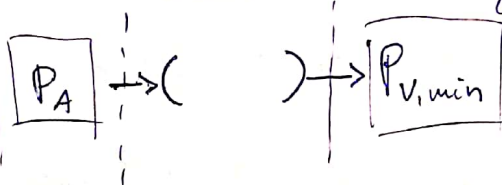


$$1 \text{ GHz} \leftrightarrow 30 \text{ cm}$$

Isőcsillapításos feladat:

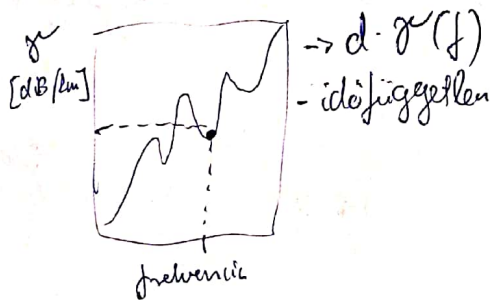
- csillapítás - esőintenzitás görbe
↑
fajlagos

Tartalék méretezés:



csillapítás: L (frekvencia, antenna's
nyersége, távolság,
atmosférikus gázok többszörösítási-
tása)

L : időfüggetlen minimális
csillapítás



Eső okozta többszörösítés:

$P_A, P_{R,min}$ adott

$$L_{\text{limit}} = 10 \log \frac{P_A}{P_{R,min}} : \text{megfelelő működés határa}$$

tartalék csillapítás: $L_{\text{limit}} - L$

↑
eső miatt fogy

pl: $T_{\text{osill}} = 10 \text{ dB}$ $f = 100 \text{ GHz}$ $d = 1 \text{ km}$
↑
tartóerő csill.

→ ~~éves~~ $d = 1 \text{ km} \rightarrow$ fejlegos csillapítás max. 10 dB/km lehet (2. cs.)

→ ábra: ezt a 100 GHz 20 mm/km intenzitású csőnél produkálja

→ ejelőtt a bithibák aránya nagyon nagy lesz

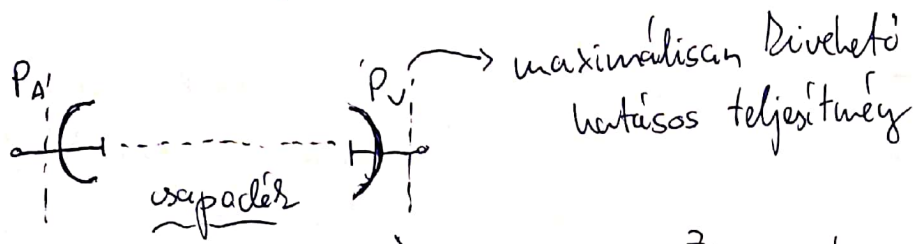
ITU: International Telecommunication Union

[Rain climatic zones táblázatban a számla vonatkozó növekedés!]

→ idővesztés valószínűsége: $0,03 \%$
 $\alpha (= 2,63 \text{ h/év})$

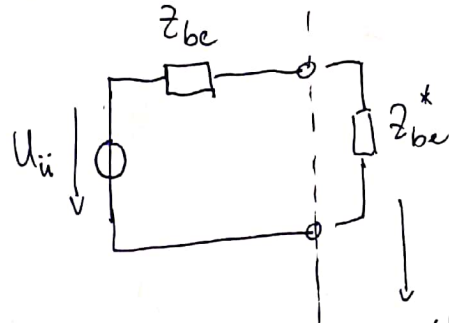
"flat fading" (= nem gyorsan változó, viszonylag állandó)

ZH-ban: tartóerőtervezés, impedanciaillesztés, kábelben impulzus-átvitel



$$a_{sz}^{dB} = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_V} \right)$$

↑
szakszcsillapítás



P_V ebben az esetben
érvényes sz!!

Szabadtéri csillapítás: ideális terjedés esetén

$$P_V = S_v \cdot A_{eff}$$

síkhullámok esetén! (a két antenna jelentős távolságra van - hullámhossz többszöröse)

Vízeltér-távoltér kettőse:

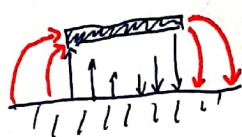
(apertúra antenna)

↳ pl: töltésantenna



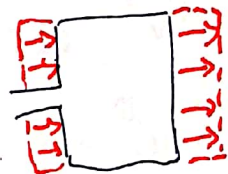
• a felület minden eleme sugárzóként értelmezett
(nem áramelemek sugároznak, hanem a felület)

Patch antenna:



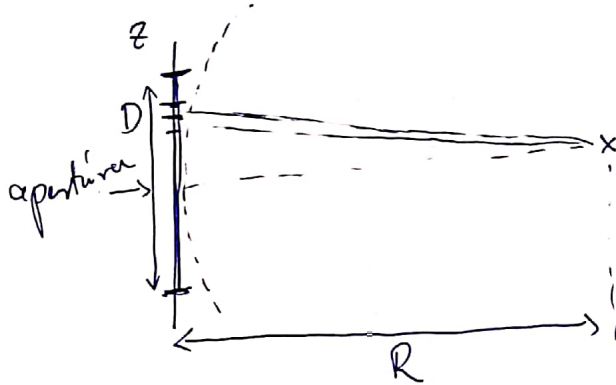
kék: nem sugároz
piros: sugároz

=>



ő így
apertúra antenna (a piros területek)

Vissza: hogyan tekinthető síkhullámra?



