

Prednáška 08:
LINEÁRNE ANTÉNY
so spojitou (rezonančnou) vlnou
(impedančne neprispôsobené)

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

[http://kemt-old.fei.tuke.sk/predmety/EVaA/_materialy/
Prednasky/Pr08/Pr08.pdf](http://kemt-old.fei.tuke.sk/predmety/EVaA/_materialy/Prednasky/Pr08/Pr08.pdf)

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

Obsah prednášky

- Tenké symetrické lineárne antény
- Valcová anténa
- Sústavy lineárnych antén
 - Sústava zložená len z aktívnych prvkov
 - Sústava zložená z aktívnych a pasívnych prvkov
- Lineárna anténa nad zemským povrchom
- Príklady lineárnych antén
 - Antény pre DV a SV
 - Antény pre KV a VKV

Lineárne antény

- Sú také antény, ktorých **jeden rozmer je podstatne väčší ako ostatné rozmery**
- Antény tohto typu nachádzajú **široké uplatnenie v praxi** počnúc od najnižších frekvencií až po frekvencie rádovo 10^0 až 10^2 GHz
- Používajú sa ako **samostatné antény**, ale často sa používajú aj ako **prvky zložitých sústav**
- V úvahách sa **obmedzíme**
 - na antény vyrobené z **ideálneho vodiča**
 - veľmi (nekonečne) **tenké antény** (pomer dĺžky k priemeru je väčší ako 100)
 - **dĺžka** antény je **menšia** ako **vlnová dĺžka**

Tenké symetrické lineárne antény

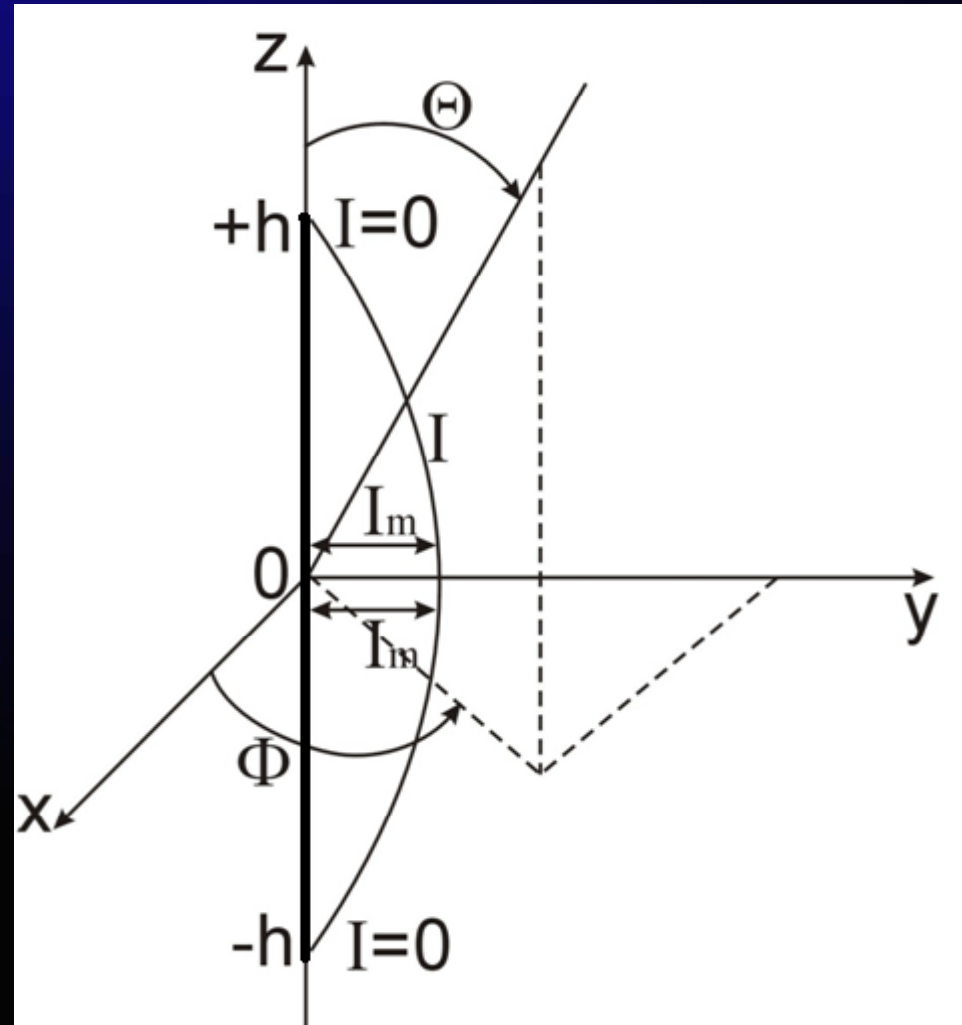
ROZLOŽENIE PRÚDU

- Rozloženie prúdu pozdĺž antény je **rovnaké** ako rozloženie prúdu v symetrickom dvojvodičovom vedení s dĺžkou h , ukončenom naprázdno (na konci **uzol prúdu**)

$$I(z) = I_m \sin[k(h - |z|)]$$

$$|z| \leq h$$

I_m – max. amplitúda prúdu



SMEROVÁ CHARAKTERISTIKA

- Smerová charakteristika nekonečne tenkej symetrickej lineárnej antény je taká istá ako u elementárneho el. dipólu (nezávisí od súradnice Φ)

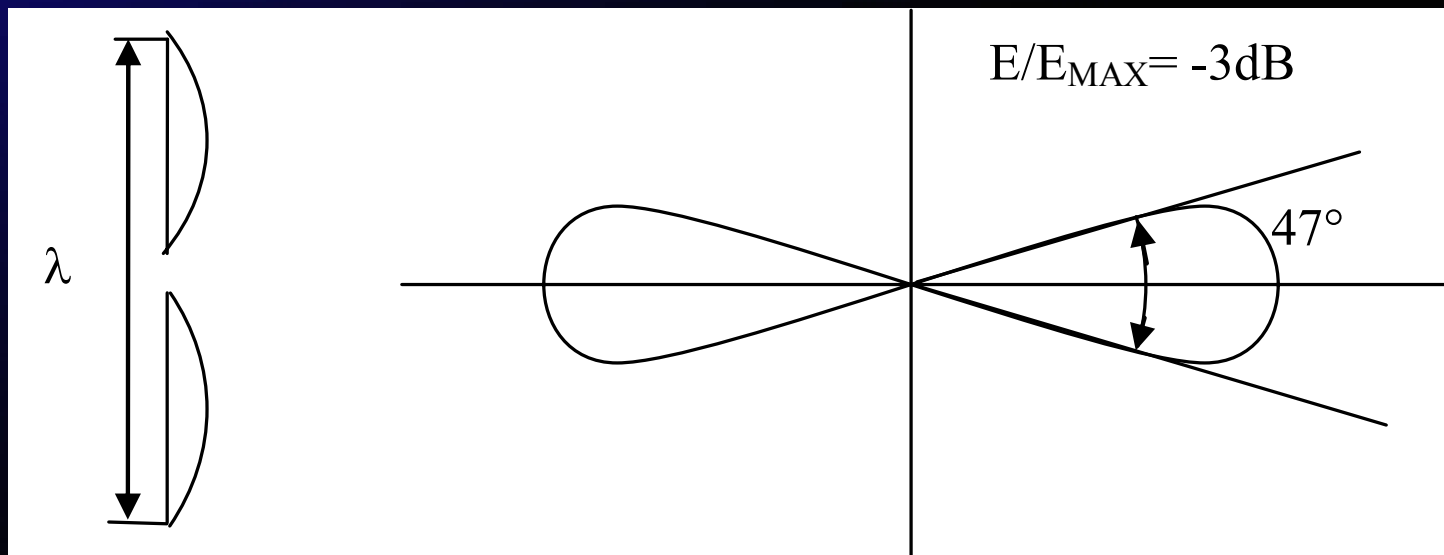
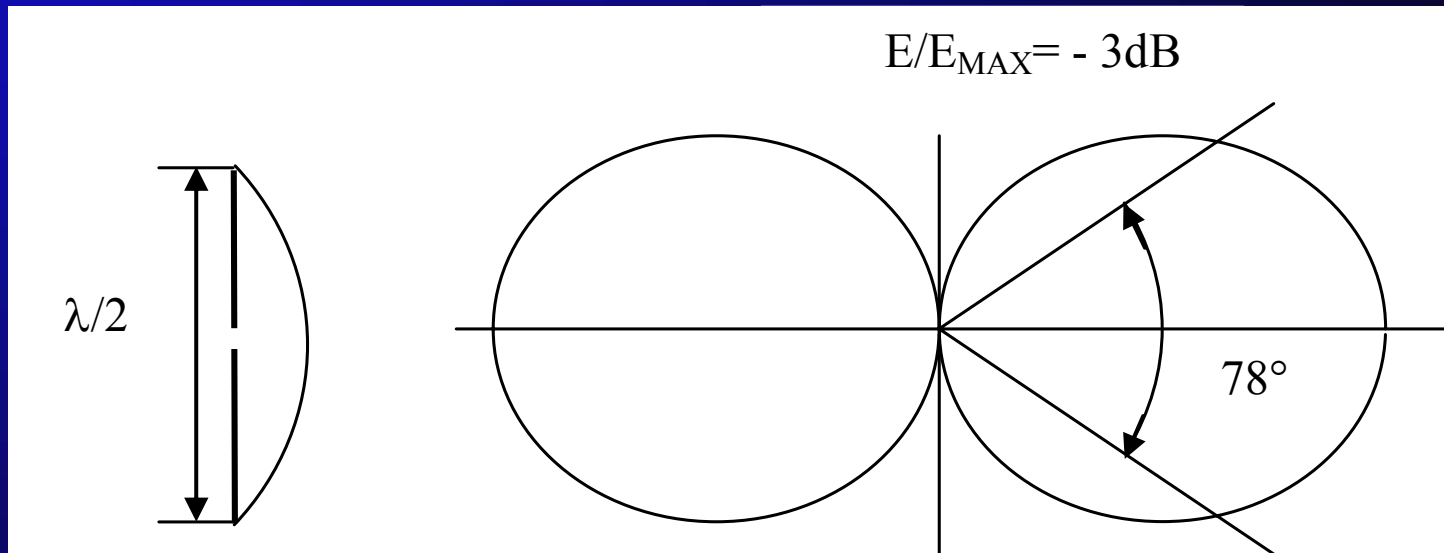
$$F(\Theta, \Phi) = F(\Theta) = \frac{\cos(kh \cos \Theta) - \cos(kh)}{\sin \Theta}$$

- Význam má anténa s dĺžkou $2h = \lambda/2$, tzv. polvlnový dipól

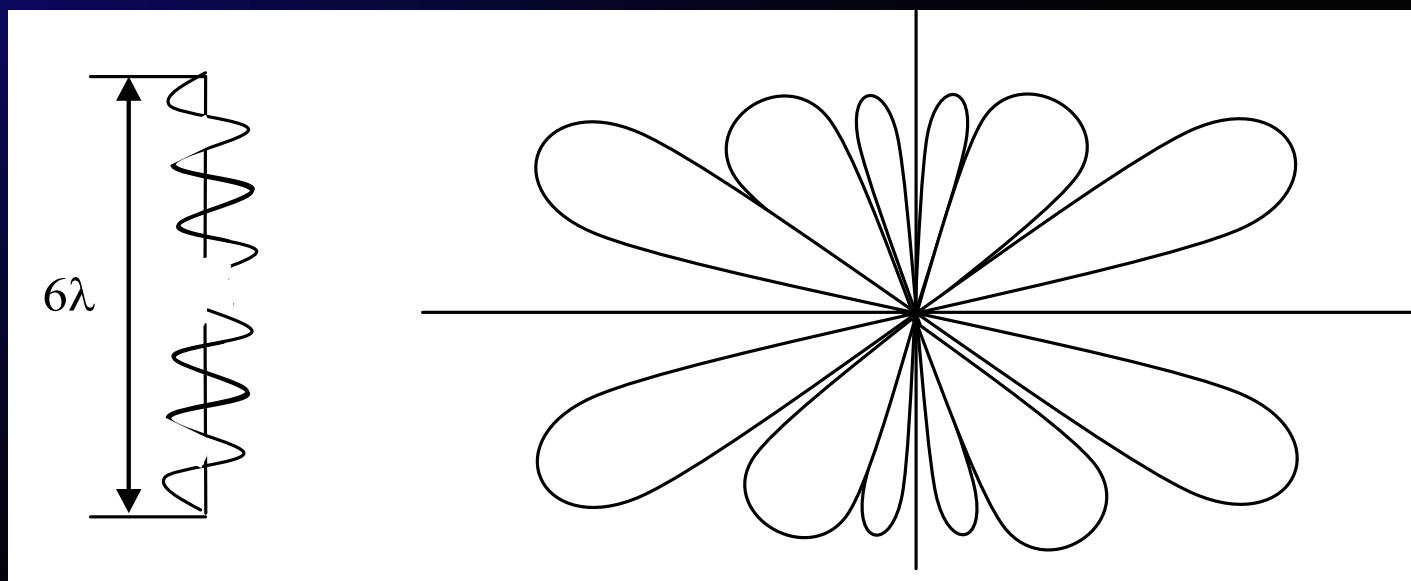
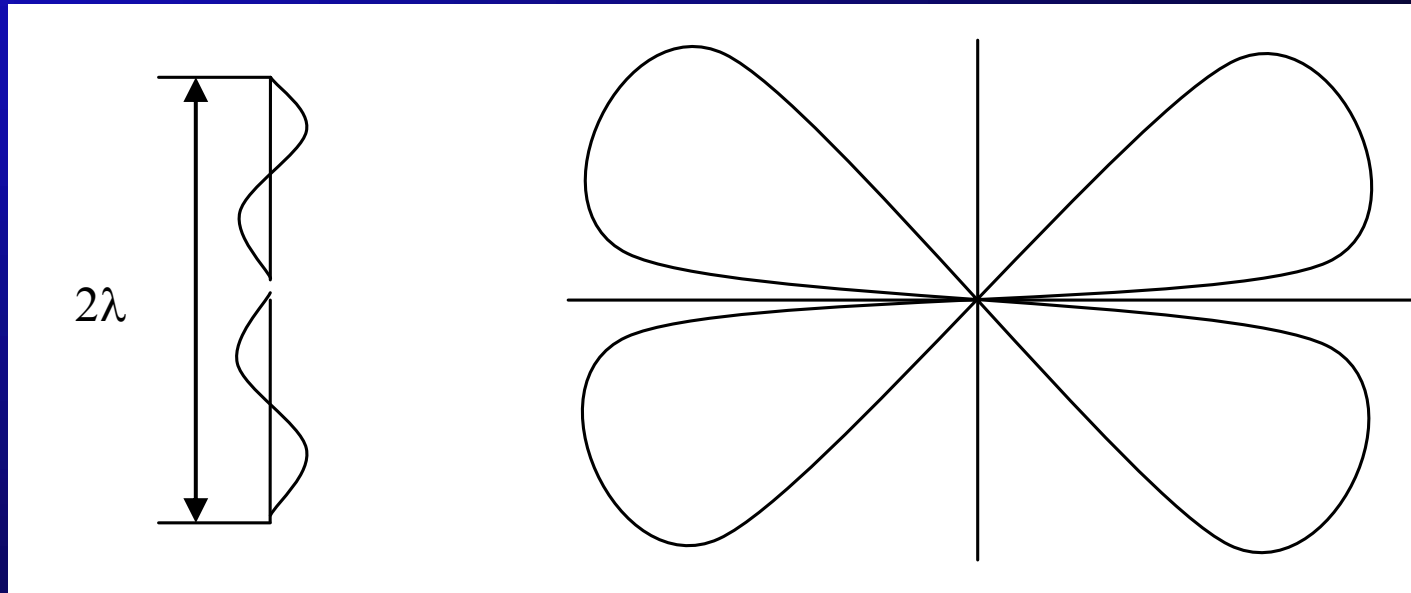
$$F(\Theta) = \frac{\cos \left[\frac{\pi}{2} \cos \Theta \right]}{\sin \Theta}$$

$$kh = \pi/2$$

Obr.8.1 Prúdové rozloženie a smerové charakteristiky tenkej lineárnej symetrickej antény pre rôzne dĺžky $2h$



Obr.8.2 Prúdové rozloženie a smerové charakteristiky tenkej lineárnej symetrickej antény pre rôzne dĺžky $2h$



IMPEDANCIA VYŽAROVANIA

- Uvažujme **valcovú symetrickú lineárnu anténu** s (Obr.8.3)
 - dĺžkou $2h$
 - priemerom $2a$
 - priemer antény je **zanedbateľný** v porovnaní s jej dĺžkou
 - vyrobenú z **ideálneho vodiča**
 - **rozloženie prúdu** v anténe je sínusové (Obr.8.3)
 - pozdĺž antény **musíme spojiť rozmiestniť** generátory s intenzitou elektrického poľa
- **Stredná hodnota výkonu** spojitého rádu generátorov je

