

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.

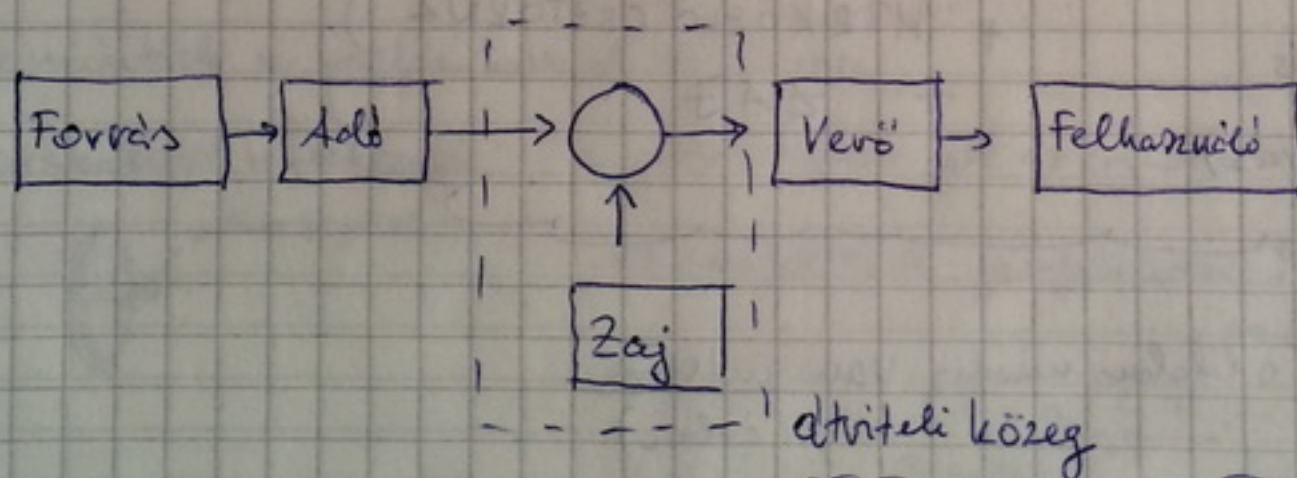
1873	Maxwell	elméleti alapok
1888	Hertz	gyakorlati alkalmazás

OPTIKA

MŰHOLD

KÁBEL

RÁDIÓZÁS

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

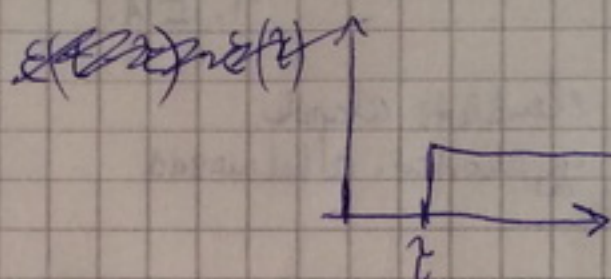
1948

Rádió spektrum:

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

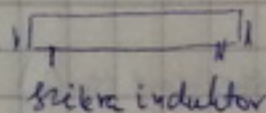
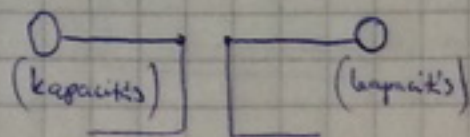
EM tér gerjesztéséhez gyorsuló töltések szükségesek:



~ váltakozó árammal lehet felkeltani!

Vezeték antennák:

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



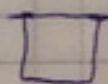
kis teljesítmény + nagy teljesítmény

$$\lambda = 6m$$

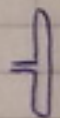
Egyenes antennák

Keret antennák:

keret antenna

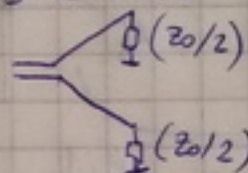


hajlított dipól



$V_{antenna}$
5-10 λ hosszú

[kétoldós hullámú antenna]



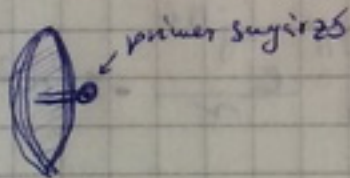
/mert 2 van zárva/

[mozgó sarkkörű állomásokon]
- rövid hullám -

Apertúra antennák

- össze mérhetőek a hullámhosszal a méretei

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



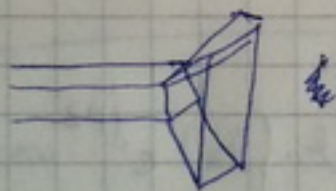
parafeltétel felületükön!

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

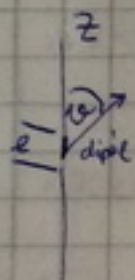
- patch antennák $\rightarrow$ microstrip antennák!

Fügyes antennák

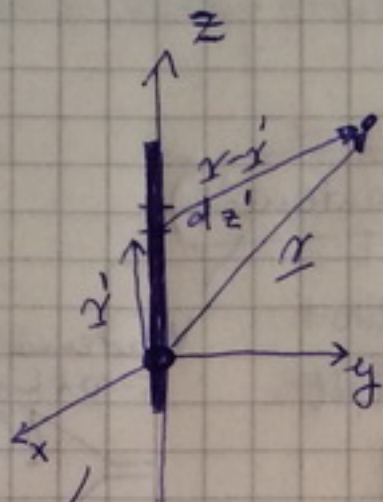
→ Hertz-dipólus

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

← 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

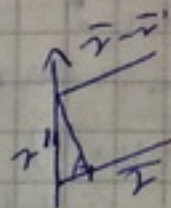
$$dE_{\varphi} = j \cdot \frac{60\pi}{\lambda} \cdot \frac{e \cdot I_0}{I_2} \cdot dz' \cdot \sin\vartheta \cdot \frac{e^{-j\beta |\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} \sim$$

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

minden távolabbi elemi dipólusra

[csak a $\sin\vartheta$ vektorok csak hűvösbe]

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



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

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

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

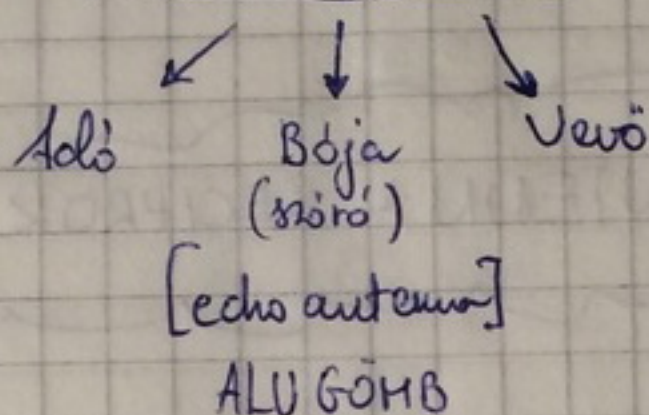
Zurück!

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

zárta abba!

3. előadás

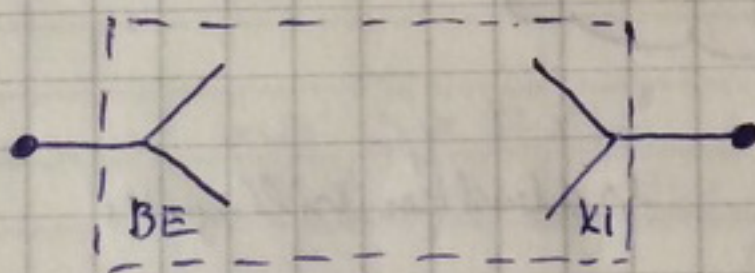
Antenna funkciók



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

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

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



Szabványosítás:

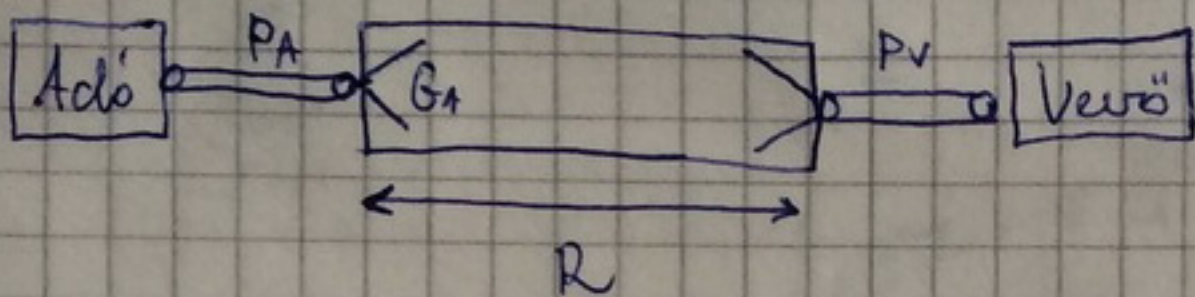
$$a_{s2} = 10 \lg \left(\frac{P_{be}}{P_{ki}} \right) [\text{dB}]$$

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

- a szarvasz állapítás mindentől függ.

