

**Prednáška 06:**  
**VÝZNAM ANTÉN A ICH ZÁKLADNÉ**  
**PARAMETRE**

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.  
([lubos.ovsenik@tuke.sk](mailto:lubos.ovsenik@tuke.sk), tel. 421 55 602 4336)

[http://kemt-old.fei.tuke.sk/predmety/EVaA/\\_materialy/  
Prednasky/Pr06/Pr06.pdf](http://kemt-old.fei.tuke.sk/predmety/EVaA/_materialy/Prednasky/Pr06/Pr06.pdf)

<http://los.fei.tuke.sk/>

# Obsah prednášky

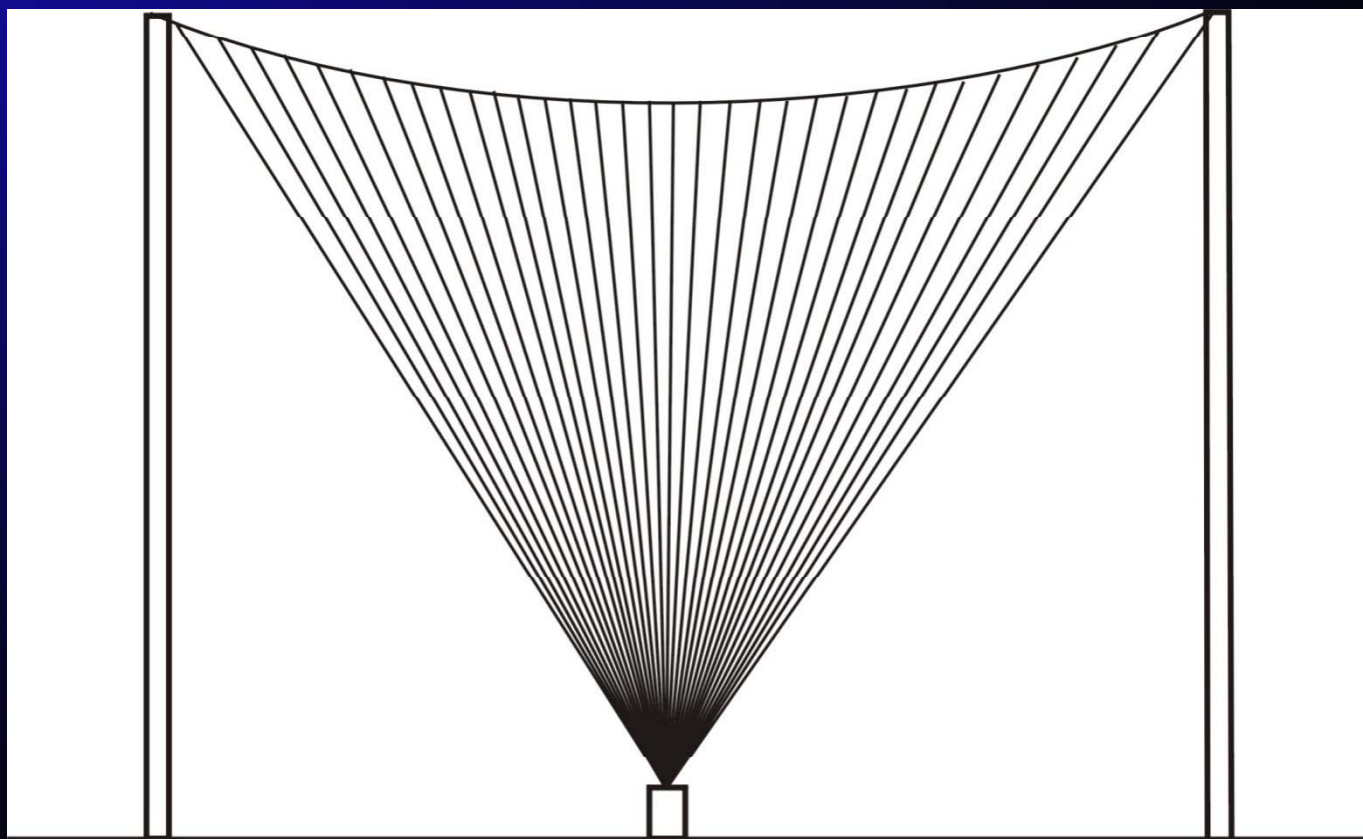
- Definícia antény
- Rozdelenie antén
- Základné vlastnosti antén
  - Vstupná impedancia antény a odpor vyžarovania
  - Účinnosť antény
  - Charakteristická impedancia antény
  - Smerové účinky antény
    - Smerová charakteristika
    - Smerovosť
    - Zisk
  - Efektívna výška antény

# Definícia antény

- Anténa je **významným prvkom** rádiového spoja, ktorého úlohou je
  - transformovať vedenú elektromagnetickú vlnu na kvázi rovinnú vlnu, šíriacu sa vo voľnom priestore (**vysielačia anténa**)
  - naopak (**prijímacia anténa**)
- Anténa je v podstate zariadenie **prispôsobujúce prenosové vedenie** k voľnému priestoru
- **Transformačný prvok** medzi vedenou a vyžarovanou vlnou
- **Pasívny prvok** s vlastnosťami filtra v priestorovej a frekvenčnej oblasti
- **Hraničný prvok** komunikačného kanála, ktorý zásadným spôsobom ovplyvňuje parametre prenosového kanála (PP, C/I, BER, ...)

- **Anténa** – je tá časť vysielacieho alebo prijímacieho systému, ktorá je navrhnutá pre vysielanie alebo príjem elm vln  
(IEEE Definícia pojmu anténa - IEEE Std 145-1993)

### Obr.6.1 Marconiho prvá transatlantická vysielacia anténa (1901)



# Rozdelenie antén

- **Antény možno rozdeliť** do skupín podľa rôznych hľadísk
  - podľa frekvenčného pásma (antény pre DV, SV, KV, VKV, atď.)
  - podľa šírky frekvenčného pásma, v ktorom môžu pracovať bez podstatnej zmeny parametrov (úzkopásmové, širokopásmové, extrémne širokopásmové)
  - podľa schopnosti sústrediť vyžarovanie do určitého smeru (antény smerové, čiastočne smerové, všesmerové)
  - podľa funkcie, ktorú antény plnia (vysielačie a prijímacie)
  - podľa povahy zdrojov elektromagnetického poľa v anténe (vodičové antény a plošné antény)

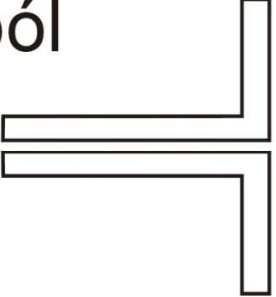

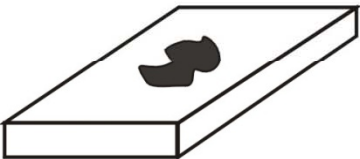


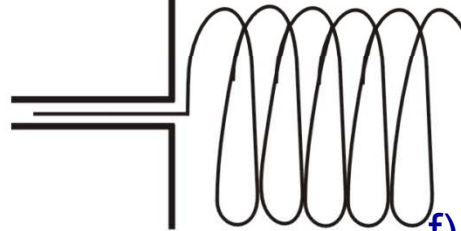
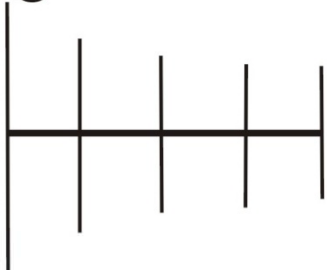
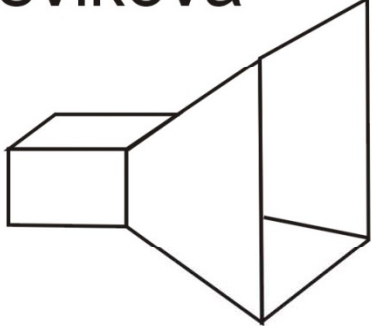

- **Vodičové antény** využívajú ako zdroje elm poľa elektrické prúdy, tečúce v relatívne tenkých vodičoch
  - tieto vodiče sú najčastejšie priame, potom hovoríme o **lineárnych anténach**
  - Rozpoznávame **dva druhy lineárnych antén**:
    - **antény so stojatou vlnou**, v ktorých sa elm vlna odráža od konca vodiča (VF vedenia) a vytvára tak na vodiči stojaté vlnenie
    - **antény s postupujúcou vlnou**, ktoré sú vytvorené z nehomogénnych vedení, zakončených prispôbenou záťažou
- **Plošné antény** vyžarujú z plochy – **apertúry**
  - **zdrojmi elm poľa** sú vlnoplochy elektromagnetickej vlny v apertúre antény

- **Základné delenie antén**
  - podľa tvaru žiariča
  - podľa usporiadania žiariča
  - podľa typu vlny

### **PODĽA TVARU ŽIARIČA (obr.6.2)**

- Lineárne (obr.6.2a,g), slučkové (obr.6.2b)
- Apertúrové (lievikové (obr.6.2h), reflektorové, mikropásikové (obr.6.2c), štrbinové (obr.6.2d,i), šošovkové)
- Dielektrické
- Špirálové (obr.6.2e), skrutkovicové (obr.6.2f)

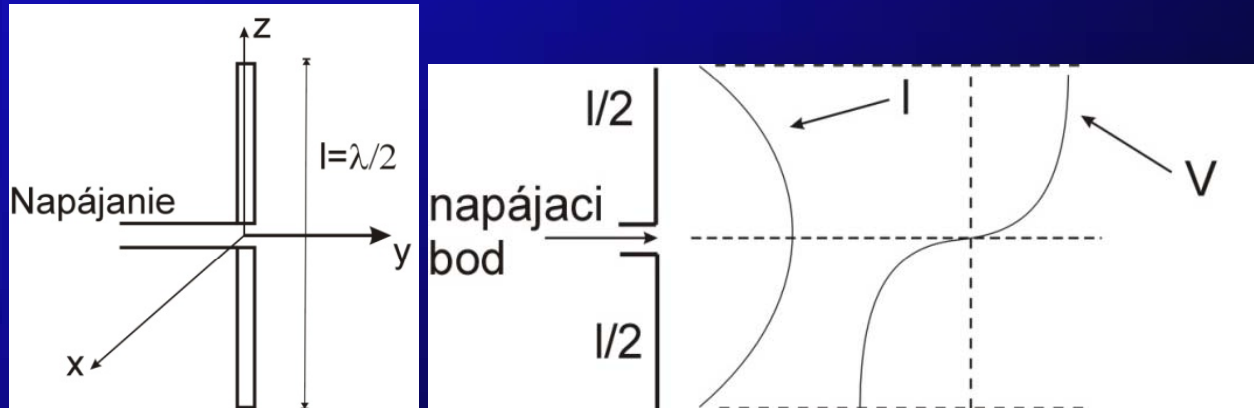
## Obr.6.2 Základné delenie antén podľa tvaru žiariča

