



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

13. 5. 2006.

## Први парцијални испит из предмета Електротермија

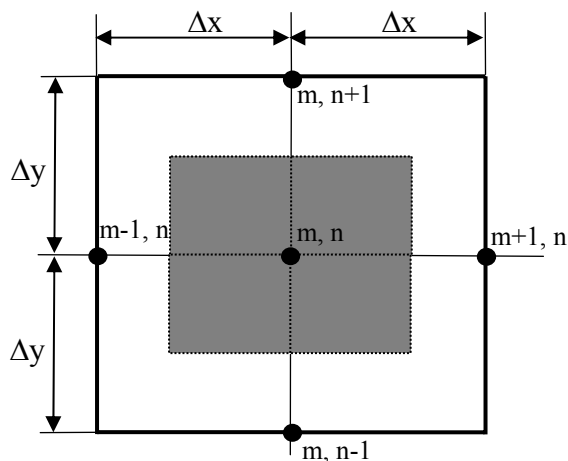
Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Описати експеримент и скицирати изглед конструкције помоћу којих се може одредити просторна расподела укупне снаге зрачења једног комерцијалног електроотпорног извора топлоте. Полазећи од дефиниције јачине зрачења, извести израз по коме се она може израчунати из мерене површинске густине снаге зрачења. Који услов треба да буде испуњен да би јачина зрачења реалног извора уште могла да буде дефинисана?

2. На једном трансформатору чији су намотаји хлађени ваздухом извршена су два огледа загревања. Први је извршен при природном струјању ваздуха, при снази губитака  $P_\gamma$ , а други при принудном струјању ваздуха, при снази губитака  $1.96 P_\gamma$ . У оба огледа загревања температура амбијента је била иста.  $U/I$  методом мерења отпора намотаја једносмерној струји дошло се до идентичних вредности средње температуре намотаја. Успоставити релацију која описује везу између вредности коефицијената преласка топлоте струјањем са намотаја на ваздух у случају природног ( $\alpha_{AN}$ ) и принудног ( $\alpha_{AF}$ ) струјања ваздуха. При разматрању усвојити следеће претпоставке: а) Пренос топлоте се може посматрати као једнодимензиони пренос топлоте кроз раван зид; б) Намотај се хлади симетрично са обе стране (описан коефицијетом  $\alpha_{AN}$ , односно  $\alpha_{AF}$ ); в) Намотај се може еквивалентирати равним зидом дебљине  $L$  и специфичне топлотне проводности  $\lambda$  са равномерним генерисањем топлоте по запремини.

3. Извести израз за одређивање укупне снаге која се одведе са тела температуре  $\mathcal{G}_b$  помоћу једног ребра за хлађење у облику шипке пречника  $D$  и дужине  $L$ , израђене од материјала специфичне топлотне проводности  $\lambda$ . Са површи омотача шипке топлота се одводи струјањем ваздуха температуре  $\mathcal{G}_a$ , при чему коефицијент преласка топлоте струјањем износи  $\alpha$ . Усвојити апроксимацију да је температура шипке на њеном крају једнака температури ваздуха  $\mathcal{G}_a$ .

4. Извести израз за методу коначних елемената за елемент топлопроводне средине приказан на слици. При постављању израза који обухвата и временску променљивост температуре користити имплицитну методу. Познати су сви подаци о карактеристикама материјала. По запремини елемента нема генерисања топлоте. Дискретизација топлопроводне средине је извршена тако да је  $\Delta x = \Delta y$ .



5. Две паралелне велике површи се налазе на температурама  $T_1 = 900$  К и  $T_2 = 300$  К. Њихове површи имају својства идеално сивог тела, коефицијента сивоће  $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0.75$ . Израчунати површинску густину снаге размене топлоте зрачењем између ових површи. На колико се процената она умањи ако се између плоча убаци танак екран чије обе површи зраче као идеално сиво тело коефицијента сивоће  $\epsilon_3 = 0.2$ ?

*Испит траје максимално три сата*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

20. 5. 2006.

## Први парцијални испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. За мерење термоелектромоторне силе на хладним крајевима стандардног термопара  $T$  типа примењена је компензациона метода – компензатор је уравнотежен при вредности променљивог декадног отпора компензатора  $R = 14.57 \Omega$ . При томе температура хладних крајева термопара износи  $\vartheta_h = 25^\circ\text{C}$ ? Иницијално уравнотежење компензатора је извршено при струји  $I = 1 \text{ mA}$ . Колика је температура топлог споја термопара, чија је карактеристика у опсегу од интереса дата у наредној табели.

