

İLETİM HATTI SORULARI

İLETİM HATLARININ KARAKTERİSTİKLERİ

Uniform iletim hattı boyunca dağılmış dört temel büyüklük tanımlanabilir. Bu **dağılmış hat parametreleri**; seri direnç R' (ohm/m), paralel kondüktans G' (mho/m), seri indüktans L' (H/m) ve paralel kapasitans C' (F/m) dir. Bu parametreler yardımıyla, bir iletim hattının **karakteristik empedansı** ve **yayıma sabiti**,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')}$$

şeklinde tanımlanır. Burada α **zayıflama sabiti** ve β **faz sabitidir**. Mikrodalga frekanslarında $R' \ll \omega L'$ ve $G' \ll \omega C'$ olduğundan, bu eşitlikler

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = j\omega\sqrt{L'C'} + \frac{1}{2} \left[R' \sqrt{\frac{C'}{L'}} + G' \sqrt{\frac{L'}{C'}} \right]$$

şeklinde yazılabilir. Benzer şekilde, iletim hattı üzerinde **faz hızı**,

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}} = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

ile verilir.

Eğer karakteristik empedansı Z_0 olan bir iletim hattı Z_L yük empedansı ile sonlandırılırsa, **yük yansımaya katsayısı**,

$$\Gamma_L = |\Gamma_L| \cdot e^{j\theta} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

eşitliği ile tanımlanır. **Yükten d-uzaklıktaki bir yerde yansımaya katsayısı** ise,

$$\Gamma_d = \Gamma_L e^{-2\alpha d} \cdot e^{-j2\beta d} = |\Gamma_L| \cdot e^{-2\alpha d} \cdot e^{j(\theta-2\beta d)}$$

ile verilir.

Diğer taraftan, **Duran dalga oranı (DDO-SWR)** duran dalga maksimumunun minimumuna oranı olarak tanımlanır ve

$$s = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

şeklinde verilebilir. Ayrıca maksimum ve minimum voltaj noktalarında empedans saf rezistif olacaktır,

$$R_{\max} = \frac{V_{\max}}{I_{\min}} = Z_0 \cdot s \quad \text{ve} \quad R_{\min} = \frac{V_{\min}}{I_{\max}} = \frac{Z_0}{s}$$

yazılabilir.

Yük empedansından d-uzaklıktaki bir noktadan görünen **hat empedansı**,

$$Z(d) = Z_0 \frac{Z_L + Z_0 \tanh \gamma d}{Z_0 + Z_L \tanh \gamma d}$$

dir. Eğer iletim hattı **kayıpsız ise ($\alpha=0$)**,

$$Z(d) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_L \tan \beta d}$$

yazılabilir. Bir iletim hattı bilinmeyen bir yük empedansı ile sonlandırılmış ise, bu **yük empedansı**,

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L} = Z_0 \frac{1 + |\Gamma_L| \cdot e^{j\theta}}{1 - |\Gamma_L| \cdot e^{j\theta}}$$

ile hesaplanır. Burada, $\theta = 2\beta d_{\min} - \pi$ dir.

Sonu kısa devre iletim hattının giriş empedansı,

$$Z_{KD} = jZ_0 \tan \beta d$$

ve **sonu açık devre iletim hattının giriş empedansı**,

$$Z_{AD} = -jZ_0 \cot \beta d$$

ile verilir.

PROBLEM 1: TV anteninde EMD'ları TV alıcısına taşıyan transmisyon hattı kayıpsız kabul edilebilir. Transmisyon hattının TV alıcısına bağlı ucundaki giriş empedansı $Z(d)$ 'nin hattın boyundan bağımsız olması için transmisyon hattı TV antenine bağlı iken, anten empedansı (Z_L) ne olmalıdır? Matematiksel olarak ispatlayınız.

ÇÖZÜM 1: Z_L anten empedansı, $Z(d)$ giriş empedansı, ve Z_0 hattın karakteristik empedansı olmak üzere, $Z_L = Z_0$ kabul edilirse,

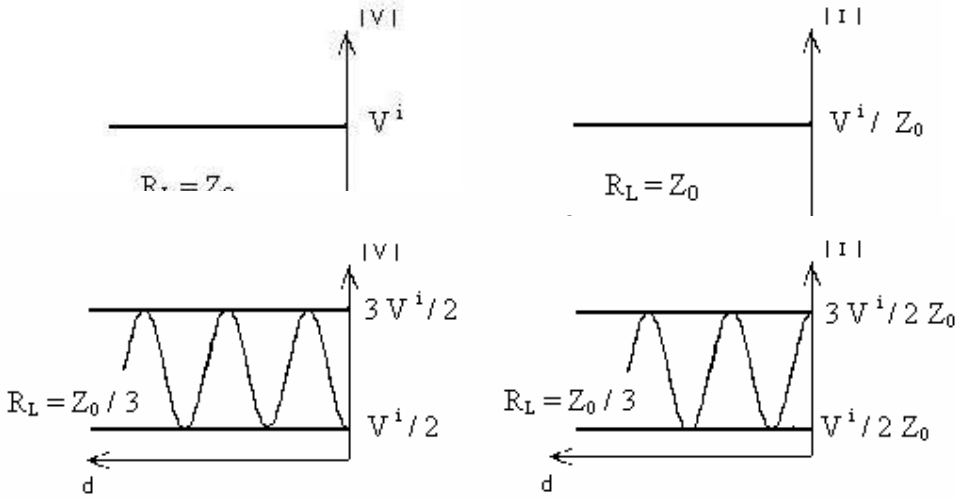
$$Z(d) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_L \tan \beta d} = Z_0 \frac{Z_0(1 + j \tan \beta d)}{Z_0(1 + j \tan \beta d)} = Z_0$$

bulunur. **Bu durumda giriş empedansı hat boyundan bağımsızdır.**

PROBLEM 2: a) $R_L = Z_0$, b) $R_L = Z_0/3$ olan kayıpsız transmisyon hattı üzerindeki akım ve voltaj duran dalga grafiklerini çiziniz.

