336. Ravan, uniforman, prostoperiodičan, paralelno polarizovan TEM talas, učestanosti f i efektivne vrednosti električnog polja E, nailazi iz vakuuma, pod uglom θ u odnosu na normalu, na savršeno provodnu ravan. Odrediti (a) rezultantno elektromagnetsko polje iznad ravni, (b) srednju vrednost gustine energije elektromagnetskog polja iznad ravni, (c) kompleksni Pointingov vektor iznad ravni i (d) površinsku gustinu srednje snage Džulovih gubitaka u provodnoj ravni, ako je ona napravljena od dobrog provodnika specifične provodnosti σ i permeabilnosti μ_0.

(e) Na osnovu rezultata pod (c) odrediti u kom se pravcu i smeru prostire rezultantni elektromagnetski talas.

(f) Na koju visinu treba postaviti i kako orijentisati malu ravnu konturu površine S, tako da amplituda ems indukovane u njoj bude maksimalna? Koliko iznosi ta maksimalna amplituda? (*Z950402,Z950611,Z971002*)

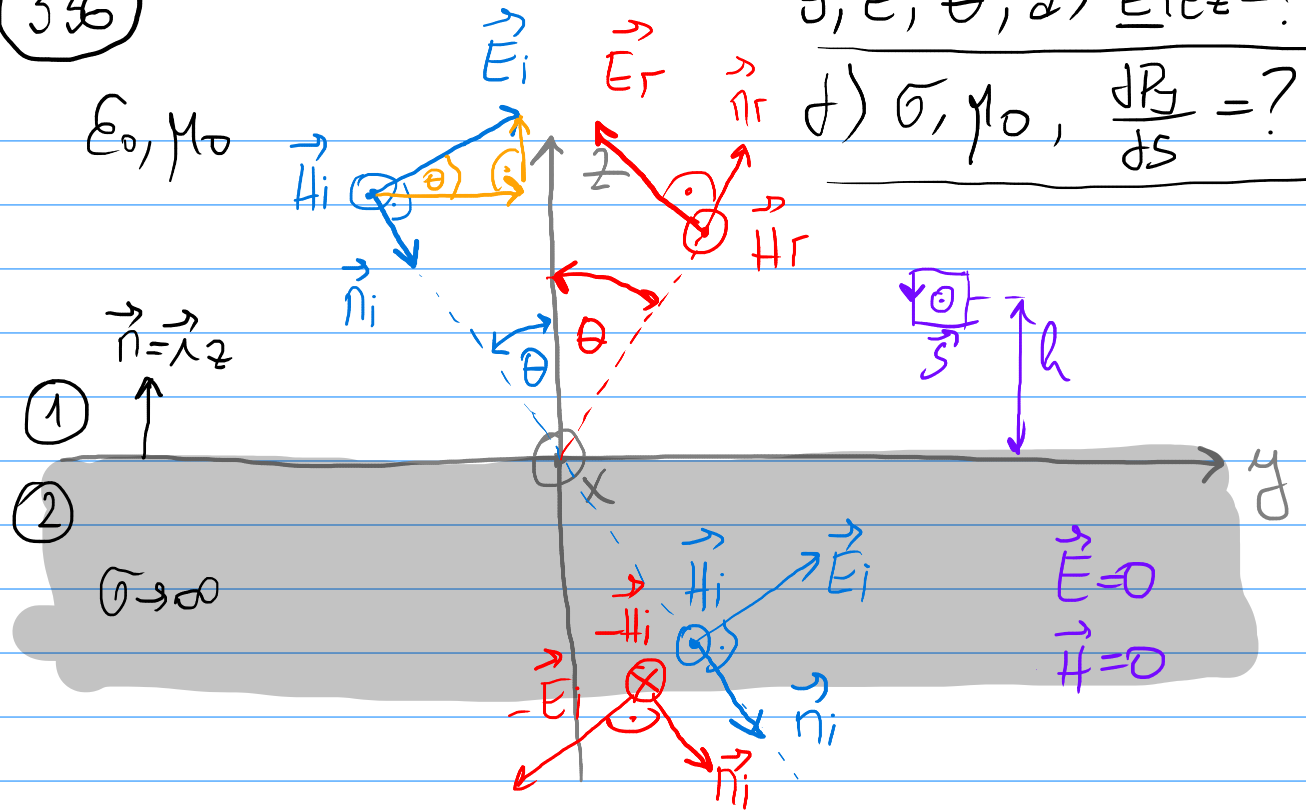
g) $\underline{\rho}_s = ?$, $\underline{\vec{J}}_s = ?$