Temperature ( $^\circ\text{C}$ )		Хладни крајеви на $0^\circ\text{C}$									
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	0.830	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	2.508	2.551	2.594	2.637	2.680	2.723	2.766	2.809	2.852	2.895
70	2.895	2.938	2.981	3.024	3.067	3.110	3.153	3.196	3.239	3.282	3.325
80	3.325	3.368	3.411	3.454	3.497	3.540	3.583	3.626	3.669	3.712	3.755
90	3.755	3.798	3.841	3.884	3.927	3.970	4.013	4.056	4.099	4.142	4.185
100	4.185	4.228	4.271	4.314	4.357	4.400	4.443	4.486	4.529	4.572	4.615
110	4.615	4.658	4.701	4.744	4.787	4.830	4.873	4.916	4.959	5.002	5.045
120	5.045	5.088	5.131	5.174	5.217	5.260	5.303	5.346	5.389	5.432	5.475
130	5.475	5.518	5.561	5.604	5.647	5.690	5.733	5.776	5.819	5.862	5.905
140	5.905	5.948	5.991	6.034	6.077	6.120	6.163	6.206	6.249	6.292	6.335
150	6.335	6.378	6.421	6.464	6.507	6.550	6.593	6.636	6.679	6.722	6.765
160	6.765	6.808	6.851	6.894	6.937	6.980	7.023	7.066	7.109	7.152	7.195
170	7.195	7.238	7.281	7.324	7.367	7.410	7.453	7.496	7.539	7.582	7.625
180	7.625	7.668	7.711	7.754	7.797	7.840	7.883	7.926	7.969	8.012	8.055
190	8.055	8.098	8.141	8.184	8.227	8.270	8.313	8.356	8.399	8.442	8.485
200	8.485	8.528	8.571	8.614	8.657	8.700	8.743	8.786	8.829	8.872	8.915
210	8.915	8.958	9.001	9.044	9.087	9.130	9.173	9.216	9.259	9.302	9.345
220	9.345	9.388	9.431	9.474	9.517	9.560	9.603	9.646	9.689	9.732	9.775
230	9.775	9.818	9.861	9.904	9.947	9.990	10.033	10.076	10.119	10.162	10.205
240	10.205	10.248	10.291	10.334	10.377	10.420	10.463	10.506	10.549	10.592	10.635
250	10.635	10.678	10.721	10.764	10.807	10.850	10.893	10.936	10.979	11.022	11.065
260	11.065	11.108	11.151	11.194	11.237	11.280	11.323	11.366	11.409	11.452	11.495
270	11.495	11.538	11.581	11.624	11.667	11.710	11.753	11.796	11.839	11.882	11.925
280	11.925	11.968	12.011	12.054	12.097	12.140	12.183	12.226	12.269	12.312	12.355
290	12.355	12.398	12.441	12.484	12.527	12.570	12.613	12.656	12.699	12.742	12.785
300	12.785	12.828	12.871	12.914	12.957	13.000	13.043	13.086	13.129	13.172	13.215
310	13.215	13.258	13.301	13.344	13.387	13.430	13.473	13.516	13.559	13.602	13.645
320	13.645	13.688	13.731	13.774	13.817	13.860	13.903	13.946	13.989	14.032	14.075
330	14.075	14.118	14.161	14.204	14.247	14.290	14.333	14.376	14.419	14.462	14.505
340	14.505	14.548	14.591	14.634	14.677	14.720	14.763	14.806	14.849	14.892	14.935
350	14.935	14.978	15.021	15.064	15.107	15.150	15.193	15.236	15.279	15.322	15.365
360	15.365	15.408	15.451	15.494	15.537	15.580	15.623	15.666	15.709	15.752	15.795
370	15.795	15.838	15.881	15.924	15.967	16.010	16.053	16.096	16.139	16.182	16.225
380	16.225	16.268	16.311	16.354	16.397	16.440	16.483	16.526	16.569	16.612	16.655
390	16.655	16.698	16.741	16.784	16.827	16.870	16.913	16.956	16.999	17.042	17.085
400	17.085	17.128	17.171	17.214	17.257	17.300	17.343	17.386	17.429	17.472	17.515

2. Дефинисати електрично коло помоћу кога се могу анализирати топлотни прелазни процес до кога долази када се један базис ваљка (пречника  $0.1 \text{ m}$  и дужине  $1 \text{ m}$ ), који је идеално топлотно изолован по свом омотачу, изложи дејству топлог ваздуха температуре  $100^\circ\text{C}$  (коэффицијент преласка топлоте струјањем износи  $30 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ ), а други базис дејству ваздуха температуре  $200^\circ\text{C}$  (коэффицијент преласка топлоте струјањем износи  $40 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ ). Температура ваљка у почетном тренутку је износила  $0^\circ\text{C}$ . Карактеристике материјала од кога је сачињен ваљак су:  $\lambda = 1 \text{ W} / (\text{m K})$ ,  $c \rho = 2 \cdot 10^6 \text{ J} / (\text{m}^3 \text{ K})$ . Дискретизацију по дужини ваљка извршити на 10 делова. На располагању стоје променљиви отпорници  $1 - 11 \text{ k}\Omega$ , променљиви кондензатори  $500 - 1000 \text{ pF}$  и променљиви напонски извори  $0 - 12 \text{ V}$ . Колики је коэффициент свођења времена из топлотног у електрични систем?

