

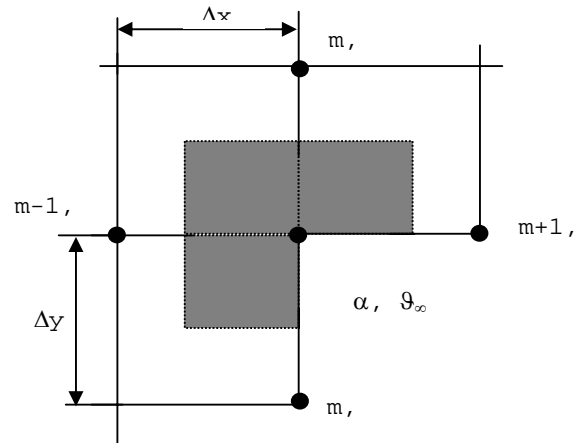
29. 01. 2000.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Polazeći od *Planck*-ovog zakona zračenja sivog tela, izvesti izraz za temperaturu sivog tela koja se meri monohromatskim pirometrom, čiji je filter predviđen za talasnu dužinu od $\lambda_0 = 0.7 \text{ nm}$ (konstanta C_2 u izrazu *Planck*-ovog zakona ima vrednost $C_2 = 1.44 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$).

Ako se temperatura referentnog crnog tela u pirometru određuje na osnovu merenja napona, za koji je skala instrumenta linearna, objasniti sve uzroke nelinearnosti skale instrumenta po temperaturi. Drugim rečima, izvesti izraz za vezu između napona koji se registruje voltmetrom u pirometru i temperature niti. U ovom izrazu smeju da figurišu samo konstantne veličine. Izraz izvesti za apsolutni pirometar, kod koga se porede ukupni bljesci (ukupne površinske gustine snage zračenja).

2. Izvesti izraz za jednačinu, koja odgovara ugaonom elementu prikazanom na slici, u sistemu napisanom prema eksplicitnoj metodi za određivanje vremenske i prostorne raspodele temperature u homogenom toploprovodnom telu. Smatrati da su poznati svi relevantni podaci o materijalu toploprovodnog tela i o koeficijentu razmene toplote između površi tela i okolnog vazduha, koja se vrši strujanjem.



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

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

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.

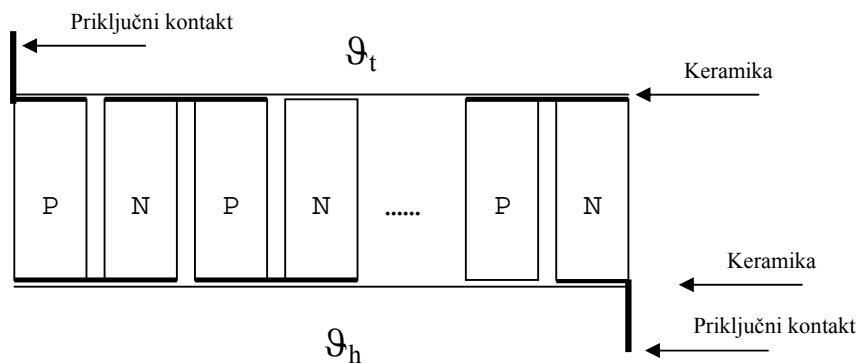
5. Jedna trofazna elektrolučna peć kapaciteta 3 tone ima pećni transformator snage $S = 1.25 \text{ MVA}$. Transformator je priključena na trofaznu distributivnu mrežu nominalnog napona 10 kV, čija je snaga kratkog spoja, ograničena približno čisto induktivnom impedansom, 250 MVA. Najveći linijski napon na sekundaru transformatora u praznom hodu iznosi 225 V. Relativni napon kratkog spoja transformatora, koji je približno čisto induktivan, iznosi 6%. Impedansa sekundarnog kola pećnog transformatora iznosi $\underline{Z} = (2.25 + j 0.85) \text{ m}\Omega$.

Odrediti opsega varijacije aktivne i reaktivne snage kojom postrojenje preuzima energiju iz mreže, pri promeni ekvivalentne otpornosti luka u granicama od - 5 % do 5 % oko vrednosti koja se ima u nominalnom režimu rada.

