

1. Význam antén a ich základné parametre

Anténa je tá časť vysielacieho alebo prijímacieho systému, ktorá je navrhnutá pre vysielanie alebo príjem elektromagnetických vln.

Anténa je významným prvkom prenosového rádiového spoja. Jej úlohou je transformovať vedenú elektromagnetickú vlnu na kvázivlnnú vlnu, šíriacu sa vo voľnom priestore (vysielacia anténa), alebo naopak (prijímacia anténa). Anténa je v podstate zariadenie prispôsobujúce prenosové vedenie k voľnému priestoru. Je to taktiež transformačný prvok medzi vedenou a vyžarovanou vlnou a tiež pasívny prvok s vlastnosťami filtra v priestorovej a frekvenčnej oblasti. Môžeme ju tiež definovať ako hraničný prvok komunikačného kanála, ktorý zásadným spôsobom ovplyvňuje parametre prenosového kanála (PP, C/I, BER, ...).

IEEE Definícia pojmu anténa - IEEE Std 145-1993: Anténa je tá časť vysielacieho alebo prijímacieho systému, ktorá je navrhnutá pre vysielanie alebo príjem elektromagnetických vln.

1.1. Rozdelenie antén

Antény možno rozdeliť do skupín podľa rôznych hľadísk, napr. podľa:

- frekvenčného pásma (antény pre DV, SV, KV, VKV. atď.),
- šírky frekvenčného pásma, v ktorom môžu pracovať bez podstatnej zmeny parametrov (úzkopásmové, širokopásmové, extrémne širokopásmové),
- schopnosti sústrediť vyžarovanie do určitého smeru (antény smerové, čiastočne smerové, všesmerové),
- funkcie, ktorú antény plnia (vysielacie a prijímacie), atď.

Najčastejšie sa však uplatňuje rozdelenie podľa povahy zdrojov elektromagnetického poľa v anténe na vodičové antény a plošné antény.

Vodičové antény využívajú ako zdroje elektromagnetického poľa elektrický prúd, tečúci v relatívne tenkých vodičoch. Tieto vodiče sú najčastejšie priame, potom hovoríme o lineárnych anténach. Rozoznávame dva druhy lineárnych antén:

- antény so stojatou vlnou, v ktorých sa elektromagnetická vlna odráža od konca vodiča (vľ vedenia) naprázdno a vytvára tak na vodiči stojaté vlnenie,
- antény s postupujúcou vlnou, ktoré sú vytvorené z nehomogénnych vedení, zakončených prispôsobenou záťažou.

Plošné antény vyžarujú z plochy – apertúry. Zdrojmi elektromagnetického poľa sú vlnoplochy elektromagnetickej vlny v apertúre antény.

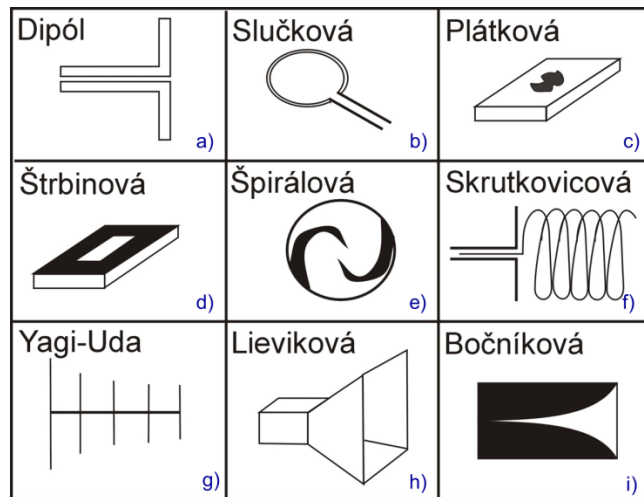
Základné delenie antén, ktoré budeme používať my:

- podľa tvaru žiariča,
- podľa usporiadania žiariča,
- podľa použitého typu vlny.

1.1.1. Rozdelenie antén podľa tvaru žiariča

Podľa tvaru žiariča môžeme antény rozdeliť do nasledujúcich štyroch základných skupín:

- lineárne (Obr. 6.1a,g a Obr. 6.2) a slučkové (Obr. 6.1b a Obr. 6.3),
- apertúrové (lievikové (Obr. 6.1h a Obr. 6.4), reflektorové (Obr. 6.5), mikropásikové (Obr. 6.1c a Obr. 6.6), štrbinové (Obr. 6.1d,i a Obr. 6.7) a šošovkové (Obr. 6.8)),
- dielektrické (Obr. 6.9),
- špirálové (Obr. 6.1e a Obr. 6.10) a skrutkovicové (Obr. 6.1f a Obr. 6.11).



