



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

15. 5. 2007.

Испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

Испит траје максимално 180 минута.

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. Извести израз за одређивање укупне снаге која се одведе са тела температуре ϑ_b помоћу једног ребра за хлађење у облику шипке пречника D и дужине L , израђене од материјала специфичне топлотне проводности λ . Са површи омотача шипке топлота се одводи струјањем ваздуха температуре ϑ_a , при чему коефицијент преласка топлоте струјањем износи α . Усвојити апроксимацију да је температура шипке на њеном крају једнака температури ваздуха ϑ_a .
3. Један електрични проводник је начињен од бакра, чија специфична електрична отпорност на 20°C износи $\rho_{20}=1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$, а коефицијент њеног линеарног пораста са температуром $\alpha_{Cu20}=3.9 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; $\rho=\rho_{20}(1+\alpha_{Cu20}(\vartheta-20))$. Површина кружног попречног пресека проводника износи $S_{Cu} = 263.25 \text{ mm}^2$. Проводник је изолован папирном изолацијом дебљине 1.5 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°C , а у случају хлађења уљем поставља се додатни критеријум да температура папира непосредно уз уље не сме да пређе 115°C . Температура расхладног флуида – уља, односно ваздуха – износи 20°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.
4. 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.
5. Између двеметалне плоче пресе, површине $S=3 \text{ m}^2$, постави се 6 слојева фурнира ($\varepsilon_{r1}=4$, $\text{tg } \delta_{e1}=0.4$), сваки дебљине $l_1=10^{-3} \text{ m}$ и 5 слојева лепка ($\varepsilon_{r2}=5$, $\text{tg } \delta_{e2}=0.5$), сваки дебљине $l_2=10^{-4} \text{ m}$. Металне плоче се прикључују на крајеве извора електричне енергије брзопроменљивог напона, ефективне вредности 1000 V и учестаности 5 MHz . Израчунати привидну снагу на излазу извора енергије (претварача учестаности), као и фактор снаге његовог оптерећења). Ивични ефекти код кондензатора се могу занемарити; $\varepsilon_0=8.855/10^{12} \text{ F/m}$.



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

21. 6. 2007.

Испит из предмета Електротермија
(По новом наставном програму)
Испит траје максимално 180 минута.

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Написати комплексни облик *Poynting*-ове теореме за случај да у запремини V ограниченој затвореном површи S нема запремиски распоређених извора топлоте. Полазећи од тог израза написати облик на који се своди *Poynting*-ова теорема за случај диелектричног загревања. Који су разлози да запреминска густина генерисања снаге по запремини V испуњеној истим диелектриком није константна?

2. Дати решења која се користе да би се несиметрични електротермички пријемници са мреже „видели“ као трофазни симетрични пријемници: а) Када постоји само један монофазни индуктивни пријемник. За овај случај предвидети и потпуну компензацију реактивне снаге основног хармоника. б) Када постоје два монофазна пријемника која у сваком тренутку имају идентично оптерећење. За оба решења дати вредности релевантих карактеристика елемената постројења.

3. У паралелепипедном кућишту се налазе три електроотпорна цевна извора топлоте сваки снаге 500W. Цев сваког од грејача је пречника $D = 8.7$ mm. и дужине $L = 1$ m. У грејачима се налази трн пречника 4 mm на који је намотана електроотпорна жица пречника 0.5 mm. Простор између зице и цеви је испуњен температурно постојаним електричним изолатором специфичне топлотне проводности $\lambda = 0.5$ W / (m K). Коефицијент сивоће цеви је 0.85 а кућишта 0.7. Димензије кућишта су (0.2 x 0.2 x 1) m. Потребно је одредити минималну површину кућишта (која се изводи постављањем ребара; при прорачуну сматрати да је површ ребра изотермичка) тако да температура његове површи не пређе 90 °C. Коефицијент преласка топлоте струјањем са површи кућишта (ν) на ваздух ($\nu_a=20^\circ\text{C}$) износи $2.5(\nu - \nu_a)^{0.25}$.