(336)

f, ε, θ, a) $\vec{E}_{rez} = ?$, $\vec{H}_{rez} = ?$, b) $(w_{em})_{sr} = ?$, c) $\vec{P} = ?$,

d) $\sigma, \mu_0, \frac{dP_J}{dS} = ?$ e) $\vec{i}_p$, f) $S, h = ?, e_{ind\,max} = ?$

g) $\rho_s = ?$, $\vec{J}_s = ?$



$$\vec{E}_i = E\, e^{-j\beta \vec{r}\cdot\vec{n}_i} \cdot \vec{i}_{Ei}$$

$$\vec{r} = x\vec{i}_x + y\vec{i}_y + z\vec{i}_z$$

$$\vec{n}_i = \sin\theta\,\vec{i}_y - \cos\theta\,\vec{i}_z$$

$$\vec{i}_{Ei} = \cos\theta\,\vec{i}_y + \sin\theta\,\vec{i}_z$$

$$\vec{E}_i = E(\cos\theta\,\vec{i}_y + \sin\theta\,\vec{i}_z)\, e^{-j\beta(y\sin\theta - z\cos\theta)}$$

$$\vec{H}_i = \frac{1}{Z_0}\vec{n}_i \times \vec{E}_i = \frac{E}{Z_0} e^{-j\beta(y\sin\theta - z\cos\theta)}\left(\sin^2\theta\,\vec{i}_x + \cos^2\theta\,\vec{i}_x\right)$$

$$\vec{H}_i = \frac{E}{Z_0}\vec{i}_x\, e^{-j\beta(y\sin\theta - z\cos\theta)}$$

$$\vec{n}_r = \sin\theta\,\vec{i}_y + \cos\theta\,\vec{i}_z \qquad \vec{i}_{E_r} = -\cos\theta\,\vec{i}_y + \sin\theta\,\vec{i}_z$$

$$\vec{\underline{E}}_r = \underline{E}_{r0}\,\vec{i}_{E_r}\,e^{-j\beta\vec{r}\cdot\vec{n}_r}$$

$$\underline{\vec{E}_r = \underline{E}_{r0}\left(-\cos\theta\,\vec{i}_y + \sin\theta\,\vec{i}_z\right)e^{-j\beta(y\sin\theta + z\cos\theta)}}$$

$$\vec{\underline{H}}_r = \frac{1}{Z_0}\vec{n}_r \times \vec{\underline{E}}_r$$

$$\vec{\underline{H}}_r = \frac{\underline{E}_{r0}}{Z_0}\,e^{-j\beta(y\sin\theta + z\cos\theta)}\left(\sin^2\theta\,\vec{i}_x + \cos^2\theta\,\vec{i}_x\right)$$

$$\underline{\vec{\underline{H}}_r = \frac{\underline{E}_{r0}}{Z_0}\,\vec{i}_x\,e^{-j\beta(y\sin\theta + z\cos\theta)}}$$

$$\left(\vec{\underline{E}}_i + \vec{\underline{E}}_r\right)_{\substack{tan\\ z=0}} = 0$$

$$E\cos\theta\,\cancel{\vec{i}_y}\,\cancel{e^{-j\beta y\sin\theta}} + \underline{E}_{r0}\cancel{\vec{i}_y}(-\cos\theta)\,\cancel{e^{-j\beta y\sin\theta}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \underline{E}_{r0} = E$$

$$\vec{E}_{rez} = \vec{E}_i + \vec{E}_r$$

$$\vec{E}_{rez} = E\, e^{-j\beta y \sin\theta} \left(\cos\theta\, e^{j\beta z \cos\theta}\, \vec{i}_y + \sin\theta\, e^{j\beta z \cos\theta}\, \vec{i}_z - \cos\theta\, e^{-j\beta z \cos\theta}\, \vec{i}_y + \sin\theta\, e^{-j\beta z \cos\theta}\, \vec{i}_z \right)$$

$$\boxed{\vec{E}_{rez} = 2E e^{-j\beta y \sin\theta} \left(j\cos\theta \sin(\beta z \cos\theta)\, \vec{i}_y + \sin\theta \cos(\beta z \cos\theta)\, \vec{i}_z \right)}$$

$$\vec{H}_{rez} = \vec{H}_i + \vec{H}_r = \frac{E}{Z_0} e^{-j\beta y \sin\theta}\, \vec{i}_x \left(e^{-j\beta z \cos\theta} + e^{j\beta z \cos\theta} \right)$$

$$\boxed{\vec{H}_{rez} = \frac{2E}{Z_0} e^{-j\beta y \sin\theta} \cos(\beta z \cos\theta)\, \vec{i}_x}$$

$$W_{em} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 |\vec{E}_{rez}(t)|^2 + \frac{1}{2} \mu_0 |\vec{H}_{rez}(t)|^2$$