A hirtőlő összehasonlítás:

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

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

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

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:

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

(300K)

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

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

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

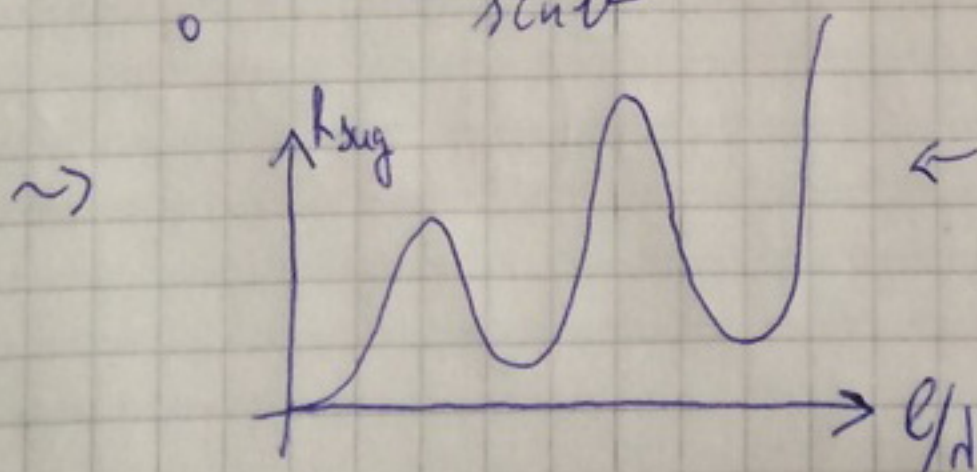
$\sim [\sin(\beta l)]$ -tel ábrázolható

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

komplex teljesítmény $\rightarrow$ meddő + hatékony

gömbre integráljuk

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



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

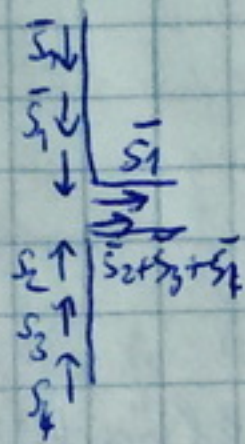
irányhatás : $\frac{S_{\max}}{S_0} = \left(\frac{P_{\text{ki}}}{4\pi r^2} = S_0 \right)$

$0,625 = \frac{P}{P_0}$ 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 haladó 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

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

↑ állandó $I(z)$ folytonos (átlagérték)

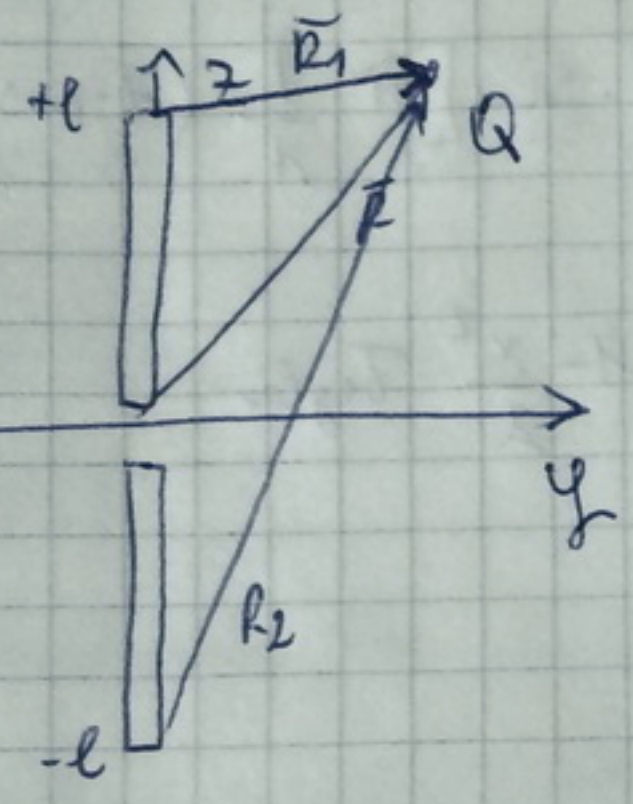
POLAR KOORDINÁTÁS LEÍRÁS dB-ben

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

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

Levőantennára ugyanez a reciprocitás miatt.

Lineáris antenna közelítése:



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

$E_y(Q) =$ 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

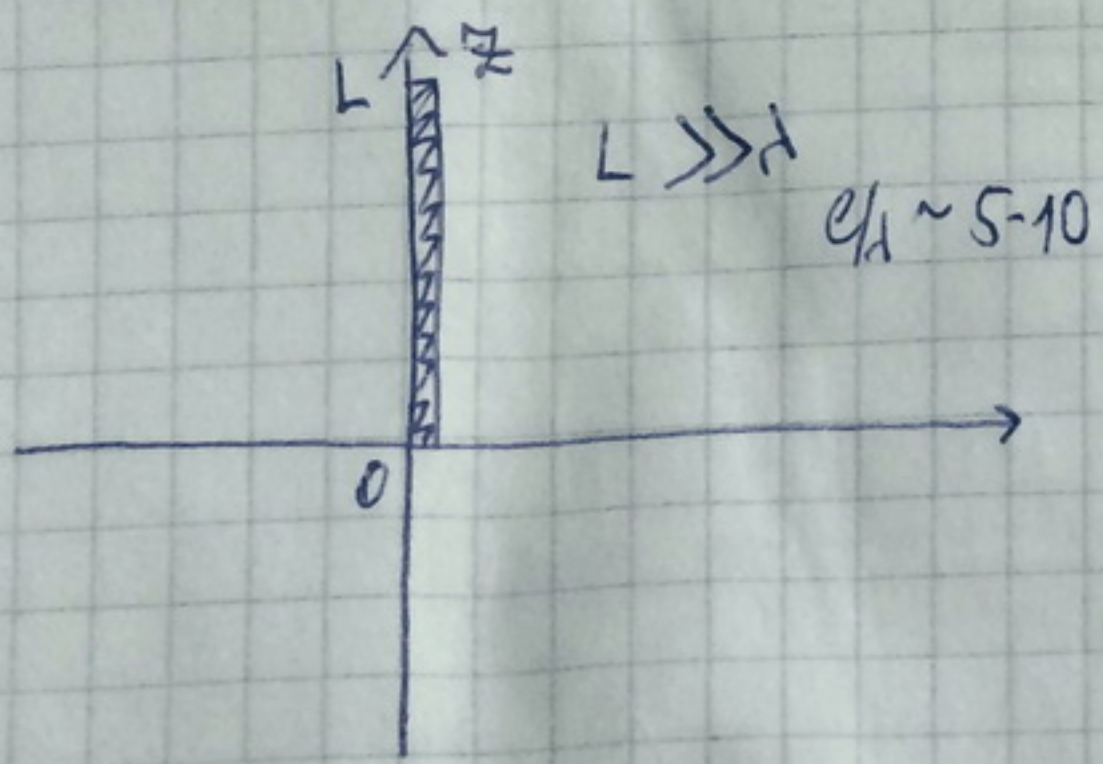
$z=0$ -ban!