Obr. 1.1: Základné delenie antén podľa tvaru žiariča



Obr. 1.2: Ukážka lineárnych antén



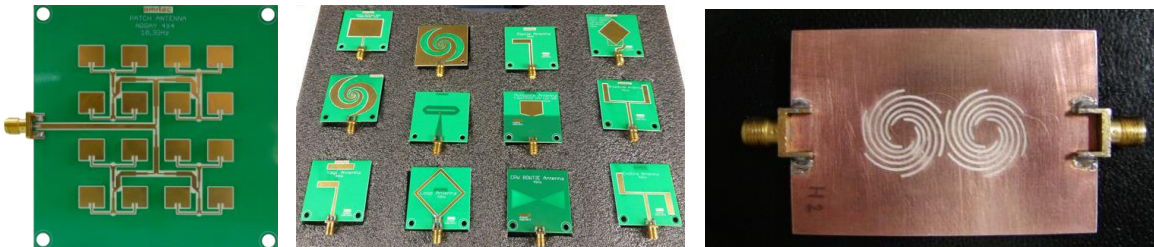
Obr. 1.3: Ukážka slučkových antén



Obr. 1.4: Ukážka lievikových antén



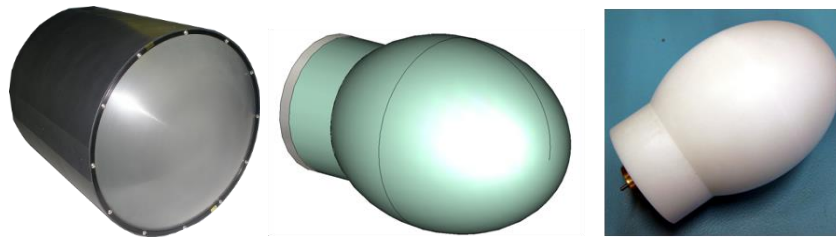
Obr. 1.5: Ukážka reflektorových antén



Obr. 1.6: Ukážka mikropásikových antén



Obr. 1.7: Ukážka štrbinových antén



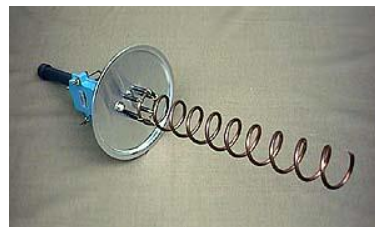
Obr. 1.8: Ukážka šošovkových antén



Obr. 1.9: Ukážka dielektrickej antény



Obr. 1.10: Ukážka špirálových antén



Obr. 1.11: Ukážka skrutkovicových antén

1.1.2. Rozdelenie antén podľa usporiadania žiariča

Podľa tvaru žiariča môžeme antény rozdeliť do nasledujúcich štyroch základných skupín:

- individuálne antény (Obr. 6.12),
- rady antén (Obr. 6.13),
- sústavy antén (obr. 6.14),

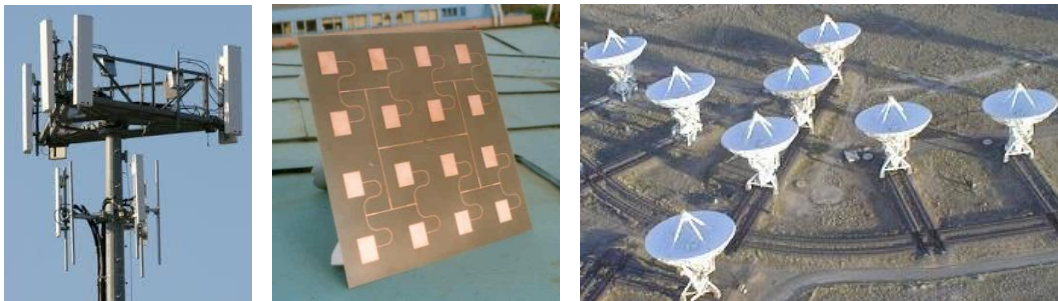
- logicko - periodické antény (Obr. 6.15).



