MİKRODALGA TEORİSİ ÖRNEK VİZE SORULARI

1. Grup Sorularda Verilen Formüller:

Ortamın karakteristik empedansı:

Serbest uzayda: $\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \approx \sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}} \times 377\ \Omega$ Paralel iletim hatlarında: $Z_0 = \sqrt{L/C}$

Serbest uzayda ve paralel iletim hatlarında faz hızı $v_p = c/\sqrt{\varepsilon_r \mu_r} = 1/\sqrt{LC}$

$\lambda = v_p/f$ $c = 1/\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} = 3 \times 10^8$ m/s

1.1) Kayıpsız bir koaksiyel kablonun birim uzunluk için kapasitansı $C = 67$ pF/m, karakteristik empedansı $Z_0 = 75\ \Omega$ olduğuna göre bu kablo için,

a) Birim uzunluk için endüktansı L nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

b) Faz hızı v_p nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

c) $f = 800$ MHz frekansında bir dalganın dalga boyu λ nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

Çözüm: **a)** $Z_0 = \sqrt{L/C} \rightarrow L = Z_0^2 C = 75^2 \times 67 \times 10^{-12}$ H/m $= 3{,}77 \times 10^{-7}$ H/m $= L = 377$ nH/m

b) $v_p = 1/\sqrt{LC} = \frac{1}{\sqrt{67 \times 10^{-12} \times 377 \times 10^{-9}}}$ m/s $= v_p = 1{,}99 \times 10^8$ m/s

c) $\lambda = v_p/f = \frac{1{,}99 \times 10^8}{800 \times 10^6}$ m $= 0{,}249$ m $= \lambda = 24{,}9$ cm

1.2) Kayıpsız bir koaksiyel kablonun iç ve dış iletkenleri arasındaki malzemenin bağıl dielektrik katsayısı $\varepsilon_r = 1{,}33$, bağıl manyetik geçirgenliği $\mu_r = 1{,}21$ ve birim uzunluk için endüktansı $L = 145$ nH/m olduğuna göre bu kabloda,

a) Faz hızı v_p nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

b) Birim uzunluk için kapasitans (C) nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

c) Karakteristik empedans Z_0 nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

d) $f = 2{,}4$ GHz frekansında bir dalganın dalga boyu λ nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

Çözüm: **a)** $v_p = \frac{c}{\sqrt{\mu_r \varepsilon_r}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{1{,}33 \times 1{,}21}}$ m/s $= v_p = 2{,}36 \times 10^8$ m/s

b) $v_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow C = \frac{1}{v_p^2 L} = \frac{1}{(2{,}36 \times 10^8)^2 \times 145 \times 10^{-9}}$ F $= 123{,}3$ pF

c) $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{145 \times 10^{-9}}{123{,}3 \times 10^{-12}}}\ \Omega = 34{,}3\ \Omega$

d) $\lambda = v_p/f = \frac{2{,}36 \times 10^8}{2{,}4 \times 10^9}$ m $= 0{,}0985$ m $= \lambda = 9{,}85$ cm

1.3) Kayıpsız bir koaksiyel kablonun birim uzunluk için kapasitansı $C = 100$ pF/m, endüktansı $L = 250$ nH/m, ve iç ve dış iletkenleri arasındaki malzemenin bağıl dielektrik katsayısı $\varepsilon_r = 1{,}33$ olduğuna göre bu kablo için,

a) Karakteristik empedans Z_0 nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

b) Faz hızı v_p nedir? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

c) Bağıl manyetik geçirgenliği μ_r nedir? **(5 puan)**

d) Hangi frekansta dalga boyu $\lambda = 16$ cm olur? Birimiyle yazınız. **(5 puan)**

Çözüm: **a)** $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{250\times10^{-9}}{100\times10^{-12}}}\ \Omega = 50{,}0\ \Omega$

b) $v_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{250\times10^{-9}\times100\times10^{-12}}}$ m/s $= 2{,}00 \times 10^8$m/s

c) $v_p = \frac{c}{\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}} \rightarrow \mu_r = \frac{c^2}{v_p^2\varepsilon_r} = \frac{(3\times10^8)^2}{(2\times10^8)^2\times1{,}33} = 1{,}69$

d) $\lambda = \frac{v_p}{f} \rightarrow f = \frac{v_p}{\lambda} = \frac{2\times10^8\text{m/s}}{0{,}16\text{m}} = 1{,}25$ GHz

2.1) Boş ve serbest uzayda ($\eta = \eta_0 = 377\Omega$) bir çanak anten üzerine düşen düzlemsel elektromanyetik dalga hüzmesinin ilerleme yönüne dik düzlemdeki alanı 0,8m^2'dir. Bu dalganın elektrik alan bileşeninin genlik değeri 3,2 mV/m ise çanak anten üzerine düşen gücün ortalama değeri nedir?