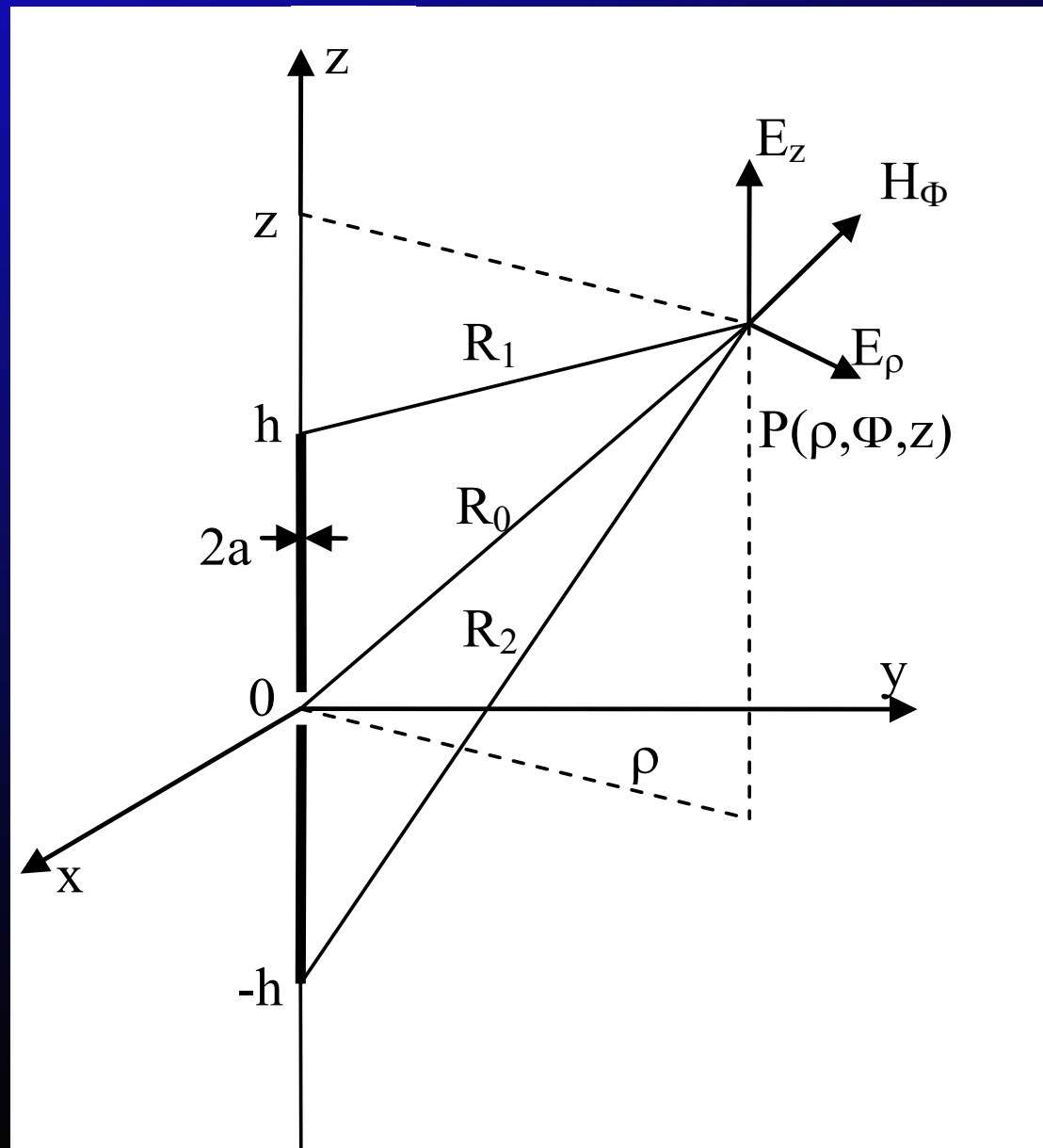
$$E_S(z) = -E_Z(a, z)dz$$

- sínusové rozloženie prúdu v anténe **sa nedá dosiahnuť** pomocou jediného bodového generátora

$$P_{str} = \frac{1}{2} I_m^2 Z_{mž}$$

I_m – max. amplitúda prúdu
 $Z_{mž}$ – max. hodnota impedancie vyžarovania

Obr.8.3 Zložky elm poľa symetrickej lineárnej antény



- Pričom pre **impedanciu vyžarovania** v mieste max. prúdu platí

$$Z_{m\check{z}} = R_{m\check{z}} + jX_{m\check{z}}$$

- pre **polvlnovú anténu** ($kh=\pi/2$)

$$R_{m\check{z}} = 73,13\Omega$$

$$X_{m\check{z}} = 42,55\Omega$$

- pre **celovlnovú anténu** ($kh=\pi$)

$$R_{m\check{z}} = 199,1\Omega$$

$$X_{m\check{z}} = 125,4\Omega$$

- impedanciu vyžarovania **možno vyjadriť pomocou amplitúdy prúdu v ľubovoľnom bode antény !!!**
- Medzi impedanciou vyžarovania, vyjadrenou pomocou amplitúdy na svorkách antény „ $Z_{o\check{z}}$ “ a impedanciou vyžarovania „ $Z_{m\check{z}}$ “, vyjadrenou pomocou amplitúdy v mieste maxima prúdu „ I_m “, platí

$$Z_{0ž} = \frac{Z_{mž}}{\sin^2(kh)}$$

- impedanciu „ $Z_{0ž}$ “ možno považovať za **približnú hodnotu vstupnej impedancie antény**
- **priblíženie je tým lepšie**, čím je oprávnenejší predpoklad o sínusovom rozložení prúdu v anténe
- **Znalosť odporu vyžarovania antény „ $R_{mž}$ “ umožňuje jednoducho popísať jej smerovosť**

$$D = 120 \frac{F_{\max}^2 (\Theta)}{R_{mž}}$$

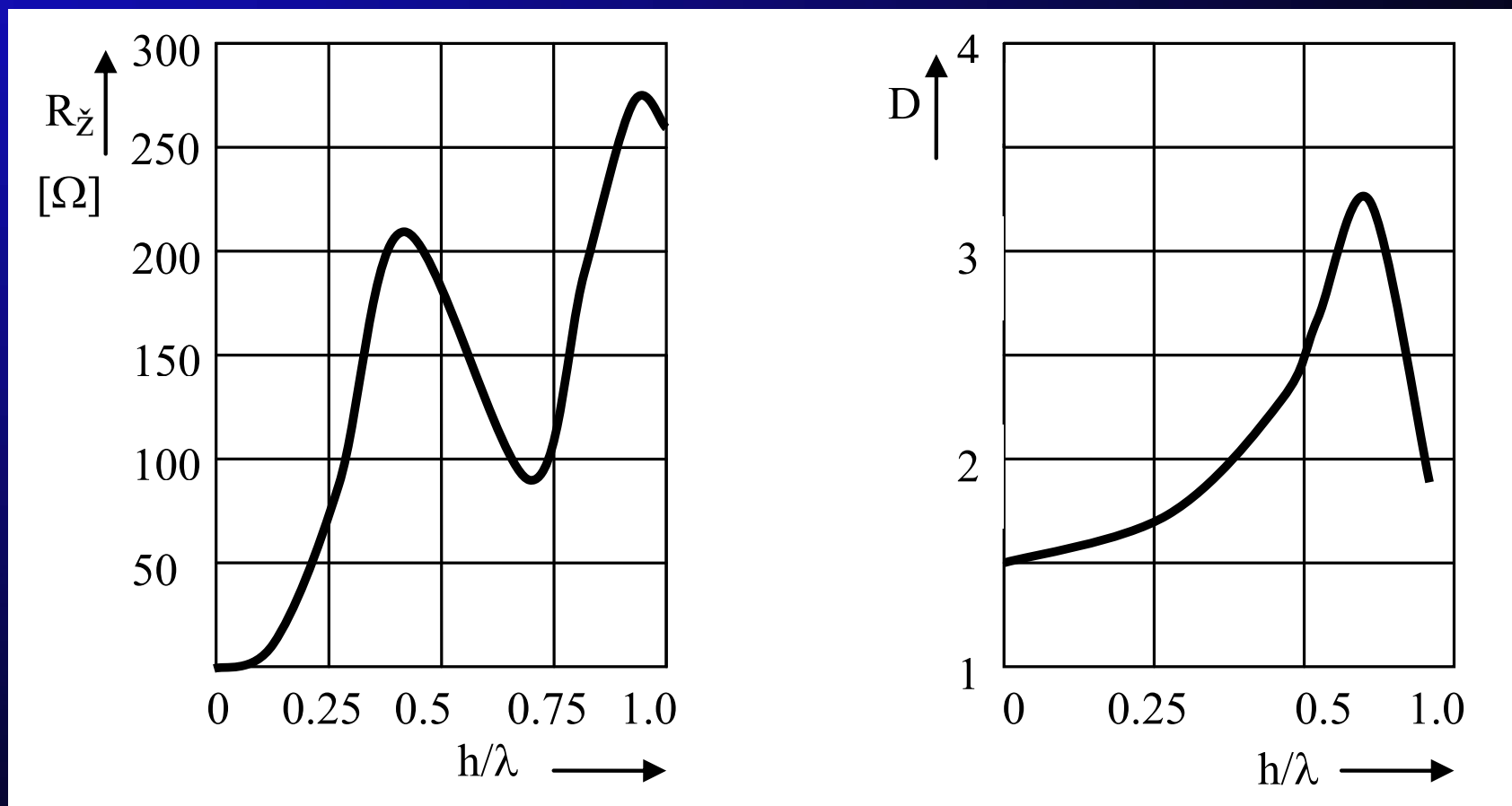
- pre **polvlnovú anténu** ($kh=\pi/2$)

$$D = \frac{120}{73,13} = 1,64$$

- pre **celovlnovú anténu** ($kh=\pi$)

$$D = \frac{120 \cdot 2^2}{199,1} = 2,41$$

Obr.8.4 Závislost odporu vyžarovania a smerovosti od dĺžky antény



KRÁTKA LINEÁRNA ANTÉNA

- Intenzita elektrického poľa krátkej antény ($kh \ll 1$) - intenzita elektrického poľa elementárneho elektrického dipólu

$$E_{\Theta} = \frac{j60\pi I_0 h}{\lambda r} e^{-jkr} \sin \Theta$$

$$I_0 = I_m \sin(kh)$$

I_0 - prúd tečúci anténou

- Efektívna dĺžka veľmi krátkej antény sa rovná polovici jej geometrickej dĺžky

$$l_{ef} = \frac{2h}{2} = h$$

■ pre polvlnovú anténu

$$l_{ef} = \frac{\lambda}{\pi}$$

- Impedancia vyžarovania krátkej antény

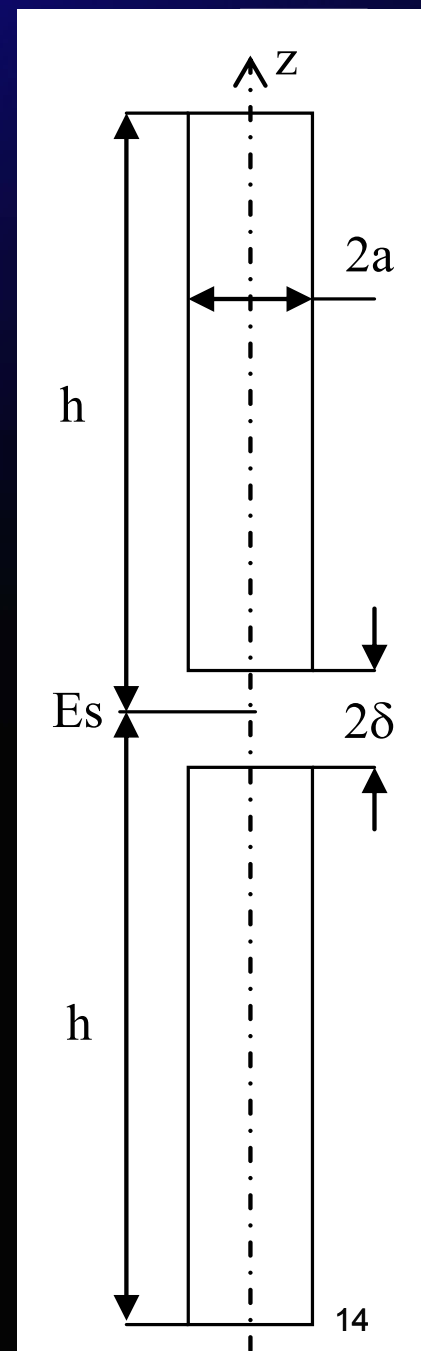
dĺžky: $2h = 0,1\lambda$

priemeru: $a = 5 \cdot 10^{-4}$

$$Z_{0\check{z}} = (1,97 - j 1760) \Omega$$

Valcová anténa

- Uvažujme anténu vytvorenú z časti **valcovej trubice s nekonečne tenkými ideálnymi vodivými stenami**
 - **dĺžka antény** nech je $2h$
 - **priemer antény** je $2a$
 - v strede antény je vytvorená **tenká štrbina** so šírkou 2δ
 - v strede štrbiny pracuje **generátor** s elektromotorickou silou E_s
- **Rozloženie prúdu** vo valcovej anténe popisuje **Hallénova integrálna rovnica**
 - jej **exaktné riešenie** vo valcovej anténe **nie je známe**
 - hľadajú sa jej **približné riešenia** rôznymi metódami – napr. **iteračná metóda**



ROZLOŽENIE PRÚDU

- Pre väčšinu lineárnych antén je rozloženie prúdu sínusové

$$I(z) = \frac{jE_s}{60\psi} \frac{\sin[k(h-z)]}{\cos(kh)}$$

ψ - štíhlostný koeficient antény

$$\psi = 2 \ln \frac{2h}{a}$$

- pre tenké dipóly ($\psi > 20$)

- v uzlových bodoch - uprostred dipólu pre ($2h = \lambda$), alebo pri dipóle s ($2h = 5\lambda/4$) vo vzdialenosti $\lambda/2$ od koncov, je prúd nulový

- pre hrubé dipóly ($\psi < 10$)

- v týchto bodoch – prúd nie je nulový, ale má konečnú hodnotu
- okrem toho minimum prúdu nastáva vo vzdialenostiach menších než $\lambda/2$

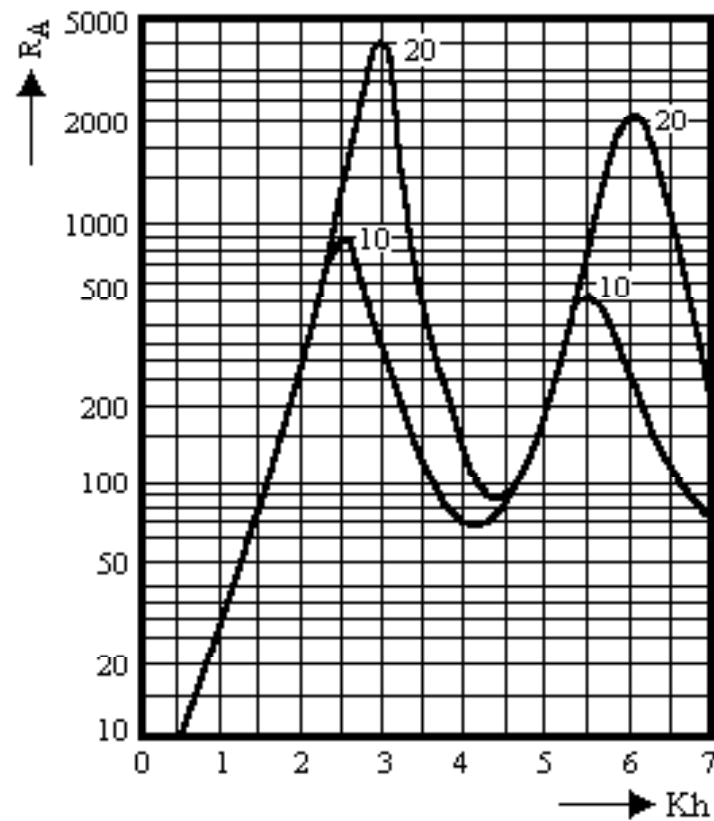
VSTUPNÁ IMPEDANCIA VALCOVEJ ANTÉNY

- Definujeme ako pomer elektromotorickej sily generátora E_s a prúdu tečúceho svorkami antény $I(0)$

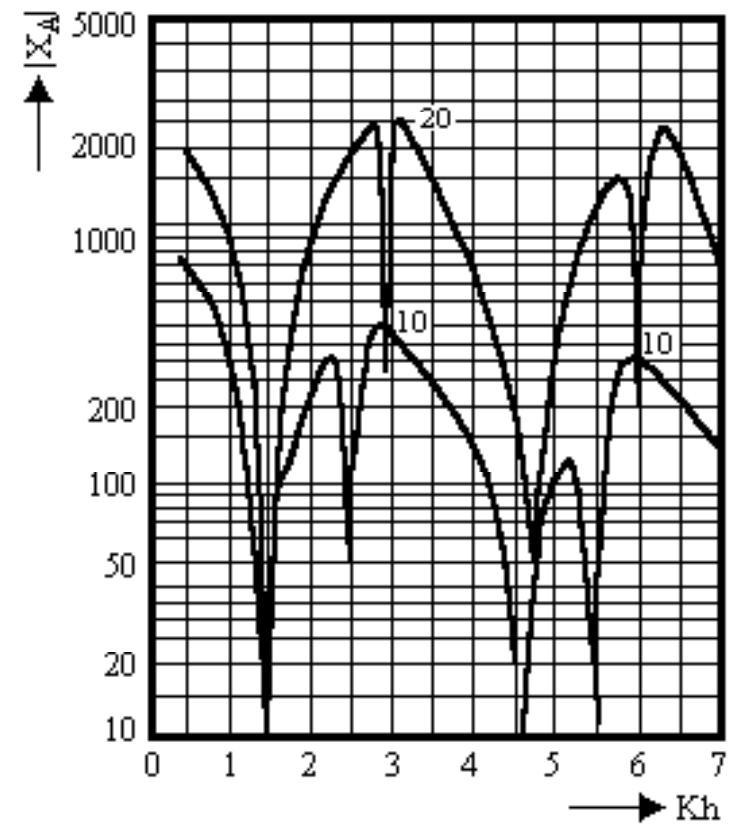
$$Z_A = \frac{E_s}{I(0)} = R_A + jX_A$$

- Zo závislostí; (Obr.8.5) reálnej a imaginárnej časti Z_A valcovej antény od jej dĺžky **vyplýva**, že
 - pre hrubé dipóly majú tieto závislosti nižšie maximá než pre tenké - **vstupná impedancia hrubých dipólov sa mení menej ako pri tenkých**
 - hrubé dipóly je možné **lepšie prispôbovať k napájaciemu vedeniu** ako tenké
 - pri **určitých hodnotách kh** je imaginárna časť vstupnej impedancie nulová ($X_A = 0$)

Obr.8.5 Závislost' reálnej (a) a imaginárnej (b) zložky vstupnej impedancie valcovej antény od dĺžky antény pre dva rôzne štíhlostné koeficienty



a.



b.

