

10. 1. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Jedna površ, koja nema odlike idealno sivog tela, ima spektralnu emisivnost 0.4, za $\lambda \in [0, 2\mu\text{m}]$ i 0.8, za $\lambda \in [2\mu\text{m}, 5\mu\text{m}]$. Odrediti ukupni koeficijent sivoće ovog tela (koeficijent sivoće ekvivalentnog idealnog sivog tela koje bi zračilo ukupnu energiju istom površinskom gustinom kao posmatrano telo). Temperatura površi koja zrači iznosi 1600 K. Poznate su vrednosti faktora zračenja u opsegu talasnih dužina $F(\lambda^* T)$, za $\lambda^* T = 3200$, $F = 0.318$ i za $\lambda^* T = 8000$, $F = 0.865$.

Koristeći Wien-ov zakon pomeranja crnog tela (Wien-ova konstanta iznosi $2.896 \cdot 10^{-3}$ m K) i Planck-ov zakon zračenja,

$$c_{\lambda T} = \frac{0.369 \cdot 10^{-15} \lambda^{-5}}{e^{\frac{1.44 \cdot 10^{-2}}{\lambda T}} - 1}$$

odrediti talasnu dužinu pri kojoj se dostiže maksimalna monohromatska površinska gustina snage.

2. Za tačku koja se nalazi u unutrašnjosti tela u kome se odvija dvodimenzionalni nestacionarni proces prenosa toplote provođenjem, uz zapreminsko generisanje toplote, napisati odgovarajuću jednačinu za rešavanje temperaturnog polja po metodi konačnih elemenata. Izraz napisati u eksplicitnoj formi. Napisati kriterijum koji moraju da zadovolje vremenski i prostorni koraci diskretizacije da bi numerički postupak bio konvergentan. Pri tome usvojiti da su koraci prostorne diskretizacije (po x i y osi) jednaki.

3. Između dve paralelno postavljene metalne ploče, površina 1 m^2 , koje se nalaze na međusobnom rastojanju 1 cm, nalazi se ploča od drveta iste površine, ali manje debljine (0.8 cm). Ova drvena ploča ima statičku dielektričnu konstantu 4 i koeficijent gubitaka (tangens ugla gubitaka) 0.4.

Ako se između metalnih ploča formira brzopromenljivo polje dovođenjem njihovih krajeva na potencijalnu razliku 1000 V, doći će do dielektričnog zagrevanje drvene ploče. Izračunati snagu dielektričnog zagrevanja, pri učestanosti promene električnog polja 500 kHz. Pri izračunavanju uzeti u obzir i uticaj otpora kojim se modeluju gubici u nesavršenom dielektriku na jačinu električnog polja u drvetu. Dielektrična konstanta vazduha iznosi $8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

4. 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), vazdušnog zazora (X_z) i induktora (X_i) jednog uredjaja za indukciono zagrevanje, dobijene su njihove vrednosti po jednom navojku ($\Omega/\text{navojku}^2$):

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

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

5. Nacrtati električnu šemu ispitivanja elektrotermičkog uređaja za elektrolučno zavarivanje. Šema treba da omogući određivanje relevantnih karakteristika uređaja kod koga se električni luk modeluje kao promenljivi električni otpor, kao i karakteristiku luka kao nelinearnog elementa kola.

Skicirati vremenske zavisnosti struje luka i napona na luku kod ovakvog uređaja.

Jedan takav uređaj je priključen na niskonaponsku električnu instalaciju u jednom objektu koji je dugačkim vazдушnim vodom povezana sa distributivnim transformatorom $3 \times 10 \text{ kV} / 3 \times 400/231 \text{ V}$, za koja se može smatrati da predstavlja krut izvor prostoperiodičnog napona na niženaponskoj strani. Korišćenjem odgovarajuće ekvivalentne šeme objasniti zbog čega se na priključnom mestu objekta javlja izobličen napon (od čega potiču više harmonične komponente napona).

/ispit traje 3 sata/

27. 4. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. U industriji hrane rastvor soli se zagreva od temperature $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, a na izlasku $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 prelazak 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.

