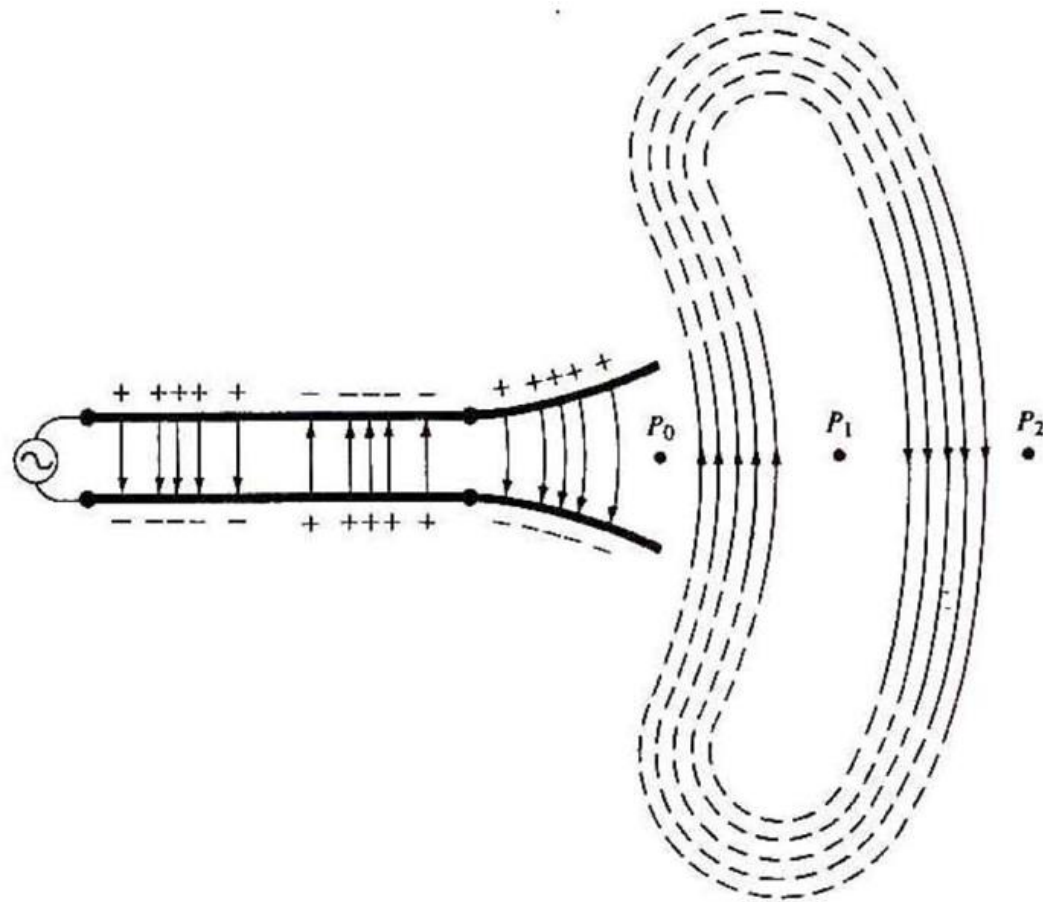


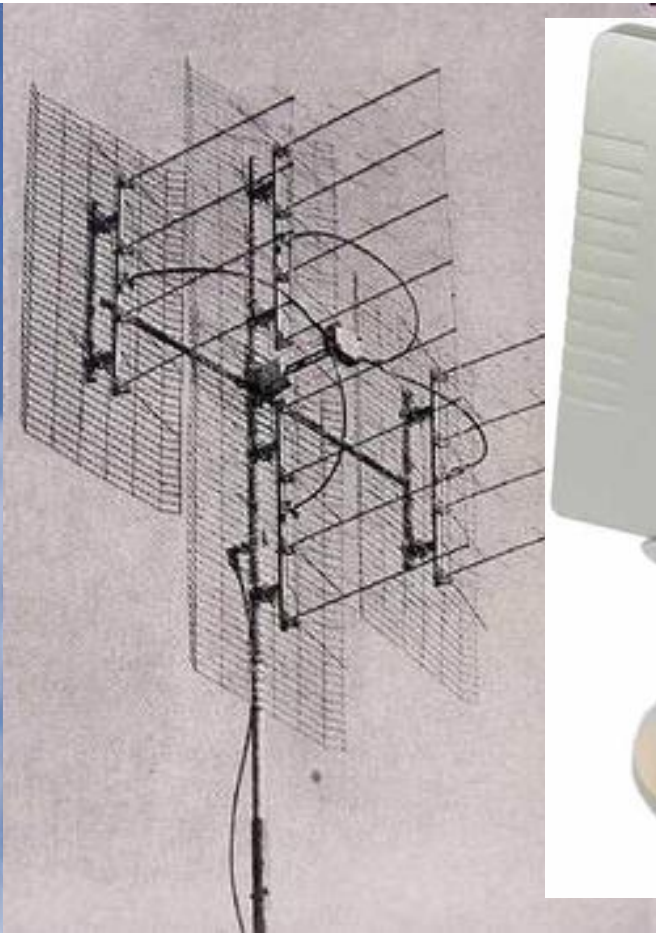
Antény a napáječe

OK2KOJ & OK2ZLK 8.11.2022

Základní definice



Ukázky



Základní parametry antén

- Rezonance antény

První rezonance je jev, při kterém parazitní vlastnosti obvodu (parazitní indukčnost, kapacita) vyrovná primární vlastnost tj. kapacitu a indukčnost.

Dipól má na nízkých kmitočtech kapacitní vlastnosti $X_c = 1/\omega C$, v rezonanci se projeví jeho vlastností induktivní $X_L = \omega L$.

Základní parametry antén

- Rezonance antény

Magnetická smyčka má na nízkých kmitočtech induktivní vlastnosti, v rezonanci se je jalová impedance $X_L = \omega L$ rovná reaktanci parazitní kapacity $X_C = 1/\omega C$

Základní parametry antén

- Thompsonův vztah
- Rezonance $X_L = X_C$

$$\omega L = 1/\omega C$$

$$\omega^2 LC = 1$$

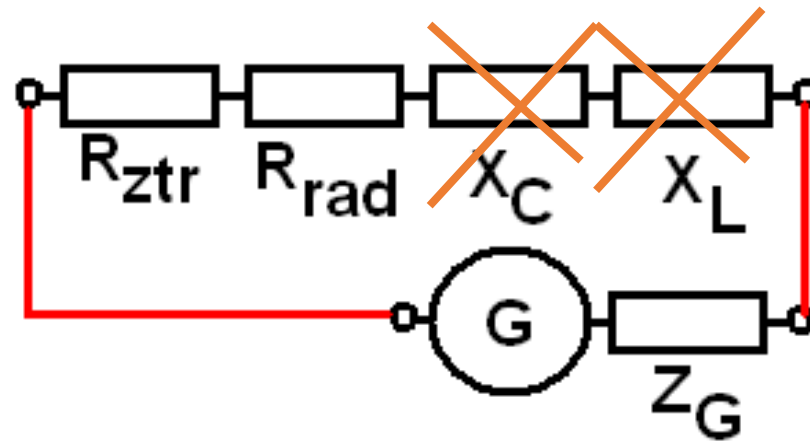
$$(\omega = 2\pi f)$$

$$f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

Thompsonův vztah pro ideální prvky

Rezonance antény

- Při rezonanci



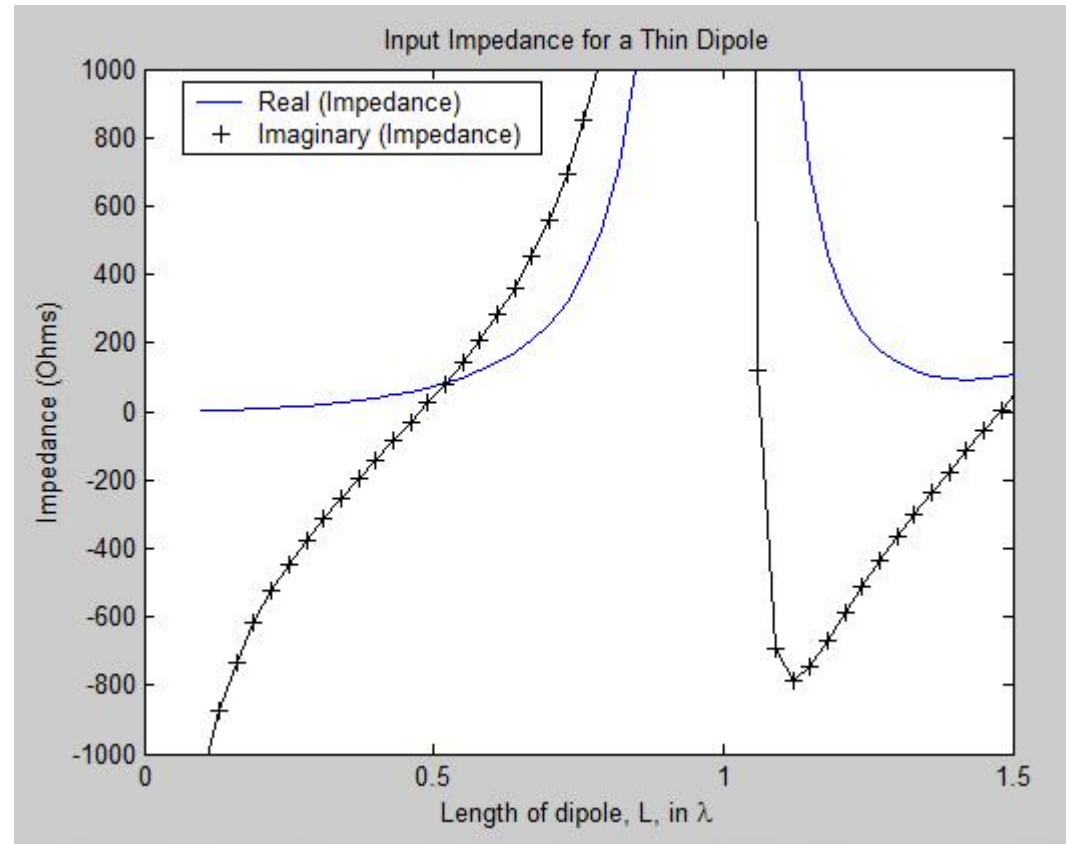
se X_C a X_L vyruší a anténa má pouze reálnou složku danou odporem záření a ztrátami.

Rezonance antény

- Při rezonanci antény dochází ke změně elektrického pole v magnetické a dochází k vyzařování elektromagnetické vlny (dle Maxwellových rovnic). Na svorkách antény dochází k přičítání napětí a proudu (napětí generátoru je ve fázi s napětím na svorkách- fáze je nulová)

Rezonance antény

- Charakter impedance



Činitel jakosti

- $U_{\text{ant}} = Q \cdot U_{\text{gen}},$

kde Q je činitel jakosti [-] a můžeme ho definovat jako

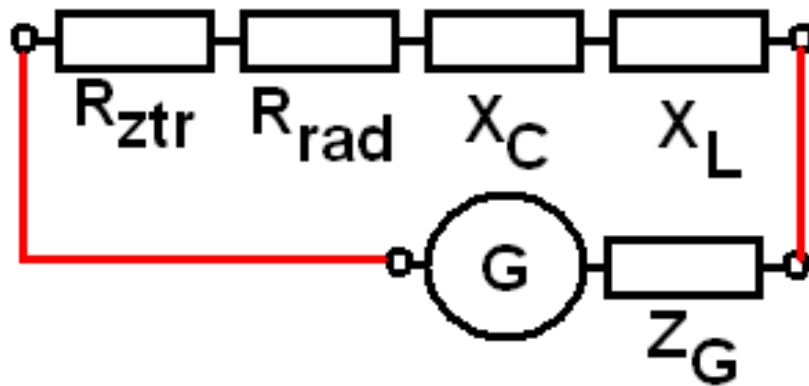
$$Q = X/R = \omega L/R = 1/\omega CR$$

Pro anténu s nulovými ztrátami má anténa nekonečný činitel jakosti, ale nedochází k vyzařování.

Účinnost antény

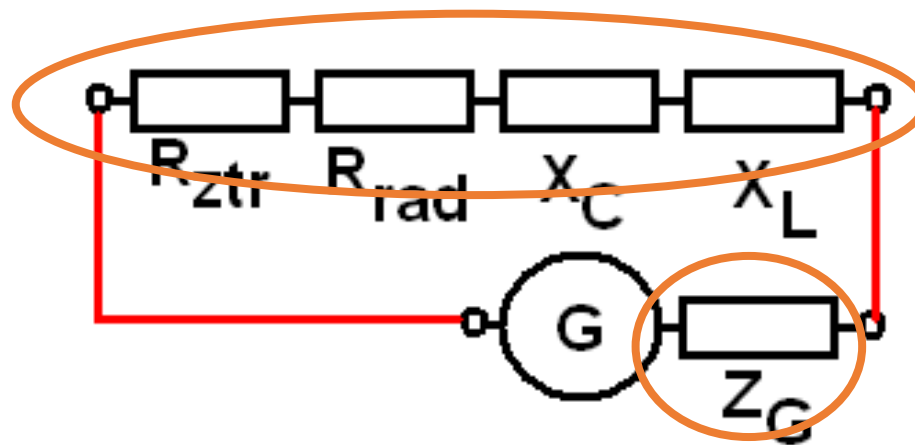
- Účinnost antény je dána energií, která se vyzáří v elmag. pole k celkové energii. Můžeme odvodit

$$\eta = R_{\text{rad}} / (R_{\text{rad}} + R_{\text{ztr}})$$



Impedanční přizpůsobení

- Obvod je impedančně přizpůsoben, když je impedance zdroje stejná jako impedance antény. Nedochozí k odrazům vlny zpět ke zdroji.



Výkonové přizpůsobení

- Při výkonovém přizpůsobení dochází k maximálnímu přenosu výkonu ze zdroje do antény. Nastává, když impedance antény je komplexně sdružená (velikost reálné části je stejná, imaginární je opačná)

Ideální přizpůsobení

- Z předchozích dvou teorému vyplývá, že aby bylo dosaženo impedančního a výkonového přizpůsobení zároveň, musí reálná část impedance zdroje a antény být stejná a imaginární část musí být nulová.
- Pokud tomu tak není musíme použít obvod, který zdroj a anténu impedančně přizpůsobí – sériový, paralelní pahýl, rukáv, impedanční transformátor (balún...)

Činitel odrazu

- Činitel odrazu je definován jako poměr odražené vlny ku postupné

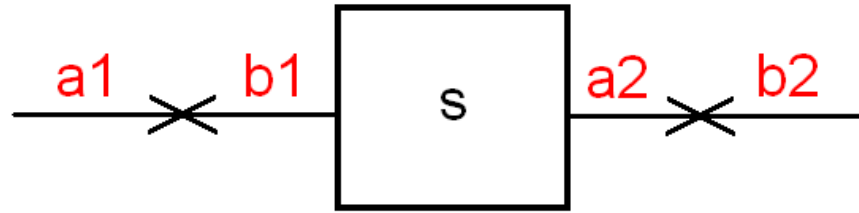
$$\rho = U_{\text{rev}}/U_{\text{fwd}}$$

Uvádí se z teorie rozptylových parametrů (S-parametrů) za předpokladu, že je vstup (zdroj) impedančně přizpůsoben (ve většině případů 50 Ω)

$$S_{11}[\text{dB}] = 20 \log [S_{11}]$$

Činitel odrazu

-



$$b1 = S11 a1 + S12 a2$$

$$b2 = S21 a1 + S22 a2$$

$S11$ – činitel odrazu na vstupu

$$S11 = b1/a1$$

$S21$ – napěťový přenos

$$S21 = b2/a1$$

$S22$ – činitel odrazu na výstupu

$$S22 = b2/a2$$

$S12$ – zpětný napěťový přenos

$$S12 = b1/a2$$

Poměr stojatých vln

- Poměr stojatých vln PSV (SWR) je definován jako poměr napětí na vedení v maximu k velikosti napětí v minimu.

$$PSV = U_{\max} / U_{\min}$$

Pokud je vedení impedančně zakončeno zkratem nebo rozpojeno, U_{\min} se rovná nule a PSV je nekonečno, pokud je impedančně přizpůsobeno, $PSV = 1$

Poměr stojatých vln

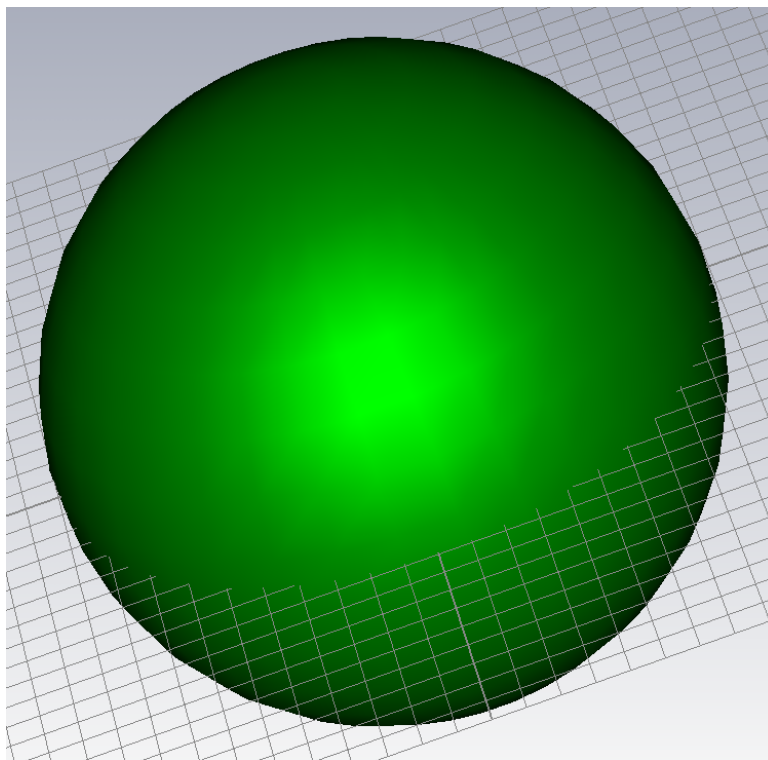
- Poměr stojatých vln může být definováno z činitele odrazu
- $PSV = (1 + |\rho|) / (1 - |\rho|)$
- $PSV < 1,1$ vysílače
- $PSV < 2$ širokopásmové antény
- $PSV < 3$ přijímače

Zisk antény

- Anténa je pasivní prvek, její zisk je dán jen transformací vyzařované energie v prostoru. Zisk může být větší než 0, rovno nule anebo menší než 0. Je vztažen buď k izotropnímu zářiči nebo k půlvlnnému dipólu.
- Je definován $G_i = 10 \log(D)$, kde D je směrovost a je definována jako poměr výkonové hustoty do zadaného směru vůči výkonové hustoty isotropního zářiče.

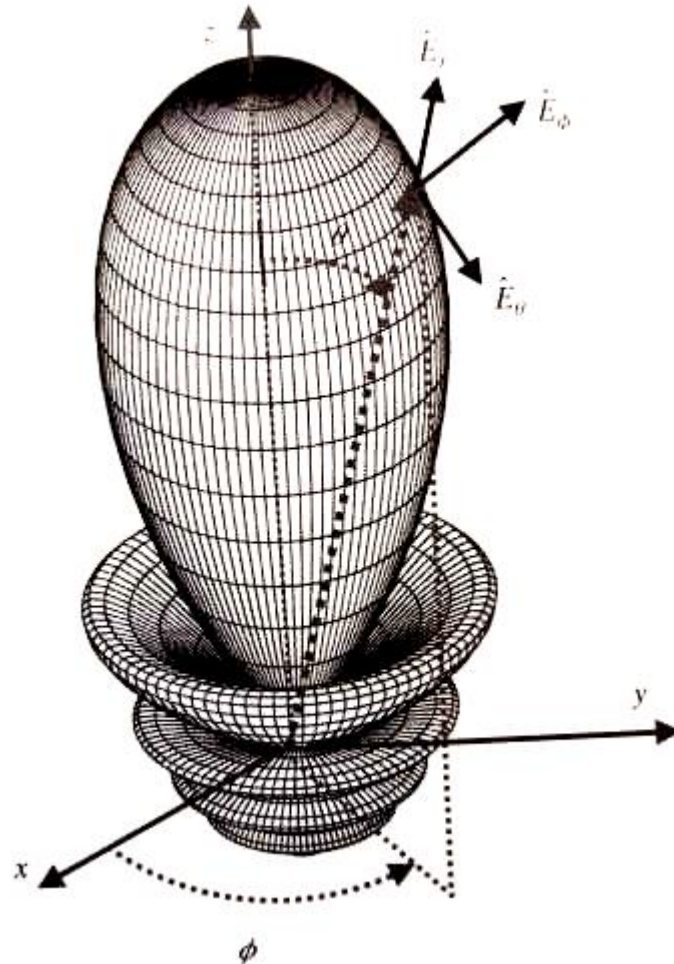
Zisk antény

- Zisk izotropního zářiče $G = 0$ dBi



Zisk antény

-

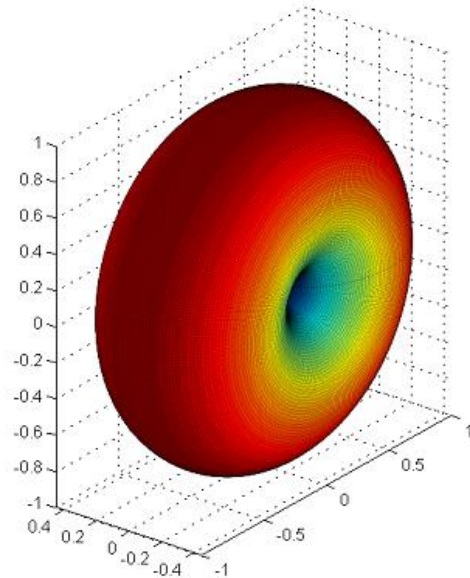


$$D(\theta, \phi) = 4\pi \frac{F(\theta, \phi)}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi F(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi}$$

$$G_i = 10 \log (D)$$

Směrová charakteristika

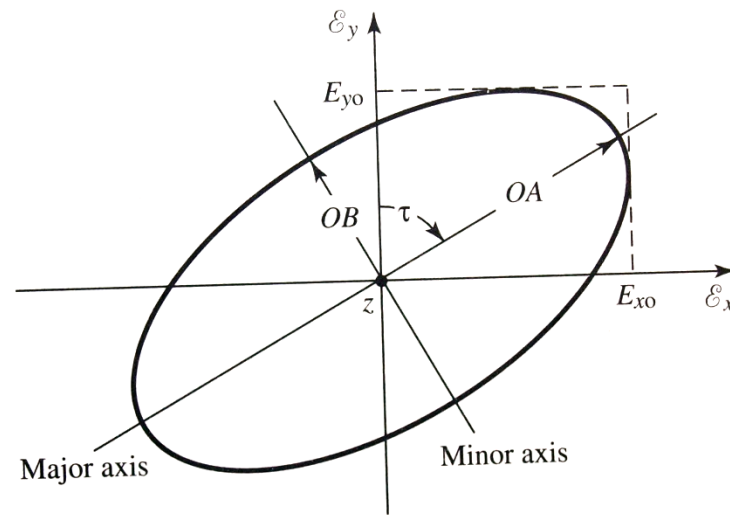
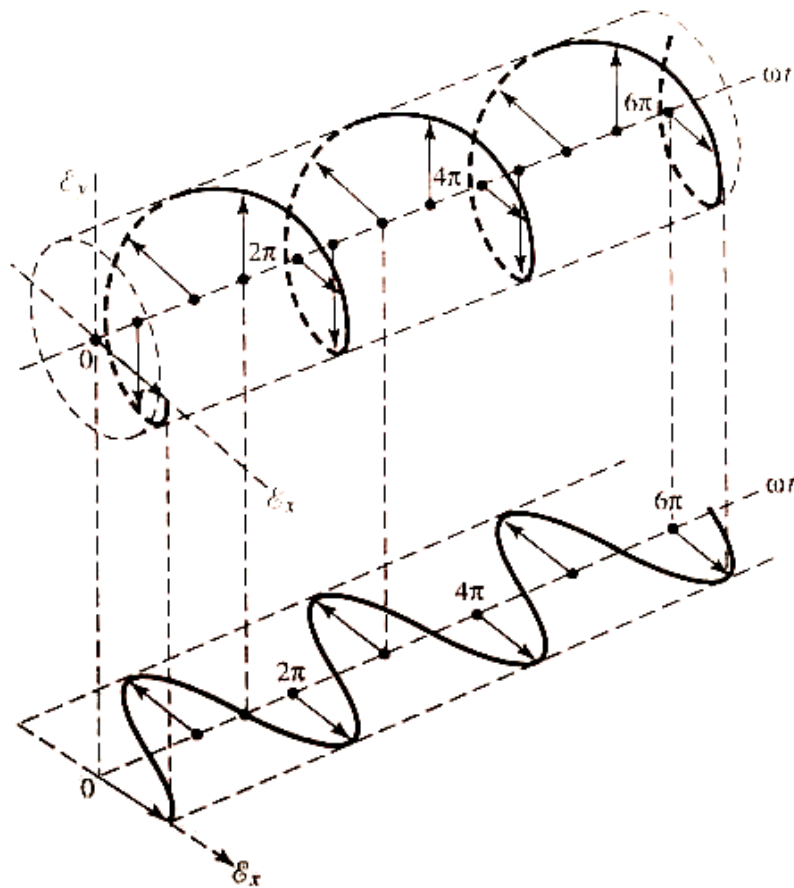
- Intenzita elektrického pole (napětí) v v horizontálním a vertikálním řezu podél antény.