- **Dĺžky antény**, pre ktoré $X_A=0$, nazývame **rezonančnými „ h_{rez} “**
 - **prvá rezonancia** dipólu je v blízkosti $2h = \lambda/2$, **druhá** v blízkosti $2h = \lambda$, atď.
 - vo všetkých prípadoch **rezonančné dĺžky dipólov sú menšie ako príslušný násobok polvlny** vo voľnom priestore
 - ak má byť vstupná impedancia dipólu čisto reálna (ľahšie prispôsobenie k napájaciemu vedeniu), treba **celkovú dĺžku valcovej antény skrátiť**
 - **toto skrátenie je pre každú rezonanciu a pre každý štíhlostný koeficient iné - činiteľ skrátenia - C_n**

$$C_n = \frac{2h_{rez}}{n\lambda/2} < 1$$

$n=1,2,3,\dots$ - číslo rezonancie

- Uvedenú teóriu možno **použiť aj pri analýze antén s iným prierezom ako kruhovým**
 - zavádza sa **ekvivalentný prierez** s vhodne zvoleným polomerom - **tabuľky**

Sústavy lineárnych antén

- Lineárne antény sa často používajú ako prvky zložitejších anténových sústav
- Smerové charakteristiky takýchto sústav možno získať napr. pravidlom násobenia charakteristík
- Pri určovaní amplitúd a fáz prúdov v jednotlivých žiaričoch sústavy však musíme brať do úvahy ich vzájomné ovplyvňovanie
 - riešenie sústavy Hallénových integrálových rovníc

SÚSTAVA ZLOŽENÁ LEN Z AKTÍVNYCH PRVKOV

SÚSTAVA DVOCH LINEÁRNYCH POLVLNOVÝCH ANTÉN
napájaných prúdmi s rovnakou amplitúdou ($I_1=I_2=I$) a s
rovnakou fázou

- Rozloženie prúdu v obidvoch anténach je harmonické

$$I(z) = I_m \cos(kz)$$

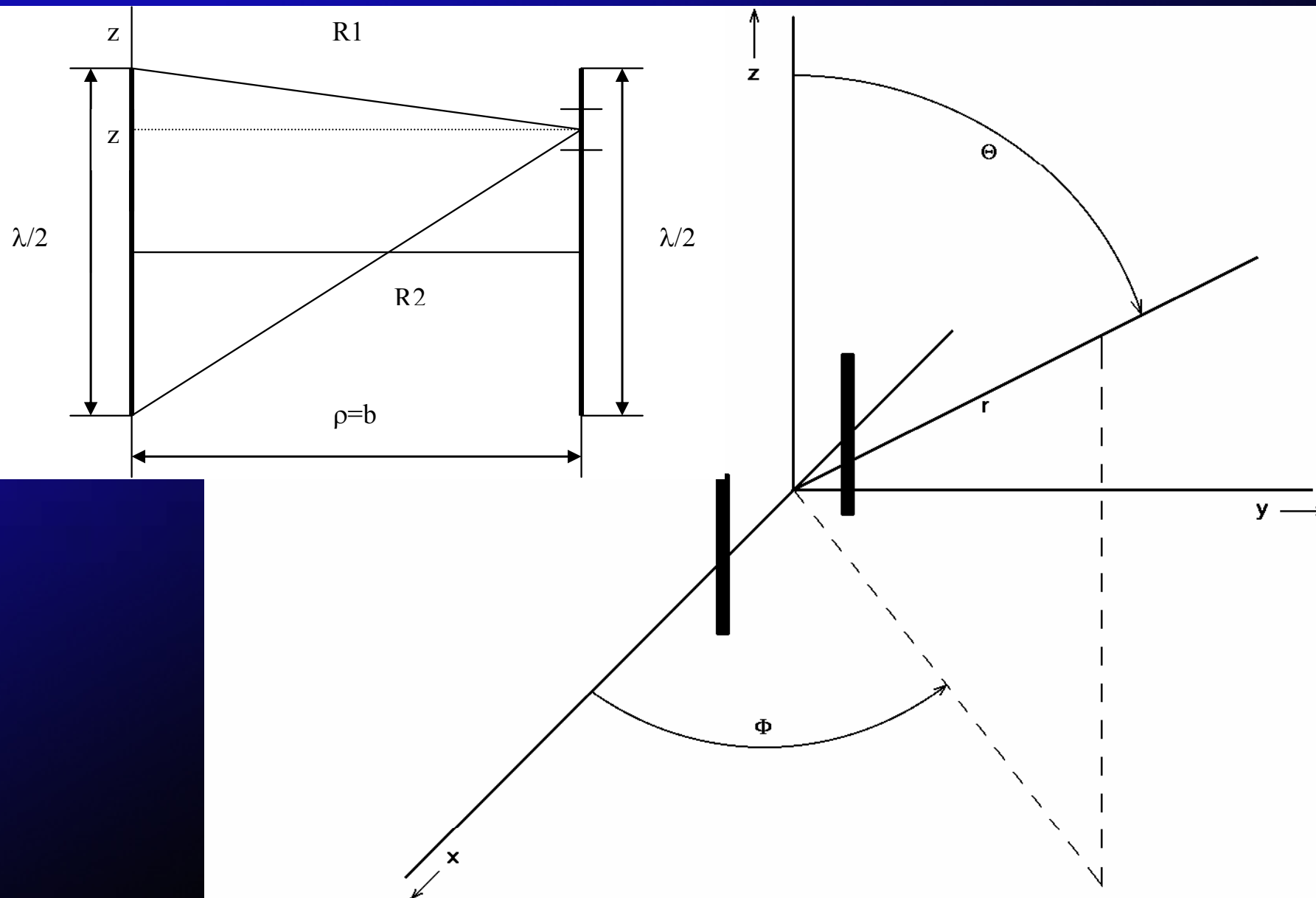
- Umiestnenie súradnicovej sústavy

- začiatok umiestnime do stredu spojnice medzi stredmi antén
- os z nech je rovnobežná s osou antén
- antény ležia v rovine x, z

- Vzhľadom na symetriu sústavy sú vstupné impedancie jednotlivých antén rovnaké

$$Z_1 = Z_2 = Z_{11} + Z_{12}$$

Obr.8.6 Sústava dvoch rovnobežných polvlnových antén



- Pre špeciálny prípad $b=\lambda/2$

$$Z_1 = Z_{11} + Z_{12} = R_{11} + jX_{11} + R_{12} + jX_{12}$$

$$Z_1 \approx (73 + j43 - 13 - j29)\Omega = (60 + j14)\Omega$$

- **Amplitúda prúdu** v každej anténe sa rovná (predpokladáme bezstratové antény)
 - **P** je **celkový výkon** privádzaný do sústavy
 - tento výkon sa delí **rovnomerne medzi obe antény**

$$I = \sqrt{\frac{P}{R_{11} + R_{12}}}$$

- Intenzita el. poľa v smere max. vyžarovania sústavy

$$\Theta = \pi / 2, \Theta = \pm \pi / 2$$

$$E_{\max} = 120 \sqrt{\frac{P}{R_{11} + R_{12}}}$$

- Ak rovnaký výkon P privádzame do jedinej polvlnovej antény, umiestnenej v smere osi z , tak táto anténa vytvára v rovine x, y intenzitu elektrického poľa

$$E_{\lambda/2} = 60 \sqrt{\frac{2P}{R_{11}}}$$

- Energetický zisk sústavy vzhľadom na jednu polvlnovú anténu je

$$G_{\lambda/2} = \left(\frac{E_{\max}}{E_{\lambda/2}} \right)^2 = \frac{2R_{11}}{R_{11} + R_{12}}$$

- pre špeciálny prípad $b = \lambda/2$

$$G_{\lambda/2} \approx \frac{2.73}{73 - 13} = 2,44$$

SÚSTAVA DVOCH LINEÁRNYCH POLVLNOVÝCH ANTÉN napájaných prúdmi s rovnakou amplitúdou ($I_1=I_2=I$) ale s opačnou fázou ($I_1= - I_2$)

- **Vstupná impedancia** jednotlivých antén sústavy **je** opäť **rovnaká**,
ale iná ako v prípade súfázových antén

$$Z_1 = Z_2 = Z_{11} - Z_{12}$$

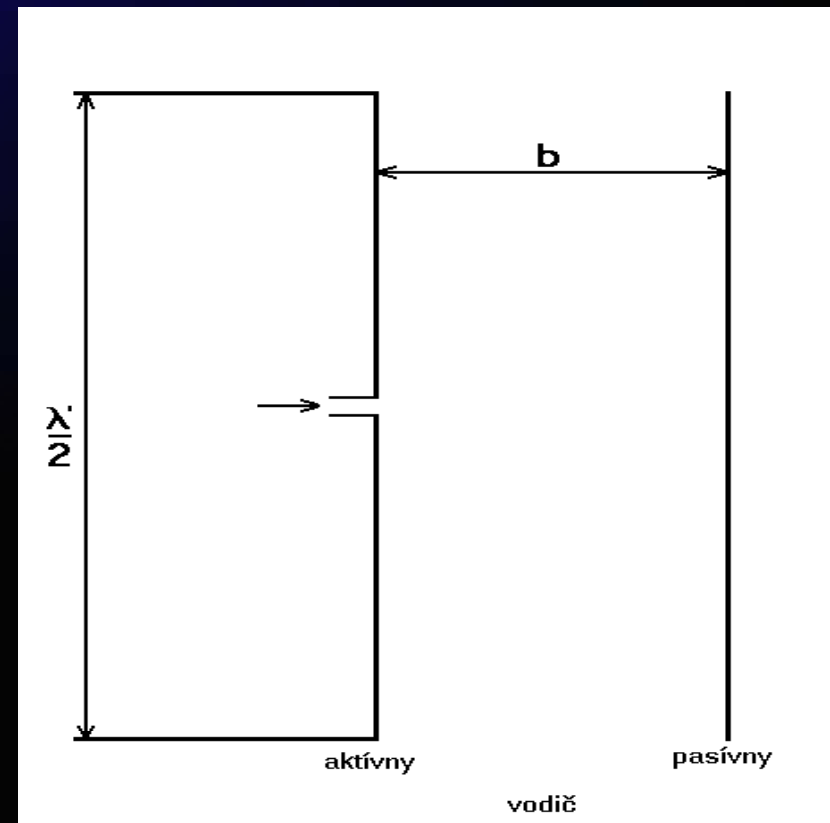
- ak zmenšujeme vzájomnú vzdialenosť antén ($b \rightarrow 0$), vstupná impedancia oboch antén sa blíži k nule, pretože $R_{12} \rightarrow R_{11}$

- **Pre energetický zisk** sústavy potom platí

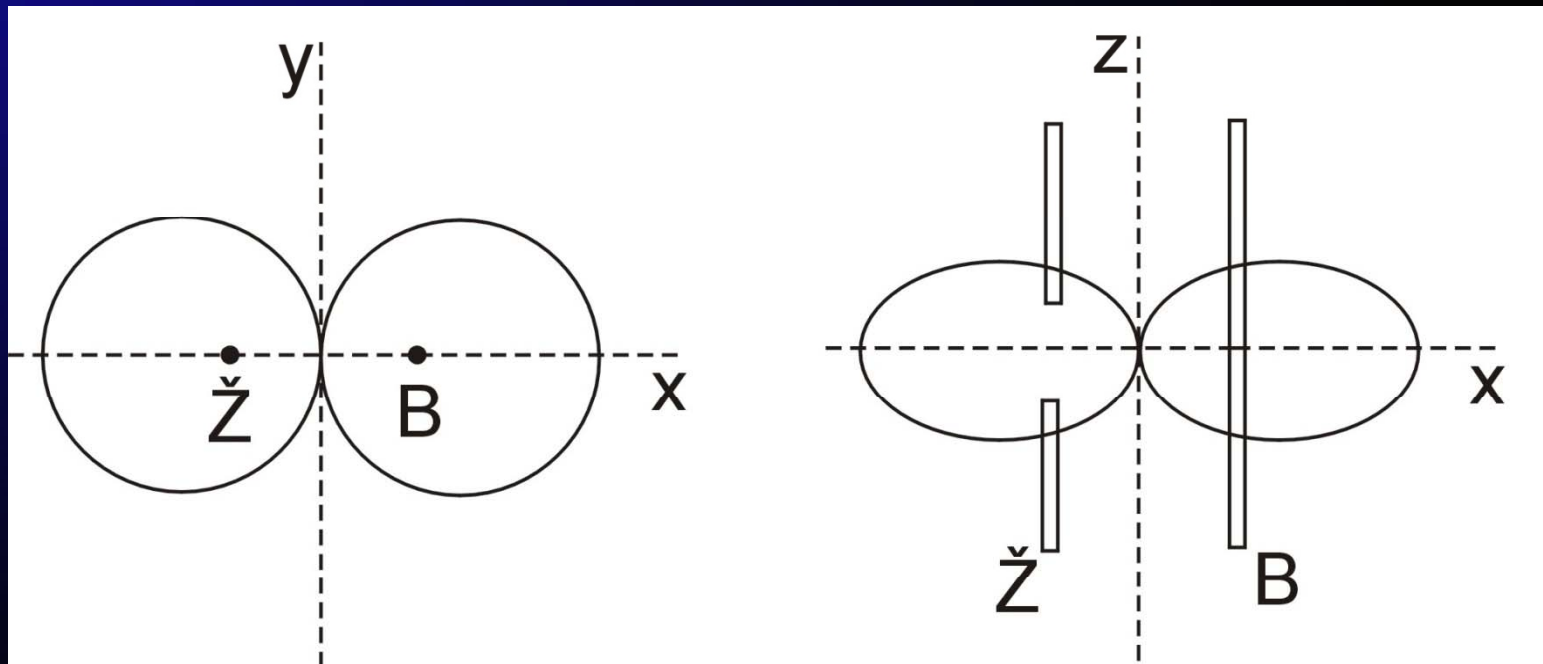
$$G_{\lambda/2} = \frac{2R_{11}}{R_{11} - R_{12}} \sin^2\left(\frac{kb}{2}\right)$$

SÚSTAVA ZLOŽENÁ Z AKTÍVNYCH A PASÍVNYCH PRVKOV

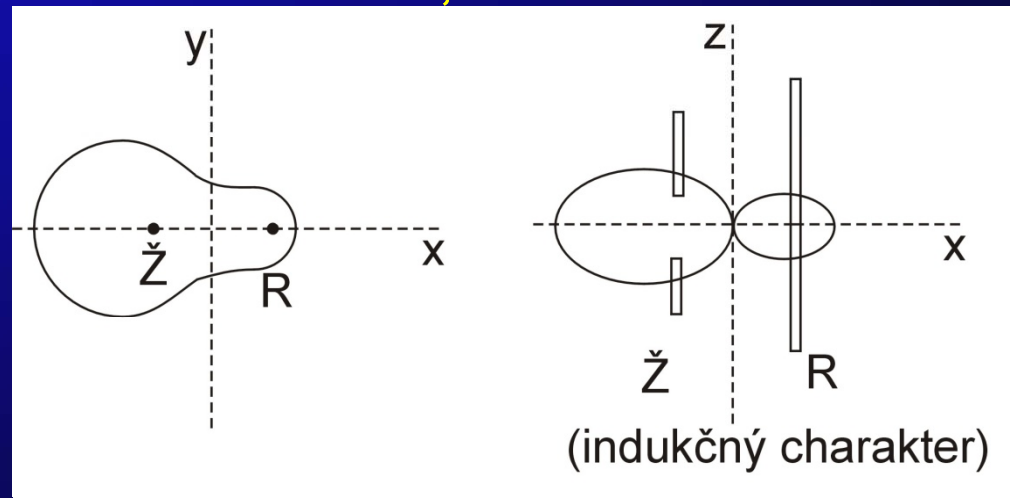
- Doteraz sme uvažovali sústavy lineárnych antén, v ktorých každý prvok bol napájaný
- V technickej praxi sa často používajú také antény, v ktorých sa všetky prvky nenapájajú samostatne
 - prvky, ktoré nie sú spojené s napájacím vedením, sa nazývajú pasívne prvky
 - prúdy v týchto prvkoch tečú vplyvom elm poľa, vytváraného aktívnymi (napájanými) prvkami sústavy
- Najjednoduchší príklad takejto sústavy pozostáva z dvoch polvlnových antén, z ktorých jedna je aktívna a jedna pasívna