$$(W_{em})_{sr} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 |\vec{E}_{rez}|^2 + \frac{1}{2} \mu_0 |\vec{H}_{rez}|^2$$

$$(W_{em})_{ST} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 4E^2\left(\cos^2\theta \sin^2(\beta z\cos\theta) + \sin^2\theta\cos^2(\beta z\cos\theta) + \cos^2(\beta z\cos\theta)\right)$$

$$\boxed{(W_{em})_{ST} = 2\varepsilon_0 E^2\left(\cos^2\theta\sin^2(\beta z\cos\theta) + (1+\sin^2\theta)\cos^2(\beta z\cos\theta)\right)}$$

$$\vec{\underline{J}} = \underline{\vec{E}}_{rez} \times \underline{\vec{H}}_{rez}^{*} = \underline{\vec{E}}_{rez} \times \frac{2E}{Z_0}\cos(\beta z\cos\theta)\, e^{j\beta y\sin\theta}\,\vec{i}_x$$

$$\boxed{\vec{\underline{J}} = \frac{4E^2}{Z_0}\cos(\beta z\cos\theta)\left(-j\cos\theta\sin(\beta z\cos\theta)\vec{i}_z + \sin\theta\cos(\beta z\cos\theta)\vec{i}_y\right)}$$

$$\frac{dP_J}{dS} = R_S \cdot \left|\underline{\vec{H}}_{rez}\right|^2_{\substack{tan\\ z=0}} = \boxed{\sqrt{\frac{\pi\mu_0 f}{\sigma}}\ \frac{4E^2}{Z_0^2}}$$

$$\vec{i}_p = \frac{\vec{\underline{J}}_{Re}}{|\vec{\underline{J}}_{Re}|} = \boxed{\vec{i}_y}$$

$$e_{ind} = -j\omega \vec{B}_{rez} \cdot \vec{S} = -j\omega \mu_0 \vec{H}_{rez} \cdot \vec{S}$$ контура у yOz -равни

$$e_{ind} = -j\omega\mu_0 \frac{2E}{Z_0} \cos(\beta z \cos\theta) e^{-j\beta y \sin\theta} S$$

$$e_{ind} = \omega\mu_0 \frac{2E}{Z_0} |\cos(\beta h \cos\theta)| S$$

$$e_{ind} = e_{ind\,max} \Rightarrow |\cos(\beta h \cos\theta)| = 1, \quad \cos(\beta h\cos\theta) = \pm 1$$

$$\beta h \cos\theta = k\cdot\pi, \quad k = 1, 2, 3, \ldots \qquad \boxed{h = \frac{k\pi}{\beta\cos\theta} = \frac{k\lambda}{2\cos\theta}, \ k = 1, 2, 3, \ldots}$$

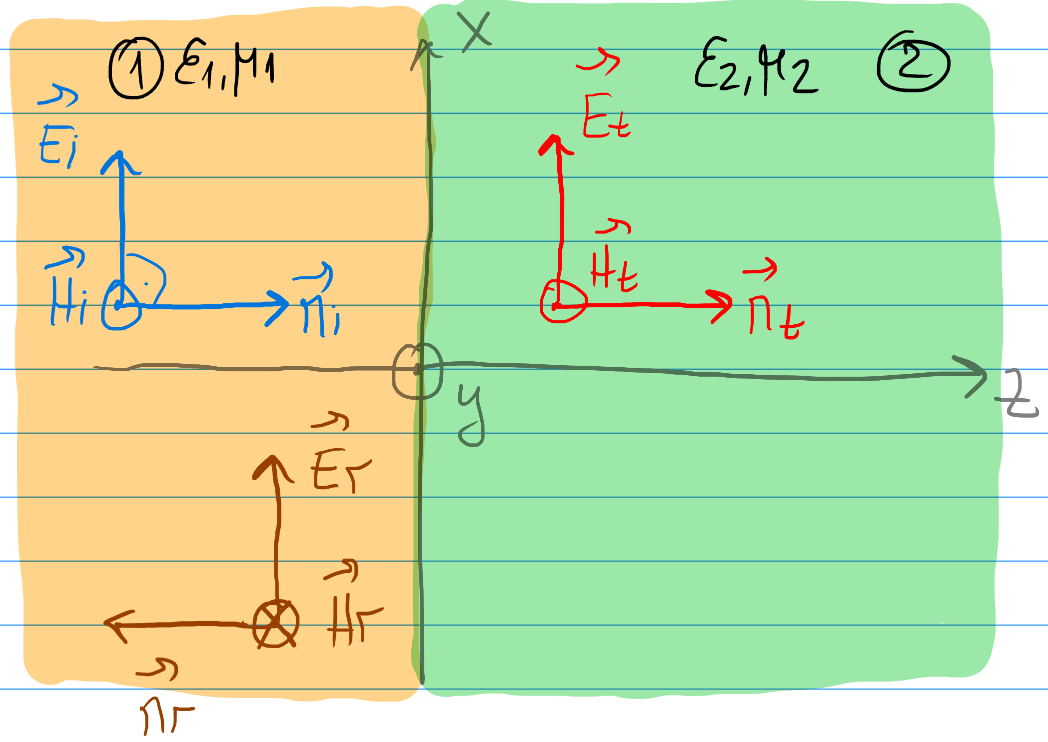
$$e_{ind\,max} = \frac{2E\omega\mu_0 S}{Z_0} \qquad e_{ind\,max}(t) = e_{ind\,max}\sqrt{2} = \boxed{\frac{2\sqrt{2}E\omega\mu_0 S}{Z_0}}$$

