

ИСПИТ ИЗ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИКЕ (ОФ, ОЕ, ОС, ИР)

28. јун 2021.

Напомене. Испит траје 180 минута и ради се самостално. Није дозвољено напуштање сале 60 минута од почетка испита. Писати искључиво хемијском оловком са плавим или црним мастилом. Дозвољена је употреба непрограмабилних калкулатора. Дозвољена је употреба само овога папира и једне вежбанке, који се морају предати. Питања радити искључиво на овоме папиру, а задатке искључиво у вежбанци. Коначне одговоре на питања и тражена извођења уписати у одговарајуће кућице, учртати у дијаграме или заокружити понуђене одговоре. Одговори без извођења се неће признати. Свако питање носи по 5 поена, а задатак по 20 поена.

Попунити податке о кандидату у следећој табели. Исте податке написати и на омоту вежбанке.

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ (попуњава кандидат)										КОЛОКВИЈУМ	
Индекс година/број		Презиме и име									
/										ИСПИТ	
ПИТАЊА							ЗАДАЦИ				
1.	2.	3.	4.	5.	6.	Укупно	1.	2.	Укупно	УКУПНО ПОЕНА	ОЦЕНА

ПИТАЊА

1. Написати везу између електричног скалар–потенцијала и магнетског вектор–потенцијала у брзопроменљивом пољу (Лоренцов услов) у (а) временском домену и (б) фреквенцијском домену. Усвојити потребне величине.

(а)	(б)
-----	-----

2. (а) Написати математички исказ Поинтингове теореме у домену v , ограниченом површи S и објаснити значење сваког члана. Домен је испуњен линеарним хомогеним диелектриком пермитивности ϵ , пермеабилности μ и специфичне проводности σ , а у свакој тачки домена познат је вектор побудних струја \mathbf{J}_i . (б) Како гласи претходни израз у случају када је домен v без губитака, а површ S прекривена бесконачно танком савршено проводном фолијом?

(а)	(б)
-----	-----

3. Комплексни представник вектора јачине електричног поља простопериодичног TEM таласа у посматраној тачки је $\underline{\mathbf{E}} = (\mathbf{i}_x + j4\mathbf{i}_y + 3\mathbf{i}_z) \text{ V/m}$. Израчунати (а) максималну и (б) минималну вредност интензитета овог вектора. (в) Како је поларизован овај вектор? Образложити одговор.

(а)	(б)	(в)
-----	-----	-----

4. Коаксијални вод, унутрашњег полупречника $a = 0,265 \text{ mm}$ и спољашњег полупречника $b = 0,925 \text{ mm}$, испуњен је савршеним диелектриком релативне пермитивности $\epsilon_r = 2,25$, а проводници су му пермеабилности μ_0 и специфичне проводности $\sigma = 57 \text{ MS/m}$. Израчунати колико пута опадне снага TEM таласа, учестаности $f = 60 \text{ GHz}$, при простирању кроз део оваквог коаксијалног вода дужине $d = 800 \text{ mm}$.

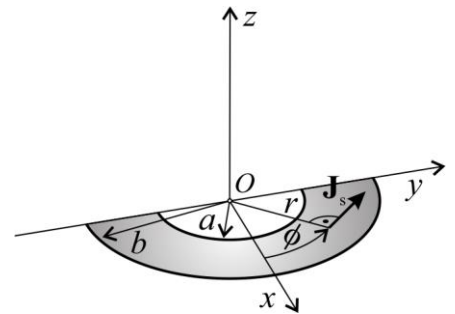
--

5. На улаз вода без губитака, карактеристичне импедансе $Z_c = 50 \Omega$ и времена простирања кроз вод $\tau = 1 \text{ ns}$, прикључен је напонски генератор прилагођен на вод, чији напон има облик Хевисајдовога импулса амплитуде $E = 8 \text{ V}$, док је на излаз вода прикључена паралелна веза кондензатора капацитивности $C = 50 \text{ pF}$ и отпорника отпорности $R = 150 \Omega$. Одредити израз за напон на улазу у вод и израчунати га у тренутку $t = 3,5 \text{ ns}$.

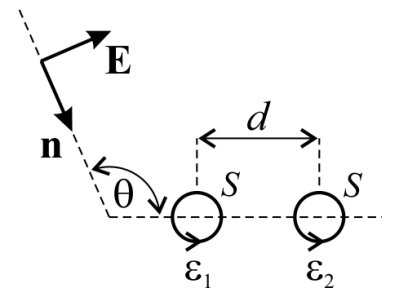
6. Примопредајни антенски систем чине две идентичне антене у слободном простору, појачања $g = 16 \text{ dBi}$ и на међусобном растојању $d = 750 \text{ m}$, оријентисане тако да је пренос снаге између њих максималан. Ако се предајна антена напаја из простопериодичног генератора учестаности $f = 2,4 \text{ GHz}$, снагом $P = 3,5 \text{ W}$, израчунати снагу коју пријемна антена предаје прилагођеном пријемнику, P_{pr} .