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

20 V/m felett erősen veszélyes

nem veszélyes térféleség 3 V/m

Egyszerű haladó hullámmű antenna:



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

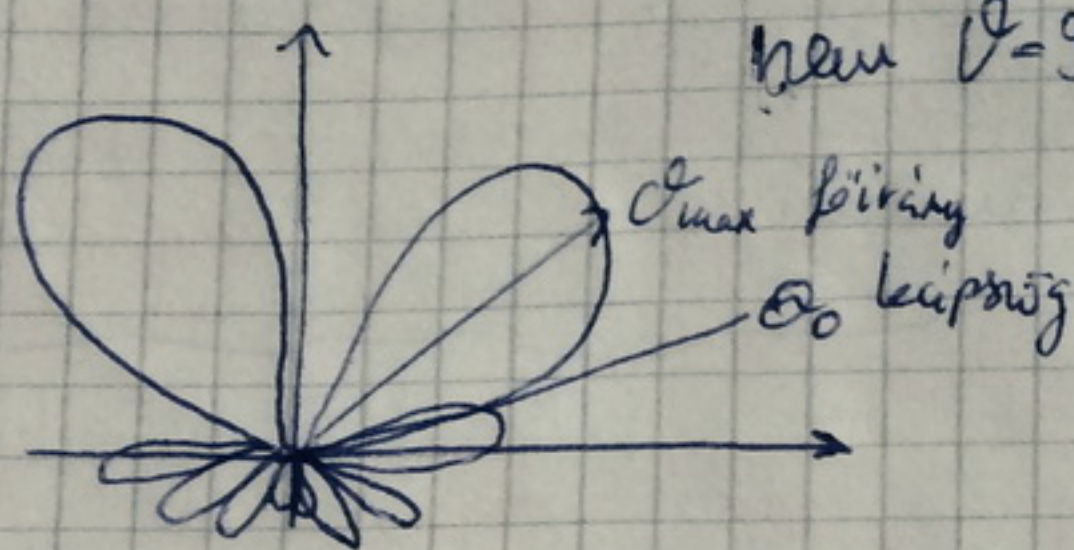
lezárjuk az antennát

$\gamma = \alpha + j\beta$

ha $\alpha=0 \rightarrow$

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

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

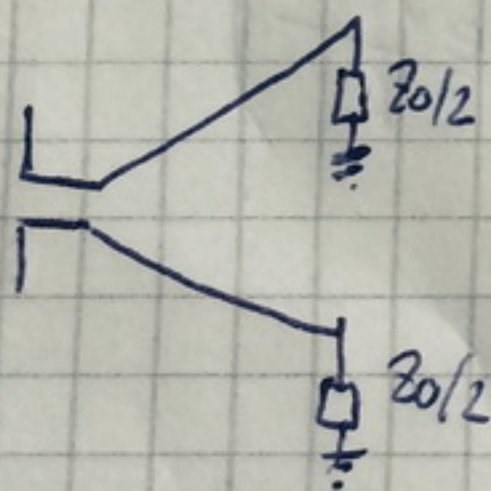


$$|E_e| = \frac{60 I_0}{r} \cdot \frac{\sin \vartheta}{1 - \cos \vartheta} \cdot \sin \left[\pi \cdot \frac{L}{\lambda} (1 - \cos \vartheta) \right]$$

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

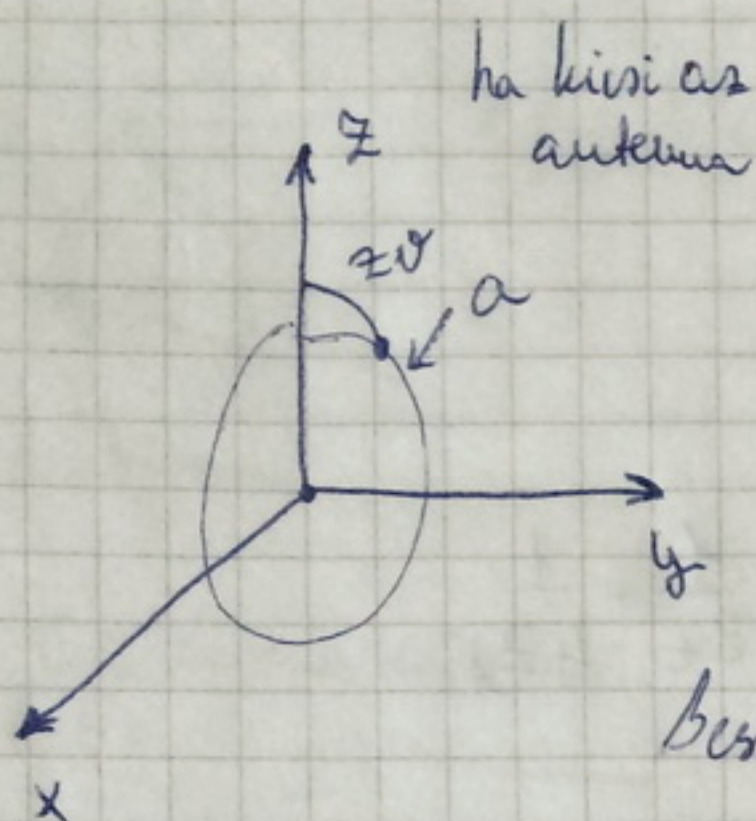
$$\vartheta_{\max} \approx \sqrt{\frac{\lambda}{L}}$$

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



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

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

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

$\downarrow$
 Z_0

Sugárzási ellenállás:

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

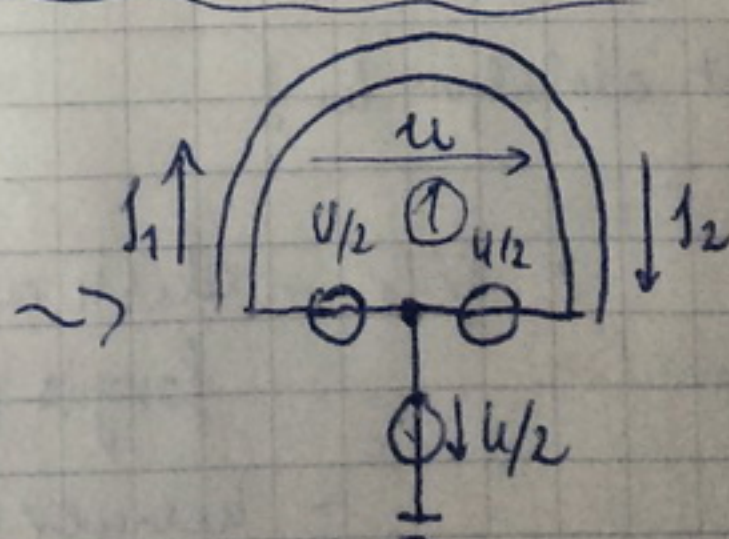
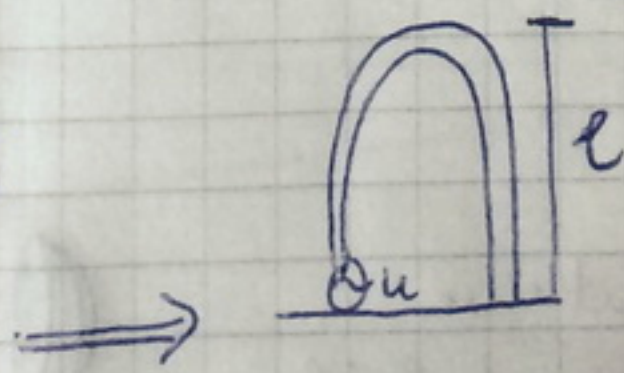
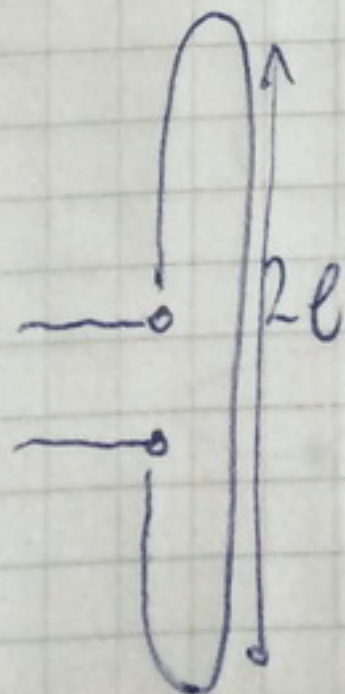
Papuding
vektorból
számoljuk
2 tárolásra
-ben.

