

1. Feladat

A cél a veszteséges tápvonalakon terjedő feszültség hullámok amplitudójának valamint az állóhullámarány változásának bemutatása egy feladat megoldásával.

Egy $Z_o=75\Omega$ hullámmellenállású, $l=30\text{ m}$ hosszú tápvonal lezáró ellenállása $R_L=150\Omega$, hosszegységre eső csillapítása $\alpha=0.2\text{ dB/m}$.

Határozzuk meg az állóhullámarányt a tápvonal bemenetén!

a./ Kiszámítjuk a tápvonal bemenetén a haladó és a reflektált hullámok amplitudóját, majd ebből az r állóhullámarányt.

Legyen a beeső hullám komplex csúcserőértékének amplitudója a tápvonal bemenetén 1

$$(|U_{oh}| = 1)$$

Ekkor a lezáráson

$$U_{lh} = U_{oh} \cdot e^{-\gamma l}$$

ahol $\gamma = \alpha + j\beta$

így a haladó hullám $\alpha \cdot l = 0.2\text{ dB/m} \cdot 30\text{ m} = 6\text{ dB}$ -t csillapodik a lezárásig. A

lezáráson a haladó hullám amplitudója

$$|U_{lh}| = 0.5$$

A lezárási reflexió tényezője

$$\Gamma_L = \frac{R_L - Z_o}{R_L + Z_o} = \frac{150 - 75}{150 + 75} = \frac{1}{3}$$

A reflektált hullám amplitudója a lezáráson

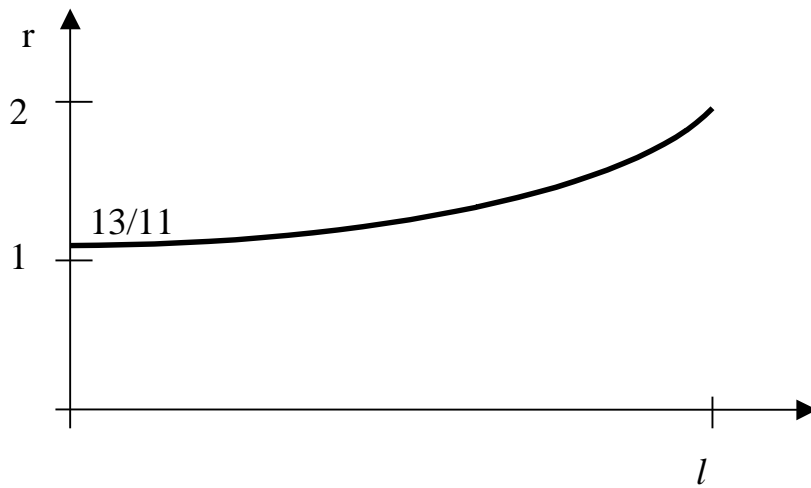
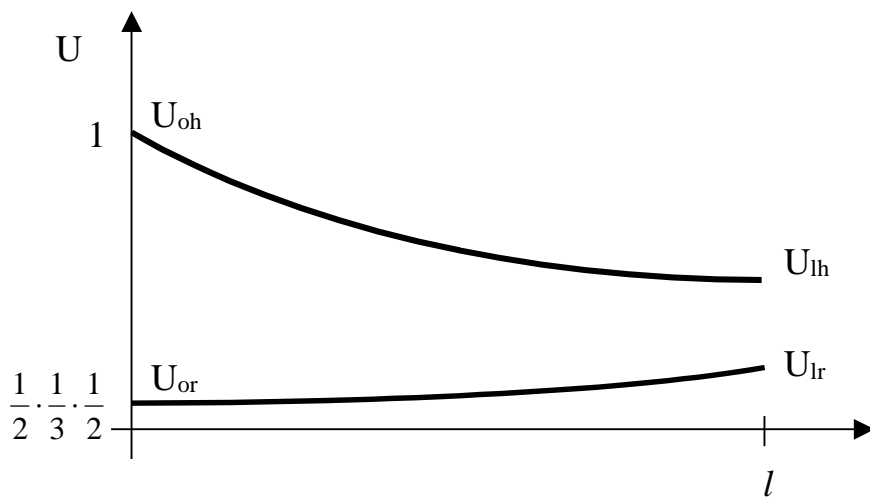
$$|U_{lr}| = |U_{lh}| \Gamma_L = 0.5 \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