ÇÖZÜM 2:

$$s = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{|V^+| + |V^-|}{|V^+| - |V^-|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad \text{ve} \quad \Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$



PROBLEM 3: 3 GHz'de çalışan 50 ohm'luk bir transmisyon hattı $(120 + j85)$ ohm'luk yük empedansı ile sonlandırılmıştır. Voltaj duran dalga oranını, Z_{\max} ve Z_{\min} değerleri ile ilk minimum ve maksimum voltaj noktalarının yüke uzaklığını hesaplayınız. ($v=c=3 \cdot 10^8$ m/s)

ÇÖZÜM 3: Çalışma frekansında dalga boyu;

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^9} = 10 \text{ cm}$$

dir. Yansımaya katsayısı ise;

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{70 + j85}{170 + j85} = 0.58 \angle 24^\circ$$

olduğundan duran dalga oranı, Z_{\max} ve Z_{\min} empedansları,

$$s = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1.58}{0.42} = 3.76$$

$$Z_{\max} = Z_0 \cdot s = 188 \Omega$$

$$Z_{\min} = \frac{Z_0}{s} = 13.3 \Omega$$

bulunur. Yansıma katsayısının fazı, $\theta = -\pi + 2\beta d_{\min} = 24^\circ$ olduğundan,

$$d_{\min} = \frac{\theta + \pi}{2\beta} = \frac{24 + 180}{2 \cdot \frac{2\pi}{\lambda}} = 2.83 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = d_{\min} + \frac{\lambda}{4} = 2.83 + 2.5 = 0.33 \text{ cm}$$

bulunur.

PROBLEM 4: Karakteristik empedansı 50Ω olan bir transmisyon hattı değeri bilinmeyen bir Z_L empedansı ile sonlandırılmış olup, duran dalga ölçmeleri $s=3$ olduğunu göstermiştir. Ardışık iki minimum voltaj noktası arasındaki mesafe 20 cm ve yük ile minimum voltaj noktası arasındaki mesafe 15 cm olduğuna göre;

- Z_L yük empedansını bulunuz.
- Yük ile hat arasındaki uyumsuzluğu kaldırmak için gerekli çeyrek dalga empedans transformatörünün karakteristik empedansını (Z_{01}) ve yüke en yakın yerleşim noktasını belirleyiniz. (Şekil üzerinde gösteriniz).

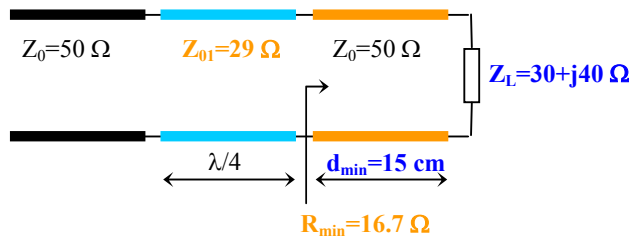
ÇÖZÜM 4: $Z_0 = 50 \Omega$, $s=3$, $\lambda/2 = 20 \text{ cm}$, $d_{\min} = 15 \text{ cm}$ olarak verildiğine göre,

$$a) \quad \theta = -\pi + 2\beta d_{\min} = -\pi + 2 \frac{2\pi}{40} \cdot 15 = \frac{\pi}{2} \quad |\Gamma| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{1}{2} \text{ eşitliklerinden,}$$

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + |\Gamma|e^{j\theta}}{1 - |\Gamma|e^{j\theta}} \quad Z_L = 50 \frac{1 + j0.5}{1 - j0.5} = (30 + j40)\Omega = 50 \angle 53.13^\circ \Omega$$

$$b) \quad R_{\min} = \frac{Z_0}{s} = \frac{50}{3} = 16.7 \Omega \text{ ve } Z_{01} = \sqrt{R_{\min} \cdot Z_0} \cong 29 \Omega$$

bulunur.



PROBLEM 5: Yük empedansının ilk minimum voltaj noktasına olan uzaklığı d_{\min} , duran dalga oranı S olmak üzere yük empedansının,

$$Z_L = Z_0 \frac{1 - js \tan \beta d_{\min}}{s - j \tan \beta d_{\min}}$$

olduğunu gösteriniz.

Not: $\cos(a - b) = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b$, $\sin(a - b) = \sin a \cdot \cos b - \cos a \cdot \sin b$

ÇÖZÜM 5:

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + \frac{s-1}{s+1} e^{j\theta}}{1 - \frac{s-1}{s+1} e^{j\theta}}$$

$$\theta = -\pi + 2\beta d_{\min}$$

$$Z_L = Z_0 \frac{(s+1)e^{-j\theta/2} + (s-1)e^{j\theta/2}}{(s+1)e^{-j\theta/2} - (s-1)e^{j\theta/2}} = Z_0 \frac{s \cdot \cos \frac{\theta}{2} - j \sin \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2} - js \cdot \sin \frac{\theta}{2}}$$

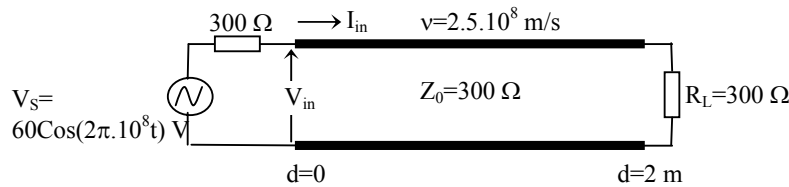
Burada $\theta = -\pi + 2\beta d_{\min}$ yazılıp, NOT'da verilen trigonometrik bağıntılar kullanılırsa,

$$Z_L = Z_0 \frac{1 - js \tan \beta d_{\min}}{s - j \tan \beta d_{\min}}$$

elde edilir.

PROBLEM 6: Şekilde verilen 300Ω 'luk transmisyon hattı, iç direnci 300Ω olan 100 MHz'de 60 Volt'luk bir kaynak ile beslenmektedir. Hat sonu, giriş empedansı 300Ω olan bir anten yoluyla TV veya FM alıcısına bağlıdır.

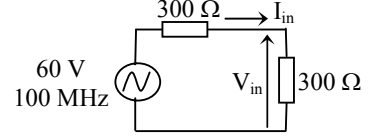
- Hat girişindeki ($z=0$ 'da) V_{in} giriş voltajını ve I_{in} giriş akımını hesaplayınız.
- Yük voltajını (V_L) ve yük akımını (I_L) hesaplayınız
- Kaynaktan hat girişine verilen ortalama gücü hesaplayınız.
- Giriş direnci 300Ω olan ikinci bir alıcı, birinci alıcı ile paralel bağlanacak olursa kaynaktan hat girişine verilecek gücü hesaplayınız.
- Her bir alıcıya verilen gücü ve voltajı hesaplayınız.