Hertantenna: áramdomináns tér

Hertz-dipól : feszültségdomináns tér

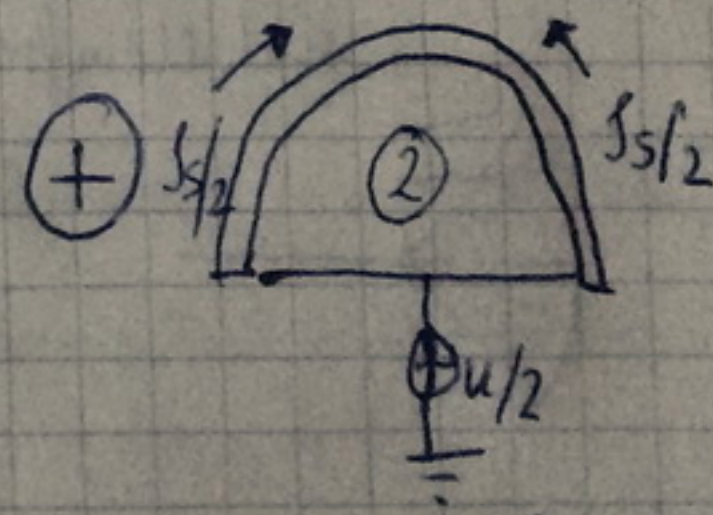
növelhető a sug. ell.
több ~~teljes~~ segítőjével
vevett

Hajlított dipól



aszimmetrikus
táplálás

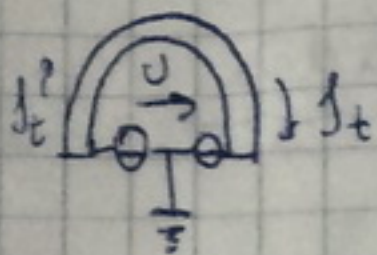
(egyképp 0 mész vezes potenciál)



rövidre zárt
táplálás

= szimmetrikus
táplálás
miért

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



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

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

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

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

$$l = \frac{d}{4} \text{ esetén}$$

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

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



lehet az impedanciát változtatni!
 azaz, hogy kóva osztályozzuk!

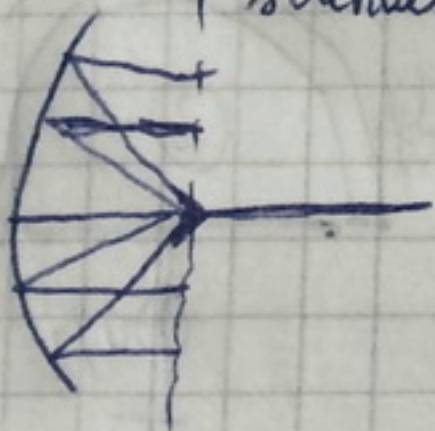
Apertúra

antennák

reflektor, lencse, töltés

1) Reflektor antennák:

síkhullámfront alakuljon ki!



2 félé - dish antenna
 forgás paraboloíd

- henger paraboloíd



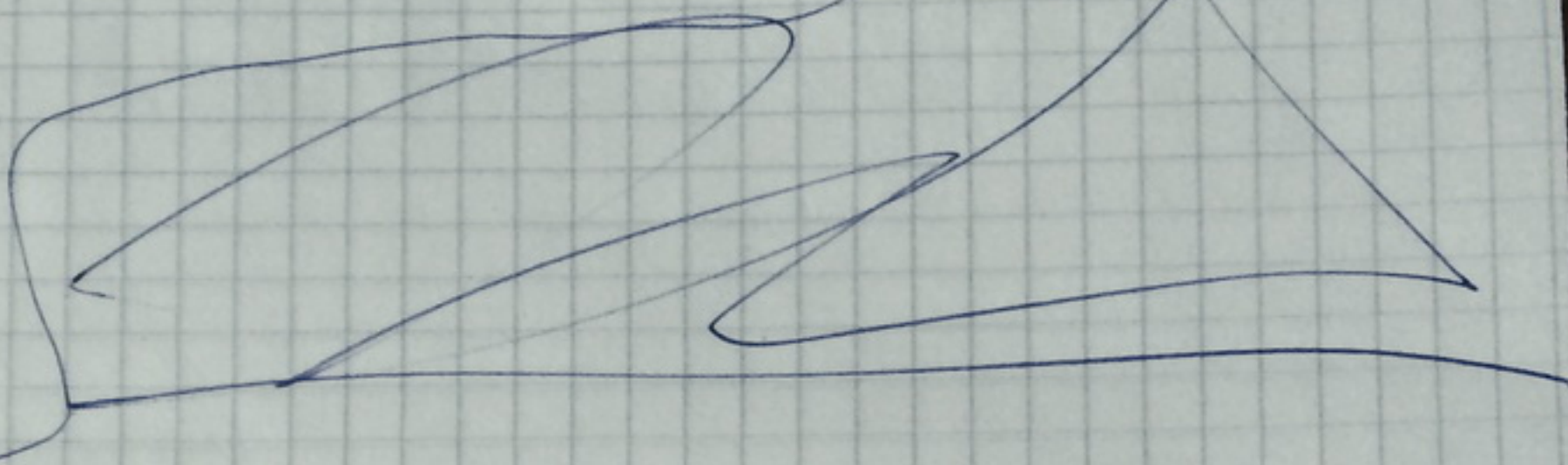
henger nyíláb!
 cső tápvonal

Egyszerű, többszörös rendszerek!



Cassegrain reflektor

Egyszerűbb teret lehet vele hűteni



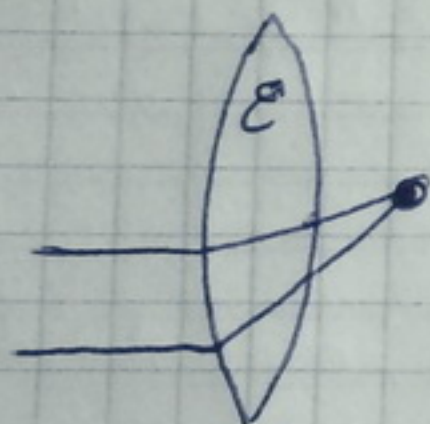
Offset-antenna



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 módúvával!

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

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

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

homogén leucse

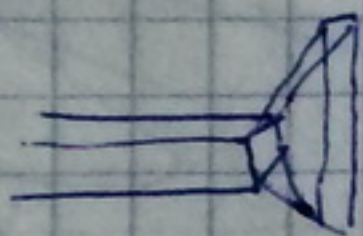
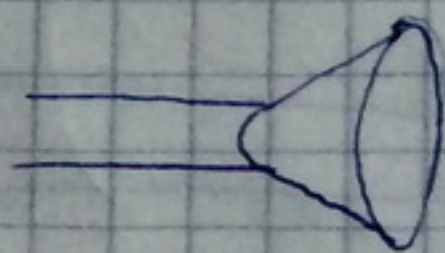
neem használják reflektornak
de hullámfront javításra jó!

kis antennáknál használják
(tárcsák)

7. előadás

apertura: nyílás, amelyen EM áramlik át.

Tölcsér antenna: transzformátor a csőtápvonal és a szabótekér között.