Zisk drátového dipólu	
Délka dipólu v λ	Zisk[dBi]
$L \ll \lambda$	1.50
0.5	1.64
1.0	1.80
1.5	2.00
2.00	2.30
3.0	2.80
4.0	3.50
8.0	7.10

Polarizace antény

-



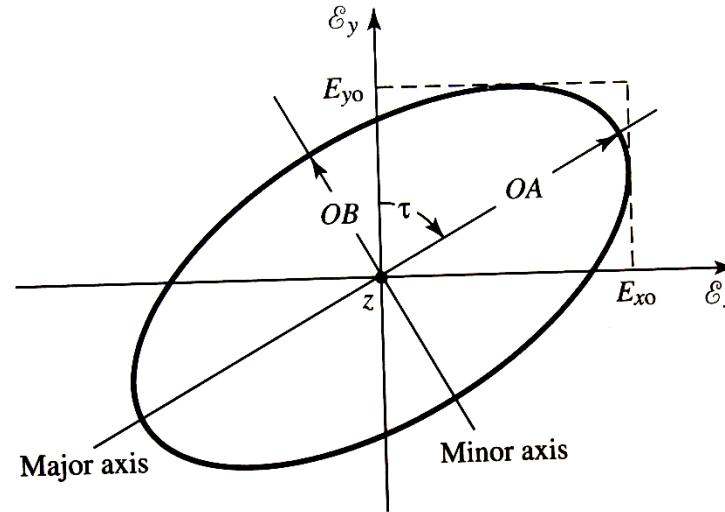
$$P = \frac{E_{x0}}{E_{y0}}$$

osový poměr

Polarizace antény

•

$$P = \frac{E_{x0}}{E_{y0}}$$



$P = \infty$ – lineární polarizace (H a V) *linear polarization*

$P = 1$ – kruhová polarizace (RHCP, LHCP) *circular polarization*

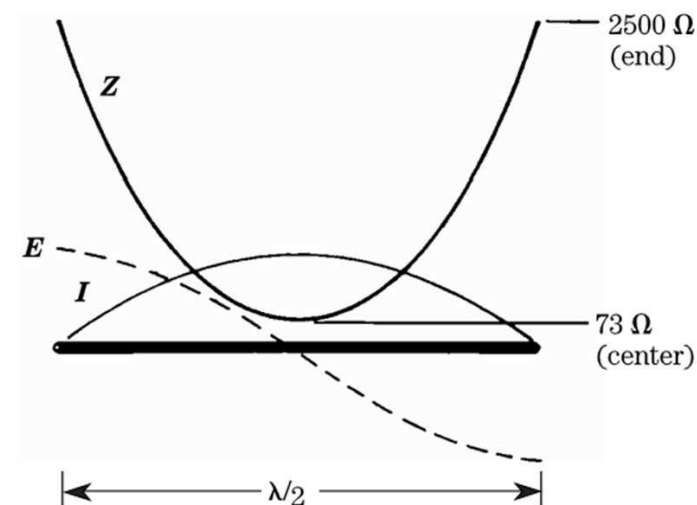
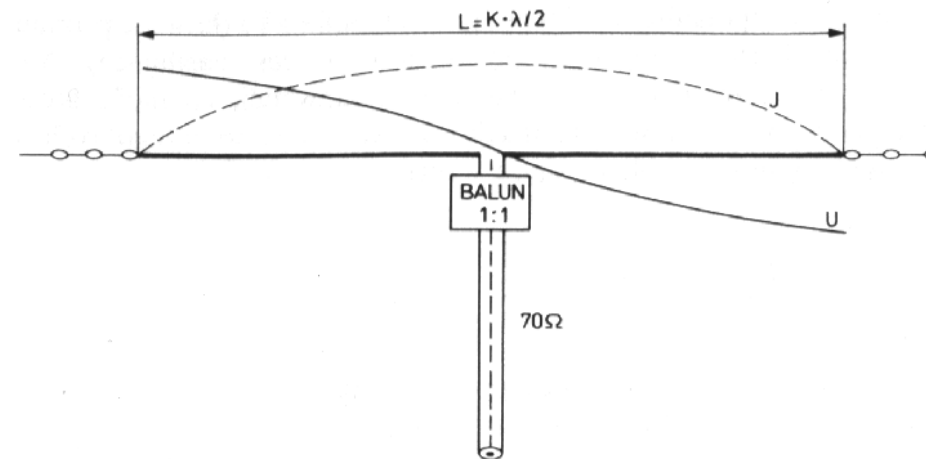
$P = 1-\infty$ – eliptická polarizace *elliptical polarization*

Půlvlnný (čtvrtvlnný) dipól

- Nejpoužívanější drátová anténa od DV až po UKV
- V horizontální rovině všesměrová se ziskem 2,16 dBi
- Vhodná pro šíření povrchovou, ionosférickou a prostorovou vlnou
- Nízké ztráty a vysoká účinnost
- Záření elementárního dipólu

Půlvlnný (čtvrtvlnný) dipól

- Délka ramen $\lambda/2$ (ramene $\lambda/4$)
- První rezonance antény – Proud a napětí Q-krát vyšší-
vyšší účinnost
- $\lambda = c/f$
- $\lambda = 300/f$ [m, MHz]
- $\lambda = 0,3/f$ [m, GHz]



Impedance půlvlnného dipólu

- Impedance při $\lambda/4$

$$Z_{\Sigma vst} = (73,1 + j42,5)\Omega$$

- Činitel zkrácení

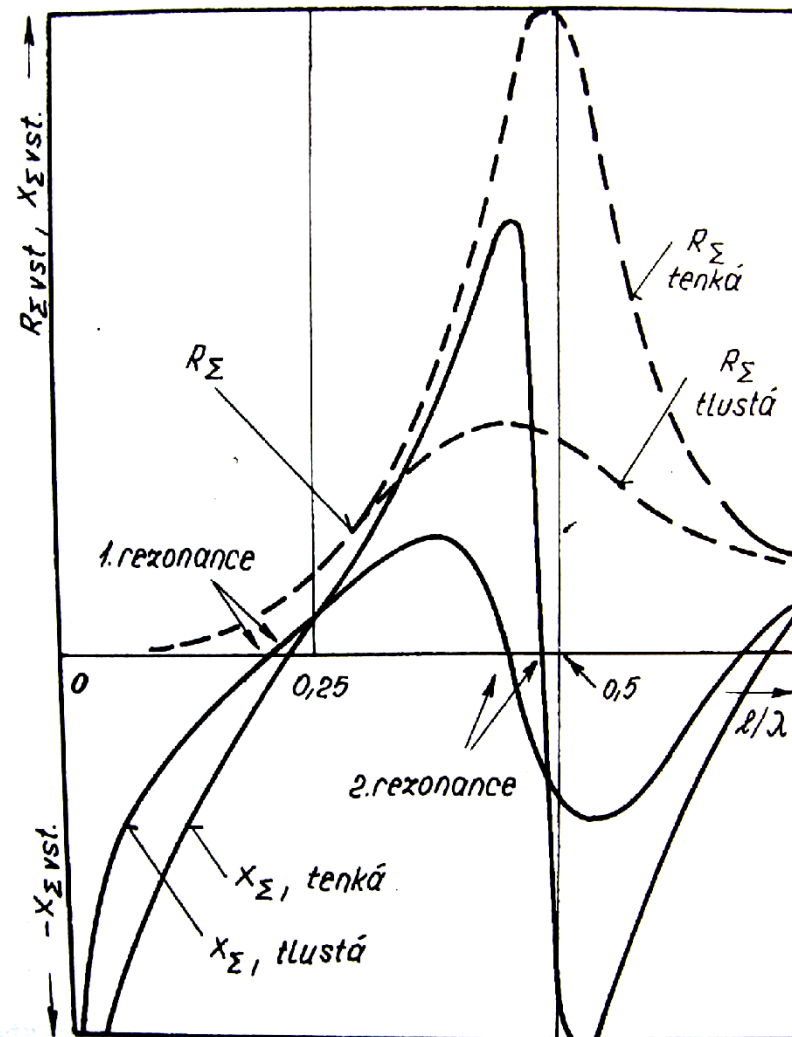
$$l_{rez} = \xi_1 \cdot \lambda / 4 \quad l_{rez} = \xi_2 \cdot \lambda / 2$$

Ize pro první rezonanci

$$\xi_1 = 1 - \frac{27}{Z_0}$$

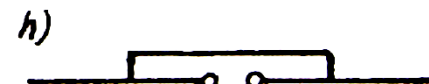
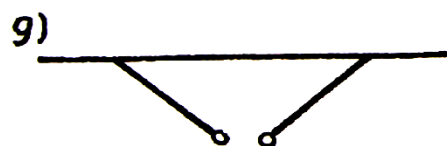
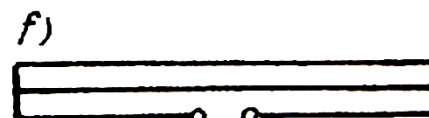
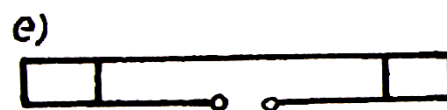
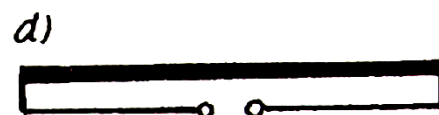
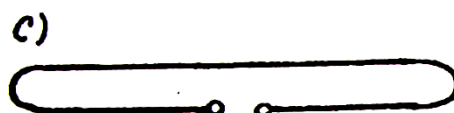
Tenké vodiče $\xi=0,97-0,99$

Tlusté vodiče $\xi=0,8-0,9$



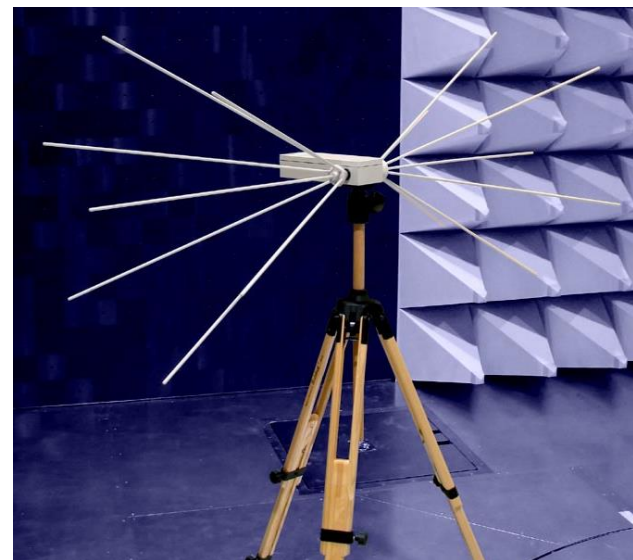
Modifikace půlvlnného dipólu

- a,b- tlustý dipól, c,d,e,f- skládaný
g,h-dipól napájený bočnickem



Modifikace půlvlnného dipólu

- Tlustý dipól- menší činitel zkrácení, pozvolnější průběh vstupní impedance, větší šířka pásma
- Provedení pomocí drátů – bikonická, disconová anténa

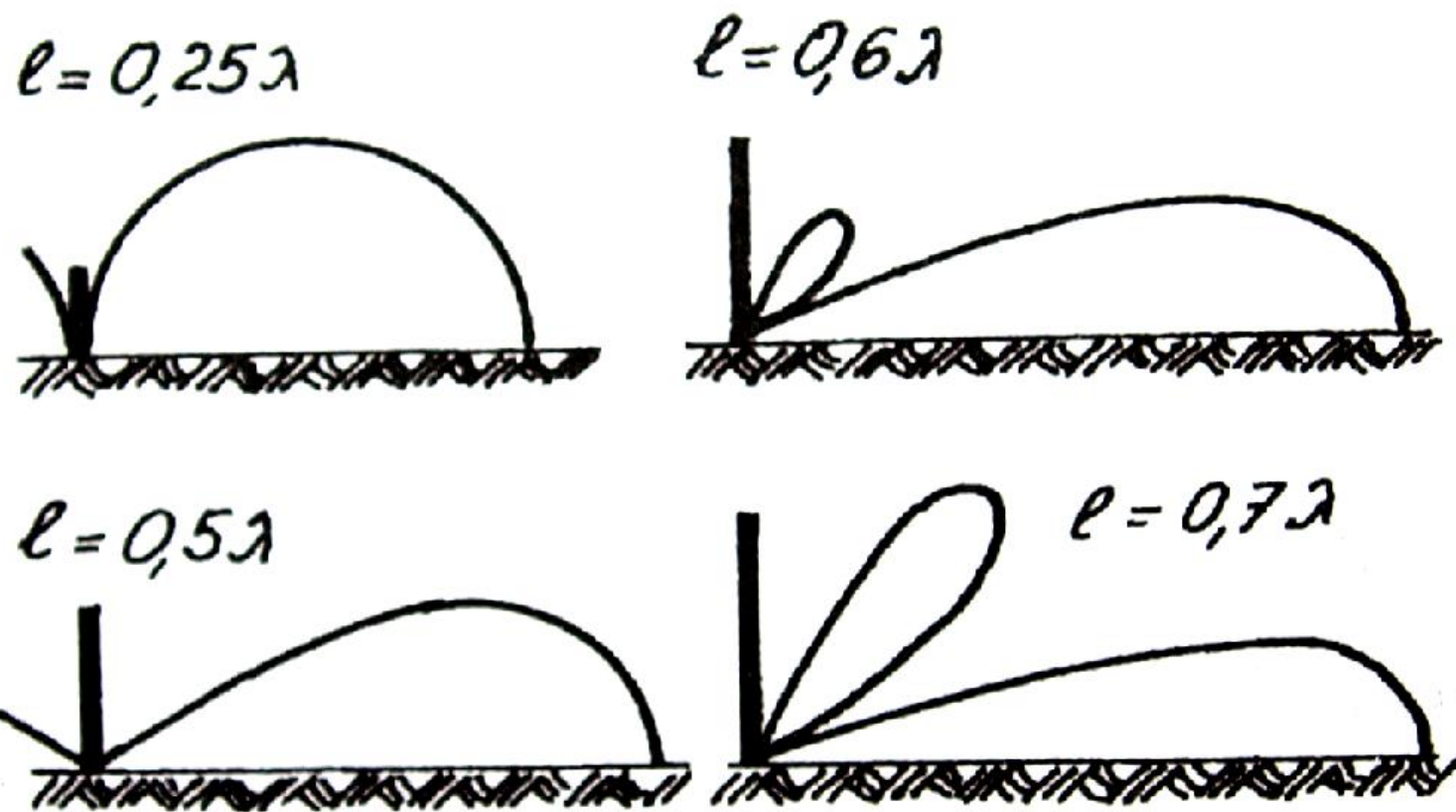


Modifikace půlvlnného dipólu

- Monopól (grounplane) ($l=\lambda/4$)
- Jedno rameno dipólu nahrazeno zemí a jeho zrcadlovým obrazem
- Většina DV a SV vysílačů
- Vstupní impedance $Z_{\Sigma asym} = \frac{1}{2} Z_{\Sigma sym}$
- Lze zakončit kapacitně a tím anténu elektricky prodloužit. To ovšem sníží účinnost antény proti celé délce $\lambda/4$
- Směrová charakteristika je v horizontální rovině kruhová

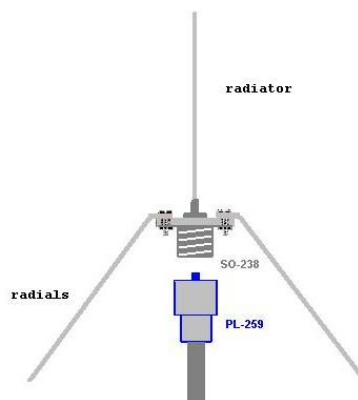
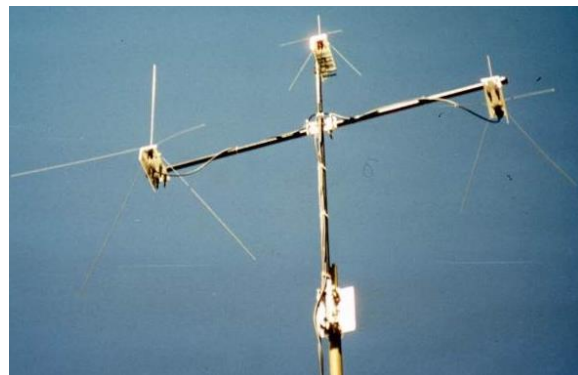
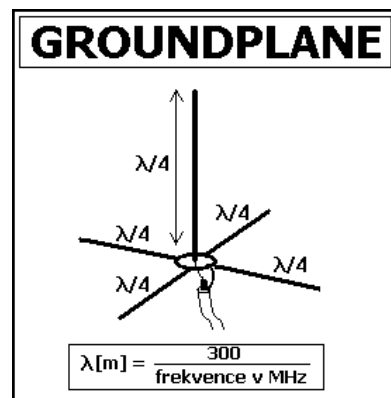
Modifikace půlvlnného dipólu

- Směrové charakteristiky monopólu



Modifikace půlvlnného dipólu

- Monopól (grounplane)

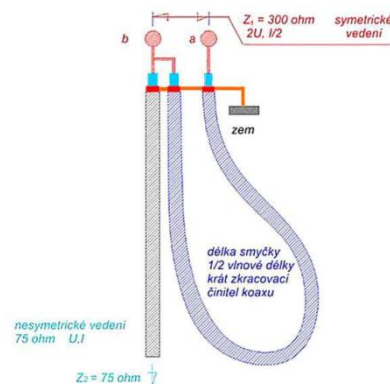


Modifikace půlvlnného dipólu

- Skládaný dipól ($l=\lambda/2$)
 - Můžeme měnit hodnotu vstupní impedance, tím i šířku pásma
 - Konstrukční výhody- uprostřed ramene nulový potenciál, můžeme připojit k vodivému ráhnu
 - Impedance $4Z_d$, je nutná symetrizace 1:4 nebo 1:6

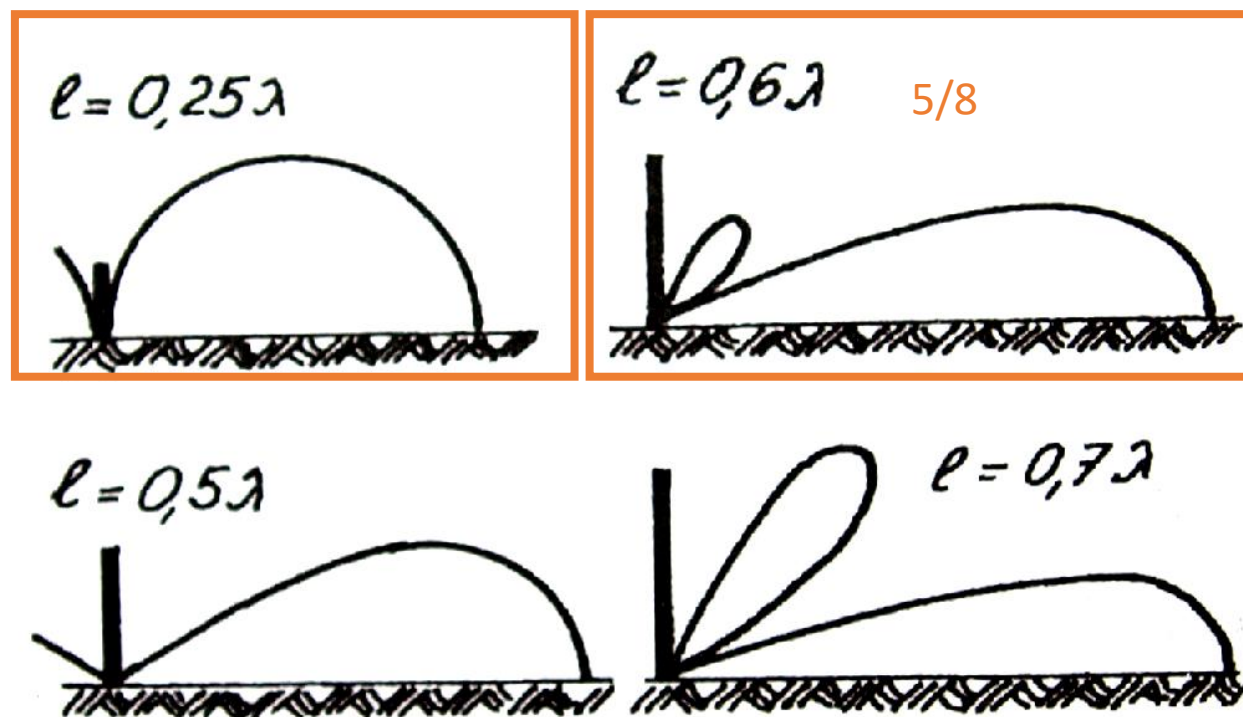
Modifikace půlvlnného dipólu

- Skládáný dipól- ukázky, symetrizace



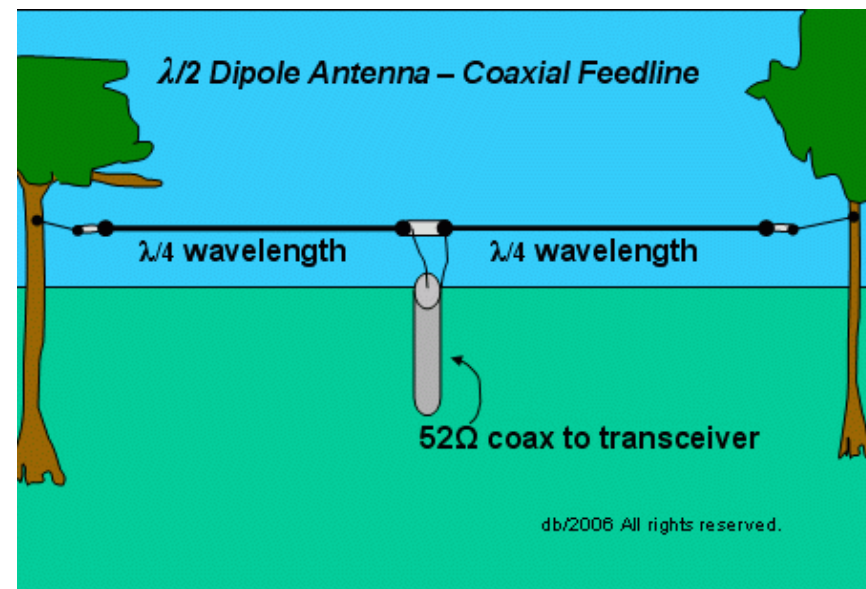
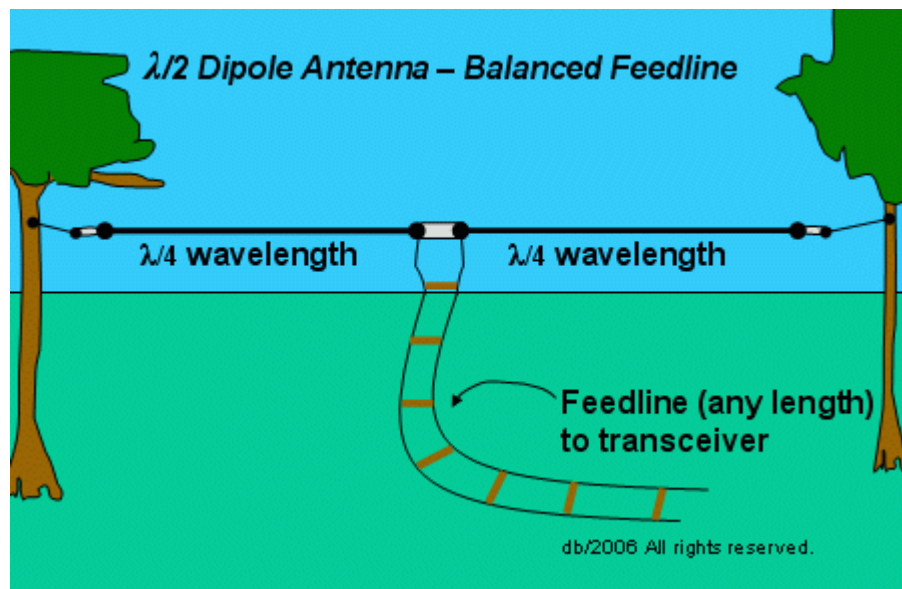
Jednopásmové antény