3. Лопта полупречника  $2 \text{ m}$ , температуре  $900 \text{ K}$  и коэффицијента сивоће  $0.8$  се налази унутар лопте полупречника  $3 \text{ m}$ , температуре  $600 \text{ K}$  и коэффицијента сивоће  $0.6$ . Колико износи снага преноса топлоте зрачењем са унутрашње ка спољној лопти?

4. Један електрични проводник је начињен од бакра, чија специфична електрична отпорност на  $20^{\circ}\text{C}$  износи  $\rho_{20}=1.7\times 10^{-8}\ \Omega\ \text{m}$ , а коефицијент њеног линеарног пораста са температуром  $\alpha_{Cu20}=3.9\times 10^{-3}\text{C}^{-1}$ ;  $\rho=\rho_{20}(1+\alpha_{Cu20}(\vartheta-20))$ . Површина кружног попречног пресека проводника износи  $S_{Cu}=263.25\ \text{mm}^2$ . Проводник је изолован папирном изолацијом дебљине  $1.5\ \text{mm}$ , чија топлотна проводност износи  $\lambda_p=0.15\ \text{W m}^{-1}\ \text{K}^{-1}$ . Одредити максимално оптерећење овог проводника једносмерном струјом за две ситуације: када се налази у уљу и када се налази у ваздуху. Температура папирне изолације не сме да пређе  $140\ ^{\circ}\text{C}$ , а у случају хлађења уљем поставља се додатни критеријум да температура папира непосредно уз уље не сме да пређе  $115\ ^{\circ}\text{C}$ . Температура расхладног флуида – уља, односно ваздуха – износи  $20\ ^{\circ}\text{C}$ . Коефицијент преласка топлоте са спољашње површи изолације кабла на уље износи  $100\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-1}$ , а на ваздух  $10\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-1}$ . Због добре топлотне проводности може се сматрати да је температура по запремини бакра константна. Провођење температуре кроз слој папирне изолације кабла се са задовољавајућом тачношћу може израчунавати као провођење топлоте кроз раван зид.

5. Извести диференцијалну једначину чијим се решавањем долази до функције промене температуре дуж ребра за хлађење у облику шипке пречника  $D$  и дужине  $L$ , израђене од материјала специфичне топлотне проводности  $\lambda$ . Са површи омотача шипке топлота се одводи струјањем ваздуха температуре  $\vartheta_a$ , при чему коефицијент преласка топлоте струјањем износи  $\alpha$ . Поставити граничне услове за леви базис ваљка, који је ослоњен на тело температуре  $\vartheta_b$ , као и за десни базис, који се налази у ваздуху. За десни базис поставити сва три гранична услова – а) да се са базиса топлота на ваздух одводи струјањем ( $\alpha$ ), б) да се сматра да је површ базиса адијабадска и в) да је температура базиса једнака температури ваздуха ( $\vartheta_a$ ).

*Испит траје максимално 150 минута*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

5. 6. 2006.

## Други парцијални испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Одредити температуру електроотпорне жице савијене у спиралу спољашњег пречника 2 mm, која се налази унутар стандардног цевног грејача снаге 1000 W. Спољашњи пречник металне цеви грејача износи 6 mm, а дебљина цеви 0.5 mm. Између грејне спирале и унутрашње површи цеви се налази слој електроизолационог материјала специфичне топлотне проводности  $\lambda=0.5 \text{ W / (m K)}$ . Коefицијент сивоће спољашње површи цеви износи 0.85. Може се сматрати да се 10 % укупне снаге ка околини преноси провођењем топлоте, а преосталих 90 % зрачењем. Температура околине износи 20 °C. Дужина грејача није позната; њу је потребно одредити тако да се таласна дужина при којој се постиже спектрални максимум зрачења поклапа са оном при којој човекова кожа има максималну апсорпциону моћ (3  $\mu\text{m}$ ). Константа у Wien-овом закону померања износи  $2.898 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$ , Stefan-Boltzmann-ova константа  $\sigma_c=5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W / (m}^2 \text{ K}^4)$ .

2. Снага једнофазне индукционе каналне пећи износи 55 kW, напон на који се прикључује 380 V, учестаност 50 Hz, а фактор снаге 0.8. Одредити потребне елементе да се изврши потпуна компензација реактивне снаге пећи и симетрирање компензованог пријемника. Израчунати ефективне вредности струје које теку кроз: 1. пећ, 2. кондензатор за компензацију реактивне снаге пећи, 3. пригушницу која чини једну од грана троугла симетрирања, 4. кондензатор који чини једну од грана троугла симетрирања, 5. линијске проводнике према дистрибутивној мрежи.

3. Нацртати еквивалентну шему електричног лука у коме се трансформатор за прикључење на мрежу описује Г еквивалентном шемом. Извести изразе за: 1. Максималну корисну снагу електричног лука и степен електричног искоришћења при њој; 2. Степен искоришћења при номиналној струји лука (секундара трансформатора); 3. Максимални степен искоришћења. У изразима могу да фигуришу параметри трансформатора (у редној и оточној грани), номинална струја лука (секундара трансформатора), минимална струја горења лука и напон секундара трансформатора.