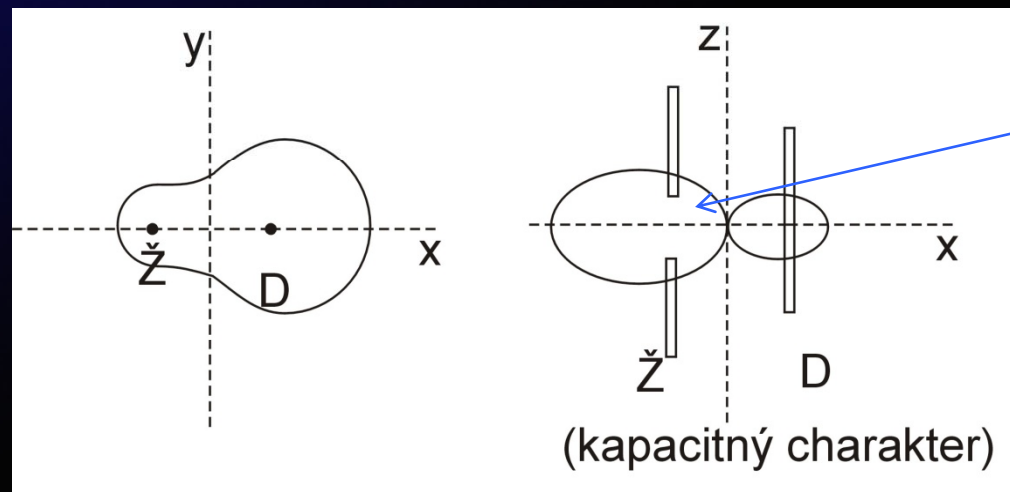
- Pasívny prvok s indukčným charakterom spôsobuje odraz energie **v smere aktívneho prvku** - **pracuje ako reflektor**
- Pasívny prvok s kapacitným charakterom spôsobuje vzrast vyžarovania v smere **od aktívneho prvku** k pasívnemu - **nazýva sa direktor**
- V praxi sa **zmena charakteru impedancie** pasívneho prvku dosahuje **zmenou jeho dĺžky**
 - možnosti ovplyvnenia smerovej charakteristiky sústavy zmenou dĺžky pasívneho prvku pre (**rovnaké dĺžky aktívneho a pasívneho prvku**) vzdialenosť **$b=0,04\lambda$**



- možnosti ovplyvnenia smerovej charakteristiky sústavy zmenou dĺžky pasívneho prvku pre (pasívny o 5% dlhší - reflektor) vzdialenosť $b=0,04\lambda$



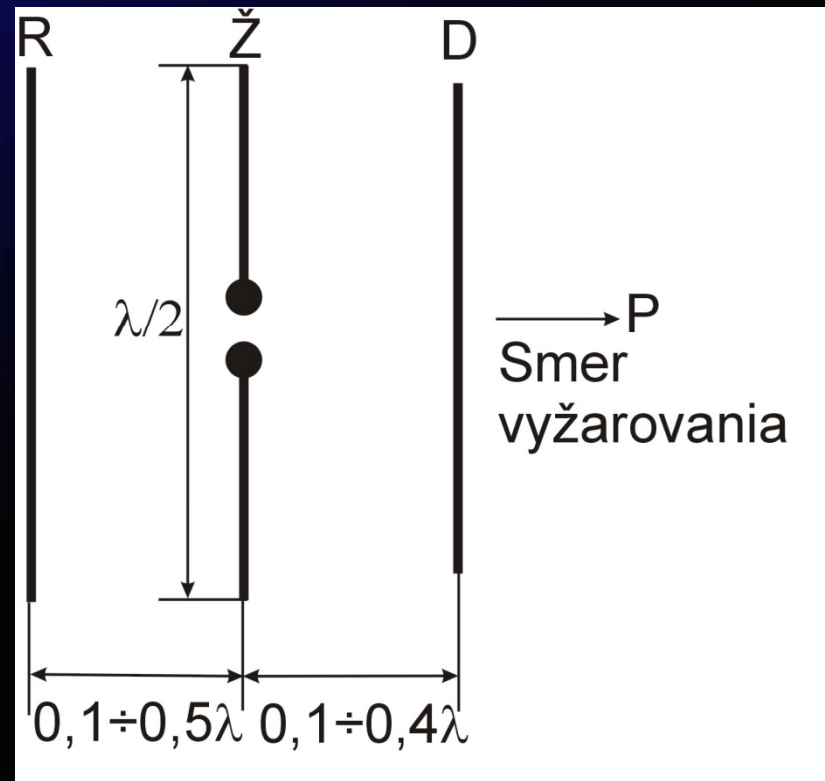
- možnosti ovplyvnenia smerovej charakteristiky sústavy zmenou dĺžky pasívneho prvku pre (pasívny o 5% kratší - direktor) vzdialenosť $b=0,04\lambda$



Opačne!!!

- Aktívna anténa môže spolupracovať aj s väčším počtom pasívnych antén
- Obvykle sa používajú systavy vytvorené z
 - jedného reflektora (pasívny prvok dlhší ako aktívny - induktívny charakter)
 - jedného aktívneho prvku (žiarič)
 - niekoľkých direktorov (pasívny prvok kratší ako aktívny - kapacitný charakter)

- Systavy tohto typu sa nazývajú anténami Yagiho-Uda



Obr.8.7 Anténa typu Yagi-Uda

■ Direktor

- pasívny prvok **umiestnený vo vzdialenosti** $(0,1 \div 0,4)\lambda$, **pred žiaričom** v smere vyžarovania
- **skrátением** jeho dĺžky o $6 \div 8 \%$ oproti aktívnemu prvku **upravíme fázu prúdu** tak, že tento oproti prúdu v aktívnom prvku **zaostáva o -90°**
- žiarenie sa sústreďí v smere **žiarič – direktor**

■ Reflektor

- pasívny prvok **umiestnený vo vzdialenosti** $(0,1 \div 0,5)\lambda$, **za žiaričom**
- **predĺžením** jeho dĺžky o $2 \div 5 \%$ oproti aktívnemu prvku **upravíme fázu prúdu** tak, že tento oproti prúdu v aktívnom prvku **predbieha o $+90^\circ$**
- tým docielime, že časť energie zachytenej od žiariča sa odráža späť do priestoru v smere **reflektor – žiarič**; (Obr.8.7)

■ Vlastnosti a použitie

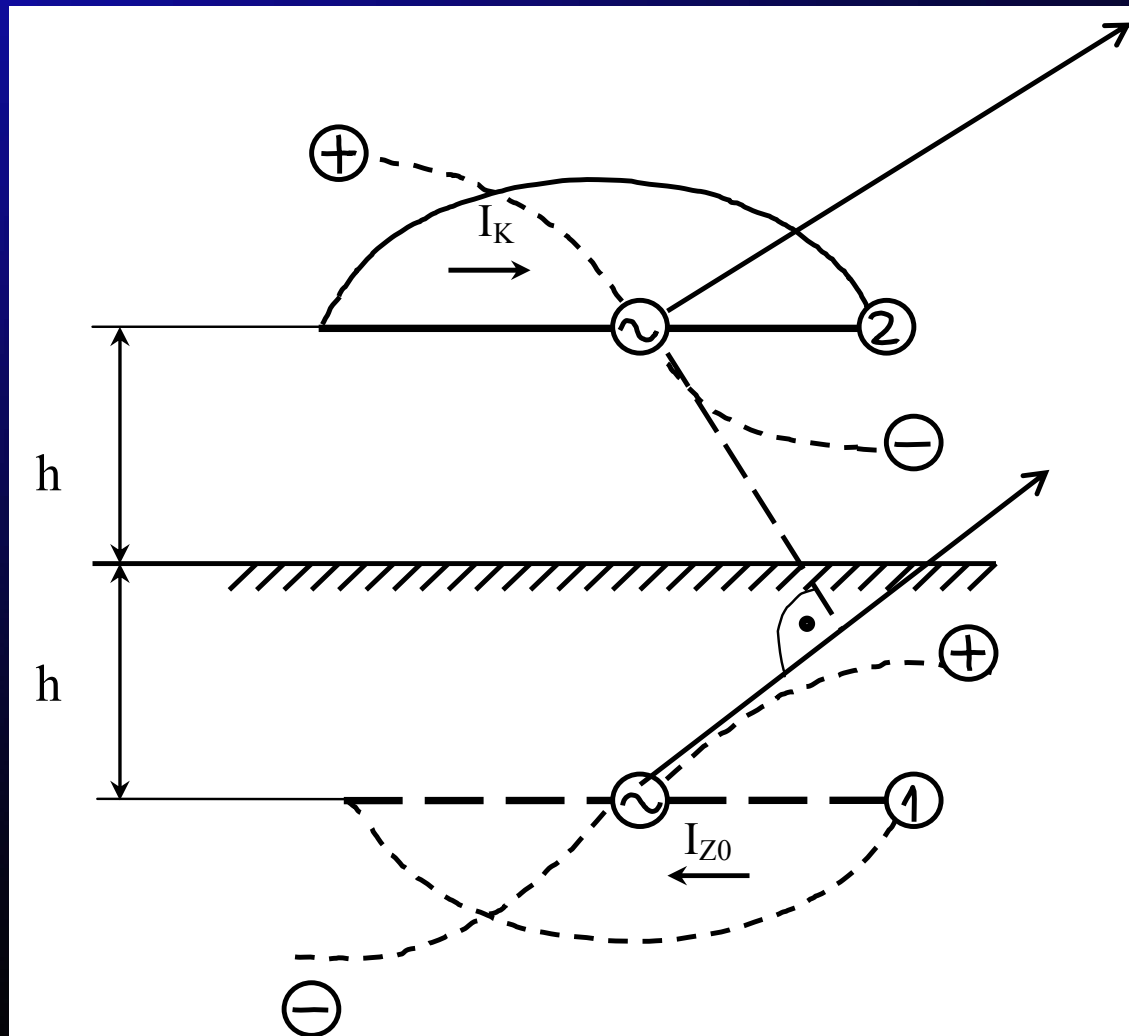
- **vysoká smerovosť a zisk**
- **zväčšenie zisku** – reflektorovou stenou (sústava vodičov, sieťovina), zmnožením aktívnych prvkov v pozdĺžnom (log.-periodické žiariče) alebo priečnom smere
- použitie pre vlnové dĺžky **kratšie ako 3m - VKV**

Lineárna anténa nad zemským povrchom

- Všetky naše doterajšie úvahy sa týkali **antén umiestnených vo voľnom priestore**
 - analýze **vysoko umiestnených antén** pre metrové a kratšie vlny
 - alebo antén **umiestnených v kozmickom priestore**
- Vo väčšine prípadov však musíme uvážiť **vplyv povrchu zeme** na vyžarovanie antén
 - elm pole antény indukuje v zemi elektrické prúdy, ktoré sú **zdrojom sekundárneho elm poľa**
 - **rozloženie prúdov v zemi** závisí od
 - typu antény
 - výšky jej umiestnenia
 - frekvencie
 - od elektrických parametrov zemského povrchu

HORIZONÝÁLNY POLVLNOVÝ DIPÓL

- Polvlnový lineárny dipól, umiestnený horizontálne vo výške h nad rovinným dokonale vodivým zemským povrchom



- Elektromagnetické pole vo vzdialenom bode pozorovania P je **superpozíciou dvoch vln**
 - priamej
 - a **odrazenej** od zemského povrchu
- Ak je povrch zeme **dokonalý vodič**
 - odrazená vlna musí byť **fázovo posunutá o π (180°)** v bode odrazu
 - riešime teda problém sústavy **dvoch lineárnych antén napájaných prúdmi s opačnou fázou**
- Vplyvom zeme dochádza k zmene **vstupnej impedancie antény**

$$Z_1 = Z_{11} - Z_m$$

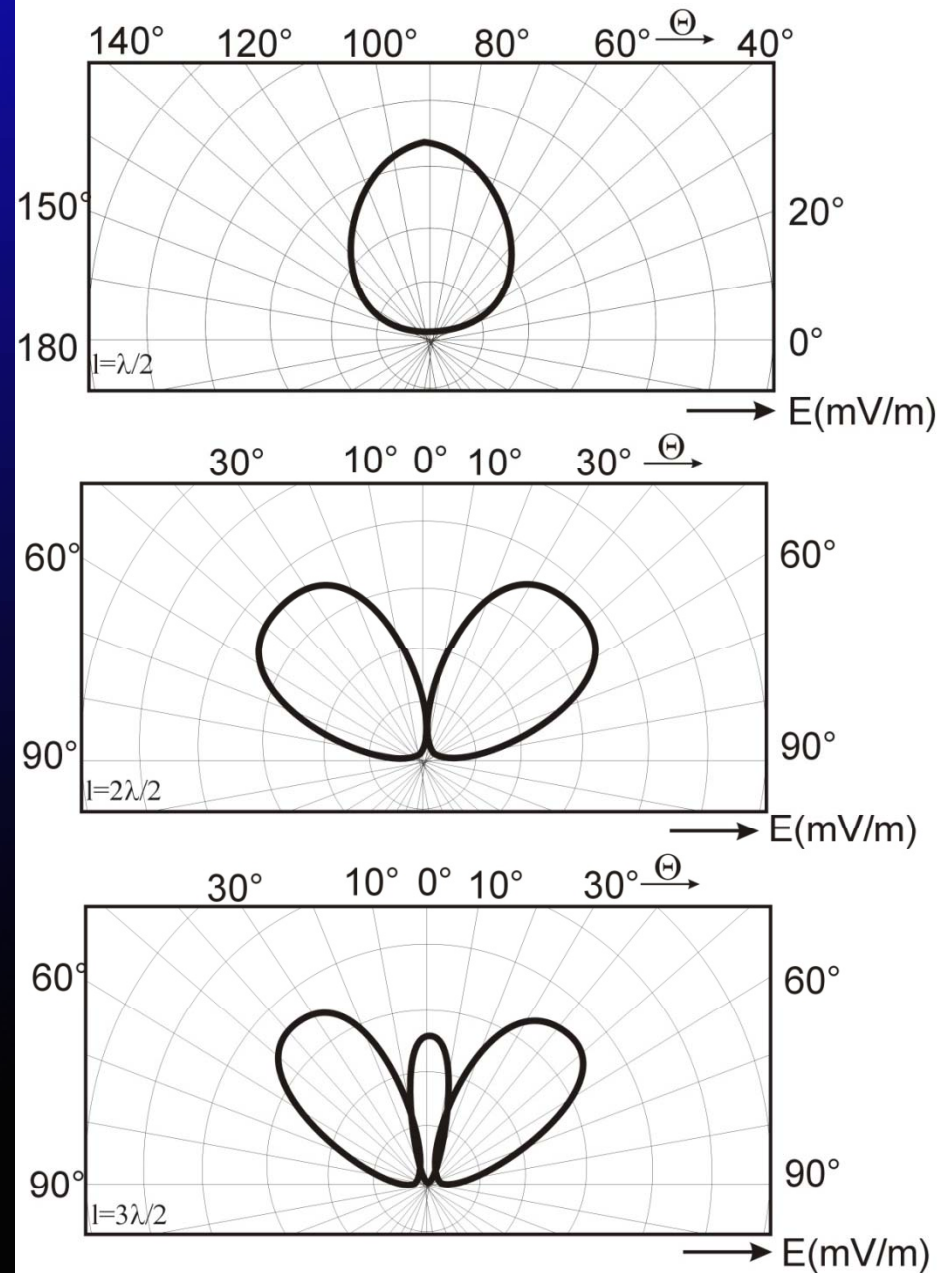
Z_{11} - je vlastná impedancia antény (vo voľnom priestore)

Z_m - vzájomná impedancia medzi anténou a jej zrkadlovým obrazom

- Pre **malé výšky** h
 - **vzájomný odpor** antény je **blízky** vlastnému vstupnému odporu
 - **vstupná impedancia** antény je **blízka nule**

- Pretože anténou a jej zrkadlovým obrazom tečú prúdy, ktoré sú v protifáze a majú rovnakú amplitúdu
 - vyžarovanie pozdĺž povrchu zeme je vždy nulové
 - tvar smerovej charakteristiky podstatne závisí od výšky „h“
 - ak výška $h \leq 0,25\lambda$, maximum vyžarovania je v smere vertikálnom
 - pri výškach $h > 0,5\lambda$ sa smerová charakteristika štiepi na jednotlivé laloky
 - počet lalokov rastie so zväčšovaním h ; (Obr.8.8)

Obr.8.8 Vyžarovacie diagramy horizontálnych anténových vodičov s dĺžkou $\lambda/2$; $2\lambda/2$; $3\lambda/2$