<p>Dipól</p>  <p>a)</p>	<p>Slučková</p>  <p>b)</p>	<p>Plátková</p>  <p>c)</p>
<p>Štrbinová</p>  <p>d)</p>	<p>Špirálová</p>  <p>e)</p>	<p>Skrutkovicová</p>  <p>f)</p>
<p>Yagi-Uda</p>  <p>g)</p>	<p>Lieviková</p>  <p>h)</p>	<p>Bočnicková</p>  <p>i)</p>

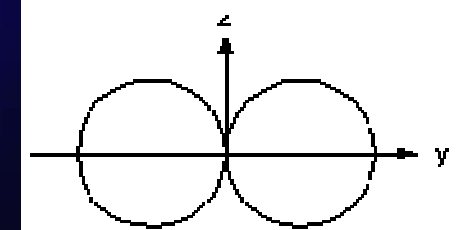


# Lineárne antény

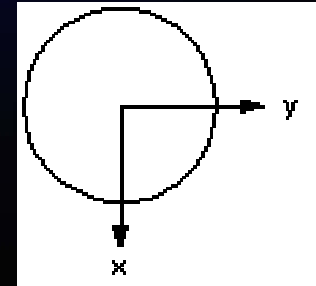
## $\frac{1}{2}$ vlnový dipól



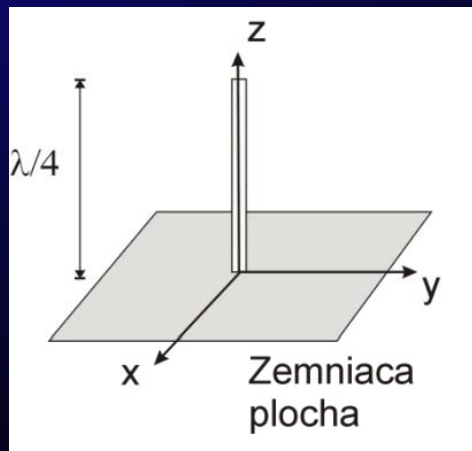
E:



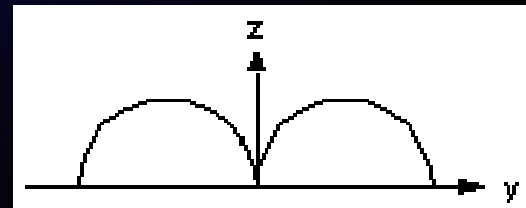
H:



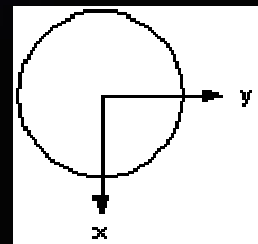
## $\frac{1}{4}$ vlnový monopól



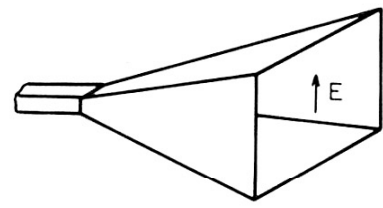
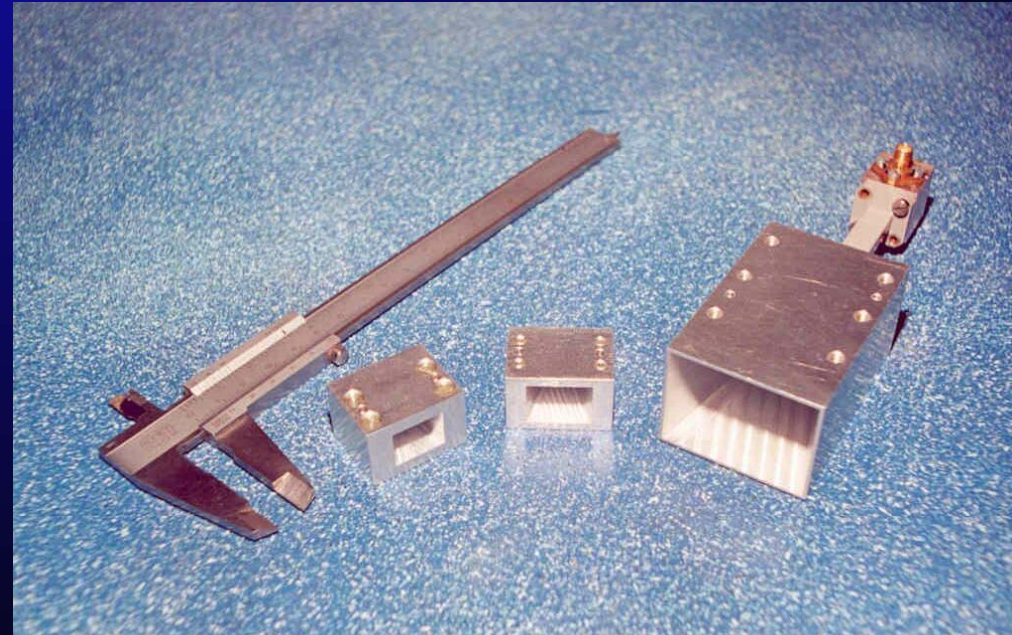
E:



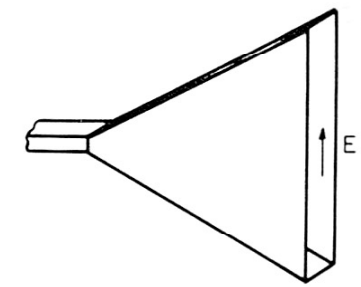
H:



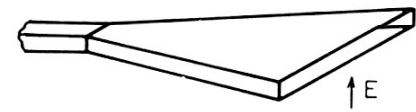
# Apertúrové antényy - lievnikové



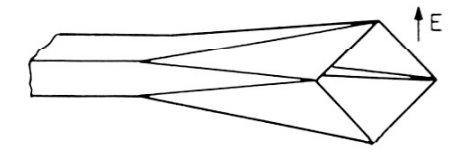
(a)



(c)



(b)



(d)

## Apertúrové antény – reflektorové (1)

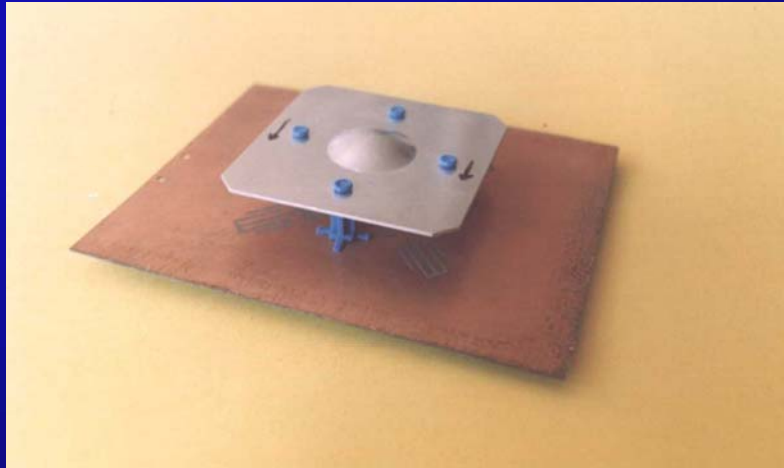


## Apertúrové antény – reflektorové (2)



Najväčší jednoduchý rádio-teleskopický guľový reflektor (304.8 m)  
Národnej astronómie a Ionosférického centra v (USA), Arecibo,  
Puerto Rico