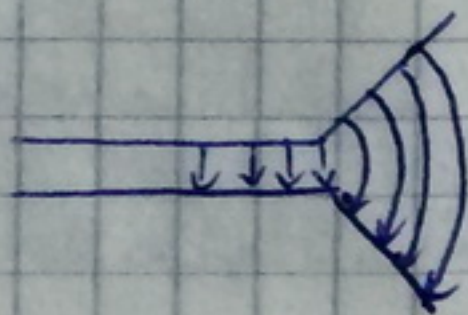
E-síkú antenna

vagy



H-síkú antenna

hátránya:



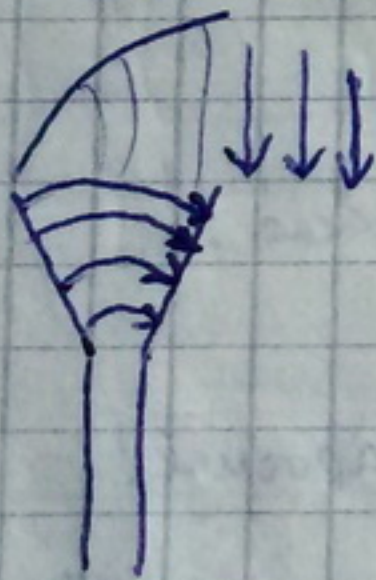
fajzsihiba van (nem síkhullámfront van!)

javítás: dielektrikus lecsúszással!

inkább kiterjedés...

reflektor antennák primer sugárzóinak használják leggyakrabban.

Tölcsér paraboloíd:



300 MHz és 36 GHz között!

szekszor használják

le van fedve műanyag ~~hálóval~~ ^{hálózattal}

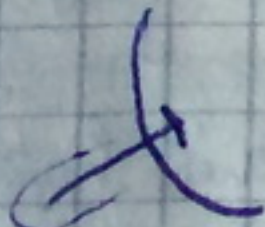
előre-hátra viszonyára jó ~ 60-65 dB

(szél-effektus)
peremeken

port-port
összehajtogatás

jó a keresztpol. csillapítás: 35-40 dB

előre-hátra nyírást okoz!

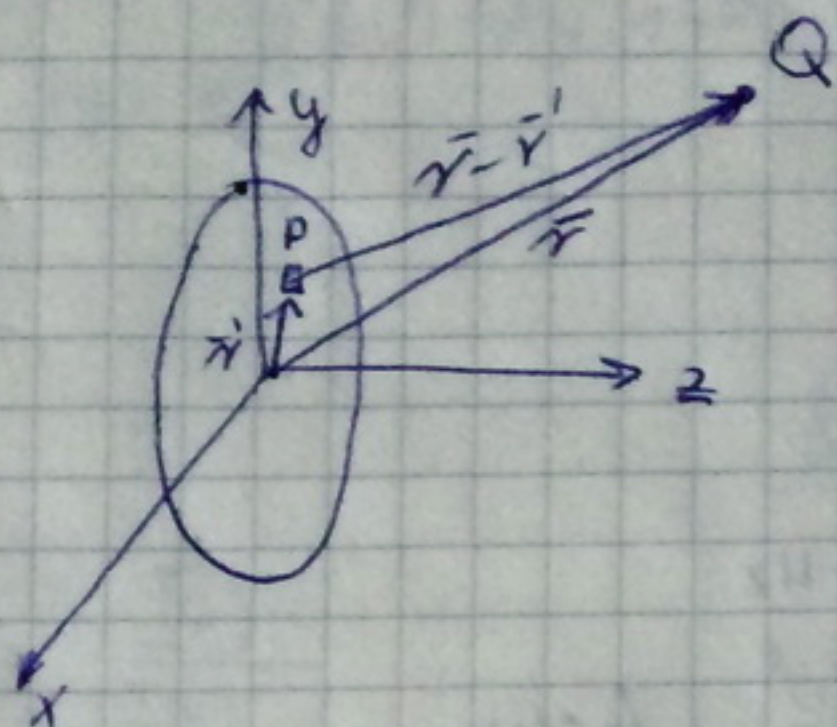


3-4 K

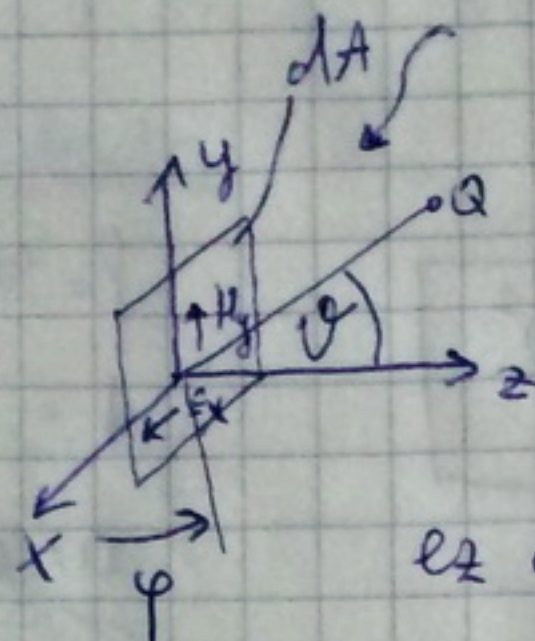
300 K

hátsó sugárzás nagyobb!!

apertura távolterse:



egy kis "P" felületelem
az E, H eloszlás
helyére!



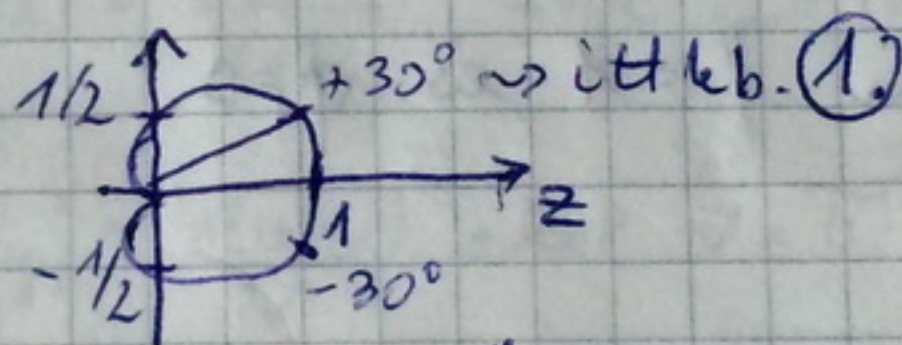
$$E \sim H$$

ez egy Huygens-felület!

$$dE_\varphi = E_x \cdot \frac{dA}{r} \cdot e^{-j\beta r} \cdot \frac{1 + \cos\theta}{2} \cdot \cos\varphi$$

$$dE_\psi = E_x \cdot \frac{dA}{r} \cdot e^{-j\beta r} \cdot \frac{1 + \cos\theta}{2} \cdot \sin\varphi$$

$$|dE| = E_x \cdot \frac{dA}{r} \cdot e^{-j\beta r} \cdot \left(\frac{1 + \cos\theta}{2} \right)$$



$$dE = E_x \cdot \frac{dA}{r} \cdot \frac{e^{-j\beta|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|}$$

$$E(\vec{r}) = \frac{1}{r} \cdot \iint_{A'} E(\vec{r}') \cdot \frac{e^{-j\beta|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|} dA$$