/ispit traje 3 sata/

1. Objasniti princip rada termoelementa (koji se sastoji od rednog niza poluprovodničkih pn spojeva) kao *a*) generatora električne energije i *b*) kao toplotne pumpe, kojom se toplota prenosi sa površi koja se nalazi na višoj temperaturi ka površi koja se nalazi na nižoj temperaturi. Za generatorski rad objasniti energetski bilans termoelementa, definisati stepen iskorišćenja i jasno naznačiti koji elementi utiču da on ima malu vrednost.

2. 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 φ , moguće je odrediti odgovarajuće jačine zračenja ovog sklopa (J_0 i J_φ). U opštem slučaju (za proizvoljan ugao φ) veza između ovih jačina zračenja ne ispunjava Lambertov zakon. Postaviti jednačinu iz koje se može odrediti ugao φ pri kome analitička veza vrednosti J_0 i J_φ odgovara Lambertovom zakonu.

3. Navesti dve osnovne tehnike regulacije temperature u elektrootpornim pećima. Koje su njihove karakteristike i mogućnosti podešenja? Koje fizičke karakteristike peći su dovele do potrebe za primenom kompleksnijih algoritama regulacije, koje se implementiraju na mikroprocesorskim platformama.

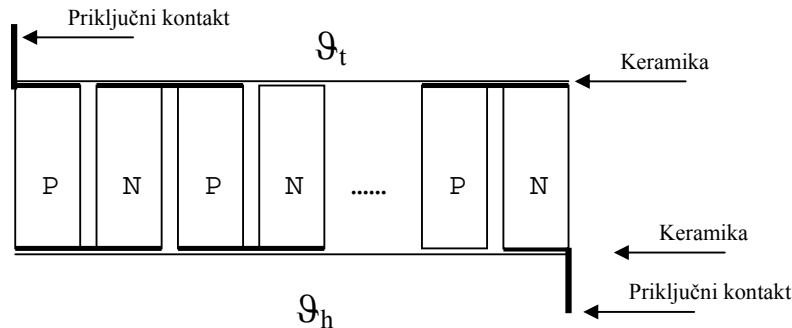
4. Jedan uređaj za elektroindukciono zagrevanje feromagnetskih materijala se sastoji od namotaja sa 900 navojaka, koji je projektovan za napon 220 V. U fazi njegovog ispitivanja, merenjima su dobijeni sledeći rezultati: *a*) u hladnom stanju, pri temperaturi namotaja induktora i gvoždja od 20 °C, pri struji od 12 A, napon na induktoru je bio 195 V, a snaga 1130 W; *b*) u hladnom stanju, pri temperaturi namotaja induktora i gvoždja od 20 °C, pri struji od 10.5 A, napon na induktoru je bio 180 V, a snaga 880 W; *v*) u zagrejanom stanju, pri temperaturi namotaja induktora 30 °C i temperaturi gvoždja od 150 °C, pri struji od 10.5 A, napon na induktoru je bio 195 V, a snaga 1225 W. Merenjem jednosmernom strujom, dobijena je vrednost otpora namotaja induktora na 20 °C od 1.2 Ω. Koeficijent temperaturene promene otpora bakra iznosi 1/235. Odrediti koeficijent temperaturene promene otpora gvozdene šarže. Kvantifikovati i objasniti razlog promene ekvivalentne kompleksne impedanse elektroindukcionog uređaja u zavisnosti od struje, a pri istoj temperaturi. Pri objašnjenju zanemariti vrednost reaktanse spoljašnje putanje fluksa.

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/

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

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 $4.186 \text{ kJ}/(\text{kg K})$. Koeffcijent 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 toplotnu šemu za modelovanje prenosa toplote kod elektrotoporne komorne peći (pri čemu se može smatrati da sloj elektrošamota, sa elektrotopornom žicom koju oni nose, i unutrašnji prostor peći predstavljaju izotermičku zapreminu) objasniti zbog čega se ne može koristiti pojam tranzijentnog toplotnog otpora sa konstantnim parametrima. U toplotnoj šemi koristiti podelu sloja penušavog šamota na tri dela.

4. Ako se na jednom uređaju za zagrevanje feromagnetske šarže varira napon od vrlo malih vrednosti do nominalne, i za svaku od vrednosti napona meri efektivna vrednost struje i njen fazni pomeraj u odnosu na napon, uočava se da njihov odnos (ulazna kompleksna impedansa uređaja) nema konstantnu vrednost. Koristeći zamensku šemu elektroindukcionog uređaja objaniti uzrok ove pojave: koji se elementi u zamenskoj šemi menjaju i zašto? Smatrati da su sva merenja vršena u hladnom stanju elektroindukcionog uređaja.