↳ pontból induló
hullám más távolságot
tesz meg

$$d = \sqrt{R^2 + z^2}$$

$$\text{max: } \sqrt{R^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

$$\Delta r_{\text{max}} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2} - R \approx$$

távolságetérés

ha $R \gg D$

$$R \sqrt{1 + \left(\frac{D}{2R}\right)^2} = R \sqrt{1 + x} \approx R \left(1 + \frac{1}{2}x\right) \ominus$$

"x"

$$\ominus R \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{D}{2R}\right)^2\right)$$

$$\Delta r_{\text{max}} = \frac{D^2}{8R}$$

jó síkhullám: $\Delta r < \frac{\lambda}{16}$

$$\Rightarrow R_{\text{max}} = \frac{D^2}{2\lambda} \cdot 2 \rightarrow R \text{ legyen } > \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$S = \frac{P_A \cdot G_A}{4\pi R^2}$$

$$A_{\text{eff}} = G \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

"bűvös szám"

$$\Rightarrow P_V = \frac{P_A \cdot G_A}{4\pi R^2} \cdot G_V \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

$$a_{32}^{\text{dB}} = 10 \lg \left[\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot R \right)^2 \cdot \frac{1}{G_A G_V} \right]$$

Biz: a) $\frac{A_{h1}}{G_1} = \frac{A_{h2}}{G_2}$

b) konkrét antennára
pl. Hertz-dipólus

2.

$$\Rightarrow \boxed{a_{sz}^{dB} = 20 \log \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) - G_A^{dB} - G_{BV}^{dB}}$$

$\downarrow$
 $\rightarrow a_0$

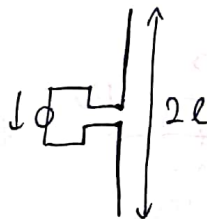
Antennák:

- húzalantennák
- szélessávú antennák (pl. bowtie)
- antennarendszerek
- apertúra antennák

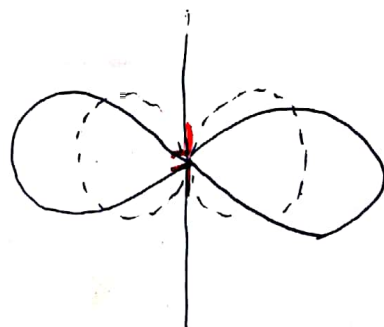
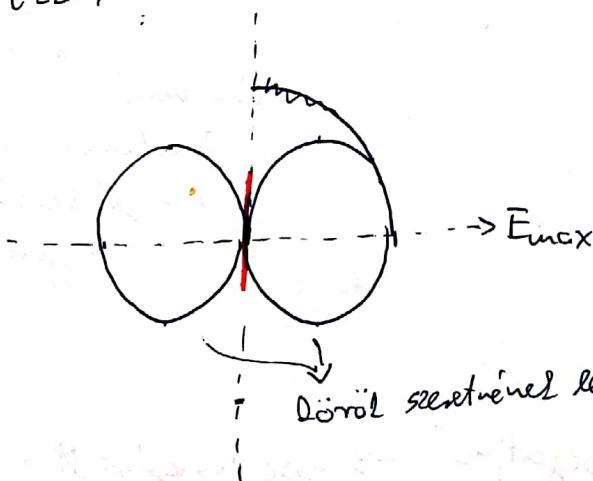
- Hertz-dipólus: egyenlő áramú elemi antennaelem } elemi sugárzó
- Huygens -féle felületelen

dipólusantenna tere:

$l \ll \lambda$



$l = 0,5 \lambda$



$E_{max} > E_{max, rövid}$

$\Rightarrow$ ppt -ben ábrák!

megjegyzés: a vízszintes síkot felintem felirányul!

Nyereség

$$G = \frac{S_{\max}}{S_0}$$

izotróp antenna
telj. sűrűsége
azonos betáplált
teljesítmény mellett

$\Rightarrow$ antenna veszteségét
is figyelembe veszi
(+ reflexiót is!)

- ohmikus veszteség
- dielektrikus veszteség

• reflexió
nem kötelező
dielektrikum miatt pl.

Irányhatás

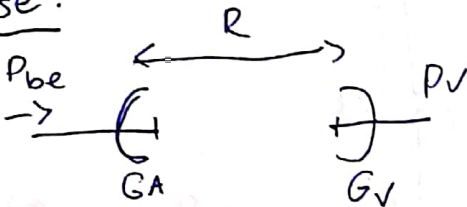
$$D = \frac{S_{\max}}{S_0}$$

$\hookrightarrow$ izotróp antenna
telj. sűrűsége azonos
kisugárzott teljesítmény
mellett

$$G = D \cdot \eta$$

$$G \leq D$$

G mérése:



$$10 \lg \frac{P_A}{P_V} = 20 \lg \frac{G_A R}{\eta} - G_A - G_V$$

• egyszerű eset:
 $G_A = G_V$

• ha nem:

3 antenna, 3 mérés

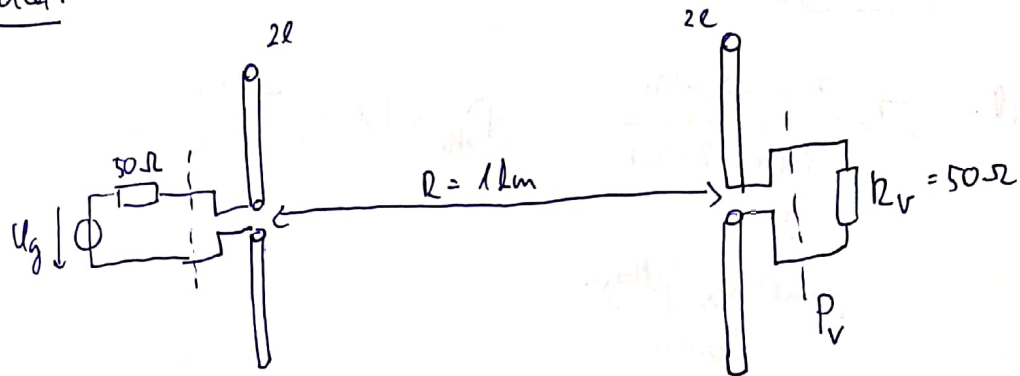
$\rightarrow$ megoldható
egyenletrendszer

D mérése:

- mérőantennával „betáplogatjuk” $\rightarrow$ össz kisugárzott +
felirányba sugárzott
teljesítményt is
megadjuk

- jobb módszer: legpontosabb

Feladat:



$$f = 300 \text{ MHz} \rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

$$P_v = ?$$

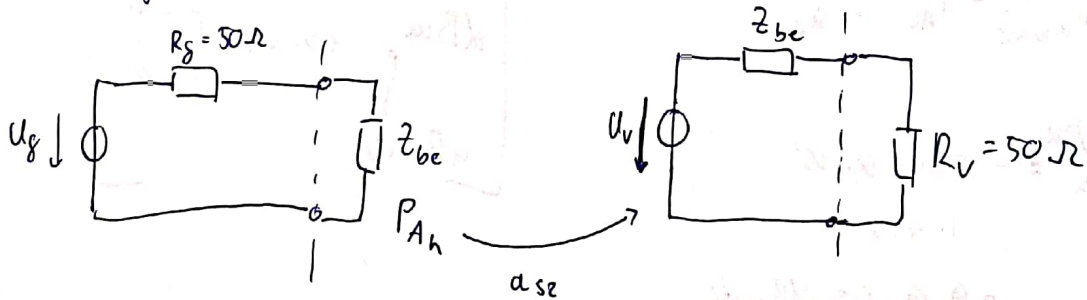
$$P_{A_{\max}} = 1 \text{ W}$$

$$2l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow l = \frac{\lambda}{4}$$

$$Z_{be} = 73 + j42 \Omega$$

$$D = G = 1,64 \rightarrow 2,15 \text{ dB}$$

↑
vesztésmentes



$$P_{A_{\max}} = 1 \text{ W} : \text{adatok}$$

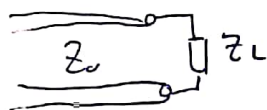
illesztett beáramlás esetén

$$P_{A_{\max}} = \frac{U_g}{2 \cdot 50} \cdot \left(\frac{U_g}{2} \right)^* = \frac{|U_g|^2}{200} \rightarrow |U_g|^2 = 200 \text{ V}^2$$

$$P_{A_u} = \operatorname{Re} \left\{ U_g \cdot \frac{73 + j42}{50 + 73 + j42} \cdot \left(\frac{U_g}{50 + 73 + j42} \right)^* \right\} = |U_g|^2 \cdot \frac{73}{(50 + 73)^2 + 42^2}$$

$$= 0,864 \text{ W}$$

reflexió tényező:



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

itt: $\Gamma = \frac{73 + j42 - 50}{73 + j42 + 50}$

↑
jelváltás jellegű
leírás

$$P_{Ah} = (1 - |\Gamma|^2) \cdot P_{be}$$

Tjlt. U_v ismert $\rightarrow P_v$

$$P_v = \operatorname{Re} \left\{ U_v \cdot \frac{50}{73 + 50 + j42} \cdot \left(\frac{U_v}{73 + 50 + j42} \right)^* \right\} = |U_v|^2 \cdot 2,95 \cdot 10^{-3}$$

$U_v = ?$

$$a_{sz} = 20 \log \left(\frac{GTR}{r} \right) - G_A - G_v = 77,7 \text{ dB}$$

$$P_{v_{h_{max}}}^{dBm} = P_{Ah}^{dBm} - a_{sz}$$

$$P_{Ah}^{dBm} = -0,655 \text{ dBW}$$

11 + 30

$$29,0345 \text{ dBmW}$$

$$\begin{aligned} \text{dBW: } & 10 \log \frac{P^w}{1W} \\ \text{dBm: } & 10 \log \frac{P^{mw}}{1mW} \\ \text{dBmW} & \end{aligned}$$

- ha vevő antennát illesztve záryuk le: (konjugált illesztés)

$$P_{v_{max,u}} = \operatorname{Re} \left\{ U_v \cdot \frac{73 - j42}{2 \cdot 73} \cdot \left(\frac{U_v}{2 \cdot 73} \right)^* \right\} = |U_v|^2 \cdot \frac{1}{4 \cdot 73}$$

$$P_v = 0,864 P_{v_{max}}$$

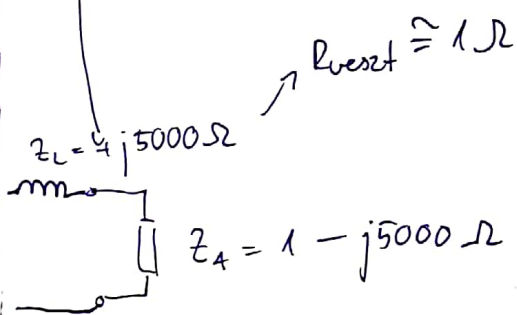
$\rightarrow -0,635 \text{ dB}$: veszteség addig és vevő oldalán is