4. Једним електроиндукционим уређајем са магнетним колом у континуалном процесу брзином  $v = 1 \text{ m / s}$  загрева се бакарни електрични проводник пресека  $S_{Cu} = 1.5 \text{ mm}^2$  са температуре амбијента (20 °C) на 80 °C. Дужина индукта – навојка у кратком споју (који чини електрични проводник) износи 2 m. Одредити број навојака и струју индуктора који се прикључује на напонски извор 220 V, 50 Hz. При томе користити следеће претпоставке: 1. занемарити пренос топлоте са и кроз електрични проводник, 2. занемарити отпорност и реактансу расипања индуктора, 3. сматрати да реактанса расипања индукта износи 30 % његове отпорности.

Специфични запремински топлотни капацитет бакра износи  $c_{Cu}=3.46 \cdot 10^3 \text{ kJ/(m}^3 \text{ K)}$ , а специфична електрична отпорност  $\sigma_{Cu}=57 \text{ S m/(mm}^2)$ ; сматрати да су ове вредности константне у температурном опсегу (20 °C, 80 °C).

5. Описати експеримент којим је у петој лабораторијској вежби показано ефикасније сушење 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 диелектричног загревања. Објаснити узрок оваквих профила температура, полазећи од појма дубине продирања електромагнетског поља.

*Испит траје максимално 150 минута*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

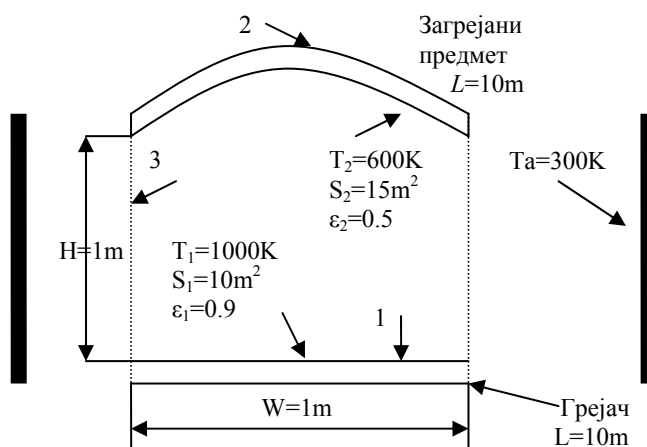
Катедра за енергетске претвараче и погоне

17. 6. 2006.

## Први парцијални испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. У једном технолошком процесу потребно је загревати предмете топлотне обраде (2) зрачењем помоћу електроотпорних грејача (1), 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  $10\text{ m} \times 1\text{ m}$ , које се налазе на растојању  $1\text{ m}$ , износи  $0.39$ .



2. На једном трансформатору чији су намотаји хлађени ваздухом извршена су два огледа загревања. Први је извршен при природном струјању ваздуха, при снази губитака  $P_\gamma$ , а други при принудном струјању ваздуха, при снази губитака  $1.96 P_\gamma$ . У оба огледа загревања температура амбијента је била иста.  $U/I$  методом мерења отпора намотаја једносмерној струји дошло се до идентичних вредности средње температуре намотаја. Успоставити релацију која описује везу између вредности коефицијената преласка топлоте струјањем са намотаја на ваздух у случају природног ( $\alpha_{AN}$ ) и принудног ( $\alpha_{AF}$ ) струјања ваздуха. При разматрању усвојити следеће претпоставке: а) Пренос топлоте се може посматрати као једнодимензиони пренос топлоте кроз раван зид; б) Намотај се хлади симетрично са обе стране (описан коефицијетом  $\alpha_{AN}$ , односно  $\alpha_{AF}$ ); в) Намотај се може еквивалентирати равним зидом дебљине  $L$  и специфичне топлотне проводности  $\lambda$  са равномерним генерисањем топлоте по запремини.

3. Нацртату шему компензатора и објаснити начин мерења термоелектромоторне силе на хладним крајевима термопара компензационом методом. Како се из измерене електромоторне силе ( $\varepsilon$ ) и измерене температуре хладних крајева ( $\vartheta_n$ ) одређује температура топлотне споја ( $\vartheta_s$ ). Термопар је стандардног типа, што значи да је за њега позната зависност електромоторне силе од температуре топлотне споја ( $\varepsilon = f(\vartheta_s)$ ), при температури хладног споја од  $0^\circ\text{C}$ .