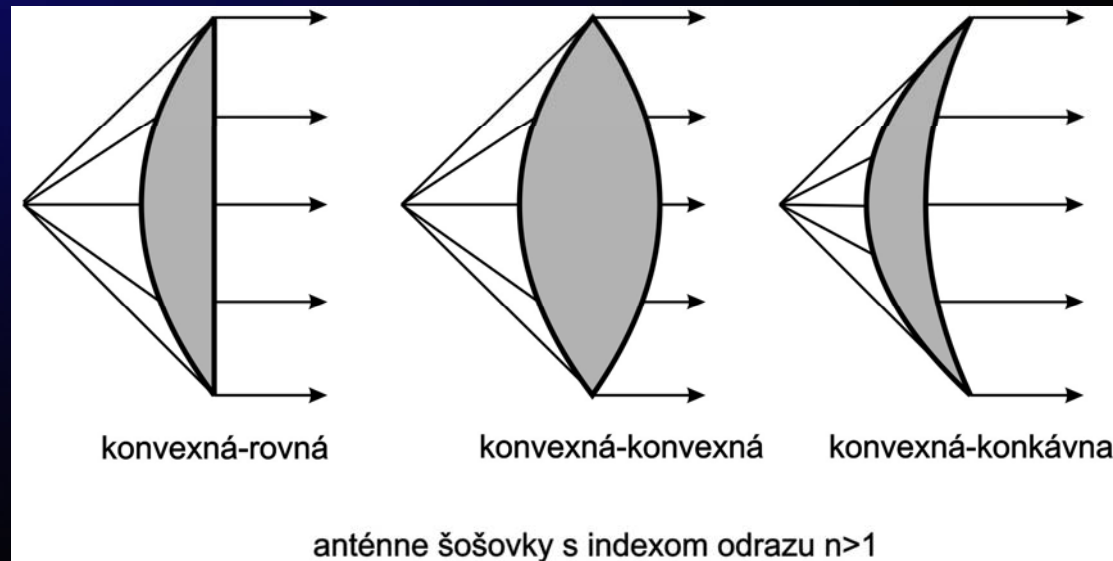
## Apertúrové antény



a) mikropásikové



b) štrbinové



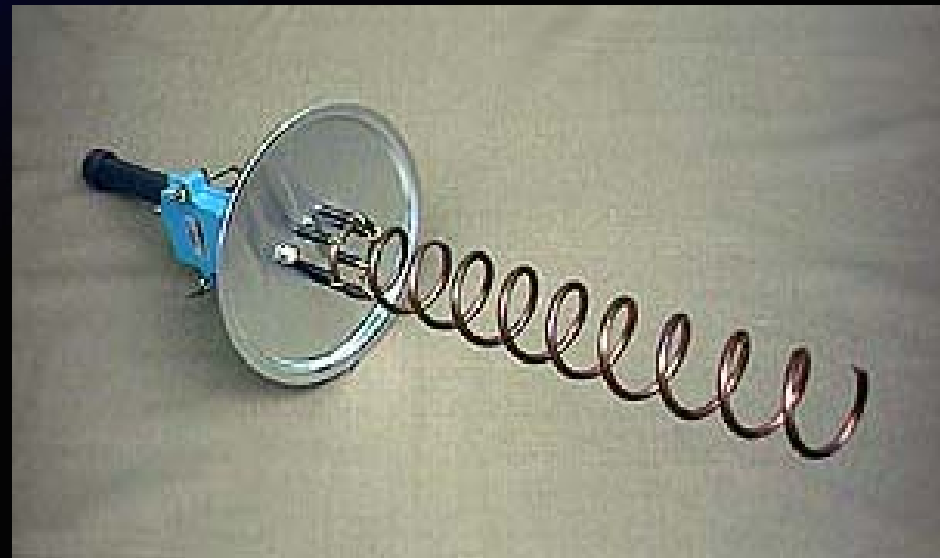
c) šošovkové

## Špirálové a skrutkovicové antény



a) špirálové antény

b) skrutkovicové antény



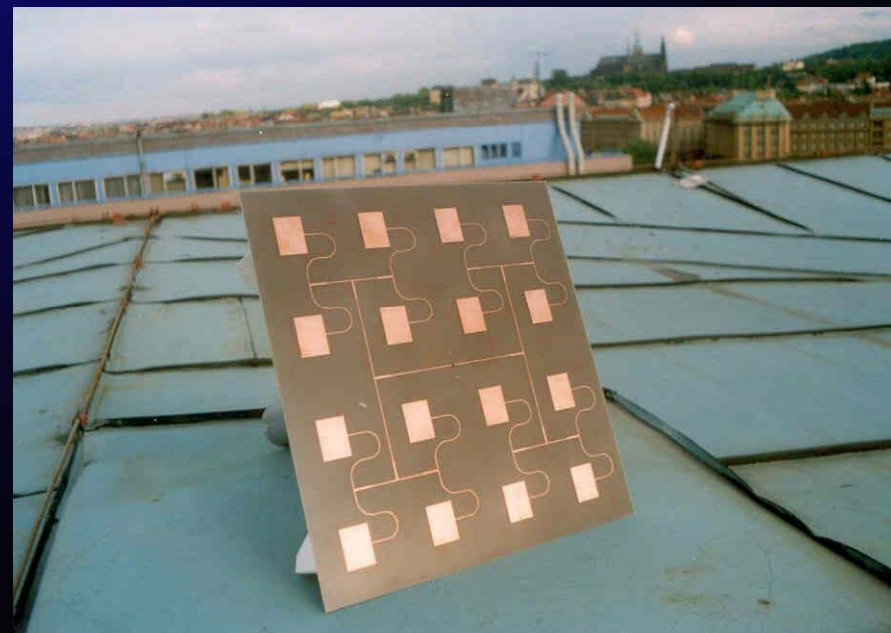
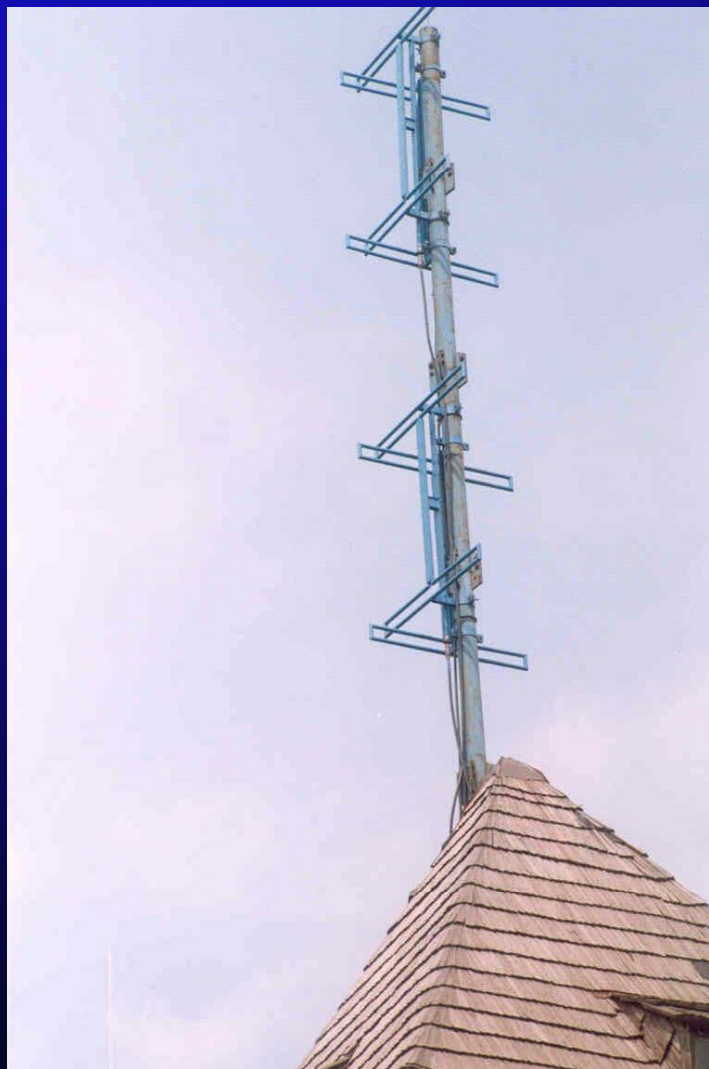
## PODĽA USPORIADANIA ŽIARIČA