2.

$$\Rightarrow a_{SL} = a_0 + 1,27 \text{ dB}$$

Hullámhosszhoz képest rövid antennák:

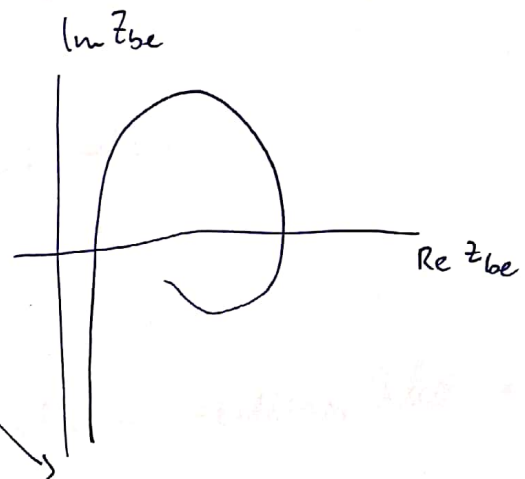
- hosszuhullámú antennák: $\lambda > 10 \text{ km}$
- mobil rádiók



$$\eta = 50\%$$

déj szor

ZH példa!!



Vezetés ill. vezetés nélküli összehasonlítás:

vezetés nélküli: $a_{sz}^{dB} = 20 \log \frac{4\pi r}{\lambda} - G_A^{dB} - G_V^{dB}$

vezetelés: $a_{sz}^{dB} = \gamma^{dB/m} \cdot L$

↑
fajlagos
csillapítás

↑
Délbel hossza

összehasonlítás: ábra

→ egy bizonyos pont alatt a vezetékes, feltű a rádiós a jobb

Nyereséges antennák:

$$G_{max} = \frac{S_{max}}{S_0}$$

irányjellemző: BSC-n csak abszolútérték

• normalizált amplitúdó irányjellemzője
(field pattern)

$$F(r, \varphi) = \frac{|E(r, \varphi)|}{|E(r, \varphi)|_{max}}$$

• normalizált teljesítmény irányjellemzője

$$P(r, \varphi) = F^2(r, \varphi) = \frac{|E(r, \varphi)|^2}{|E(r, \varphi)|_{max}^2}$$

le a logaritmusban szeretnénk ábrázolni:

$$10 \log \{P(\vartheta, \varphi)\} = 20 \log \{F(\vartheta, \varphi)\}$$

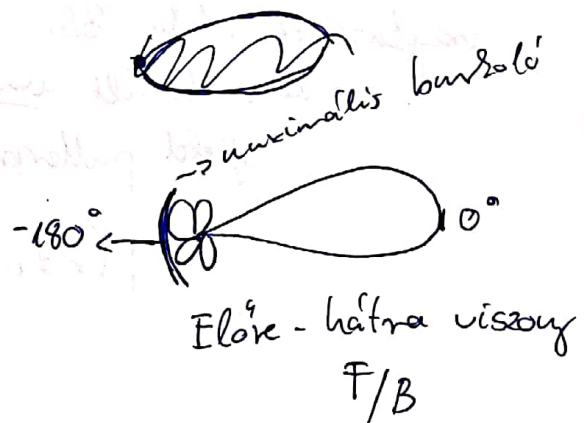
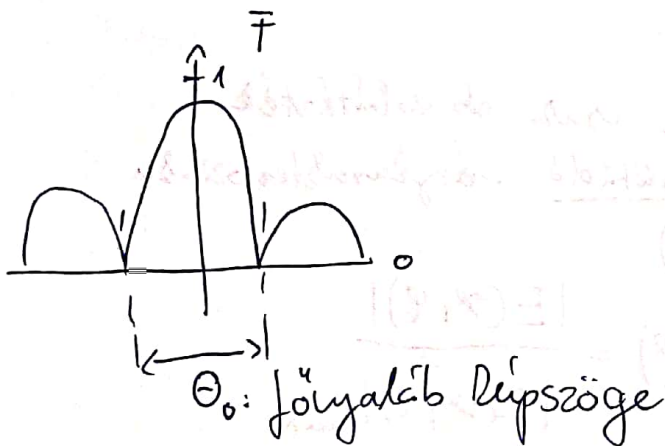
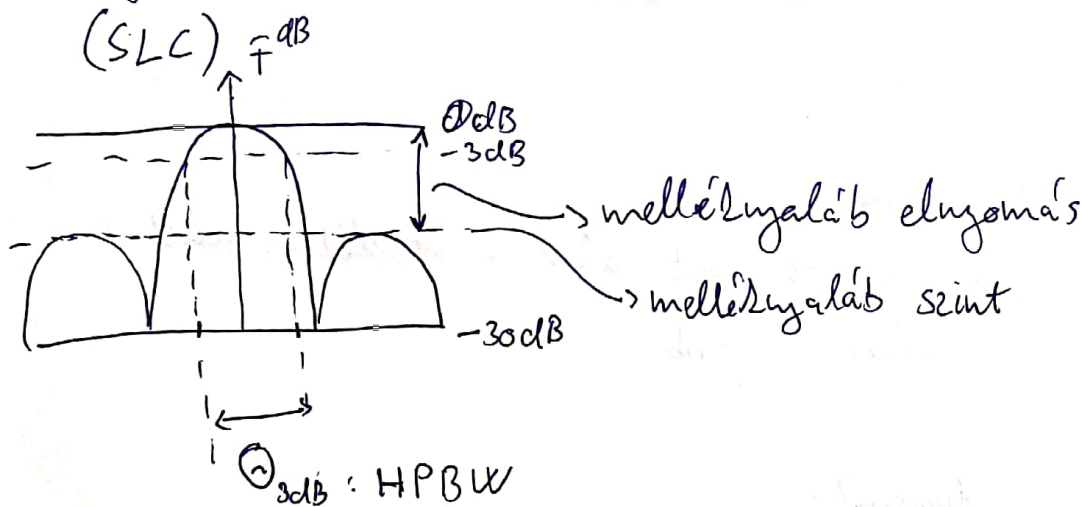
→ logaritmusból egyféle van

HPBW: Half Power Beam Width

→ fél teljesítményű irányélességi szög

[~~így~~ azonos antenna-
ból antennarendszer??]