ÇÖZÜM 6 :

a) $V_{in} = 30 \cos 2\pi \cdot 10^8 t$ Volt

$$I_{in} = \frac{V_{in}}{Z(d)} = \frac{30 \cos 2\pi \cdot 10^8 t}{300} = 0.1 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^8 t)$$



b) Yansıma ve zayıflama olmadığından yükteki voltaj da 30 V'dur. Ancak,

$$\lambda = \frac{2.5 \times 10^8}{10^8} = 2.5 m$$

$$\beta d = \frac{2\pi}{\lambda} d = \frac{4\pi}{\lambda} = 1.6\pi \text{ rad}$$

olduğundan yükteki voltaj ve akım,

$$V_L = 30 \cos(2\pi \cdot 10^8 t - 1.6\pi) \text{ Volt}$$

$$I_L = 0.1 \cos(2\pi \cdot 10^8 t - 1.6\pi) \text{ Amper}$$

olacaktır.

c) Ortalama güç ise,

$$P_{in} = P_L = \frac{1}{2} V_{in} \cdot I_{in} = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 0.1 = 1.5 \text{ Watt}$$

bulunur.

d) 300 Ω 'luk iki alıcı paralel bağlandığına göre yük empedansı 150 ohm olur. Yansıma katsayısı;

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{150 - 300}{150 + 300} = -\frac{1}{3}$$

ve duran dalga oranı,

$$s = \frac{1 + 1/3}{1 - 1/3} = 2$$

olur. Giriş empedansı ise,

$$Z_{in} = \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_L \tan \beta d} = 300 \frac{150 + j300 \tan 288^\circ}{300 + j150 \tan 288^\circ}$$
$$= (466 - j206)\Omega = 510 \angle -23.8^\circ \Omega$$

olarak bulunur. Bu durumda giriş akımı,

$$I_{s,in} = \frac{60}{300 + 466 - j206} = 0.0756 \angle 15^\circ \text{ A.}$$

ve kaynaktan iletim hattına verilen güç

$$P_{in} = \frac{1}{2} (0.0756)^2 \cdot (466) = 1.333 \text{ Watt}$$

olur.

e) Her bir alıcıya verilen güç ise bunun yarısı, yani 0,667 Watt'dır. Voltaj ise,

$$0.667 = \frac{1}{2} \frac{|V_{s,L}|^2}{300}$$

$$|V_{s,L}| = 20 \text{ Volt}$$

bulunur.

PROBLEM 7: Birim uzunluktaki indüktansı $1.35 \mu\text{H/m}$ ve kapasitesi 15 pF/m olan bir kayıpsız transmisyon hattının karakteristik empedansını ve bu hat üzerindeki yayılma hızını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 7:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \sqrt{\frac{1.35 \cdot 10^{-6}}{15 \cdot 10^{-12}}} = 300 \Omega$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{L'C'}} = \frac{1}{\sqrt{(1.35 \cdot 10^{-6})(15 \cdot 10^{-12})}} = 2.22 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

PROBLEM 8: 50 ohm 'luk yükü sonlandırılan bir kayıpsız transmisyon hattında gelen voltajın $1/3$ 'ü yükten yansırsa, Z_0 'ın iki mümkün değerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM 8: Bu durumda, yansıma katsayısının iki mümkün değeri,

$$\Gamma_L = \frac{1}{3} \text{ veya } -\frac{1}{3}$$

dir. Buna göre $1/3$ ve $-1/3$ 'lük yansıma katsayılarına karşılık mümkün karakteristik empedanslar,

$$Z_0 = Z_L \frac{1 - \Gamma_L}{1 + \Gamma_L} = 50 \frac{1 - 1/3}{1 + 1/3} = 25 \Omega$$

$$Z_0 = Z_L \frac{1 - \Gamma_L}{1 + \Gamma_L} = 50 \frac{1 + 1/3}{1 - 1/3} = 100 \Omega$$

olarak hesaplanır.

PROBLEM 9: İç iletken çapı 0.25 cm , dış iletken çapı 0.75 cm olan hava izolasyonlu koaksiyel hattın karakteristik empedansını hesaplayınız. Hat teflon doldurulursa ($\epsilon_r=2,1$) karakteristik empedansı ve 3 GHz 'de dalga boyunu hesaplayınız.

ÇÖZÜM 9: Hava izolasyonlu hat için,

$$Z_0 = 60 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) = 60 \sqrt{\frac{1}{1}} \ln\left(\frac{0.75}{0.25}\right) = 65.9 \Omega$$

Teflon doldurulmuş hat için,

$$Z_0 = 60 \sqrt{\frac{1}{2.1}} \ln\left(\frac{0.75}{0.25}\right) = 41.4 \cdot \ln 3 = 45.5 \Omega$$

elde edilir. Teflon doldurulmuş hattın dalgaboyu ise,

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^9 \sqrt{2,1}} = 6,9 \text{ cm}$$

olarak bulunur.

PROBLEM 10: 75 ohm'luk kayıpsız iletim hattı 30-j75 ohm'luk yükü sonlandırılmıştır. Hattın uzunluğu $d = 0,15\lambda$ ise, yük ve giriş yansımaya katsayısını ve duran dalga oranını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 10:

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{-45 - j75}{105 + j75} = 0,054 - j0,676 = 0,678 \angle -85,433^\circ$$

$$\Gamma_d = \Gamma_L e^{-2\gamma d} = \Gamma_L e^{-2\alpha d} \angle -2\beta d$$

Hat kayıpsız olduğundan $\alpha=0$ ve

$$\Gamma_d = |\Gamma_L| \angle \theta_L - 2\beta d$$

olur. Burada

$$2\beta d = 2 \frac{2\pi}{\lambda} 0,15\lambda = 0,6\pi = 108^\circ$$

$$\Gamma_d = 0,678 \angle -193,43^\circ = 0,678 \angle 166,57^\circ$$

olur. Böylece

$$s = \frac{1 + |\Gamma_L|}{1 - |\Gamma_L|} = \frac{1 + 0,678}{1 - 0,678} = 5,21$$

bulunur.