$$\rho_s = \vec{n} \cdot (\underline{\vec{D}_1} - \cancel{\underline{\vec{D}_2}}^{\,0}) = \vec{i}_z \cdot \varepsilon_0 \, \underline{\vec{E}_{rez}}\Big|_{z=0} = \boxed{2E e^{-j\beta y \sin\theta} \varepsilon_0 \sin\theta}$$

$$\underline{\vec{J}_s} = \vec{n} \times (\underline{\vec{H}_1} - \cancel{\underline{\vec{H}_2}}^{\,0}) = \vec{i}_z \times \underline{\vec{H}_{rez}}\Big|_{z=0} = \boxed{\frac{2E}{Z_0} e^{-j\beta y \sin\theta} \, \vec{i}_y}$$

339. Ravan, uniforman, linijski polarizovan, prostoperiodičan TEM talas, efektivne vrednosti električnog polja E i učestanosti f, nailazi upravno na ravnu razdvojnu površ dva homogena, savršena dielektrika, parametara ε_1, μ_1 i ε_2, μ_2. Talas nailazi iz dielektrika 1. Odrediti (a) koeficijente refleksije i transmisije, (b) elektromagnetsko polje reflektovanog i transmitovanog talasa, (c) rezultantno elektromagnetsko polje u prvom dielektriku i (d) koeficijent stojećih talasa. (*Z910123*)

339 $E, f, \varepsilon_1, \mu_1, \varepsilon_2, \mu_2$, $R=?$, $T=?$, $\vec{E}_r=?$, $\vec{E}_t=?$, $\vec{H}_r=?$, $\vec{H}_t=?$, $\vec{E}_1=?$, $\vec{H}_1=?$, $KST=?$



$$\vec{E}_i = E e^{-j\beta_1 z}\vec{i}_x$$

$$\vec{H}_i = \frac{E}{Z_1} e^{-j\beta_1 z}\vec{i}_y$$

$$\vec{E}_r = E_{r0} e^{j\beta_1 z}\vec{i}_x$$

$$\vec{H}_r = \frac{E_{r0}}{Z_1} e^{j\beta_1 z}(-\vec{i}_y)$$

$$\vec{E}_t = E_{t0} e^{-j\beta_2 z}\vec{i}_x$$

$$\vec{H}_t = \frac{E_{t0}}{Z_2} e^{-j\beta_2 z}\vec{i}_y$$

$$\beta_2 = \omega\sqrt{\varepsilon_2\mu_2} = \boxed{2\pi f\sqrt{\varepsilon_2\mu_2}}$$

$$\boxed{Z_2 = \sqrt{\frac{\mu_2}{\varepsilon_2}}}$$

$$\boxed{\beta_1 = 2\pi f\sqrt{\varepsilon_2\mu_2} \quad Z_1 = \sqrt{\frac{\mu_1}{\varepsilon_1}}}$$

$$\vec{n} \times (\vec{\underline{E}}_1 - \vec{\underline{E}}_2) = 0 \qquad (\vec{\underline{E}}_1 - \vec{\underline{E}}_2)\Big|_{\substack{tan\\ z=0}} = 0$$

$$\vec{n} \times (\vec{\underline{H}}_1 - \vec{\underline{H}}_2) = \cancel{\vec{\underline{J}}_s} \to 0 \qquad (\vec{\underline{H}}_1 - \vec{\underline{H}}_2)\Big|_{\substack{tan\\ z=0}} = 0$$

$$(\vec{\underline{E}}_1 + \vec{\underline{E}}_r)\Big|_{z=0} = \vec{\underline{E}}_t\Big|_{z=0}$$