Yardımcı formüller: $\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$ (anlık veya genlik) ya da $\vec{P}_{ort} = \frac{1}{2}\mathcal{R}e\{\vec{E} \times \vec{H}^*\}$ (ortalama)

$+\hat{z}$ yönünde ilerleyen düzlem dalga için: $\eta = \frac{E_x}{H_y} = \frac{E_y}{-H_x}$

Çözüm: İlerleme yönü, elektrik alan ve manyetik alan vektörlerinin üçü de birbirine dik olduğu için genlik cinsinden $H = E/\eta$ ve ortalama Poynting vektörü büyüklüğü (yüzeye göre ortalama akan güç yoğunluğu):

$$P_{ort} = \frac{E^2}{2\eta} = \frac{(3{,}2 \times 10^{-3})^2}{2 \times 377}\text{W/m}^2 = 1{,}36 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2$$

Çanak anten üzerine düşen ortalama güç ise $0{,}8\text{m}^2 \times 1{,}36 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2 = 1{,}09 \times 10^{-8}\text{W} = 10{,}9$ nW bulunur.

Dikkat: Buradaki "*P*" harfi gücü değil, özel isme atfedilmiş "Poynting vektörünü" sembolize etmektedir, birimi de güç biriminden farklıdır.

2.2) Serbest ve boş uzayda bir çanak anten üzerine düşen düzlemsel elektromanyetik dalga hüzmesinin ilerleme yönüne dik düzlemdeki alanı 2,6m^2'dir. Bu dalganın manyetik alan bileşeninin genlik değeri 48 μA/m ise çanak anten üzerine düşen gücün ortalama değeri nedir?

Yardımcı formüller: $\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$ (anlık veya genlik) ya da $\vec{P}_{ort} = \frac{1}{2}\mathcal{R}e\{\vec{E} \times \vec{H}^*\}$ (ortalama)

Serbest uzayda: $\eta = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ Boş uzayda: $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m , $\varepsilon = \varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}$ F/m

$+\hat{z}$ yönünde ilerleyen düzlem dalga için: $\eta = \frac{E_x}{H_y} = \frac{E_y}{-H_x}$

Çözüm: $\eta = \sqrt{(4\pi \times 10^{-7})/(8{,}85 \times 10^{-12})}\ \Omega = 377\ \Omega$

Düzlem dalgalarda ilerleme yönü, elektrik alan ve manyetik alan vektörlerinin üçü de birbirine dik olduğu için genlik cinsinden $E = \eta H$ ve ortalama Poynting vektörü büyüklüğü (yüzeye göre ortalama akan güç yoğunluğu):

$$P_{ort} = \frac{1}{2}\eta H^2 = \frac{1}{2} \times 377 \times (48 \times 10^{-6})^2\ \text{W/m}^2 = 4{,}34 \times 10^{-7}\ \text{W/m}^2$$

Çanak anten üzerine düşen ortalama güç ise $2{,}6\text{m}^2 \times 4{,}34 \times 10^{-7}\ \text{W/m}^2 = 1{,}13 \times 10^{-6}\text{W} = 1{,}13$ μW bulunur.

2.3) Serbest ve boş uzayda ilerleyen bir düzlem dalganın manyetik alan vektörü:

$$\vec{H} = [(25\,\mu\text{A/m})\hat{x} + (36\,\mu\text{A/m})\hat{y}]e^{-jk_z z}e^{j\omega t}$$

ile verildiğine göre elektrik alan vektörü ile, anlık ve ortalama Poynting vektörlerini ayrı ayrı bulunuz.

Yardımcı formüller: 2.2 sorusunda verilenler.