5. 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 koeffcijent gubitaka (tangens ugla gubitaka) $\text{tg } \delta = 0,4$.

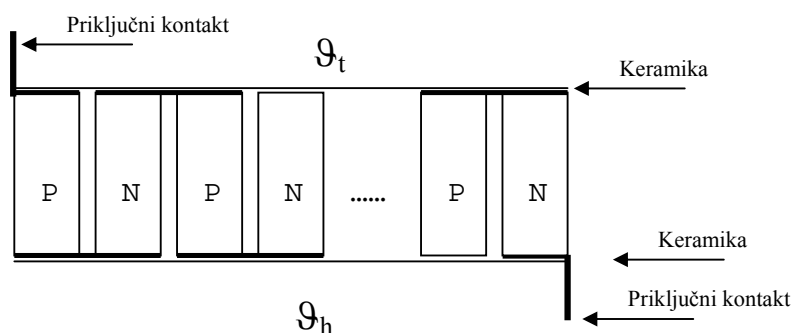
Ako se između metalnih ploča formira brzopromenljivo polje dovodjenjem njihovih krajeva na potencijalsku razliku, doći će do dielektričnog zagrevanja drvene ploče. Izračunati maksimalnu moguću snagu zagrevanja drvene ploče, ako je poznato da vrednost jačine električnog polja u drvetu ne treba da prelazi vrednost ($E_{\text{prep.}}$) koja je približno jednaka polovini jačine električnog polja pri kojoj dolazi do proboja ($E_{\text{prob.}}$), koja iznosi od $E_{\text{prob.}} = 10 \text{ kV}/\text{cm}$ do $E_{\text{prob.}} = 70 \text{ kV}/\text{cm}$. Jačina probojnog električnog polja u vazduhu, zbog prisustva vode koja isparava ima manju vrednost od vrednosti koje se uobičajno daju za vazduh i iznosi $E_{\text{prob. v}} = 1 \text{ kV}/\text{cm}$. 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 $13.56, 27.12, 40.68 \text{ MHz}$.

/ispit traje 3 sata/

10. 6. 2000.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Termoelektrični modul se sastoji od rednog niza poluprovodničkih pn spojeva - videti sliku. Postaviti matematički model pojeva pri radu modula kao toplotne pumpe, kojom se toplota prenosi sa površi koja se nalazi na nižoj temperaturi ka površi koja se nalazi na višoj temperaturi. Poznat je broj p i n elemenata (N), presek elementa (S) i njegova dužina (L), kao i temperaturana zavisnost, u obliku kvadratne polinomne funkcije, karakteristika materijala pn elemenata (specifična električna otpornost- ρ , specifična toplotna provodnost- λ , kao i Peltijeov koeficijent- a). Približno, vrednosti koeficijenata se mogu odrediti prema srednjoj vrednosti temperatura tople i hladne strane modula. Jednačine modela treba postaviti tako da se mogu odrediti snage koje se iz jednog tela izvlače ka jednoj strani modula, a sa druge strane modula prenose ka telu oslonjenom na nju. Tretirati režim rada sa zadatim temperaturama toplih i hladnih pn spojeva i zadatom strujom kojom se energija preuzima iz spoljašnjeg električnog izvora.



2. Jedan razmenjivač toplote je napravljen kao deblja bakarna ploča, za koju se može smatrati da po zapremini ima konstantnu temperaturu, na čiju je jednu stranu zalemljena bakarna cev dužine l i unutrašnjeg prečnika d , kroz koju protiče voda. Neka je u jednoj radnoj tački izmerena temperatura zagrejane bakarne ploče \mathcal{Q}_p , temperatura vode na ulasku u razmenjivač \mathcal{Q}_{vu} a na izlasku iz razmenjivača \mathcal{Q}_{vi} , i protok vode q . Odrediti vrednost koeficijenta prelaska toplote strujanjem sa bakarne cevi na vodu. Pretpostaviti da ona ima konstantnu vrednost duž razmenjivača toplote i zanemariti toplotne otpore prenosu toplote provođenjem kroz bakarne delove.