$$(\vec{\underline{H}}_1 + \vec{\underline{H}}_r)\Big|_{z=0} = \vec{\underline{H}}_t\Big)_{z=0}$$

$$E + \underline{E}_{r0} = \underline{E}_{t0} \qquad E + \underline{E}_{r0} = \underline{E}_{t0}$$

$$\frac{E}{Z_1} - \frac{\underline{E}_{r0}}{Z_1} = \frac{\underline{E}_{t0}}{Z_2} \qquad E - \underline{E}_{r0} = \frac{Z_1}{Z_2}\underline{E}_{t0}$$

$$\Big\} + \quad 2E = \underline{E}_{t0}\left(1 + \frac{Z_1}{Z_2}\right)$$

$$\underline{E}_{t0} = \frac{2Z_2}{Z_1+Z_2} E \qquad \underline{E}_{r0} = \underline{E}_{t0} - E = E\left(\frac{2Z_2}{Z_1+Z_2} - 1\right) = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} E$$

$$\boxed{\vec{E}_r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} E e^{j\beta_1 z} \vec{i}_x} \qquad \boxed{\vec{H}_r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \frac{E}{Z_1} e^{j\beta_1 z} (-\vec{i}_y)}$$

$$\boxed{\vec{E}_t = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} E e^{-j\beta_2 z} \vec{i}_x} \qquad \boxed{\vec{H}_t = \frac{2E}{Z_1 + Z_2} e^{-j\beta_2 z} \vec{i}_y}$$

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_i + \vec{E}_r = \boxed{E \vec{i}_x \left(e^{-j\beta_1 z} + \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} e^{j\beta_1 z} \right)}$$

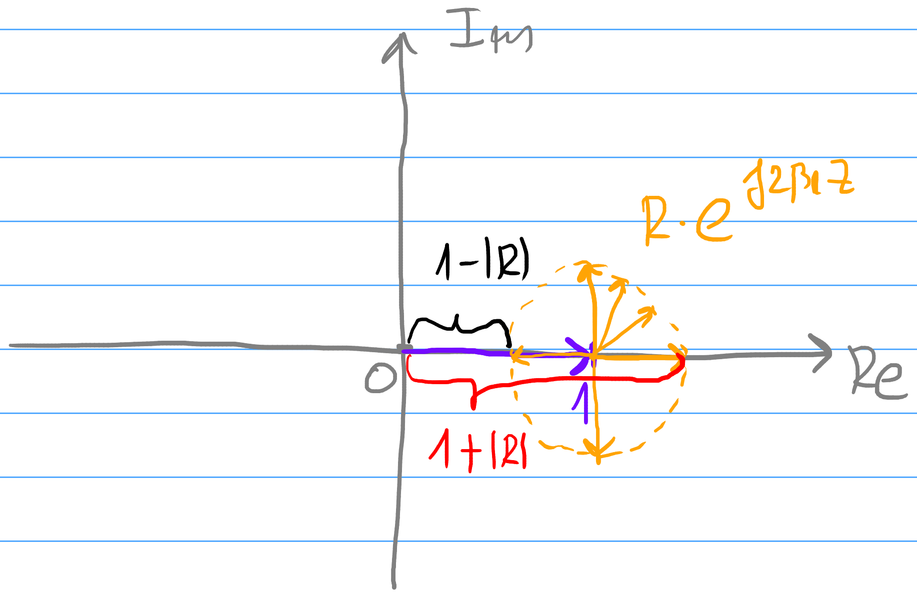
$$\vec{H}_1 = \vec{H}_i + \vec{H}_r = \boxed{\frac{E}{Z_1} \vec{i}_y \left(e^{-j\beta_1 z} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} e^{j\beta_1 z} \right)}$$

$$\vec{H}_2 = \vec{H}_t \qquad \vec{E}_2 = \vec{E}_t$$

$$T = \frac{E_{t0}}{E_{i0}} = \boxed{\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}} \qquad R = \frac{E_{r0}}{E_{i0}} = \boxed{\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}} \qquad \left(\begin{matrix} T > 0, \ R \gtrless 0, \\ |R| < 1 \end{matrix} \right)$$

$$KST = \frac{|E_1|_{max}}{|E_1|_{min}}, \quad \vec{E}_1 = E e^{-j\beta_1 z}\left(1 + R e^{j2\beta_1 z}\right)\vec{i}_x$$

$$KST = \frac{\cancel{E}\,|1 + R e^{j2\beta_1 z}|_{max}}{\cancel{E}\,|1 + R e^{j2\beta_1 z}|_{min}} \qquad 2\beta_1 z \in [0, 2\pi]$$