- Individuálne
- Rady
- Sústavy
- Logicko - periodické antény

### Individuálne antény

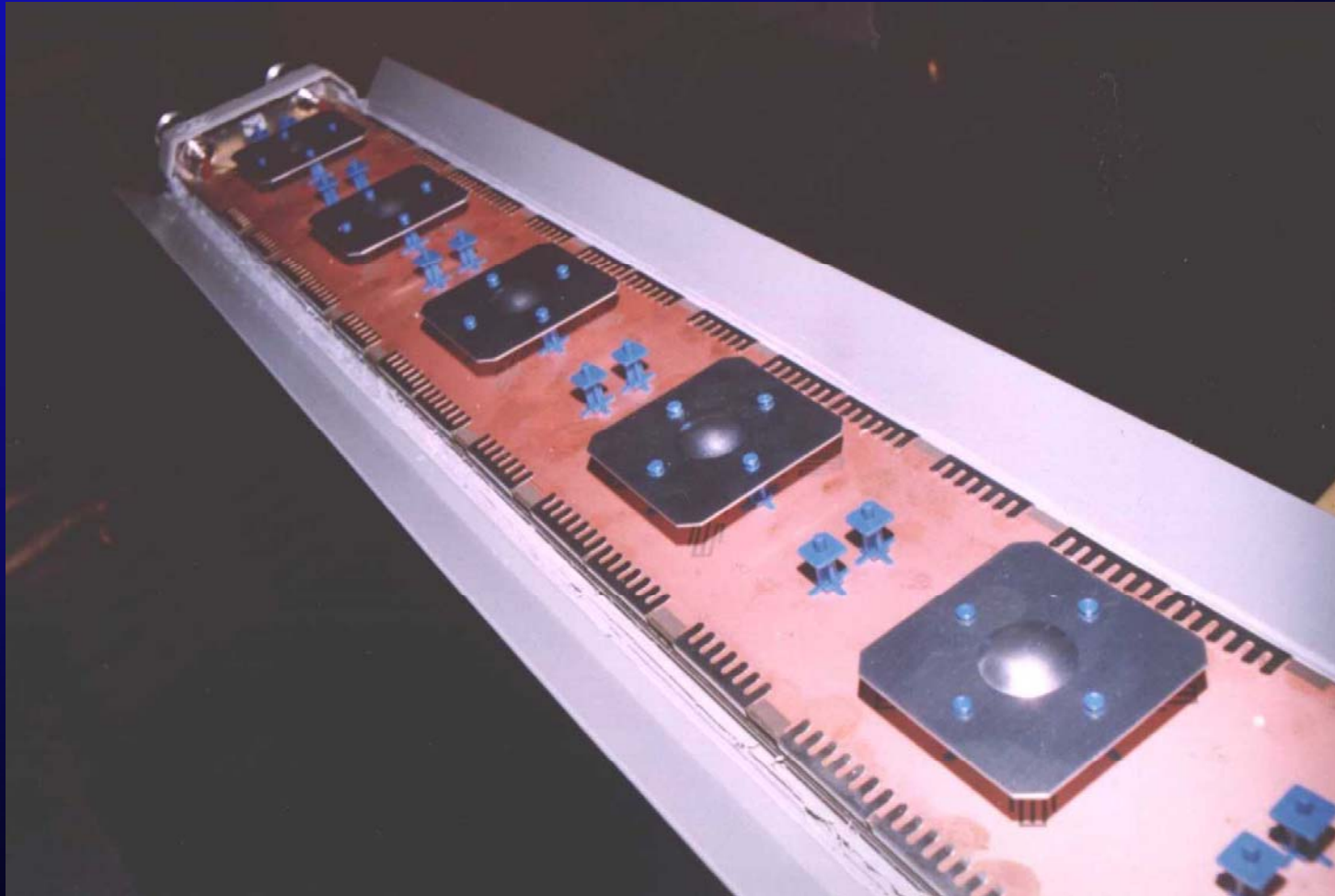


## Anténne sústavy

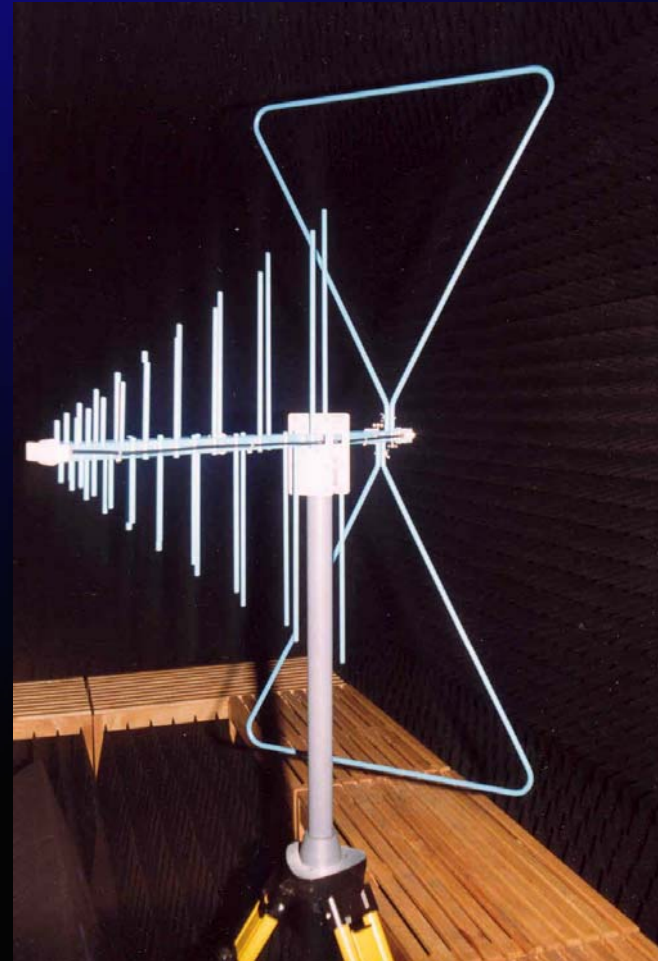
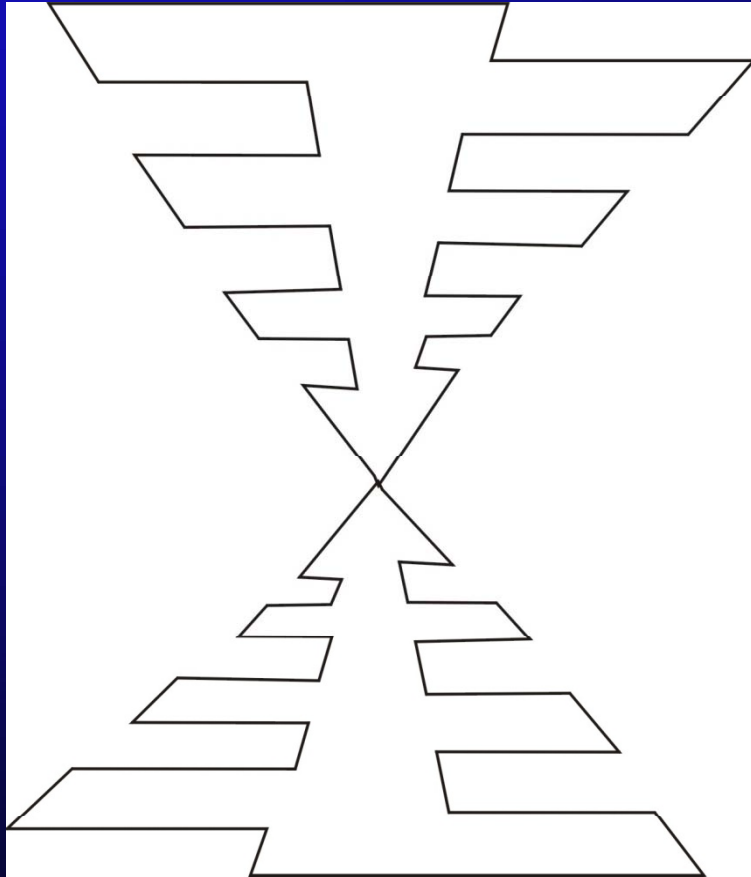




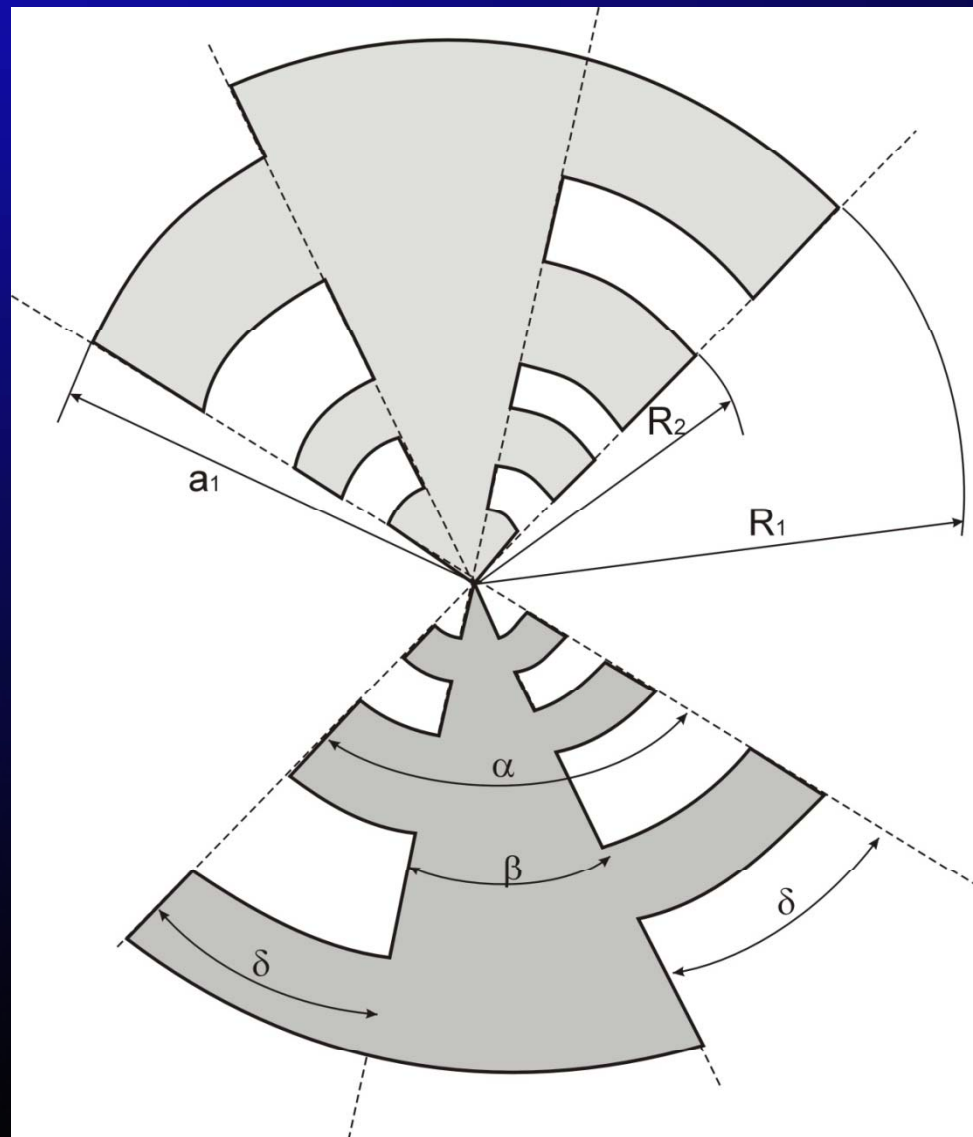
## Anténne rady



## Logicko-periodické antény (1)

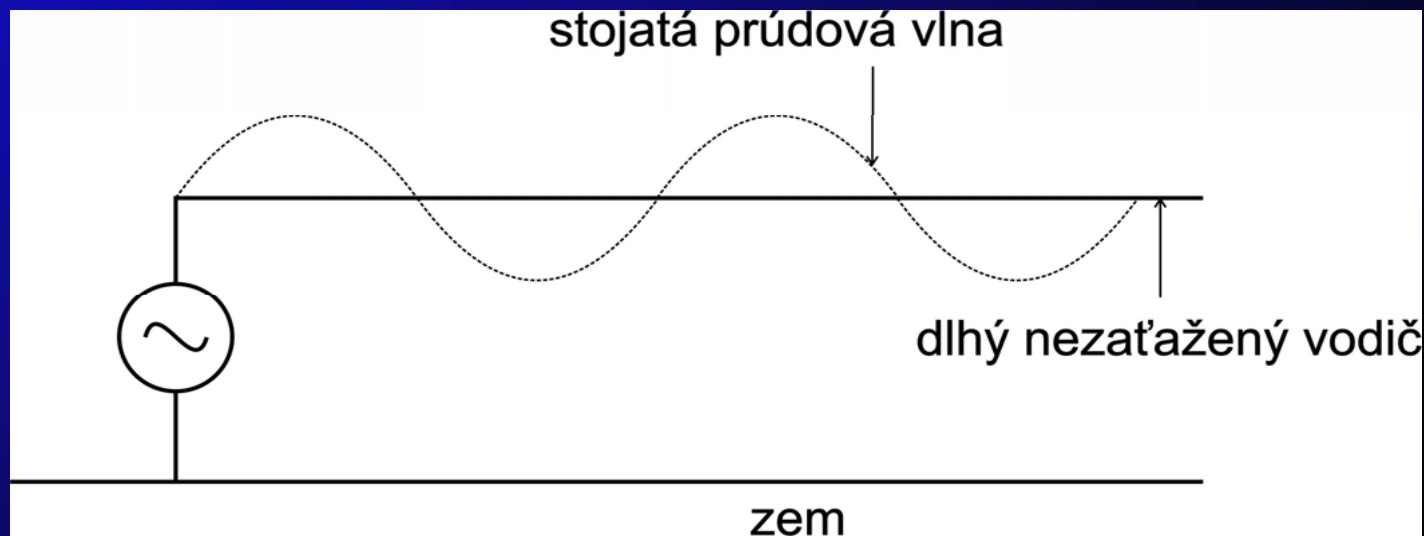


## Logicko-periodické antény (2)

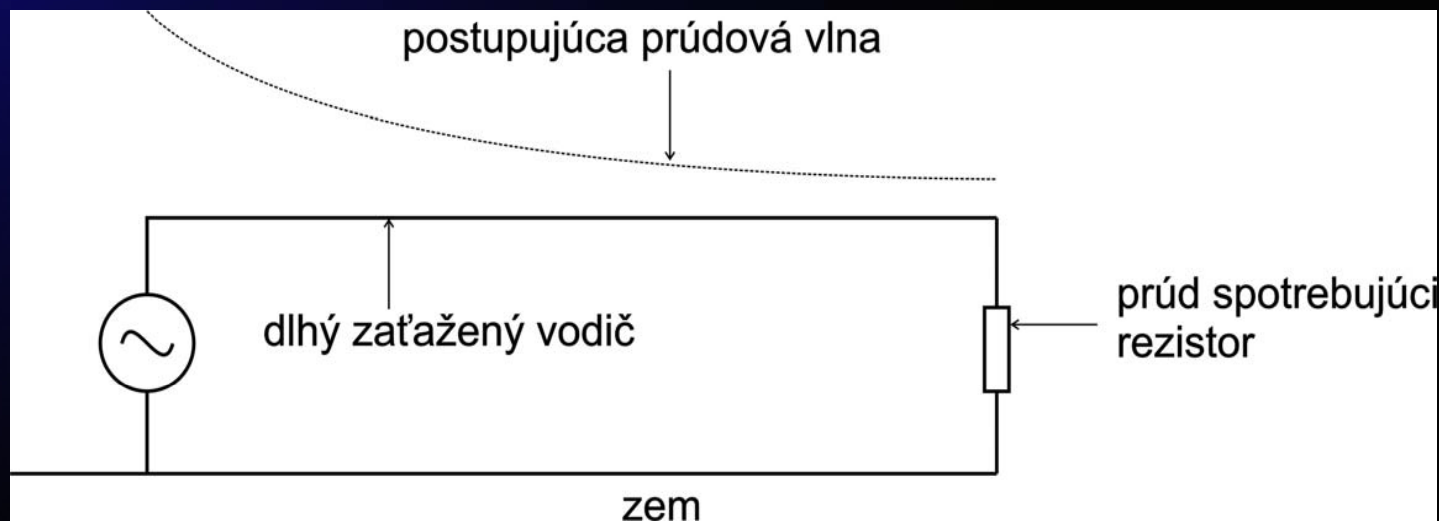


## PODĽA TYPU VLNY

### ■ So stojatou (rezonančné) vlnou



### ■ S postupnou / unikajúcou vlnou



# Základné vlastnosti antén

## ■ Základné parametre

### ■ impedančné

- vstupná impedancia, pomer stojatých vln (PSV), činiteľ odrazu
- impedančná šírka pásma