4. У индустрији хране раствор соли се у размењивачу топлоте у облику двоструке цеви загрева од температуре  $-12^\circ\text{C}$  до  $-7^\circ\text{C}$ . Смер струјања раствора соли и воде, која протиче кроз унутрашњу цев размењивача топлоте је исти. Спољашња цев размењивача је идеално изолована од околине. Температура воде на уласку у цев износи  $32^\circ\text{C}$ , а на изласку  $21^\circ\text{C}$ ; проток воде је  $10$  литара у минути; специфични масени топлотни капацитет воде износи  $4.186\text{ kJ}/(\text{kg K})$ . Укупни коефицијент преласка топлоте између воде и раствора соли износи  $250\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ . Колика је потребна површина размењивача топлоте – унутрашње цеви, чија је дебљина занемарљиво мала у односу на пречник.

Испит траје максимално 150 минута



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

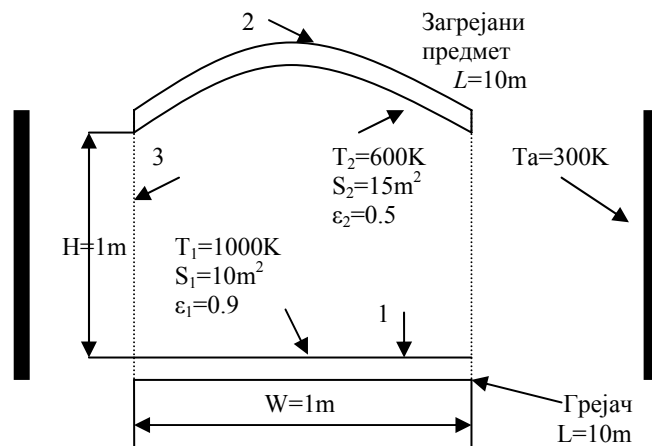
Катедра за енергетске претвараче и погоне

17. 6. 2006.

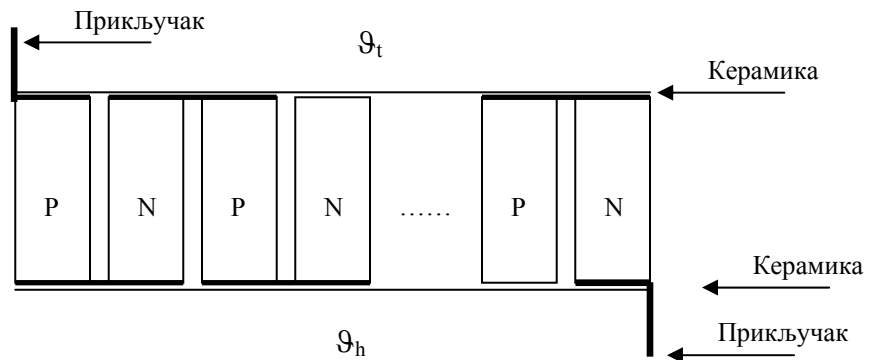
## Други парцијални испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. У једном технолошком процесу потребно је загревати предмете топлотне обраде (2) зрачењем помоћу електроотпорних грејача (1), 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  $10\text{ m} \times 1\text{ m}$ , које се налазе на растојању  $1\text{ m}$ , износи  $0.39$ .



2. Објаснити принцип рада топлотне пумпе базиране на Peeltier-овом ефекту (видети слику), којом се енергија преноси са површи која се налази на нижој температури ка површи која се налази на вишој температури. Поставити енергетски биланс топлотне пумпе и објаснити који елементи и како утичу на однос енергије пренете од хладније ка топлијој страни и утрошене електричне енергије; због чега топлотна пумпа има неповољне карактеристике ако је велика разлика температура топле и хладне површи?



3. Између двеметалне плоче пресе, површине  $S=3\text{m}^2$ , постави се 6 слојева фурнира ( $\epsilon_{r1}=4$ ,  $\text{tg } \delta_{e1}=0.4$ ), сваки дебљине  $l_1=10^{-3}\text{m}$  и 5 слојева лепка ( $\epsilon_{r2}=5$ ,  $\text{tg } \delta_{e2}=0.5$ ), сваки дебљине  $l_2=10^{-4}\text{m}$ . Металне плоче се прикључују на крајеве извора електричне енергије брзопроменљивог напона, ефективне вредности  $1000\text{V}$  и учестаности  $5\text{MHz}$ . Израчунати привидну снагу на излазу извора енергије (претварача учестаности), као и фактор снаге његовог оптерећења). Ивични ефекти код кондензатора се могу занемарити;  $\epsilon_0=8.855/10^{12}\text{ F/m}$ .

4. Објаснити начин увођења комплаксне релативне пермитивности за један диелектрик код кога се диелектрични померај ( $D$ ), при простопериодичној промени јачине поља ( $E$ ), не мења по простопериодичном закону. При објашњењу поћи од познате хистерезисне ависности  $D(E)$ .

5. 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.