PROBLEM 11: 100 ohm'luk hava izolasyonlu koaksiyel hat 80 ohm'luk dirençle 5 nH'lik indüktörün paralel kombinasyonu ile sonlandırılmıştır. $\alpha=1,5$ dB/m ve $d=40$ cm ise, 2 GHz'de giriş yansımaya katsayısını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 11: $f = 2$ GHz de $X_L = \omega L = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} = 20\pi \ \Omega$ olduğundan

$$Z_L = \frac{R \cdot (j\omega L)}{R + j\omega L} = \frac{j1600\pi}{80 + j20\pi} = 30,52 + j38,86 = 49,4 \angle 51,85^\circ \ \Omega$$

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma_d = |\Gamma_L| e^{-2\alpha d} \angle \theta - 2\beta d$$

$$\Gamma_d = 0,509 \angle 14,2^\circ$$

bulunur.

PROBLEM 12: Az kayıplı iletim hatlarında $R\sqrt{C/L} \gg G\sqrt{L/C}$ olduğunu göz önüne alarak, iletim hattına kapasite veya indüktans eklenmesi durumunda kaybın artıp artmayacağını gösteriniz.

ÇÖZÜM 12: Az kayıplı iletim hatlarında zayıflama,

$$\alpha \cong \frac{1}{2} R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

olduğundan , kapasite eklenirse zayıflama artar, indüktans eklenirse azalır.

PROBLEM 13: Belirli bir karakteristik empedans için tasarlanmış kayıpsız şerit hat göz önüne alınır,

a) Dielektrik sabiti ϵ_r iki katına çıkarılınca, iletken plakaların sabit w genişliği için dielektrik kalınlığı nasıl değiştirilmelidir?

b) ϵ_r iki katına çıkarılınca, sabit h kalınlığı için w -genişliği nasıl değiştirilmelidir?

c) h kalınlığı iki katına çıkarılırsa, sabit ϵ_r değeri için w genişliği nasıl değiştirilmelidir.

d) a, b ve c şıklarında belirlenen değişikliklerden sonra yayılma hızı orijinal hattın yayılma hızı ile aynı olur mu? Açıklayınız.

ÇÖZÜM 13 : Kayıpsız şerit hatlar için,

$$C = \epsilon \frac{w}{h} \quad L = \mu \frac{h}{w} \quad G = \sigma \frac{w}{h}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{h}{w}, \quad v = \frac{w}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

dir.

a) Eğer $\epsilon \rightarrow 2\epsilon$ olursa , Z_0 'in aynı kalması için,

$$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{h}{w} \Rightarrow h \rightarrow \sqrt{2}h$$

olmalıdır.

b) $\epsilon \rightarrow 2\epsilon$ olursa , Z_0 'in değişmemesi için,

$$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{h}{w} \Rightarrow w = \frac{w}{\sqrt{2}}$$

olmalıdır.

c) $h \rightarrow 2h$ olursa, Z_0 ' in değişmemesi için,

$$w \rightarrow 2w$$

olmalıdır.

d) a ve b-şıkları için hız aynı kalmaz ve $1/\sqrt{2}$ kadar düşer. c-şıkları için aynı kalır. Çünkü v hızı geometriden bağımsızdır.

PROBLEM 14: 50Ω 'luk kayıpsız şerit iletim hattında yayılma hızı $2.4 \cdot 10^8$ m/s'dir. Çalışma frekansı 1 MHz olduğuna göre; β, L, C ve hat üzerindeki dalga boyunu bulunuz.

ÇÖZÜM 14:

$$\beta = \frac{w}{v} = \frac{2\pi \cdot 1 \cdot 10^8}{2.4 \cdot 10^8} = 2.62 \cdot 10^{-2} \text{ l/m}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{3 \cdot 10^8}{2.4 \cdot 10^8} \right)^2 = 1.5625$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{h}{w} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0 \epsilon_r}} \frac{h}{w} = \frac{377}{\sqrt{1.5625}} \frac{h}{w} = 50$$

$$\frac{h}{w} \cong \frac{1}{6}$$

$$C = \epsilon \frac{w}{h} = 82.89 \text{ pF}$$

$$L = \mu \frac{h}{w} = 209.4 \text{ nH}$$

PROBLEM 15: RG-58U tipi bir koaksiyel kablo 2×10^8 m/s lik propagasyon hızına 100 pF/m lik kapasitansa sahiptir. 40 m uzunluğundaki kablo 25 ohm'luk bir direnç ile sonlandırıldığına göre,

- Kablonun karakteristik empedansını
- 100 MHz'lik çalışma frekansına sahip giriş empedansını bulunuz.

ÇÖZÜM 15:

$$a) v = \frac{1}{\sqrt{L'C'}} \text{ olduğundan } L' = 0.25 \mu\text{H/m} \quad Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 50\Omega$$

$$b) \beta_d = \frac{w}{v} d = \frac{2\pi \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} 40 = 40\pi \text{ rad}$$

$$Z(d) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_L \tan \beta d} = 25\Omega$$

PROBLEM 16: 50 Ω'luk bir transmisyon hattında $v=200$ m/μs olup, hat bilinmeyen bir Z_L yüküyle sonlandırılmıştır. $f = 1$ GHz, $s=4$ ve Z_L 'den ilk minimum voltaj noktasına olan uzaklık 10 cm. olduğuna göre yük empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 16:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2 \cdot 10^8}{10^9} = 20 \text{ cm} \quad |\Gamma| = \frac{s-1}{s+1} = 0.6$$

$$\theta = -\pi + 2\beta d_{\min} = -\pi + 2 \frac{2\pi}{20} 10 = \pi$$

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + |\Gamma| e^{j\theta}}{1 - |\Gamma| e^{j\theta}},$$

$$Z_L = 50 \frac{1 + 0.6 e^{j\pi}}{1 - 0.6 e^{j\pi}} = 12.5 \Omega$$

PROBLEM 17: 300 ohm'luk bir iletim hattı üzerinde duran dalga oranı $s=5$ ve maksimum voltajın RMS değeri 150 Volt(rms) olduğuna göre, yüke iletilen maksimum gücü hesaplayınız.