### ■ smerové

- smerový diagram (E, H rovina)
- šírky zväzkov (E, H rovina)
- predozadný pomer
- smerovosť, účinnosť, zisk
- polarizácia, osový pomer

### ■ ďalšie parametre

- impulzné charakteristiky

- Všetky **parametre antény** sú **navzájom zviazané** a závisia na veľkostiach, orientácii a priestorovom rozložení zdroja vyžarovaného poľa – prúdu na anténe (impedancii, prispôbení, smerovosti, zisku, účinnosti, stratách, polarizácii ...)

## VSTUPNÁ IMPEDANČIA ANTÉNY A ODPOR VYŽAROVANIA

- VF energia sa do žiariča (antény) privádza napájacím VF vedením
- Účinný prenos VF energie nastane vtedy, keď vstupný odpor antény má charakter čisto činného odporu
- Každá anténa má však v skutočnosti okrem činnej aj reaktančnú zložku
- Je preto správnejšie hovoriť o vstupnej impedancii  $Z_{vst}$  antény
- Túto môžeme vyjadriť ako pomer napätia a prúdu v napájacom bode antény

$$Z_{vst} = \frac{U_a}{I_a} = R_a + jX_a$$

- **Reálna časť vstupnej impedancie ( $R_a$ )** - predstavuje **činný odpor** antény a zodpovedá **činnému výkonu** v anténe
- **Tento sa**
  - **čiastočne mení na teplo** v odporoch vodičov a zeme, v dielektriku izolantov
  - podstatná časť sa však **vyžiari** ako elm vlnenie **do priestoru**
- **Vyžiarená časť je užitočná energia**
- **Ak rozložíme odpor** na časť
  - ktorá **zodpovedá stratám**
  - ktorá je **úmerná vyžiarenej energii****môžeme pre výkon napísať**

$$P = I^2 (R_s + R_{\check{z}})$$

$R_s$  - **stratový odpor** (súvisí s Jouleovým výkonom v anténe)  
 $R_{\check{z}}$  - **vyžarovací odpor žiariča**

- **Reaktančná zložka ( $jX_a$ )** – nespotrebuje žiadny výkon
  - zhoršuje vlastnosti antény ako žiariča (spotrebiča energie)
  - a spôsobuje frekvenčnú citlivosť antény
- **Priebeh vstupnej impedancie** môže mať charakter
  - induktívny
  - kapacitný

čo závisí od pomeru „ $l/\lambda$ “

$l$  - dĺžka anténového vodiča

$\lambda$  - vlnová dĺžka vyžarovaného elm. vlnenia

- Pri rezonančnej dĺžke anténového vodiča je
  - imaginárna zložka nulová ( $jX_a = 0$ )
  - reálna zložka má maximálnu hodnotu ( $Z_{vst} = R_a$ )

**Vstupná impedancia** antény, príp. vstupný odpor, sa **musí** prispôbiť k impedancii napájača, v **opačnom prípade** prenos energie napájačom do antény je zmenšený o straty spôsobené stojatým vlnením vo vedení !!!



## ÚČINNOSŤ ANTÉNY

- Je v záujme ekonomickej prevádzky vysielача, **aby vyžiarená energia bola** čo najväčšia vzhľadom na celkový privedený výkon do antény
- **Účinnosť antény** je definovaná z pomeru výkonov

$$\eta = \frac{P_{\check{z}}}{P_a} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$P_a$  - príkon antény

$P_{\check{z}}$  - celkový vyžiarený výkon

- **Ak poznáme** odpor vyžarovania „ $R_{\check{z}}$ “ a stratový odpor „ $R_S$ “, môžeme taktiež **vypočítať účinnosť antény**

$$\eta = \frac{R_{\check{z}}}{R_{\check{z}} + R_V + R_Z + R_d} = \frac{R_{\check{z}}}{R_{\check{z}} + R_S}$$

■ Napájací výkon **musí kryť**

■ vyžiarený výkon „ $R_{\check{z}}$ “

■ a straty na výkone spôsobené **stratovým odporom** „ $R_S$ “, ktorý zahŕňa

- odpor vodičov ( $R_V$ )
- odpor zeme ( $R_Z$ )
- odpor dielektrík ( $R_d$ )

■ Zo **stratových odporov** sa dajú

■ **pomerne dobre obmedziť** dielektrické straty ( $R_d$ ) starostlivou voľbou izolačného materiálu

■ **ťažko však možno obmedziť** stratový odpor vodičov ( $R_d$ ), ktorý je ešte zvýšený povrchovým javom (skin efektom)

$$\eta = \frac{R_{\check{z}}}{R_{\check{z}} + R_V + R_Z + R_d} = \frac{R_{\check{z}}}{R_{\check{z}} + R_S}$$

## CHARAKTERISTICKÁ IMPEDANCIA ANTÉNY

- Lineárnu anténu si môžeme predstaviť ako krátke VF vedenie, po ktorom sa šíri VF energia
  - potom tak, ako každé VF vedenie má i anténa svoju vlnovú impedanciu ( $Z_v$ )
  - jej veľkosť závisí od rozmerov antény
- Antény môžeme prirovnať ku krátkym bezstratovým vedeniam - preto ich vlnovú impedanciu vyjadríme

$$Z_v = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

- Vlnovú impedanciu takých vertikálnych antén, ktorých výška je menšia ako dĺžka vlny (DV a SV), vypočítame

$$l < \lambda$$

$$Z_v = 60 \left( \ln \frac{\lambda}{\pi r} - 0,577 \right); [\Omega]$$

- Vlnovú impedanciu takých **horizontálnych antén**, ktorých **výška je menšia ako dĺžka vlny**, vypočítame

$$l < \lambda$$

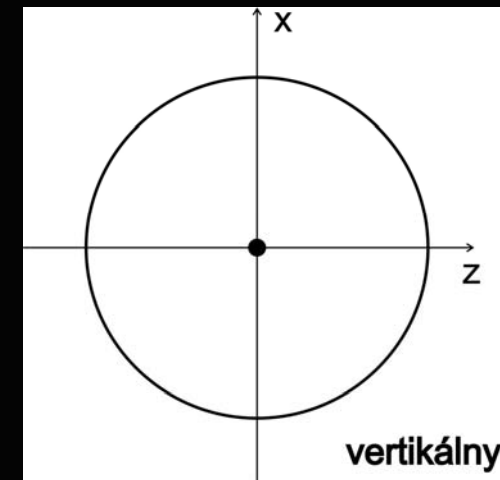
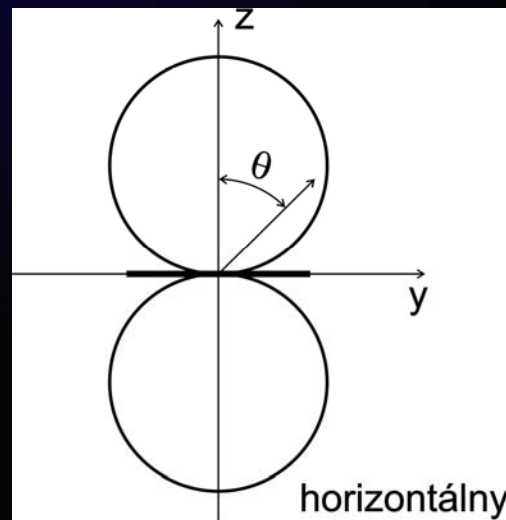
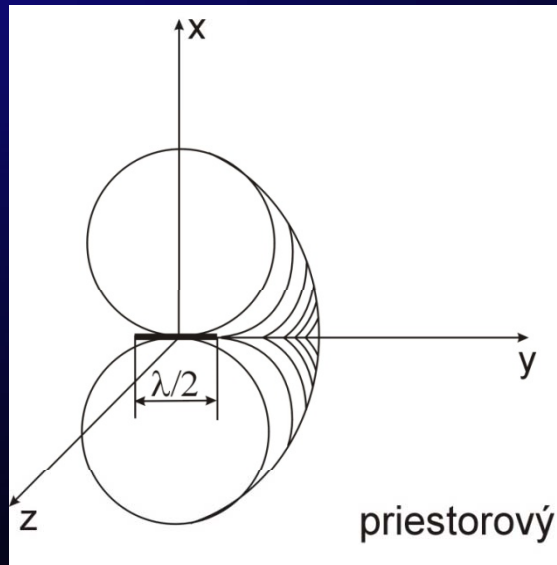
$$Z_v = 120 \left( \ln \frac{\lambda}{\pi r} - 0,577 \right); [\Omega]$$

$r$  - **polomer vodiča** [m]

$\lambda$  - **vlnová dĺžka** vo voľnom priestore [m]