*Испит траје максимално 150 минута*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

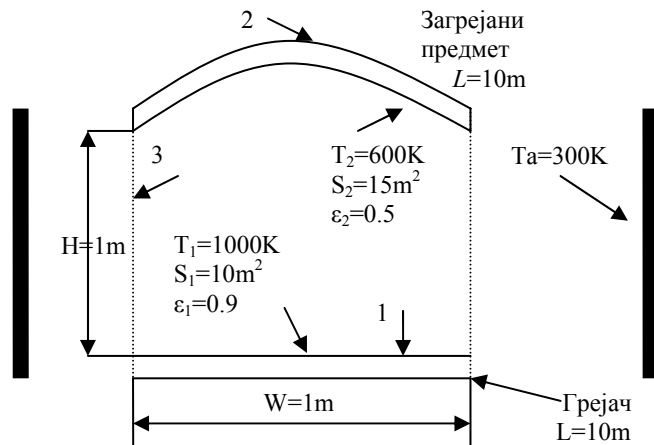
Катедра за енергетске претвараче и погоне

17. 6. 2006.

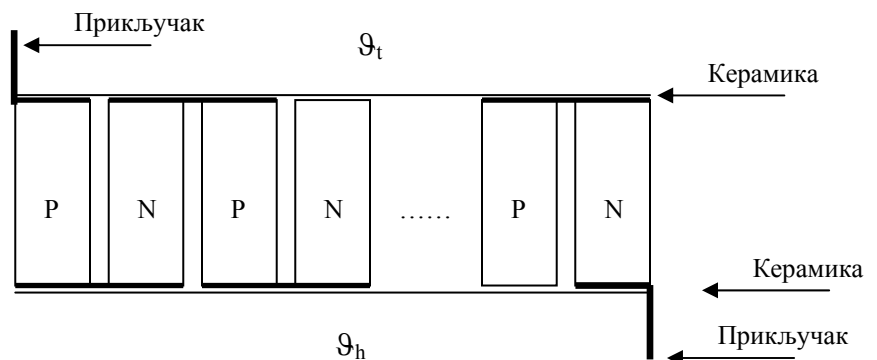
## Испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. У једном технолошком процесу потребно је загревати предмете топлотне обраде (2) зрачењем помоћу електроотпорних грејача (1), 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  $10\text{ m} \times 1\text{ m}$ , које се налазе на растојању  $1\text{ m}$ , износи  $0.39$ .



2. Објаснити принцип рада топлотне пумпе базиране на Peeltier-овом ефекту (видети слику), којом се енергија преноси са површи која се налази на нижој температури ка површи која се налази на вишој температури. Поставити енергетски биланс топлотне пумпе и објаснити који елементи и како утичу на однос енергије пренете од хладније ка топлијој страни и утрошене електричне енергије; због чега топлотна пумпа има неповољне карактеристике ако је велика разлика температура топле и хладне површи?



3. Нацртату шему компензатора и објаснити начин мерења термоелектромоторне силе на хладним крајевима термопара компензационом методом. Како се из измерене електромоторне силе ( $\varepsilon$ ) и измерене температуре хладних крајева ( $\vartheta_h$ ) одређује температура топлотне споја ( $\vartheta$ ). Термопар је стандардног типа, што значи да је за њега позната зависност електромоторне силе од температуре топлотне споја ( $\varepsilon = f(\vartheta)$ ), при температури хладног споја од  $0^\circ\text{C}$ .



4. Објаснити начин увођења комплаксне релативне пермитивности за један диелектрик код кога се диелектрични померај ( $D$ ), при простопериодичној промени јачине поља ( $E$ ), не мења по простопериодичном закону. При објашњењу поћи од познате хистерезисне ависности  $D(E)$ .
5. 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.

*Испит траје максимално 150 минута*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

10. 7. 2006.

## Испит из предмета Електротермија

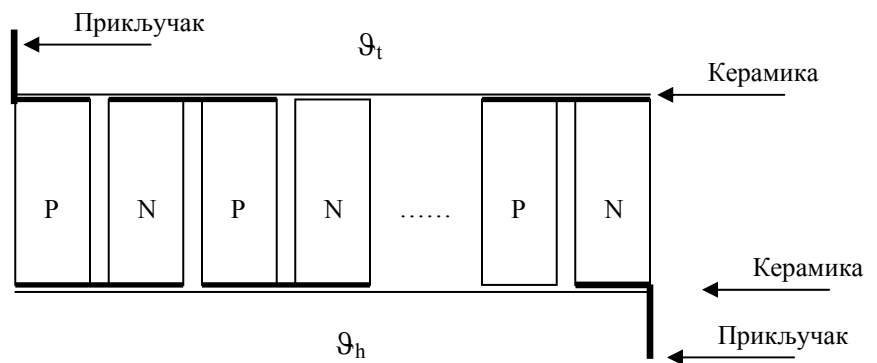
Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Помоћу електроиндукционог уређаја са магнетним колом потребно је вршити континуално загревање електричног проводника, који се креће брзином од  $v = 1 \text{ m/s}$ , од температуре амбијента, која износи  $20^\circ\text{C}$ , до  $80^\circ\text{C}$ .