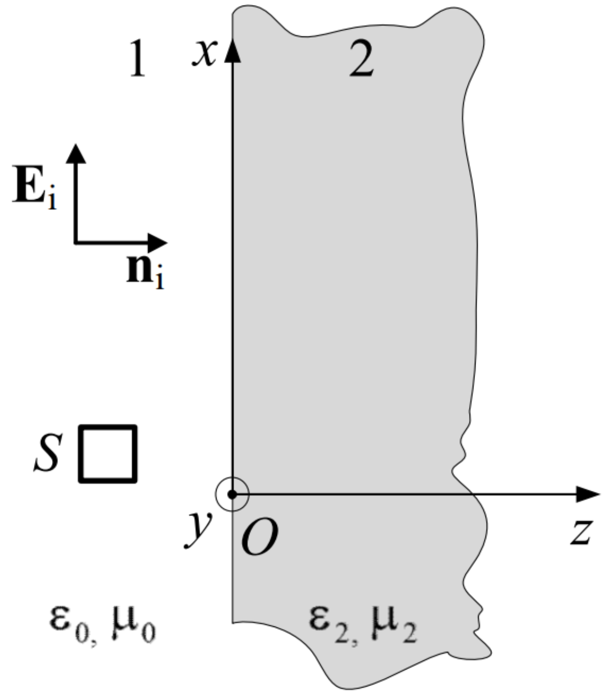
$$\boxed{KST = \frac{1+|R|}{1-|R|}}$$

$$1 < KST < \infty$$

ИСПИТ ИЗ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИКЕ (ОГ)

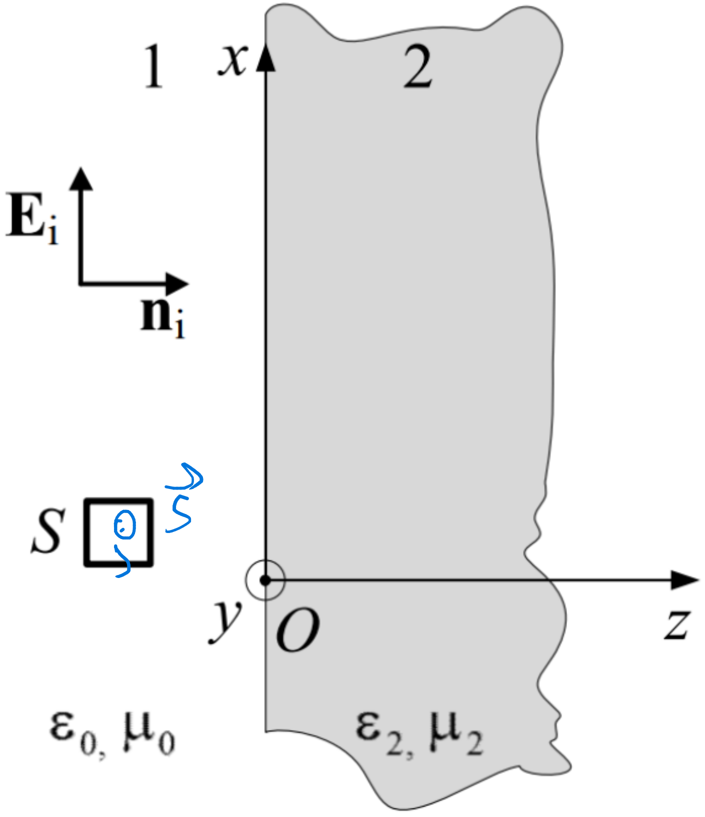
22. септембар 2023.

2. Раван униформан простопериодичан линијски поларизован TEM талас, ефективне вредности јачине електричног поља E и учестаности f, наилази из вакуума (средина 1) нормално на бесконачну раздвојну површ са савршеним диелектриком (средина 2), пермитивности $\varepsilon_2 = \varepsilon_r \varepsilon_0$ и пермеабилности $\mu_2 = \mu_0$, као на слици. (а) За координатни систем са слике извести изразе за резултантне комплексне векторе јачине електричног и магнетског поља у вакууму и диелектрику. (б) Где у вакууму треба поставити електрички малу, равну контуру, паралелну *xOz*-равни и површине $S = 10\,\mathrm{cm}^2$, тако да ефективна вредност индуковане емс у њој буде максимална? Израчунати ту максималну ефективну емс, ако је $E = 0{,}7\,\mathrm{V/m}$, $\varepsilon_r = 3$ и $f = 200\,\mathrm{MHz}$.