## SMEROVÉ ÚČINKY ANTÉN

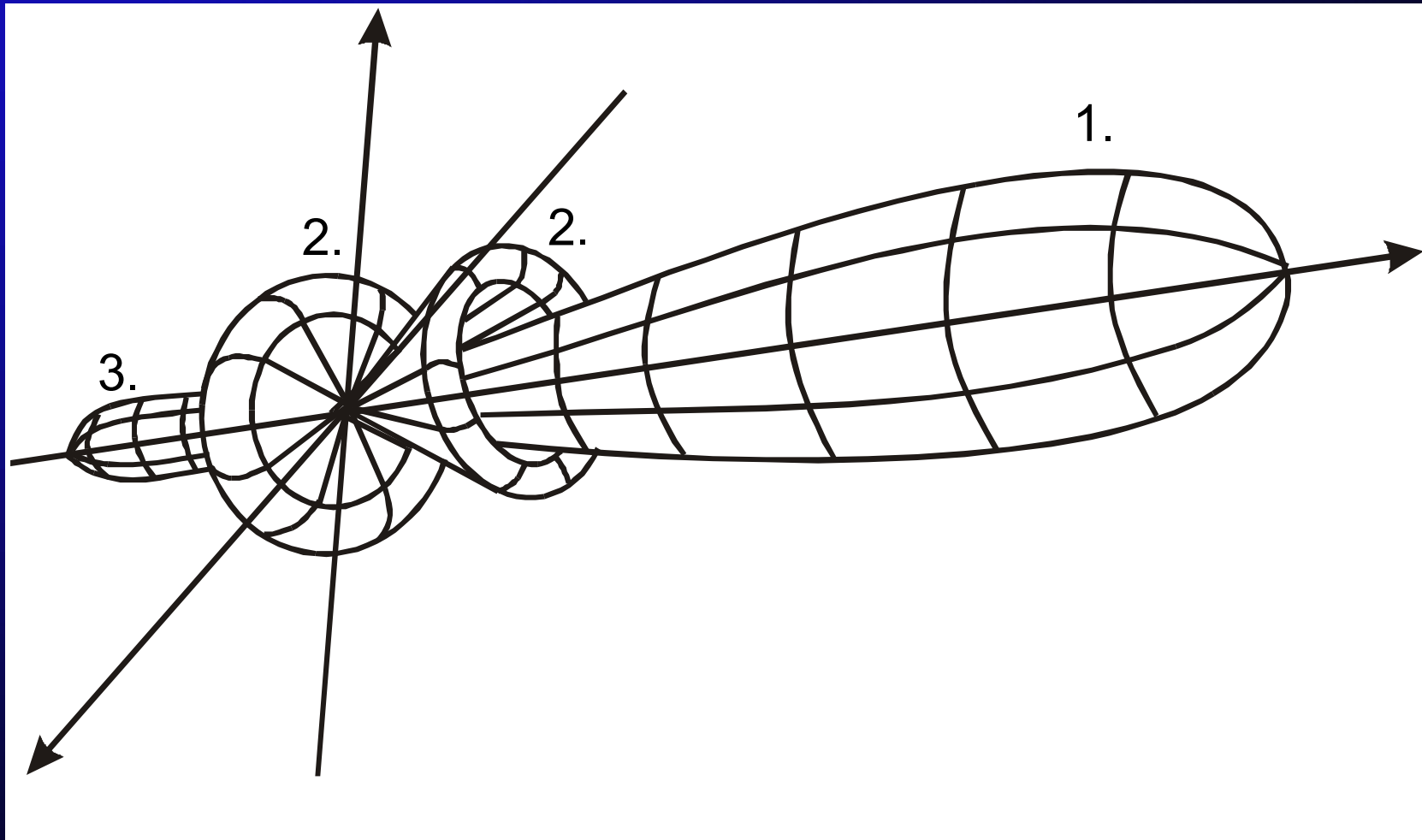
- Skutočnosť, že antény nevyžarujú vf energiu vo všetkých smeroch rovnako, je vyjadrená **smerovou funkciou žiarenia**
- Smerový účinok antén znázorňujeme smerovým vyžarovacím diagramom – **smerovou charakteristikou**
- Vyžarovací diagram je
  - **priestorový**
  - pre **praktické použitie** sa však nahrádza rovinnými vyžarovacími diagramami v **horizontálnej** (yz) a **vertikálnej** rovine (xz)



## SMEROVÁ CHARAKTERISTIKA ANTÉNY

- **Smerová charakteristika** je jedným z najdôležitejších parametrov antény, pretože popisuje priestorové rozloženie vyžarovanej energie
- **Smerová charakteristika tvorí uzavretú plochu**, ktorá vo všeobecnosti pozostáva z niekoľkých častí (**lalokov**) rôzneho tvaru (obr.6.3)
- Smerovú charakteristiku **definujeme** ako rozloženie amplitúdy intenzity elektrického poľa na povrchu gule s dostatočne veľkým polomerom, ktorej stred je totožný so stredom antény
- Aby bolo možné **porovnávanie smerových charakteristík** rôznych antén
  - všetky veľkosti amplitúdy intenzity elektrického poľa delíme jej maximálnou hodnotou, čím získame **normovanú smerovú charakteristiku**
  - **maximálna hodnota** normovanej smerovej charakteristiky je rovná jednotke

## Obr.6.3 Smerová charakteristika antény



- 1 - hlavný lalok
- 2 - postranné laloky
- 3 - zadný lalok

- Trojrozmerné zobrazenie smerovej charakteristiky je zložité, preto sa obyčajne zobrazujú jej dva navzájom kolmé rezy
- Tieto rezy môžu byť zvolené ľubovoľne - v prípade antén s lineárnou polarizáciou je výhodné tieto rezy urobiť v rovine

- vektora intenzity elektrického poľa  $\vec{E}$

- a v rovine intenzity magnetického poľa  $\vec{H}$

- Hovoríme potom o smerovej charakteristike v rovine  $\vec{E}$  a  $\vec{H}$

- Často sa používajú termíny vertikálna a horizontálna smerová charakteristika, ktoré však má význam používať len vtedy, ak je známa priestorová orientácia antény (voči povrchu Zeme)

- v prípade zvislej (vertikálnej) antény napájanej vzhľadom na Zem (rozhlasová anténa) je vertikálna charakteristika v rovine  $\vec{E}$

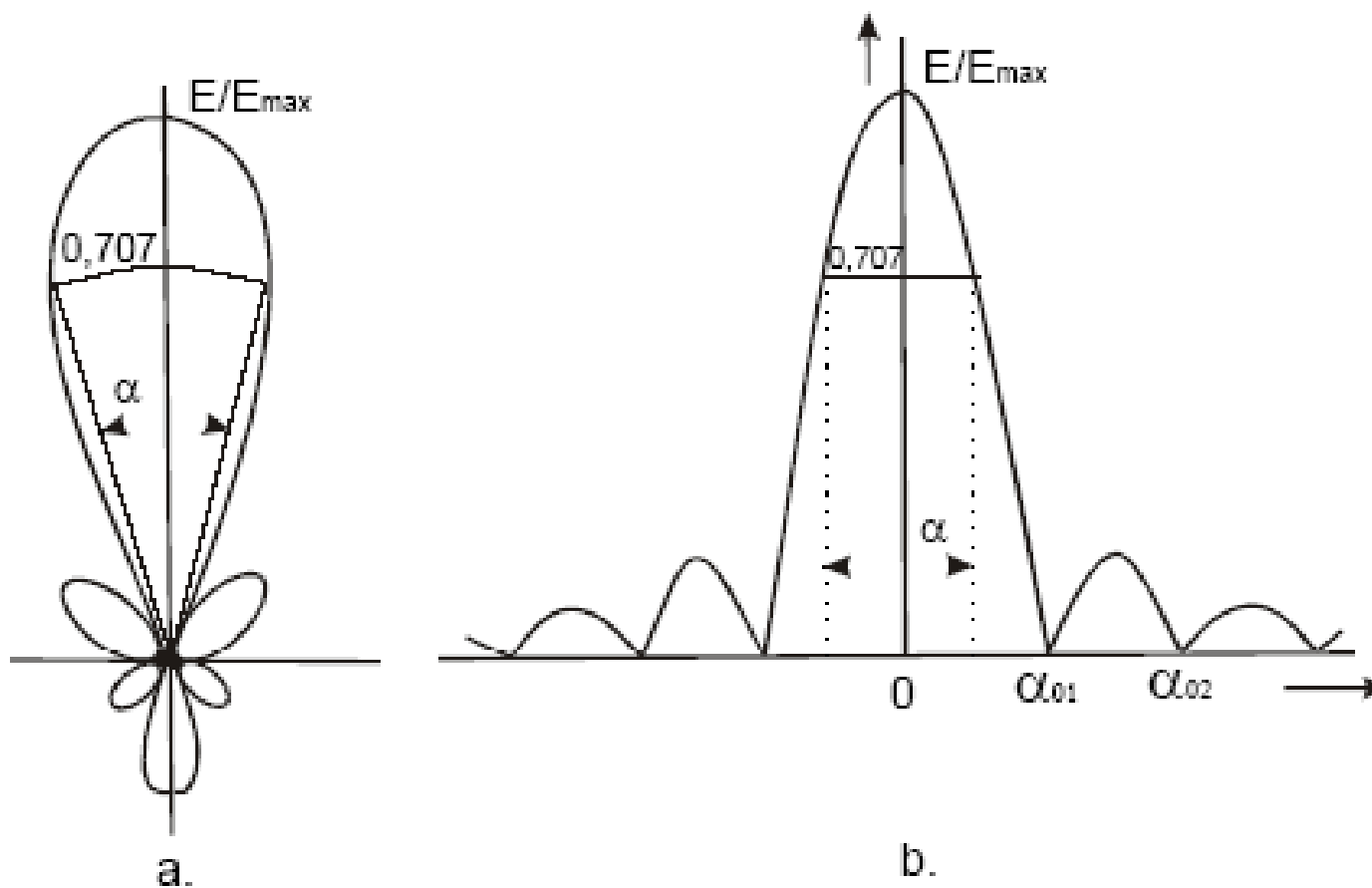
- ale v prípade televíznej antény s horizontálnou polarizáciou je táto charakteristika charakteristikou v rovine  $\vec{H}$



- **Rezy** smerovej charakteristiky sa znázorňujú v (obr.6.4)
  - **polárnej**
  - alebo v **pravouhlej** súradnicovej sústave
  - keď je veľkosť bočných lalokov charakteristiky malá v porovnaní s úrovňou hlavného laloka, je výhodné použiť **logaritmickú** stupnicu **pre zvislú os**
  
- **Uhol** ( $\alpha$ ) medzi smermi v hlavnom laloku, pre ktoré intenzita vyžarovania klesne o 3 dB (0,707) vzhľadom na maximálnu intenzitu, sa nazýva **šírkou hlavného laloka** alebo **uhlom polovičného výkonu** (obr.6.4)
- Anténu charakterizujú **dve veľkosti uhla polovičného výkonu**
  - v rovine  $\vec{H} (\alpha_H)$
  - a v rovine  $\vec{E} (\alpha_E)$
  
- Uhol, pre ktorý je vyžarovanie nulové, nazývame **nulovým uhлом** ( $\alpha_0$ )

