

Zombory d'encs 208. szoba

} @mkt.bme.hu

Nagy Lajos 206. szoba

Félór megfélé 12H

vizsga szóbeli + egyenlő beugró... + lehetséges elővizsga

jegyzet: hvt.bme.hu/@nagy

1. EA.

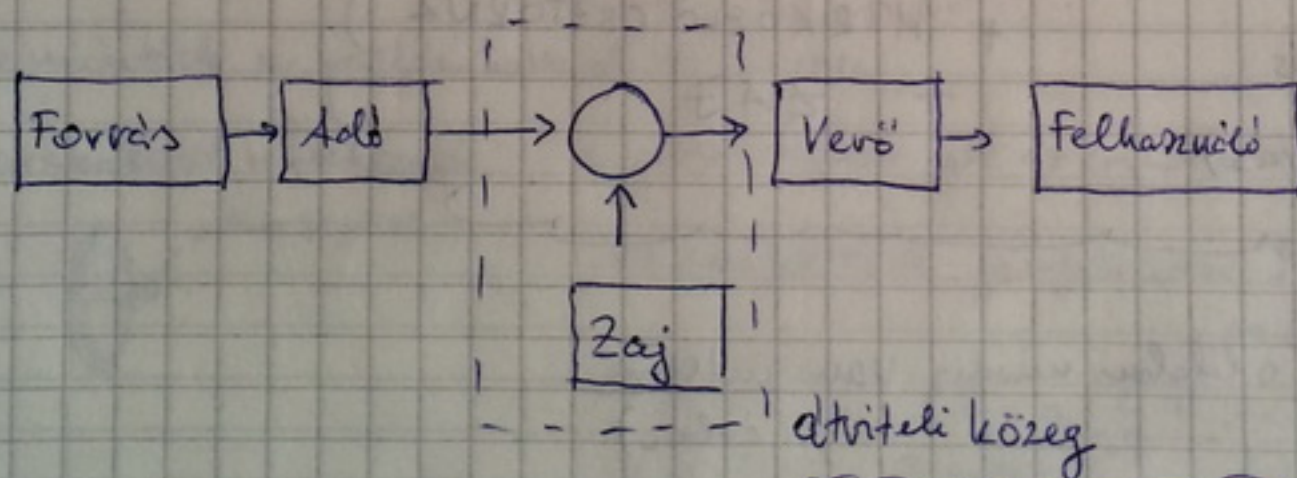
1873	Maxwell	elméleti alapok
1888	Hertz	gyakorlati alkalmazás

OPTIKA

MŰHOLD

KÁBEL

RÁDIÓZÁS

Kommunikációs sémák:Zaj additív / multiplikatívMathematical theory of communication
(Shannon)

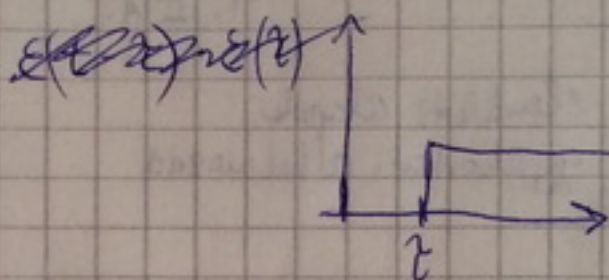
1948

Rádió spektrum:

$f = 0 \text{ Hz} \rightarrow 10^{23} \text{ Hz}$ (nullán-egyessel leírható itt)

ITU:	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
f	3 kHz	30 kHz	300 kHz	3 MHz				30 GHz
λ	100 km	10 km	1 km	10 m				1 mm

állandó helyű / mozgó



02.12.

2. előadás

Rádiószolgálatok

Frekvenciahasználat

FNFE (felosztás)

+ HÍRKÖZLŐ CSATORNA
+ ZAF

adó és vevő oldalon mindig van antenna.
(árbóc)

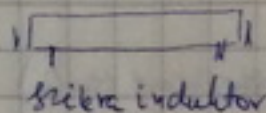
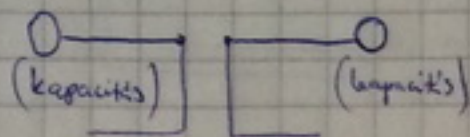
EM tér gerjesztéséhez gyorsuló töltések szükségesek:



~ váltakozó árammal lehet felgerjesztetni!

Vezeték antennák:

- van hosszirányú kiterjedése és össze mérhető a λ -val
- vastagsága $\ll \lambda$



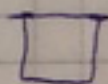
kis teljesítmény + nagy teljesítmény

$$\lambda = 6m$$

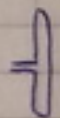
Egyenes antennák

Keret antennák:

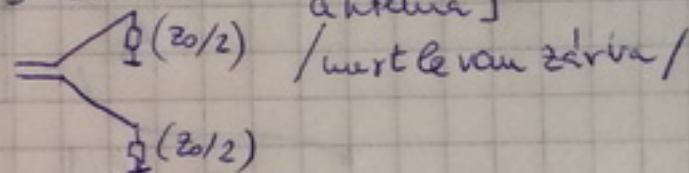
keret antenna



hajlított dipól



$V_{antenna}$ 5-10 λ hosszú [kétoldós hullámú antenna]



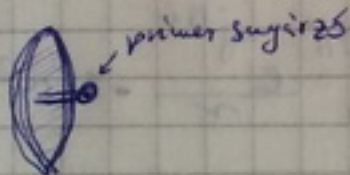
/mert le van zárva/

[mozgó sarkkörű állomásokon]
- rövid hullámok -

Apertúra antennák

- össze mérhetőek a hullámhosszal a méretei

pl: paraboloid reflektorok a primer sugárzó helyi az áramot a tüzelőben.



parafeltétel felületen!

ha az $\vec{E}$ és $\vec{B}$ konstans $\Rightarrow$ minden megvan

$$\frac{\vec{H}}{\vec{D}} \sim \frac{\vec{I}}{q} \quad \vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Gauss erőhatás indukció

- töltés antenna



Karib-tengeren: ferdész paraboloid alatti faragás!