Çözüm: $\eta = \sqrt{(4\pi \times 10^{-7})/(8{,}85 \times 10^{-12})}\ \Omega = 377\ \Omega$

$E_x = \eta H_y$ ve $E_y = -\eta H_x$ olduğu için

$$\vec{E} = 377\Omega[(36\,\mu\text{A/m})\hat{x} - (25\,\mu\text{A/m})\hat{y}]e^{-jk_z z}e^{j\omega t}$$

$$\vec{E} = [(13{,}6\,\text{mV/m})\hat{x} - (9{,}4\,\text{mV/m})\hat{y}]e^{-jk_z z}e^{j\omega t}$$

$\hat{x} \times \hat{x} = \hat{y} \times \hat{y} = 0$, $\hat{x} \times \hat{y} = \hat{z}$, $\hat{y} \times \hat{x} = -\hat{z}$ olduğundan anlık Poynting vektörü,

$$\vec{P} = [(13{,}6\,\text{mV/m})(36\,\mu\text{A/m}) + (9{,}4\,\text{mV/m})(25\,\mu\text{A/m})]\hat{z}\ e^{-j2k_z z}e^{j2\omega t}$$

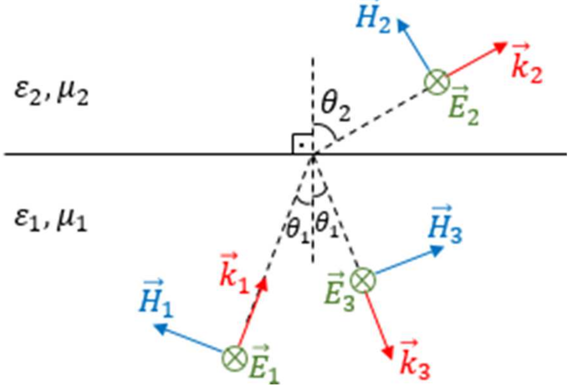
$$\vec{P} = (725\,\text{nW/m}^2)\hat{z}\ e^{-j2k_z z}e^{j2\omega t}$$

Ortalama Poynting vektörü ise

$$\vec{P}_{ort} = \frac{1}{2}[(13{,}6\,\text{mV/m})(36\,\mu\text{A/m})^* + (9{,}4\,\text{mV/m})(25\,\mu\text{A/m})^*]\hat{z}\ e^{-jk_z z}e^{j\omega t}e^{+jk_z z}e^{-j\omega t}$$

$$\vec{P}_{ort} = (362\,\text{nW/m}^2)\hat{z}$$

3.1) Şekildeki yatay çizginin altında $\varepsilon_1 = \varepsilon_0$, $\mu_1 = \mu_0$; üstünde $\varepsilon_2 = \frac{7}{3}\varepsilon_0$, $\mu_2 = 3\mu_0$ olduğuna göre yansıma olmaması için θ ne olmalıdır?



Yardımcı formüller: $\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}\sin\theta_1 = \sqrt{\mu_2\varepsilon_2}\sin\theta_2$

Elektrik alan sınıra teğet ise

$E_{30} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1/\mu_1}\cos\theta_1 - \sqrt{\varepsilon_2/\mu_2}\cos\theta_2}{\sqrt{\varepsilon_1/\mu_1}\cos\theta_1 + \sqrt{\varepsilon_2/\mu_2}\cos\theta_2}E_{10}$ (E_{10} ve E_{30} genlikler)

Çözüm: $\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}\sin\theta_1 = \sqrt{(3\mu_0)(7\varepsilon_0/3)}\sin\theta_2 \;\rightarrow\; \sin\theta_2 = \frac{1}{\sqrt{7}}\sin\theta_1$

Yansıma olmaması, $\vec{E}_3 = 0$ (ve dolayısıyla $\vec{H}_3 = 0$) demektir. Yani $E_{30} = 0$, bunun için de

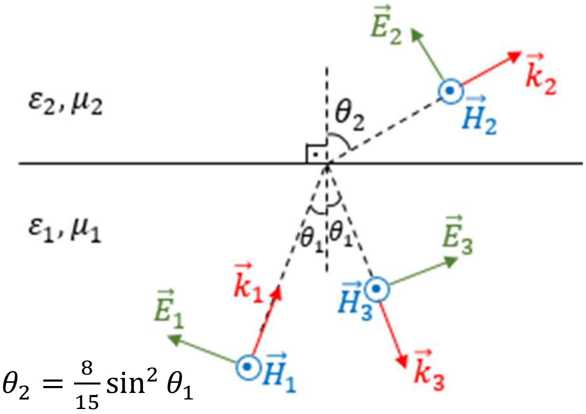
$$\sqrt{\varepsilon_1/\mu_1}\cos\theta_1 = \sqrt{\varepsilon_2/\mu_2}\cos\theta_2 \quad \rightarrow \quad \sqrt{\varepsilon_0/\mu_0}\cos\theta_1 = \sqrt{(7\varepsilon_0/3)/(3\mu_0)}\cos\theta_2$$