ÇÖZÜM 17: Maksimum voltajın efektif değeri verildiğinden,

$$V_{\max} = \sqrt{2} \cdot V_{\max}(\text{rms}) = \sqrt{2} \cdot 150 = 212.132 \text{ Volt}$$

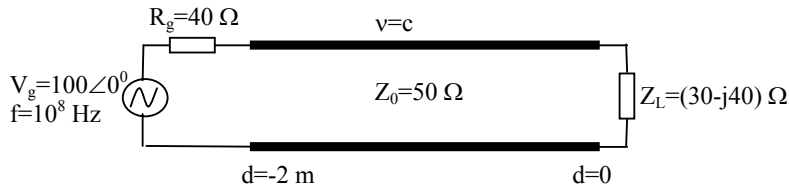
olur ve böylece yüke iletilen güç,

$$P_L = \frac{1}{2} \frac{V_{\max}^2}{Z_0 \cdot s} = \frac{1}{2} \frac{2 \cdot (150)^2}{300 \cdot 5} = 15 \text{ Watt}$$

olur.

PROBLEM 18: Şekilde verilen kayıpsız transmisyon hattı için;

- Duran dalga oranını
- $d = -2 \text{ m}$ 'deki giriş empedansını
- $d = -2 \text{ m}$ 'deki giriş voltajını
- R_g ve R_L elemanlarında harcanan ortalama gücü
- Transmisyon hattının kendisinin harcadığı ortalama gücü bulunuz.



ÇÖZÜM 18:

$$a) \quad \Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{30 - j40 - 50}{30 - j40 + 50} = -j0.5 = 0.5 \angle -90^\circ \Omega$$

$$s = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1.5}{0.5} = 3$$

$$b) \quad Z(d) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_L \tan \beta d} \quad \lambda = 3 \cdot 10^8 / 10^8 = 3 \text{ m}$$

$$Z(-2) = Z_0 \frac{(30 - j40) + j50 \tan(4\pi/3)}{50 + j(30 - j40) \tan(4\pi/3)}$$

$$= 17.72 + j11.79 = 21.28 \angle 33.64^\circ \Omega$$

$$c) \quad V_S = \frac{V_g}{R_g + Z(-2)} Z(-2) = \frac{100}{(40 + 17.72 + j11.79)} (17.72 + j11.79)$$

$$= 36.07 \angle 22.1^\circ \text{ Volt}$$

$$I_S = 1.7 \angle 11.58^\circ \text{ Amper}$$

$$d) \quad P_g = \frac{1}{2} I_S^2 R_g = 57.424 \text{ Watt}$$

$$P_S = \frac{1}{2} V_S I_S = \frac{1}{2} (36.07)(1.7) = 30.7 \text{ Watt}$$

e) İletim hattı kayıpsız olduğundan, hat üzerinde enerji harcanmaz.

PROBLEM 19: 50 Ω 'luk uyumlu bir iletim hattı üzerindeki gelen dalga voltajı $V^i = 212$ Volt olduğuna göre hat üzerindeki toplam voltajı ve iletilecek gücü bulunuz. Yük 500 Ω olduğunda aynı gücün tamamının alıcıya iletilmesi halinde hat üzerindeki toplam voltajın ve maksimum voltajın etkin (rms) değerini bulunuz.

ÇÖZÜM 19: Hat uyumlu olduğundan, hat üzerindeki toplam voltaj $V_T = V^i = 212$ Volt'tur.

Alıcıya iletilen güç,

$$P_L = \frac{1}{2} \frac{|V_i|^2}{Z_0} \frac{(1 + |\Gamma|)^2}{s}$$

ile verilir. Ancak, $s=1$ veya $\Gamma=0$ olduğundan,

$$P_L = \frac{1}{2} \frac{|V_i|^2}{Z_0} = \frac{1}{2} \frac{(212)^2}{50} = 449.44 \cong 450 \text{ Watt}$$

bulunur. Yük 500 Ω ise,

$$s = \frac{R_L}{Z_0} = \frac{500}{50} = 10 \quad |\Gamma| = \frac{s-1}{s+1} = 9/11$$

$$V_T = V^i (1 + |\Gamma|) = 212 \frac{20}{11} = 385.45 \text{ Volt}$$

bulunur. Bunun efektif değeri ise,

$$V_T = \frac{385.45}{\sqrt{2}} = 273 \text{ Volt (rms)}$$

dir. Aynı gücü ilettiğinden dolayı,

$$P_L = \frac{1}{2} \frac{V_{\max}^2}{Z_0} = \frac{1}{2} \frac{|V_i|^2}{Z_0}$$

$$V_{\max} = V_i \sqrt{s} = 212\sqrt{10} = 670.4 \text{ Volt}$$

elde edilir. Efektif değeri ise,

$$V_{\max} (rms) = \frac{670.4}{\sqrt{2}} = 474 \text{ Volt (rms)}$$

bulunur.

PROBLEM 20: 100 Ω 'luk bir transmisyon hattı, bilinmeyen bir yükte sonlandırılmıştır. DDO 2 olup, ilk minimum voltaj noktası yükten 6 cm. uzaktadır. Yük kısa devre edildiği zaman ilk minimum voltaj noktası yükten 10 cm. uzaklıkta olduğuna göre yük empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 20: Kısa devrede ilk minimum voltaj noktasının yüke uzaklığı 10 cm. olduğuna göre,

$$\frac{\lambda}{2} = 10 \text{ cm} \quad d_{\min} = 6 \text{ cm}$$

$$\theta = -\pi + 2\beta d_{\min} = 36^\circ$$

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + \frac{s-1}{s+1} e^{j\theta}}{1 - \frac{s-1}{s+1} e^{j\theta}} = 155 + j67.5 \Omega$$

bulunur.

PROBLEM 21: Yük empedansı 100 Ω ve çalışma frekansı 400 MHz olan aşağıdaki her bir transmisyon hattı için dalgaboyu ve yansıma katsayılarını hesaplayınız.