+ antenna töltők

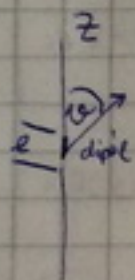
- patch antennák $\rightarrow$ microstrip antennák!

Fügyes antennák

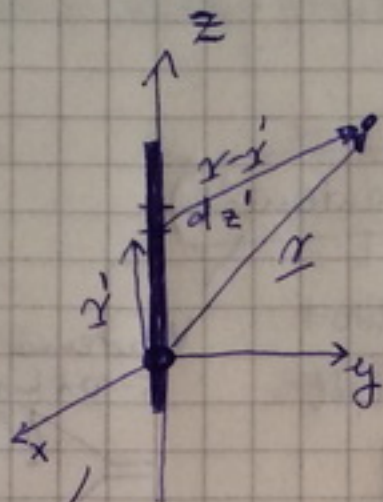
→ Hertz-dipólus

$$E_\vartheta = j \cdot \frac{60\pi}{\lambda} \cdot e \cdot I_0 \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \sin\vartheta$$

← van $e^{-j\beta r}$ csillgítás is.



$l/\lambda < 0.2$
normál hossz



(antenna mérete és a hullámhossza közötti távoli pont $d \gg \lambda$)

- felbontjuk elemi dipólokkra
a peremeken tovább folyik az áram

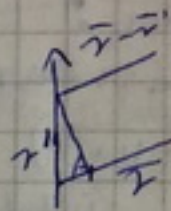
$$dE_\vartheta = j \cdot \frac{60\pi}{\lambda} \cdot \frac{e \cdot I_0}{I_2 \cdot dz'} \cdot \sin\vartheta \cdot \frac{e^{-j\beta |\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} \sim$$

$$\Rightarrow E_\vartheta = j \cdot \frac{60\pi}{\lambda} \cdot \sin\vartheta \int_L I(z') \cdot \frac{e^{-j\beta |\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} dz' \quad \text{minden távolabbi elemi dipólusra}$$

[csak a $\sin\vartheta$ változik csak helyébe]

• $|\mathbf{r}-\mathbf{r}'| \approx |\mathbf{r}| \rightarrow$ csak a nevezőben!

$$\approx |\mathbf{r}| - |\mathbf{r}'| \cdot \cos\vartheta$$



$$E_\vartheta = j \cdot \frac{60\pi}{\lambda} \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \sin\vartheta \cdot \int_L I(z') \cdot e^{j\beta z' \cos\vartheta} dz'$$

$$E_\vartheta = j \frac{60\pi}{\lambda} \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \sin\vartheta \cdot \int_L I(z') \cdot e^{j\beta z' \cos\vartheta} dz'$$

de $I(z')$ nem ismerjük

$$\frac{\text{Dipólus}}{\text{Dipólus}} \sim \frac{\text{Dipólus}}{\text{Dipólus}} \sim I(z') = I_m \cdot \sin(\beta l - |z'|)$$

$$E_y = j \cdot 60 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \cos(\beta L \cdot \cos \vartheta) - \cos \beta L$$

since

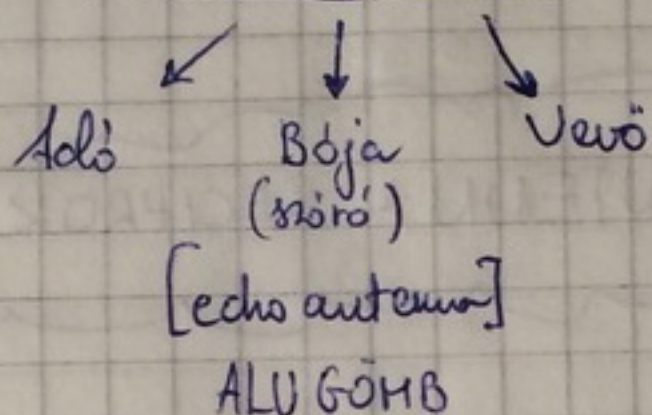
Zurück!

$$E_{\varphi} = j \cdot 60 \frac{1}{r} \cdot e^{-j\beta r} \cdot \frac{\cos(\beta l \cdot \cos \varphi) - \cos \beta l}{\sin \varphi}$$

zárta abba!