távolterben $\rightarrow$

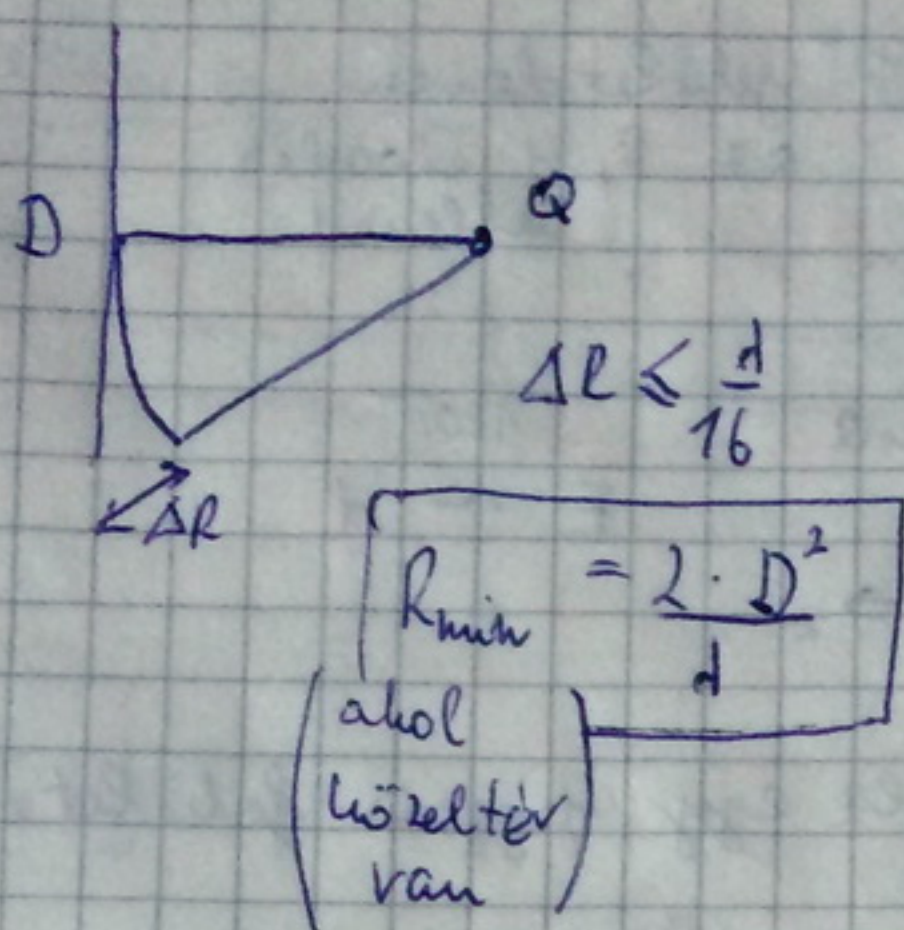
$$E(\underline{r}) = \frac{e^{-j\beta r}}{r} \cdot \iint_{A'} E(\vec{r}') \cdot e^{+j\beta \vec{r}' \cdot \underline{\hat{r}}} dA'$$

x-y síkban van!

Fraunhofer zónában ezzel
lehet számolni

Köreltérben: Fresnel-zóna

- sok erős interferencia



$$f = 7.5 \text{ GHz}$$

$$d = \frac{3 \cdot 10^8}{7.5 \cdot 10^9} = 4 \text{ cm}$$

$$D = 4 \text{ m}$$

$$R_{\min} \rightarrow 800 \text{ m} !$$

Amplitudó és fázis-eloszlás függvény (használt értékek)

$$E(\vec{r}') = E_0 \cdot f_0(\vec{r}') \cdot e^{j\phi(\vec{r}')}$$

ideális, ha $f_0 = 1$ és $\phi = 0$
apertúra

Négy szögletes apertúra:

$$\vec{r} = x \cdot \vec{e}_x + y \cdot \vec{e}_y$$

$$\vec{e}_r = \sin \vartheta \cos \varphi \vec{e}_x + \sin \vartheta \sin \varphi \vec{e}_y + \cos \vartheta \vec{e}_z$$

$$E(\vec{r}) = \frac{E_0 \cdot e^{-j\beta r}}{r} \cdot \iint f(x', y') \cdot e^{j\phi(x', y')} \cdot e^{j\beta(x' \sin \vartheta \cos \varphi + y' \sin \vartheta \sin \varphi)} dA$$

$$\oplus f(x', y') = f(x') \cdot f(y')$$

$$\phi(x', y') = \phi(x') + \phi(y')$$

⇓

külön integrálható!

$$I_x = \int_a^b f(x') e^{j[\phi(x') + \beta x' \sin \vartheta \cos \varphi]} dx'$$

$$I_y = \int_c^d f(y') e^{j[\phi(y') + \beta y' \sin \vartheta \sin \varphi]} dy'$$

(I elonk is!)

X-Z síkban ($\varphi=0$)

$I_y = \text{konstans!}$ ($\sin \varphi=0$)

$I_x = \text{csak } \vartheta \text{ függ}$
($\cos \varphi=1$)

8. előadás

$$H(\vartheta_x) = \frac{I(x')}{I(x')_{\max}}$$

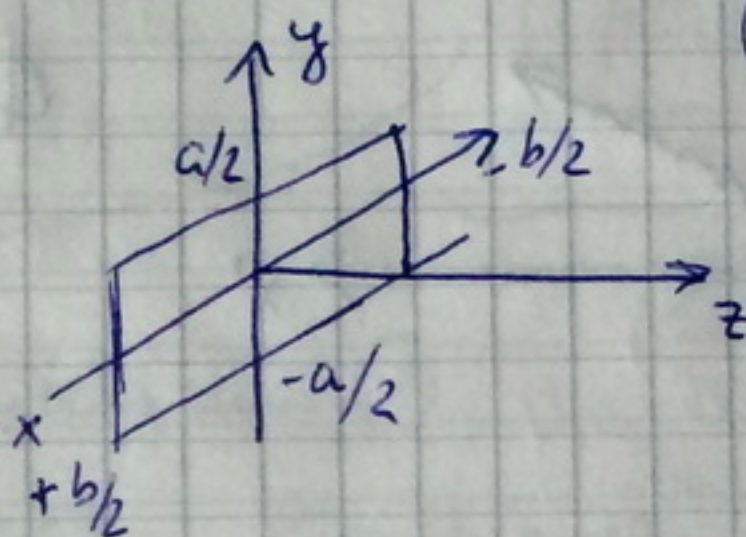
irány karakterisztika

feladat: apertura, ideális

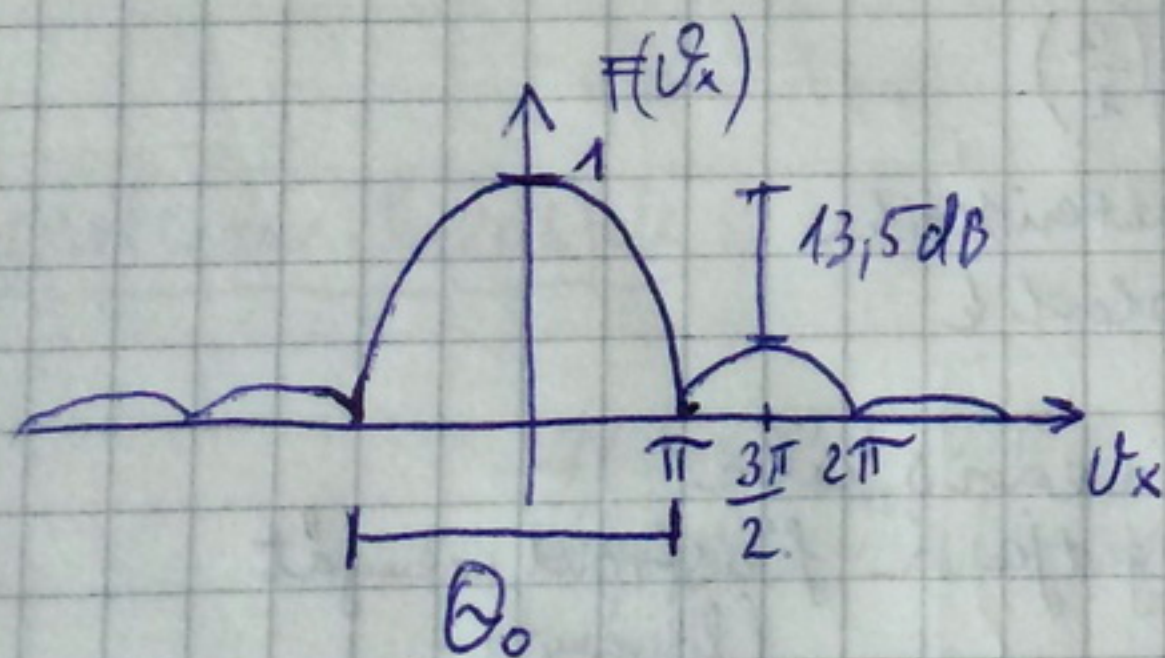
$$f(r) = 1 \quad \phi = 0$$

$$I(x') = \int_{-a/2}^{a/2} 1 \cdot e^{j\beta x' \sin \vartheta} dx'$$

$$I(x')_{\max} = a$$



X-Y síkban
($\cos \varphi=1$)



$$H(\vartheta_x) = \frac{\sin u}{u} \quad \text{ahol } u = \pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \vartheta_x$$

$$H(\vartheta_y) = \frac{\sin v}{v} \quad \text{ahol } v = \pi \cdot \frac{b}{\lambda} \cdot \vartheta_y$$

