

6. 3. 1998.

ZADACI ZA ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE:

2/ Po Pointingovoj teoremi energija potrebna za obavljanje električnog rada u nekom termodinamičkom sistemu se u njega prenosi elektromagnetnog polja koje je na njoj formirano. Za slučaj jednog valjka od elektroprovodnog materijala, ograničenih dimenzija, taj proces, za slučajeve direktnog i indukcionog zagrevanja, iskazati grafički i dokazati matematički.

3/ Objasniti pojam toplotnog otpora u procesu prenosa toplote uopšte i dati njegovu matematičku interpretaciju, uz izvođenje dokaza, za sledeće slučajeve

- za nehomogenu višeslojnu ploču, postavljenu u gasni ambijent, sa različitim temperaturama u delovima koje ona pregrađuje, i
- za slučaj kada je u jednom delu vakum, iz koga se ona zagreva snagom gustine q_s , a u drugom, gasni ambijent proizvoljne temperature T .

4/ Elektroindukcioni uređaji i peći bez magnetnog kola su po svojoj konstrukciji jednofazni. Kada su većih snaga javlja se problem njihovog priključka na distributivnu mrežu. Kako bi taj problem rešili za slučajeve

- uređaja namenjenog za kontinualno progrevanje metalnih trupaca kao pripreme za toplo izvlačenje, i
- jedne lončane elektroindukcione peći.

5/ U jedno metalno kućište kakvo je dato na priloženoj slici (u zbirci sl. na str.), ugrađen je u unutrašnjost u sredinu prostora, jedan cevni grejač, spoljnog prečnika $d_2=8.7$ mm i aktivne dužine $l_2=900$ mm. Grejač je izrađen od materijala koji ima koeficijent sivoće $\epsilon_2=0.85$. i izdržava najvišu radnu temperaturu do 1000°C . Sa spoljnog, orebrenog, dela kućišta toplota se prenosi u okolinu, prirodnim strujanjem vazduha, gde koeficijent prelaska ima vrednost $\alpha=12$ $\text{W/m}^2\text{C}$. Koeficijent sivoće unutrašnje površine kućišta ima vrednost $\epsilon_1=0.7$. Kolika može da bude snaga ovog cevnog grejača, a kolika temperatura, da temperatura površine kućišta ne pređe vrednost od 90°C , pri temperaturi okoline od 20°C . ($C_c=5.67$ $\text{W/m}^2\text{K}^4$).

5. Odrediti početnu snagu u drvetu kod dielektričnog zagrevanja 20 hrastovih gredica, dimenzija $5 \times 5 \times 100$ cm^3 , koje u sebi sadrže 40% vlage, kada imaju sledeće vrednosti koeficijenta $\epsilon_r=15$ i $\text{tg } \delta=0.28$. Zagrevanje se obavlja između dve metalne ploče, svaka dimenzija 100×100 cm^2 , koje se nalaze na rastojanju 10 cm. Za zagrevanje drveta na ovakav način koriste se učestanosti 13.56 MHz, a dozvoljene jačine polja u drvetu su u granicama vrednosti (10 - 40) kV/m. Obzirom na ovo ograničenje izabrati neku od standardnih vrednosti za napon U . Šta će se dešavati tokom procesa zagrevanja sušenja drveta, kada se zna da vrednost koeficijenta ϵ_r opada.

2. 5. 1998.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Kako izgleda opšta toplotna zamenska šema elementarne zapremine homogene toploprovodne sredine u kojoj se toplota prenosi samo u jednom pravcu, a kako za istu tu zapreminu kada nastupi ustaljeno stanje? Koristeći se takvom zamenskom interpretacijom predstaviti deo zida jedne prostorije, kada se u cilju smanjenja gubitaka u jednom slučaju ista toplotna izolacija postavi sa spoljne strane, a u drugom, sa unutrašnje. Na osnovu analize tih šema dati sledeće odgovore:

- a) Koje će rešenje imati manju snagu gubitaka u ustaljenom stanju?
- b) Pri kom rešenju će se prostorija brže zagrevati?
- v) Pri kom rešenju će se prostorija, po isključenju izvora zagrevanja, brže hladiti?

2. Kod elektrotermičkih uređaja i električnih peći sa električnim lukom kao izvorom toplote uvek se javlja transformator kao veza između takvih prijemnika i distributivne mreže. Odgovoriti na sledeća pitanja:

- a) Zašto se kod takvih prijemnika koristi transformator?
- b) Kako izgleda električna zamenska šema transformatora?
- v) Koji uslovi moraju da se zadovolje da luk "gori"?
- g) Kako se menja snaga luka diskretno, a kako kontinualno?