3. előadás

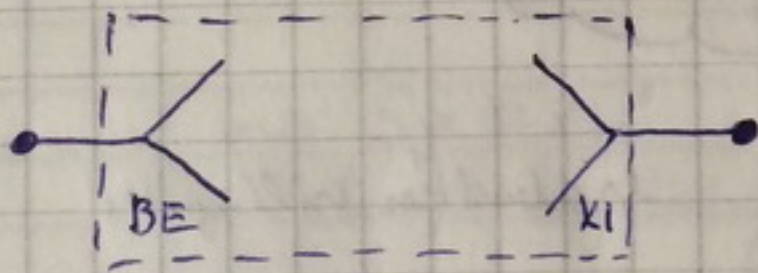
Antenna funkciók



- A rádiócsatorna egy közeg, amely az ösmer tulajdonságait meghatározza:

- amplitudó
 - fázis
 - polarizáció
 - spektrum
- } Síkhullám: [távoltér]

- A rádiócsatorna kétkapu: [teljesítményt tudunk hozzárendelni a kapukhoz]



Szabványosítás:

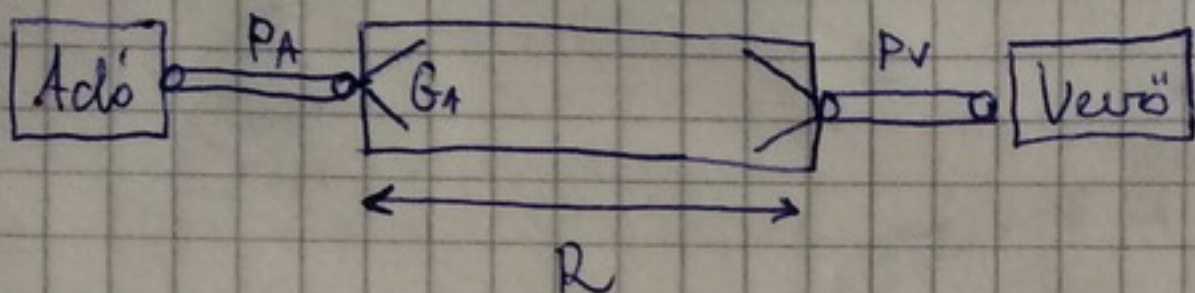
$$a_{s2} = 10 \lg \left(\frac{P_{be}}{P_{ki}} \right) [\text{dB}]$$

$$() = \text{szégyen napier} \left(\ln \left(\frac{P_{be}}{P_{ki}} \right) \right)$$

- a szarvasz állapítás mindentől függ.

A hirtőlő összehatás:

Az antenna reciprok



$$G_A = \frac{S_{\text{max}}}{S_0} \Rightarrow$$

antenna
nyerés
főirány
izotróp

$$S_0 = \frac{P_A}{4\pi R^2}$$

izotróp
dH. telj

$$S_{\text{max}} = \frac{P_A \cdot G_A}{4\pi R^2}$$

$$A_h = \frac{P_V}{S} = \frac{G_V \cdot d^2}{4\pi}$$

hatásos
felület
Poynting
vektor
S_{max}

$$P_V = \frac{P_A \cdot G_A}{4\pi R^2} \cdot A_h \Rightarrow \frac{P_A \cdot G_A \cdot G_V \cdot d^2}{(4\pi)^2 R^2} = P_V$$

$$a_0 = 10 \lg \left(\frac{4\pi R^2}{d^2} \right) - G_A^{[dB]} - G_V^{[dB]}$$

szarvasz állapítás

$a_t \Rightarrow$ többlet csillapítás

$a_p \Rightarrow$ polarizációs csillapítás

$a_r \Rightarrow$ reflexiós csillapítás

$$a_{\text{szarvasz}} = a_0 + a_t + a_p + a_r$$

ZAJOK

Külső zajhőmértéklet:

$$P_{ZA} = k \cdot T_A^{(K)} \cdot B$$

$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Belső zaj:

$$T_V = (F_V - 1) T_0$$

(300 K)

$$T_{be} = T_A + T_V$$

$$P_{Zbe} = k \cdot T_{be} \cdot B$$

bevezetett
zajteljesítmény

$$10 \lg(k \cdot T_0) = -204 \frac{\text{dBW}}{\text{Hz}}$$

$$10 \lg P_{Zbe} = -204 + 10 \lg \frac{T_{be}}{T_0} + 10 \lg B$$

[dBW]

$\frac{S}{N} \rightarrow$ signal to noise

4. előadás

(mesélés)

irányjelvonaltervezés $\rightarrow$ egyenes dipólusnál $l/d \Rightarrow 0,625$ a fordulópont.

sugárzási ellenállás $\rightarrow$ hisugárzott teljesítménnyel arányos.

$$\frac{2 \cdot P_s}{\int_0^2}$$

$\rightarrow$ áramkarakterisztika definíciójuk vagy a bevezetett

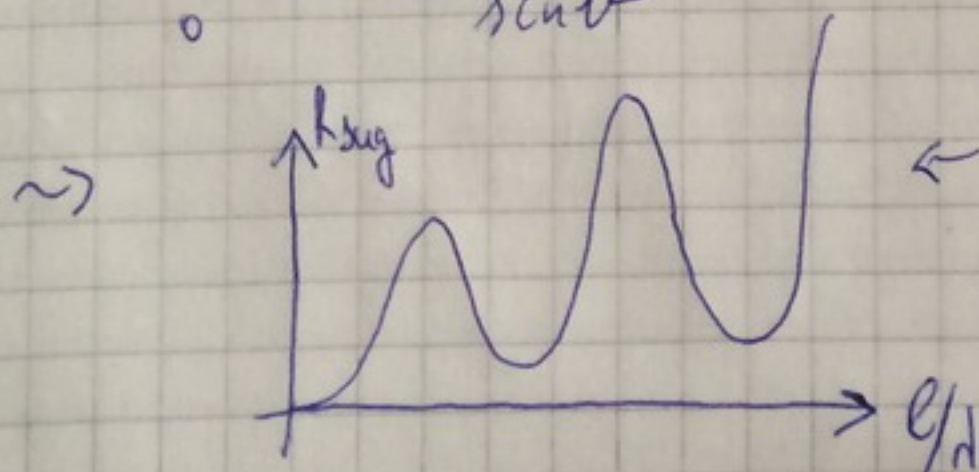
$\sim [\sin(\beta l)]$ -tel ábrázolható

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}^*$$

komplex teljesítmény $\rightarrow$ meglátás + hatásos

görbe integráljuk

$$R_{sug} = 60 \cdot \int_0^\pi \frac{[\cos(\beta l \cdot \cos \theta) - \cos \beta l]^2}{\sin^3 \theta} d\theta$$