Mellékulalás elnyomása:



• ált. nincs re pontos
definíció hogy $180^\circ \pm$
valy jóles tartományt
vizsgálunk

2.

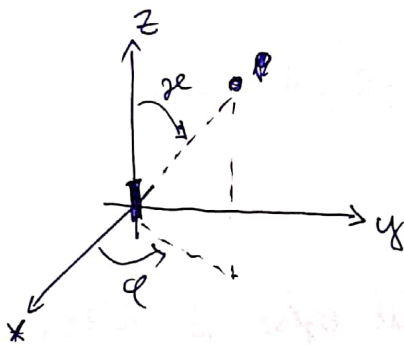
Intézhataás:

$$D = \frac{S_{\max}}{S_0} \text{ ha } S_0 = \frac{P_s}{4\pi R^2} \rightarrow \text{diszperzió!} \quad \text{teljesítmény!}$$

$$D = \frac{S_{\max} \cdot 4\pi R^2}{P_s} = \frac{4\pi R^2}{\iint_{4\pi R^2} F^2(\vartheta, \varphi) dA} = \frac{4\pi R^2}{\iint_{4\pi R^2} P(\vartheta, \varphi) dA}$$

 $S(\vartheta, \varphi)$
(sűrűség!)

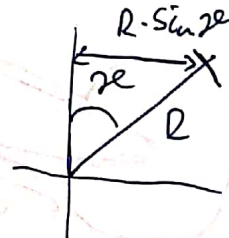
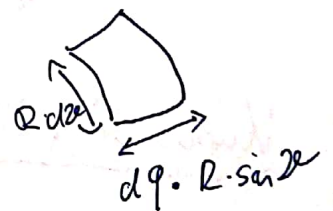
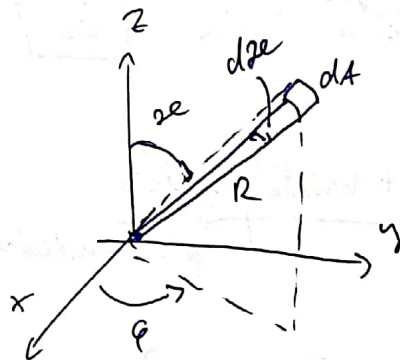
$$P_s = \iint_{4\pi R^2} S(\vartheta, \varphi) dA = S_{\max} \cdot \iint_{4\pi R^2} \underbrace{F^2(\vartheta, \varphi)}_{P(\vartheta, \varphi)} dA$$

Hertz - fele dipólus:

$$P(\vartheta, \varphi) = \sin^2 \vartheta$$

$$(F(\vartheta, \varphi) = |\sin \vartheta|)$$

$$dA = R^2 \cdot \sin \vartheta \cdot d\vartheta \cdot d\varphi$$



$$D = \frac{4\pi R^2}{\int_0^\pi \int_0^{2\pi} \sin^2 \vartheta \cdot R^2 \cdot \sin \vartheta \cdot d\vartheta \cdot d\varphi} =$$

$$= \frac{4\pi}{\int_0^\pi \int_0^{2\pi} \sin^3 \vartheta \cdot d\vartheta \cdot d\varphi} = \frac{4\pi}{2\pi \int_0^\pi \sin^3 \vartheta \cdot d\vartheta}$$

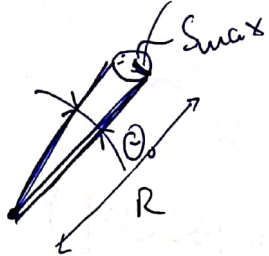
vagy: $dA = \underbrace{2(R \cdot \sin \varphi)}_{\text{"körvonal" kerülete}} \cdot \underbrace{R \cdot d\varphi}_{\text{szélessége}}$
 (φ -tól nem függ $P(\varphi, \varphi)$)

$\Rightarrow$ így csak φ -ra kell integrálnunk

$$\int \sin^3 x \, dx = -\cos x + \frac{\cos^3 x}{3} + C$$

$$\rightarrow D = \frac{3}{2} = 1.5$$

Kúpos nyaláb: (ideális) $\frac{Q_0}{2} \cdot R$



$$D = \frac{S_{\max}}{S_0} = \frac{S_{\max} \cdot 4\pi R^2}{P_s} \quad (\equiv)$$

$$P_s = \left(\frac{Q_0}{2} \cdot R\right)^2 \pi \cdot S_{\max}$$

$$(\equiv) \frac{S_{\max} \cdot 4\pi R^2}{\frac{Q_0^2}{4} R^2 \pi \cdot S_{\max}} = \boxed{\frac{16}{Q_0^2}} \text{ ált. egész jó közelítés}$$

Kúpos fénycső + mellényaláb:

$\hookrightarrow$ pt. mindenhol azonos mértékben sugároz



$D=?$

mellényaláb elnyomása: a_{MH}

$\rightarrow P_s$ megnövekedett (valójában $S_{\max}$ csökken k)

$$P_s = S_{\max} \cdot \left(\frac{Q_0}{2} R\right)^2 \pi + \frac{S_{\max}}{a_{MH}} \cdot \left(\frac{Q_0}{2} R^2 \pi\right) \rightarrow D \approx$$

3.1

$$\rightarrow D \approx \frac{\frac{16}{\Theta_0^2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{16 \cdot 1}{\alpha_{HH} \Theta_0^2}}}{\frac{\Theta_0^2}{4} + \frac{4}{\alpha_{HH}}} = \frac{16}{\Theta_0^2} \left(\frac{1}{1 + \underbrace{\frac{16 \cdot 1}{\alpha_{HH} \Theta_0^2}}_{\text{"vanke's"}}} \right)$$

a gömbbél
kisebített lépcső
vért elmozdított

ZH-ra: körző!

+ vonalzó

Smith - diagram:normalizált impedancia: $Z = \frac{Z}{Z_0} = r + jx$

reflexiók tétele

referencia
nulláimpedancia

$$\rightarrow \Gamma = \frac{Z - 1}{Z + 1} = \Gamma_r + j\Gamma_i$$

$$r + jx = \frac{1 + \Gamma_r + j\Gamma_i}{1 - \Gamma_r - j\Gamma_i}$$

→ matel: diá sorban!

- tengelyeken: Γ_i, Γ_r • általában: abszolútértékkel és fázissal írhatjuk le
→ ez is leolvasható

$$\Gamma = |\Gamma| \cdot e^{j\varphi}$$

pl: $Z_L = 100 + j25 \Omega$
 $Z_0 = 50 \Omega$

→ $z_e = 2 + j0,5$ → kijelöl egy pontot
 a diagramon

→ Γ leolvasható- alapvetően: összerendeli Γ -t és r -t

- kitüntetett pontok:

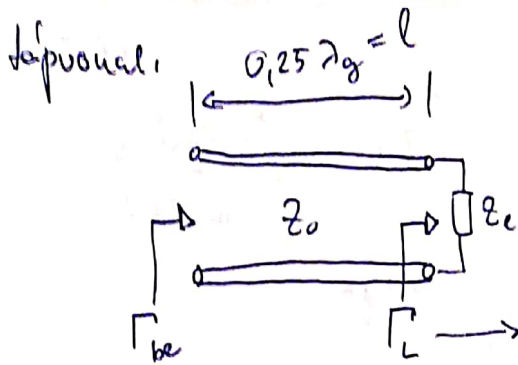
• $Z_L = Z_0 \rightarrow$ origó

- reflexiómentesség

• $Z = 0, Z = \infty$

↳ jobboldalt

baloldalt



→ ezt olvashatjuk le közvetlenül a Smith-diagramról!

Smith-diagramon: $\text{egy félkör} \leftrightarrow 0,25 \lambda$ ("sugárkör")
 ↑
 mert oda és vissza is jár a változás!

pl: rövidzárral lezárva $0,25 \lambda$ -s tápvonal
 $\Rightarrow$ szaracskis

→ tápvonalhosszal & végtetes impedanciát elő tudok állítani
 (vesztégmentes esetben!)

~~tápvonal hossza $l \rightarrow$ áramutató járással ellentétes mozgás~~

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

$l \rightarrow$ áramutató járással megegyező irány
 ("generátor felé")

- $\Gamma = \frac{Z-1}{Z+1} = \left(- \left(\frac{Y-1}{Y+1} \right) \right) \rightarrow$ admittancia = impedancia felcserélve az origóra

$\rightarrow Y = y \cdot \frac{1}{Z_0}$

↑
 normálizáló érték

- balózatós példa: egyes elemek impedanciát normáljra

• párhuzamos elemek:

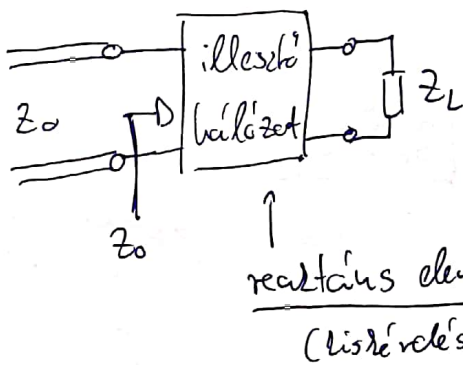
- vagy admittanciában számolunk egy lépést
(így minden összeadás lesz)

vagy: két, eltérő Smith-diagram

→ egyik admittancia, másik impedancia

- ZH példa:

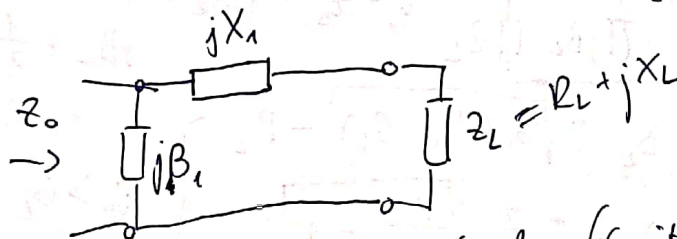
Illesztés:



Jeladat: komplex impedanciát egy
adott felin illeszteni

B_1 : szuszaptancia
(admittancia dimenzió!)

I.