2. Za tačku koja se nalazi u unutrašnjosti tela u kome se odvija dvodimenzionalni nestacionarni proces prenosa toplote provođenjem, uz zapreminsko generisanje toplote, napisati odgovarajuću jednačinu za rešenje temperaturnog polja po metodi konačnih elemenata. Izraz napisati u eksplicitnoj formi. Napisati kriterijum koji moraju da zadovolje vremenski i prostorni koraci diskretizacije da bi numerički postupak bio konvergentan. Pri tome usvojiti da su koraci prostorne diskretizacije (po x i y osi) jednaki.

3. Iskazati praktični pristup koji se u literaturi koristi za određivanje aktivne i reaktivne snage koja se predaje šarži (predmetu toplotne obrade) koji se zagreva elektroindukcionim zagrevanjem. Objasniti osnovne izraze za polubeskonačnu sredinu i praktično pogodan način na koji se vrši korekcija za neku drugu geometriju.

Kojim članovima u predstavi indukcionog zagrevanja preko zamenske električne šeme odgovara analizirana veza između aktivne i reaktivne snage predate induktu i jačine polja na površi indukta?

4. Objasniti način uvođenja kompleksne relativne permitivnosti za jedan dielektrik kod koga se električni pomeraj (D), pri prostoperiodičnoj promeni jačine polja (E), ne menja po prostoperiodičnom zakonu. Pri objašnjenju početi od poznate histerezisne zavisnosti $D(E)$.

Polazeći od člana u izrazu *Poynting*-ove teoreme u vremenskom domenu koji se odnosi na dielektrično zagrevanje, objasniti uvođenje kompleksne permitivnosti pri dobijanju kompleksnog oblika *Poynting*-ove teoreme.

5. Karakteristike električnog luka, kao elektrootpornog izvora toplote priključenog u elektroenergetsku mrežu, se iskazuju posebno za osnovni harmonik, a posebnim modelom se opisuju za luk kao izvor viših harmonika. Kako se vrši ispitivanje karakteristika električnog luka, uključujući i elemente za priključenje na mrežu poznate snage kratkog spoja? Koje se relevantne karakteristike iz tog ogleada određuju? Šta je potrebno uraditi da se dobiju frekventne karakteristike struje luka - kako se vrši to ispitivanje? U okviru šeste laboratorijske vežbe je vršeno i snimanje koje je ukazalo i na uzrok pojave flikera u mreži. Koje je to ispitivanje i šta je ukazivalo na pojavu flikera?

/ispit traje 3 sata/

12. 5. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

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 $R = 14.57 \Omega$ i ako je temperatura hladnih krajeva termopara $\vartheta_h = 25^\circ\text{C}$? Inicijalno uravnoteženje kompenzatora je izvršeno pri struji $I = 1 \text{ mA}$.

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	
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	16.444	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	17.456	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											

2. Za tačku koja se nalazi u unutrašnjosti tela u kome se odvija dvodimenzionalni nestacionarni proces prenosa toplote provođenjem, uz zapreminsko generisanje toplote, napisati odgovarajuću jednačinu za rešenje temperaturnog polja po metodi konačnih elemenata. Izraz napisati u eksplicitnoj formi. Napisati kriterijum koji moraju da zadovolje vremenski i prostorni koraci diskretizacije da bi numerički postupak bio konvergentan. Pri tome usvojiti da su koraci prostorne diskretizacije (po x i y osi) jednaki.

3. 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 dovođenjem 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 ($E_{prep.}$) koja je približno jednaka polovini jačine električnog polja pri kojoj dolazi do proboja ($E_{prob.}$), koja iznosi od $E_{prob.} = 10 \text{ kV/cm}$ do $E_{prob.} = 70 \text{ kV/cm}$. Jačina probajnog električnog polja u

vazduhu, zbog prisustva vode koja isparava ima manju vrednost od vrednosti koje se uobicajno daju za vazduh i iznosi $E_{prob.v} = 1$ 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.

4. 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 (Ω /navojku²): $R_i = X_i = 6.8 \cdot 10^{-6}$, $R_s = 10.5 \cdot 10^{-6}$, $X_s = 17.6 \cdot 10^{-6}$, $X_s = 1864 \cdot 10^{-6}$ i $X_z = 109 \cdot 10^{-6}$. Takođe, izračunato je da potrebna snaga koja se prenosi do indukta iznosi 92 kW. Koliko iznosi potrebna struja kroz iduktor, ako se uređaj priključuje na standardni napon od 220 V? Zanemarujući sve snage prenosa toplote strujanjem, zračenjem i provodjenjem između induktora i indukta, kao i sa okolinom, odrediti potrebnu snagu ovodjenja toplote strujanjem rashladne vode koja protiče kroz provodnik.