$(\sin(x)/x)$ $\square$ ez egy Fourier transzformáció

megnőítési f. Fourier transzformáció az irány karakterisztika

$$R(x', y') \xrightarrow{F} F(\vartheta_x, \vartheta_y)$$

$$\frac{\theta_0}{2} \rightarrow \text{ha } u = \pi \rightarrow \sin u = \frac{\lambda}{a} \quad \text{ha } \frac{a}{\lambda} \geq 5 \text{ (nagy antenne)}$$

$$\theta_0 = 2 \cdot \frac{\lambda}{a} \text{ [radian]}$$

$$3\text{dB pont?} \rightarrow \sin \vartheta_{3\text{dB}} \Rightarrow$$

$$\theta_{3\text{dB}} = 0.886 \frac{\lambda}{a}$$

Pl: $f = 66 \text{ Hz}$ $d = 5 \text{ cm}$

$\frac{a}{d} = 50$ $\frac{b}{d} = 40$

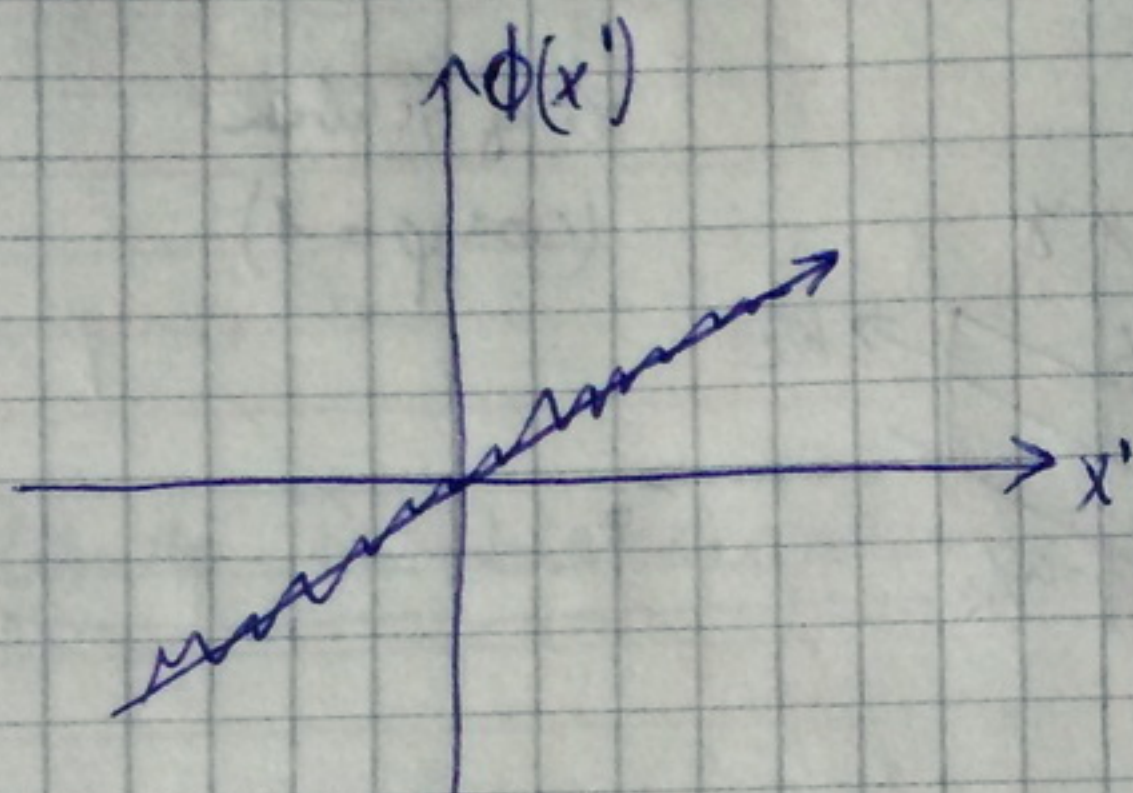
? feladat?

$\theta_{0a} = 2,3^\circ$ $\theta_{0b} = 2,88^\circ$

$\theta_{3\text{dB}a} = 1^\circ$ $\theta_{3\text{dB}b} = 1,27^\circ$

Fázis hibák:

véletlen és rendszeres fázishiba



$$\phi_s(x') = C_1(x') + C_2(x')^2 + C_3(x')^3$$

Taylor sor 3. főképig!

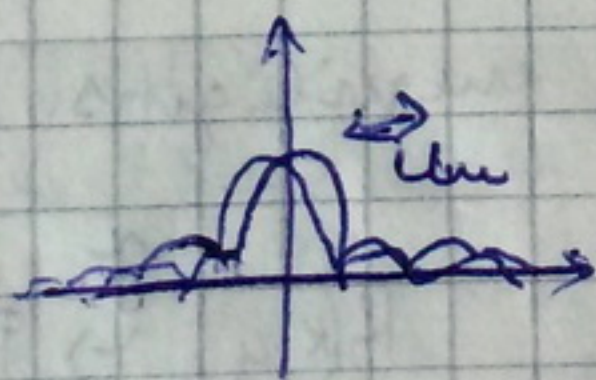
3-ad foku fázishibák is kelleneek !!

1. foku fázis-hiba: $F(u) = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 f(x) \cdot e^{jC_1(\frac{a}{2})x} \cdot e^{jkx} dx$
(lineáris)

$\Rightarrow F(u - U_m)$

$U_m = C_1(\frac{a}{2})$

a karakterisztika eltolódik



a lineáris hiba elfergatja a fázisfront irányát (főirányt)

(csöválás) és használható!

$\sin U_m = \frac{C_1}{\beta}$

2. foku hiba: ellapul a karakterisztika, rossz lesz a melléknyakok elmozdulás!
(szimmetrikusan)



3. felhő felírása: ugyanaz mint 2. felhő + az irányított vektor be.

Apertúra antenna nyeresége és hat. felülete:

$$G=0$$

nincs felírás $r' \vec{e}_r = 0$

lineáris polarizáció

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

$$S_{max} = \frac{|E_{max}|^2}{240\pi}$$

$$|E_{max}| = \frac{1}{\lambda \cdot r} \left| \iint \vec{E}(\vec{r}) dA \right|$$

$$S_0 = \frac{P_s}{4\pi \cdot r^2}$$

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \frac{\left| \iint \vec{E}(\vec{r}) dA \right|^2}{\iint |\vec{E}(\vec{r})|^2 dA} = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \frac{\left| \iint f(\vec{r}) \cdot e^{j\phi(\vec{r})} dA \right|^2}{\iint |f(\vec{r})|^2 dA}$$

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A_h$$

ez mindig kisebb, mint ①

$$\eta = \frac{A_h}{A} \quad \eta \leq 1$$

Legjobb esetben a hatásos felület =
apertúra felület.