- Koaksiyel hat için : a = 0,5 mm b = 2,8 mm, $\epsilon_r = 3,1$ $\mu_r = 1$
- İki telli hat için : a = 0,5 mm d = 9 mm, $\epsilon_r = 5$ $\mu_r = 1$
- Düzlem hat için : d = 0,2 mm b = 5 mm, $\epsilon_r = 2,2$ $\mu_r = 1$

ÇÖZÜM 21: $Z_L = 100 \Omega$, $f = 400 \text{ MHz}$ olduğuna göre,

$$a) L' = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{b}{a} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \ln(2.8/0.5) = 3.45 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$C' = \frac{2\pi\epsilon}{\ln b/a} = \frac{2\pi \cdot 3.1 \cdot 10^{-9}}{\ln(2.8/0.5) \cdot 36\pi} = 10^{-10} \text{ F/m}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{f\sqrt{L'C'}} = 42.6 \text{ cm}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 58.7 \Omega$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0.26$$

$$b) C' = \frac{\pi \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln d/a} = 4.81 \cdot 10^{-11} \text{ F/m}$$

$$L' = \frac{\mu}{\pi} \ln \frac{d}{a} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{\pi} \cdot 2.89 = 1.156 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$\lambda = \frac{1}{f \sqrt{L'C'}} = 33.5 \text{ cm}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 155 \Omega$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = -0.216$$

$$c) C' = \epsilon \frac{b}{d} = 4.87 \cdot 10^{-10} \text{ F/m}$$

$$L' = \mu \frac{d}{b} = 5.03 \cdot 10^{-8} \text{ H/m}$$

$$\lambda = \frac{1}{f \sqrt{L'C'}} = 50.5 \text{ cm}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 10.16 \Omega$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0.816$$

PROBLEM 22: Çalışma voltajı 10 Volt, frekansı 1 GHz ve DDO s=4 olan 50 Ω'lık transmision hattının yük empedansı üzerinden minimum akım geçtiğine göre yük empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 22: Yük üzerinden geçen akım minimum olduğuna göre yük empedansı maksimum olup $Z_L > Z_0$ 'dır. Bundan dolayı,

$$s = \frac{Z_L}{Z_0}$$

$$Z_L = 4.50 = 200 \Omega$$

bulunur.

PROBLEM 23: 300 MHz'de kullanılan 50 Ω'lık bir iletim hattı maksimum akım noktasında sonlandırılmıştır. Hat üzerindeki iletim hızı $v=200 \text{ m}/\mu\text{s}$ ve duran dalga oranı $s=2.5$ olduğuna göre, sonlandırma empedansını hesaplayınız.

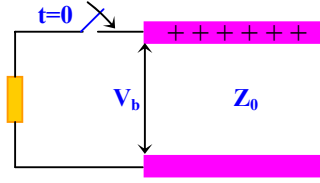
ÇÖZÜM 23: Yük üzerinden geçen akım maksimum olduğuna göre yük empedansı minimumdur ve $Z_L < Z_0$ 'dır. Bundan dolayı,

$$Z_L = \frac{Z_0}{s}$$

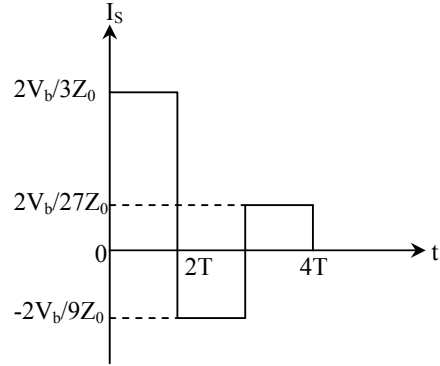
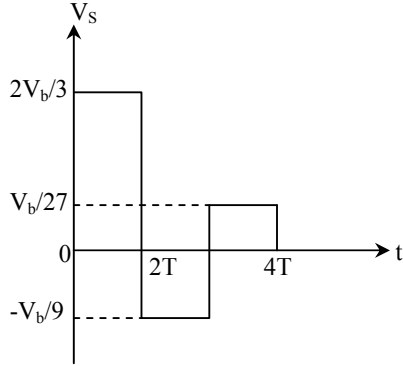
$$Z_L = \frac{50}{2.5} = 20 \Omega$$

bulunur.

PROBLEM 24: Şekilde verilen transmisyon hattı V_b voltajı ile yüklenmiş olup, $t=0$ anında R direnci devreye girmektedir. $R=Z_0/2$ için hattın deşarjını gösteren verici taraftaki voltaj ve akımın dalga formunu zaman ekseninde çiziniz.



ÇÖZÜM 24:



PROBLEM 25: 100Ω 'luk bir transmisyon hattının yük tarafında yansımaya katsayısının genliği $1/3$ ve ilk minimum voltaj noktasının yükten uzaklığı 0.3λ olduğuna göre yük empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 25:

$$\theta = -\pi + 2\beta d_{\min} = -\pi + 2 \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0.3\lambda = 36^\circ$$

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + |\Gamma| e^{j\theta}}{1 - |\Gamma| e^{j\theta}} = 100 \frac{3 + \cos 36 + j \sin 36}{3 - \cos 36 - j \sin 36} = 169 \angle 24.23^\circ \Omega$$

PROBLEM 26: 100Ω 'luk bir transmisyon hattının yük tarafında yansımaya katsayısının genliği $1/3$ ve ilk minimum voltaj noktasının yükten uzaklığı 26 cm dir. Yük açık devre

yapıldığında, ilk minimum voltaj noktasının yüke uzaklığı 5 cm olduğuna göre yük empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 26: Yük açık devreyken, ilk minimum voltaj noktası yükten çeyrek dalgaboyu uzaklıkta olacağından,

$$\lambda = 4 \cdot 5 = 20 \text{ cm}$$

ve böylece

$$\theta = -\pi + 2\beta d_{\min} = -\pi + 2 \frac{2\pi}{20} \cdot 26 = 0.2\pi = 36^\circ$$

olur. Sonuç olarak yük empedansı,

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + |\Gamma| e^{j\theta}}{1 - |\Gamma| e^{j\theta}} = 100 \frac{3 + \cos 36 + j \sin 36}{3 - \cos 36 - j \sin 36} = 169 \angle 24.23^\circ \Omega$$

şeklinde hesaplanır.

PROBLEM 27: DDO 2, gelen dalga gücü 400 Watt olan bir transmisyon hattının yüke ilettiği gücü hesaplayınız.