$$R_{Hertz} = 80\pi^2 \cdot \left(\frac{l}{d}\right)^2$$

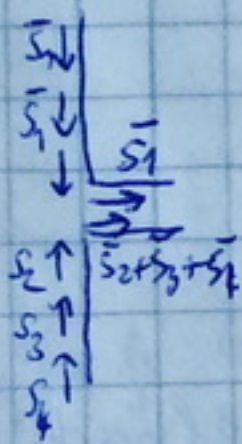
irányhatás : $\frac{S_{\max}}{S_0} = \left(\frac{P_{\text{ki}}}{4\pi r^2} = S_0 \right)$

$0,625 = \frac{P}{P_0}$ ezt sok helyen használják
 fading a leggyakoribb elterjedés!
 $\frac{3}{4}$

hatásos hossz is felület

az antenna tereli az EM hullámok energiáját (pozitív vektor)

az $\vec{S}$ vektor mindig a felületen



nyereség mindig kisebb, mint az irányhatás!

S. előadás

Hatásos hossz:

Adóantenna

↑ kifelé kocsis hullám

$$\vec{E}(r) = j \frac{60\pi}{r} e^{-j\beta r} I(0) \cdot \vec{h}(\theta, \varphi)$$

↑ tárolás!

↓ komplex hatásos hossz

$$h(\theta, \varphi) = h_e \cdot F(\theta, \varphi)$$

↑ főirányban a hatásos hossz

↑ normált max irányban 1

$$h_e = \frac{1}{I(0)} \int_{-l}^l I(z) dz$$

↓

minden állandó $I(z)$ folyton (átlagérték)

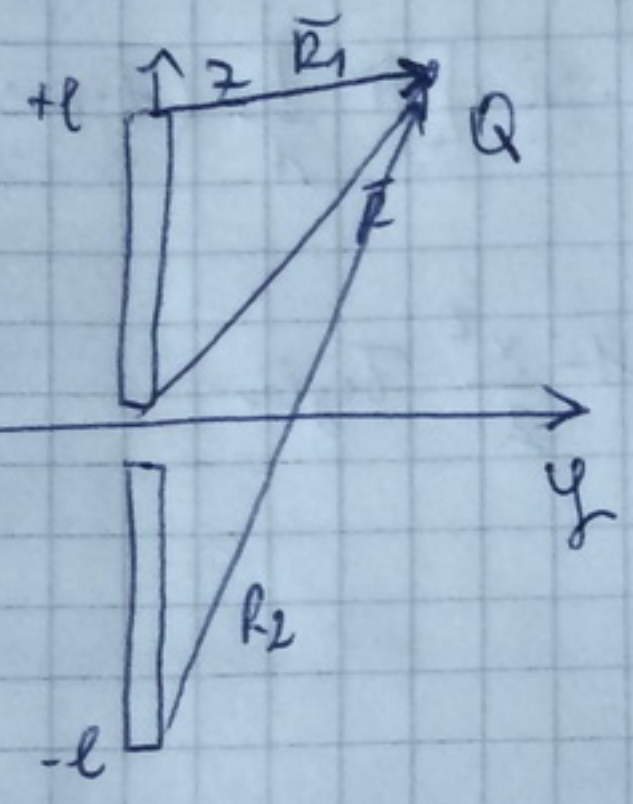
POLAR KOORDINÁTÁS LEÍRÁS CB-ben

dipólra: $h_e = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \frac{1 - \cos \beta l}{\sin \beta l}$

$\frac{\lambda}{2}$ antenna effektív hossza $\rightarrow \left(\frac{\lambda}{\pi}\right) \sim 64\%$

revőantennára ugyanez a reciprocitás miatt.

Lineáris antenna közelítése:



$$E_z(Q) = -j \cdot 30 I_m \cdot \left(\frac{e^{-j\beta r_1}}{r_1} + \frac{e^{-j\beta r_2}}{r_2} - 2 \cos(\beta l) \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \right)$$

$E_y(Q) = \text{hosszú}$

$$= j \frac{30 I_m}{r} \left((z-l) \frac{e^{-j\beta r_1}}{r_1} + (z+l) \frac{e^{-j\beta r_2}}{r_2} - 2 \cos(\beta l) \cdot z \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \right)$$