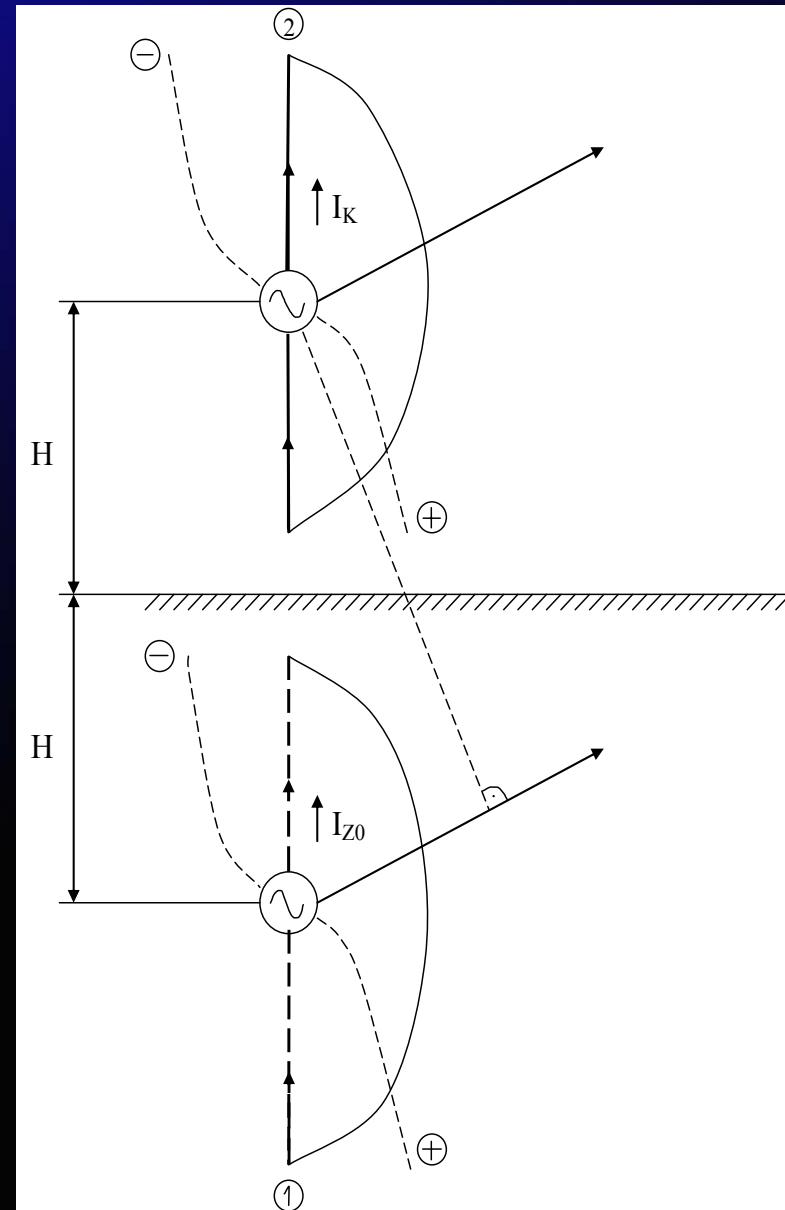


VERTIKÁLNY POLVLNOVÝ DIPÓL - symetrický

- Nech **stred dipólu** je vo výške H
- Anténa **vyžaruje maximálne** v **smere rovnobežnom** s **povrchom zeme**
 - ak výška $H \leq 0,25\lambda$ **smerová charakteristika má len 1 lalok**
 - pri **väčších výškach** sa **smerová charakteristika štiepi na jednotlivé laloky**
- Vplyvom (malým) zeme dochádza k zmene **vstupnej impedancie antény**

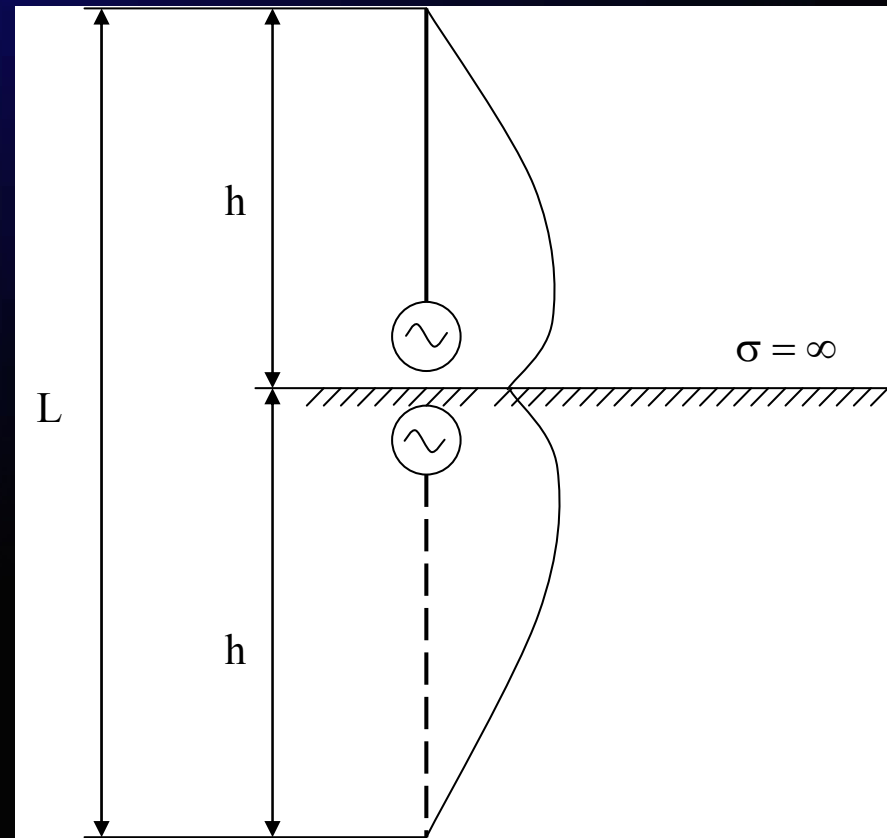
$$Z_1 = Z_{11} - Z_m$$

Z_m - vzájomná impedancia antén umiestnených súosovo

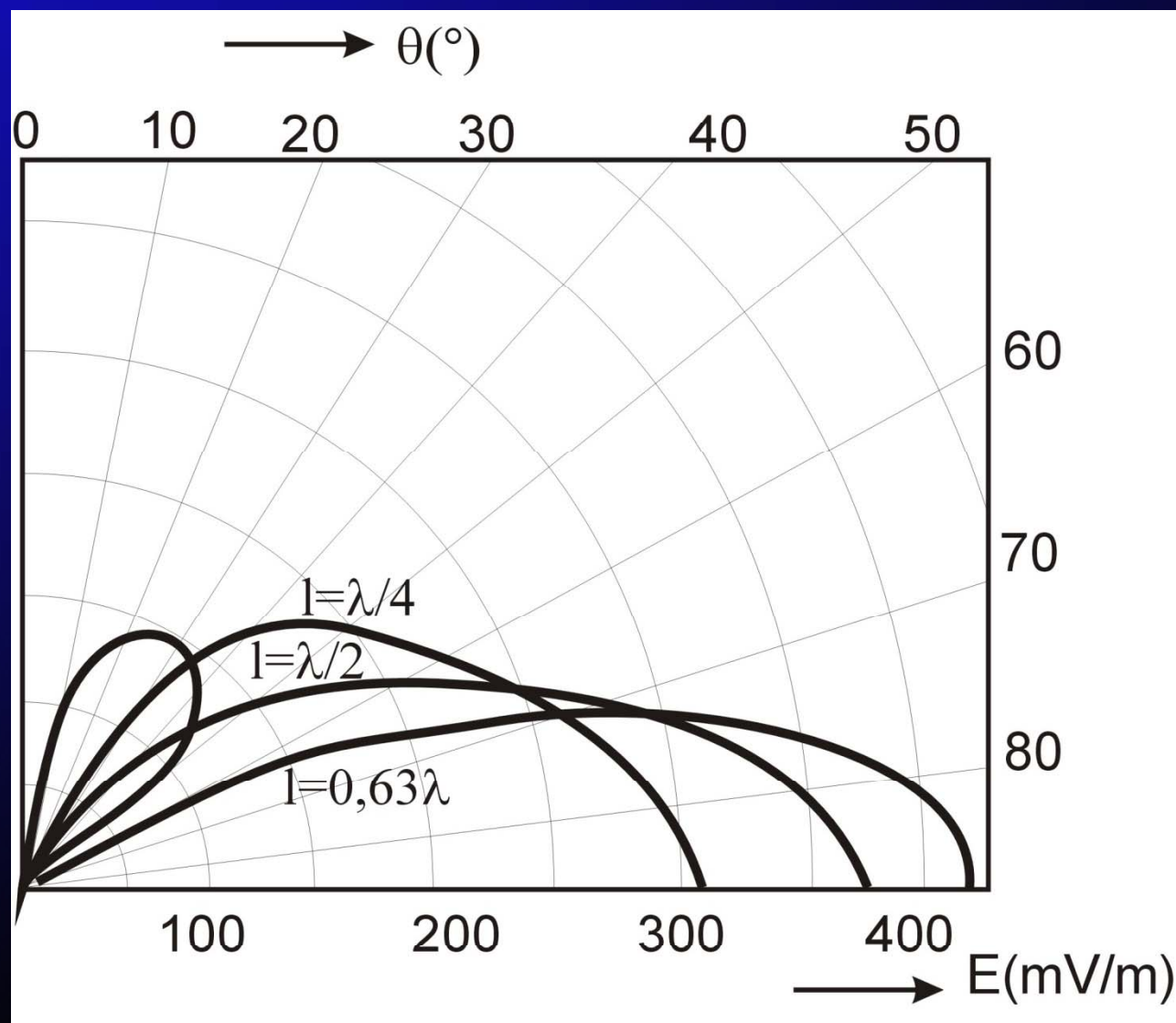


VERTIKÁLNY POLVLNOVÝ DIPÓL – nesymetrický

- **Vyžarovanie** tejto antény je rovnaké, ako vyžarovanie **symetrickej antény s dĺžkou $2h$**
 - nesymetrická anténa **však** vyžaruje **len v hornom polpriestore**
- **Pole** vytvorené touto anténou je $\sqrt{2}$ -krát väčšie ako pole **symetrickej antény** napájanej rovnakým výkonom
- **Odpor vyžarovania** nesymetrickej antény je **polovičný** v porovnaní s ekvivalentnou symetrickou anténou
- **Smerové charakteristiky**
 - $h = \lambda$ - vyžarovanie je **nulové**
 - ak **výška $h \leq \lambda/2$** - 1 lalok
 - $h > \lambda/2$ - **postranný lalok**
 - do $0,67\lambda$ - **nízky**
 - nad – **prevyšuje hl. lalok**
 - **zväčšovanie výšky antény**
 - **zmenšenie vyžarovania;**(Obr.8.9)



Obr.8.9 Vertikálne vyžarovacie diagramy nesúmerne napájaného anténového vodiča



Príklady lineárnych antén

- **Lineárne antény sa v praxi veľmi široko používajú** pre svoje výhodné vlastnosti a jednoduchú konštrukciu
- **Pri výbere vhodného typu antény je nutné uvažovať predovšetkým frekvenčné pásmo**, v ktorom má anténa pracovať, pretože to rozhoduje o tom
 - či môžeme **použiť anténu s dĺžkou $h \sim \lambda/2$**
 - alebo musíme (z konštrukčných a ekonomických dôvodov) **použiť anténu kratšiu ($h \ll \lambda/2$)**

ANTÉNY PRE DV A SV

- V oblastiach **DV** ($\lambda = 1 \div 10$ km) a **SV** ($\lambda = 100 \div 1000$ m), je **výhodné používať antény**, ktorých smerové charakteristiky majú maximum vyžarovania v smere **rovnoobežnom** so zemským povrchom
 - vhodnú smerovú charakteristiku má **zvislá lineárna anténa** nad zemským povrchom
 - príjem z takýchto antén sa uplatňuje
 - **cez deň** povrchovými vlnami
 - **v noci** (vyžarovaním od lalokov) sa uplatní priestorová vlna
- Vzhľadom na vlnovú dĺžku je **praktický nemožné realizovať** anténu s dĺžkou $\lambda/2$
- **Pri kratších anténach** však nie je možné bez ďalších opatrení **dosiahnuť vysokú účinnosť antény**, pretože prúdové rozloženie v anténe má uzol na konci antény

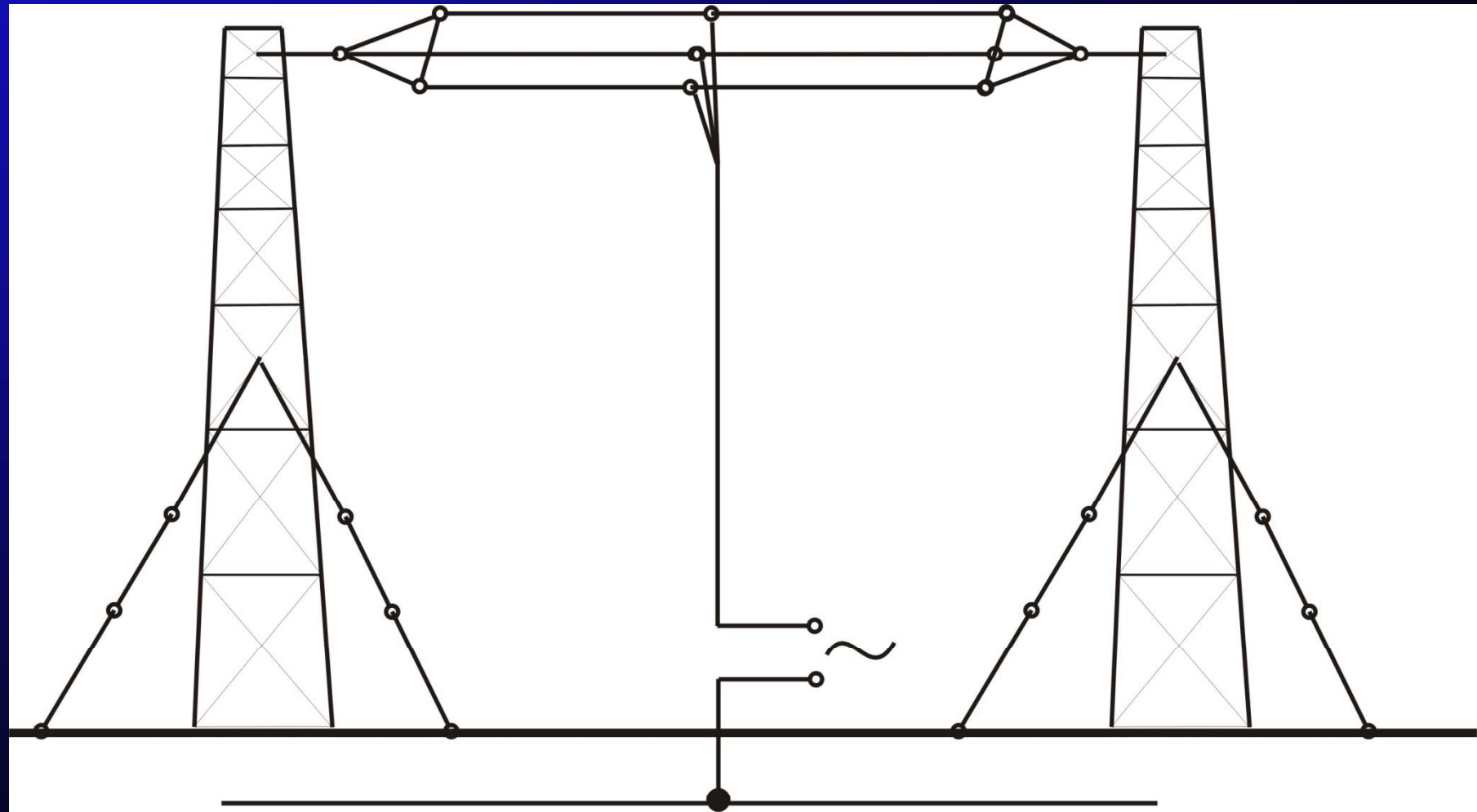
- V praxi sa osvedčujú antény, ktoré pri svojej relatívne **malej dĺžke h** majú v činnej časti pomerne veľké hodnoty prúdu
- To sa dosahuje najčastejšie pomocou tzv. **kapacitného predĺženia antény** (kapacitné nastavce)
 - prakticky sa realizujú tak, že **zvislý vodič sa zakončí vodorovnými vodičmi alebo zoskupením vodičov** do kruhového tvaru (Obr.8.10)
 - fiktívne zväčšenie dĺžky vodiča kapacitným nastavcom **nie je rovnocenné zväčšeniu jeho skutočnej dĺžky**, pokiaľ ide o vyžarovanie antény

VYSIELACIE ANTÉNY PRE DV

- Vysielacie anténové stožiare sa budujú **maximálne do výšky $\lambda/8$**
- Pri ich návrhu sa objavujú **ťažkosti** v súvislosti
 - s **účinnosťou**
 - schopnosťou **vyžiariť väčšie výkony**
 - so **šírkou pásma**

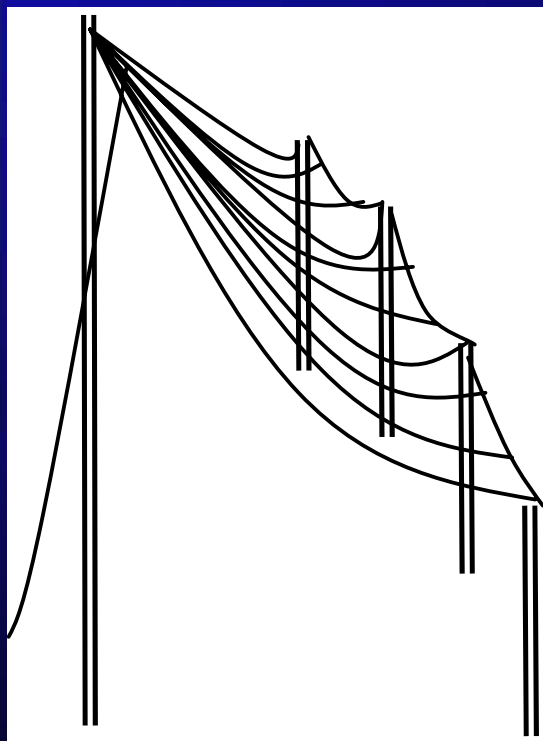
- Z požiadaviek na **dlhovlnové antény** vyplýva, že sú to obyčajne **zvislé vodiče nad zemským povrchom**
- Anténa na DV sa môže konštruovať ako samostatný **stožiar** určitej výšky (**250m**), ktorý sa postaví priamo na izolátor nad zemou
- Vzhľadom na ťažkosti s **dostatočne dlhým zvislým vodičom** sa používajú **antény typu T** s rozvinutou horizontálnou časťou
 - táto časť antény tvorí **kapacitnú záťaž** pre vertikálny vodič (Obr.8.10)
- Hodnota **vyžarovacieho odporu** takýchto antén býva **$\sim 1\Omega$**
- Rádovo **rovnaké hodnoty** však dosahuje i **stratový odpor antény**, spôsobený napr.
 - **malou** vodivosťou zeme
 - **konečnou** vodivosťou vodičov
 - **konečnou** vodivosťou izolátorov antény, atď.
- Pre **zvýšenie pomeru** vyžarovacieho a stratového odporu (**a tým i účinnosti**) sa DV antény zakončujú **kapacitnou reaktanciou**
- **Vyžarovací odpor** možno takýmto spôsobom **zväčšiť až 5-krát**