② f, $\varepsilon_2=\varepsilon_r\varepsilon_0$, $\mu_2=\mu_0$, $\vec{E}_1=?$, $\vec{E}_2=?$, $\vec{H}_1=?$, $\vec{H}_2=?$, $z_{opt}=?$, $S=10\,cm^2$, $E=0{,}7\,\frac{V}{m}$,

$\varepsilon_r=3$, $f=200\,MHz$, $e_{ind\,max}=?$



$$\boxed{\vec{E}_t = \frac{2Z_2}{Z_1+Z_2}\, E\, e^{-j\beta_2 z}\,\vec{i}_x} \qquad \boxed{\vec{H}_t = \frac{2E}{Z_1+Z_2}\, e^{-j\beta_2 z}\,\vec{i}_y}$$

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_i + \vec{E}_r = \boxed{E\,\vec{i}_x\left(e^{-j\beta_1 z} + \frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}\, e^{j\beta_1 z}\right)}$$

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_i + \vec{H}_r = \boxed{\frac{E}{Z_1}\,\vec{i}_y\left(e^{-j\beta_1 z} - \frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}\, e^{j\beta_1 z}\right)}$$

$$Z_1 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = Z_0 \qquad Z_2 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_r\varepsilon_0}} = \frac{Z_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \qquad \beta_1 = 2\pi f\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$$

$$\beta_2 = 2\pi f\sqrt{\varepsilon_r\varepsilon_0\mu_0} = \sqrt{\varepsilon_r}\,\beta_1$$

$$\vec{E}_1 = E\,\vec{i}_x\left(e^{-j\beta_1 z} + \frac{\frac{Z_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} - Z_0}{\frac{Z_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} + Z_0}\, e^{j\beta_1 z}\right)$$

$$\boxed{\vec{E}_1 = E\,\vec{i}_x\left(e^{-j\beta_1 z} + \frac{1-\sqrt{\varepsilon_r}}{1+\sqrt{\varepsilon_r}}\,e^{j\beta_1 z}\right)}$$

$$\boxed{\vec{H}_1 = \frac{E}{Z_0}\,\vec{i}_y\left(e^{-j\beta_1 z} - \frac{1-\sqrt{\varepsilon_r}}{1+\sqrt{\varepsilon_r}}\,e^{j\beta_1 z}\right)}$$

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_t = \frac{2\frac{Z_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}}{\frac{Z_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} + Z_0}\,E\,e^{-j\beta_2 z}\,\vec{i}_x = \boxed{\frac{2}{1+\sqrt{\varepsilon_r}}\,E\,e^{-j\beta_2 z}\,\vec{i}_x}$$

$$\vec{H}_2 = \vec{H}_t = \frac{2}{1+\sqrt{\varepsilon_r}}\,\frac{E}{\frac{Z_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}}\,e^{-j\beta_2 z}\,\vec{i}_y = \boxed{\frac{2\sqrt{\varepsilon_r}}{1+\sqrt{\varepsilon_r}}\,\frac{E}{Z_0}\,e^{-j\beta_2 z}\,\vec{i}_y}$$

$$e_{ind} = -j\omega\,\vec{B}_1\cdot\vec{S} = -j\omega\mu_0\,\vec{H}_1\cdot\vec{S} = -j\omega\mu_0 H_1 S \qquad e_{ind} = \omega\mu_0 H_1 S$$

$$H_1 = \frac{E}{Z_0}\,e^{-j\beta_1 z}\left(1 - \frac{1-\sqrt{\varepsilon_r}}{1+\sqrt{\varepsilon_r}}\,e^{j2\beta_1 z}\right)$$

$$H_1 = \frac{E}{Z_0}\left| 1 - \frac{1-\sqrt{\varepsilon_r}}{1+\sqrt{\varepsilon_r}} e^{j2\beta_1 z} \right| = \frac{E}{Z_0}\left| 1 - \underbrace{\frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}}_{\frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}} e^{j2\beta_1 z} \right|$$

$$\frac{1-\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}} < 0 \qquad H_1 = H_{1max} \Rightarrow e^{j2\beta_1 z} = 1$$

$$2\beta_1 z = 2k\pi \quad , \quad z < 0$$

$$\boxed{z = \frac{k\pi}{\beta_1} \qquad k = -1, -2, -3, \dots}$$

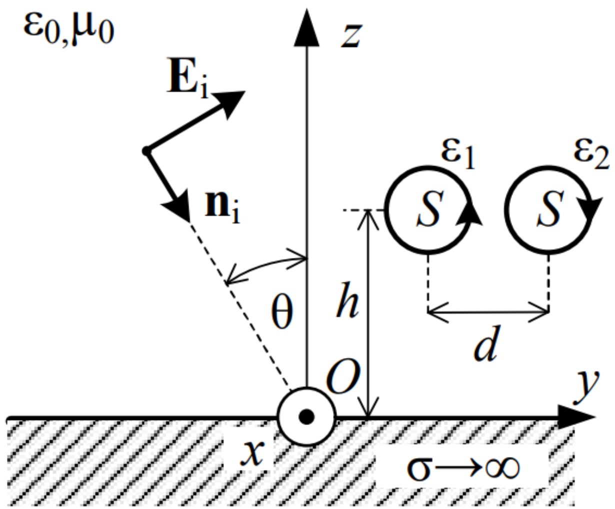
$$e_{indmax} = \omega \mu_0 S H_{1max}$$

$$e_{indmax} = 2\pi f \mu_0 S \frac{E}{Z_0}\left(1 + \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{3}+1}\right) = \boxed{3{,}72\,mV}$$