ЗАДАЦИ

1. У вакууму постоји струја високе учестаности само по површи исечка кружног прстена, унутрашњег полупречника a и спољашњег полупречника b , као на слици. Вектор густине површинске струје у цилиндричном координатном систему дат је изразом $\mathbf{J}_s(r, \phi, t) = \sqrt{2} J_{s0} \sin \phi \cos \omega t \mathbf{i}_\phi$, $a \leq r \leq b$, $-\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$, где су J_{s0} и ω познате константе. Одредити, у комплексном облику, изразе за (а) расподелу наелектрисања исечка и (б) вектор јачине индукованог електричног поља у тачкама на z -оси.



2. Раван униформан простопериодичан линијски поларизован ТЕМ талас, непознате ефективне вредности електричног поља E и учестаности $f = 800 \text{ MHz}$, простира се кроз вакуум у правцу и смеру орта \mathbf{n} . У пољу овог таласа налазе се две електрички мале контуре, једнаких површина $S = 2 \text{ cm}^2$, чији су центри на растојању $d = 1,6 \text{ m}$. Контуре леже у равни коју граде вектор јачине електричног поља таласа \mathbf{E} и орт \mathbf{n} . Познате су комплексне индуковане електромоторне силе у контурама, $\varepsilon_1 = 1 \text{ mV}$ и $\varepsilon_2 = 0,5(\sqrt{3} + j) \text{ mV}$, у односу на референтне смерове приказане на слици. Израчунати: (а) све могуће вредности угла θ ($\pi/2 \leq \theta \leq \pi$), приказаног на слици, који заклапају правац орта \mathbf{n} и правац на коме леже центри контура, и (б) ефективну вредности електричног поља таласа, E .



Напомена: у цилиндричном координатном систему је $\text{div } \mathbf{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rA_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$.

**ОДГОВОРИ НА ПИТАЊА И РЕШЕЊА ЗАДАТАКА СА
ИСПИТА ИЗ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИКЕ (ОФ, ОЕ, ОС, ИР),
ОДРЖАНОГ 28. ЈУНА 2021. ГОДИНЕ**

ПИТАЊА

1. (a) $\operatorname{div} \mathbf{A} = -\epsilon\mu \frac{\partial V}{\partial t}$. (б) $\operatorname{div} \underline{\mathbf{A}} = -j\omega\epsilon\mu \underline{V}$.

2. (a) $\int_V -\mathbf{J}_i \cdot \mathbf{E} \, dv = \int_V \sigma |\mathbf{E}|^2 \, dv + \frac{\partial}{\partial t} \int_V \left(\frac{1}{2} \epsilon |\mathbf{E}|^2 + \frac{1}{2} \mu |\mathbf{H}|^2 \right) dv + \int_S (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \cdot d\mathbf{S}$.

(б) $\int_V -\mathbf{J}_i \cdot \mathbf{E} \, dv = \frac{\partial}{\partial t} \int_V \left(\frac{1}{2} \epsilon |\mathbf{E}|^2 + \frac{1}{2} \mu |\mathbf{H}|^2 \right) dv$.

3. (a) $E_{\max} = 4\sqrt{2} \text{ V/m}$ и (б) $E_{\min} = 2\sqrt{5} \text{ V/m}$. (в) Вектор је елиптички поларизован, јер је $E_{\max} \neq E_{\min}$ и $E_{\min} \neq 0$.

4. Снага опадне 2,22 пута (односно за 3,46 dB).

5. $u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 0,5Eh(t), & 0 \leq t < 2\tau \\ 0,5Eh(t) - 0,5Eh(t-2\tau) + \frac{R}{R+Z_c} E \left(1 - e^{-\frac{t-2\tau}{C \frac{RZ_c}{R+Z_c}}} \right), & t \geq 2\tau \end{cases}$,

$u(t = 3,5 \text{ ns}) = 3,3 \text{ V}$.

6. $P_{\text{pr}} = 975,77 \text{ nW}$ (-30,1 dBm).

ЗАДАЦИ

1. (a) $\underline{\rho}_s = j \frac{J_{s0} \cos \phi}{\omega r}$, $\underline{Q}'(\phi = -\frac{\pi}{2}) = -j \frac{J_{s0}}{\omega}$, $\underline{Q}'(\phi = \frac{\pi}{2}) = j \frac{J_{s0}}{\omega}$. (б) $\underline{\mathbf{E}}_{\text{ind}} = -\frac{\mu_0 \omega J_{s0}}{8\beta} (e^{-j\beta\sqrt{z^2+b^2}} - e^{-j\beta\sqrt{z^2+a^2}}) \mathbf{i}_x$, $\beta = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$.

2. (a) $\theta_1 = 102,4^\circ$, $\theta_2 = 116,7^\circ$, $\theta_3 = 133,1^\circ$ и $\theta_4 = 156,6^\circ$. (б) $E = 298,3 \frac{\text{mV}}{\text{m}}$.

- РЕЗУЛТАТИ ИСПИТА БИЋЕ ОБЈАВЉЕНИ ДО 5. ЈУЛА У 21.00 НА САЈТУ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНЕТИКУ.
- УВИД У ЗАДАТКЕ ЈЕ 6. ЈУЛА ОД 18.00 ДО 18.30 У СОБИ 63.

Са предмета Електромагнетика