3. Kod visokofrekventnog zagrevanja nesavršenog dielektrika javlja se aktivna i reaktivna komponenta snage zagrevanja. Da bi se one analitički definisale neophodno je uvesti jednu aproksimaciju. Odgovoriti na sledeća pitanja:

- a) Koja je to aproksimacija i koji su granični uslovi koje ona mora da zadovolji?
- b) Koji su izrazi za te snage?
- v) Na koje je veličine i sa kojim ograničenjima, moguće uticati da se te snage povećaju?

/Ispit traje 3 sata/

7. 6. 1998.

ISPIT IZ ELEKTROTHERMIJE

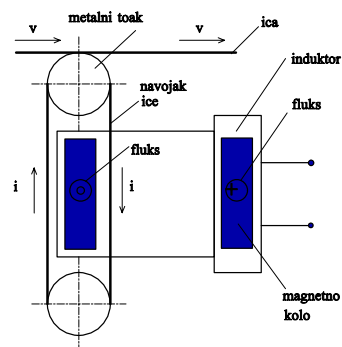
1. Blok šemom prikazati način regulacije temperature kod elektrotopornih komornih peći. Navesti dva osnovna principa merenja temperature u sistemima regulacije u kojima se koriste električni signali jednoznačno povezani sa vrednošću temperature. Kako se mogu ostvariti neposredni izvršni delovi regulacionih krugova u slučajevima diskontinualnog podešavanja i kontinualnog podešavanja snage zagrevanja? Koji je najjednostavniji princip algoritma regulacije temperature; kakvi se algoritmi upravljanja moraju primeniti ako se zahteva manja varijacija regulisane temperature ili specificirani tok porasta temperature (na primer, po unapred zadatoj vremenskoj konstanti eksponencijalne promene)?

2. Nacrtati toplotnu šemu koja odgovara zagrevanju valjka dužine $l = 0,5$ m i prečnika $D = 0,1$ m, izradjenog od teškog šamota, specifičnog zapreminskog toplotnog kapaciteta $c \rho = 4 \cdot 10^5$ J/(m³ K) i specifične toplotne provodnosti $\lambda = 2$ W/(m K). Valjak se po svom omotaču hladi prirodnim strujanjem vazduha temperature $\vartheta_a = 20$ °C, uz koeficijent prelaska toplote $\alpha_o = 10$ W/(m² K). Jedan bazis valjka (desni) je se hladi na isti način kao površ omotača, dok je drugi bazis valjka (levi) izložen dejstvu toplotnog fluksa stalne vrednosti površinske gustine snage $q_s = 10^3$ W/m². Početna temperatura valjka je jednaka temperaturi ambijenta. Toplotnu šemu dati za valjak diskretizovan na četiri jednaka dela, nastala podelom valjka po dužini.

Napisati diferencijalnu jednačini dela valjka koji je izložen dejstvu toplotnog fluksa i izračunati vrednost svih parametara koji se javljaju u njoj.

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 uredjaja 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 magnećenje magnetskog kola. Uredjajem je potrebno zagrevati bakarni provodnik preseka $S_{Cu} = 1,5$ mm², koji se zagreva od temperature ambijenta, koja iznosi 20 °C, do 80 °C, kada se kreće brzinom od $v = 1$ m/s. Dužina navojka u sekundaru je $L = 2$ 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. 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.

5. Dati šematski prikaz principa konstrukcije mikrotalasnih peći. Objasniti detalje konstrukcije vezane za izvor napajanja, formiranje elektromagnetskog talasa, postavljanje reflektora, izvedbu talasovoda i kutije (prostora) za smeštaj šarže, kao i otvara za za ulaz talasa u prostor za smeštaj šarže.

/Ispit traje 3 sata/

16. 9. 1998.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Električna indukciona lončana peć služi isključivo za topljenje šarže. Sastoji se od lonca, kao prostora za smeštaj šarže i solenoidnog induktora postavljenog oko njega. Objasniti:

1.1. Kakva šarža se obično topi u takvoj peći; koja je procedura šaržiranja peći prvi put, a koja svaki sledeći put; prema čemu se bira radna učestanost peći?

1.2. Kada se peć priključuje na distributivnu mrežu, koji se problemi javljaju i kako se oni rešavaju?

1.3. Kako se napaja ova peć kada je potrebna viša učestanost?

1.4. Kakav loš uticaj ovakva peć može da ima na metalne delove u okolini i kako se on otklanja?

2. Kod trofazne elektrolučne peći električni luk formiran između elektroda i šarže se javlja kao električni izvor toplote. Pošto je on malog napona, peć se na distributivnu mrežu uvek priključuje preko pećnog transformatora. Objasniti:

2.1. Od čega zavisi spoljna karakteristika takvog luka, kod konkretne elektrolučne peći, $u_l = f(i_l)$ i kako ona izgleda – prikazati nekoliko takvih zavisnosti za različite vrednosti relevantnog parametra.