ИСПИТ ИЗ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИКЕ (ОГ)

11. јануар 2024.

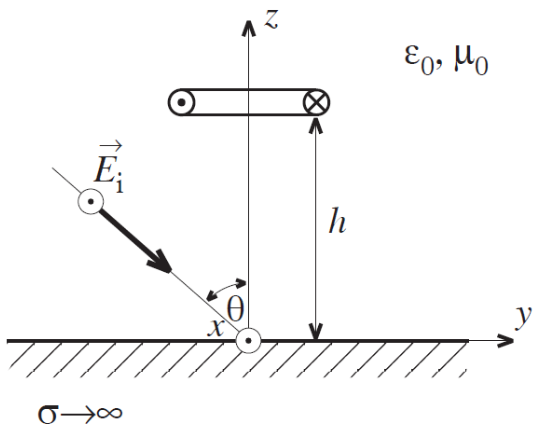
2. Раван простопериодичан паралелно поларизован ТЕМ талас, таласне дужине у вакууму $\lambda = 1\,\mathrm{m}$, наилази из вакуума на бесконачну савршено проводну раван, под непознатим углом $\theta \in [0, \pi/2)$ у односу на нормалу на раздвојну површ, као што је приказано на слици. Две електрички мале равне контуре, једнаких површина, $S = \dfrac{1}{2\pi}\,\mathrm{cm}^2$, постављене су на висини $h = 4\,\mathrm{m}$ изнад проводне равни. Контуре леже у инцидентној равни, а центри су им на међусобном растојању $d = \sqrt{3}/3\,\mathrm{m}$. Ефективна вредност индуковане електромоторне силе у контури 1 је $\varepsilon_1 = 0{,}3\,\mathrm{mV}$. Према референтним смеровима означеним на слици, комплексни представници индукованих електромоторних силе контура, $\underline{\varepsilon}_1$ и $\underline{\varepsilon}_2$, су у фази. Израчунати (а) угао θ, (б) ефективну вредност електричног поља инцидентног таласа E_i и (в) ефективну вредност густине површинских наелектрисања на раздвојној површи ρ_s.



334. Ravan, uniforman, prostoperiodičan, normalno polarizovan TEM talas, efektivne vrednosti električnog polja E i ugaone učestanosti ω, nailazi iz vakuuma, pod uglom θ u odnosu na normalu, na savršeno provodnu ravan (slika 334.1). Odrediti (a) rezultantno električno i magnetsko polje iznad ravni, (b) raspodelu indukovanih struja i naelektrisanja na ravni, (c) srednju vrednost gustine energije elektromagnetskog polja iznad ravni i (d) efektivnu vrednost ems indukovane u maloj, horizontalnoj, nepokretnoj konturi, površine S, koja se nalazi na visini $h = \dfrac{4\pi}{\omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\cos\theta}$ iznad provodne ravni.

~~(e)~~ Kolika je trenutna vrednost indukovane ems u maloj, horizontalnoj konturi, površine S, koja se kreće u smeru y-ose brzinom v, ako se u trenutku $t = 0$ kontura nalazila u tački sa koordinatama $(x, y, z) = (0, 0, h_c)$.

(f) Kako treba orijentisati malu, ravnu, nepokretnu konturu, koja se nalazi na visini h_c iznad ravni, da bi efektivna vrednost indukovane ems u njoj bila maksimalna? Odrediti tu maksimalnu efektivnu ems, ako je površina konture S.



Slika 334.1.

(g) Izračunati površinsku gustinu srednje snage Džulovih gubitaka u provodnoj ravni, ako je ona načinjena od dobrog provodnika, parametara μ i σ.

~~(h)~~ Pokazati da se određene ravni u vakuumu mogu metalizovati, a da se pri tome ne promeni struktura elektromagnetskog polja. Da li se na taj način može formirati talasovod pravougaonog preseka? Ako može, odrediti brzinu prostiranja i talasnu dužinu elektromagnetskog talasa duž talasovoda. (*Z831003,Z911102,Z960331,Z970420*)