5. Opisati konstrukciju i objasniti principe rada uređaja za tačkasto zavarivanje. Kako se definiše snaga ovog direktnog elektrootpornog zagrevanja, od čega zavisi i kako se određuje?

/ispit traje 3 sata/

11. 6. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Opisati osnovne principe na kojima se zasnivaju metode (direktna i indirektna) za eksperimentalno određivanje srednjeg koeficijenta prelaska toplote strujanjem sa paralelopipeda na vazduh. Koristiti skice eksperimentalnih postrojenja i analitičke izraze prema kojima se određuju relevantne veličine pri izračunavanju koeficijenta prelaska toplote strujanjem.

Kako se rešavaju problemi nehomogenosti brzinskog i temperaturnog polja zagrejanog vazduha kod direktne metode?

Zašto se kod direktne metode površine "skupljača vazduha" i grejača, a kod indirektno metode površina grejača, oblažu svetlim materijalima malog koeficijenta sivoće?

2. Za tačku koja se nalazi u unutrašnjosti tela u kome se odvija dvodimenzionalni nestacionarni proces prenosa toplote provođenjem, uz zapreminsko generisanje toplote, napisati odgovarajuću jednačinu za rešenje temperaturnog polja po metodi konačnih elemenata. Izraz napisati u eksplicitnoj formi. Napisati kriterijum koji moraju da zadovolje vremenski i prostorni koraci diskretizacije da bi numerički postupak bio konvergentan. Pri tome usvojiti da su koraci prostorne diskretizacije (po x i y osi) jednaki.

3. Uredjaj za pečenje boje se sastoji od dugačkog kanala, čiji poprečni presek predstavlja jednakokranični trougao stranice $W = 1$ m. Jedna od tri pravougaone površi kanala se zagrevanjem održava na temperaturi od $T_1 = 1200$ K, a druga je idealno izolovana od okoline. Treću pravougaonu površ kanala sačinjavaju obojene ploče, temperature $T_2 = 500$ K (u stacionarnom stanju), koje se periodično zamenjuju. Emisivnosti zagrevane i izolovane površi iznose $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,8$, a obojenih ploča $\varepsilon_3 = 0,4$. Kolikom snagom po jedinici dužine je potrebno dovoditi energiju zagrevanoj površi da bi se njena temperatura u stacionarnom stanju održala na vrednosti od $T_1 = 1200$ K? Kolika je temperatura izolovane površi?

Može se smatrati da sve površi zrače idealno difuzno i da se može zanemariti prenos toplote strujanjem.

4. Iskazati praktični pristup koji se u literaturi koristi za određivanje aktivne i reaktivne snage koja se predaje šarži (predmetu toplotne obrade) koji se zagreva elektroindukcionim zagrevanjem. Objasniti osnovne izraze za polubeskonačnu sredinu i praktično pogodan način na koji se vrši korekcija za neku drugu geometriju.

Kojim članovima u predstavi indukcionog zagrevanja preko zamenske električne šeme odgovara analizirana veza između aktivne i reaktivne snage predate induktu i jačine polja na površi indukta?

5. Navesti osnovne karakteristike i primenu elektronskih peći. Da li se na ovom principu zagrevanja mogu konstruisati i elektrotermički uredjaji - odgovor obrazložiti?

/ispit traje 3 sata/

3. 7. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Električni bojler koji služi za pripremu tople vode je po definiciji električna peć. Prostor za smeštaj šarže je unutrašnjost kazana, a šarža je voda. On je od okoline izolovan slojem mineralne vune kako bi se smanjili toplotni gubici. Kod ovakve peći se vrši regulacija temperature pomoću jednog regulatora temperature, koji radi u dve tačke, sa histerezisom ± 2.5 K. Na njemu je moguće menjati zadatu temperaturu do vrednosti 80°C .

Za jedan takav bojler zapremine 50 l eksperimentom su određeni parametri tranzijentnog toplotnog otpora između vode, za koju je pretpostavljeno da je izotermička zapremina, i okoline. Oni imaju vrednosti: $R_1 = 0.295$ K/W, $R_2 = 0.001$ K/W, $\tau_1 = 17$ h i $\tau_2 = 3.6$ min.