Nem ábrán egy számolni: (Smith diagram jobb)

$$Z_0 = \frac{1}{jB_1 + 1/(jX_1 + Z_L)} \rightarrow \frac{1}{Z_0} = jB_1 + \frac{1}{jX_1 + R_L + jX_L}$$

$$\frac{1}{Z_0} = jB_1 + \frac{R_L - j(X_1 + X_L)}{R_L^2 + (X_1 + X_L)^2}$$

valós: $\frac{1}{Z_0} = \frac{R_L}{R_L^2 + (X_1 + X_L)^2} \rightarrow X_1$ megvan

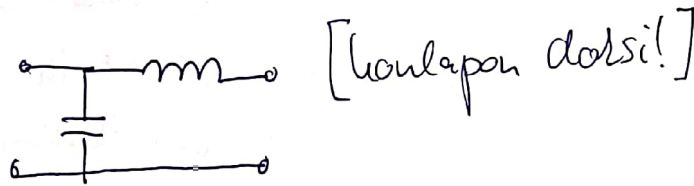
$$X_1 = \pm \sqrt{R_L(Z_0 - R_L)} - X_L$$

Dépretes: ~~$B_1 = \pm \sqrt{\frac{Z_0}{R_L} - 1}$~~

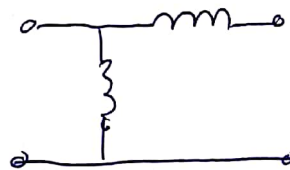
$$B_1 = \pm \frac{1}{Z_0} \sqrt{\frac{Z_0}{R_L} - 1}$$

→ összesen 4 megoldást kapunk

a) $X_1 > 0$
 $B_1 > 0$



b) $X_1 > 0$
 $B_1 < 0$



•
•
•

de nem mindig van megoldás

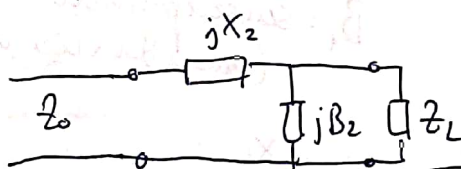
csak akkor megoldható, ha:

$$Z_0 > R_L$$

(csak reaktív elemekkel)

ugyanaz mint az előbb

konkrét példát:



$$\frac{1}{Y_0} = Z_0 = jX_2 + \frac{1}{jB_2 + \frac{1}{Z_L}}$$

$$Y_L = G_L + jB_L$$

$$B_2 = \pm \sqrt{G_L(Y_0 - G_L)} - B_L$$

$$X_2 = \pm Z_0 \sqrt{\frac{1}{Z_0 G_L} - 1}$$

$$Y_0 > G_L$$

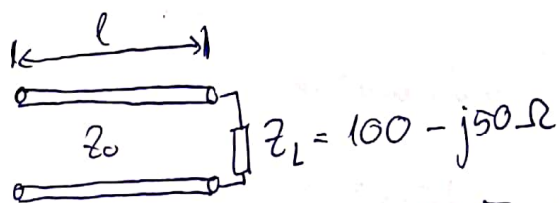
$$(Z_0 < \frac{1}{G_L})$$

$$\text{megj: } \frac{1}{R_L} \neq G_L$$

↑
pont fordított!!

(Smith-d. egyes régióhoz ill. megoldás után tartozik)

→ reciprok valós része van a valós része reciproka

Smith-diagramos feladat:

$$Z_0 = 50 \Omega$$

$$\Gamma_L = ?$$

$$l = 0,1 \text{ m} \quad 600 \text{ MHz} \quad \Gamma_{be} = ?$$

$$f = 450 \text{ MHz} \quad Z_{be} = ?$$

$$\lambda_g = \lambda_0$$

$$\rightarrow \lambda_0 = \lambda_g = 0,5 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{300}{f_{\text{MHz}}} = 0,5$$

$$\phi = 2\pi \cdot \frac{l}{\lambda_g} = 0,4\pi = 1,26 \text{ (rad)}$$

$$\rightarrow 72^\circ$$

↑
fázistolás

$$Z'_L = \frac{100 - j50}{50} = 2 - j$$

↑
normalizált impedancia

Γ_L : Smith-diagramon: 2-j norm. imp

→ innen refl. tényező is
leolvasható

(középponttól távolság + szög)

absz. érték: legelső lineáris ábráról

$$\text{vagy: } \Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\rightarrow \Gamma_L = 0,45 \cdot e^{-j26,5}$$

Γ_{be}

Z_{be} :

wavelength toward generator:

• felirattol: tépvonal hossza λ_g -ben

$\Gamma_L \rightarrow \Gamma_{be} Z_L \rightarrow Z_{be}$: generátor felé való mozgás

• Γ_L -nél beolvassuk a lütső tört $\rightarrow 0,288$

$\rightarrow 0,2$ elmozdulás

$\rightarrow 0,488$ - hoz jergunk, absz. értéke marad

$\rightarrow$ beolvassuk

(mert a tépvonal
vesztésegmentes)

[RTDUDE]

Számolás:

$$\Gamma_L = 0,45 \cdot e^{-j26,5^\circ}$$

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

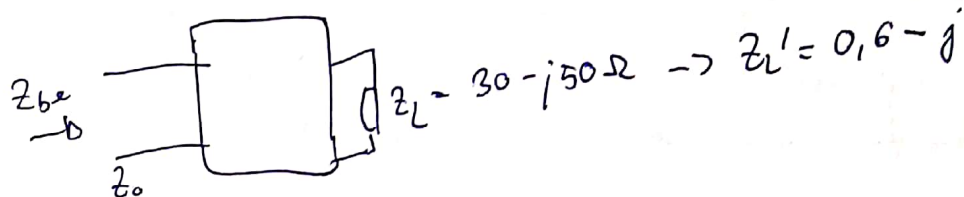
$$\rightarrow Z_{be} = Z_0 \cdot \frac{1 + \Gamma_{be}}{1 - \Gamma_{be}}$$

Vérde's lehet: milyen hosszú tépvonallal lesz Z_{be} való's?