$\cos\theta_2 = \sqrt{\frac{9}{7}}\cos\theta_1$ Ayrıca $\sin^2\theta_2 = \frac{1}{7}\sin^2\theta_1 \;\rightarrow\; 1 - \cos^2\theta_2 = \frac{1}{7}(1 - \cos^2\theta_1)$. Birleştirirsek:

$$1 - \frac{9}{7}\cos^2\theta_1 = \frac{1}{7}(1 - \cos^2\theta_1) \quad \rightarrow \quad \frac{6}{7} = \frac{8}{7}\cos^2\theta_1$$

$$\cos^2\theta_1 = \frac{6}{8} \quad \rightarrow \quad \cos\theta_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \rightarrow \quad \theta_1 = 30°$$

3.2) Şekildeki yatay çizginin altında $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_0$, $\mu_1 = 1{,}2\mu_0$; üstünde $\varepsilon_2 = 3\varepsilon_0$, $\mu_2 = 1{,}5\mu_0$ olduğuna göre yansıma olmaması için θ ne olmalıdır?



Yardımcı formüller: $\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}\sin\theta_1 = \sqrt{\mu_2\varepsilon_2}\sin\theta_2$

Manyetik alan sınıra teğet ise:

$E_{30} = \frac{\sqrt{\mu_1\varepsilon_2}\cos\theta_1 - \sqrt{\mu_2\varepsilon_1}\cos\theta_2}{\sqrt{\mu_1\varepsilon_2}\cos\theta_1 + \sqrt{\mu_2\varepsilon_1}\cos\theta_2} E_{10}$ (E_{10} ve E_{30} genlikler)

Çözüm: $\sqrt{(1{,}2\mu_0)(2\varepsilon_0)}\sin\theta_1 = \sqrt{(1{,}5\mu_0)(3\varepsilon_0)}\sin\theta_2 \quad \rightarrow \quad \sin^2\theta_2 = \frac{8}{15}\sin^2\theta_1$

Yansıma olmaması, $\vec{E}_3 = 0$ (ve dolayısıyla $\vec{H}_3 = 0$) demektir. Yani $E_{30} = 0$, bunun için de

$$\sqrt{(1{,}2\mu_0)(3\varepsilon_0)}\cos\theta_1 = \sqrt{(1{,}5\mu_0)(2\varepsilon_0)}\cos\theta_2 \quad \rightarrow \quad \cos^2\theta_2 = \frac{6}{5}\cos^2\theta_1$$

Ayrıca $\sin^2\theta_2 = 1 - \cos^2\theta_2 = \frac{8}{15}(1 - \cos^2\theta_1)$. Birleştirirsek:

$$1 - \frac{6}{5}\cos^2\theta_1 = \frac{8}{15}(1 - \cos^2\theta_1) \quad \rightarrow \quad \frac{7}{15} = \frac{10}{15}\cos^2\theta_1$$

$$\cos^2\theta_1 = \frac{7}{10} \quad \rightarrow \quad \cos\theta_1 = 0{,}837 \quad \rightarrow \quad \theta_1 = 33{,}2°$$

3.3) $\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}\sin\theta_1 = \sqrt{\mu_2\varepsilon_2}\sin\theta_2$ Snell yasasına göre $\sin\theta_2 > 1$ oluyorsa ne olur?

Cevap: Tam yansıma denilen durum görülür, yani dalga tamamen ilk ortama geri yansıtılır, kırılma olmaz. Buna göre geliş açısı (θ_1) sınır bir değerin altında tutularak dalga bir ortama hapsedilebilir.

4.1) Serbest uzaydan gelen 500 MHz'lik bir dalga, $\varepsilon = 5 \times 10^{-11}$ F/m , $\mu = 1{,}5 \times 10^{-6}$ H/m ve öz iletkenliği $\sigma = 2$ S/m olan bir dokuya nüfuz ediyor. Doku içinde dalganın

a) Elektrik ve manyetik alan genlikleri ne kadar mesafede yarıya düşer?

b) Yüzeysel güç yoğunluğu (Poynting vektörü büyüklüğü) ne kadar mesafede yarıya düşer?