Obr.8.10 Anténa pre DV typu T

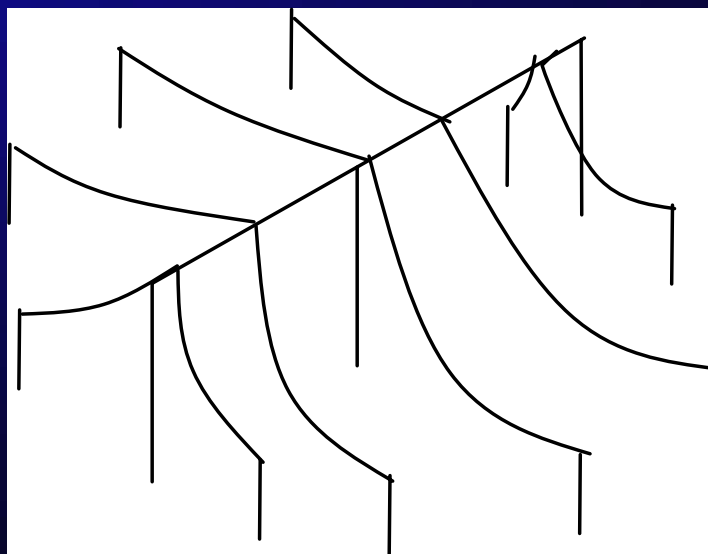


- Účinnosť antén býva 70 až 90 % a menej, podľa dĺžky činného vodiča
- Šírka frekvenčného pásma antén pre DV je do 5kHz
- Okrem uvedeného usporiadania sa pre DV používajú (Obr.8.11)
 - vejárové
 - strechové (strechovité)
 - plošné (matracové) antény
 - pre stavbu takýchto antén sa používajú medené, bronzové alebo hliníkové laná s oceľovou dušou
 - najpoužívanejšie prierezy sú 25,35 a 50 mm² pri výkonoch rádovo 100 až 400kW

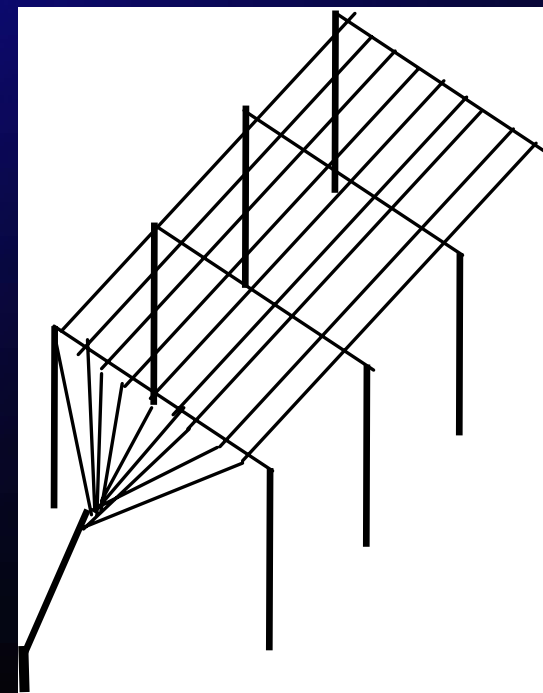
Obr.8.11 Typy antén pre DV



a) vejárová



b) strechovitá

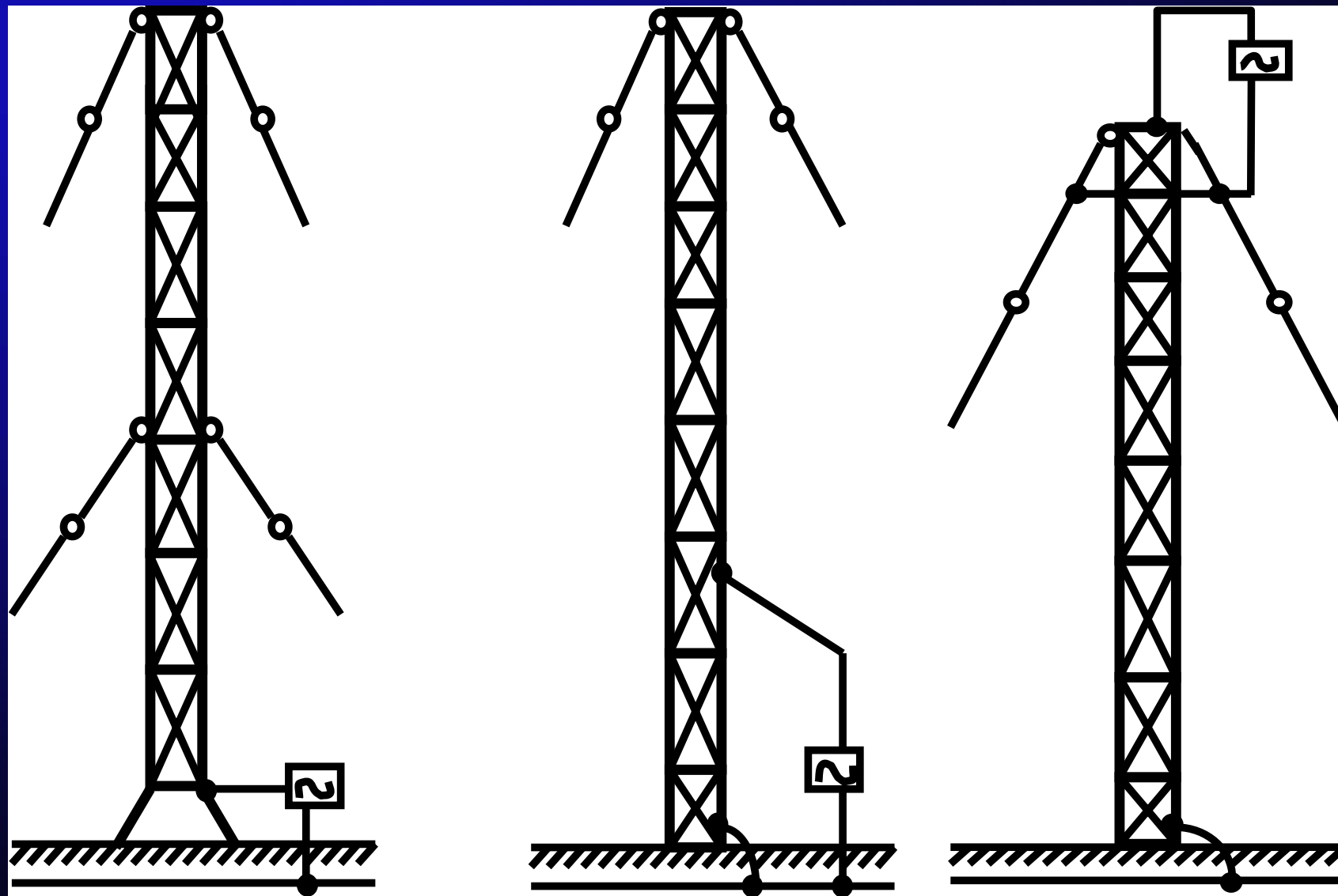


c) matracová

VYSIELACIE ANTÉNY PRE SV

- Ako antény sa používajú **ocelové priehradové kotevné stožiare**, pri ktorých priamo konštrukcia tvorí činnú časť antény
- Antény tohto typu sa **napájajú v pätnom bode**, čo vyžaduje **izoláciu konštrukcie od zeme**
 - anténa sa izoluje tak, že **celý stožiar sa vztýči na mohutnom pätnom izolátore**; (Obr.8.12)
- Zníženie konštrukcie - **skrátene činného vodiča** sa dá docieľiť **zaradením kapacity** alebo **indukčnosti** do anténového vodiča na vhodnom mieste; (Obr.8.13)
- Jednoduchšie a rozšírenejšie antény na SV sú **antény typu T a Γ** , ktoré sa zavesia na stožiare; (Obr.8.14)
- **Vyžiarený výkon** pri týchto anténach sa **dá upravovať počtom vodičov**
- **Zisk antény** je funkciou jej výšky (dĺžky vodiča) - **zväčšuje sa po určitú optimálnu hodnotu výšky antény**, potom klesá

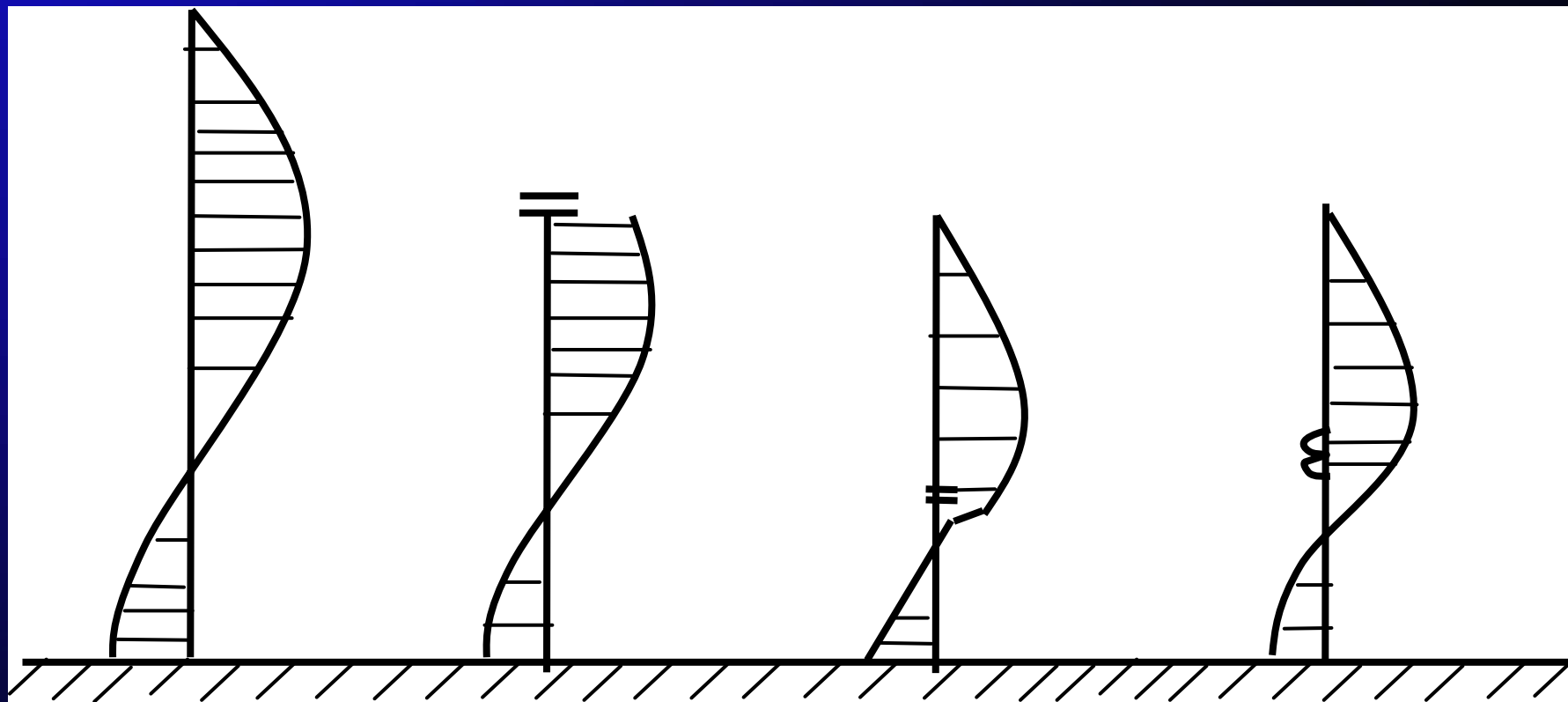
Obr.8.12 Napájanie stožiarových antén pre SV



Stožiar s izolátorom

Uzemnené stožiare

Obr.8.13 Prúdové rozloženie pozdĺž anténneho vodiča pri krátení dĺžky antény

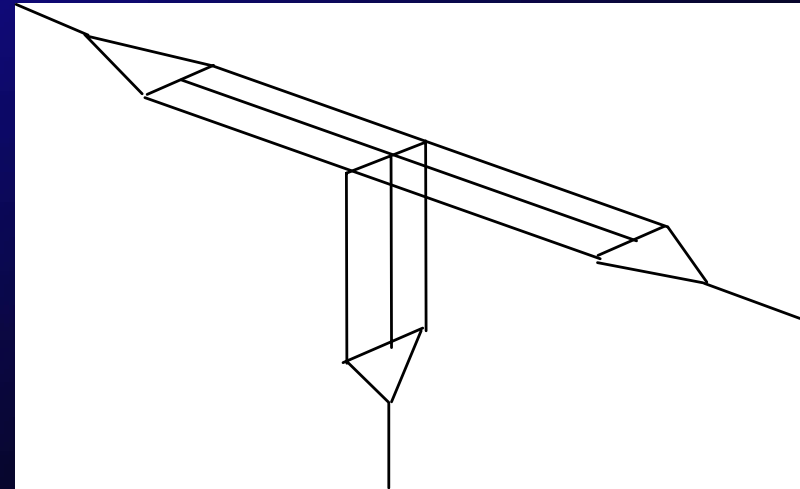
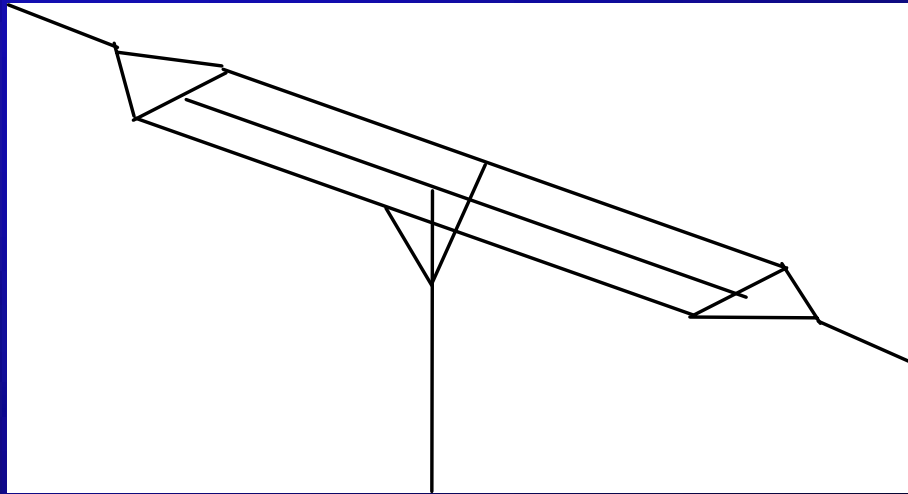