3. Polazeći od Γ ekvivalentne zamenske šeme elektrolučnog pećnog transformatora poznatih parametara, objasniti egzistenciju kružnog dijagrama kompleksne struje. Na kružnom dijagramu naznačiti: a) za jednu radnu tačku peći, utrošenu, korisnu i snagu električnih gubitaka, b) tačku koja odgovara kratkom spoju elektroda i šarže i v) tačku koja odgovara minimalnoj struji gorenja luka; pri njenom definisanju na kružnom dijagramu smatrati da je poznata struja koja teče neposredno kroz luk (I_L) i prenosni odnos transformatora (m). Napomena: kružni dijagram crtati za struju svedenu na naponski nivo primara transformatora.

4. Prostor za smeštaj šarže u šahtnoj peći oblika cilindra prečnika 75 mm i dužine 150 mm otvoren je ne jednom kraju prema okolini, čija je temperatura 27°C . Dno i zidovi peći, koji se mogu posmatrati kao crna tela, zagrevaju se električno i dobro su toplotno izolovani od okoline. Električnim zagrevanjem, površ dna i zidova se održava na temperaturama 1650°C i 1350°C , respektivno. Snaga prenosa toplote strujanjem i provođenjem sa dna i zidova iznosi oko 5 % od snage prenosa toplote zračenjam.

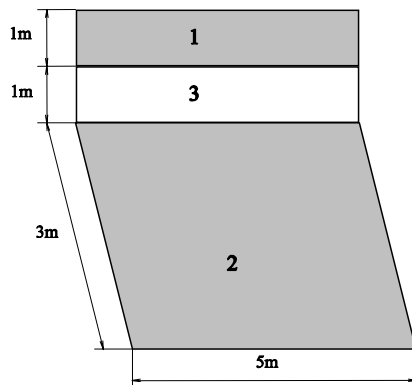
Odrediti ukupnu potrebnu snagu električnog zagrevanja da bi se u praznoj šahtnoj peći održalo specificirano stanje.

5. 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.

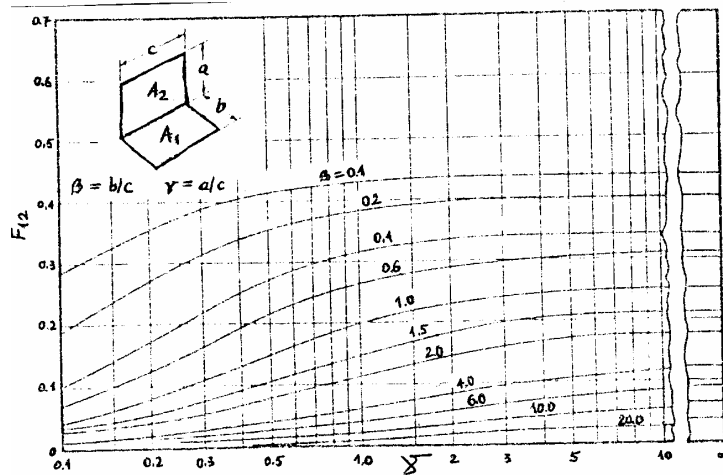
1. Toplotna pumpa se koristi za hlađenje jedne komponente energetske elektronike sa poznatom snagom disipacije P_γ (W). Na toplu stranu pumpe je postavljen hladnjak definisanog toplotnog otpora R^T (K/W). Nominalni radni režim toplotne pumpe je potrebno podesiti tako da površ hladene komponente ne prelazi 60°C , pri temperaturi ambijenta od 20°C . Kao i hladnjak, i toplotna pumpa je definisana, i za nju su poznate sve relevantne karakteristike. Takođe, znaju se i toplotne osobine relevantne za pad temperature usled kontaktnog toplotnog otpora, koje su jednake za obe površi toplotne pumpe – prema hladenoj komponenti i prema hladnjaku.

Postaviti kompletan skup jednačina na osnovu koga se može izračunati struja potrebna za ostvarenje nominalnog režima rada toplotne pumpe. Dati značenje svih upotrebljenih veličina u jednačinama.

2. Odrediti snagu razmene energije između izotermičkih površi 1 i 2, čija su emisiona svojstva identična svojstvima idealno crnog tela i čije temperature iznose $T_1 = 1000\text{ K}$ i $T_2 = 300\text{ K}$. Dimenzije površi i njihove koordinate su prikazane na slici 1. Na slici 2 su date vrednosti "faktora vidjenja" za dve upravne ploče sa zajedničkom ivicom.