ÇÖZÜM 27:

$$P_L = \frac{4s}{(s+1)^2} P_i = \frac{4.2}{9} 400 = 355.6 \text{ Watt}$$

PROBLEM 28: İletkenleri arası polyethylene ile doldurulmuş bir koaksiyel kablonun dış iletken yarıçapı 0.68 cm, iç iletken yarıçapı 0.188 cm'dir. Polyethylene için $\epsilon_r = 2.26$, $\mu_r = 1$ olduğuna göre koaksiyel kablonun karakteristik empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 28:

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{b}{a} = 51.47 \Omega$$

PROBLEM 29: 300 MHz'de kullanılan 50 ohm'luk kayıpsız transmisyon hattında duran dalga oranı 2.5 olup, yükten 0.15λ uzaklıkta bir minimum voltaj noktası mevcuttur. Yük empedansını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 29:

$$Z_{\min} = \frac{Z_0}{s} = \frac{50}{2.5} = 20 \Omega$$

$$\beta d = \frac{2\pi}{\lambda} 0.15\lambda = 0.3\pi = 54^\circ$$

$$Z(d = 0.15\lambda) = Z_{\min} = 20 = Z_0 \frac{Z_L \cos \beta d + j Z_0 \sin \beta d}{Z_0 \cos \beta d + j Z_L \sin \beta d} \Big|_{d=0.15\lambda}$$

$$Z_{\min} = 20 = 50 \frac{0.6Z_L + j40}{30 + j0.8Z_L}$$

$$Z_L \cong (43.25 - j43.60) \Omega = 61.4 \angle -45.23^\circ \Omega$$

PROBLEM 30: Kayıplı bir koaksiyel kablonun hat parametreleri $R' = 2.25 \Omega / m$,

$C' = 1 pF / m$ $L' = 1 \mu H / m$, ve $G' = 0 S / m$ 'dir. 500 MHz için,

a) Kablonun karakteristik empedansını, faz sabitini, zayıflama sabitini, faz hızını ve dalgaboyunu bulunuz.

b) Açık devre, kısadevre ve 10 ohm'luk yük empedansı değerleri için 10 m uzunluğundaki kablonun giriş empedansını bulunuz.

ÇÖZÜM 30: $L' = 1 \mu H / m$, $C' = 1 pF / m$, $R' = 2.25 \Omega / m$, $G' = 0 S / m$, $f = 500 MHz$,

$d = 10 m$ olduğuna göre,

a) $Z = R' + j\omega L' = 2.25 + j3.142 \cdot 10^3 \Omega$

$$Y = G' + j\omega C' = j3.142 \cdot 10^{-3} \text{ mho}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = 10^3 - j0.358 \cong 1000 \angle 0^\circ \Omega$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{ZY}$$
$$= 1.125 \cdot 10^{-3} + j3.142 \cong 3.142 \angle 89.98^\circ$$

$$\beta = 3.142 \text{ rad / m}$$

$$\alpha = 1.125 \cdot 10^{-3} \text{ Np / m}$$

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi f}{\beta} = 0.9998 \cdot 10^9 \text{ m / s} \cong 10 \cdot 10^8 \text{ m / s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = 1.999 \cong 2 \text{ m}$$

b) $\Gamma(d) = \Gamma_L \cdot e^{-2\gamma d}$

1) $Z_L = \infty$ (açık devre)

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 1$$

$$\Gamma_d \cong 0.989 \angle 0^\circ$$

$$Z(d) = Z_0 \frac{1 + \Gamma(d)}{1 - \Gamma(d)} \cong 1000 \frac{1 + 0.989}{1 - 0.989} = 1808 \Omega$$

2) $Z_L = 0$ (kısa devre)

$$\Gamma_L = -1$$

$$\Gamma_d \cong -0.989 \angle 0^\circ$$

$$Z(d) \cong 5.53 \Omega$$

3) $Z_L = 10 \Omega$

$$\Gamma_L = -0.98$$

$$\Gamma_d \cong (-0.980)(0.989) = -0.969$$

$$Z(d) \cong 15.744 \Omega$$

PROBLEM 31: 75 Ω 'luk kayıpsız hat üzerindeki DDO 4'dür. Gelen dalga voltajı 30 V olduğuna göre hat üzerindeki voltaj ve akımın maksimum ve minimum değerlerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM 31:

$$|\Gamma| = \frac{s-1}{s+1} = 0.6$$

$$V^- = 0.6 \cdot 30 = 18 \text{ V}$$

$$V_{\max} = V^+ + V^- = 30 + 18 = 48 \text{ V}$$

$$V_{\min} = V^+ - V^- = 30 - 18 = 12 \text{ V}$$

$$I_{\max} = \frac{48}{75} = 0.64 \text{ A}$$

$$I_{\min} = \frac{12}{75} = 0.16 \text{ A}$$

PROBLEM 32: 100 MHz'de kullanılan ve karakteristik empedansı 75+j0 Ω olan kayıplı bir transmisyon hattında, birim uzunlukta zayıflama 0.02 Neper ve faz sabiti 3 rad/m olduğuna göre;

- a) Hattın birim uzunlukta direncini, indüktansını, kapasitesini ve iletkenliğini bulunuz.
b) 7 m uzunluğundaki hat $Z_L = 150 + j0 \Omega$ 'luk bir yük ile sonlandırılırsa, $Z_S = 75 + j0 \Omega$ 'luk iç dirence sahip $V_S = 10 \angle 0^\circ$ Volt'luk bir kaynaktan aktarılan ortalama gücü bulunuz.

ÇÖZÜM 32:

a) $Z = R' + j\omega L' = \gamma Z_0 = (0.02 + j3)(75 + j0) = 1.5 + j225 \Omega/m$

$$Y = G' + j\omega C' = \frac{\gamma}{Z_0} = \frac{0.02 + j3}{75 + j0} = 2.667 \cdot 10^{-4} + j0.04 \text{ mho/m}$$

$$R' = 1.5 \Omega/m \quad G' = 266.7 \mu\text{mho/m}$$

$$L' = 358 \text{ nH/m} \quad C' = 63.7 \text{ pF/m}$$

b) $\Gamma_L = \frac{150 - 75}{150 + 75} = \frac{1}{3}$

$$\Gamma_d = \frac{1}{3} e^{-2\alpha d} e^{-j2\beta d} = 0.25 \angle 246.42^\circ$$

$$Z_d = Z_0 \frac{1 + \Gamma_d}{1 - \Gamma_d} = 75 \frac{1 + 0.25 \angle 246.42^\circ}{1 - 0.25 \angle 246.42^\circ} = 55.53 - j27.38 = 61.91 \angle -26.25^\circ \Omega$$

$$I_d = \frac{10\angle 0^\circ}{75 + Z_d} = 75\angle 11.85^\circ \text{ mA}$$

$$P_d = \frac{1}{2} |I_d|^2 \text{Re}(Z_d) = 156.1 \text{ mW}$$

PROBLEM 33: Kaynak voltajı 20 V, kaynak empedansı sıfır olan 750 MHz'lik bir kaynak hava izolasyonlu bir koaksiyel hat ile $Z_L = 75 + j60 \Omega$ 'luk yük empedansına bağlanmıştır. Hattın karakteristik empedansı 50 Ω , uzunluğu 18 cm. olduğuna göre,

- Hat kayıpsız ise, yük ve kaynak tarafındaki yansımaya katsayılarını ve hat üzerindeki duran dalga oranını bulunuz.
- 3dB/m'lik zayıflama ve hat uzunluğunun dalgaboyunun iki katı olması durumunda, yansımaya katsayılarının genliğini bulunuz.