Jednoduchá
anténa

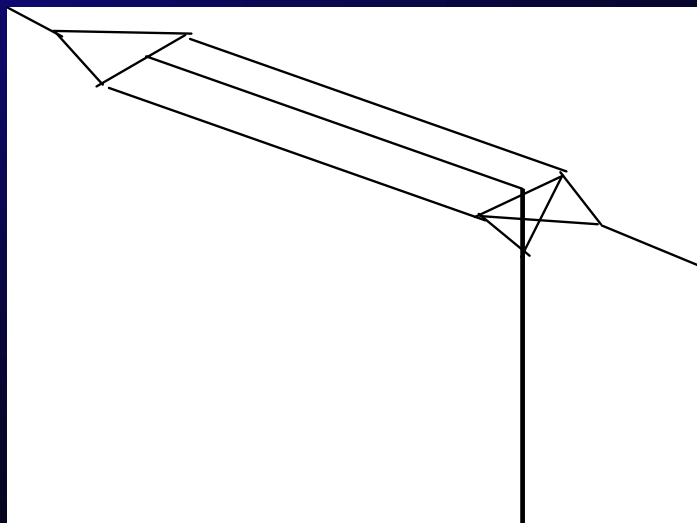
Kapacitne predĺžené
antény

Indukčne
predĺžená
anténa

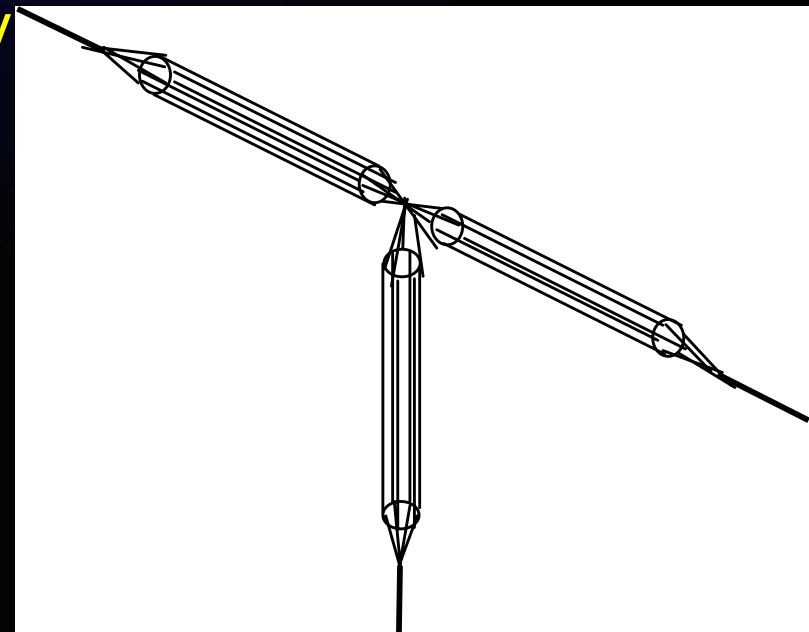
Obr.8.14 Typy antén pre SV



T antény



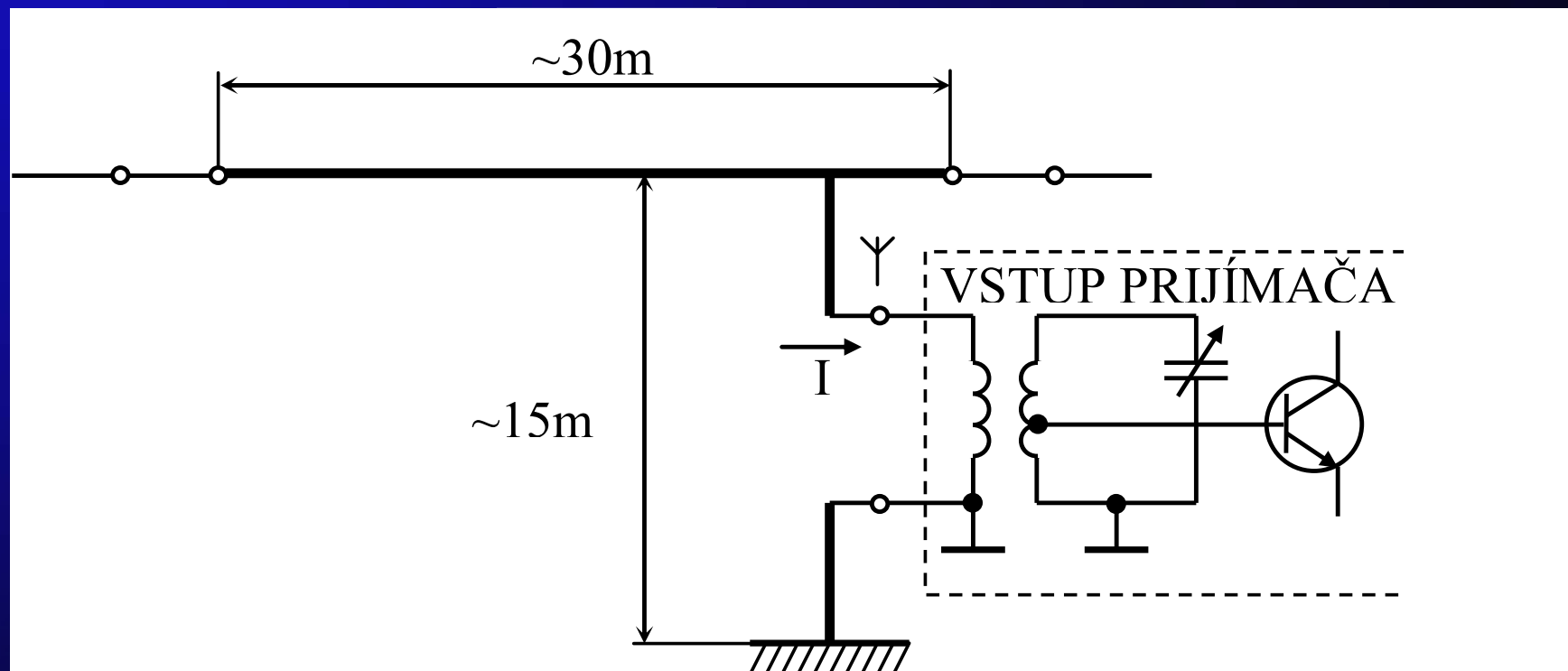
Γ anténa



PRIJÍMACIE ANTÉNY PRE DV a SV

- **Vysielaciu anténu** si môžeme predstaviť ako transformátor impedancie napájača (generátora) na vlnovú impedanciu voľného priestoru – **energiu privádzame do jedného bodu**
- **Prijímacia anténa** je transformátor impedancie voľného priestoru na vstupnú impedanciu prijímacieho zariadenia – **energia sa dodáva do celého vodiča**
- Prijímacie **antény v oblasti DV, SV a KV** pracujú na podstatne širšom frekvenčnom pásme ako vysielacie antény tohto typu, a preto **sa líšia od vysielacích**
- Prijímacie antény **v oblasti VKV sú totožné** s vysielacími
 - **pri týchto frekvenciách**, ak sú obidve antény elektricky a mechanicky rovnaké a ak sú pripojené k zdroju alebo k spotrebiču v rovnakých bodoch, **môžeme zameniť ich funkcie**, t.j. prijímaciu anténu použiť ako vysielaciu a naopak
- Ako **všesmerové prijímacie antény** pre **DV a SV** sa používajú antény typu **T a Γ**
 - dĺžka vodiča prijímacej antény dosahuje obyčajne len časť prevádzkovej vlnovej dĺžky; (Obr.8.15)

Obr.8.15 Zapojenie všesmerovej prijímacej antény typu Γ pre DV a SV

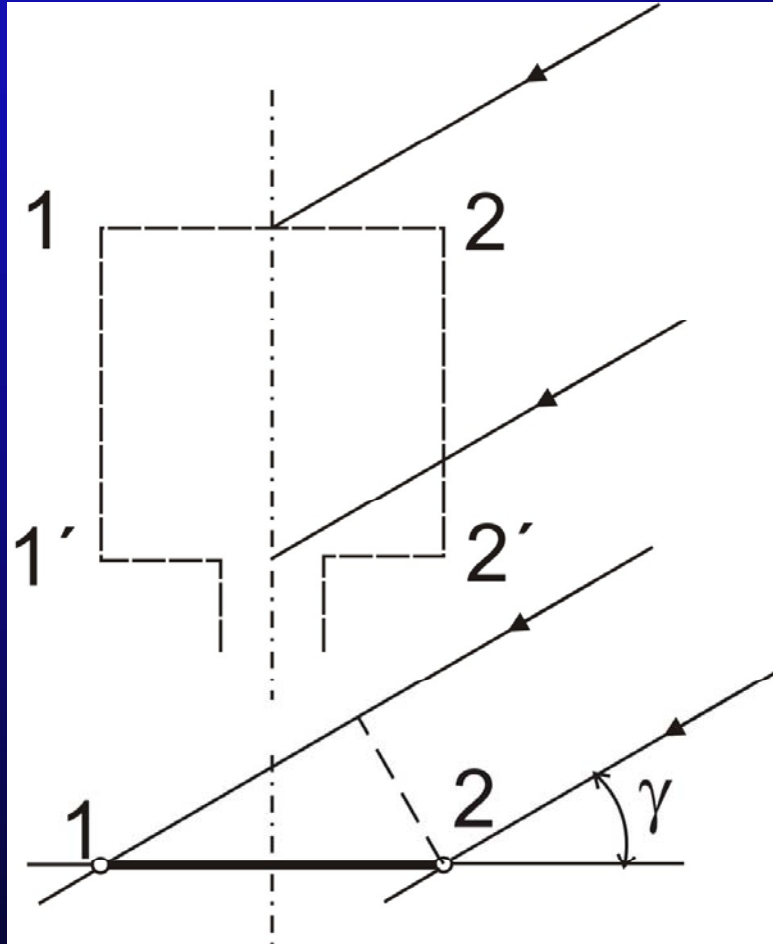


- **Požiadavky na prijímacie antény** pre DV a SV sú **podstatne menšie** ako na vysielacie antény, napr.
 - nie je potrebné riešiť problémy spojené so spracovaním **veľkých výkonov** a s tým súvisiacich vysokých napätí
 - podobne ani ich **účinnosť nemusí byť veľká**

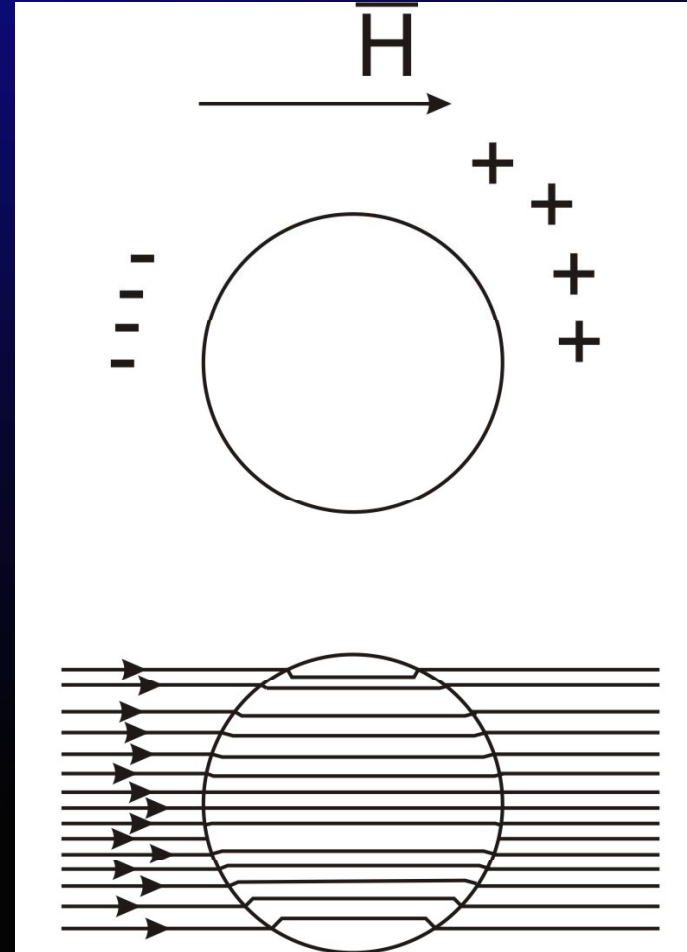
- Keď potrebujeme použiť **smerovú anténu**, využívajú sa v pásme DV a SV vlastnosti **rámovej antény**
 - rozmery štvorcovej rámovej antény sú oproti vlnovej dĺžke malé
 - rámová anténa sa dobre uplatní najmä pri **zameriavaní smeru šírenia elm vlnenia**; (Obr.8.16 a))

- **V rozhlasových prijímačoch** sa na rozsahoch DV a SV **používa** aj **feritová anténa**
 - pri konštrukcii týchto antén sa používajú magneticky vodivé materiály **ferity**
 - **na feritovej tyčke je uložené vinutie**, ktoré je pripojené na vstup prijímača; (Obr.8.16 b))

8.16 Rámová a feritová anténa pre DV a SV



a) rámová anténa

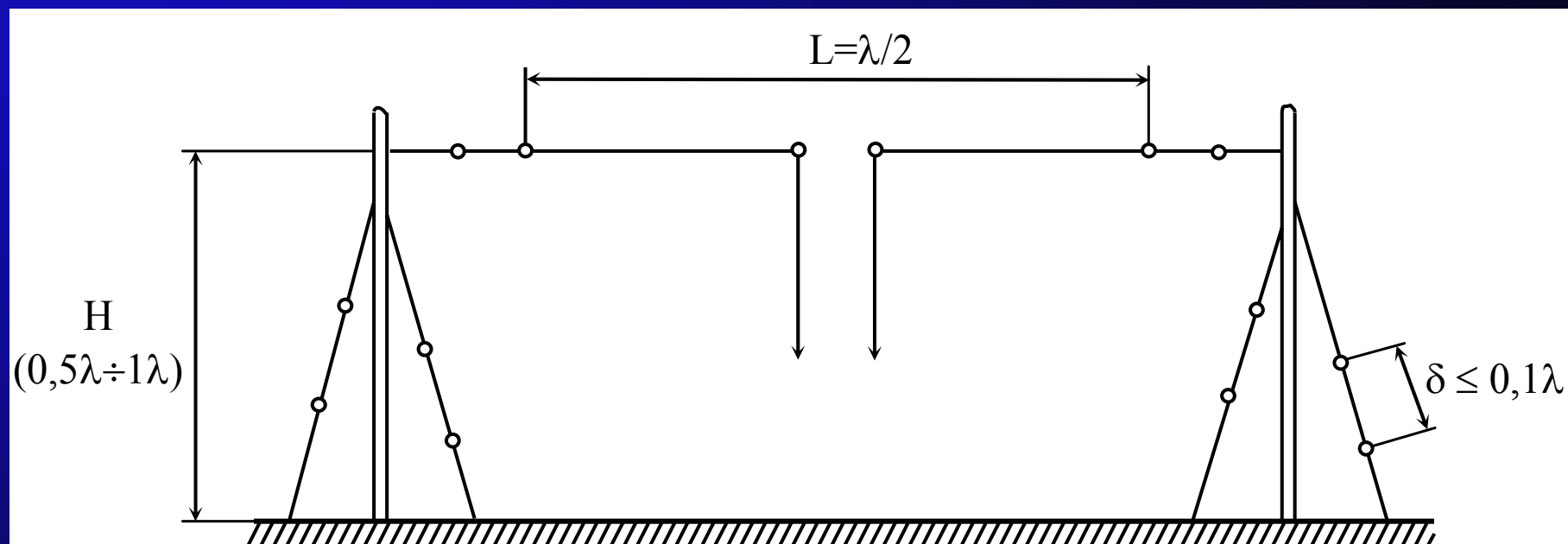


b) feritová tyč v poli rovinnej vlny

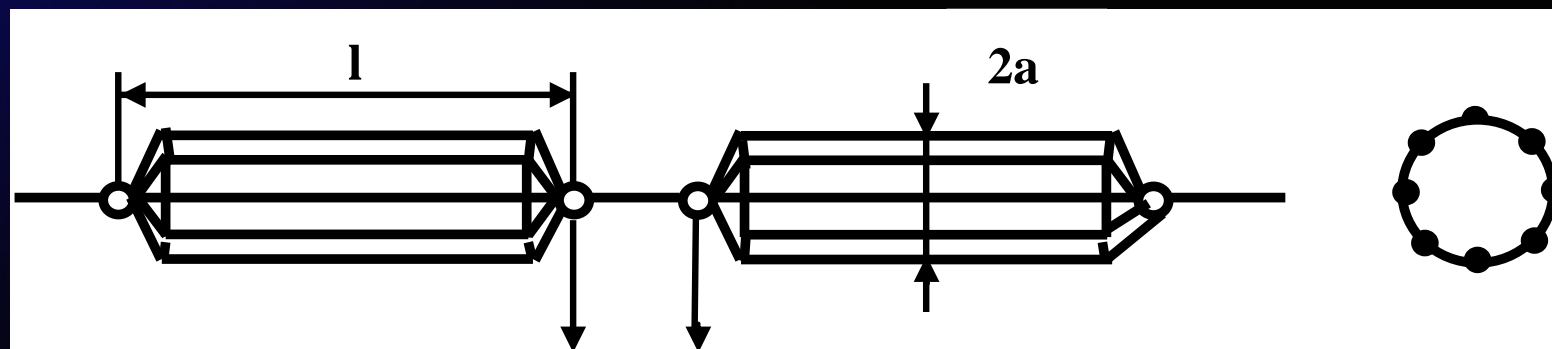
ANTÉNY PRE KV A VKV

- V oblastiach KV ($\lambda = 100\text{m} \div 10\text{m}$) a VKV ($\lambda = 10\text{m} \div 10\text{ cm}$) sa využívajú rôzne mechanizmy šírenia sa elm vln (priama vlna, odrazená od ionosféry,..)
- Pretože vlnová dĺžka KV a VKV umožňuje realizovať antény s porovnateľnými rozmermi - najčastejšie sa používajú symetrické horizontálne (ale aj vertikálne) polvlnové dipóly; (Obr.8.17)
- Ak je potrebné zväčšiť šírku frekvenčného pásma antény, používajú sa dipóly vytvorené z paralelných tenkých vodičov - širokopásmové dipóly; (Obr.8.18)
- Ak je potrebné realizovať anténu s kruhovou smerovou charakteristikou v horizontálnej rovine - kvadrantová anténa, ktorá vznikne z horizontálneho dipólu sklonením jeho ramien pod uhlom 90° ; (Obr.8.19)
- Pre zväčšenie energetického zisku sa dipóly (predovšetkým v oblasti KV) často združujú do anténových sústav – stien; (Obr.8.20)
 - dipóly sú napájané súfázovo
 - výhodou dipólových stien je úzka smerová charakteristika