A tápvonal bemenetére visszajutó reflektált hullám amplitudója (a tápvonalon ismét 6 dB-t csillapodik)

$$|U_{or}| = \frac{1}{6} \cdot 0.5 = \frac{1}{12}$$

A tápvonal bemenetén az állóhullámarányt ezután a haladó és reflektált hullámok amplitudóiból kapjuk

$$r_{be} = \frac{|U_{oh}| + |U_{or}|}{|U_{oh}| - |U_{or}|} = \frac{1 + 1/12}{1 - 1/12} = 13/11 = 1.18$$



$$\Gamma_{be} = \Gamma_L \cdot e^{-2\gamma l}$$

$$|\Gamma_{be}| = |\Gamma_L| \cdot e^{-2\alpha^N l} = |\Gamma_L| \cdot 10^{\frac{2 \cdot l \cdot \alpha^{dB}}{20}} = \frac{1}{12}$$

$$r = \frac{1 + |\Gamma_{be}|}{1 - |\Gamma_{be}|} = 1.18$$

2. Feladat

Egy $2l=10\text{m}$ hosszúságú dipólantennára az antenna tengelyéhez képest $\vartheta=60^\circ$ irányból $f=15\text{ MHz}$ frekvenciájú, $E=5\text{ mV/m}$ eff. térerősségű, lineárisan polarizált hullám esik. Az antenna és a hullám E vektora egy síkban vannak. Az antenna soros veszteségi ellenállása a bemeneten $1.8\ \Omega$.

a./ Számítsa ki az antennából kivehető maximális hatásos teljesítményt.

b./ Határozza meg a bemeneti impedanciát az antennához csatlakozó $L=15\text{ m}$ hosszúságú, $Z_0=75\Omega$ hullámmellenállású kábel végén.

Megoldás:

a./ A beeső jel hullámhossza

$$\lambda = \frac{300}{f} = 20\text{m}$$

Az antenna elektromos hossza

$$\frac{l}{\lambda} = \frac{5}{20} = 0.25$$

Az antenna irányhatása főirányban

$$D=1.64$$

Az antenna sugárzási ellenállása

$$R_S=73.2\ \Omega$$

Az antenna hatásfoka

$$\eta = \frac{R_S}{R_V + R_S} = \frac{73.2}{73.2 + 1.8} = 0.976$$

Az antenna nyeresége főirányban

$$G = D \cdot \eta = 1.64 \cdot 0.976 = 1.60$$

Az antenna hatásos felülete főirányban

$$A_h = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 1.6 \cdot \frac{20^2}{4\pi} = 50.93\text{m}^2$$

A beeső teljesítménysűrűség

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^2}{120\pi} = 6.63 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$$

A kivehető teljesítmény főirányban

$$P_{V\max} = A_h \cdot S = 50.93 \cdot 6.63 \cdot 10^{-8} = 3.38 \cdot 10^{-6} \text{ W} = 3.38 \mu\text{W}$$

Az antenna iránykarakterisztikája

$$F(\vartheta) = \frac{\cos(\beta l \cos \vartheta) - \cos \beta l}{(1 - \cos \beta l) \sin \vartheta}$$

Esetünkben $\beta l = 90^\circ$

$$F(\vartheta) = \frac{\cos(90^\circ \cos \vartheta)}{\sin \vartheta}$$

Ebből

$$F(\vartheta = 60^\circ) = \frac{\cos(90^\circ \cdot 0.5)}{\sqrt{3}/2} = \frac{\cos 45^\circ}{\sqrt{3}/2} = \frac{\sqrt{2}/2}{\sqrt{3}/2} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