Slika 1



Slika 2

3. Nacrtaati blok–šemu regulacije temperature sa zatvorenim povratnom petljom u elektrotopornim komornim pećima. Kako na karakteristike objekta upravljanja (peć) utiče promena sadržaja šarže u njoj – objašnjenje dati preko analitičke funkcije promene temperature peći pri njenom zagrevanju konstantnom snagom. Nacrtaati toplotnu šemu fizičkog prenosa toplote i na bazi nje objasniti promene u funkciji registrovane temperature peći temperaturnog odziva peći pri konstantnoj snazi zagrevanja. Pri odgovorima na postavljena pitanja smatrati da je peć linearna.

4. 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.

5. Elektroindukcione kanalne peći su prošle dugu evoluciju od prve verzije ovih peći do verzija koje se danas koriste. Koje su to verzije? Koji su bili nedostaci prvobitnih rešenja?

Kolika će biti korisna aktivna snaga jedne takve peći, koja se danas koristi, kada se znaju sledeći podaci:

- peć je trofazna,
- površina kružnog poprečnog preseka kanala je $S = 0,25\text{ m}^2$, a dužina srednje linije $L_{sr} = 6,28\text{ m}$,
- u peći se nalazi istopljeno gvozdje, čiji je specifični električni otpor na toj temperaturi $\rho = 10^{-6}\ \Omega\text{m}$,
- napon primara, koji ima $N' = 100$ navojaka, je $U = 500\text{ V}$, a učestanost $f = 50\text{ Hz}$.

Pri izračunavanju snage uzeti u obzir dubinu prodiranja elektromagnetskog polja u zagrevanu šaržu.

1. Kod voltmetarske metode za merenje temperature pomoću termoparova mora se voditi računa o dve pojave koje bi mogle dovesti do sistematske greške pri merenju. Prvo, voltmetar je izbađaren direktno po temperaturi, uz pretpostavku da je temperatura njegovih priključaka 20°C . Kako se približno može korigovati temperatura koju pokazuje voltmetar, ako nisu na raspolaganju tablice termopara? Šta ovaj postupak čini prihvatljivim, odnosno zbog čega greška ima prihvatljivo malu vrednost? Drugo, kakvu grešku može da proizvede konačna vrednost ulazne otpornosti voltmetra i kako se rešava taj problem?

2. Na jednom uređaju za indukciono elektrootporno zagrevanje gvozdениh predmeta toplotne obrade dužine 120 mm i prečnika 27.5 mm, sa 860 navojaka, izvršeni su ogledi određivanja njegovih električnih karakteristika. Rezultati oglеda su prikazani u narednoj tabeli. Odrediti maskimalnu promenu ekvivalentne aktivne i reaktivne otpornosti elektroindukcionog uređaja koje "vidi" mreža. Objasniti razlog tih promena, koristeći se ekvivalentnom zamenskom šemom i kvalitativnim zavisnostima njenih elemenata.

I(A)	U(V)	P(W)
4	50.2	52.5
4.95	60.2	84
6.27	74.5	140
7.6	88.4	216
8.73	99.4	257
9.95	111	377
12.8	137	630
15.5	160	880

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. Nacrtați spektralnu karakteristiku zračenja referentnog crnog tela.

4. Objasniti na koji način se opterećenje jedne monofazne indukcione peći sa strane trofazne elektrodistributivne napojne mreže može "videti" kao simetrično, čisto otporno, opterećenje. Izvesti dokaz koristeći se fazorskim dijagramom. Da li rešenje ispunjava postavljeni zadatak ako sistem napona sa direktnog pređe na inverzni redosled (umesto faznih pomeraja između faznih napona faza R, S i T po 120° , fazni pomeraji između faznih napona faza R, S i T postanu po -120°).

5. Jedan tačkasti izvor zračenja je postavljen na rastojanju 1 m od ravni koju zagreva, pri čemu je njegova osa simetrije upravna na ravan. Izvor zrači po Lambertovom zakonu sa maksimumom od 140 W/srad. Na kom rastojanju od tačke projekcije izvora površinska gustina snage na radnoj ravni opadne na polovinu u odnosu na tačku ispod izvora. Isti zadatak rešiti za rotaciono simetrični izvor jačine zračenja 140 W/srad.