Yardımcı formül: Serbest uzayda *r* yönünde ilerleyen bir dalga için $e^{-jkr} = e^{-\alpha r}e^{-j\beta r}$ diye düşünülürse,

$$\alpha = \sqrt{\frac{\mu\varepsilon\omega^2}{2}\left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\varepsilon\omega}\right)^2} - 1\right)}$$

Çözüm: Dalganın elektrik ve manyetik alan genlikleri için $e^{-\alpha r}$ sönüm terimidir ve çarpan olarak etkir. Poynting vektörü büyüklüğü ise bunun karesi, yani $e^{-2\alpha r}$ çarpanıyla sönümlenir.

$$\alpha = \sqrt{\frac{(1{,}5 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-11})(2\pi \times 500 \times 10^6)^2}{2}\left(\sqrt{1 + \left(\frac{2}{(5 \times 10^{-11})(2\pi \times 500 \times 10^6)}\right)^2} - 1\right)} \ \mathrm{m}^{-1}$$

$\alpha = 66\ \mathrm{m}^{-1}$ bulunur.

a) $e^{-\alpha r} = 0{,}5 \Rightarrow \alpha r = -\ln 0{,}5 \rightarrow r = \frac{\ln 2}{\alpha} = \frac{\ln 2}{66}$ m $= 1{,}05$ cm mesafede genlikler yarıya düşer.

b) $e^{-2\alpha r} = 0{,}5 \Rightarrow 2\alpha r = -\ln 0{,}5 \rightarrow r = \frac{\ln 2}{2\alpha} = \frac{\ln 2}{2\times 66}$ m $= 5{,}25$ mm mesafede yüzeysel güç yoğunluğu yarıya düşer.

4.2) Önceki sorudaki verilerle, doku içinde 1 mm ilerleyen dalganın

a) Alan genlikleri kaç katına düşer? **b)** Yüzeysel güç yoğunluğu kaç katına düşer?

Çözüm: α aynı şekilde bulunduktan sonra:

a) $e^{-\alpha r} = e^{-66\times 0{,}001} = 0{,}936$ katı, **b)** $e^{-2\alpha r} = e^{-2\times 66\times 0{,}001} = 0{,}876$ katı bulunur.

5) Yüksek frekanslarda Ohm kanununun, alçak frekanslardaki gibi uygulanamayacağına dair bir örnek olarak, hattın direnci olsa bile potansiyel farkı her an sıfır volt olan iki nokta arasında akım geçebildiği bir durum söyleyiniz **(5 puan)**. Yüksek frekanslarda Ohm kanunu nasıl uygulanır **(5 puan)**?

Cevap: Bir dalga boyu farkla iki nokta arasındaki potansiyel farkı daima sıfırdır. Halbuki bu hat ve dolayısıyla o noktalar üzerinden sürekli salınım yapan bir akım geçmektedir. Yüksek frekanslarda Ohm kanunu, kapasitans ve endüktansın akım-gerilim ilişkileriyle birlikte, hattın sonsuz küçük parçaları üzerine uygulanarak diferansiyel denklemler elde edilir. Bu analize dağınık devre analizi denir.

6) Kayıpsız iletim hattının karakteristik empedansı Z_0 da gerilim/akım, yükten kaynağa doğru herhangi bir mesafedeki giriş empedansı Z_{in} de gerilim/akım olduğuna göre aradaki anlam farkını belirtiniz. **(10 puan)**

Cevap: Karakteristik empedans $Z_0 =$ giden gerilimin giden akıma oranı = yansıyan gerilimin yansıyan akımın zıt işaretlisine oranıdır. Ortamın ve geometrinin özelliği olup kayıpsız hatlarda hattın uzunluğundan bağımsızdır. Halbuki giriş empedansı $Z_{in} =$ giden ve yansıyan gerilimlerin toplamının, giden ve yansıyan akımların toplamına oranıdır ve konuma göre değişir.

7. ve 8. Grup Sorularda Verilen Formüller:

$\Gamma_L = \frac{\bar{Z}_L - 1}{\bar{Z}_L + 1}$ $\quad \rho = |\Gamma_L|$ $\quad s = \frac{1+\rho}{1-\rho}$ $\quad \Gamma(l) = \frac{\bar{Z}_{in}(l) - 1}{\bar{Z}_{in}(l) + 1}$ $\quad \bar{Z}_{in}(l) = \frac{1+\Gamma(l)}{1-\Gamma(l)}$

$\bar{Z}_{in}(l) = \frac{\bar{Z}_L + j\tan\beta l}{1 + j\bar{Z}_L \tan\beta l}$, $\bar{Y}_{in}(l) = \frac{\bar{Y}_L + j\tan\beta l}{1 + j\bar{Y}_L \tan\beta l}$, $\beta = 2\pi/\lambda$, $\Gamma_L^I = -\Gamma_L = \frac{\bar{Y}_L - 1}{\bar{Y}_L + 1}$, $\Gamma_I(l) = -\Gamma(l) = \frac{\bar{Y}_{in}(l) - 1}{\bar{Y}_{in}(l) + 1}$

