) | Hladni krajevi na °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 |

2. Objasniti princip rada monohromatskog pirometra. Nacrtati njegovu principijelnu šemu i izvesti formulu za računanje nepoznate temperature grejača.
3. Nacrtati električnu šemu potrebnu za snimanje karakteristika električnog luka. Objasniti karakteristične tačke na kružnom dijagramu električnog luka i negativne uticaje električnog luka na mrežu.
4. Izračunati vrednosti svih elemenata električnog kola koje je potrebno vezati da bi se izvršilo simetriranje jednofazne inukcione peći električnih karakteristika: $R_p=4\Omega$ i $X_p=3\Omega$. Nacrtati i električnu šemu vezivanja tih elemenata sa jednofaznom indukcijom peći.
5. 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. /2.5p/

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

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

Beograd, 01.03.2003.g

1. Opisati eksperiment kojim je u petoj laboratorijskoj vežbi 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.
2. Objasniti principe rada uređaja za: a) čeonu b) tačkasto i c) šavno elektrootporno zavarivanje.
3. Posmatrajmo kanal klimatizacije, koji je izradjen od tanke metalne pravougaone cevi dimenzije otvora 300 x 100 mm. Cev je sa spoljašnje strane toplotno izolovana homogenim slojem mineralne vune, debljine 50 mm i specifične toplotne provodnosti $\lambda = 0,1 \text{ W/(m K)}$. Odrediti toplotne gubitke po jedinici dužine kanala klimatizacije u stacionarnom stanju. Zadatak treba rešiti primenom grafičke metode, pri čemu korak diskretizacije temperature iznosi 11,25 K. Kroz kanal se transportuje fluid temperature 100°C . Zbog velike vrednosti koeficijenta prelaska toplote se može smatrati da je temperatura cevi jednaka temperaturi fluida. Temperatura spoljašnje površi izolacije je jednaka temperaturi okoline, koja iznosi 10°C .
4. Uređaj za pečenje boje se sastoji od dugačkog kanala, čiji poprečni presek predstavlja jednakostranični trougao stranice $a=1\text{m}$. Jedna od tri pravougaone površi kanala se zagrevanjem održava na temperaturi $\vartheta_1=927^\circ\text{C}$, a druga je idealno toplotno izolovana od okoline. Treću pravougaonu površ kanala sačinjavaju obojene ploče, temperature $\vartheta_2=227^\circ\text{C}$ (u stacionarnom stanju). Emisivnosti zagrevane i izolovane površi iznose $\varepsilon_1=\varepsilon_i=0.8$, a obojenih ploča $\varepsilon_2=0.4$. Kolikom snagom po jedinici dužine je potrebno dovoditi energiju zagrevanoj površi da bi se njena temperatura u stacionarnom stanju održala na vrednosti $\vartheta_1=927^\circ\text{C}$? Zanemariti preostale oblike prenosa toplote (strujanje i provođenje).
5. Objasniti pojave magnetske nesimetrije, flikera i viših harmonika struje, koje se javljaju kod priključenja elektroćnih peći, za naizmeničnu struju, velikih snaga na distributivnu mrežu. Zbog čega su ove pojave štetne i kako se rešavaju navedena tri problema?

/ispit traje 3 sata/



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

Испит из предмета

Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић
Јунски испитни рок, одржан 8. 7. 2003.

1. Полазећи од *Planck*-овог закона зрачења сивог тела, извести израз за температуру сивог тела која се мери монохроматским пирометром, чији је филтер предвиђен за таласну дужину од $\lambda_0 = 0.7 \text{ nm}$ (константа C_2 у изразу за *Planck*-ов закон има вредност $C_2 = 1.44 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$).
Ако се температура референтног црног тела у пирометру одређује на основу мерења напона, за који је скала инструмента линеарна, објаснити све узроке нелинеарности скале инструмента по температури. При објашњењу користити израз који повезује напон који региструје волтметар у пирометру и температуру нити. Израз довести у форму у којој се поред напона и температуре јављају само константне величине. Извести израз за апсолутни пирометар, код кога се пореде укупни бљесци (укупне површинске густине снаге зрачења).
Објаснити због чега се у поступку одређивања изотермичких површи тела чија се температура мери термовизијском методом мора извршити пажљива припрема површи (чишћење или чак nanoшење специјалне фолије).
2. Извести израз за снагу која се одводи помоћу једног ребра за хлађење кружног попречног пресека пречника D и дужине L , са тела температуре ϑ_b . Специфична топлотна проводност материјала од кога је ребро сачињено износи λ , а коефицијент преласка топлоте са површи ребра на расхладни флуид (температуре ϑ_a) α . При извођењу израза сматрати да је снага одвођења топлоте са базиса ребра који се налази у флуиду једнака нули. Дефинисати израз за ефикасност ребра за хлађење.
3. Полазећи од општих векторских Максвелових једначина електромагнетског поља у комплексном домену, извести израз за снагу загревања полубесконачне диелектричне средине познатих електричних карактеристика. Диелектрик се загрева електромагнетским таласима учестаности f и јачине магнетског поља H_0 , чији је вектор паралелан равној граничној површи полубесконечног диелектрика.
4. 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.