Одредити број навојака и струју индуктора који се прикључује на напонски извор  $220 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ , ако се може занемарити расипање магнетског флукса индуктора и његова отпорност, као и струја потребна за магнећење магнетског кола. Проводник који се загрева је пресека  $S = 1.5 \text{ mm}^2$  и израђен је од бакара ( $c_{pCu} = 3.46 \cdot 10^3 \text{ kJ/(m}^3 \text{ K)}$ ),  $\sigma_{Cu} = 56 \text{ (S m)/mm}^2$ ). Дужина навојка у секундару је  $L = 2 \text{ m}$ . Реактанса услед расутог флукса око загреваног бакарног проводника (при  $50 \text{ Hz}$ ) износи приближно  $30 \%$  активне отпорности. При израчунавању тражених величина занемарити снаге конвективног преноса топлоте са бакарног навојка на ваздух и кондуктивног преноса топлоте кроз навојак.

2. На слици је приказана топлотна пумпа базирана на Peeltier-овом ефекту.

Познате су све карактеристике бизмут-телурида, од кога су сачињени  $pn$  елементи, као и број и димензија (дебљина и попречни пресек)  $pn$  елемената. Описати оглед и поступак из кога се могу одредити коефицијент прелаз топлоте преко контактне топлотног отпора између  $pn$  елемената и керамике и преко топлотног отпора провођењу топлоте кроз керамике. Поћи од тога да се одговарајућим техничким решењем температуре на спољним површинама керамике одржавају на познатим вредностима  $\vartheta_t$  (топла страна) и  $\vartheta_h$  (хладна страна).



3. Температура једног базиса врло дугачке бакарне шипке, специфичне топлотне проводности  $\lambda = 398 \text{ W / (m K)}$  и пречника  $D = 2.5 \text{ cm}$  одржава се на температури од  $\vartheta_b = 100^\circ\text{C}$ . Са површи омотача шипке топлота се одводи струјањем ваздуха температуре  $\vartheta_\infty = 25^\circ\text{C}$ , при чему коефицијент преласка топлоте струјањем износи  $\alpha = 10 \text{ W / (m}^2 \text{ K)}$ . Одредити укупну снагу којом се енергија одводи са површи омотача шипке.

4. Полазећи од Максвелових једначина електромагнетског поља, дефинисати и извести израз за дубину продирања простопериодичног електромагнетског таласа учестаности  $f$  у полубесконачину парамагнетску средину (електричне проводности  $\sigma$ ).

5. Нацртати заменски шему којом се описује понашање електротермичког уређаја са електричним луком за основни хармоник учестаности напајања. За напојни трансформатор и остале напојне елементе користити  $\Gamma$  заменску шему. Који су огледи потребни и на који начин се из њих могу одредити параметри  $\Gamma$  заменске шеме напојних елемената.

Испит траје максимално 180 минута



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

11. 9. 2006.

## Испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

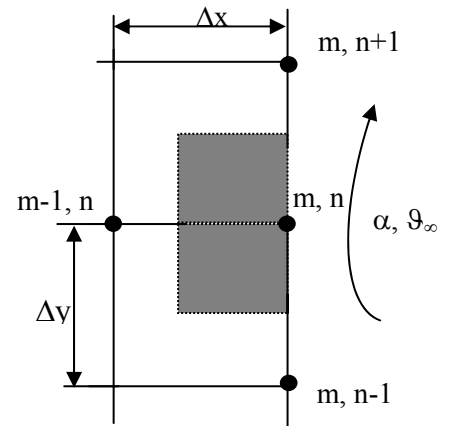
1. Код волтметарске методе за мерење температуре помоћу термопарова мора се водити рачуна о две појаве које могу довести до систематске грешке у мерењу.

а) Волтметар је избјаждарен директно по температури, уз претпоставку да је температура његових прикључака  $20^{\circ}\text{C}$ . Како се приближно може кориговати температура коју показује волтметар, ако нису на располагању таблице термопара? Како се може одредити тачна вредност температуре топлог споја из вредности температуре коју показује волтметар, ако је таблица термопара на располагању? Шта приближни поступак чини прихватљивим, односно због чега грешка има прихватљиво малу вредност?

б) Какву грешку може да произведе коначна вредност улазне отпорности волтметра и како се решава тај проблем?

2. Посматрајмо диск пречника  $D$  и равну површ чија је површ много мања од површи диска. Диск и равна површ су паралелни. Равна површ мале површи се налази на растојању  $L$  од центра површи диска, лоцирана око нормале која пролази кроз центар диска. Одредити фактор виђења диска ( $j$ ) са мале површи ( $i$ ).

3. Извести израз за методу коначних елемената за елемент топлопроводне средине приказан на слици. При постављању израза који обухвата и временску променљивост температуре користити експлицитну методу. Познати су сви подаци о карактеристикама материјала и коефицијенту преласка топлоте струјањем са тела на околни флуид температуре  $\vartheta_{\infty}$ . Дискретизација топлопроводне средине је извршена тако да је  $\Delta x = \Delta y$ .