7.1) Karakteristik empedansı $Z_0 = 75\Omega$ olan kayıpsız bir iletim bir hattı, $Z_L = 105\Omega - j30\Omega$ empedansında bir yükle sonlandırılmıştır.

a) Gerilim yansıma katsayısı Γ 'nın genliği (ρ) nedir? **(5 puan)**

b) Duran dalga oranı s nedir? **(3 puan)**

c) Yükten kaynağa doğru 0,111 dalga boyu mesafede hattın giriş empedansı nedir? Hem normalize ($\bar{Z}_{in}$) hem ohm cinsinden (Z_{in}) bulunuz. **(10+2 puan)**

d) **(c)** şıkkındaki konumda giriş admitansı nedir? Hem normalize ($\bar{Y}_{in}$) hem siemens cinsinden (Y_{in}) bulunuz. **(3+2 puan)**

Çözüm: $\bar{Z}_L = (105 - j30)/75 = 1{,}4 - j0{,}4$

Smith çalışmaları sunum dosyasında 2. slayttaki gibi empedans abağında işaretlenir. Orijin merkezli yük çemberi çizilir. Yatayı kestiği yerden aşağı inilerek $\rho = 0{,}23$ ve $s = 1{,}6$ bulunur.

$l = 0$ konumu, dış göstergede $0{,}2994\lambda$ hizası bulunur. $l = 0{,}111\lambda$ konumu da dış göstergede

$0{,}2994\lambda + 0{,}111\lambda = 0{,}4104\lambda$ hizası bulunur. Bunun yük çemberini kestiği noktada, sorulan normalize giriş empedansı $\bar{Z}_{in} = 0{,}75 - j0{,}33$ ve bunun ohm cinsinden karşılığı $Z_{in} = \bar{Z}_{in} \cdot Z_0 = 75\Omega \cdot (0{,}75 - j0{,}33) = 57\Omega - j25\Omega$ bulunur. Bu noktanın 180° simetriğinden, sorulan normalize yük admitansı $\bar{Y}_{in} = 1{,}11 + j0{,}49$ ve bunun siemens cinsinden karşılığı $Y_{in} = \bar{Y}_{in} \cdot Y_0 = (1/75)(1{,}11 + j0{,}49)\ \mathrm{S} = (0{,}015 + j0{,}0066)\ \mathrm{S}$ bulunur.

Smith abağı kullanmadan aşağıdaki gibi hesapla da bulunabilir; fakat bu yöntemi derste anlatmadım ve sınavda kullanmanızı tavsiye etmem. Araştırmalara göre öğrenciler bu yolla abak kullanılan kadar iyi öğrenemiyorlarmış. Belki çizimlerinizde kabaca bulduğunuz değerlerden emin olmak için kullanmak istersiniz diye aşağıda gösteriyorum. Formüllerdeki 180° ve 720° değişmezler. l/λ ise l 'nin λ cinsinden katsayısı. Sonuçlardaki açılar, abak üzerinde hizalanan açılar.

$\Gamma_L = \frac{\bar{Z}_L - 1}{\bar{Z}_L + 1} = \frac{1{,}4 - j0{,}4 - 1}{1{,}4 - j0{,}4 + 1} = 0{,}2325\angle - 35{,}5° \rightarrow \rho = 0{,}2325 \rightarrow s = \frac{1 + 0{,}2325}{1 - 0{,}2325} = 1{,}606$

$\frac{180° - (-35{,}5°)}{720°}\lambda = 0{,}2994\lambda \rightarrow l = 0$ hizası (Burada gerekmiyor, Smith abağı doğrulamanız için yazıldı).

$$\Gamma(l) = \rho\angle\big((-35{,}5°) - 720° \times 0{,}111\big) = 0{,}2325\angle - 115{,}5°$$

$$\bar{Z}_{in}(l) = \frac{1 + \Gamma(l)}{1 - \Gamma(l)} = \frac{1 + (0{,}2325\angle - 115{,}5°)}{1 - (0{,}2325\angle - 115{,}5°)} = 0{,}7544 - j0{,}3348$$

$$Z_{in} = Z_0\bar{Z}_{in} = 75\Omega \cdot (0{,}7544\ - j\ 0{,}3348) = 56{,}58\Omega - j25{,}11\Omega$$

$$\bar{Y}_{in} = \frac{1}{\bar{Z}_{in}(l)} = \frac{1}{0{,}7544 - j0{,}3348} = 1{,}1074 + j0{,}4915$$

$$Y_{in} = Y_0\bar{Y}_{in} = (1/75)(1{,}1074 + j0{,}4915)\ \mathrm{S} = (0{,}01477 + j0{,}00655)\ \mathrm{S}$$