- Vliv délky čtvrtvlnného dipólu na směrovou charakteristiku



Jednopásmové antény

- Horizontální půlvlnný dipól

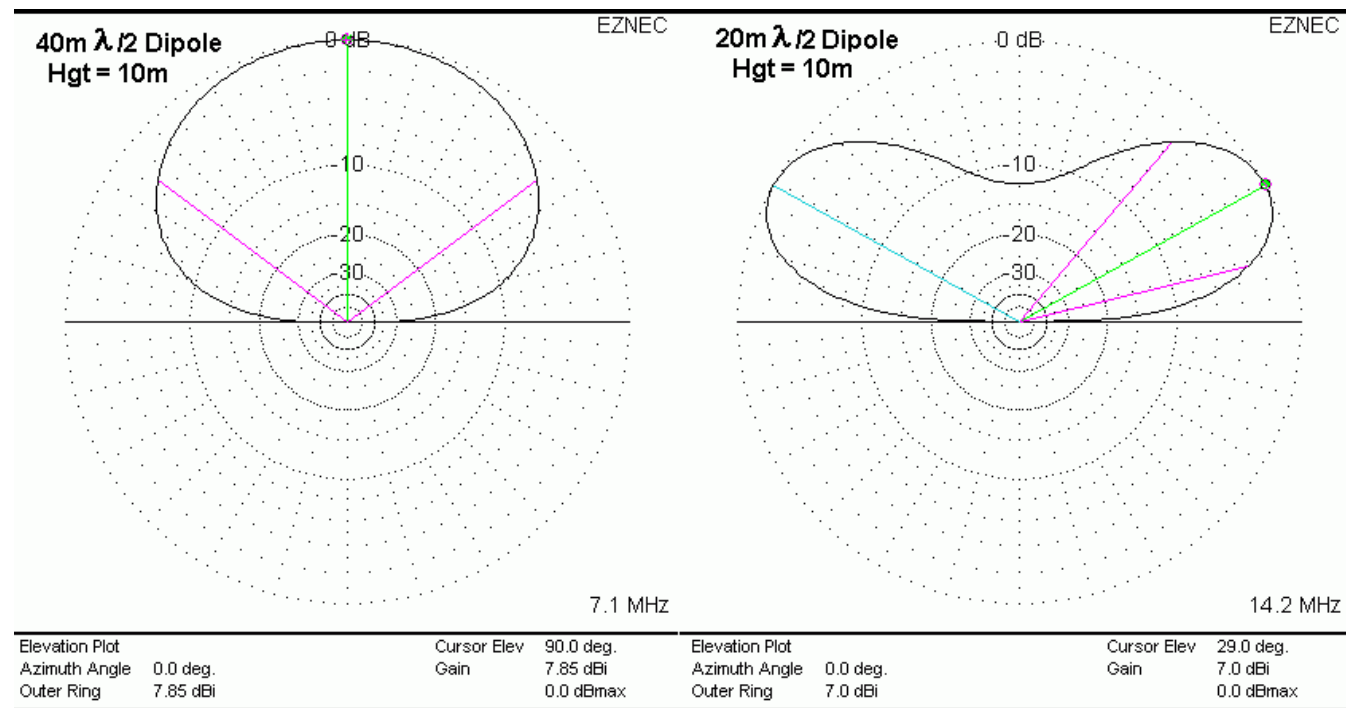


Jednopásmové antény

- Horizontální půlvlnný dipól
 - úzkopásmový, musí být přesně $\lambda/2$
 - Aspoň $\lambda/4$ nad zemí
 - Napájení 75Ω
 - Symetrizační člen 1:1
 - Na koncích VN !

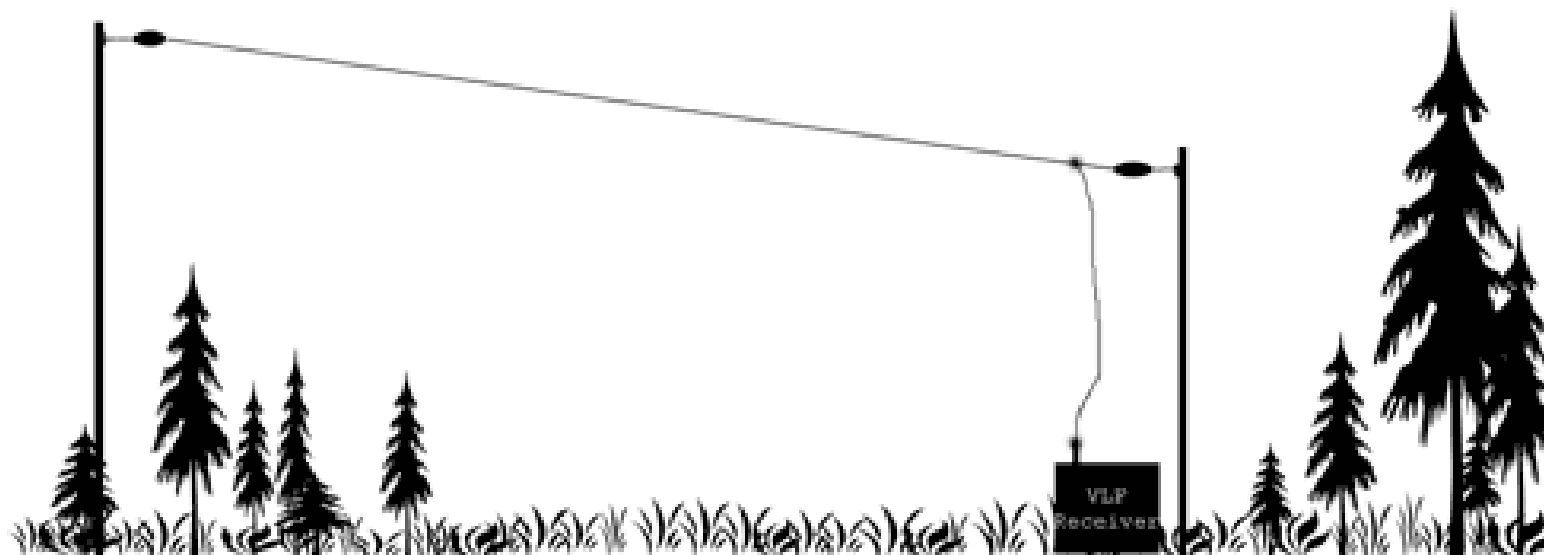
Jednopásmové antény

- Horizontální půlvlnný dipól



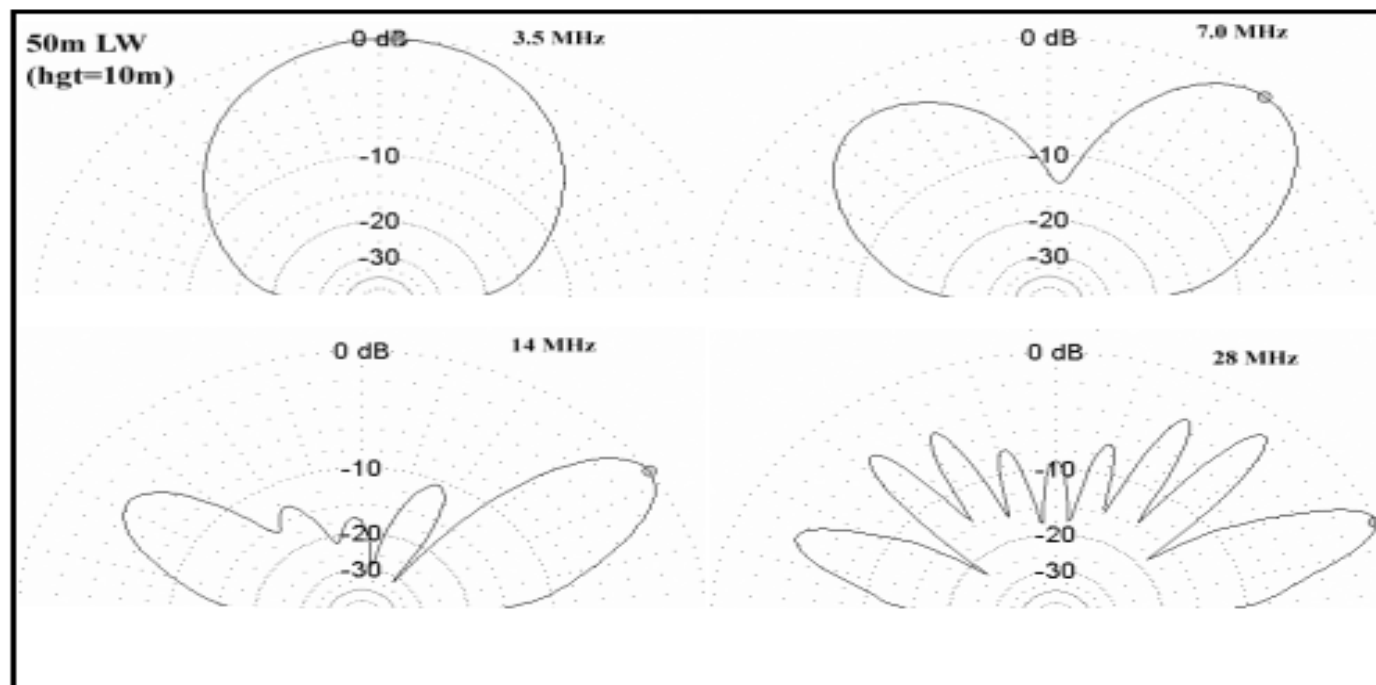
Jednopásmové antény

- Dlouhý drát – long wire (LW) –
- L anténa



Jednopásmové antény

- Dlouhý drát – long wire (LW)

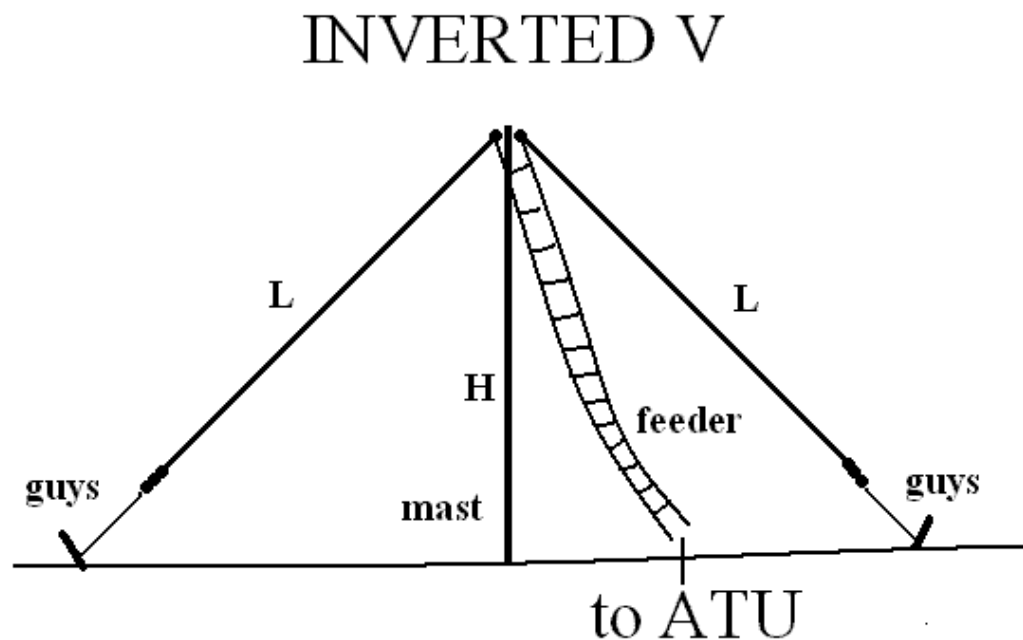


Jednopásmové antény

- Dlouhý drát
 - Nejlépe délka při $>\lambda/2$
 - Vysoká impedance cca 500Ω
 - Nutnost symetrizace a impedančního přizpůsobení
 - Jednoduchá výroba
 - Na konci VN

Jednopásmové antény

- Inverted-V (invertované V)



Jednopásmové antény

- Inverted-V (invertované V)
 - Úhel ramen 90 až 120°
 - Vstupní impedance 50 Ω
 - Lepší příjem vln na KV
 - Směrnost
 - Možnost i na nakloněné rovině

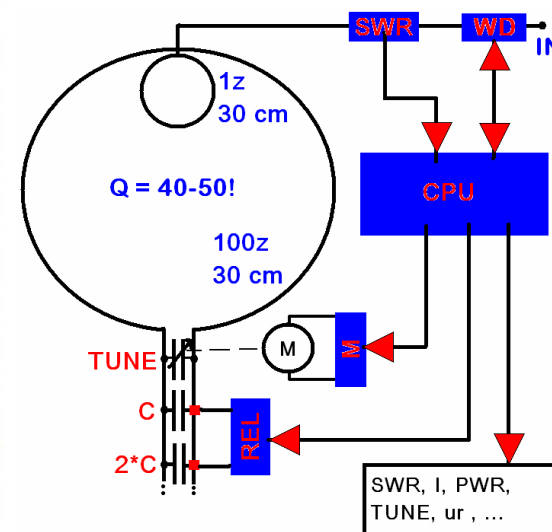
Jednopásmové antény

- Laděná magnetická smyčková anténa

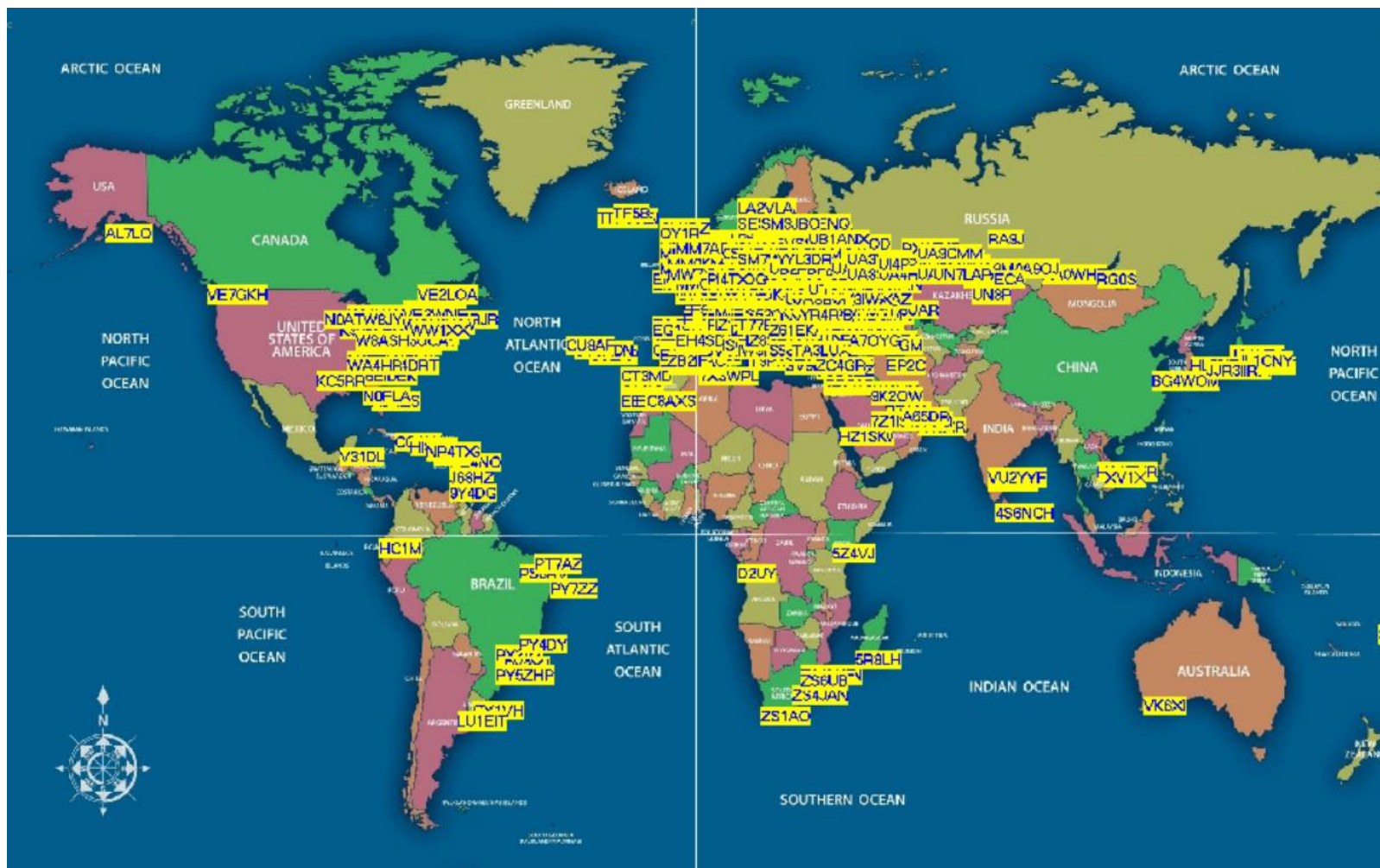
Přijímá magnetickou složku EM pole.

Účinnost lze zvětšit doladěním do rezonance Q-krát

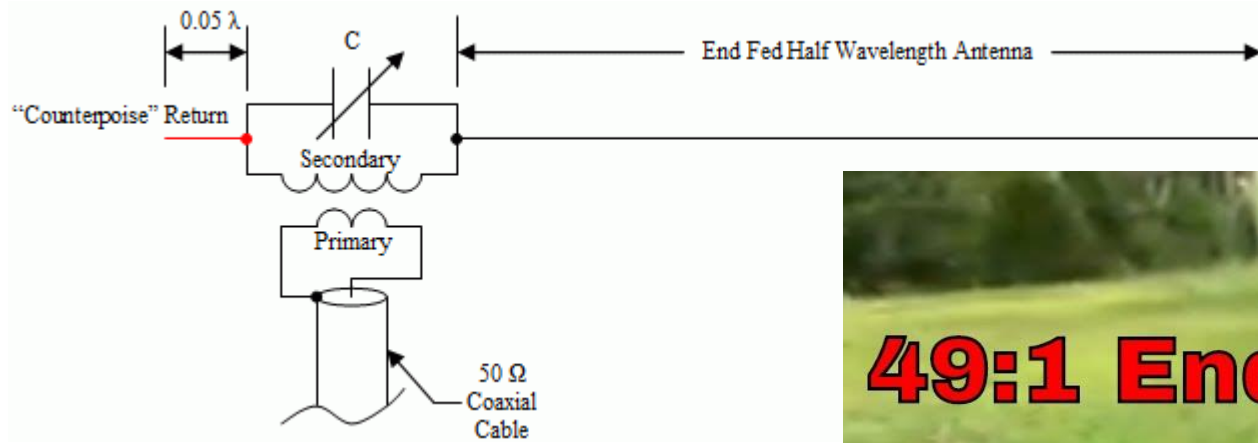
Úzkopásmovost, odolnost proti rušení



U mě doma MLA , 3. patro



EFHF anténa

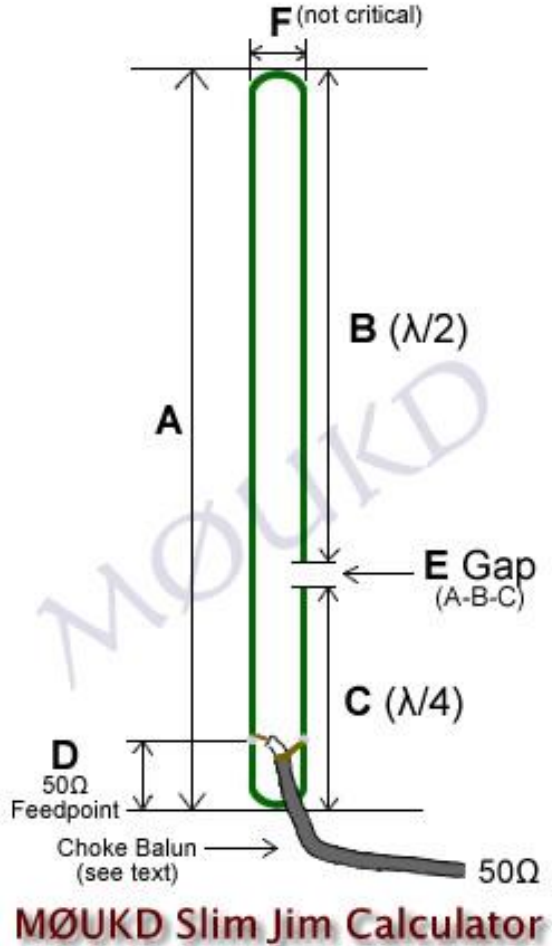
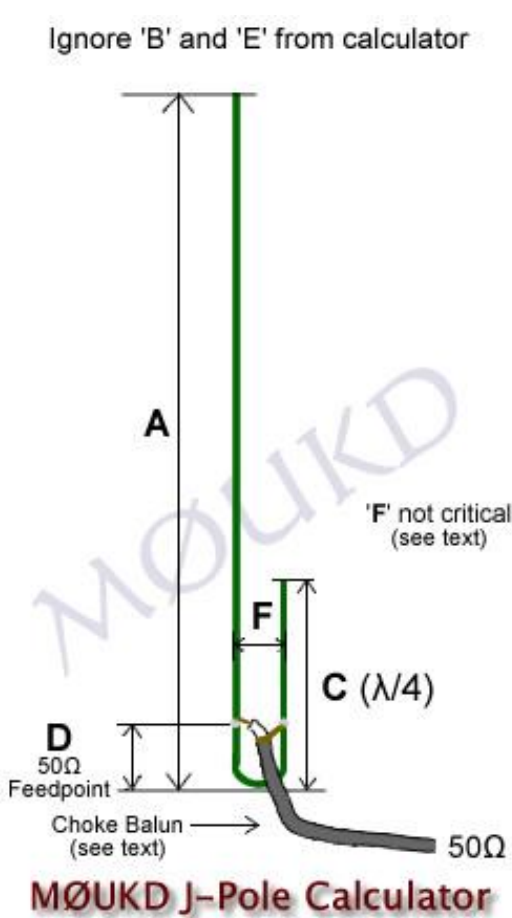