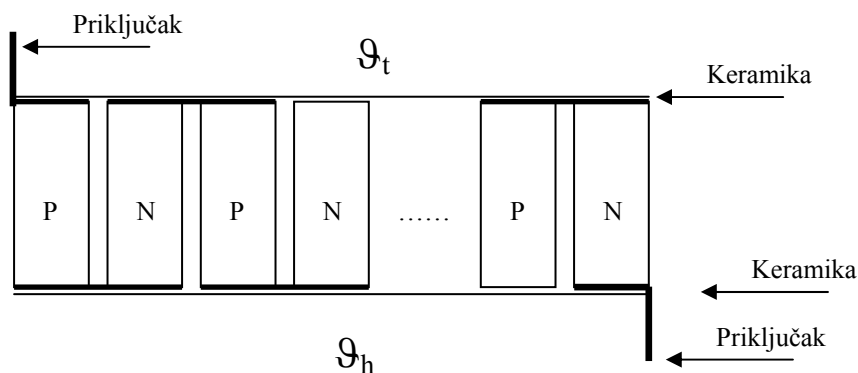
5. Описати конструкцију електротермичког уређаја за електроплазмено заваривање. Објаснити принцип рада плазмагенератора. У чему је предност у односу на електролучне уређаје за исту намену.

Испит траје 3 сата

10. 9. 2003.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Objasniti princip rada termoelementa (koji se sastoji od rednog niza poluprovodničkih pn spojeva - videti sliku) kao toplotne pumpe, kojom se toplota prenosi sa površi koja se nalazi na nižoj temperaturi ka površi koja se nalazi na višoj temperaturi. Postaviti



energetski bilans toplotne pumpe i objasniti koji elementi i kako utiču na odnos snage energije prenete od hladnije ka toplijoj površi i električne snage izvora kojim se napaja termoelement. Zbog čega toplotna pumpa ima nepovoljne karakteristike ako je velika razlika temperatura tople i hladne površi?

2. U industriji hrane rastvor soli se zagreva od temperature -12°C do -7°C i to u razmenjivaču toplote koji čini dvostruka cev. Razmenjivač toplote čini unutrašnja cev kroz koju protiče topla voda i koja se nalazi unutar spoljašnje cevi kroz koju protiče rastvor soli. Spoljašnja cev je idealno toplotno izolovana od okoline. Temperatura vode na ulasku u cev razmenjivača toplote iznosi 32°C , a na izlasku 21°C , a njen protok 10 litara u minuti. Specifični maseni toplotni kapacitet vode iznosi $4.186 \text{ kJ}/(\text{kg K})$. Koeficijent prenosa toplote po jedinici površine od tople vode ka rastvoru soli, koji obuhvata prelasak toplote strujanjem sa vode na cev, provodjenje kroz cev i prelazak toplote strujanjem sa cevi na rastvor soli, ima konstantnu vrednost koja iznosi $250 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Kolika je potrebna površina razmenjivača toplote (unutrašnje cevi)? Smer strujanja vode i rastvora soli je isti.

3. Koristeći se poznatim izrazima za otpor namotaja induktora (R_i), otpor indukta - predmeta toplotne obrade (R_s), reaktansu spoljašnjeg fluksa (X_s), kao i reaktanse indukta (X_s), vazušnog zazora (X_z) i induktora (X_i) jednog uređaja za indukciono zagrevanje, dobijene su njihove vrednosti po jednom navojku ($\Omega/\text{navojku}^2$):

$$R_i = X_i = 6.8 \cdot 10^{-6}, R_s = 10.5 \cdot 10^{-6}, X_s = 17.6 \cdot 10^{-6}, X_s = 1864 \cdot 10^{-6} \text{ i } X_z = 109 \cdot 10^{-6}.$$

Objasniti zbog čega se kod indukcionog zagrevanja javlja veoma loš faktor snage. Objašnjenje dati na osnovu datih vrednosti otpornosti i reaktansi, a zatim objasniti fizički zbog čega dominantni element zamenske šeme ima nepovoljnu vrednost.

4. Između dve paralelno postavljene metalne ploče, površina 1 m^2 , koje se nalaze na međusobnom rastojanju

$l_1 = 10^{-2} \text{ m}$, nalazi se ploča od drveta iste površine, ali manje debljine ($l_2 = 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$). Ova drvena ploča ima relativnu dielektričnu konstantu $\epsilon_r = 4$ i koeficijent gubitaka (tangens ugla gubitaka) $\text{tg } \delta = 0,4$.