Körkörös antenna (Bessel-fü)

9. előadás

apertúra hatásfok:

$$\eta = \eta_{\text{apertúra}} \cdot \eta_{\text{MEG VILÁGÍTÁS}} \cdot \eta_{\text{BLOKKOLÁSI}} \cdot \eta_{\text{tülekedési}} \cdot \eta_{\text{felületi}} \cdot \eta_p \cdot \eta_{\text{RADOM}}$$

primer
sugárzó

α felület
nem
tökéletesen
paraboloid

polarizációs
vektor hiba

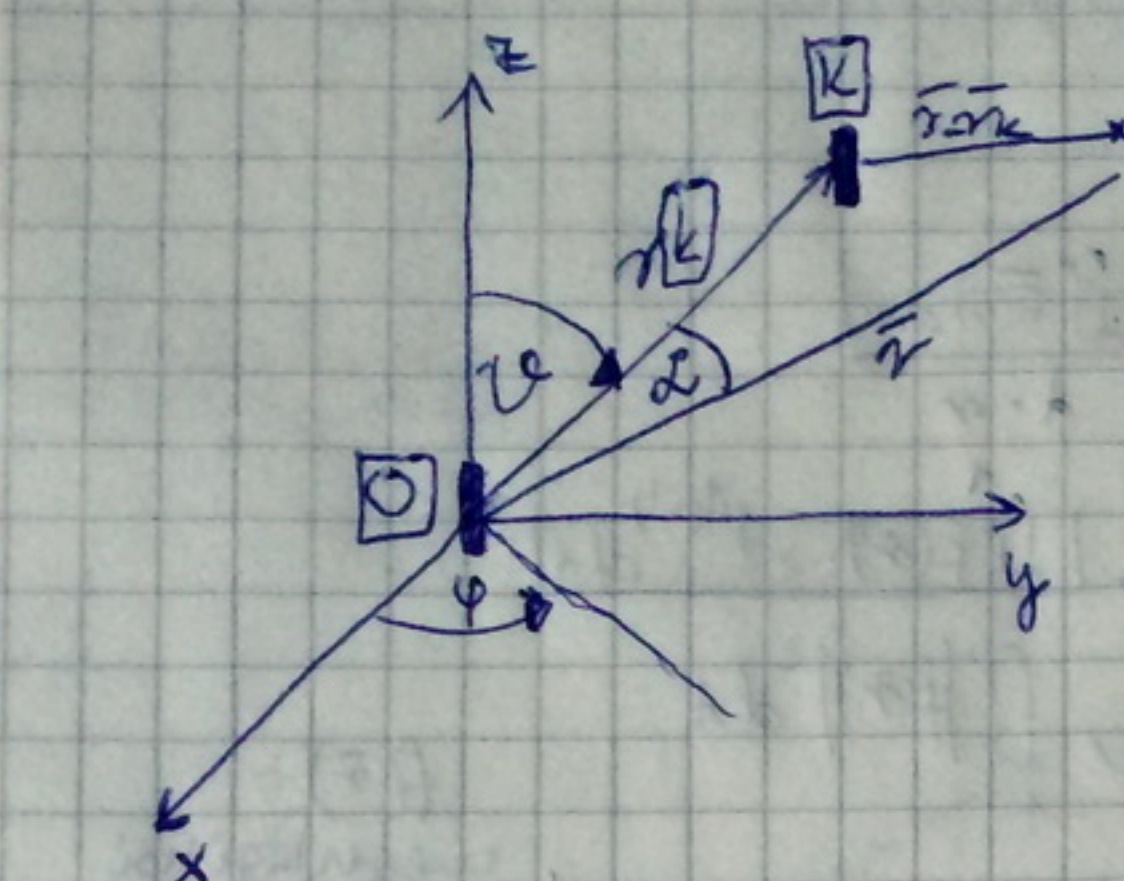
radar-t fedő
anyag hőz
vesztés

utolsó téma

követhetők

Antenna rendszerek

- több antennával együtt, azonos antennával!



- egyformán állnak
magyarul: mindegyik van Q pont.

1-re normált

$$\bar{E}_0(\vec{r}) = U_0 \cdot \bar{F}(\theta, \varphi) \cdot \frac{e^{-j\beta r}}{r}$$

$$U_0 = \sqrt{30 \cdot P_A \cdot G_A}$$

$$\bar{F}(\theta, \varphi) = F(\theta, \varphi) \cdot e^{j\phi(\theta, \varphi)} \cdot \bar{p}(\theta, \varphi)$$

$$\bar{E}_k(\vec{r}) = U_0 \cdot I_k \cdot \bar{F}(\theta, \varphi) \cdot \frac{e^{-j\beta(|\vec{r} - \vec{r}_k|)}}{|\vec{r} - \vec{r}_k|}$$

gerjesztés
amplitúdója

$\approx r$

menet
 $\approx r$ mert hisz
vélhetően
is elégséges!

$$\bar{E}_k(\vec{r}) \approx \underbrace{U_0 \cdot I_k \cdot \bar{F}(\theta, \varphi)}_{\bar{E}_0(\vec{r})} \cdot \frac{e^{-j\beta(\vec{r} - \vec{r}_k \cdot \vec{e}_r)}}{r}$$

$$\bar{E}_k(\vec{r}) \approx \bar{E}_0(\vec{r}) \cdot I_k \cdot e^{+j\beta \vec{r}_k \cdot \vec{e}_r}$$

n darab antenna:

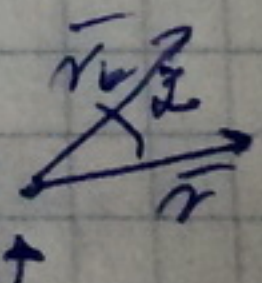
$$\bar{E}(\vec{r}) = \bar{E}_0(\vec{r}) \cdot \sum_{k=0}^{n-1} I_k \left(e^{j\beta \vec{r}_k \cdot \vec{e}_r} \right)$$

k darab, véges távolságra egymástól.

$$\Rightarrow \bar{E}(\vec{r}) \cdot F_i(\theta, \varphi)$$

||

$$F_i(\theta, \varphi) = \sum_{k=0}^{n-1} I_k \cdot e^{j\beta \vec{r}_k \cdot \cos(\alpha_k)}$$



$$\vec{e}_r \cdot \vec{e}_k \cdot \cos(\alpha_k) = \sin \theta \cdot \sin \theta_k \cdot \cos(\varphi - \varphi_k) + \cos \theta \cdot \cos \theta_k$$

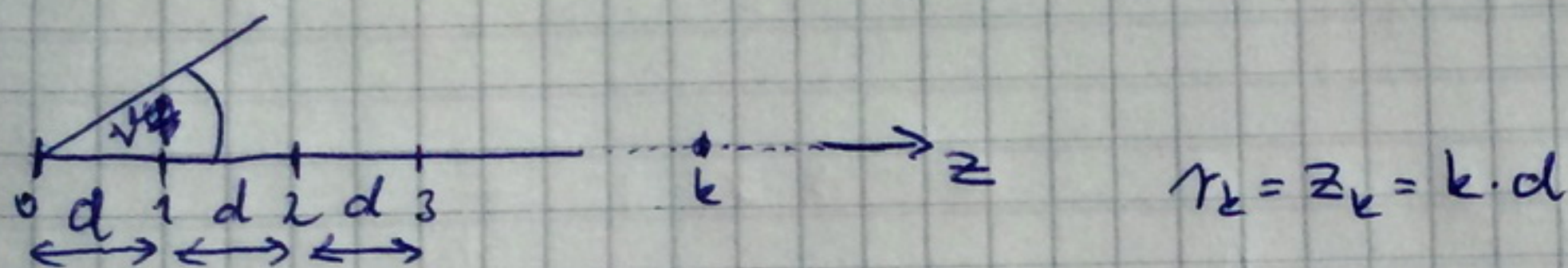
$$j_k = |j_k| \cdot e^{j\delta_k}$$

$$\delta_k = -\beta \bar{r}_k \cos \alpha_{Mk} \sim \text{"futási idő"} \\ \underbrace{(\bar{r}_k \cos \alpha_{Mk})}_{\bar{e}_k \cdot \bar{e}_M}$$

$$F_i(\vartheta_M, \varphi_M) = \sum_{k=0}^{N-1} |j_k| \rightarrow \text{minimális összehajlítás} \\ (\text{haladó hullámú táplálás})$$

Marcini
fogalmatlan

Ekvidintás antenasor:



$$\text{arc } j_k - \text{arc } j_{k-1} = \delta \quad \text{arc}(0^\circ) \text{ kezdésnél} \\ \text{arc}(j_k) = k \cdot \delta$$

$$\vartheta_M \quad \delta = -\beta \cdot d \cdot \cos \vartheta_M$$

$$\left| \frac{\delta}{\beta \cdot d} \right| < 1 \quad \text{ kell!}$$

a lépések távolságát nem lehet
fénysebességnél gyorsabban megtenni.

(orrsugárzó)

$$\vartheta_M = 0^\circ \rightarrow \delta = -\beta d \quad \vartheta_M = 180^\circ \rightarrow \delta = \beta d$$

Sokszor egyszerűsítések!