**49:1 End-Fed
Half Wave
80m - 10m**

**Balun
Designs**

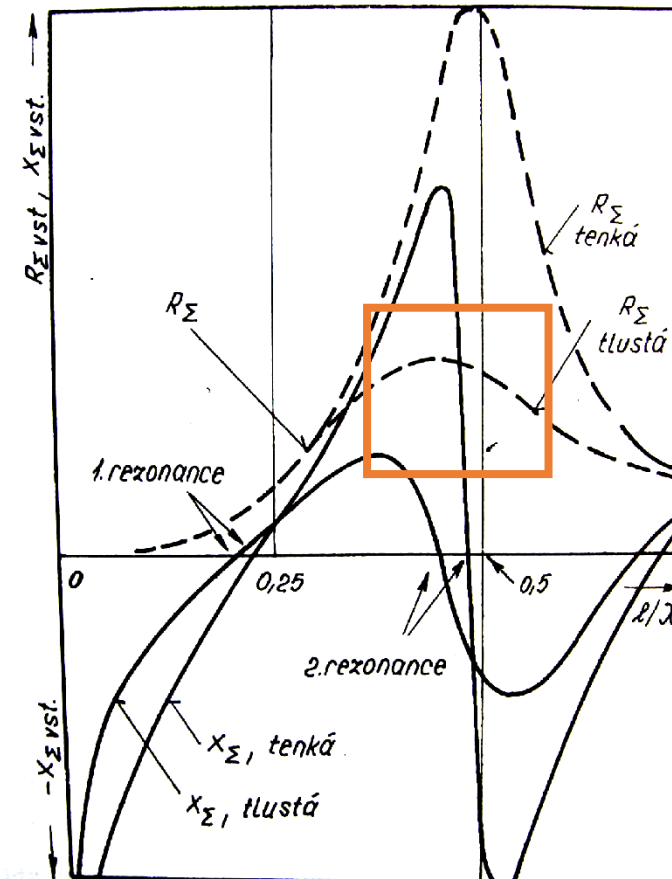
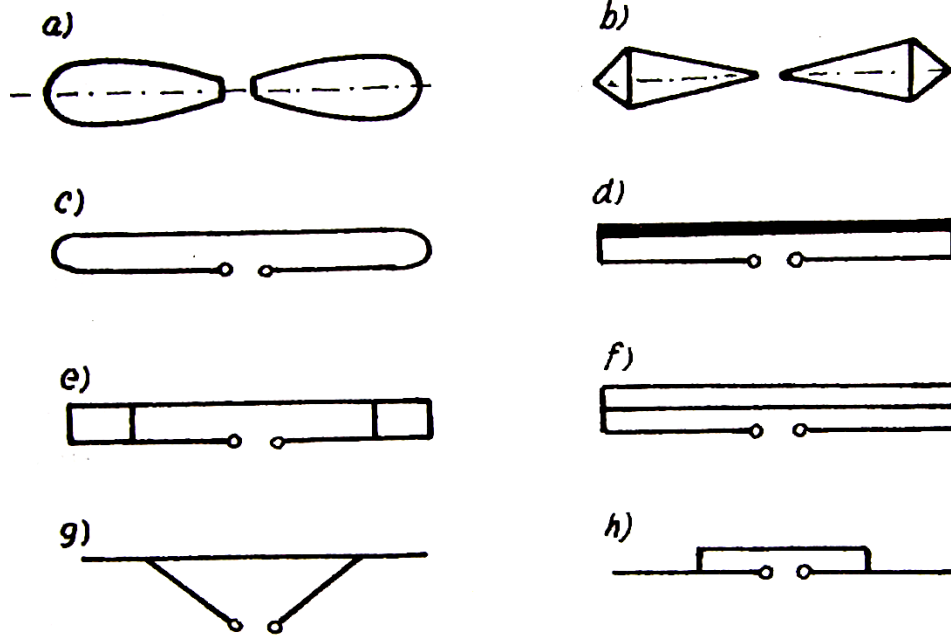


J-pole (Slim)



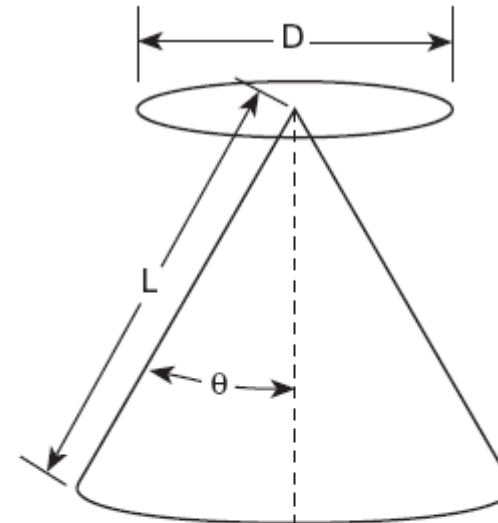
Širokopásmové antény

- Modifikace širokého půlvlnného dipólu a skládaného dipólu



Širokopásmové antény

- Disccone anténa
 - Extrémní šířka pásma
 - Snadné napájení
 - 50 Ω
 - Menší účinnost
 - PSV 2-3
 - Šířka pásma 1:10(20)



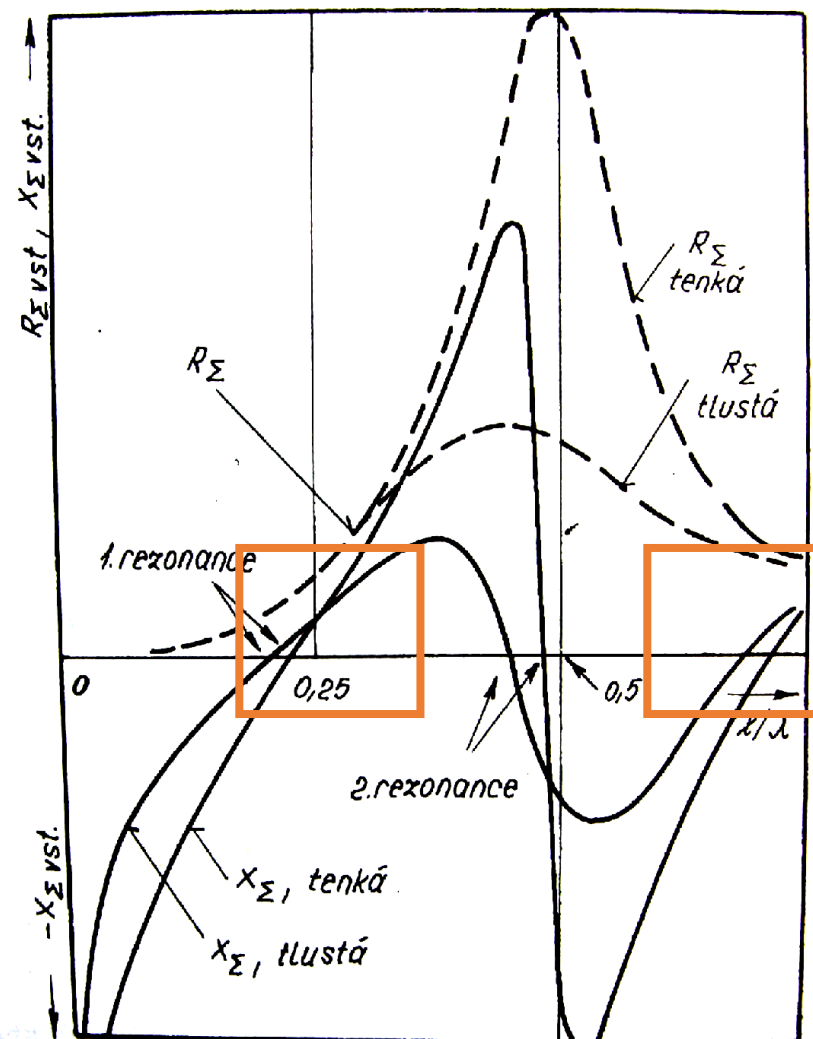
$$L = 2953 / F_{\text{MHz}}$$
$$D = 2008 / F_{\text{MHz}}$$
$$\theta = 25^\circ \text{ to } 40^\circ$$

S = 20% of coaxial line diameter or
0.125 inch

Where F=lowest frequency-700
MHz selected, D=disc diameter,
L=length of cone element, θ =
angle of cone-selected value, and
S=spacing-selected value

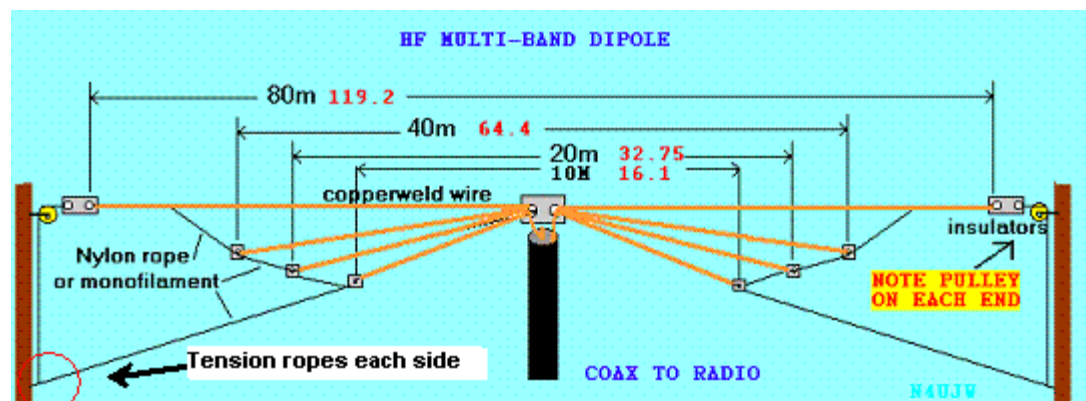
Mnohopásmové antény

- Impedance se periodicky opakuje v lichých a sudých rezonancích



Mnohopásmové antény

- Multi-dipólová anténa



Tension rope is not tied to pulley rope in picture. It is tied near location of pulley rope down on supports within easy reach. It is tied last after final SWR adjustment and the antenna is in it's final position.

Suggested total lengths:

80 meters - 120 feet

40 meters - 65 to 66 feet

20 meters - 34 feet

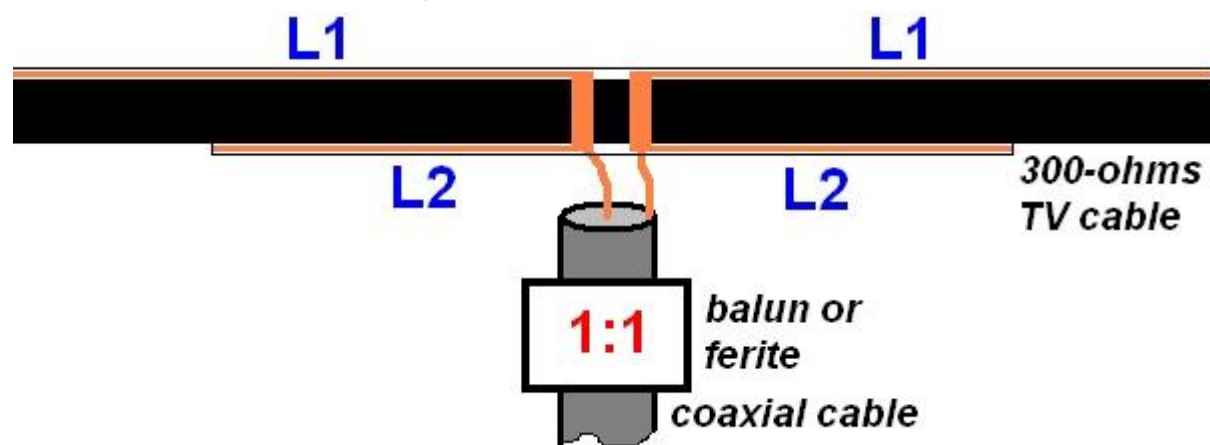
10 meters - 17 feet

These lengths are not exact. Some tuning may be required. Use the standard formula $468 / \text{freqmhz}$ for total feet for each band (freq) of interest. Adjust each length longer or shorter as needed.

Mnohopásmové antény

- Multi-dipólová anténa
 - Každé rameno rezonuje na určitém kmitočtu, ostatní ramena jsou mimo rezonanci, proto neovlivňují impedanci antény
 - Problematická výroba
 - VN na koncích, nutno izolovat

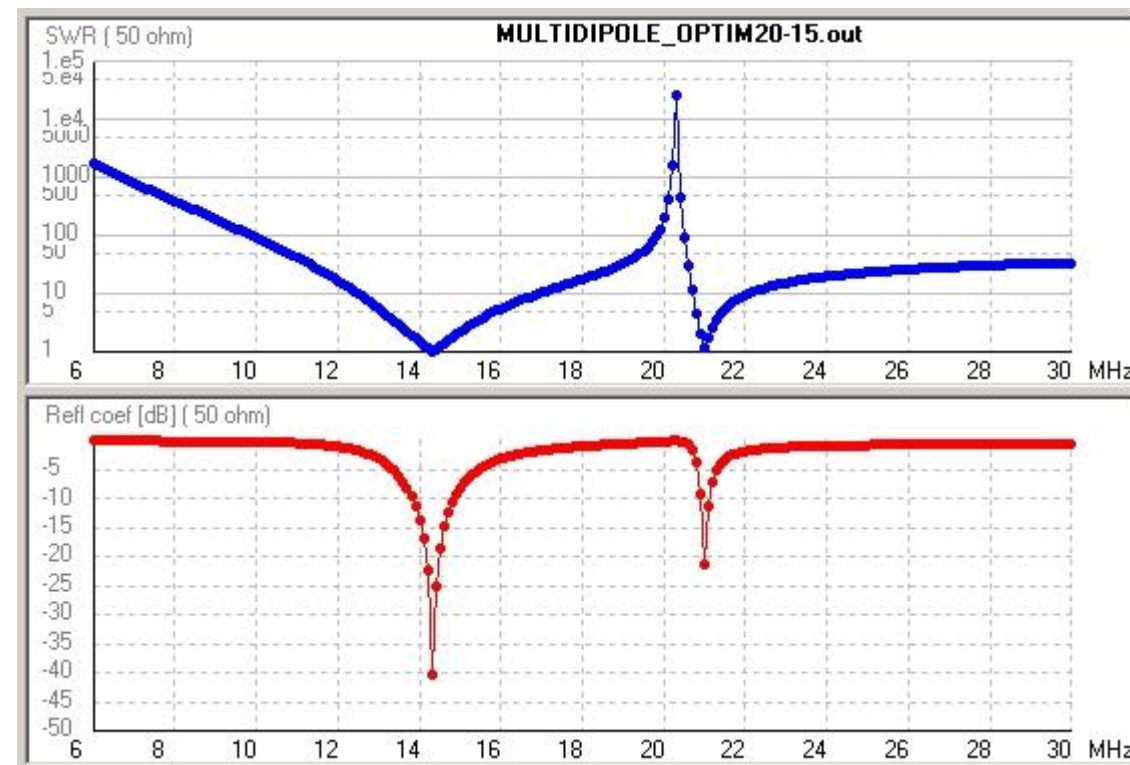
Mnohopásmová anténa (OK2ZLK)



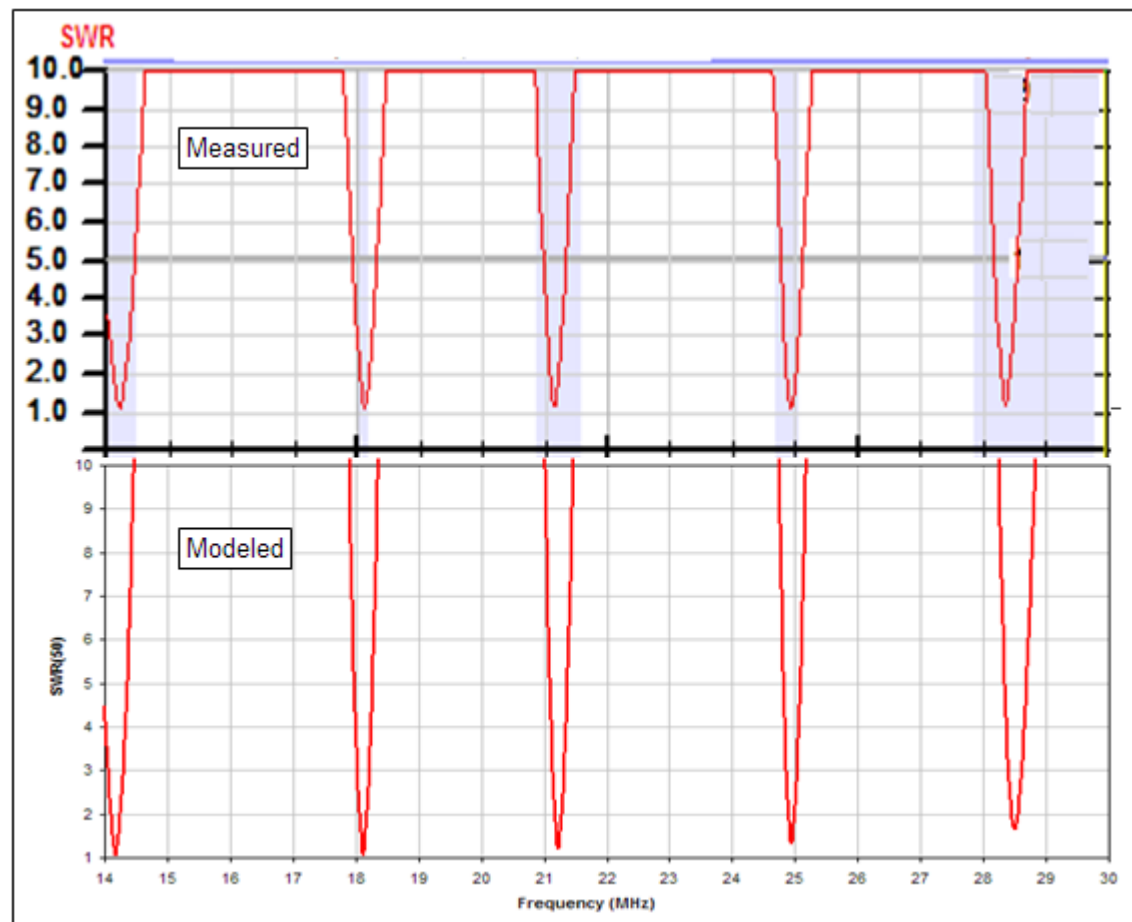
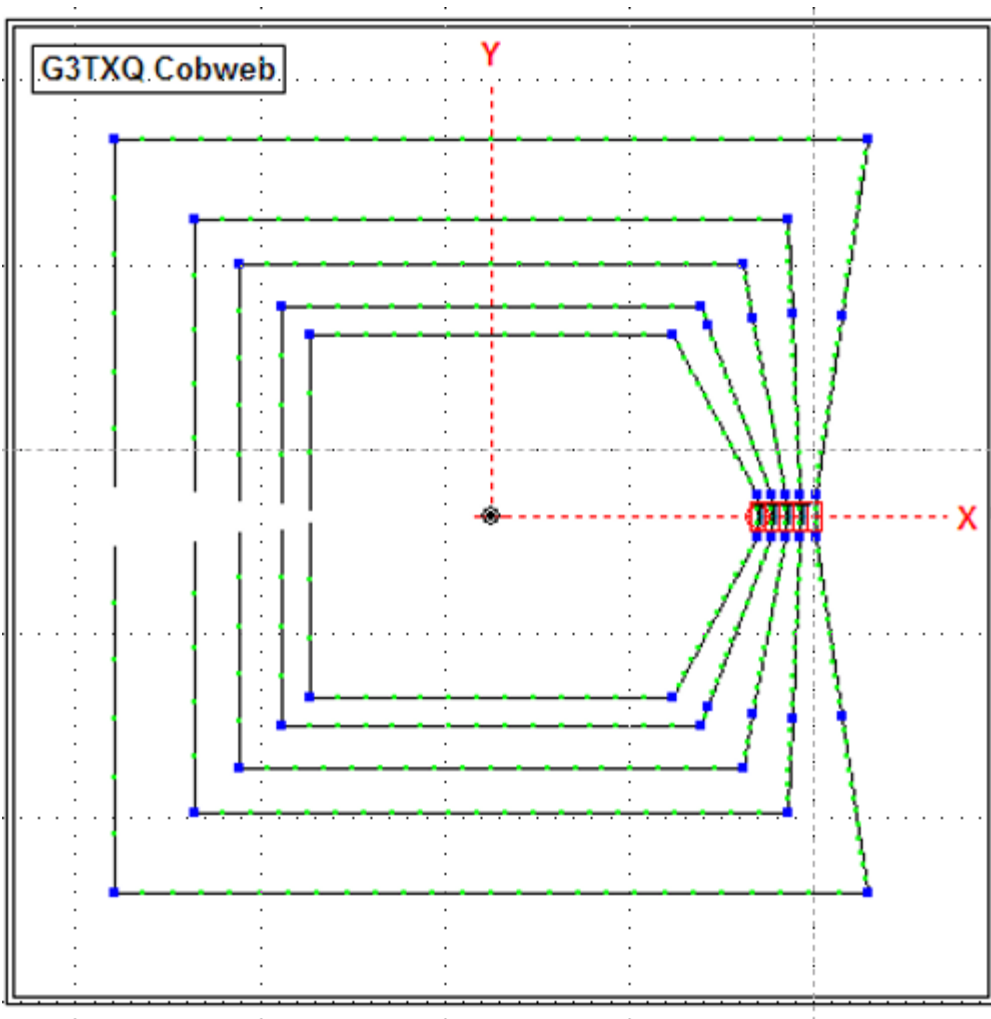
Multi-band antenna 20-15 m

20-15m	délka L1, L2 [mm]	PSV best [-/MHz]	BW(PSV<2) [MHz]	BW(PSV<2) [%]	Zisk [dBi]
--------	-------------------	------------------	-----------------	---------------	------------