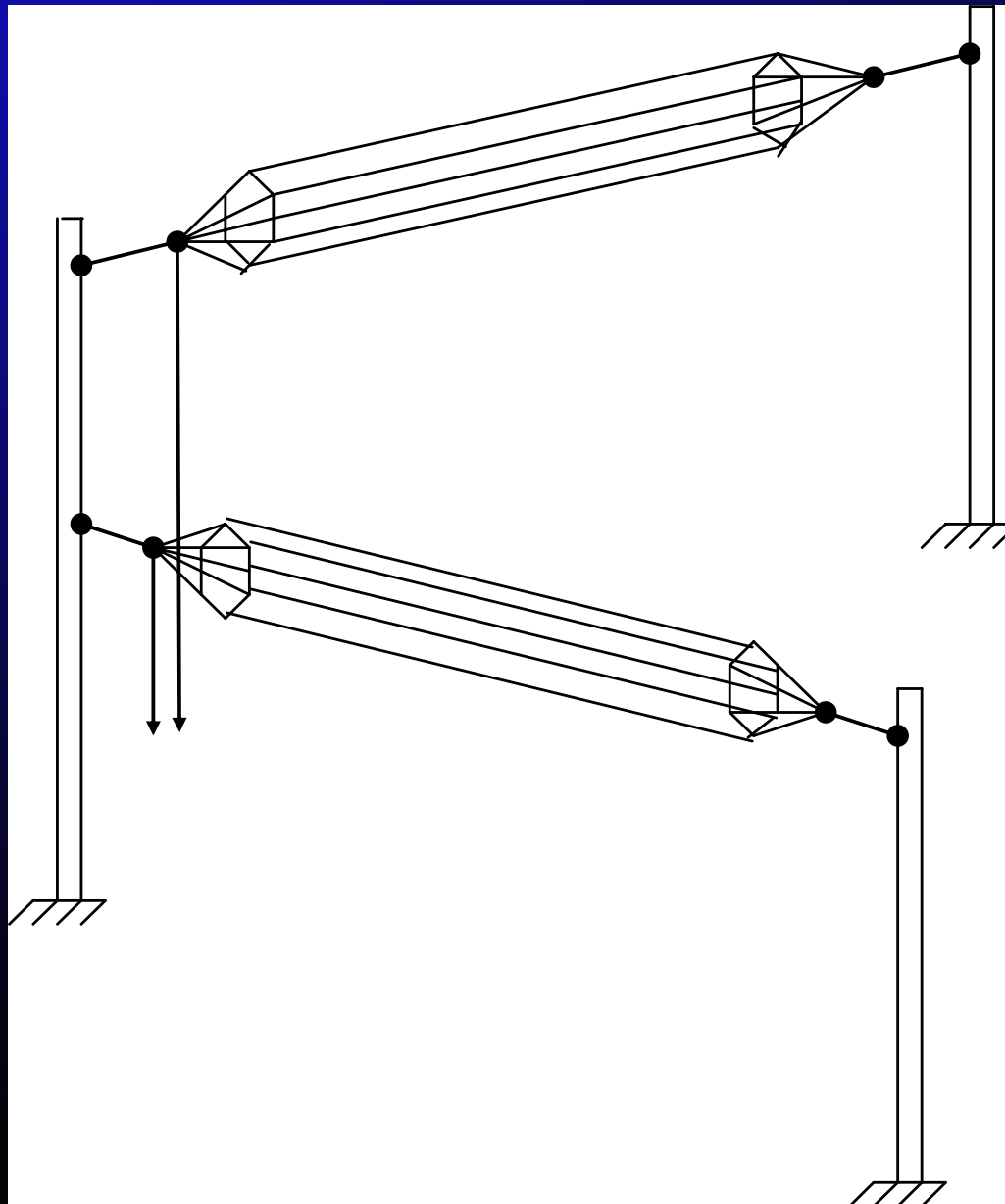
Obr.8.17 Horizontální jednoduchý dipól pre KV



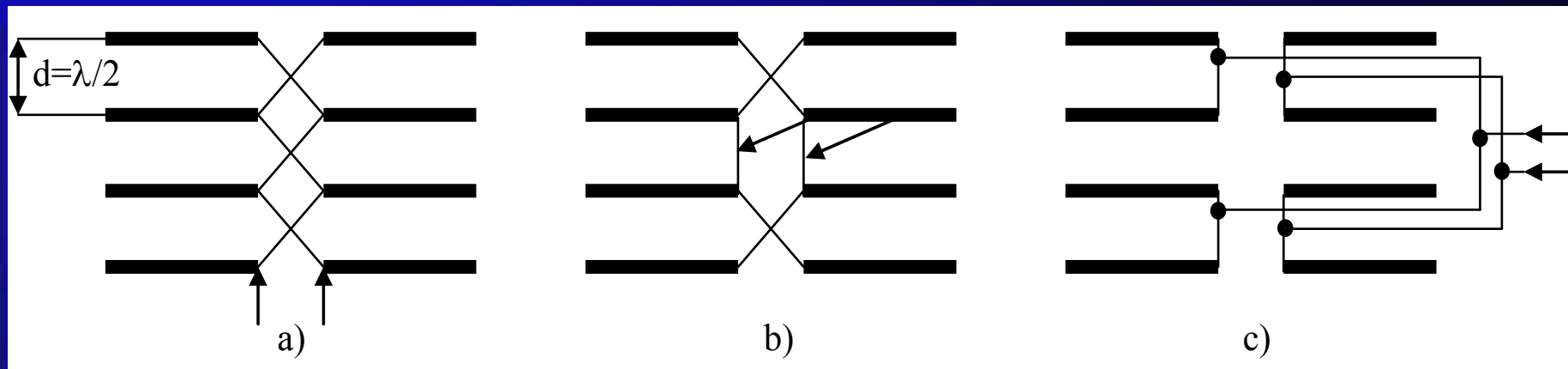
Obr.8.18 Širokopásmový dipól



Obr.8.19 Kvadrantová anténa



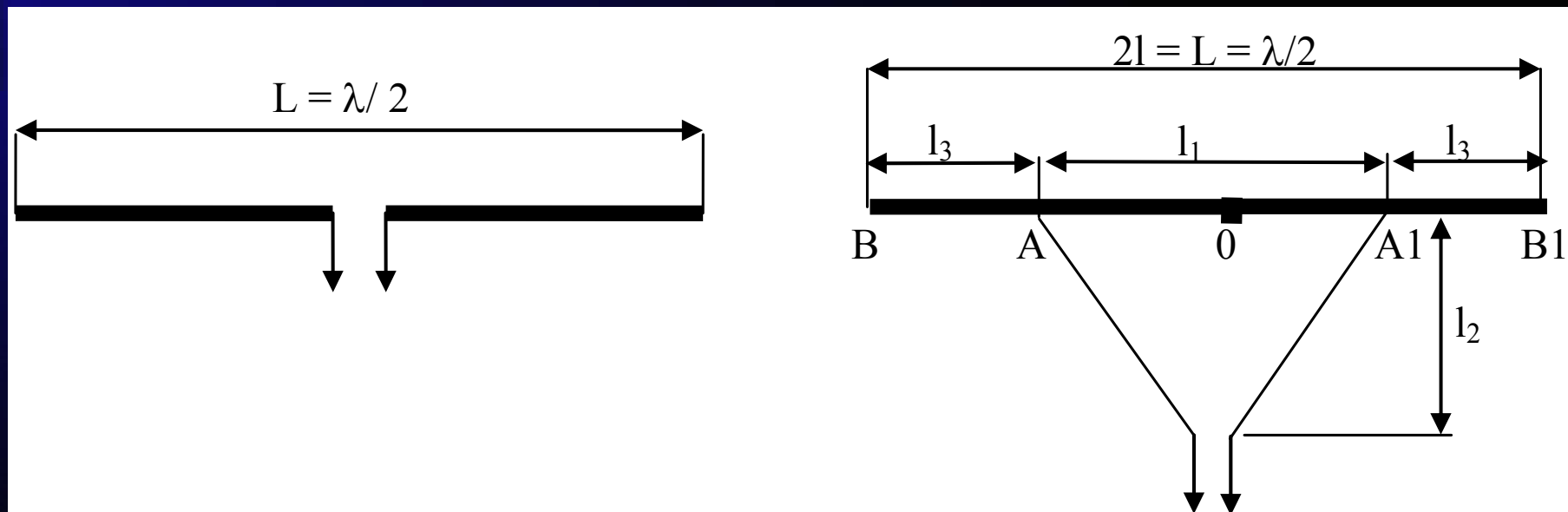
Obr.8.20 Jednoduché súfázové dipólové steny



Obr.8.21 Jednoduchý polvlnový dipól

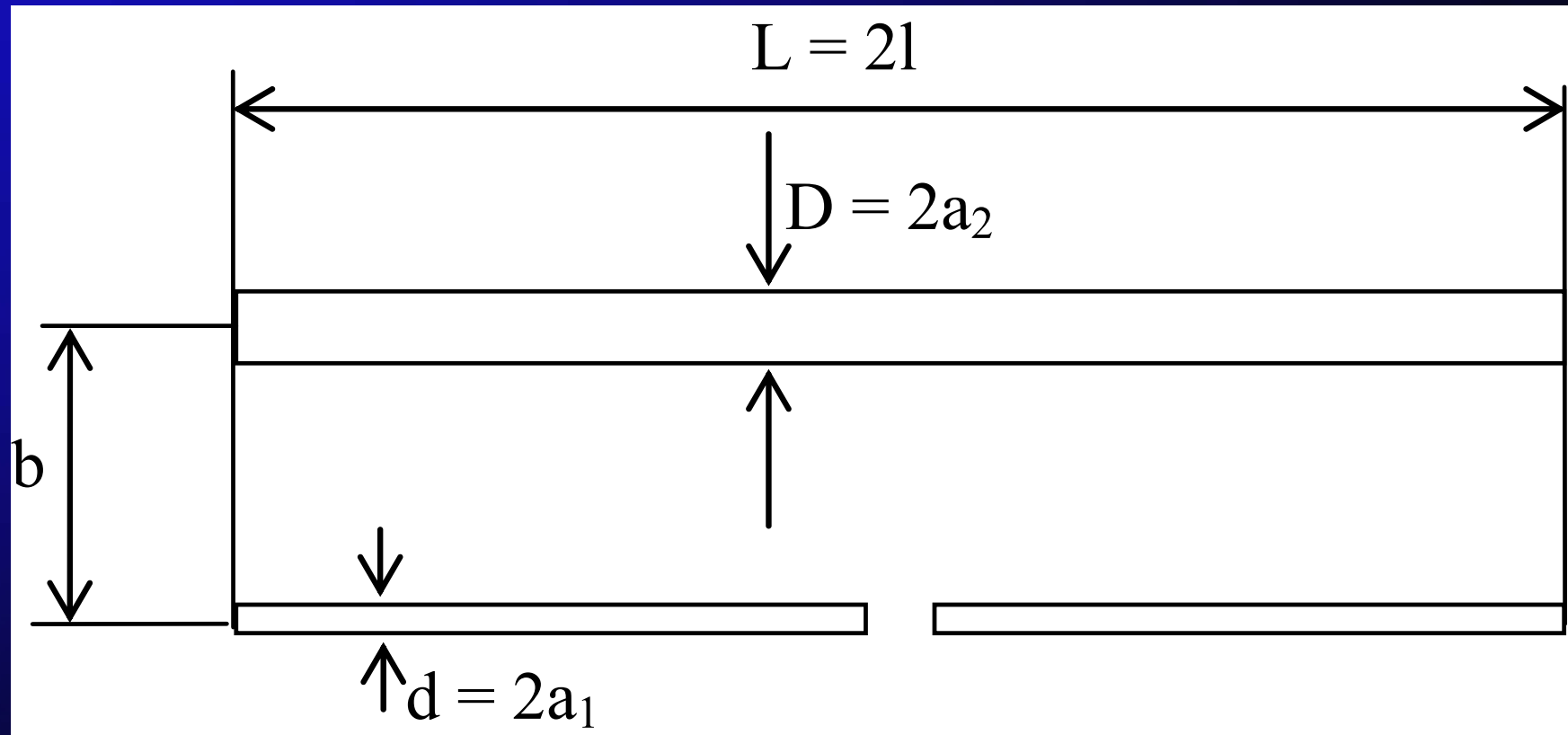
a) napájaný v strede

b) napájaný pomocou bočníka



- Zvláštnosťou antén pre VKV je, že sú umiestnené v relatívne veľkej výške H (v porovnaní s λ), preto ich možno považovať za bodové zdroje
 - najjednoduchšou a najčastejšie používanou anténou v oblasti VKV je polvlnový horizontálne (zriedka vertikálne) polarizovaný symetrický dipól; (Obr.8.21 a))
 - pretože jeho vstupná impedancia sa líši od normalizovanej vlnovej impedancie symetrických napájacích vedení (300Ω), tento dipól sa dá jednoducho impedančne prispôbiť - bočným napájaním; (Obr.8.21 b))
- Veľmi často sa používajú tzv. skladaný dipól
 - ktorý slúži najčastejšie ako aktívny prvok Yagiho antén
 - skladá sa z dvoch dipólov na konci spojených
 - priemery oboch ramien môžu byť rovnaké, ale môžu sa aj líšiť; (Obr.8.22)

Obr.8.22 Skladaný dipól



Témy na zapamätanie

- Tenké symetrické lineárne antény
- Valcová anténa
- Sústavy lineárnych antén
 - Sústava zložená len z aktívnych prvokov
 - Sústava zložená z aktívnych a pasívnych prvokov
- Lineárna anténa nad zemským povrchom
- Príklady lineárnych antén
 - Antény pre DV a SV
 - Antény pre KV a VKV

Kontrolné otázky

- Aké sú to lineárne antény?
- Pre aké frekvencie sa v praxi používajú lineárne antény?
- Aké je rozloženie prúdu pozdĺž tenkej lineárnej symetrickej antény?
- Aká je smerová charakteristika nekonečne tenkej lineárnej symetrickej antény?
- Aké je prúdové rozloženie a smerové charakteristiky tenkej lineárnej symetrickej antény pre rôzne dĺžky „ $2h$ “?
- Aké je rozloženie prúdu vo valcovej anténe?
- V akej vzdialenosti od koncov je prúd nulový (v uzlových bodoch) pre tenký dipól (valcová anténa)?
- V akej vzdialenosti od koncov je prúd nulový (v uzlových bodoch) pre hrubý dipól (valcová anténa)?
- Ako prvky čoho sa často používajú lineárne antény?
- Ako sa nazýva pasívny prvok s indukčným charakterom, ktorý spôsobuje odraz energie v smere aktívneho prvku?

- Ako sa nazýva pasívny prvok s kapacitným charakterom, ktorý spôsobuje vzrast vyžarovania v smere od aktívneho prvku k pasívnemu?
- Aký charakter má pasívny prvok a ako ho nazývame, ak je dlhší (o koľko %) ako prvok aktívny (v sústave lineárnych antén) (aj obr.)?
- Aký charakter má pasívny prvok a ako ho nazývame, ak je kratší (o koľko %) ako prvok aktívny (v sústave lineárnych antén) (aj obr.)?
- Z akých a koľkých prvkov sa obvykle skladá anténa „YAGI“?
- Vlastnosti a použitie antény „YAGI“?
- Čo platí pre polvlnový lineárny dipól, umiestnený horizontálne vo výške „h“ nad rovinným, dokonale vodivým zemským povrchom (aj obr.)?
- Aké sú smerové charakteristiky pre lineárny vertikálny symetrický polvlnový dipól, ktorý je umiestnený vo výške „H“ nad rovinným zemským povrchom (aj obr.)?
- Aké sú smerové charakteristiky pre lineárny vertikálny nesymetrický polvlnový dipól, ktorý má dĺžku „h“ (aj obr.)?

- Aké smerové charakteristiky majú mať antény použité v oblasti „DV“?
- Ktoré usporiadania antén sa používajú pre vysielanie „DV“ (aj obr.)?
- Do akej maximálnej výšky sa budujú vysielacie anténové stožiare pre „DV“?
- Aká býva účinnosť pre anténu typu „T“ (DV)?
- Akou technickou úpravou sa v praxi dosahuje skrátenie dĺžky antén pre „DV“, pri zachovaní parametrov?
- Aká býva šírka frekvenčného pásma antén pre „DV“?
- Aké výkony sa používajú pri vysielateľoch antén „DV“?
- Čo sa používa (konštrukčne) ako vysielacie antény „SV“ (aj obr.)? (aj obr.)
- Ktoré usporiadanie antén sa používa pre vysielanie „SV“ (aj obr.)?
- Akou technickou úpravou sa v praxi dosahuje skrátenie dĺžky konštrukcie antén pre „SV“, pri zachovaní parametrov (aj obr.)?
- Pre ktoré vlnové pásma sú vysielacie antény totožné s prijímacími?
- Aké antény sa používajú ako všesmerové prijímacie antény pre „DV“ a „SV“ (aj obr.)?

- Vlastnosti, ktorého typu antén sa využívajú, keď potrebujeme použiť smerovú prijímaciu anténu v pásme „DV“ a „SV“ (aj obr.)?
- Aká prijímacia anténa sa používa v rozhlasových prijímačoch na rozsahoch „DV“ a „SV“ (aj obr.)?
- Aké antény sa používajú najčastejšie v oblasti „KV“ (aj obr.)?
- Pre akú anténu sa rozhodneme, ak je potrebné zväčšiť šírku frekvenčného pásma „VKV“ (aj obr.)?
- Pre akú anténu sa rozhodneme, ak je potrebné realizovať anténu s kruhovou smerovou charakteristikou v horizontálnej rovine pre pásmo „VKV“ (aj obr.)?
- Pre aké antény sa rozhodneme, ak je potrebné zväčšiť energetický zisk „VKV“ (aj obr.)?
- Aké antény sa používajú najčastejšie v oblasti „VKV“ (aj obr.)?
- Pre akú anténu sa rozhodneme, ak je potrebné ju použiť ako aktívny prvok „YAGI-ho“ antény pre pásmo „VKV“?
- Pre ktoré vlnové pásmo sa používajú antény typu „YAGI“?
- Akú smerovosť a zisk má anténa typu „YAGI“?

Zoznam použitých skratiek a symbolov

■ Skratky:

- DV- dlhé vlny
- ELM, elm- elektromagnetický
- KV- krátke vlny
- SV- stredné vlny
- VKV- veľmi krátke vlny

■ Značky:

- C_n - činiteľ skrátania
- D- smerovosť
- l- dĺžka anténového vodiča
- λ - vlnová dĺžka
- ψ - štíhlostný koeficient antény

Ďakujem za pozornosť