Kolika je potrebna snaga elektrootpornog izvora toplote da bi se za 2.5 h voda u bojleru zagrejala od sobne temperature do najveće zadate vrednosti?

Odrediti utrošenu količinu električne energije bojlera za period od 24 h, pod uslovima: 1. da je prekidač bojlera neprekidno uključen, 2. da je zadata temperatura 75°C , 3. da se ne koristi topla voda iz bojlera, 4. da je temperatura ambijenta, kao i temperatura vode u bojleru u nultom trenutku 20°C .

2. Objasniti metodu konačnih elemenata za rešavanje prostorne i vremenske raspodele temperature u homogenoj toploprovodnoj sredini. Navesti tipove čvorišnih tačaka, kojima odgovaraju tipske jednačine, i to za slučaj graničnih linija koje su paralelne osama pravougaonog koordinatnog sistema. Objasniti eksplicitnu i implicitnu formu jednačina - način formiranja i karakteristike jednog i drugog sistema jednačina.

3. Jedan neizolovani okrugli električni provodnik (prečnika d) se nalazi u fluidu temperature ϑ_f . Kroz njega protiče struja jačine I . Provodnik se hladi strujanjem fluida, uz koeficijent prelaska toplote α , koji je srazmeran četvrtom korenu razlike temperature površi provodnika i temperature fluida. Toplotna provodnost bakra opada po linearnom zakonu u funkciji porasta temperature, pri čemu je poznata vrednost provodnosti na 0°C (λ_0) i koeficijent linearne promene (b). Specifične električne otpornost bakra raste linearno sa temperaturom, uz poznatu vrednost na 0°C (ρ_0) i koeficijent linearne promene (k).

Postaviti temperaturnu diferencijalnu jednačinu čijim se rešavanjem može doći do raspodele temperature duž provodnika, uz uvažavanje promenljivosti svih navedenih parametara.

4. Iskazati praktični pristup koji se u literaturi koristi za određivanje aktivne i reaktivne snage koja se predaje šarži (predmetu toplotne obrade) koji se zagreva elektroindukcionim zagrevanjem. Objasniti osnovne izraze za polubeskonačnu sredinu i praktično pogodan način na koji se vrši korekcija za neku drugu geometriju.

Kojim članovima u predstavi indukcionog zagrevanja preko zamenske električne šeme odgovara prethodno korišćena veza između aktivne, odnosno reaktivne snage predate induktu i jačine polja na površi indukta?

5. Objasniti konstrukciju tunelskih peći. Koje su njihove funkcionalne odlike i gde se one koriste?

/ispit traje 3 sata/

6. 8. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIIJE

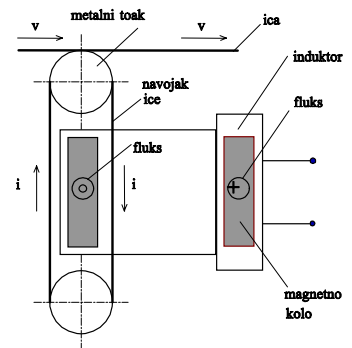
1. Objasniti postupak određivanja toplotnog otpora između dve ekvipotencijalne površi, korišćenjem analogije toplotnih i električnih pojava i odgovarajućeg električnog modela. Postupak objasniti koristeći primer pravougaonog kanala za klimatizaciju. Detaljno iskazati indikacionu metodu koja se koristi za određivanje ekvipotencijalnih linija u električnom modelu.

Da li bi, i zbog čega, postupak bio olakšen i skraćen kada bi preseči kanala bili kvadratni umesto pravougaonih.

2. Objasniti metodu konačnih elemenata za rešavanje prostorne i vremenske raspodele temperature u homogenoj toploprovodnoj sredini. Navesti tipove čvorišnih tačaka, kojima odgovaraju tipske jednačine, i to za slučaj graničnih linija koje su paralelne osama pravougaonog koordinatnog sistema. Objasniti eksplicitnu i implicitnu formu jednačina - način formiranja i karakteristike jednog i drugog sistema jednačina.