Obr. 1.12: Ukážka individuálneho usporiadania antén



Obr. 1.13: Ukážka usporiadania antén do radu



Obr. 1.14: Ukážka usporiadania anténnych sústav

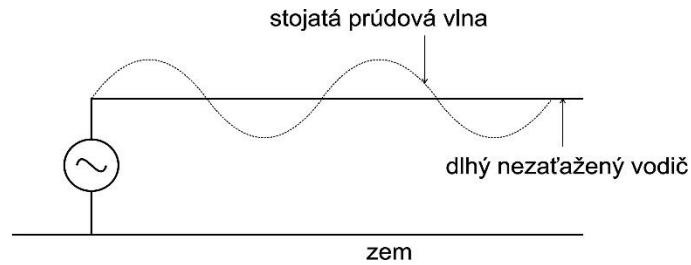


Obr. 1.15: Ukážka logicko-periodického usporiadania antén

1.1.3. Rozdelenie antén podľa typu vlny

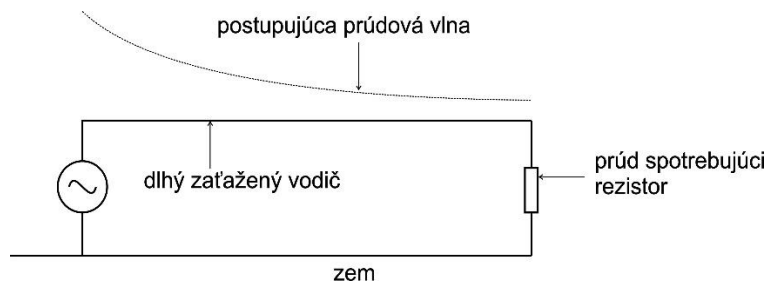
Podľa typu použitého vlnenia môžeme antény rozdeliť do nasledujúcich dvoch základných skupín:

- so stojatou vlnou (rezonančné) (Obr. 6.16),



Obr. 1.16: Anténa so stojatou vlnou

- s postupnou / unikajúcou vlnou (nerezonujúce) (Obr. 6.17).



Obr. 1.17: Anténa s postupnou / unikajúcou vlnou

1.2. Základné vlastnosti antén

Základné vlastnosti antén rozdeľujeme do troch skupín parametrov:

- Impedančné vlastnosti (vstupná impedancia, pomer stojatých vln (PSV), činiteľ odrazu (r), impedančná šírka pásma),
- smerové vlastnosti (smerový diagram (E, H rovina), šírky zväzkov (E, H rovina), predozadný pomer, smerovosť, účinnosť, zisk, polarizácia, osový pomer),
- ďalšie parametre, napr. impulzné charakteristiky.

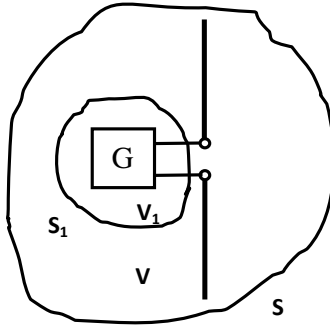
Všetky parametre antény sú navzájom zviazané a závisia na veľkostiach, orientácii a priestorovom rozložení zdroja vyžarovaného poľa – prúdu na anténe (impedancii, prispôbení, smerovosti, zisku, účinnosti, stratách, polarizácii ...).

1.2.1. Vstupná impedancia antény a odpor vyžarovania

Vysokofrekvenčná 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 činnnej 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.

Definovať vstupnú impedanciu antény však nie je vždy jednoduché vzhľadom na problémy s definovaním vstupných svoriek antény. V niektorých prípadoch, napr. v prípade dipólovej antény napájanej dvojvodičovým vedením, vstupné svorky antény možno definovať pomerne jednoducho. V prípade mikrovlnových antén napájaných vlnovodmi však táto predstava nie je oprávnená. Zavedenie pojmu

vstupnej impedancie je zaužívané z praktických dôvodov. Uvažujme anténu umiestnenú vo voľnom priestore, pre ktorú možno definovať vstupné svorky (Obr. 6.18).



Obr. 1.18: K definícii vstupnej impedancie antény

Nech generátor G je umiestnený v objeme V_1 obklopenom uzavretou plochou S_1 . Uvažujme objem V ohraničený plochou S , ktorý obsahuje anténu spolu s generátorom. Podľa Poyntingovej – Umovovej vety platí

$$\frac{r}{2} \int_{V_1} \vec{E}_g \cdot \vec{J}^* dV = \frac{1}{2} \int_V \frac{J \cdot J^*}{\sigma} dV + \frac{1}{2} \oint_S \left[\left(\vec{E} \times \vec{H}^* \right) \cdot \vec{n} \right] dS + \frac{j\omega}{2} \int_V \left(\mu_0 \vec{H} \cdot \vec{H}^* - \varepsilon_0 \vec{E} \cdot \vec{E}^* \right) dV, \quad (6.1)$$

kde \vec{E}_g je elektromotorická sila generátora, \vec{J} je vektor hustoty elektrického prúdu, σ je špecifická vodivosť, \vec{n} je jednotkový normálový vektor k ploche S , orientovaný von z objemu V , ω je kruhová frekvencia, \vec{E} je vektor intenzity elektrického poľa, \vec{H} je vektor intenzity magnetického poľa. Hviezdičkou (*) sú označené komplexne združené veličiny. Výraz na ľavej strane rovnice (6.1) reprezentuje výkon generátora. Rovnicu (6.1) možno považovať za analógiu vzťahu známeho z teórie obvodov

$$\frac{1}{2} UI^* = P_r + jP_i, \quad (6.2)$$

kde U je napätie na svorkách dvojpoľu, I je prúd tečúci dvojpoľom, P_r je činný výkon stratený v dvojpoľe, P_i je jalový výkon. Vstupná impedancia dvojpoľu je pritom definovaná ako

$$Z = R + jX = \frac{U}{I} = \frac{UI^*}{I^2} = \frac{UI^*}{|I|^2}. \quad (6.3)$$