A teljesítmény csökkenése a főiránytól való eltérés miatt

$$\frac{P_V}{P_{V \max}} = F^2(\vartheta) = \frac{2}{3}$$

Ebből

$$P_V = \frac{2}{3} \cdot 3.38 = 2.25 \mu W$$

b./

A tápvonal elektromos hossza

$$L/\lambda = 15/20 = 0.75 \quad \beta L = 90^\circ$$

A bemeneti impedancia

$$Z_{be} = Z_o \frac{Z_A + jZ_o \operatorname{tg} \beta L}{Z_o + jZ_A \operatorname{tg} \beta L} = \frac{Z_o^2}{Z_A}$$

3. Feladat

Egy dipólantenna hossza $2l=7.2\text{m}$, melybe a 25 MHz frekvenciájú adó 50W teljesítményt táplál.

Az adó és az antenna között automatikus hangoló áramkör van, mely az antenna reaktanciáját kihangolja. A kihangoló áramkör soros veszteségi ellenállása az antenna bemenetére vonatkoztatva 8Ω .

a./ Számítsa ki az antenna által előállított maximális térerősséget az adóantennától 10 km távolságra.

b./ Hányszor nagyobb az antenna térerőssége a veszteségmentes izotróp antenna térerősségéhez képest (ugyanakkora betáplált teljesítményt feltételezve).

Megoldás

a./

A kisugárzott jel hullámhossza:

$$\lambda = \frac{300}{f^{MHz}} = \frac{300}{25} = 12m$$

Az antenna elektromos hossza:

$$\frac{l}{\lambda} = \frac{3.6}{12} = 0.3$$

$$\beta l = 2\pi \frac{l}{\lambda} = 108^\circ$$

Az antenna sugárzási ellenállása az áramhasra vonatkoztatva:

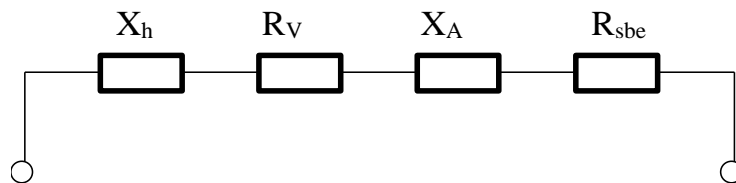
$$R_{sá} = 120\Omega$$

Mivel $\beta l < 120^\circ$ ezért az árameloszlás szinuszosnak vehető, és

$$R_{sbe} = \frac{R_{sá}}{\sin^2 \beta l} = \frac{120}{0.9046}$$

$$R_{sbe} \cong 132.66\Omega$$

Az antenna helyettesítő képe az adó felől nézve



ahol

$$X_h = -X_A$$

$$R_v = 8\Omega$$

$$R_{sbe} = 132.66\Omega$$

A teljes betáplált teljesítmény

$$P_{be} = I_{be}^2 (R_v + R_{sbe})$$

Ebből

$$I_{be} = \sqrt{\frac{P_{be}}{R_v + R_{sbe}}} = \sqrt{\frac{50}{8 + 132.66}} \cong 0.6A$$

Egy lineáris antenna térerőssége

$$E(\vartheta) = j60I_m \frac{e^{-j\beta r}}{r} \frac{\cos(\beta l \cos \vartheta) - \cos \beta l}{\sin \vartheta}$$

Mivel $l/\lambda < 0.625$, ezért a maximális térerősség $\vartheta = 90^\circ$ -nál van, vagyis

$$|E_{\max}| = \frac{60I_m}{r}(1 - \cos \beta l)$$

Az áramhasban mért áramot a bemeneti áramból számíthatjuk ki az árameloszlás ismeretében.

$$I(z') = I_m \sin \beta(l - |z'|)$$

ebből $z'=0$ helyettesítéssel a bemeneti áram

$$I_{be} = I_m \sin \beta l$$

Ebből

$$I_m = \frac{I_{be}}{\sin \beta l}$$

A maximális térerősség

$$|E_{\max}| = \frac{60I_{be}}{r} \cdot \frac{1 - \cos \beta l}{\sin \beta l}$$