Ako se između metalnih ploča formira brzopromenljivo polje dovodjenjem njihovih krajeva na potencijalsku razliku, doći će do dielektričnog zagrevanja drvene ploče. Izračunati maksimalnu moguću snagu zagrevanja drvene ploče, ako je poznato da vrednost jačine električnog polja u drvetu ne treba da prelazi vrednost ($E_{\text{prep.}}$) koja je približno jednaka polovini jačine električnog polja pri kojoj dolazi do

proboja ($E_{\text{prob.}}$), koja iznosi od $E_{\text{prob.}} = 10 \text{ kV/cm}$ do $E_{\text{prob.}} = 70 \text{ kV/cm}$. Jačina probojnog električnog polja u vazduhu, zbog prisustva vode koja isparava ima manju vrednost od vrednosti koje se uobičajno daju za vazduh i iznosi $E_{\text{prob. v}} = 1 \text{ kV/cm}$. Učestanost zagrevanja je, zbog ravnomernosti napona po površi ploče kondenzatora i ravnomernosti snage zagrevanja, ograničena na 15 MHz. Zbog kontrole elektromagnetnih smetnji u okolini, učestanost napona napajanja mora biti jednaka vrednosti iz skupa 13.56, 27.12, 40.68 MHz.

5. 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 luka.

/ispit traje 3 sata/

Испит из предмета

Електротермија

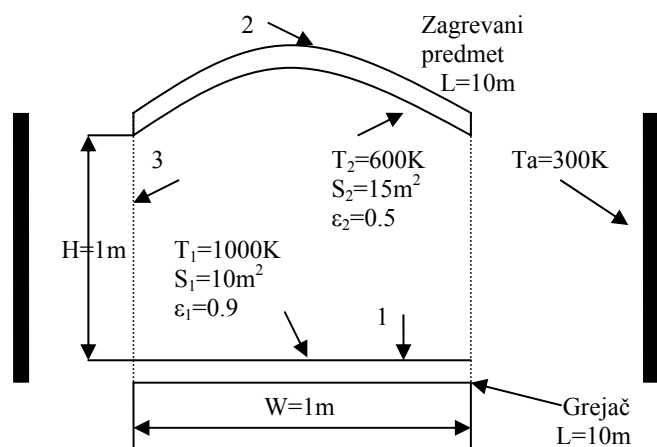
Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

Октобарски испитни рок, одржан 8. 10. 2003.

1. Описати основне принципе на којима се заснивају методе (директна и индиректна) за експериментално одређивање средњег коефицијента преласка топлоте струјањем са паралелопипеда на ваздух. Користити скице експерименталних постројења и аналитичке изразе према којима се одређују релевантне величине при израчунавању коефицијената преласка топлоте струјањем.

Како се решавају проблеми нехомогености брзинског и температурног поља загрејаног ваздуха код директне методе? Зашто се код директне методе површине "скупљача ваздуха" и грејача, а код индиректне методе површина грејача, облажу светлим материјалима малог коефицијента сивоће?

2. У једном технолошком процесу потребно је загревати предмете топлотне обраде (1) зрачењем помоћу електроотпорних грејача (2), на начин приказан на слици. Пренос топлоте струјањем се може занемарити, а за површи се може сматрати да зраче дифузно. Колико износи снага загревања предмета топлотне обраде? «Фактори виђења» између правоугаоних површи димензија 10 m x 1 m, које се налазе на растојању 1 m, износи 0.39.



3. Описати конструкцију и објаснити принципе рада уређаја за тачкасто заваривање. Како се дефинише снага овог директног електроотпорног загревања, од чега зависи и како се одређује?

4. Полазећи од општих векторских Максвелових једначина електромагнетског поља у комплексном домену, извести израз за снагу загревања полубесконачне електропроводне парамагнетне средине познатих електричних карактеристика. Загревање се врши електромагнетским таласима учестаности f и јачине магнетског поља H_0 , чији је вектор паралелан равној граничној површи полубесконачне електропроводне средине.

5. У колу једносмерне струје прикљученог на напон $U = 175\text{ V}$ успоставља се електрични лук на коме напон износи $E = 85\text{ V}$ при струји лука $I = 4\text{ A}$. Напон на луку се састоји од: а) падова напона на стубу лука, дужине $L_s = 20\text{ mm}$, који је пропорционалан дужини лука са константом пропорционалности $C = 2.5\text{ V / cm}$ и б) падова напона у анодној и катодној зони, који су у разматраном случају једнаки и зависе од струје лука: $V_\phi = A + B / I^2$. Одредити јачину електричног поља у катодној области, ако се зна да је оно хомогено и да дужина катодне зоне износи $L_s = 0.1\text{ mm}$. Одредити константе A и B ако се зна да је отпорност електричног кола 10 пута већа од минималне отпорности при којој се у наведеној радној тачки има стабилно горење лука.

/Испит траје 3 сата/