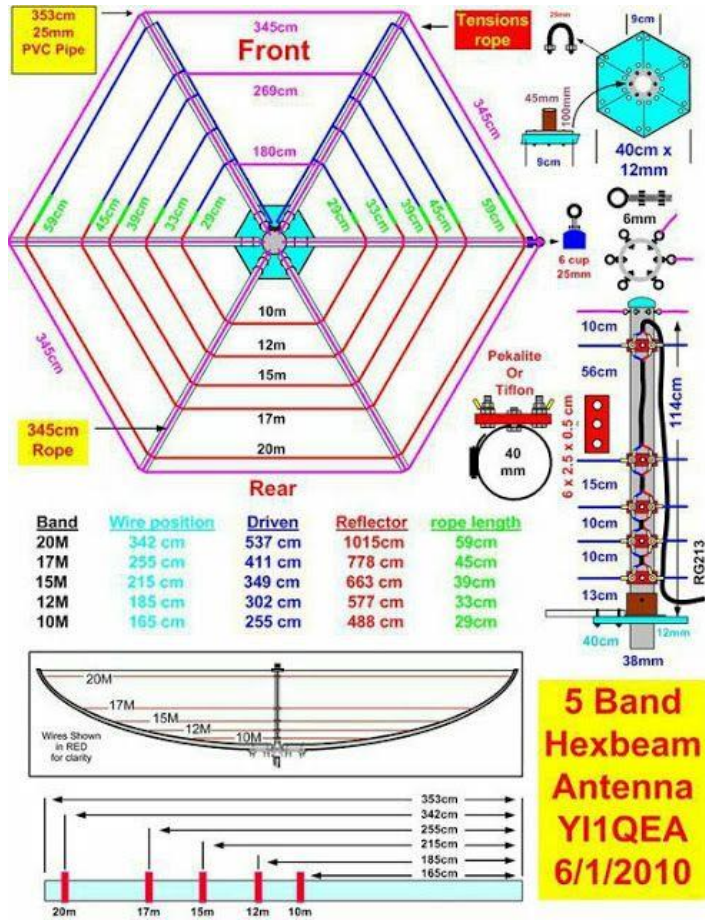
4NEC	5036	1,01/14,3	13,8 - 14,9	7,66	3,73
	3537	1,2/21,0	20,9 - 21,2	1,42	4,35



Cobweb antenna

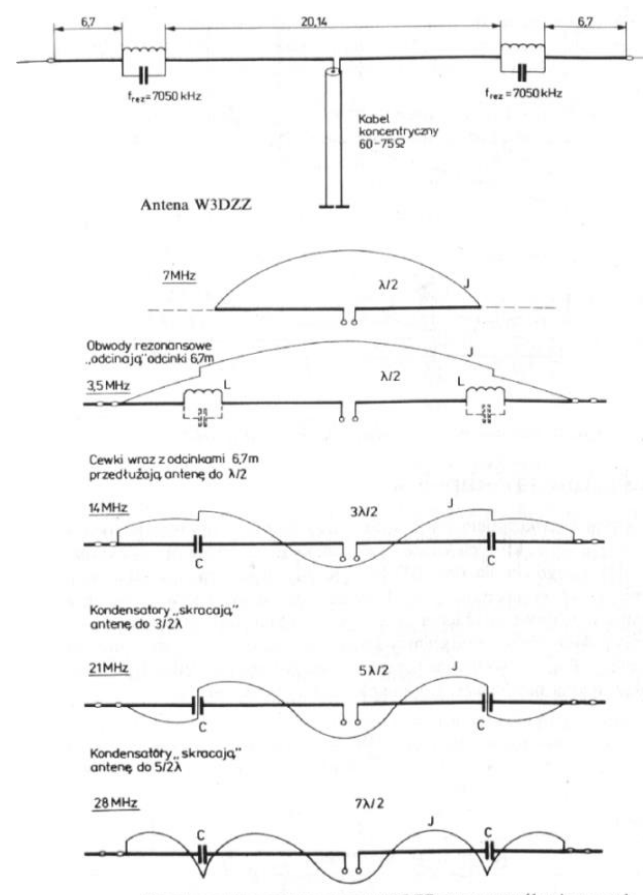
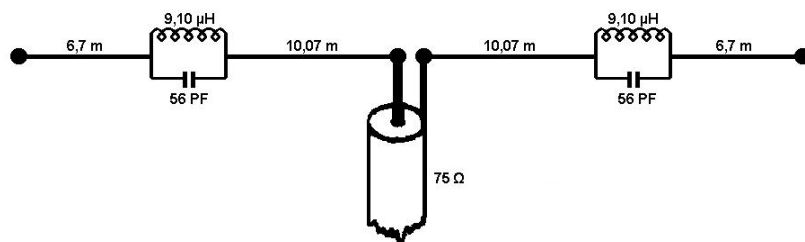


Hex-beam anténa



Mnohopásmové antény

- Anténa W3DZZ

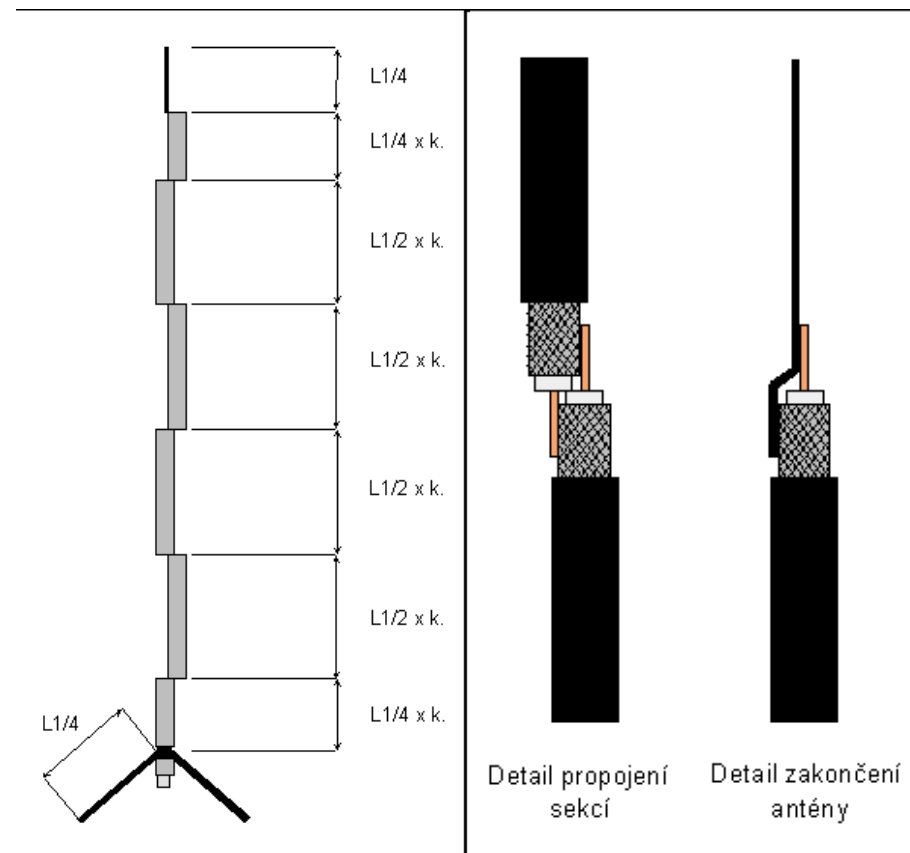


Mnohopásmové antény

- Anténa W3DZZ
 - V rezonanci vysoký R
 - Pod rezonanci má obvod indukčnost, rezonují obě části ramen
 - Nad rezonanci má obvod kapacitní charakter, rezonuje jen vnitřní část
 - Složitější výroba

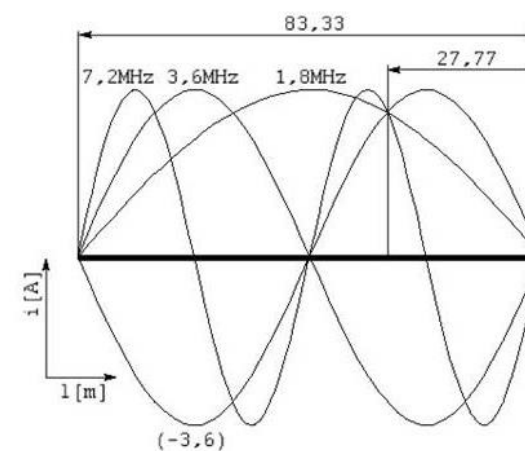
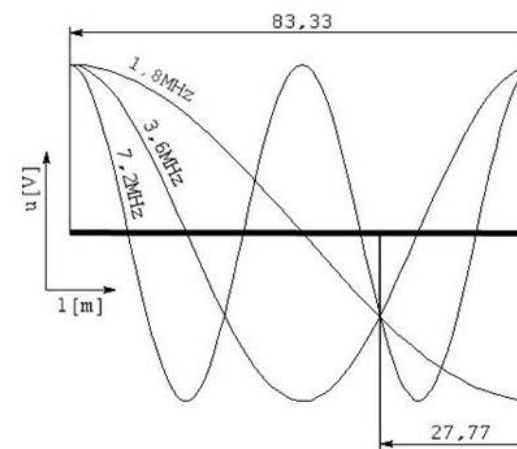
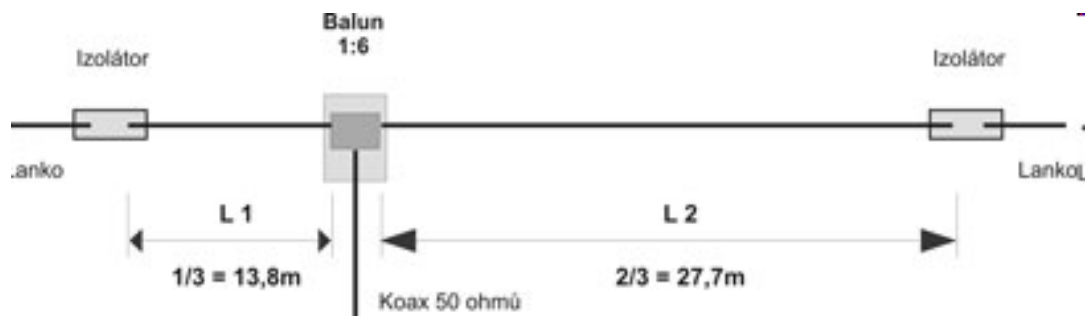
Mnohopásmové antény

- Kolineární antény
 - Větší zisk
 - Možnost zkracovat trapy



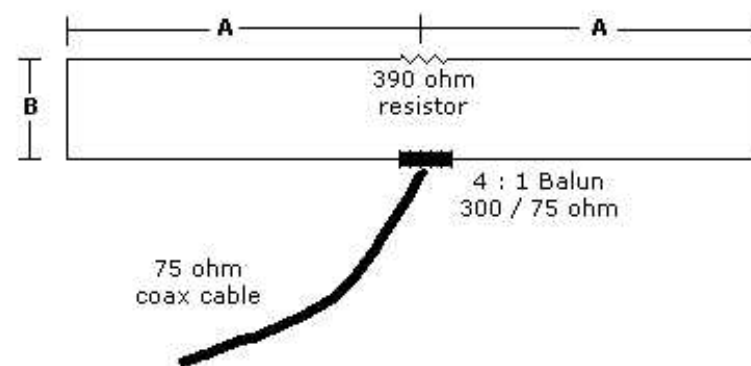
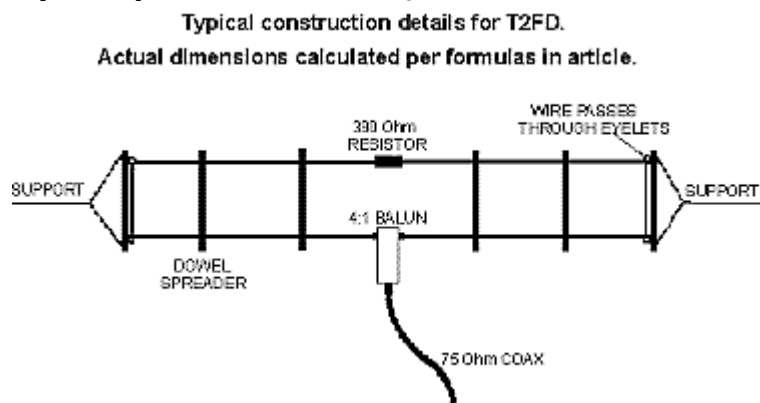
Mnohopásmové antény

- Anténa Windom FD4
- Nesymetrické napájení
- Místo se stejnou impedancí
- Balun 1:6
- Poměr ramen 0,36:0,64



Drátové širokopásmové antény

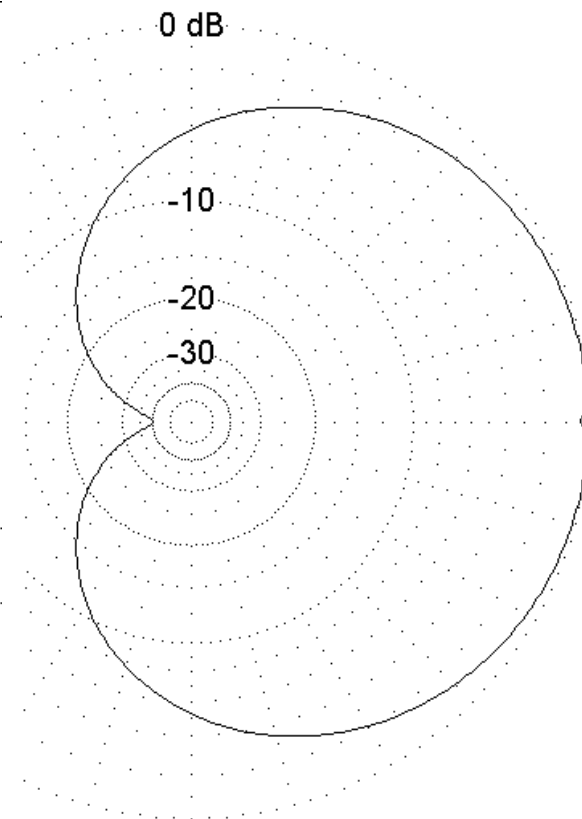
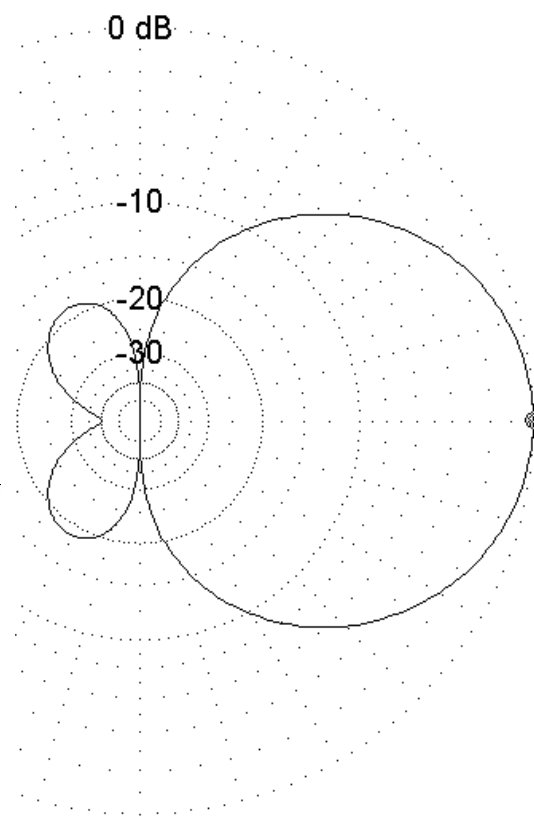
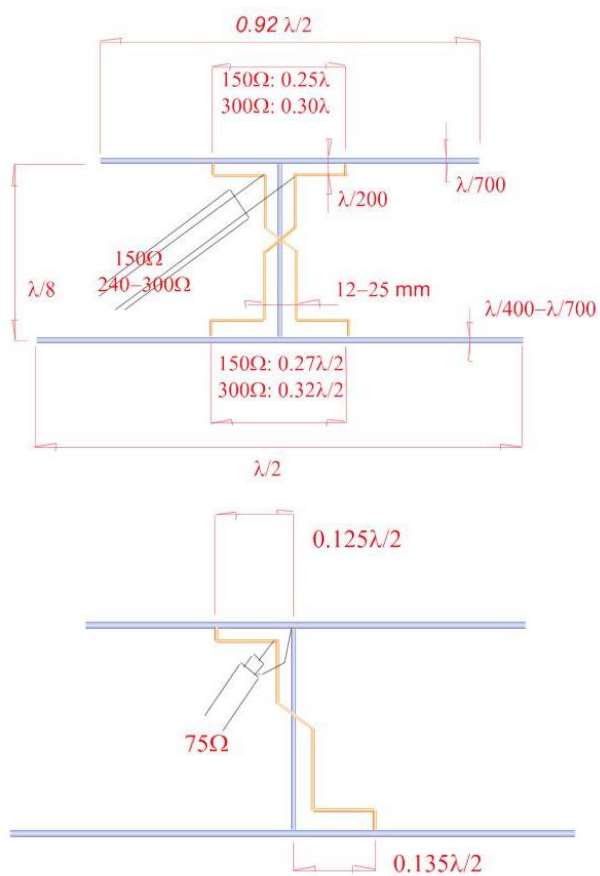
- Skládáný dipól T2FD (Tilted Terminated Folded Dipole)



- $B \approx \lambda/100$, $2A \approx \lambda/3$
- Šířka pásma 1:5
- Není nutné izolovat konce

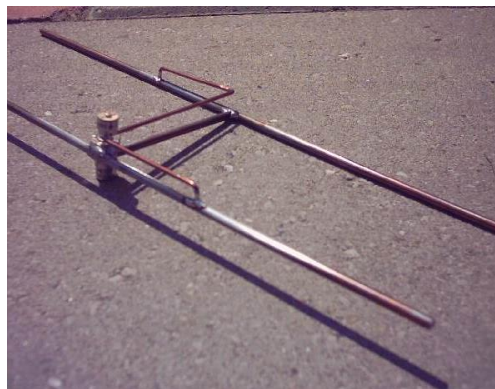
Směrové antény

- Kolineární anténa HB9CV



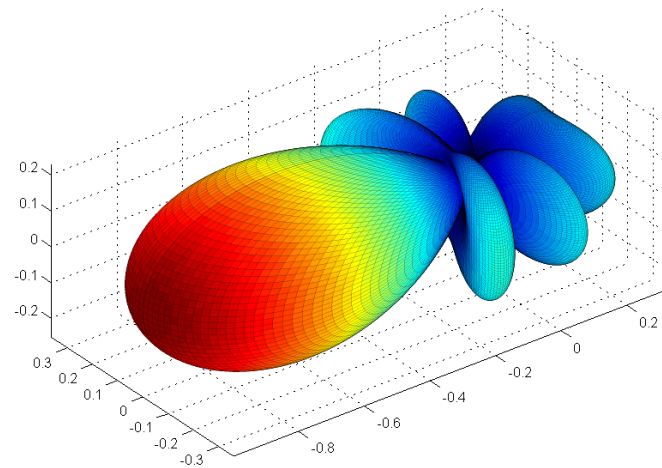
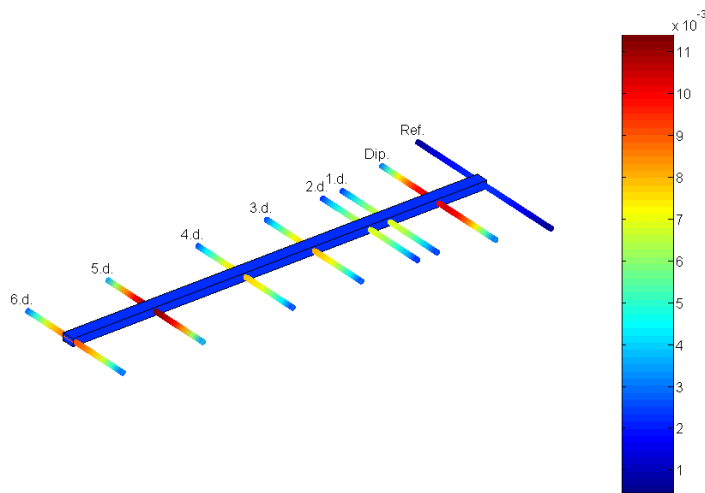
Směrové antény

- Kolineární anténa HB9CV
 - Jednoduchá konstrukce
 - Reflektor náfázovaný o 225°
 - Vedení $\lambda/8$ (45°)
 - Zisk cca 4,2 dBi
 - Ostré minimum



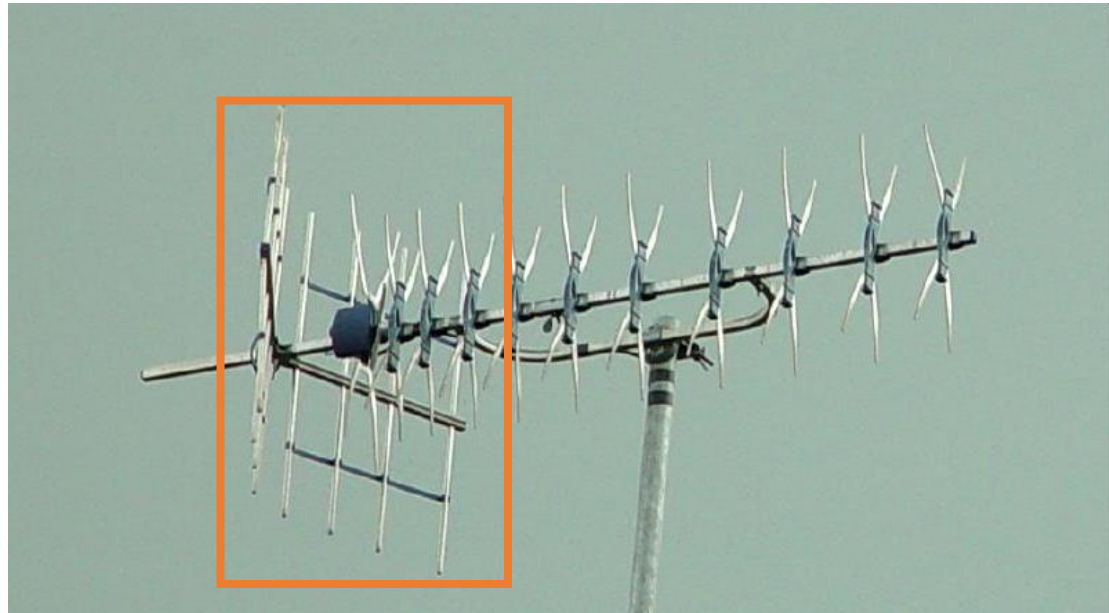
Yagi anténa

- Řada dipólů přibližně $\lambda/2$
- Jeden prvek buzen – dipól, ostatní nebuzeny – direktor a reflektor



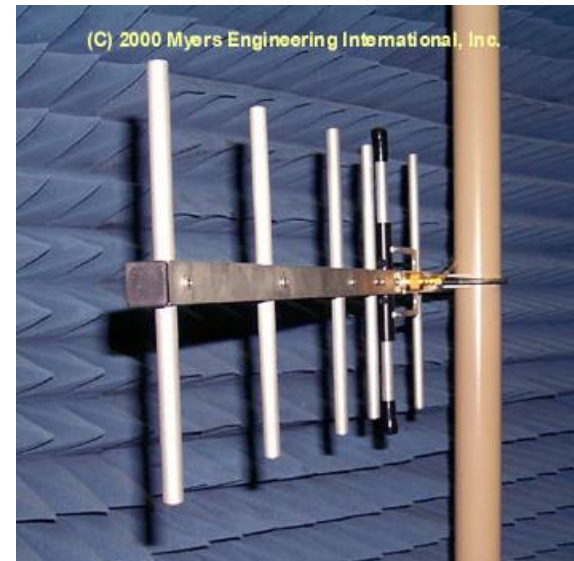
Yagi anténa

- Reflektor musí zajišťovat posun vlny o 180° a tím její odraz ve fázi. Může být jednoduchý složený, nebo planární (síto). Je většinou o 5% delší než dipól.



Yagi anténa

- Dipól – konstrukce může být skládaný nebo jednoduchý s napájením bočnickem. Pokud je skládaný, lze ho připevnit na ráhno antény, pak je nutný impedanční transformátor



Yagi anténa

- Direktory mohou být anebo nemusí být vodivě spojeny s ráhnem, většinou se zkracují cca o 5% své délky, první direktor by měl být cca $0,15\lambda$ (ovlivňuje nejvíc vstupní impedanci dipólu), ostatní zhruba $0,25\lambda$, s rostoucí vzdáleností od dipólu vzdálenost direktorů roste a zkracují se.