7.2) Önceki sorunun benzerini şu değerler için çözünüz: $Z_0 = 50\Omega$, $Z_L = 15\Omega + j40\Omega$. Faz hızı $v_p = 2{,}4 \times 10^8$ m/s ve frekans $f = 1{,}2$ GHz, yükten kaynağa doğru 17 cm mesafesindeki empedans ve admitanslar soruluyor. (Önceki sorudan 5 puan fazla değerde)

Cevap: Önceki sorudan farklı olarak şunları da hesaplıyoruz: $\lambda = v_p/f = \frac{2{,}4 \times 10^8}{1{,}2 \times 10^9}$ m $= 0{,}20$ m $= \lambda = 20$ cm

Yani sorudaki 17 cm mesafesi $(17/20)\lambda = 0{,}85\lambda \equiv 0{,}35\lambda$ (Çünkü $0{,}5\lambda$ ile periyodik).

$\bar{Z}_L = 0{,}3 + j0{,}8 \qquad \rho = 0{,}70 \qquad s = 5{,}6$

$l = 0$ konumu, dış göstergede $0{,}1117\lambda$ hizası. Sorulan mesafe ise dış göstergede $0{,}9617\lambda \equiv 0{,}4617\lambda$ hizası

$\bar{Z}_{in} = 0{,}189 - j0{,}237 \qquad Z_{in} = 9{,}47\Omega - j11{,}9\Omega \qquad \bar{Y}_{in} = 2{,}1 - j2{,}6 \qquad Y_{in} = (0{,}041 - j0{,}051)\ \mathrm{S}$

7.3) 7.1 sorusunun benzerini admitans cinsinden aşağıdaki veriler için çözünüz:

$Y_0 = 0{,}010$ S , $Y_L = (0{,}0015 + j0{,}004)$ S , yükten kaynağa doğru $0{,}182\lambda$ mesafede.

Çözüm: $\bar{Y}_L = (0{,}0015 + j0{,}004)/0{,}010 = 0{,}15 + j0{,}4$

Smith çalışmaları sunum dosyasında 4. slayttaki gibi empedans abağında işaretlenir. Orijin merkezli yük çemberi çizilir. Yatayı kestiği yerden aşağı inilerek $\rho = 0{,}77$ ve $s = 7{,}8$ bulunur.

$l = 0$ konumu, dış göstergede $0{,}0616\lambda$ hizası. Sorulan mesafe ise bunun $0{,}182\lambda$ ötesi, dış göstergede $0{,}2436\lambda$ hizası olmaktadır.

$\bar{Y}_{in} = 7{,}1 + j2{,}2 \qquad Y_{in} = (0{,}072 + j0{,}022)\ \mathrm{S}$

$\bar{Z}_{in} = 0{,}13 - j0{,}04$ $\qquad\qquad$ $Z_{in} = (13 - j4)\ \Omega$

Smith abağı kullanılmayan yöntemde 7.1'dekinden farklı olarak, empedanslar yerine admitanslar ve gerilim yansıma katsayısı yerine akım yansıma katsayısı (Γ_L^I veya $\Gamma_I(l)$) gelir ki o da gerilim yansıma katsayısının negatifidir (genlikleri de aynı ρ 'dur).

$\Gamma_L^I = \frac{\bar{Y}_L - 1}{\bar{Y}_L + 1} = \frac{0{,}15 + j0{,}4 - 1}{0{,}15 + j0{,}4 + 1} = 0{,}7715\angle 135{,}6° \ \rightarrow \rho = 0{,}7715 \rightarrow s = \frac{1 + 0{,}7715}{1 - 0{,}7715} = 7{,}754$

$\frac{180° - 135{,}6°}{720°}\lambda = 0{,}0616\lambda \rightarrow l = 0$ hizası (Burada gerekmiyor, Smith abağı doğrulamanız için yazıldı).