3. U proizvodnji izolovanih električnih provodnika, provodnik se pre nanošenja električne izolacije u kontinualnom procesu predgreva, kako bi se omogućilo ravnomerno hladjenje nanete tople električne izolacije i time sprečilo njeno raslojavanje. To predgrevanje se najčešće vrši pomoću elektroindukcionog uređaja sa magnetnim kolom.

Odrediti broj navojaka i struju induktora koji se priključuje na naponski izvor 220 V, 50 Hz, ako se može zanemariti rasipanje magnetskog fluksa induktora i njegova otpornost, kao i struja potrebna za magnetenje magnetskog kola. Uredjajem je potrebno zagrevati bakarni provodnik preseka $S_{Cu} = 1,5 \text{ mm}^2$, koji se zagreva od temperature ambijenta, koja iznosi 20°C , do 80°C , kada se kreće brzinom od $v = 1 \text{ m/s}$. Dužina navojka u sekundaru je $L = 2 \text{ m}$. Reaktansa usled rasutog fluksa oko zagrevanog bakarnog provodnika (pri 50 Hz) iznosi približno 30 % aktivne otpornosti. Pri izračunavanju traženih veličina zanemariti snage konvektivnog prenosa sa bakarnog navojka na vazduh i konduktivnog prenosa toplote kroz navojak.



4. Jedna trofazna elektrolučna peć kapaciteta 3 tone ima pećni transformator snage $S = 1.25 \text{ MVA}$. Transformator je priključena na trofaznu distributivnu mrežu nominalnog napona 10 kV. Najveći linijski napon na sekundaru transformatora (pri sprezi primara u trougao i izvodu najvišeg napona) u praznom hodu iznosi 225 V. Relativni napon kratkog spoja transformatora, koji je približno čisto induktivni, iznosi 6 %. Pri sprezi transformatora u trougao, u mrežne linije se uključuju prigušnice, čiji je zadatak da smanje struje pri čestim kratkim spojevima koji se događaju u fazi topljenja šarže. Impedansa sekundarnog kola pećnog transformatora iznosi $\underline{Z} = (2.25 + j 0.85) \text{ m}\Omega$.

Odrediti maksimalnu impedansu prigušnice koju je moguće staviti u mrežne linije, tako da maksimalna moguća snaga zagrevanja električnim lukom bude ista kao pri transformatoru koji je spregnut u zvezdu, kada je prigušnica isključena. Smatrati da je u oba slučaja na primaru izabran izvod pri kome se ima maksimalni sekundarni napon.

5. Izvršiti klasifikaciju elektrotermičkih postrojenja prema načinu zagrevanja. Za svaku grupu navesti karakteristične primene elektrotermičkih uređaja i električnih peći. U najkraćim crtama iskazati i princip njihovog rada.

/ispit traje 3 sata/

15. 9. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Termoelektromotorna sila na hladnim krajevima termopara se može meriti kompenzacionom metodom. Nacrtati šemu kompenzatora i objasniti ovaj način merenja termoelektromotorne sile.

Za merenje temperature termoparovima se koristi i metoda voltmetra. Opisati problem koji se kod ove metode javlja zbog konačne ulazne otpornosti instrumenta. Kako se ova sistematska greška u merenju može izbeći, korišćenjem dodatnog otpora u spoljnjem kolu. Na jednom instrumentu je dat podatak o njegovom unutrašnjem otporu od 365Ω i potrebnom otporu spoljnog kola od 6Ω . Kolika se maksimalna greška pri merenju termoelektromotorne sile na krajevima kratkog termopara pravi, ako se pri formiranju spoljnog kola ne vodi računa o uslovu specificiranom na instrumentu?

2. Prostor između dva paralelna zida kuhinjske pećnice čije su temperature $\vartheta_1 = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ i $\vartheta_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, i koeficijenti sivoće $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.3$, ispunjen je slojem toplotne izolacije. Sloj toplotne izolacije je transparentan za zračenje, pri čemu se pri prostiranju elektromagnetskih talasa oni slabe za 20 %. Odrediti površinsku gustinu snage razmene energije zračenjem između zidova pećnice i to za dva slučaja: a) kada između zidova ne postoji radijacioni ekran i b) kada se unutar sloja toplotne izolacije postavi radijacioni ekran - tanka aluminijumska folija emisivnosti $\varepsilon_3 = 0.09$.