Yagi anténa

- Jedná se o anténu s postupnou vlnou.

Vlna se šíří menší fázovou rychlostí po prvcích antény než ve vzduchu. Při vhodném fázování dojde k sčítání elektromagnetické vlny ve fázi.

Směrovost vůči půlvlnnému dipólu,

kde L je délka antény.

Zisk je kolem 13-15 dBi

$$D_{\max D} \approx 5 \frac{L}{\lambda}$$

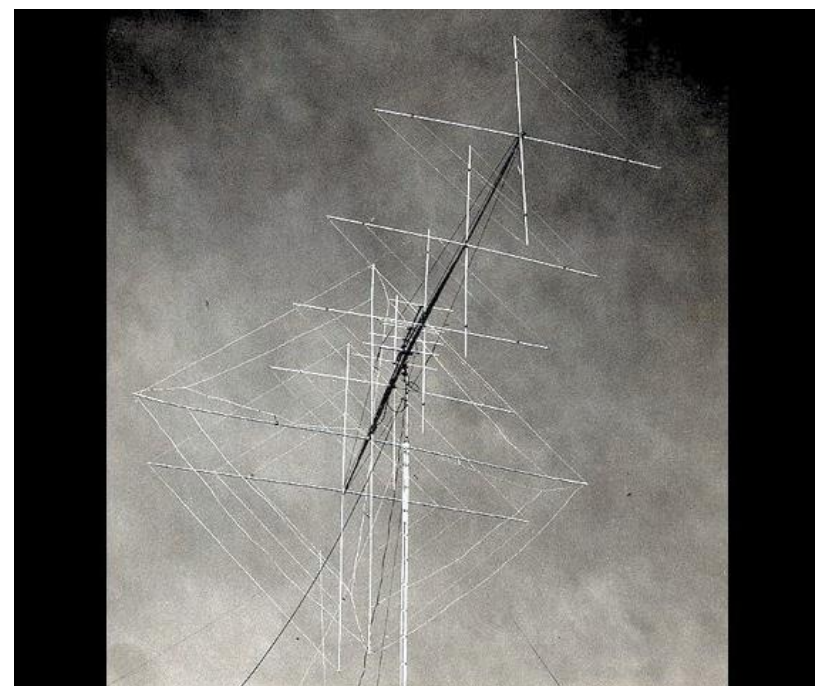
Yagi anténa

- Návrh
 - Návrh antény je problematický
 - Lze použít tabulky s normovanou délkou antény
 - Optimalizace

<http://www.geocities.com/wn1z1952/yagiscr.html>

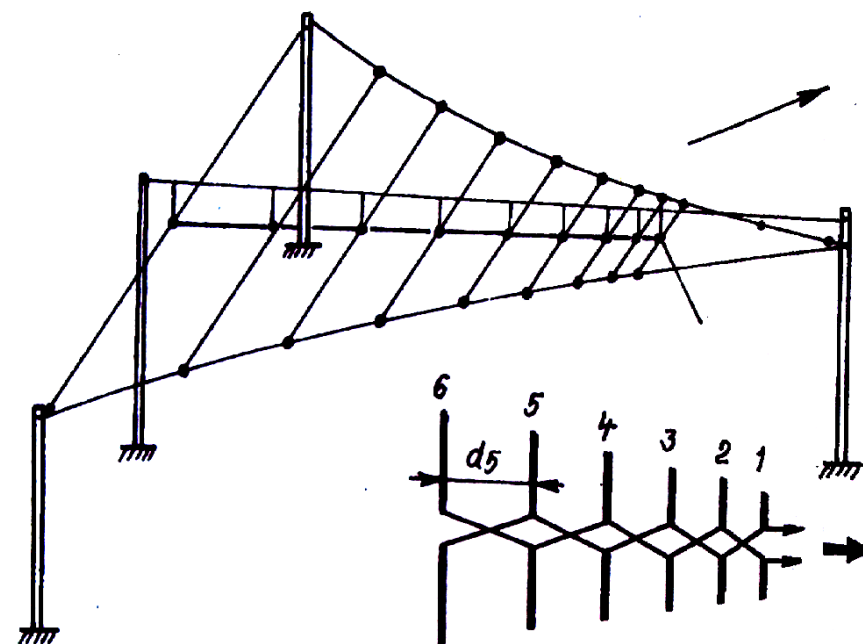
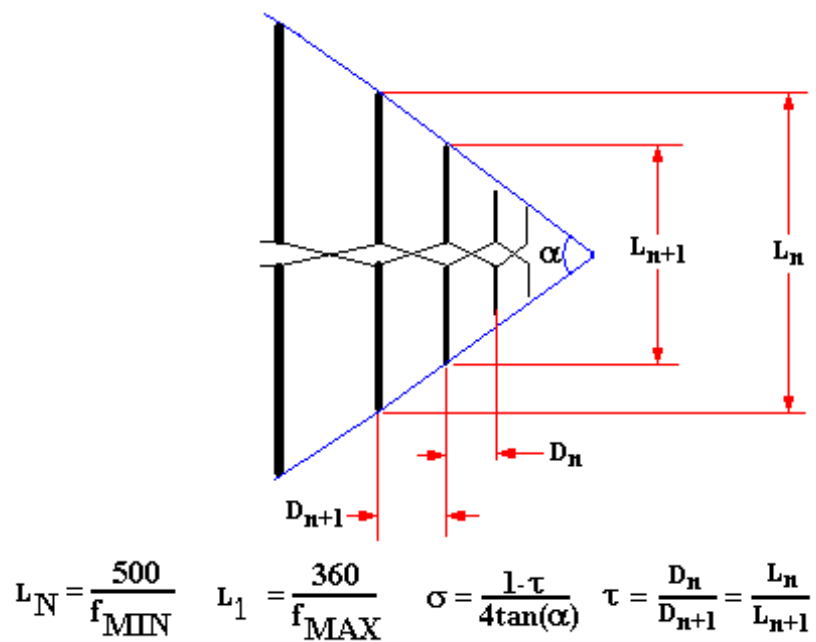
Směrové antény

- QUAD anténa
 - Obdoba Yagi antény nebo HB9CV se smyčkami
 - Lepší zisk a odolnost proti rušení
 - Problematická konstrukce



Směrové antény

- Logaritmicko-periodická anténa



Směrové antény

- Logaritmicko-periodická anténa

Poměry elementů a mezer

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{l_2}{l_3} = \dots = \frac{l_n}{l_{n+1}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_3} = \dots = \frac{\lambda_n}{\lambda_{n+1}} = \tau$$

$$f_0, f_1 = f_0 \cdot \tau, f_2 = f_1 \cdot \tau = f_0 \cdot \tau^2 = \dots$$

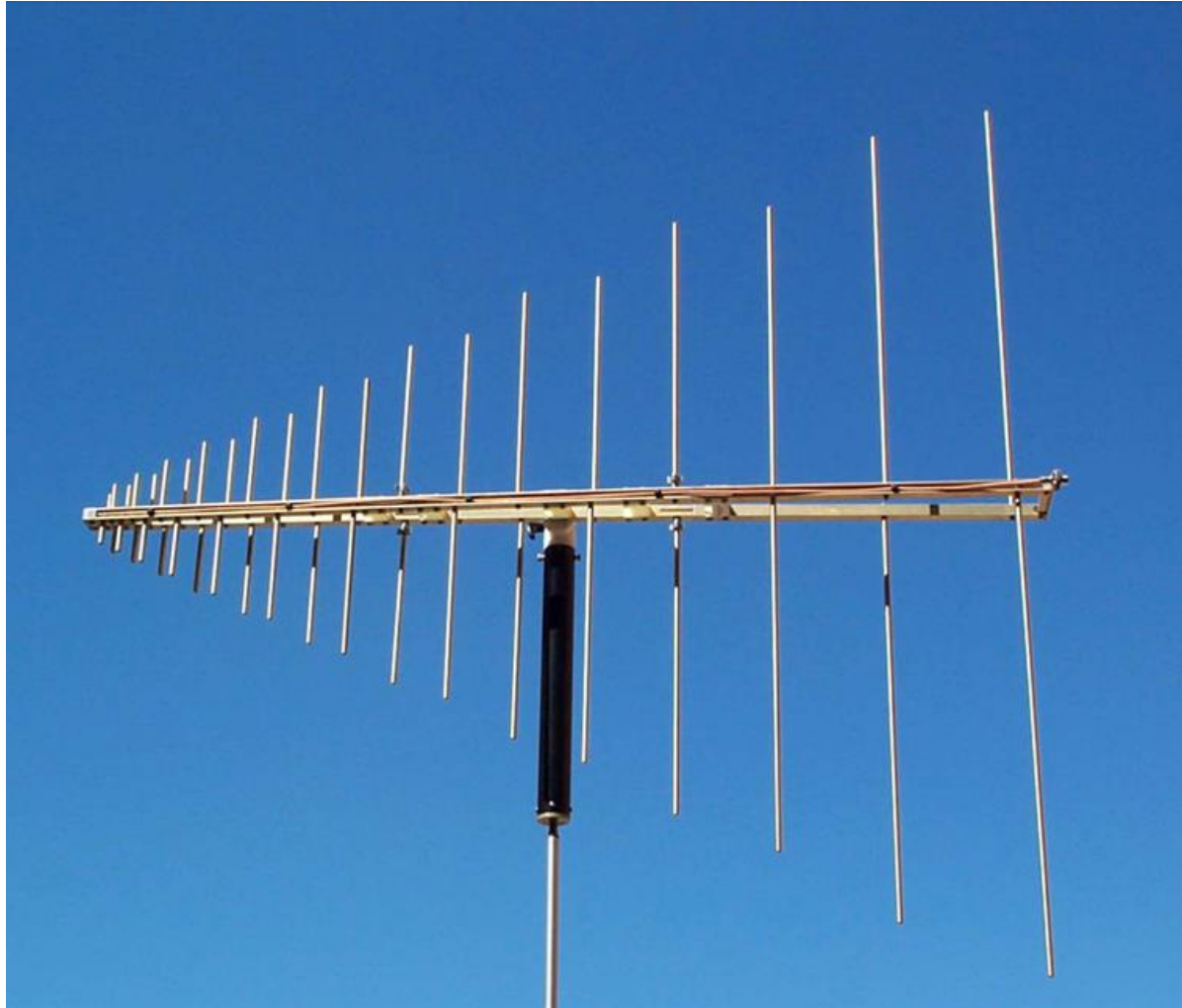
Většinou $\tau = 0,8-0,9$

Zisk je 10-12 dBi

Šířka pásma 10:1

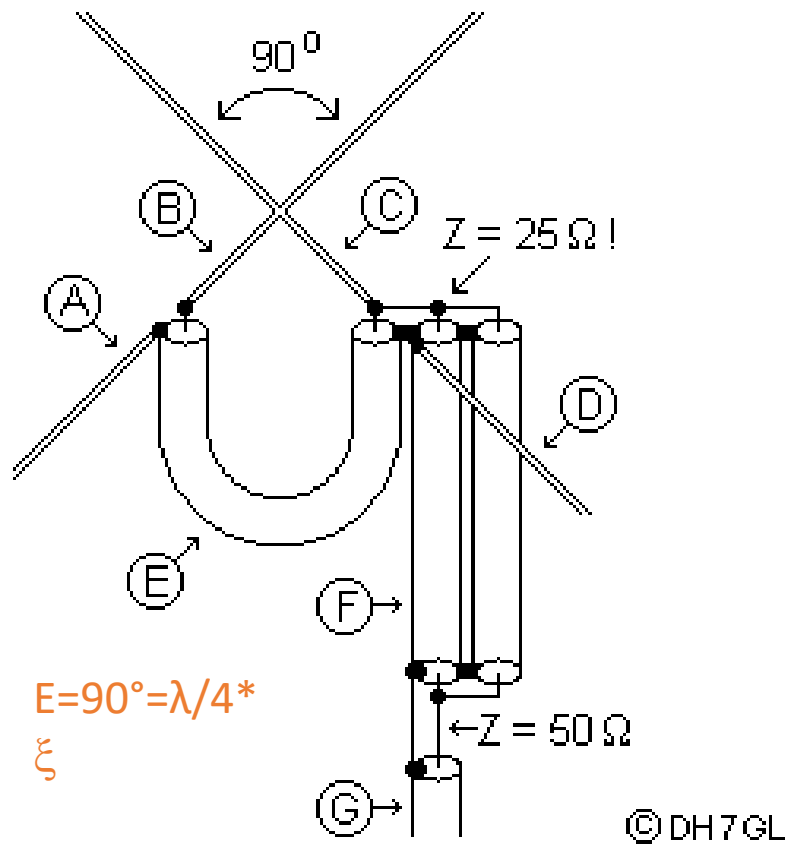
Log-periodická dipólová anténa

-



Křížový dipól

-



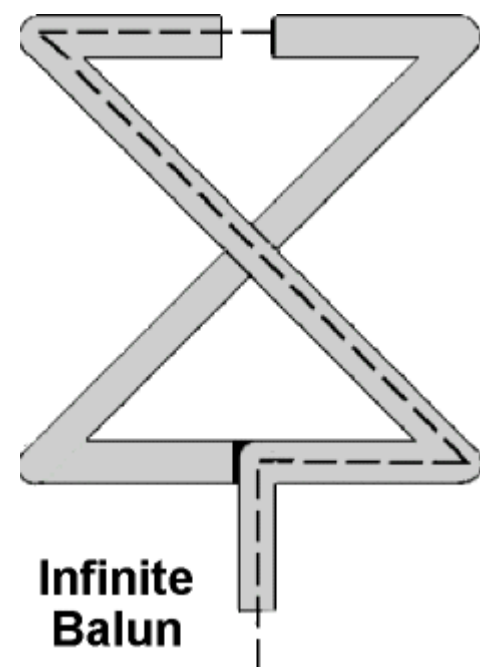
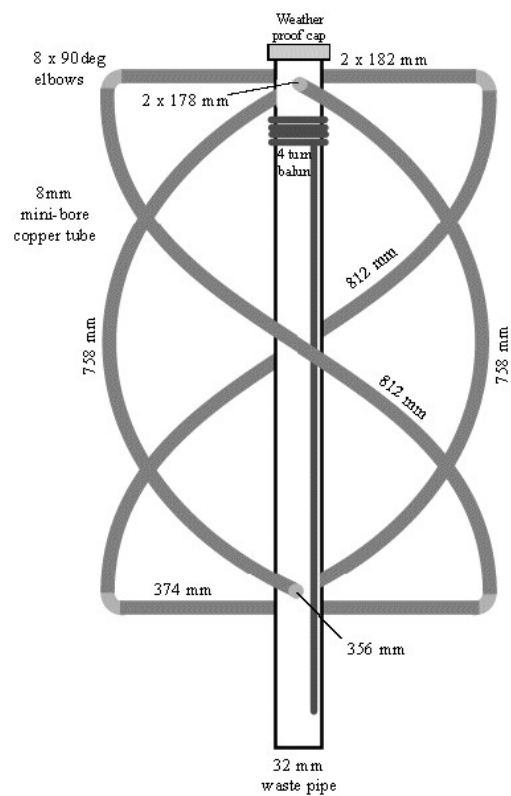
Kruhově polarizovaná Yagi

- Fázový posun 2 Yagi antén 90°
- AR zhruba 1 dB
- Zisk 11-13 dBi
- Nutno symetrizovat



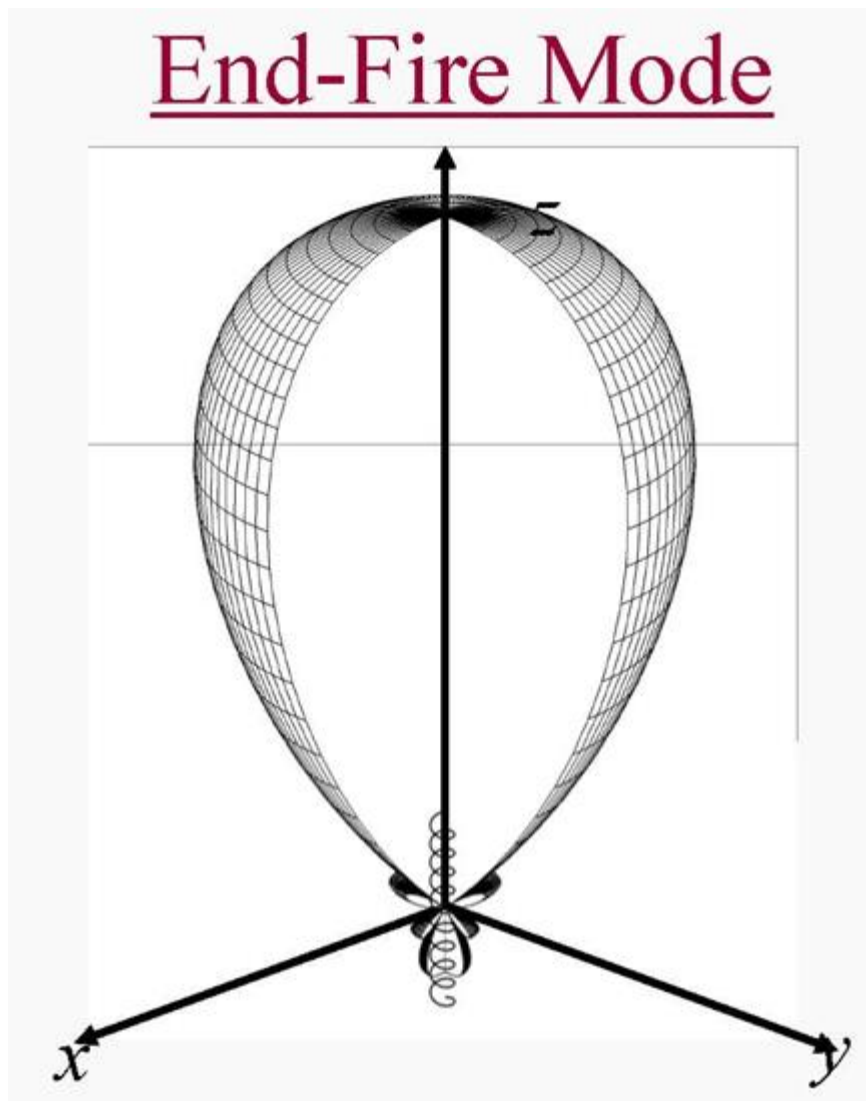
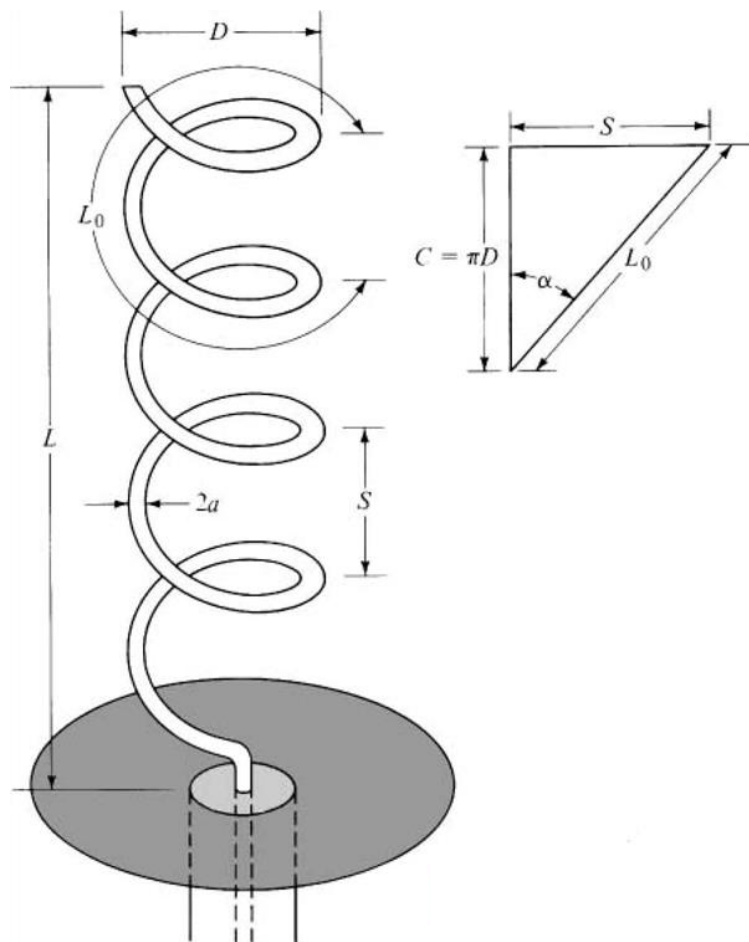
Quadrafilní helical anténa