monopól
314 m
540 kHz

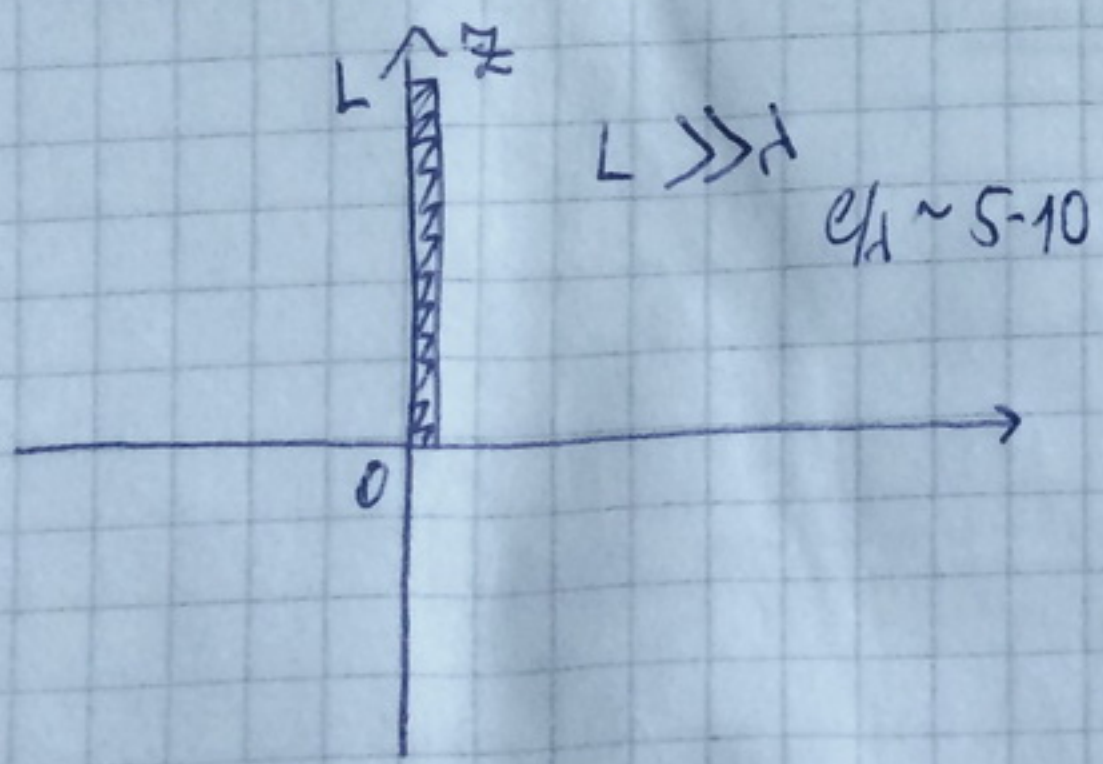
$z=0$ -ban!

$E_z = 33,6 \text{ V/m}$

20 V/m felett erősen veszélyes

nem veszélyes térférség 3 V/m

Egyszerű haladó hullámmű antenna:



$I(z) = I_0 \cdot e^{j\omega t - \gamma z}$

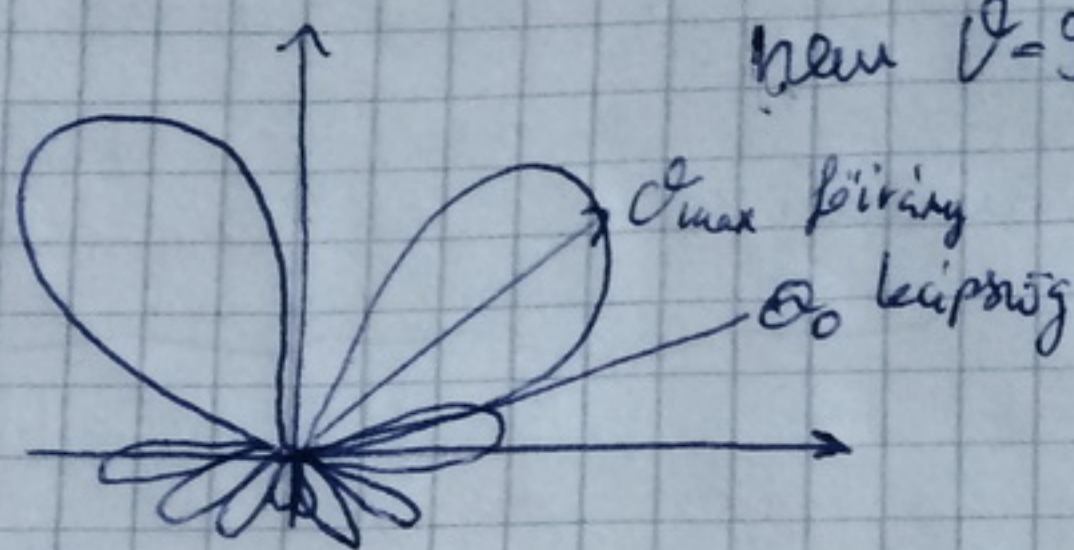
lezárjuk az antennát

$\gamma = \alpha + j\beta$

ha $\alpha=0 \rightarrow$

$$E_\theta = j \frac{60\pi}{\lambda} \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \sin \vartheta \cdot \int_0^L I(z) \cdot e^{j\beta z \cos \vartheta} dz \cdot e^{j\omega t}$$

$$\vec{E}_e = j \frac{60 \Gamma}{r} \cdot I(0) \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \sin \vartheta \cdot \frac{e^{j(\beta \cdot \cos \vartheta) - \frac{\pi}{2}}}{j\beta \cdot \cos \vartheta - \frac{\pi}{2}} \cdot e^{j\omega t}$$

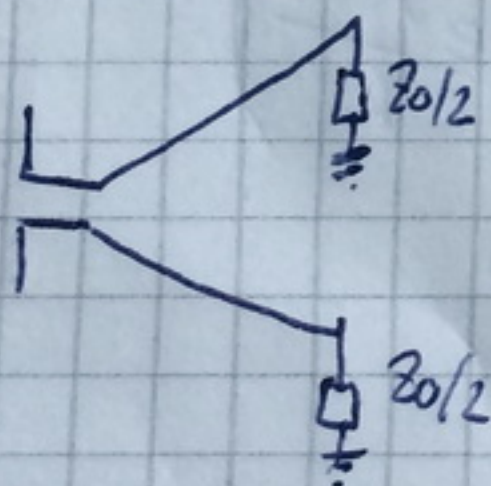


$$|E_e| = \frac{60 I_0}{r} \cdot \frac{\sin \vartheta}{1 - \cos \vartheta} \cdot \sin \left[\pi \cdot \frac{L}{\lambda} (1 - \cos \vartheta) \right]$$

$$\cos \vartheta_{\max} = 1 - \frac{\lambda}{2L} \leadsto \cos x = 1 - \frac{x^2}{2} \text{ Taylor}$$