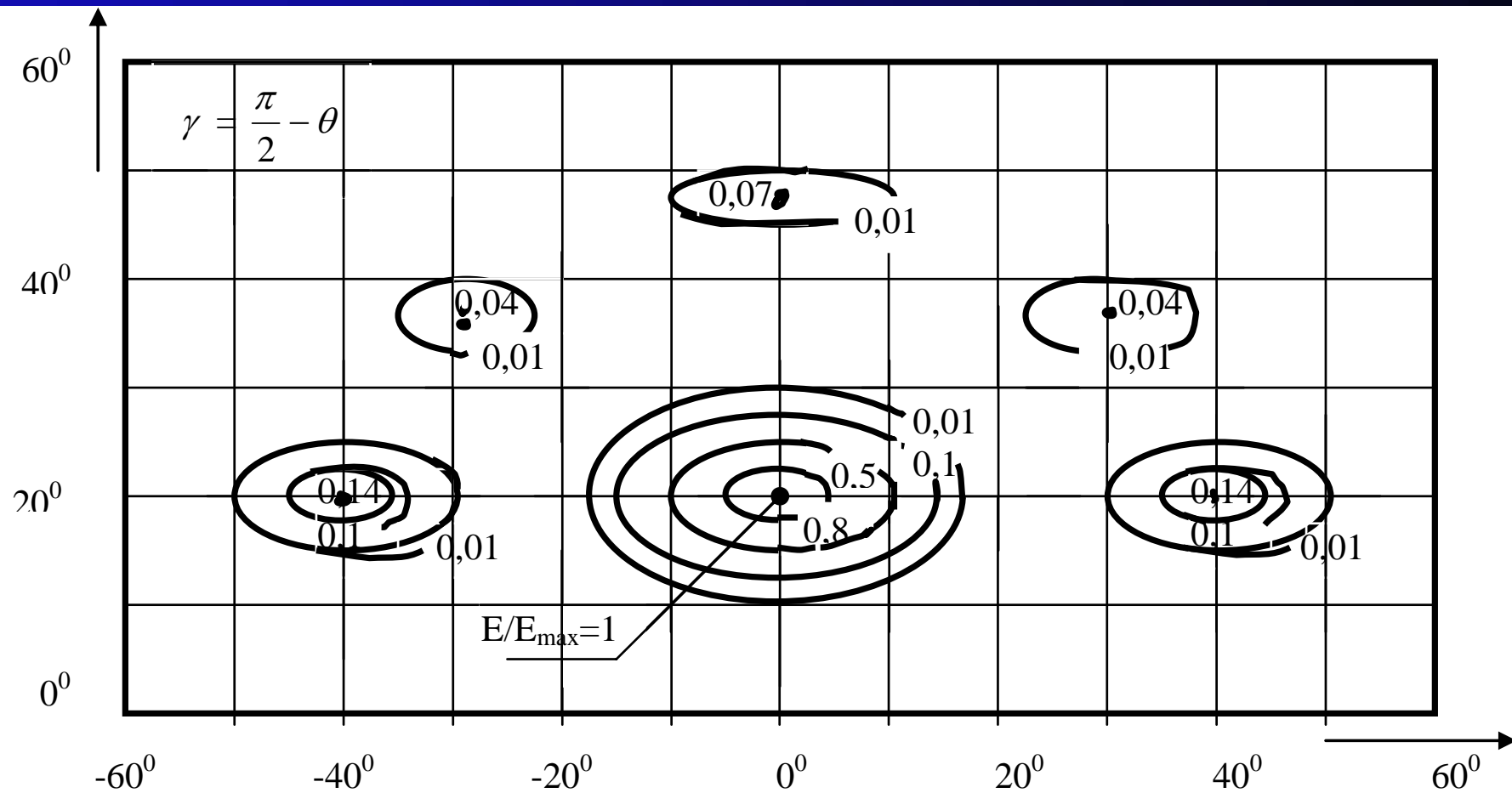
## Obr.6.4 Smerová charakteristika antény

a) v polárnej súradnicovej sústave      b) v pravouhlej súradnicovej sústave



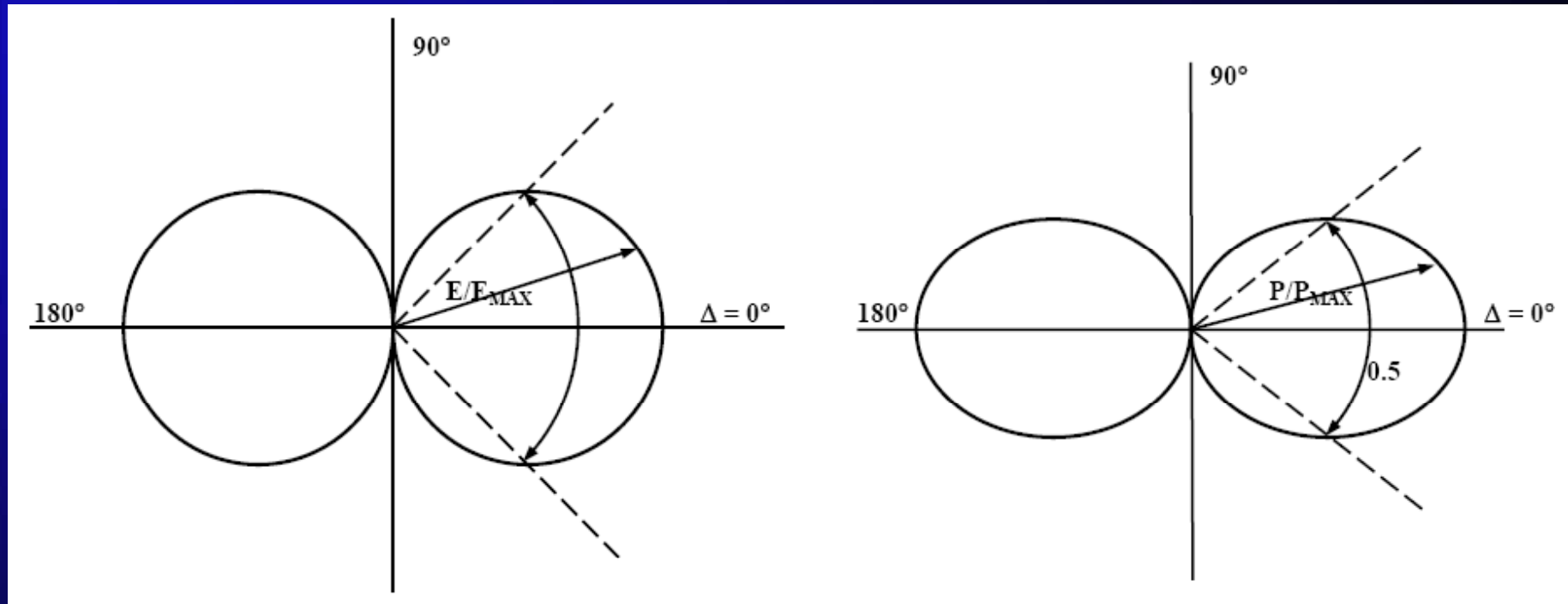
- Dva ortogonálne rezy **nie vždy úplne popisujú priestorovú smerovú charakteristiku antény**
  - v prípade, že potrebujeme úplnejšiu informáciu, používame **kartografické zobrazenie smerovej charakteristiky**
    - maximálnym úrovniám jednotlivých **lalokov** zodpovedajú **body**
    - krivky konštantnej amplitúdy sú **uzavreté**
    - kartografické zobrazenie podáva **úplnú informáciu** o priestorovej smerovej charakteristike antény

# Kartografické zobrazenie smerovej charakteristiky antény vo valcovom premietaní



- Okrem uvedených smerových charakteristík (zobrazujúcich rozloženie intenzity poľa) používajú sa tiež **charakteristiky popisujúce priestorové rozloženie vyžarovaného výkonu**
  - **intenzita vyžarovania**  $W(\Theta, \varphi)$  - výkon vyžiarený anténou do jednotkového priestorového uhla
  - **normovaná výkonová smerová charakteristika** - pomer  $W(\Theta, \varphi)/W_{\max}$ , kde  $W_{\max}$  je maximálna intenzita vyžarovania
- Zo známej **smerovej charakteristiky** antény možno určiť niektoré ďalšie parametre
  - **úroveň postranných lalokov** - pomer maximálnej amplitúdy intenzity el. poľa v najväčšom postrannom laloku a v hlavnom laloku
  - **činiteľ spätného vyžarovania** (spätného príjmu) pre zadný lalok smerovej charakteristiky - analogicky definovaný
  - **činiteľ rozptylu**  $\rho_b$  - určuje, aká časť výkonu dodávaného do antény je vyžarovaná vedľajšími lalokmi

## Obr.6.5 Porovnanie poľovej a výkonovej smerovej charakteristiky tej istej antény (krátkeho dipólu)



a) poľová charakteristika

b) výkonová charakteristika

- **Vzájomný vzťah** medzi smerovou charakteristikou (tzv. poľovou) a výkonovou smerovou charakteristikou je daný vzťahom pre Poyntingov –Umovov vektor

# SMEROVOŠŤ

## ■ Smerovosť „ $D$ “

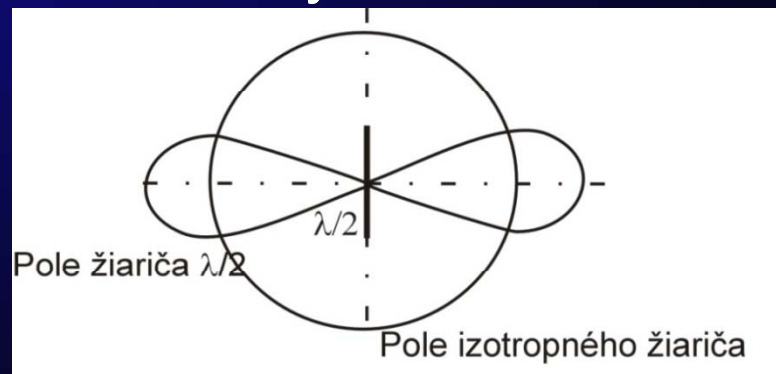
- pomer maximálnej intenzity vyžarovania „ $W_{max}$ “ a strednej intenzity vyžarovania „ $W_{str}$ “

$$D = \frac{W_{max}}{W_{str}}$$

- stredná intenzita vyžarovania sa rovná celkovému výkonu vyžarovanému anténou delenému celkovým priestorovým uhlom
- charakterizuje celkové smerové vlastnosti antény
  - smerovosť antény je teda veličinou jednoznačne určenou jej smerovou charakteristikou
- Smerovosť antény **nezahrňuje straty výkonu** v anténe
- Môže však **existovať anténa** s veľkou smerovosťou, ale malou účinnosťou
- Je potrebné preto definovať ešte jednu veličinu, ktorá charakterizuje smerové vlastnosti i účinnosť antény - **zisk antény**