4. На једном уређају за индукционо електроотпорно загревање гвоздених предмета топлотне обраде дужине 120 mm и пречника 27.5 mm, са 860 навојака, извршени су огледи одређивања његових електричних карактеристика у хладном стању. Резултати огледа су приказани у наредној табели. Израчунати еквивалентне активне и реактивне отпорности електроиндукционог уређаја које "види" мрежа при сваком од напона. Објаснити разлог промена импедансе, користећи се еквивалентном заменском шемом и квалитативним зависностима њених елемената.

I (A)	4	7.6	9.95	12.8
U (V)	50.2	88.4	111	137
P (W)	52.5	216	377	630

5. Огледом кратког споја за један електрични лук су одређене вредности сопствене активне, $R = 3\Omega$, и реактивне, $X = 15\Omega$, отпорности елемената за прикључење електротермичког уредјаја са електричним луком на "круту" мрежу номиналног напона 220 V. Вредност оточне импедансе прикључних елемената се могу занемарити. Огледом је одређено да минимална струја горења лука износи 5 A.

За карактеристичне радне тачке:

- максималног степена електричног искоришћења (односа електричне снаге којом се енергија претвара у топлоту у луку и електричне снаге којом се енергија преузима из електричне мреже),
- максималне снаге којом се енергија претвара у топлоту у луку,
- максималне снаге којом се енергија преузима из електричне мреже,
- кратког споја, израчунати вредности струје, активне снаге којом се енергија преузима из електричне мреже, снаге којом се енергија претвара у топлоту у електричном луку и степена електричног искоришћења.



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

4. 7. 2007.

Испит из предмета Електротермија

(За студенте и по новом и по старом наставном програму)

Испит траје максимално 180 минута.

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Због чега је потребно увести и како се одређују комплексна магнетна пермеабилност?
2. Описати првобитне каналне пећи са отвореним хоризонталним каналом, проблеме који су код њих постојали. Какве је конструкција савремених каналних пећи и на који начин су проблеми који су постојали код првобитних каналних пећи елиминисани?
3. У паралелепипедном кућишту се налазе три електроотпорна цевна извора топлоте сваки снаге 500W. Цев сваког од грејача је пречника $D = 8.7 \text{ mm}$ и дебљине $\Delta = 0.35 \text{ mm}$. и дужине $L = 1 \text{ m}$. У грејачима се налази трн пречника 4 mm на који је намотана електроотпорна жица пречника 0.5 mm. Простор између зице и цеви је испуњен температурно постојаним електричним изолатором специфичне топлотне проводности $\lambda = 0.5 \text{ W / (m K)}$. Коефицијент сивоће цеви је 0.85 а кућишта 0.7. Димензије кућишта су (0.2 x 0.2 x 1) m. Потребно је одредити минималну површину кућишта (која се изводи постављањем ребара; при прорачуну сматрати да је површ ребра изотермичка) тако да температура његове површи не пређе 90 °C. Коефицијент преласка топлоте струјањем са површи кућишта (α) на ваздух ($\vartheta_a = 20^\circ\text{C}$) износи $2.5(\vartheta - \vartheta_a)^{0.25}$. Колико износи температура грејне спирале?
4. Известити израз за израчунавање снаге која се помоћу Пелтијеове топлотне пумпе одводи са површи тела ниже температуре. Сматрати да су познате карактеристике полупроводничког материјала, димензије p и n елемената, број pn спојева, температуре p спојева на вишој температури, температуре pn спојева на нижој температури и струја која протиче кроз p и n елеменатите и pn спојеве.
5. Између две паралелно постављене плоче, површина 1 m^2 , које се налазе 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 $\varepsilon_r = 4$ 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 $E_{\text{преп}}$, која је приближно једнака половини јачине поља при којој долази до пробоја ($E_{\text{проб}}$), која износи $E_{\text{проб}} = 10 \text{ kV/cm}$ до $E_{\text{проб}} = 70 \text{ kV/cm}$. 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 $E_{\text{проб в}} = 1 \text{ kV/cm}$. Учестаност загревања је, због равномерности напона по површини плоче кондензатора и равномерности снаге загревања, ограничена на 15 MHz. „Резервисане“ учестаности напона напајања за уређеје овог типа су 13.56, 27.12 и 40.68 MHz.