The Tamed Quadrafililar Helical Antenna



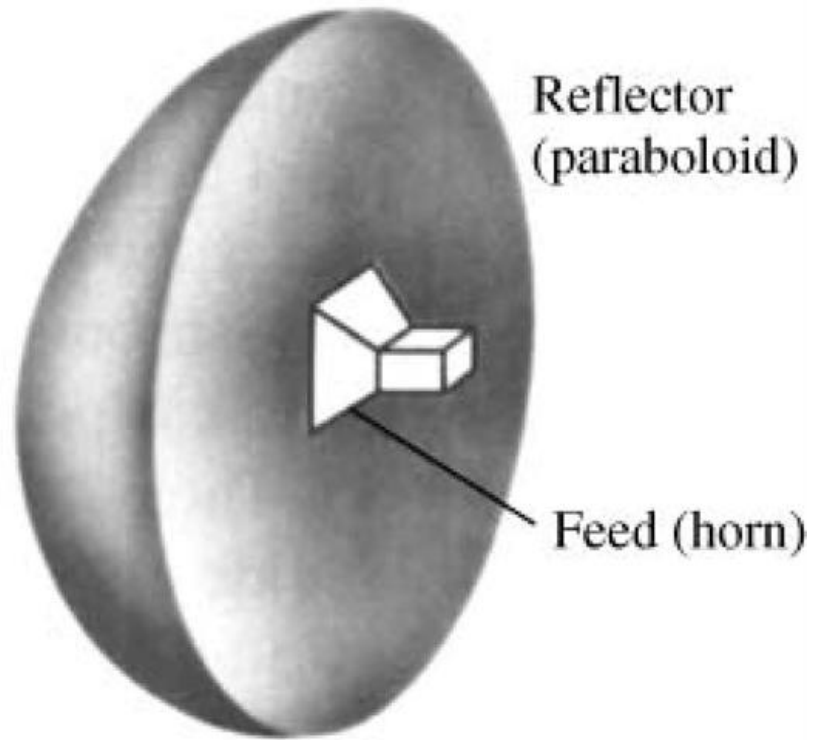
Helical antenna

-



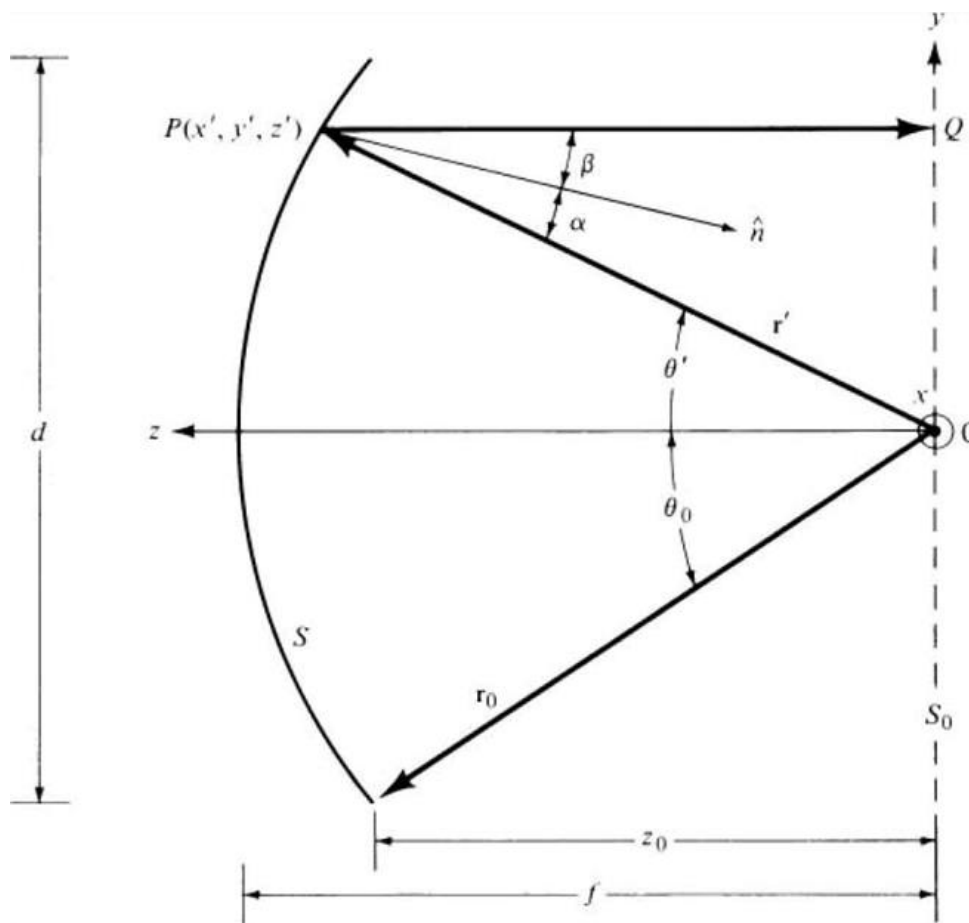
Reflektorové antény

- Parabolická anténa



Reflektorové antény

- Parabolická anténa



$$r' = f \sec^2 \left(\frac{\theta'}{2} \right)$$

$$(x')^2 + (y')^2 = 4f(f - z')$$

Konstrukční požadavky na antény

- Požadavky antén

Konektory

Požadované impedanční přizpůsobení

Mechanická odolnost

Dobrá vodivost

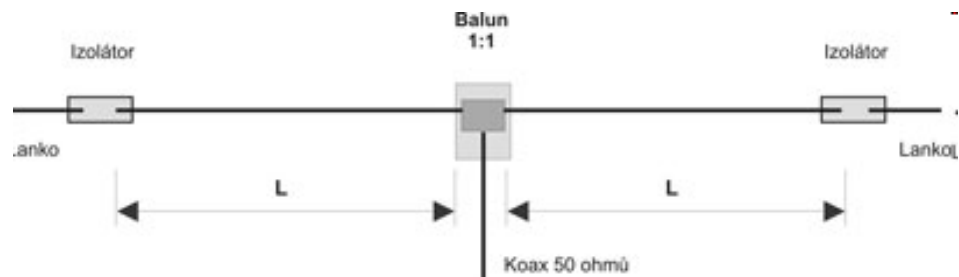
Konstrukční prvky antén

- Vodivost a hustota kovů

	*10e6 S/m	g/cm ³
Stříbro	62,9	10,5
Měď	60,7	8,96
Zlato	48,8	19,3
Hliník	37,7	2,7
Železo	11,2	7,874
Cín	8,7	7,31

Konstrukční prvky antén KV

- Dle normy nesmí být drátová KV anténa z lanka, ale z jednoho drátu nebo trubky – mechanická odolnost
- Antény nesmí být z mosazi – mosaz křehne při nízkých teplotách
- Nejpoužívanější je Cu, Al (Fe) průměr 1,5 mm a větší (u mědi je dobré počítat s její mechanickou a teplotní roztažností)



Konstrukční prvky antén KV

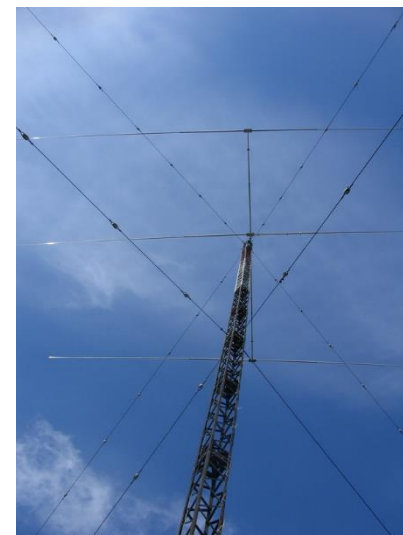
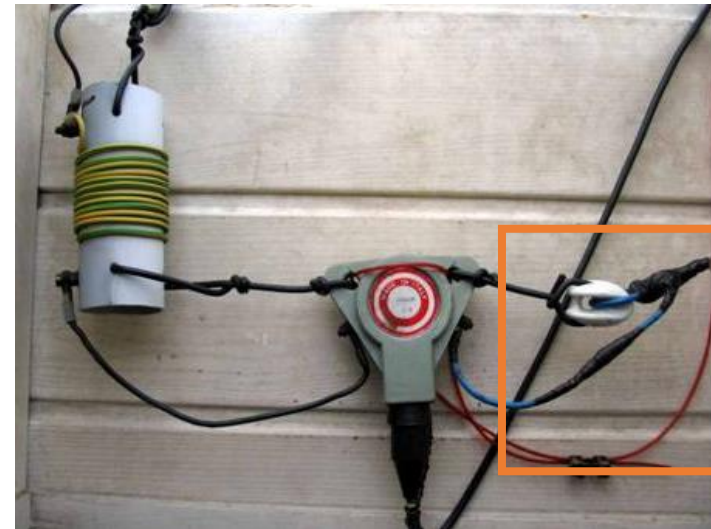
- Izolátory

U antén dipólového typu dochází v rezonanci k nakmitání napětí Q -krát

Je potřeba odizolovat anténu od nosného lana

Izolátory – porcelán, PE , PTFE

Nutno izolovat i nosné lana proti ESD



Konstrukční prvky antén VKV

- U Yagi antény musí být prvky spojeny s ráhnem anebo nemusí.
- O nosné ráhno může být použit PE, PP, nebo duralový profil



Konstrukční prvky antén uV

- Skin (povrchový) efekt

proudová hustota u vodiče protékaného střídavým elektrickým proudem je největší u povrchu

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

Je možno jen postříbřit nebo pozlatit i dielektrikum



vou, nebo t na

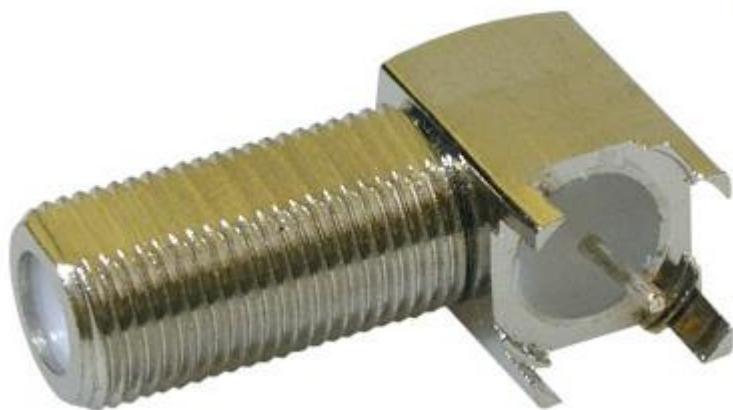


Napájecí konektory

- Většinou souosé
- 50 ohmů impedance
- Šíří se vid TEM od 0 Hz
- Jejich kmitočtové omezení je dáno vznikem vidu TE nebo TM, potom se šíří vlna různou rychlostí
- Dielektrikum PE, PTFE

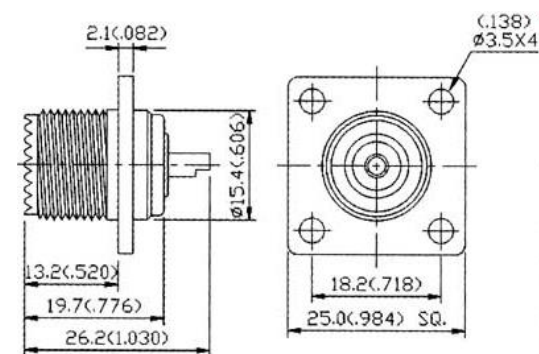
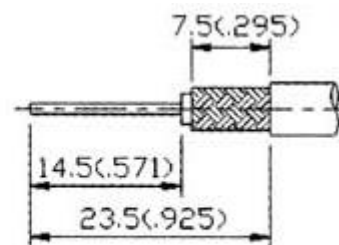
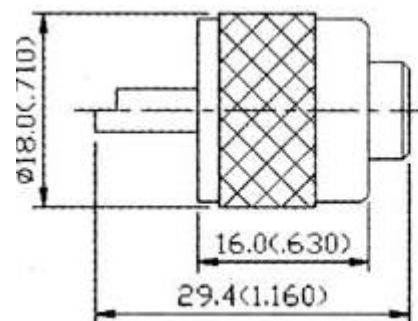
Napájecí konektory- F

- Satelitní a televizní technika
- Šroubovací
- Dielektrikum PE



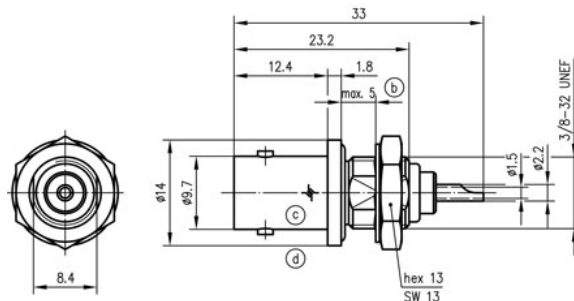
Napájecí konektory –PL (UHF)

- Vysílací a přijímací technika
- Šroubovací
- Dielektrikum PE, vzduch
- 0-300 MHz
- Nemají impedanci 50Ω



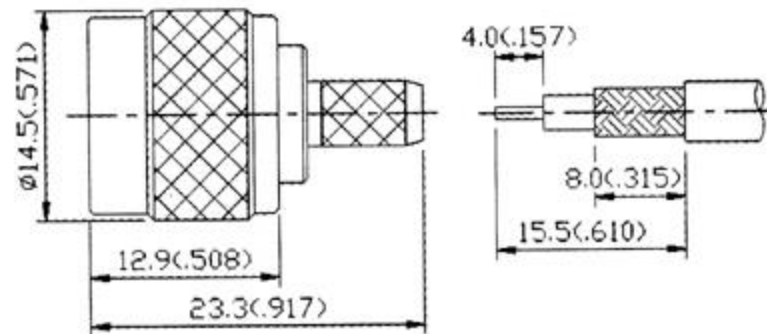
Napájecí konektory -BNC

- Vysílací a přijímací technika
- Měření
- Bajonetové
- Dielektrikum PE, vzduch,PTFE
- 0-4 GHz
- Impedance 50, 75 Ω



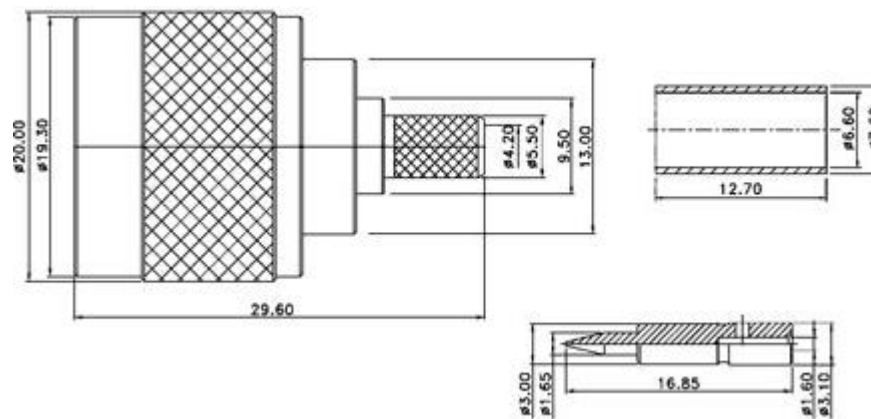
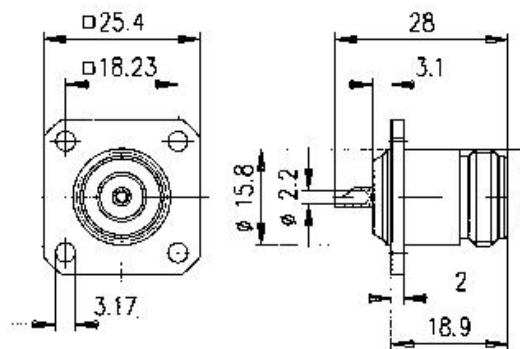
Napájecí konektory - TNC

- Vysílací a přijímací technika
- Šroubovací
- Dielektrikum PE, vzduch, PTFE
- 0-11 GHz
- Impedance 50Ω



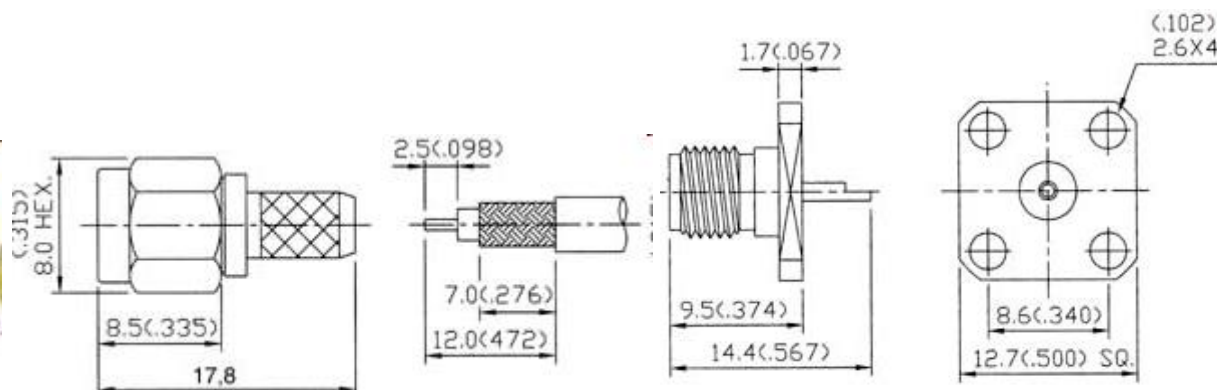
Napájecí konektory – N

- Vysílací a přijímací technika
- Měření
- Šroubovací
- Diei.- PE, vzduch, PTFE
- 0-11 GHz
- Impedance 50 Ω



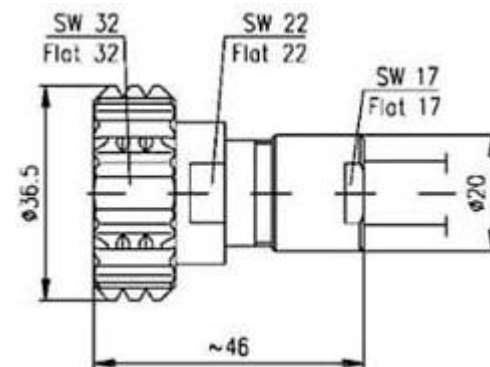
Napájecí konektory – SMA

- Vysílací a přijímací technika
- Měření
- Šroubovací
- Dieľ.- PE, vzduch, PTFE
- 0-24 GHz
- Impedance 50 Ω



Napájecí konektory – 7/16''

- Vysílací a přijímací technika
- Výkonové aplikace
- Šroubovací
- Díl.- PE, vzduch, PTFE
- 0-10 GHz
- Impedance 50 Ω



Napájecí konektory – 7/16''

- Další konektory

- MCX – 0-6 GHz



- MMCX – 0-6 GHz



- SMB – 0-4 GHz



- SSMA 0-40 GHz

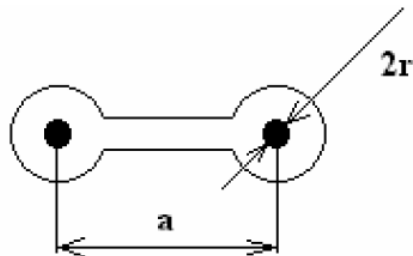


Napájecí vedení

- Přenos energie mezi anténou a zařízením
- Vf. dvoulinka, koaxiální kabel, vlnovod
- Impedance 50 ohmů, 300 ohmů
- Vzduch , PE, PTFE
- Ztráty závislé na frekvenci a materiálu 0,05-3 dB/m

Napájecí vedení

- Vysokofrekvenční dvoulinka
- Symetrický vodič
- Nízké ztráty
- ~ 300 ohmů
- Ovlivněná okolními předměty

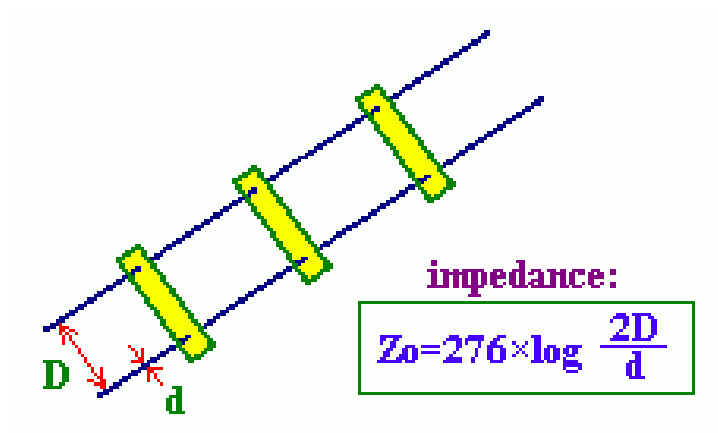


$$Z_0 = 276 \times \log \frac{a}{r}$$



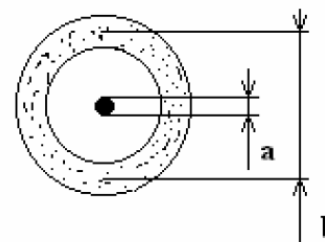
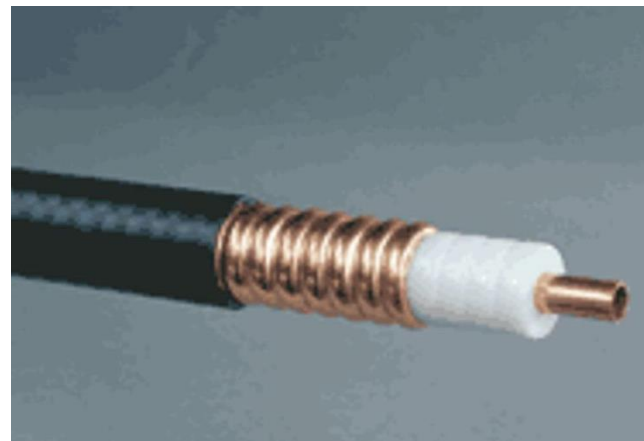
Napájecí vedení

- Žebříček
- Symetrický vodič
- Nízké ztráty
- ~ 377 ohmů
- Ovlivněná okolními předměty



Napájecí vedení

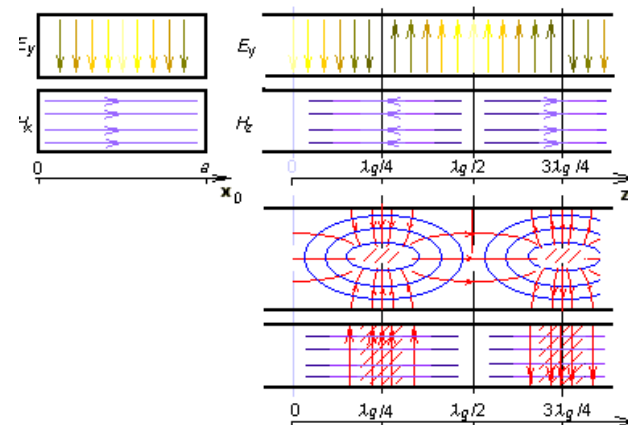
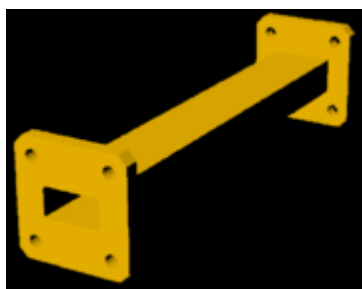
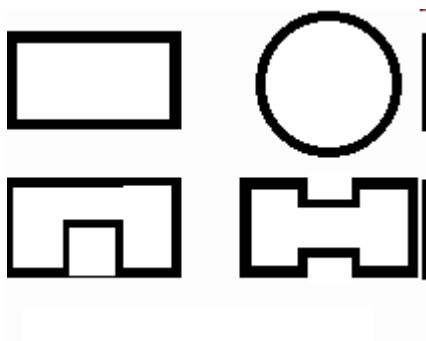
- Koaxiální vedení
 - Souosý napáječ
 - Činitel zkrácení 0,66-0,85
 - 50-75 ohmu
 - Není ovlivňován okolními předměty
 - Vzduch PE, PTFE



$$Z_0 = 138 \times \log \frac{b}{a}$$

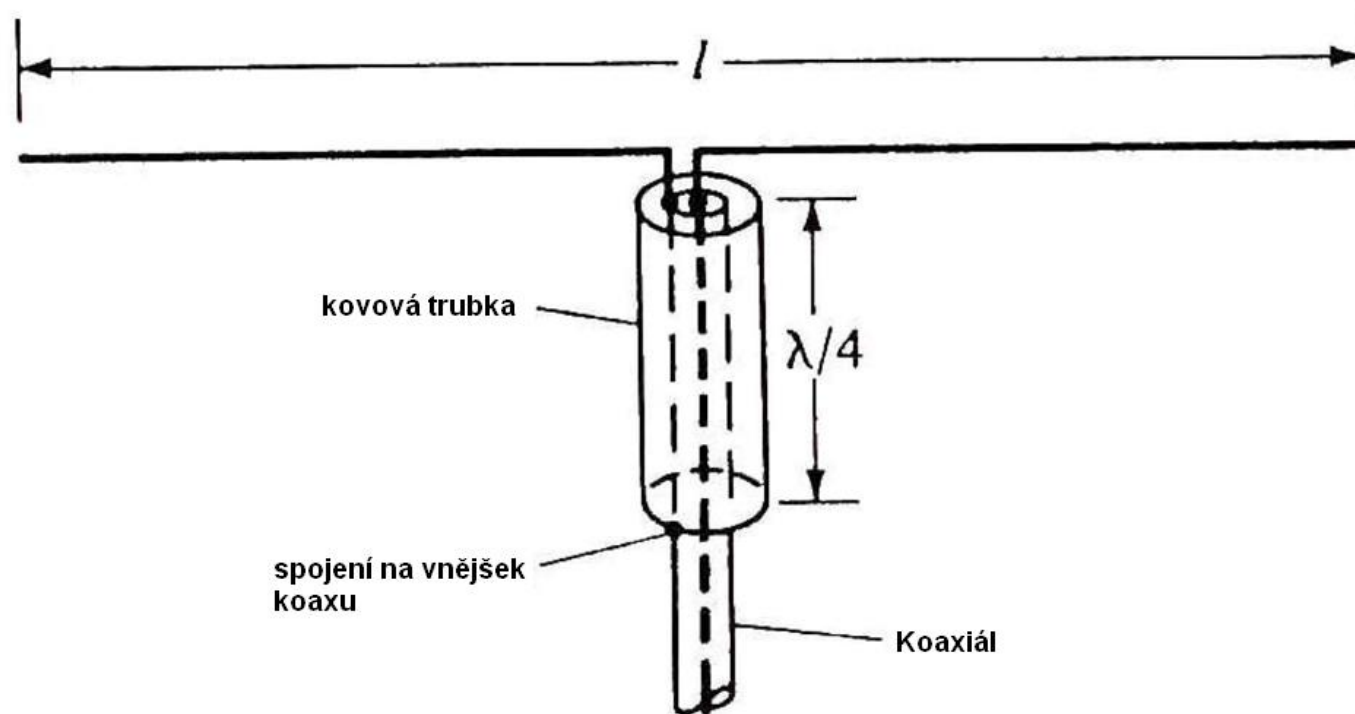
Napájecí vedení

- Vlnovody
 - Šíří se vid TE nebo TM, je nutno zachovat pásmo jednovidovostí
 - Velké výkony, nízké ztráty
 - Několik desítek GHz