ÇÖZÜM 33:

$$(a) \quad \Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{25 + j60}{125 + j60} = 0.469\angle 41.8^\circ$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{7.5 \cdot 10^8} = 40 \text{ cm}$$

$$\beta d = \frac{2\pi}{\lambda} d = 0.9\pi \text{ rad} = 162^\circ$$

$$\Gamma_d = \Gamma_L e^{-j2\beta d} = 0.469\angle 41.8^\circ - 2.162^\circ = 0.469\angle -282.2^\circ$$

$$s = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 0.469}{1 - 0.469} = 2.77$$

- Hat uzunluğu $l = 2\lambda = 80 \text{ cm}$

$$\alpha l = \frac{3}{8.69} \cdot 0.8 = 0.276 \text{ Np}$$

$$|\Gamma_d| = |\Gamma_L| e^{-2\alpha l} = 0.469 \cdot e^{-0.552} = 0.27$$

PROBLEM 34: Farklı dielektrik malzemelerden imal edilmiş olan, 80 m. uzunluğundaki iki koaksiyel kablo sırasıyla; $1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ve $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ 'lik yayılma hızına ve 50 ohm'luk karakteristik empedansa sahiptir. Koaksiyel kablolar 25 ohm'luk yük empedansları ile sonlandırıldığına göre, kabloların;

- Bağlı dielektrik katsayılarını,
- Birim uzunluktaki kapasitans ve indüktans değerlerini,
- 200 MHz'lik çalışma frekansında giriş empedanslarını bulunuz.

ÇÖZÜM 34: $f = 200 \text{ MHz}$

$$v_1 = 1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$d_1 = d_2 = 80 \text{ m}$$

$$Z_{01} = Z_{02} = 50 \Omega$$

$$Z_{L1} = Z_{L2} = 25 \Omega$$

$$a) \quad v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

eşitliğinden,

$$\epsilon_{r1} = \left(\frac{3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^8}\right)^2 = 9$$

$$\epsilon_{r2} = \left(\frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8}\right)^2 = 2.25$$

bulunur.

$$b) \quad v = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{ve} \quad Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

denklemlerinden

$$Z_0 = 50 = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$$

$$L_1 = 2500C_1 \quad L_2 = 2500C_2$$

ve

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{2500 C_1^2}}$$

$$C_1^2 = (v_1^2 \cdot 2500)^{-1}$$

$$C_1 = 200 \text{ pF / m}$$

$$L_1 = 2500 C_1 = 0.5 \text{ } \mu\text{H/m}$$

$$C_2 = 100 \text{ pF / m}$$

$$L_2 = 0,25 \text{ } \mu\text{H / m}$$

bulunur.

$$c) \quad Z(d) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta d}{Z_0 + jZ_L \tan \beta d} \quad \beta d = \frac{w}{v} d$$

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f} = 50 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{f} = 100 \text{ cm}$$

$$\beta_1 d = \frac{2\pi}{0.5} \cdot 80 = 320\pi$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi}{1} \cdot 80 = 160\pi$$

$$Z_1(80) = 25\Omega$$

$$Z_2(80) = 25\Omega$$

Her $\lambda/2$ mesafede empedans tekrarlandığından $d = 80 \text{ m} = 320 \cdot \lambda/2$ dir ve giriş empedansı yük empedansına eşittir.

PROBLEM 35: 75 Ω 'luk yük empedansı ile sonlandırılmış 50 Ω 'luk kayıpsız transmision hattı, iç direnci 50 Ω , açık devre voltajı 30V(rms) olan bir kaynaktan beslenmektedir. Hattın uzunluğu, 2.25 λ olduğuna göre;

- Giriş empedansını
- Ani yük voltajını
- Yüke verilen ani gücü bulunuz.

ÇÖZÜM 35:

a) Burada,

$$\beta d = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2.25\lambda = \frac{\pi}{2}$$

dir. Böylece $\beta d = \frac{\pi}{2}$ için,

$$Z(d) = Z_0 \frac{Z_L \cos \beta d + jZ_0 \sin \beta d}{Z_0 \cos \beta d + jZ_L \sin \beta d} = \frac{Z_0^2}{Z_L} = \frac{(50)^2}{75} = 33.33 \Omega$$

elde edilir.

b) Yükteki ani voltaj,

$$V_L = V^i e^{j\beta d} (1 + \Gamma)$$

dir. Burada ,

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{75 - 50}{75 + 50} = 0.2$$

olduğundan,

$$V_L = 30(1 + 0.2) = 36V$$

bulunur.

c) Yüke verilen ani güç,

$$P_L = \frac{V_L^2}{Z_L} = \frac{(36)^2}{75} = 17.28W$$

olur.

PROBLEM 36: 6 dB' lik dönme kaybına neden olan bir yük empedansı kayıpsız bir iletim hattına bağlandığına göre, duran dalga oranını ve yansıtma (uyumsuzluk) kaybının kaç dB olduğunu analitik yoldan hesaplayınız.

ÇÖZÜM 36:

$$R_{loss} = 20 \log \left(\frac{1}{\Gamma} \right) = 6dB$$

$$\frac{1}{\Gamma} = 10^{0.3} \quad \Gamma = 0.5$$

$$s = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1.5}{0.5} = 3$$

$$M_{loss} = 10 \log \left[\frac{(s+1)^2}{4s} \right] = 10 \log \left(\frac{16}{12} \right) = 1.25 \text{ dB}$$

PROBLEM 37: Kayıpsız bir iletim hattı gelen gücün %16' sını yansıtacak şekilde bir empedansla sonlandırıldığına göre, hat üzerindeki duran dalga oranını hesaplayınız.

ÇÖZÜM 37:

$$|\Gamma|^2 = \frac{P_r}{P_i} = \frac{16}{100} = 0.16$$

$$|\Gamma| = 0.4$$

$$s = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = 2.33$$