4. Између две паралелно постављене плоче, површина  $1\text{ m}^2$ , које се алазе на међусобном растојању

$l_1 = 10^{-2}\text{ m}$ , налази се плоча од дрвета исте површине, али мање дебљине ( $l_2 = 0.8 \cdot 10^{-2}\text{ m}$ ). Ова дрвена плоча има релативну диелектричну константу  $\epsilon_r = 4$  и коефицијент губитака (тангенс угла губитака)  $\text{tg } \delta = 0.4$ .

Ако се између металних плоча формира брзопроменљиво поље довођењем њихових крајева на потенцијалску разлику, доћи ће до диелектричног загревања дрвене плоче. Израчунати максималну могућу снагу загревања, ако је познато да вредност јачине електричног поља у дрвету не треба да пређе вредност  $E_{\text{prep.}}$ , која је приближно једнака половини јачине поља при којој долази до пробоја ( $E_{\text{prob.}}$ ), која износи  $E_{\text{prob.}} = 10\text{ kV/cm}$  до  $E_{\text{prob.}} = 70\text{ kV/cm}$ . Јачина пробојног електричног поља у ваздуху, због присуства воде која испарава, има значајно мању вредност он оне која се уобичајено даје за ваздух, и износи  $E_{\text{prob. v}} = 1\text{ kV/cm}$ . Учестаност загревања је, због равномерности напона по површини плоче кондензатора и равномерности снаге загревања, ограничена на  $15\text{ MHz}$ . „Резервисане“ учестаности напона напајања за уређеје овог типа су  $13.56$ ,  $27.12$  и  $40.68\text{ MHz}$ .

5. Конструкција, начин рада и могућности регулације уређаја за тачкасто заваривање.

Испит траје максимално 180 минута



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

9. 10. 2006.

## Испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. За једну танку вертикалну плочу се врши одређивање средње вредности преласка топлоте струјањем са плоче на околни ваздух. Плоча је конструктивно изведена као танак електроотпорни грејач, при чему је електроотпорна жица, која се налази испод електроизолационог слоја, равномерно распоређена по површи.

Извршена су следећа мерења: 1. Температура је измерена у по 9 тачака са једне и са друге стране плоче, при чему се може сматрати да тачке репрезентују делове плоче једнаких површи; добијене су вредности (исказане у  $^{\circ}\text{C}$ ) на следећој скици. Снага којом грејач преузима енергију из мреже при напону од 200 V је 190 W. Површинска густина снаге зрачења око средишних тачака са прве стране плоче износи  $0.012 \text{ W/cm}^2$ , а са друге  $0.013 \text{ W/cm}^2$ . Температура ваздуха у просторији износи  $23^{\circ}\text{C}$ . Површина обе стране плоче износи  $0.0972 \text{ m}^2$ , а отпорност веза и струјног кола ватметра  $0.62 \Omega$ . На основу резултата мерења израчунати средњу вредност коефицијента преласка топлоте.

170	170	170
190	200	190
190	200	190

Прва страна

170	170	170
190	200	190
190	200	190

Друга страна

2. Уређај за печење боје се састоји од дугачког канала, чији попречни пресек представља једнакостранични троугао странице  $w = 1 \text{ m}$ . Једна од три правоугаоне странице канала, емисивности  $\varepsilon_1=0.8$ , загревањем се одржава на температури од  $T_1 = 1200 \text{ K}$ . Другу страницу сачињавају обојене плоче, емисивности  $\varepsilon_2=0.4$ , чија је температура у стационарном стању  $T_2 = 500 \text{ K}$ . За трећу страницу су могуће две варијанте: а) плоча емисивности  $\varepsilon_3=0.8$ , идеално топлотно изолована од околине, б) плоча емисивности  $\varepsilon_3=0.2$ , температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Израчунати снагу по јединици дужине којом је у стационарном стању потребно доводити енергију површи температуре  $1200 \text{ K}$ . Израчунавање извршити за обе варијанте треће странице.

3. Како се монофазне индукционе пећи могу прикључити на трофазну дистрибутивну мрежу како би се избегло неповољно оптерећење мреже (велика несиметрична оптерећења и лош фактор снаге). Могућа решења навести за случајеве да постоји једна, две или три идентичне индукционе пећи.

4. Нацртати блок-дијаграм класичног микропроцесорског система за регулацију температуре у електроотпорним пећима за индиректно загревање. Навести типичан облик преносне функције пећи (као објекта управљања) и описати поступак могућег одређивања њених параметара, полазећи од снимљеног температурног одзива при константној снази загревања.

5. У јединственом U (I) координатном систему представити карактеристику извора енергије, који садржи трансформатор, и карактеристику електричног лука, као пријемника у колу. Објаснити утицај релевантних параметара на облик кривих: за извор – утицај промене преносног односа и утицај промене еквивалентне импедансе и за лук – утицај промене дужине лука. Објаснити могуће односе ових карактеристика, и на основу њих коментарисати услове горења лука.

Испит траје максимално 180 минута