3. Nacrtati blok-dijagram klasičnog mikroprocesorskog sistema za regulaciju temperature u elektrootpornim pećima za indirektno zagrevanje. Za projektovanje digitalnog regulatora potrebno je poznavati prenosnu funkciju peći kao objekta upravljanja. Opisati postupak mogućeg određivanja parametara prenosne funkcije peći na bazi snimljenog temperaturnog odziva pri konstantnoj snazi zagrevanja.

4. Polazeći od opštih vektorskih Maksvelovih jednačina elektromagnetskog polja u kompleksnom domenu, izvesti izraz za snagu zagrevanja polubeskonačne feromagnetske sredine poznatih električnih karakteristika. Sredina se zagreva elektromagnetskim talasima učestanosti f i jačine magnetskog polja H_0 , čiji je vektor paralelan ravnoj graničnoj površi polubeskonačnog feromagnetskog tela.

5. Opisati konstrukciju elektroplazmene peći namenjene topljenju metala. Objasniti i princip rada samog plazmageneratora. Navesti prednosti primene elektroplazmenih peći u odnosu na elektrolučne peći za istu namenu.

/ispit traje 3 sata/

27. 10. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Za jednu tanku vertikalnu ploču se vrši ogled određivanja srednje vrednosti prelaska toplote strujanjem sa tanke ploče na okolni vazduh. Ploča je konstruktivno izvedena kao tanak elektrootporni grejač, pri čemu je elektrootporna žica, koja se nalazi ispod izolacionog sloja, ravnomerno raspoređena po površi.

Izvršena su sledeća merenja: 1. Temperatura je izmerena u po 9 tačaka sa jedne i sa druge strane ploče, pri čemu se može smatrati da tačke reprezentuju delove ploče jednakih površi; dobijene su vrednosti (date po vrstama – prvu, drugu i treću - odozgo na dole): 170, 170, 170, 190, 200, 190, 190, 200, 190, za jednu stranu i 190, 180, 190, 190, 190, 190, 170, 170 i 160°C , za drugu stranu ploče. 2. Snaga kojom grejač preuzima energiju iz mreže pri naponu od 200 V je 190 W. 3. Površinska gustina snage zračenja oko središnjih tačaka sa prve strane ploče iznosi 0.012 W/cm^2 , a sa druge 0.013 W/cm^2 . 4. Temperatura vazduha u prostoriji 23°C . Površina obe strane ploče iznosi 0.0972 m^2 , a otpornost veza i strujnog kola vatmetra 0.62Ω . Na osnovu rezultata merenja izračunati srednju vrednost koeficijenta prelaska toplote.

2. Jedan razmenjivač toplote je napravljen kao dvostruka cev kroz koju protiču topli i hladni fluid. Dokazati da za snagu kojom se energija predaje od toplijeg ka hladnijem fluidu važe isti izrazi, pri istim vrednostima razlika temperatura toplog i hladnog fluida na jednom i drugom kraju razmenjivača, u slučaju da je smer strujanja fluida isti i različit.

3. Definisati pojmove: a) spektralne emisivnosti, b) spektralne karakteristike apsorpcije, v) ukupne emisivnosti, g) ukupnog koeficijenta apsorpcije, d) idealno sivog tela. Objasniti zbog čega se može dogoditi da telo koje ima istu spektralnu emisivnost i spektralnu karakteristiku apsorpcije ima različite ukupne koeficijente emisivnosti i apsorpcije. Nacrtati spektralnu karakteristiku zračenja referentnog crnog tela.

4. 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), vazdušnog zazora (X_z) i induktora (X_i) jednog uredjaja za indukciono zagrevanje, dobijene su njihove vrednosti po jednom navojku ($\Omega/\text{navojku}^2$): $R_i = X_i = 6.8 \cdot 10^{-6}$, $R_s = 10.5 \cdot 10^{-6}$, $X_s = 17.6 \cdot 10^{-6}$, $X_s = 1864 \cdot 10^{-6}$ i $X_z = 109 \cdot 10^{-6}$. Takođe, izračunato je da potrebna snaga koja se prenosi do indukta iznosi 92 kW. Koliko iznosi potrebna struja kroz iduktor, ako se uredjaj priključuje na standardni napon od 220 V? Zanimajući sve snage prenosa toplote strujanjem, zračenjem i provodjenjem između induktora i indukta, kao i sa okolinom, odrediti potrebnu snagu odvođenja toplote strujanjem rashladne vode koja protiče kroz provodnik.