- Keď chceme **posúdiť smerové vlastnosti antény**, porovnáme tieto s vyžarovaním izotropnej (všesmerovej) antény, ktorá je idealizovaným fiktívnym zdrojom vyžarujúcim vo všetkých smeroch rovnako
- Smerová anténa bude oproti izotropnej anténe vyžarovať v niektorých smeroch väčšiu, v iných menšiu energiu, teda má určitú **smerovosť** „ $D$ “

$$D = \frac{P_i}{P_A}$$



- je to **pomer** vyžiareného výkonu izotropnou (všesmerovou) anténou „ $P_i$ “ a smerovou anténou „ $P_A$ “
- koľkokrát väčší výkon by bolo treba vyžiariť z izotropnej antény, ktorá vyžaruje vo všetkých smeroch rovnako, aby intenzita el. poľa v mieste príjmu bola taká istá, ako je v tomto mieste intenzita poľa od smerovej antény – **absolútna smerovosť antény**
- izotropná anténa je fiktívnym zdrojom, a preto veľmi často smerovosť danej antény vzťahujeme k polovlnovému dipólu ako k referenčnej anténe – **relatívna smerovosť antény**



## ZISK ANTÉNY

- **Zisk** antény - udáva, koľkokrát väčší výkon treba dodať do referenčnej antény ako do smerovej antény, aby v mieste príjmu bola intenzita od oboch antén rovnaká
  - kvadrát pomeru maximálnej intenzity elektrického poľa v danom bode, vytvoreného danou anténou a maximálnej intenzity elektrického poľa v tomto bode, vytvoreného inou (referenčnou) anténou
  - pričom obidve antény sú napájané rovnakým výkonom
    - ako referenčnú anténu možno zvoliť ľubovoľnú anténu
    - ale obyčajne sa používa polovlnový dipól alebo bezstratová izotropne vyžarujúca anténa
- Zisk skúmanej antény vzhľadom na izotropne vyžarujúcu anténu sa označuje ako  $G_0$

$$G_0 = \eta D$$

v decibeloch (dB)

$$G_{dB} = 10 \log G$$

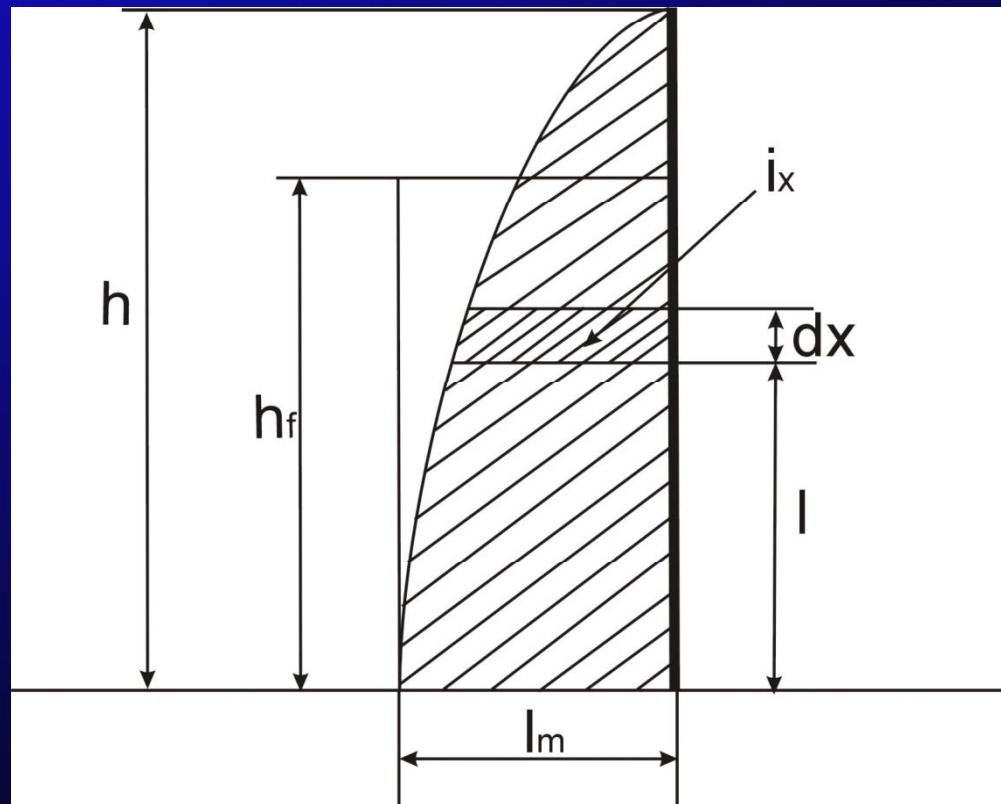
$\eta = P_0/P_i$  ( $P_z/P_a$ ) - účinnosť antény (pomer vyžiareného výkonu  $P_0$  ( $P_z$ ) a výkonu, ktorým je napájaná anténa  $P_i$  ( $P_a$ ));  $D$  - smerovosť antény

## EFEKTÍVNA VÝŠKA ANTÉNY

- **Rozloženie prúdu** pozdĺž anténového vodiča (lineárna anténa – vertikálna) **nie je rovnomerné**
  - t.j. **nie všetky časti** antény **sa zúčastňujú** na vyžarovaní vF energie **rovnako účinne**
- Aby sa mohol aj za týchto okolností vypočítať vyžiarený výkon, zavádza sa **efektívna výška antény** (Obr. 6.6)
  - je to **taká výška antény**, pri ktorej by pretekal po celej dĺžke rovnomerne rozložený prúd s takou efektívnou hodnotou, aká je efektívna hodnota prúdu pri normálnej výške
  - **efektívnu výšku antény s nerovnomerne rozloženým prúdom dostaneme**, keď plochu znázorňujúcu rozloženie prúdu pozdĺž antény premeníme na obdĺžnik s rovnakou základňou a plochou
  - pre štvrtvlnovú anténu ( $h = \lambda/4$ ) je efektívna výška antény

$$h_{ef} = \frac{2}{\pi} \cdot h$$

## Obr.6.6 Efektívna výška antény



- Pomocou efektívnej výšky antény alebo efektívnej plochy, môžeme vyjadriť **napätie indukované v anténe**

$$U_i = Eh_{ef} \left[ \mu V; \frac{\mu V}{m}; m \right]$$

# Témy na zapamätanie

- Definícia antény
- Rozdelenie antén
- Základné vlastnosti antén
  - Vstupná impedancia antény a odpor vyžarovania
  - Účinnosť antény
  - Charakteristická impedancia antény
  - Smerové účinky antény
    - Smerová charakteristika
    - Smerovosť
    - Zisk
  - Efektívna výška antény

# Kontrolné otázky

- Definícia antény (IEEE)?
- Aký prvok je anténa?
- Čo je úlohou antény?
- Aká je transformačná úloha vysielacej antény?
- Aká je transformačná úloha prijímacej antény?
- Ako rozdeľujeme antény podľa frekvenčného pásma?
- Ako rozdeľujeme antény podľa šírky frekvenčného pásma?
- Ako rozdeľujeme antény podľa schopnosti sústrediť vyžarovanie do určitého smeru?
- Ako rozdeľujeme antény podľa funkcie, ktorú plnia?
- Ako rozdeľujeme antény podľa povahy zdrojov elm poľa v anténe?
- Aké je základné rozdelenia antén?
- Aké antény patria do delenia podľa tvaru žiariča?
- Aké antény patria do delenia podľa usporiadania žiariča?
- Aké antény patria do delenia podľa typu vlny?

- Ktoré sú základné parametre antén?
- Ktoré sú impedančné parametre antén?
- Ktoré sú smerové parametre antén?
- Ktoré sú ďalšie parametre antén?
- Ako je definovaná vstupná impedancia antény?
- Aký je vzťah pre vstupnú impedanciu „ $Z_{vst}$ “ antény?
- Ako môžeme vyjadriť vstupnú impedanciu antény v jej napájacom bode ( $Z_{vst}$ )?
- Čo predstavuje a čomu zodpovedá reálna časť vstupnej impedancie antény?
- Na aké časti sa rozkladá reálna časť (činný odpor) vstupnej impedancie antény?
- Čo ovplyvňuje imaginárna časť (reaktančná zložka) vstupnej impedancie antény?
- Aký charakter môže nadobúdať priebeh vstupnej impedancie antény a do čoho závisí?
- Aké veľkosti nadobúda reálna a imaginárna časť vstupnej impedancie antény pri rezonančnej dĺžke anténneho vodiča?

- Čo musíme urobiť zo vstupnou impedanciou antény k impedancii napájača?
- Ako je definovaná účinnosť antény (vzťah)?
- Ktoré odpory patria medzi stratové odpory antény?
- Ktorý zo stratových odporov vieme pomerne dobre obmedziť a prečo?
- Ktorý zo stratových odporov vieme ťažko obmedziť a prečo?
- Ako vyjadríme vlnovú impedanciu „ $Z_v$ “ lineárnych antén?
- Ako graficky znázorňujeme smerový účinok antén?
- Akými vyžarovacími diagramami znázorňujeme smerový účinok antén (vedieť nakresliť)?
- Aké rozloženie vyžarovanej energie popisuje smerová charakteristika?
- Z akých lalokov sa skladá smerová charakteristika antény (vedieť nakresliť)?
- V akých súradnicových sústavách zobrazujeme rez smerovej charakteristiky antény (vedieť nakresliť)?

- Čo je to uhol polovičného výkonu (šírka hlavného laloka)?
- Aký je to nulový uhol?
- Ako je definovaná smerovosť antény?
- Aký je vzťah pre výpočet smerovosti antény, ktorý vychádza z intenzity vyžarovania?
- Aký je vzťah pre výpočet smerovosti antény, ktorý vychádza z vyžiareného výkonu?
- Ako je definovaný zisk antény?
- Aký je vzťah pre výpočet zisku antény?
- Ako je definovaná účinnosť antény?
- Aká by mala byť vyžiarená energia vzhľadom na celkový privedený výkon do antény pri ekonomickej prevádzke vysielача?



# Zoznam použitých skratiek a symbolov

## ■ Skratky:

- ELM, elm- elektromagnetický
- VF- vysokofrekvenčné

## ■ Značky:

- D- smerovosť
- E- intenzita elektrického poľa
- H- intenzita magnetického poľa
- $\eta$ - účinnosť antény
- l- dĺžka anténového vodiča
- $\lambda$ - vlnová dĺžka
- r- polomer vodiča
- $Z_{vst}$ - vstupná impedancia

**Ďakujem za pozornosť**