2.2. Šta je to kružni dijagram takve peći i kako se po njemu kreće radna tačka kada se menja dužina luka?

2.3. Kako se na kružnom dijagramu određuje pri kojoj vrednosti L_{lm} peć radi sa najvećom korisnom aktivnom snagom?

2.4. Kako se fizički obezbeđuje vrednost $L_l = L_{lm}$?

3. Jačina zračenja jednog toplotnog izvora je predstavljena u sfernom koordinatnom sistemu loptom, sa koordinatom centra $z_0 = 50$ W/srad i prečnikom $2R = 100$ W/srad.

Pomoću takvih izvora treba da se zagreva jedna otvorena površina, tako da se izvori postave u čvorove mreže veličine okaca $a \times a$, koja se iznad površine nalazi na visini $h = 4$ m.

Odrediti dimenziju a tako da na visini $h = 2$ m od površine, u visini čovečije glave, gustina zračenja ne bude veća od $q_s = 10^{-2}$ W/cm². Pri proračunu uzeti u obzir samo prve susedne čvorove.

/Ispit traje 3 sata/

20. 10. 1998.

ISPIT IZ ELEKTROTERMIJE

1. Polazeći od *Planck*-ovog zakona zračenja, koji glasi

$$c_{q,\lambda} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1}$$

izvesti izraz za izračnavanje temperature sivog tela sivoće ε , koja se određuje pomoću monohromatskog pirometra (sa filtrom za talasnu dužinu $\lambda_0 = 0,65 \mu\text{m}$).

Koliko iznosi temperatura sivog tela sivoće $\varepsilon = 0,8$, ako je na pirometru očitana vrednost temperature crnog tela $\vartheta_c = 800 \text{ }^\circ\text{C}$. Konstanta C_2 u *Planck*-ovom zakonu zračenja ima vrednost $C_2 = 1,44 \times 10^{-2} \text{ m K}$.

2. 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 $4.186 \text{ kJ}/(\text{kg K})$. Koefficient 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. Opisati elektrotermičke uređjaje za tačkasto i šavno elektrootporno zavarivanje. Da li oni spadaju u grupu uređjaja sa direktnim ili indirektnim elektrootpornim zagrevanjem? Dati njihovu skicu, opisati način funkcionisanja i navesti njihovu primenu.

4. Objasniti postupak proračuna elektroindukcionog uređjaja na osnovu definisanog zadatka za zagrevanje poznatih predmeta toplotne obrade. Koji su polazni podaci za projektovanje? Polazeći od njih navesti sve matematičke probleme do kojih se dolazi kada bi se svaki od relevantnih faktora precizno tretirao. Kako se prevazilaze problemi suviše komplikovanog preciznog tretiranja svakog od relevantnih faktora? Kada se uspostave osnovni toplotni parametri procesa zagrevanja, kako se određuju svi potrebni faktori za proračun karakterističnih električnih veličina? Konačno, kako se određuju osnovni parametri uređjaja za indukciono elektrootporno zagrevanje - broj navojaka induktora i napon na koji se priključuje induktor?

5. Na jednom energetskom uljnom transformatoru, čiji ukupni nominalni gubici iznose 900 W , izvršena su dva ogleda zagrevanja u kratkom spoju počev od stanja u kome je temperatura transformatora jednaka temperaturi ambijenta. Ogledi zagrevanja su vršeni pri snagama gubitaka 990 W i 540 W . Snimljene su krive promene temperature gornjeg ulja. Njihovom matematičkom obradom su dobijene analitičke funkcije

$$\theta = 48.7(1 - e^{-\frac{t}{2.06h}}) + 3.34(1 - e^{-\frac{t}{0.137h}}) - 4.8(1 - e^{-\frac{t}{4.59\text{min}}}),$$

$$\text{odnosno } \theta = 27.6(1 - e^{-\frac{t}{2.39h}}) + 1.28(1 - e^{-\frac{t}{0.64h}}) - 1.9(1 - e^{-\frac{t}{6.67\text{min}}}).$$

Da li se transformator može u pogledu termičkog ponašanja ulja može opisati tranzijentnim toplotnim otporom. Odgovor obrazložiti. Ukoliko to nije moguće učiniti, objasniti uzrok. Kvantifikovati "remećući" faktor koji onemogućava uvođenje tranzijentnog toplotnog otpora posmatrajući stacionarno toplotno stanje.

/ispit traje 3 sata/