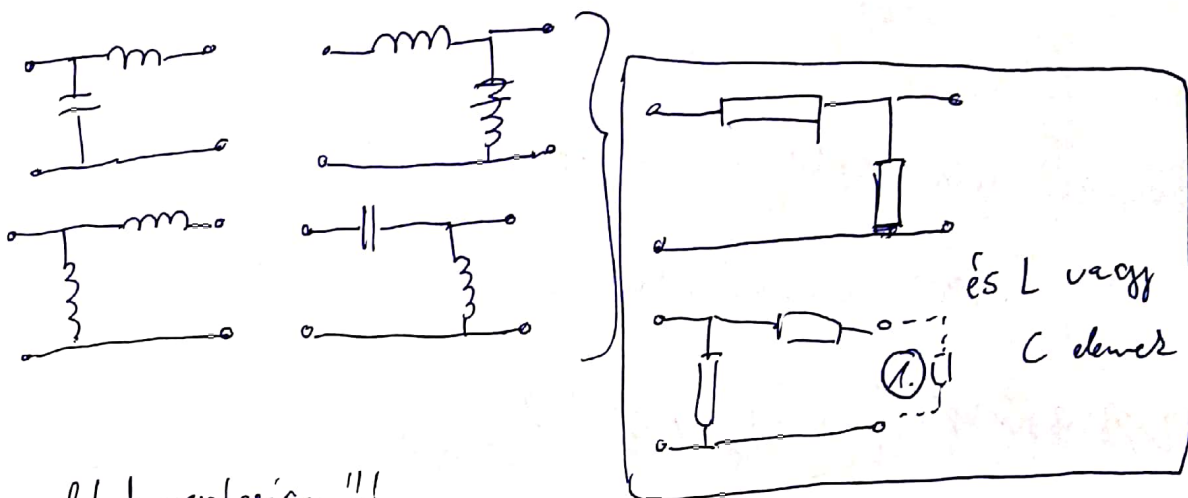
2.

Méssítési feladatok:

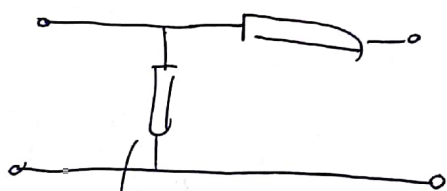
1.) $f = 100 \text{ kHz}$



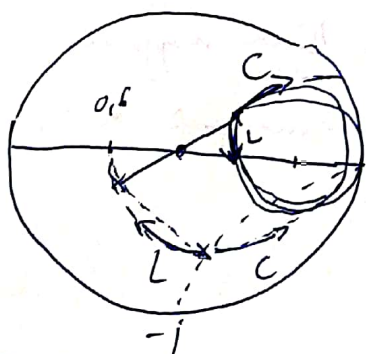
$Z_o = 50 \Omega$



nem lehet veszteséges!!!

 Z_L' pontot meghatározunk $\rightarrow$ a Z_o záppontba kell juttatni~~legyen teljes a soros elem~~ $L, C \rightarrow 0,6 - 0,5$ kör mentén mozoghatok vele $\rightarrow$ ehhez túlrögzítjük az impedanciát

(itt L és C irányai felcserélődnek)

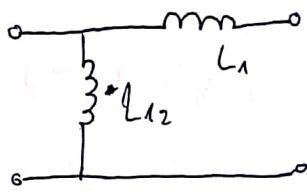


• ameddig el kell jutnunk:

szaggatott körrel való metszés -
partig!!!

$\Rightarrow$ első elem: L

$0,5j$ (normalizálva)

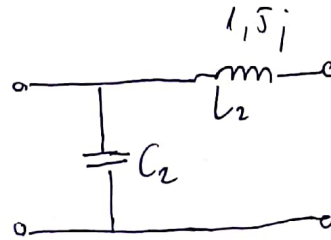


$$Z_{L_1} = 25j \, \Omega$$

$$L_1 = \frac{25}{2\pi \cdot 10^8} = 40 \, \mu\text{H}$$

elméleti feladatból

2. (feladatból)
↓ megoldás



$$L_2 = 120 \, \mu\text{H}$$

- tükrözés után leolvasás: $+j \cdot 0,185$ (és $-j \cdot 0,185$ is)

$\rightarrow -j \cdot 0,185$ - ös admittancia kell $\rightarrow$ felvétel

~~$50 \cdot \frac{1}{0,185} = \frac{1}{-0,185j} = j \cdot \frac{1}{0,185} \rightarrow \frac{1}{0,185} \cdot 50 = \omega L_{12}$~~

$$-0,185j \rightarrow \frac{1}{-0,185j} = j \cdot \frac{1}{0,185} \rightarrow \frac{1}{0,185} \cdot 50 = \omega L_{12}$$

$$L_{12} = 94 \, \mu\text{H}$$

norm. admittancia

norm. impedancia

$\dots \rightarrow C_2 = 27 \, \text{pF}$

Első párhuzamos elemes elrendezéssel is megoldható!

- először tükrözés $\rightarrow$ szaggatott körre megjűz

$\rightarrow$ tükrözés $\rightarrow$ sima körre bejegyzés a középpontba

!!

innen kezdjük