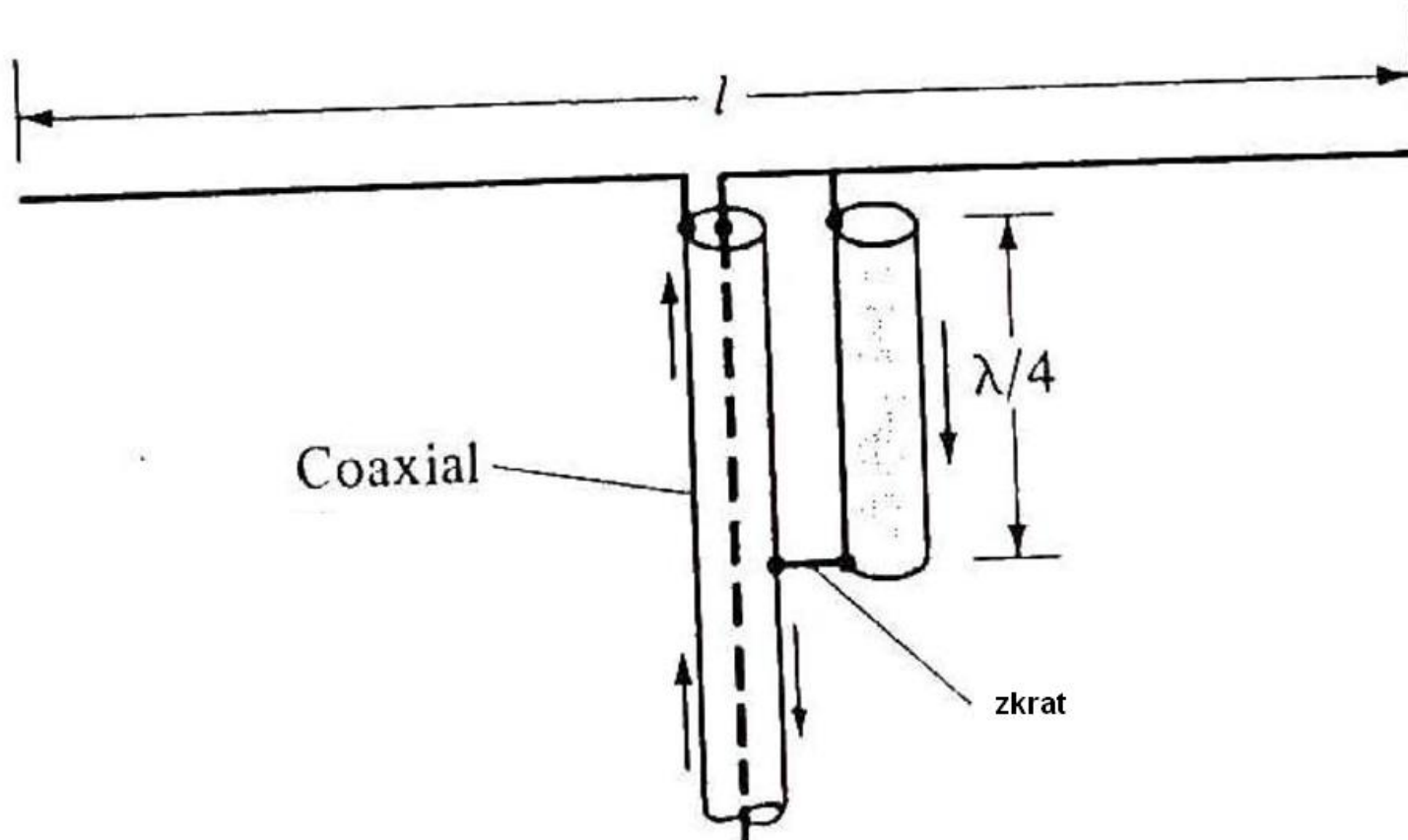
Symetrizační obvody

- Rukávový balún 1:1



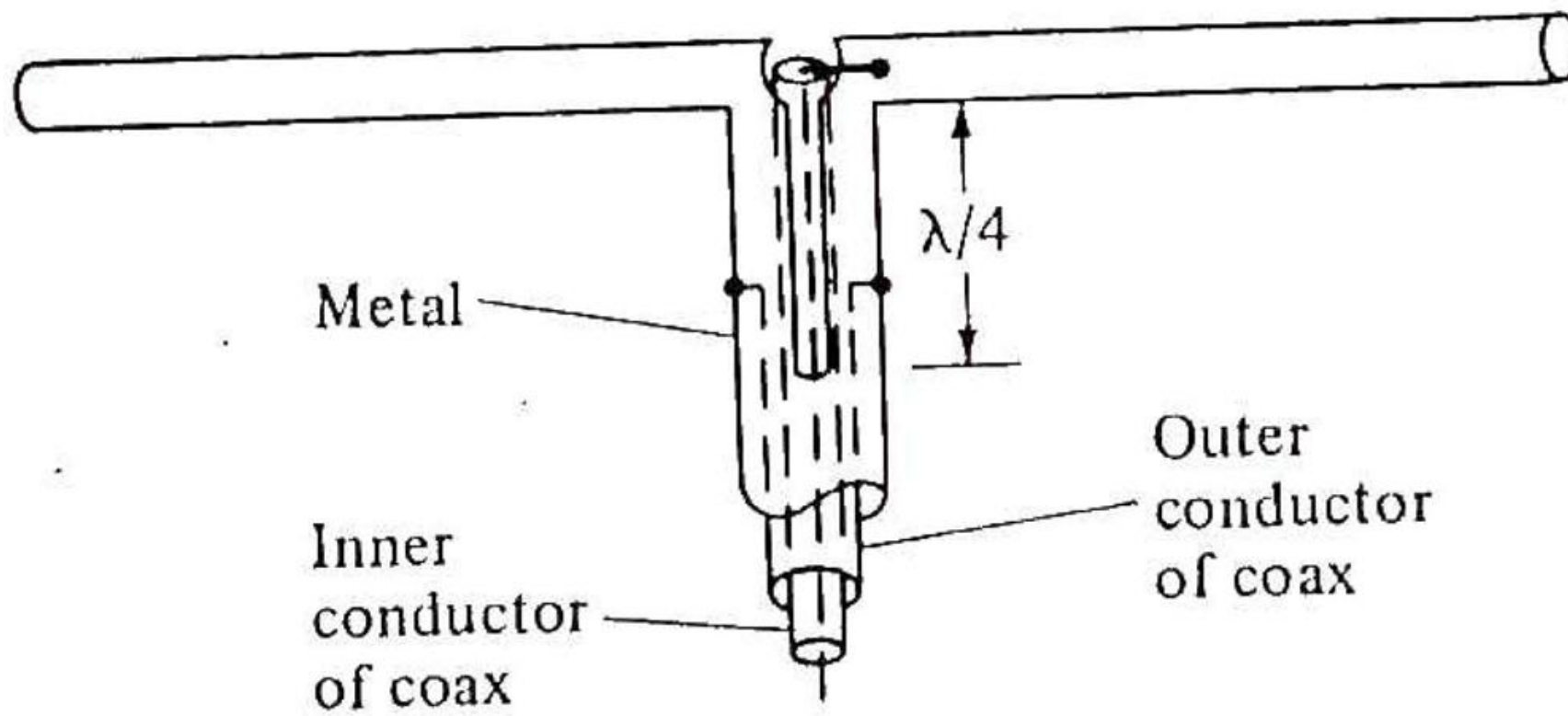
Symetrizační obvody

- Koaxiální balún 1:1



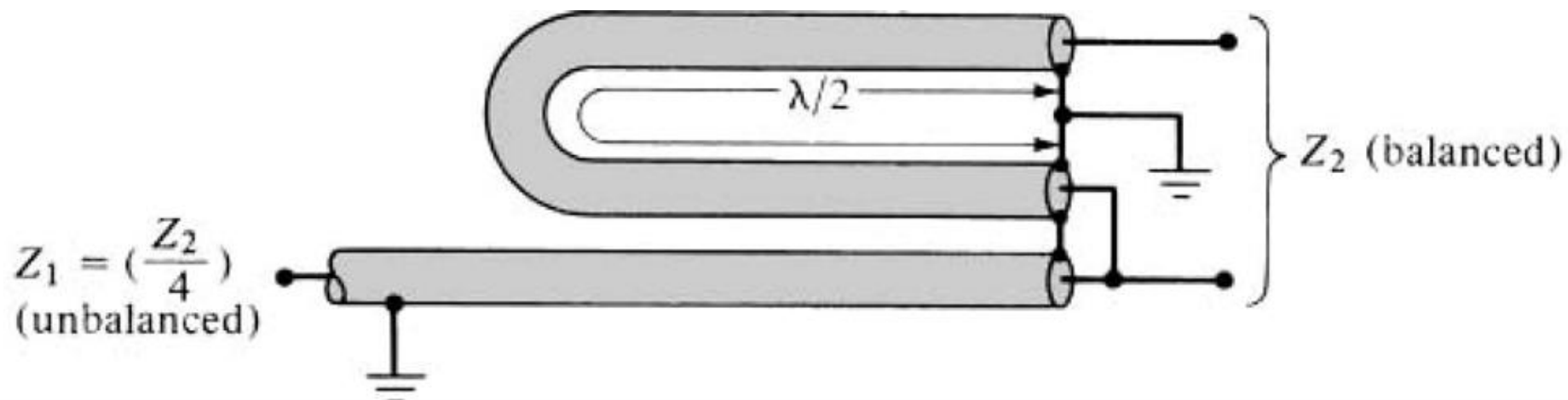
Symetrizační obvody

- Koaxiální balún 1:1



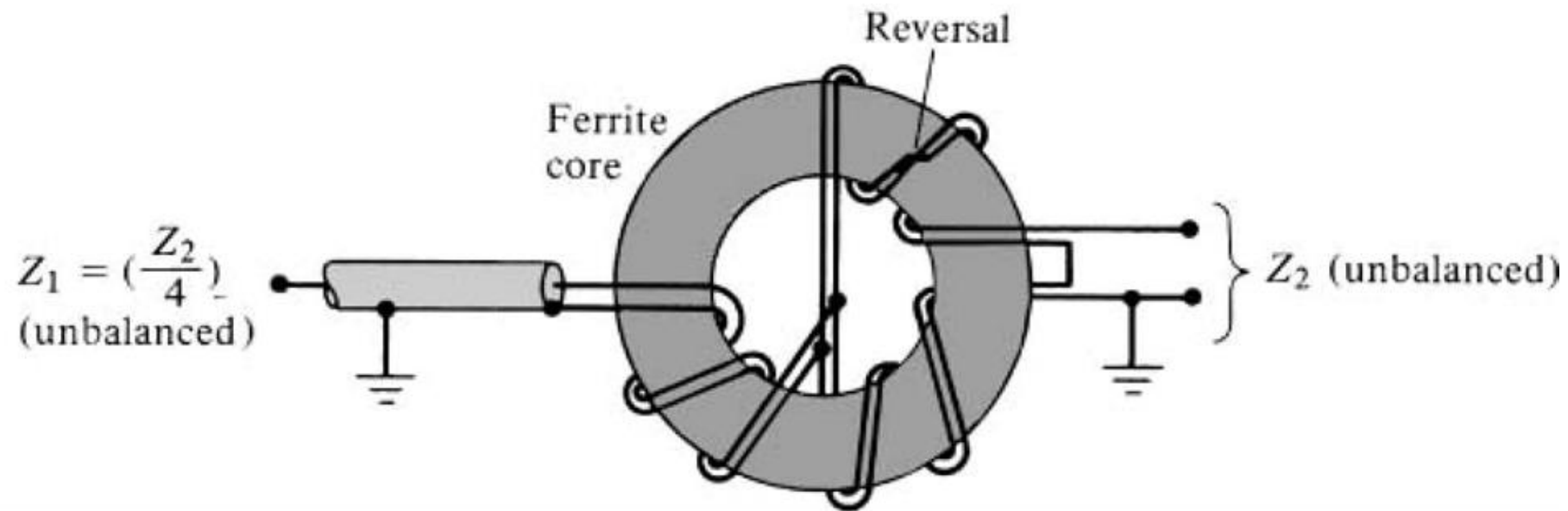
Symetrizační obvody

- Koaxiální balún 1:4 (4:1)



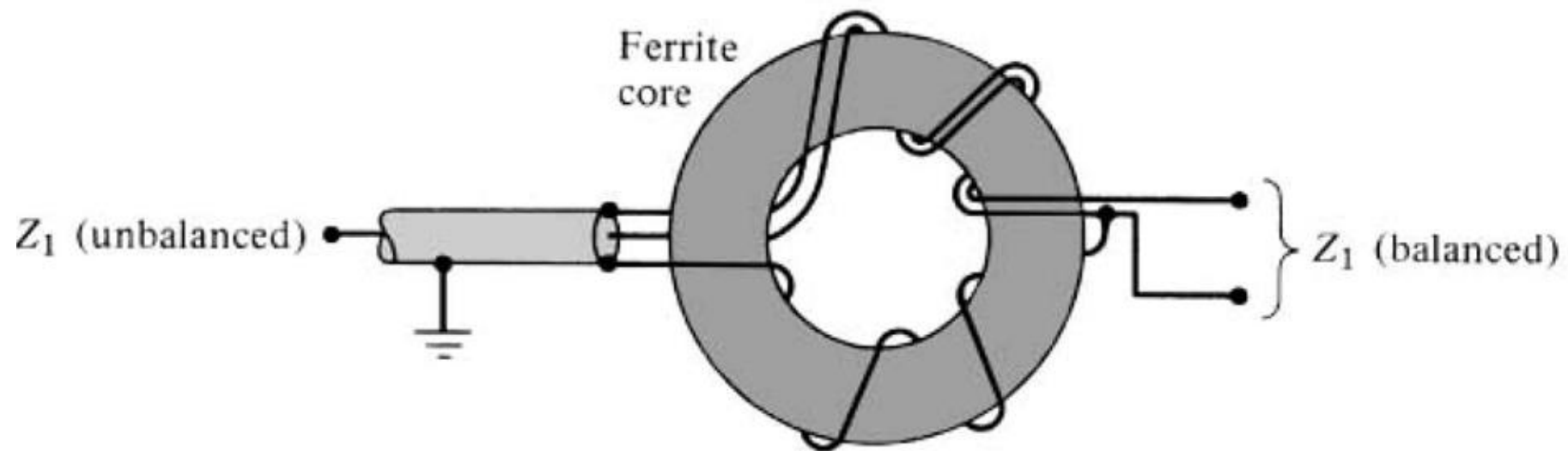
Symetrizační obvody

- Feritový balún 1:4 (4:1)



Symetrizační obvody

- Feritový balún 1:4 (4:1)

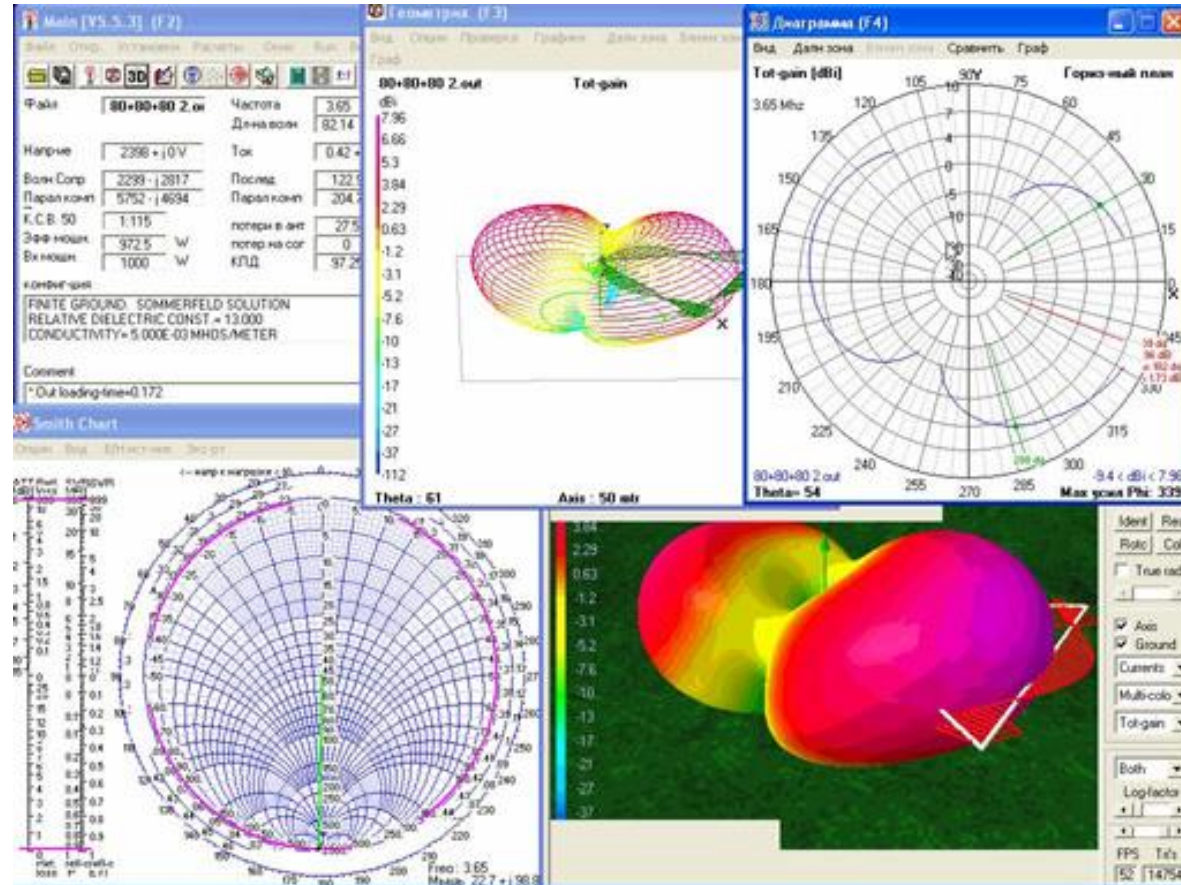


4NEC

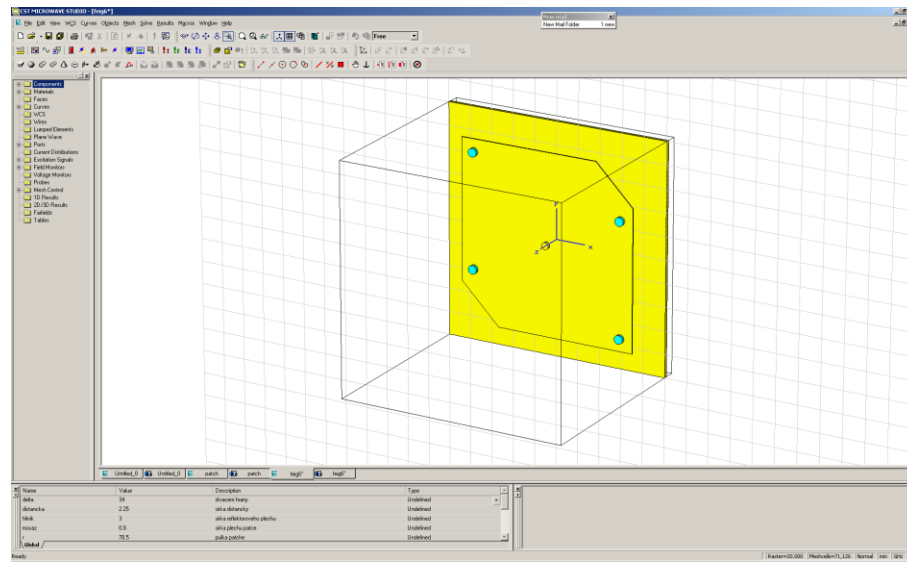
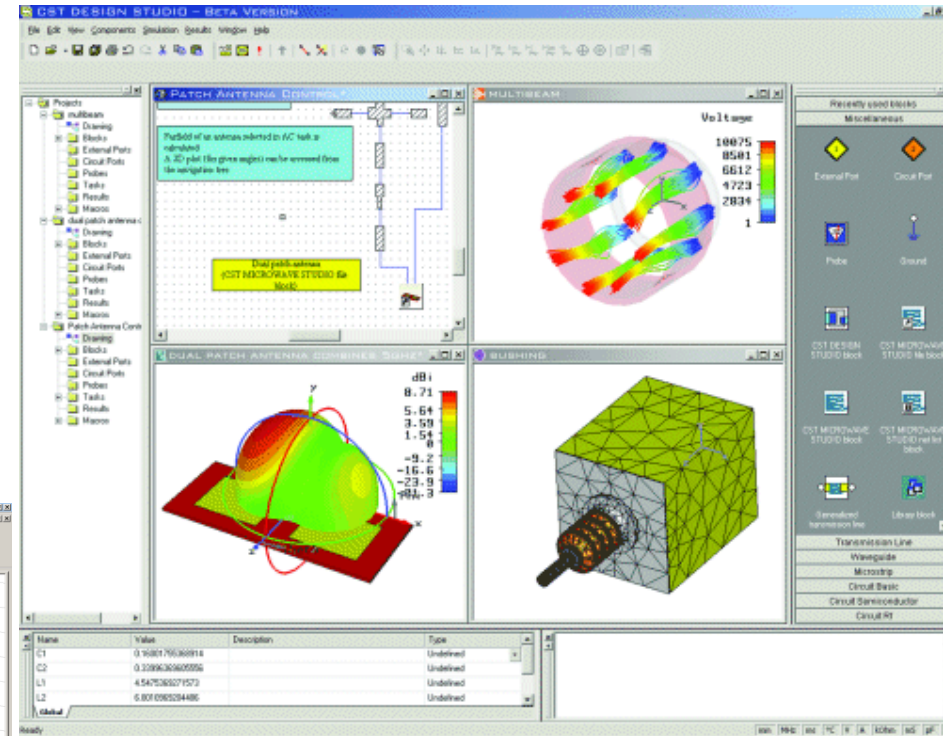
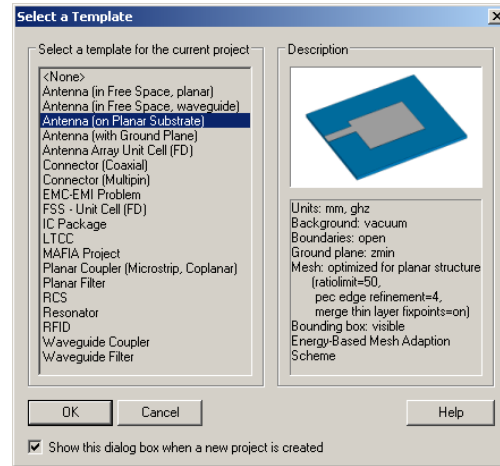
- Momentová metoda ve frekvenční oblasti
- možnost řešení drátových antén
- Možnost post-procesingu –směrové charakteristiky, proudová hustota, optimalizace, přizpůsobení
- freeware

4NEC

-



CST Microwave Studio



Děkuji za pozornost!

www.zbynous.net

zbynous@zbynous.net