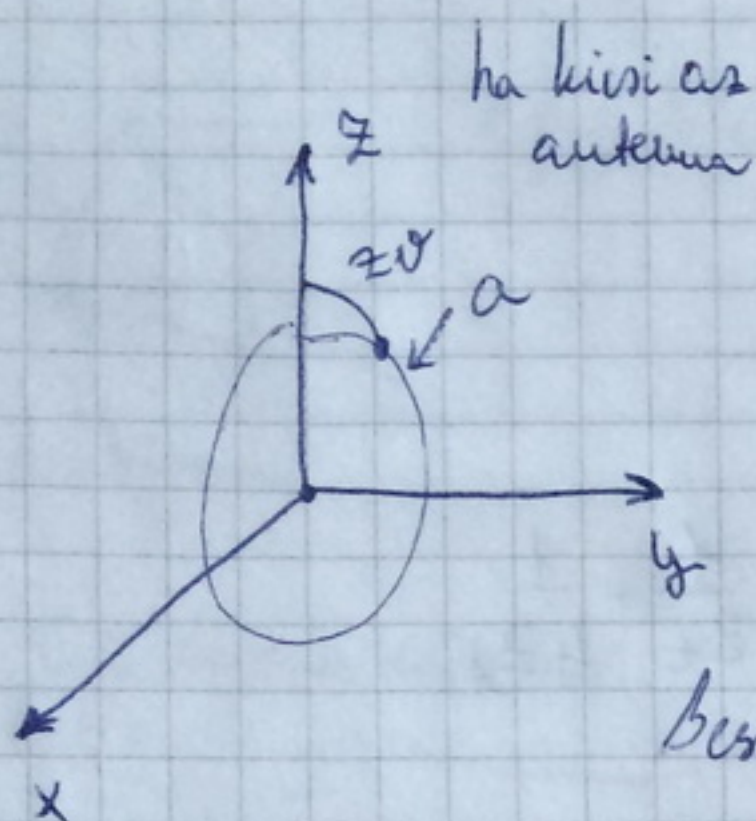
$$\vartheta_{\max} \approx \sqrt{\frac{\lambda}{L}}$$

$$\text{null hely} = \Theta_0 = \sqrt{2 \frac{\lambda}{L}}$$



esetleg rombusz antenna
összerakva 2 ízlen

6. előadás



$$\vec{E}_\varphi = -j\omega\mu_0 \cdot \frac{a \cdot I_0}{2} \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot J_1(u)$$

$$u = \beta \cdot a \cdot \sin(\psi)$$

Bessel fo.-di.

leőrelítés

ha $a \ll \lambda \rightarrow \vec{u} \rightarrow \vec{E}_\varphi = -j\omega\mu_0 \cdot \frac{a \cdot I_0}{2} \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \frac{\beta \cdot a \cdot \sin(\psi)}{2}$

azért Az $\vec{E}$ és a $\vec{H}$ helyet cserél a Hertz dipólushoz képest
dualitás!

a hertantenna tere és a Hertz-dipól tere egymás dualisa.

kicsi köráram merről $\leftrightarrow$ minnyosan pulzáló mágneses ~~ter~~ dipólus

$$\vec{E}_\varphi = -j \left(\frac{\pi \cdot a}{\lambda} \right)^2 \eta_0 \cdot I_0 \frac{e^{-j\beta r}}{r} \sin(\psi)$$

$\downarrow$
 Z_0

Sugárzási ellenállás:

$$R_s = 20\pi^2 \cdot (\beta \cdot a)^4$$

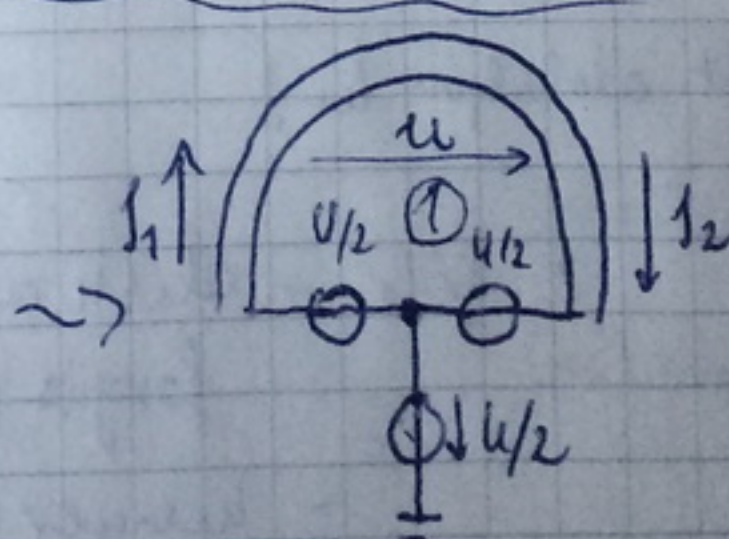
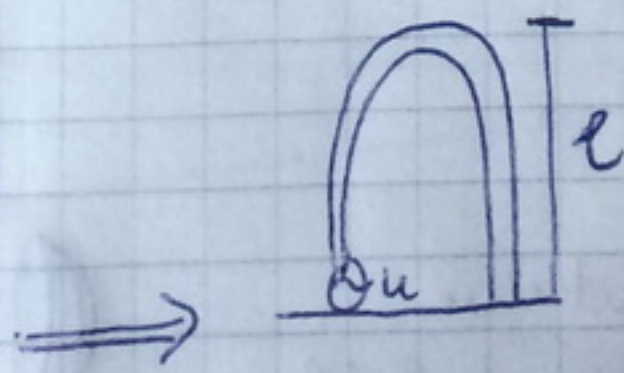
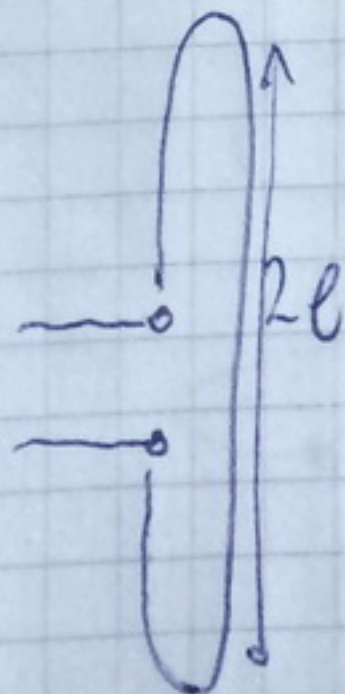
Papating
vektorok
módosít
2 tárolási
-ben.

Hertantenna: áramdomináns tér

Hertz-dipól : feszültségdomináns tér

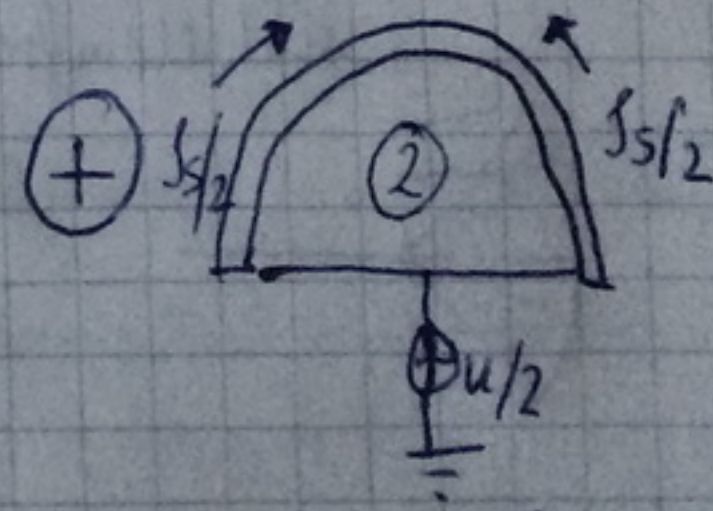
növelhető a sug. ell.
több ~~teljes~~ segítőjével
vevett

Hajlított dipól



aszimmetrikus
táplálás

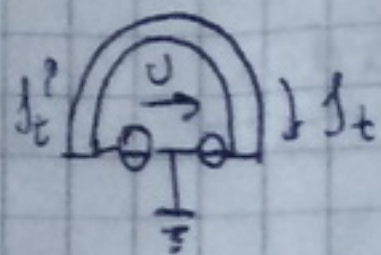
(egyik 0 másik vezes potenciál)



szimmetrikus
táplálás

(mindkét vezeték közös potenciál)

② $I_s = \frac{U/2}{Z_A} = \frac{U}{2 \cdot Z_A}$
 bemeneti
 impedancia



$$I_t = \frac{U}{Z_t} = \frac{U}{j 20 \tan(\beta L)}$$

$$I_1 = I_t + \frac{I_s}{2} = \frac{U}{Z_t} + \frac{U}{4 Z_A}$$

$$I_2 = I_t - \frac{I_s}{2}$$

$$Y_{be} = \frac{1}{Z_t} + \frac{1}{4 Z_A}$$

$$l = \frac{d}{4} \text{ esetén}$$

$$Z_{be} = 4 Z_A \approx \underline{\underline{280 \Omega}}$$

az antenna kábel nullaimpedanciája 300Ω volt, ehhez illesztett a hajlított dipól.



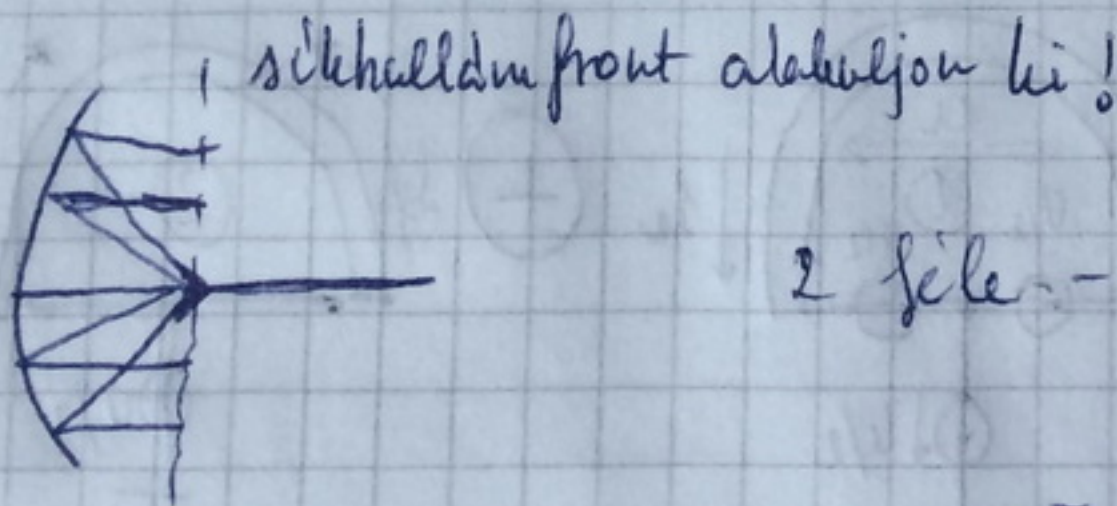
lehet az impedanciát változtatni!
 azaz, hogy kóva osztályozunk!