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/

14. 11. 1999.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Dva identična tačkasta izvora toplotnog zračenja se nalaze na krajevima duži dužine 0.25 m. Tačkasti izvori zrače po Lambertovom zakonu zračenja. Merenje raspodele zračenja ovog sklopa se vrši aparaturom kao u drugoj laboratorijskoj vežbi, i to u ravni $\psi = 0$. Visina skopa u odnosu na mernu ravan iznosi 0.5 m. Na bazi izmerene površinske gustine snage zračenja u tački preseka simetralne prave duži i merne ravni ($\varphi = 0$) i izmerene površinske gustine snage zračenja za ugao $\varphi = 45^\circ$, moguće je odrediti odgovarajuće jačine zračenja ovog sklopa (J_0 i J_{45}). Da li veza između ovih jačina zračenja ispunjava Lambertov zakon? Odgovor analitički dokazati.

2. Raspodela temperature duž koordinate x ($0 \leq x \leq L$) jednog zida debljine $l = 1$ m u jednom trenutku određena je izrazom $\vartheta(x) = a + b x + c x^2$, gde je x izraeno u metrima, a konstante imaju vrednosti: $a = 900^\circ\text{C}$, $b = -300^\circ\text{C/m}$ i $c = -50^\circ\text{C/m}^2$.

Po zapremini zida se generiše toplota stalne zapreminske gustine snage od $q_v = 1000 \text{ W/m}^3$. Površina zida je 10 m^2 , a njegove toplotne karakteristike su opisane vrednostima gustine $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$, specifične toplotne provodnosti $\lambda = 40 \text{ W/(m K)}$ i specifičnog masenog toplotnog kapaciteta $c_p = 4 \text{ kJ/(kg K)}$.

Odrediti: *a*) snagu kojom se energija u posmatranom trenutku sa jedne strane ($x = 0$) predaje zidu i snagu kojom se energija u posmatranom trenutku sa druge strane ($x = 1$ m) odvodi sa zida, *b*) snagu kojom se energija akumulira u zidu u posmatranom trenutku i *v*) brzinu vremenske promene temperature izotermičkih površi u posmatranom trenutku za koordinate $x = 0, 0,25$ i $0,5$ m.

3. Definisati pojmove: *a*) spektralne emisivnosti, *b*) spektralne karakteristike apsorpcije, *v*) ukupne emisivnosti, *g*) ukupnog koeficijenta apsorpcije, *d*) idealno sivog tela. Objasniti zbog čega se može dogoditi da telo koje ima istu spektralnu emisivnost i spektralnu karakteristiku apsorpcije ima različite ukupne koeficijente emisivnosti i apsorpcije. Nacrtati spektralnu karakteristiku zračenja referentnog crnog tela.

4. Objasniti na koji se način monofazna elektroindukciona peč može sa strane mreže videti kao simetričan trofazni prijemnik. Koristeći fazorski dijagram, dokazati da dato rešenje ispunjava postavljeni cilj simetriranja opterećenja po fazama.

5. Ogleđom kratkog spoja za jedan električni luk su određene vrednosti sopstvene aktivne, $R = 3\Omega$, i reaktivne, $X = 15\Omega$, otpornosti elemenata za priključenje elektrotermičkog uređaja sa električnim lukom na "krutu" mrežu nominalnog napona 220 V. Vrednost očne impedanse priključnih elemenata se mogu zanemariti. Ogleđom je određeno da minimalna struja gorenja luka iznosi 5 A.

Za karakteristične radne tačke:

a) maksimalnog stepena električnog iskorišćenja (odnosa električne snage kojom se energija pretvara u toplotu u luku i električne snage kojom se energija preuzima iz električne mreže),

b) maksimalne snage kojom se energija pretvara u toplotu u luku,

v) maksimalne snage kojom se energija preuzima iz električne mreže,

g) kratkog spoja,

izračunati vrednosti struje, aktivne snage kojom se energija preuzima iz električne mreže, snage kojom se energija pretvara u toplotu u električnom luku i stepena električnog iskorišćenja.

/ispit traje 3 sata/