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараचे и погоне

5. 9. 2007.

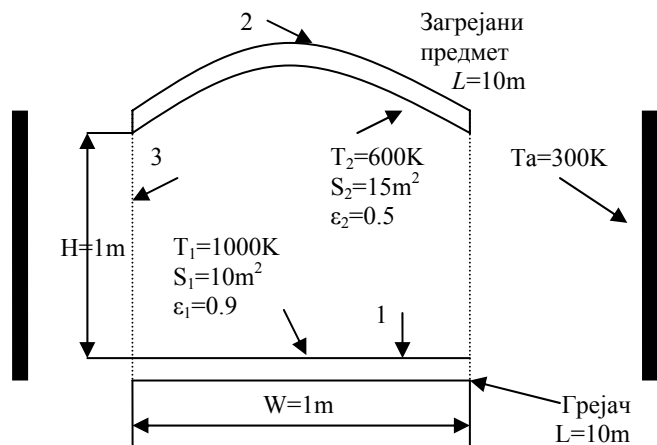
Испит из предмета Електротермија

(За студенте и по новом и по старом наставном програму)

Испит траје максимално 180 минута.

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Написати општи облик *Poynting*-ове теореме за запремину V ограничену затвореном површи S . За сваки од чланова навести механизам претварања електричне у унутрашњу енергију термодинамичког система. Навести типиче облике нелинеарности који су последица карактеристика материјала, а због којих се мора увести апроксимација да би се могло прећи у комплексни домен за простопериодична поља.
2. Нацртати шеме два типа претварача који се користе у опсегу најнижих практично примењиваних учестаности (учестаности су веће од мрежне).
3. 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 m , износи 0.39 .



4. На једном уређају за индукционо електроотпорно загревање гвоздених предмета топлотне обраде дужине 120 mm и пречника 27.5 mm , са 860 навојака, извршени су огледи одређивања његових електричних карактеристика у хладном стању. Резултати огледа су приказани у наредној табели. Израчунати еквивалентне активне и реактивне отпорности електроиндукционог уређаја које "види" мрежа при сваком од напона. Објаснити разлог промена импедансе, користећи се еквивалентном заменском шемом и квалитативним зависностима њених елемената.

I (A)	4	7.6	9.95	12.8
U (V)	50.2	88.4	111	137
P (W)	52.5	216	377	630

5. Огледом кратког споја за један електрични лук су одређене вредности сопствене активне, $R = 3\Omega$, и реактивне, $X = 15\Omega$, отпорности елемената за прикључење електротермичког уредјаја са електричним луком на "круту" мрежу номиналног напона 220 V . Вредност оточне импедансе прикључних елемената се могу занемарити. Колико износи варијација активне, а колико реактивне снаге уколико се струја мења у опсегу $\pm 5\%$ око вредности при којој се има максимална корисна снага.



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

28. 9. 2007.

Испит из предмета Електротермија
(За студенте и по старом наставном програму)
Испит траје максимално 180 минута.

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Написати општу температурну једначину за случај једнодимензионог нестационарног преноса топлоте кроз линеарну топлопроводну средину у којој постоје запремински распоређени извори топлоте. Написати гранични услов на површи на којој се мења топлотна проводност материјалне средине (са λ_1 на λ_2).
2. За колико процената ће се смањити размена енергије зрачењем између две дугачке цеви пречника $D_1 = 20$ mm и $D_2 = 50$ mm, чије температуре и коефицијенти сивоће износе $T_1 = 77$ K и $\varepsilon_1 = 0.02$, односно $T_2 = 300$ K и $\varepsilon_2 = 0.05$, ако се између њих убаци танак екран пречника $D_3 = 35$ mm, чији је коефицијент сивоће са обе стране $\varepsilon_3 = 0.02$?
3. 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.
4. Извести израз за израчунавање снаге која се помоћу Пелтијеове топлотне пумпе одводи са површи тела ниже температуре. Сматрати да су познате карактеристике полупроводничког материјала, димензије p и n елеменатата, број pn спојева, температуре pn спојева на вишој температури, температуре pn спојева на нижој температури и струја која протиче кроз p и n елеменатате и pn спојеве.
5. 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 $D(E)$.