$$\Gamma_I(l) = \rho\angle(135{,}6° - 720° \times 0{,}182) = 0{,}7715\angle 4{,}6°$$

$$\bar{Y}_{in}(l) = \frac{1 + \Gamma_I(l)}{1 - \Gamma_I(l)} = \frac{1 + (0{,}7715\angle 4{,}6°)}{1 - (0{,}7715\angle 4{,}6°)} = 7{,}086 + j2{,}157$$

$$Y_{in} = Y_0 \cdot \bar{Y}_{in} = 0{,}01\mathrm{S} \cdot (7{,}086 + j2{,}157) = 0{,}07086 + j0{,}02157$$

$$\bar{Z}_{in} = \frac{1}{\bar{Y}_{in}(l)} = \frac{1}{7{,}086 + j2{,}157} = 0{,}1292 - j0{,}0393$$

$$Z_{in} = Z_0 \cdot \bar{Z}_{in} = (1/0{,}01)(0{,}1292 - j0{,}0393)\ \Omega = (12{,}92 - j3{,}93)\ \Omega$$

8.1) Karakteristik empedansı $Z_0 = 50\Omega$ olan bir koaksiyel kablo ile, dalga boyu $\lambda = 20$ cm olan bir frekansta, $j12\ \Omega$'luk bir reaktans nasıl elde edilir? Herhangi bir çözüm yeterlidir. **(5 puan)**

Çözüm: $j\bar{X} = j12/50 = j0{,}24$ Smith çalışmaları sunum dosyasında 5. slayttaki gibi,

ya sonu açık devre edilerek $0{,}0375\lambda - 0{,}25\lambda = -0{,}2125\lambda \equiv 0{,}2875\lambda \ \rightarrow 5{,}75$ cm

ya da sonu kısa devre edilerek $0{,}0375\lambda - 0{,}00\lambda = 0{,}0375\lambda \ \rightarrow 0{,}75$ cm (bu aşırı kısa ise 10,75cm de olur)

Smith abağı kullanılmayan yöntemde, **reaktans** için

sonu a.d. ise $\quad \frac{\tan^{-1}(-1/0{,}24)}{360°}\lambda = -0{,}2125\lambda \equiv 0{,}2875\lambda \rightarrow 5{,}75$ cm

sonu k.d. ise $\quad \frac{\tan^{-1}(0{,}24)}{360°}\lambda = 0{,}0375\lambda \ \rightarrow 0{,}75$ cm

8.2) Karakteristik empedansı $Z_0 = 75\Omega$ olan bir koaksiyel kablo ile, dalga boyu $\lambda = 30$ cm olan bir frekansta, $-j90\ \Omega$'luk bir reaktans nasıl elde edilir? Herhangi bir çözüm yeterlidir. **(5 puan)**

Cevap: 8.1 sorusundakinin benzeri şekilde,

ya sonu açık devre edilerek $0{,}1106\lambda \ \rightarrow 3{,}32$ cm

ya da sonu kısa devre edilerek $0{,}3606\lambda \ \rightarrow 10{,}82$ cm

8.3) Karakteristik admitansı $Y_0 = 0{,}02$ S olan bir koaksiyel kablo ile, dalga boyu $\lambda = 22$ cm olan bir frekansta, $j0{,}014$ S'lik bir süseptans nasıl elde edilir? Herhangi bir çözüm yeterlidir. **(5 puan)**

Çözüm: $j\bar{B} = j0{,}014/0{,}02 = j0{,}70$ Smith çalışmaları sunum dosyasında 5. slayttaki gibi,

ya sonu açık devre edilerek $0{,}0972\lambda - 0{,}00\lambda = 0{,}0972\lambda \ \rightarrow 2{,}14$ cm

ya da sonu kısa devre edilerek $0{,}0972\lambda - 0{,}25\lambda = -0{,}1528\lambda \equiv 0{,}3472\lambda \ \rightarrow 7{,}64$ cm

Smith abağı kullanılmayan yöntemde, **süseptans** için sonu a.d. ise $\frac{\tan^{-1}(0{,}70)}{360°}\lambda = 0{,}0972\lambda \rightarrow 2{,}14$ cm

sonu k.d. ise $\frac{\tan^{-1}(-1/0{,}70)}{360°}\lambda = -0{,}1528\lambda \equiv 0{,}3472\lambda \rightarrow 7{,}64$ cm

8.4) Karakteristik admitansı $Y_0 = 0{,}01$ S olan bir koaksiyel kablo ile, dalga boyu $\lambda = 18$ cm olan bir frekansta, $-j0{,}016$ S'lik bir süseptans nasıl elde edilir? Herhangi bir çözüm yeterlidir. **(5 puan)**

Cevap: 8.3 sorusundakinin benzeri şekilde,

ya sonu açık devre edilerek $0{,}3389\lambda \rightarrow 6{,}10$ cm

ya da sonu kısa devre edilerek $0{,}0889\lambda \rightarrow 1{,}60$ cm