Apertúra

antennák

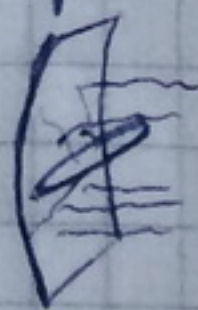
reflektor, lencse, töltés

1) Reflektor antennák:



2 félé - dish antenna
 forgás paraboloid

- henger paraboloid



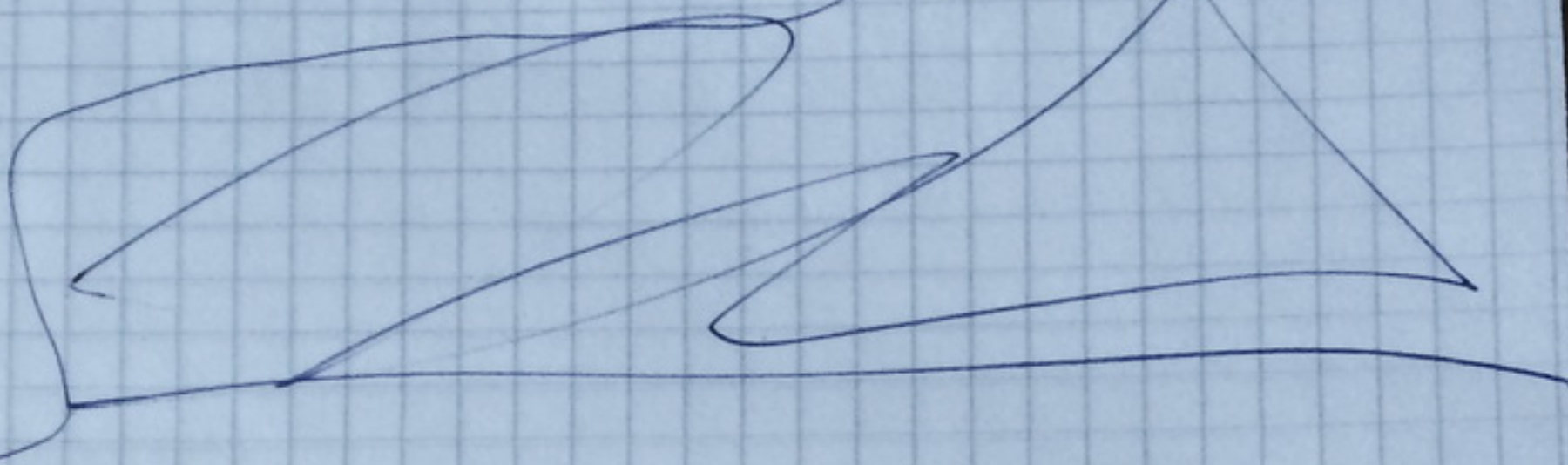
henger nyíláb!
 csőtápvonal

Egyszerű, többszörös rendszerek!



Cassegrain reflektor

Egyszerűsebb teret lehet vele hűteni



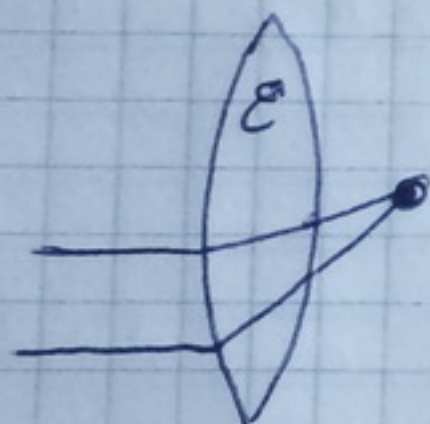
Offset-antenna



antenna felülete nincs távolva ✓
polarizációs problémák X

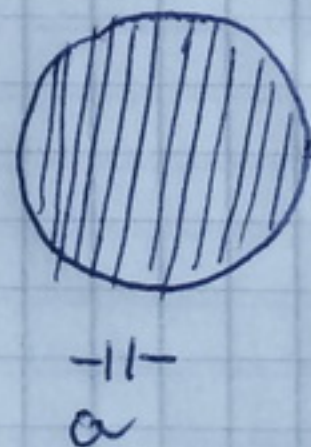
H-V polarizációs irány nemlik

Leucse antennák:



lehet $d/2$ -es vastagságot betenni (koncentrikus gyűrűk)

lehet fémleucse:



polarizáció !!

TE₁₀ módápronal!

$$\frac{d}{2} \leq a \leq d$$

$$d_g = \frac{d_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{d_0}{2a}\right)^2}}$$

$$d_g = \frac{d_0}{\sqrt{\epsilon'}}$$

homogén leucse

neem használják reflektornak
de hullámfront javításra jó!

kis antennáknál használják
(tányérok)