/ispit traje 3 sata/

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Polazeći od *Planck*-ovog zakona zračenja sivog tela, izvesti izraz za temperaturu sivog tela koja se meri monohromatskim pirometrom, čiji je filter predviđen za talasnu dužinu od $\lambda_0 = 0.7 \text{ nm}$ (konstanta C_2 u izrazu *Planck*-ovog zakona ima vrednost $C_2 = 1.44 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$).

Ako se temperatura referentnog crnog tela u pirometru određuje na osnovu merenja napona, za koji je skala instrumenta linearna, objasniti sve uzroke nelinearnosti skale instrumenta po temperaturi. Drugim rečima, izvesti izraz za vezu između napona koji se registruje voltmetrom u pirometru i temperature niti. U ovom izrazu smeju da figurišu samo konstantne veličine. Izraz izvesti za apsolutni pirometar, kod koga se poredе ukupni bljesci (ukupne površinske gustine snage zračenja).

2. Navesti tranzijentnu karakteristiku procesa za čiju je regulaciju predviđen Dalinov algoritam digitalnog PID upravljanja. Zbog čega se ovaj zakon upravljanja ne može primeniti na elektrootpornu komornu peć? Dati matematičko (analitičko) i fizičko objašnjenje.

3. Napisati odgovarajuće jednačine energetskog bilansa i električnu jednačinu za niz *pn* spojeva koji se koristi kao generator električne energije zasnovan na korišćenju Peltijeove elektromotorne sile. Pri pisanju električne jednačine smatrati da generator radi sa konstantnim izlaznim naponom.

4. Postaviti Beselove diferencijalne jednačine magnetnog i električnog polja za zagrevanje cilindrične elektroprovodne šarže u polju idealnog solenoida. Smatrati da su poznate sve potrebne veličine. Navesti na koji se način uspostavljaју dva granična uslova za rešavanje ovih jednačina. Izraz za rotor vektora u cilindričnom koordinatnom sistemu glasi

$$\text{rot } \vec{A} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_\varphi}{\partial z} \right) \vec{i}_r + \left(\frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) \vec{i}_\varphi + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} (r A_\varphi) - \frac{\partial A_r}{\partial \varphi} \right) \vec{i}_z.$$

5. Nacrtati električnu šemu poluprovodničkog paralelnog rezonantnog pretvarača učestanosti (invertora). Izvesti izraz za sopstvenu kružnu učestanost oscilovanja paralelnog kola sa impedansom induktora i pomoćnim kondenzatorom. Na osnovu ovog izraza objasniti koji uslov treba da bude zadovoljen da bi kolo imalo oscilatorni odziv. Odgovor obrazložiti.

2. 12. 2000.

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 rešavanje temperaturnog polja po metodi konačnih elemenata. Izraz napisati u eksplisnoj 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. 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.

4. Postaviti Beselove diferencijalne jednačine magnetnog i električnog polja za zagrevanje cilindrične elektroprovodne šarže u polju idealnog solenoida. Smatrati da su poznate sve potrebne veličine. Navesti na koji se način uspostavljaju dva granična uslova za rešavanje ovih jednačina. Izraz za rotor vektora u cilindričnom koordinatnom sistemu glasi

$$\text{rot } \vec{A} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_\varphi}{\partial z} \right) \vec{i}_r + \left(\frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) \vec{i}_\varphi + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} (r A_\varphi) - \frac{\partial A_r}{\partial \varphi} \right) \vec{i}_z.$$

5. Elektrolučne peći predstavljaju prijemnike posebnih karakteristika, koje izazivaju niz nepogodnih uticaja peći na mrežu. Potrebno je objasniti sledeće posebne karakteristike peći: a) varijaciju reaktivne snage; za objašnjenje koristiti kružni dijagram peći; b) "emisiju" viših harmoničnih komponenti struje; za objašnjenje koristiti $u(i)$ karakteristiku luka kao elementa elektroenergetskog kola. Kako bi ova karakteristika izgledala kada bi luk predstavljao čisto omsko ($Z = R$) ili induktivno ($Z = R + jX$) opterećenje? Na karakteristikama označiti karakteristične veličine amplituda napona (njegova efektivna vrednost iznosi U) i struja.

/ispit traje 3 sata/