S použitím vzťahov (6.1) a (6.2) možno definovať vstupnú impedanciu antény ako

$$Z_{vst} = R_A + jX_A = \frac{1}{I_0^2} \int_{V_1} \vec{E}_g \cdot \vec{J}^* dV, \quad (6.4)$$

kde I_0 je amplitúda prúdu tečúceho svorkami antény.

Reálna časť vstupnej impedancie R_a predstavuje 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 elektromagnetické vlnenie do priestoru. Vyžiarená časť je vlastne užitočná energia. Ak rozložíme odpor na časť, ktorá zodpovedá stratám a časť, ktorá je úmerná vyžiarenej energii, môžeme pre výkon napísať

$$P = I^2 (R_s + R_z) \quad , \quad (6.5)$$

kde R_s je stratový odpor a R_z vyžarovací odpor žiariča. Reaktančná zložka jX_a nespotrebuje žiadny výkon. Zhoršuje vlastnosti antény ako žiariča (spotrebiča energie) a spôsobuje frekvenčnú citlivosť antény. Odpor vyžarovania R_z je určený reálnou časťou druhého sčítanca na pravej strane vzťahu (6.1).

$$R_z = \frac{1}{I_0^2} \operatorname{Re} \left\{ \oint_S \left[(\vec{E} \times \vec{H}^*) \cdot \vec{h} \right] dS \right\} \quad (6.6)$$

S využitím vzťahu (6.7) pre strednú hodnotu Poyntingovho – Umovovho vektora

$$\vec{S}_{str} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left(\vec{E} \times \vec{H}^* \right) \quad (6.7)$$

možno vzťah (6.6) napísať v tvare

$$R_v = \frac{1}{I_0^2} \oint_S (\vec{S}_{str} \cdot \vec{h}) dS \quad . \quad (6.8)$$

Stratový odpor antény R_s súvisí s Jouleovým výkonom v anténe. Ak uvážime, že mimo objem antény elektrické prúdy netečú, možno stratový odpor vyjadriť vzťahom

$$R_s = \frac{1}{I_0^2} \int_{V_A} \frac{\vec{J} \cdot \vec{J}^*}{\sigma} dV \quad , \quad (6.9)$$

kde V_A je objem antény.

Ak zvolíme objem V dostatočne veľký, Poyntingov – Umovov vektor na ploche S je reálny a o vstupnej reaktancii antény X_A rozhoduje iba tretí sčítanec na pravej strane rovnice (6.1)

$$X_A = \frac{\omega}{I_0^2} \int_V \left(\mu_0 \vec{H} \cdot \vec{H}^* - \varepsilon_0 \vec{E} \cdot \vec{E}^* \right) dV \quad . \quad (6.10)$$

Priebeh vstupnej impedancie môže mať charakter induktívny alebo kapacitný, čo závisí od pomeru l/λ , kde l je dĺžka anténového vodiča a λ je vlnová dĺžka vyžarovaného elektromagnetického vlnenia. Pri rezonančnej dĺžke anténového vodiča je imaginárna zložka nulová ($jX_a = 0$) a reálna zložka má maximálnu hodnotu ($Z_{vst} = R_a$).

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

1.2.2. Účinnosť antény

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

$$\eta = \frac{P_z}{P_a} \cdot 100 [\%] \quad , \quad (6.11)$$

kde P_a je príkon antény a P_z je celkový vyžiarený výkon.

Výkon vyžiarený anténou vypočítame z hodnoty prúdu I_a v kmitni antény a z vyžarovacieho odporu R_z . Napájací výkon musí kryť vyžiarený výkon a straty na výkone spôsobené stratovým odporom, ktorý zahŕňa odpor vodičov (R_V), odpor zeme (R_z) a odpor dielektrík (R_d). Dosadením do (6.11) dostávame vzťah pre výpočet účinnosti

$$\eta = \frac{I_{aef}^2 R_z}{I_{aef}^2 (R_V + R_Z + R_d + R_z)} = \frac{R_z}{R_S + R_z} \quad . \quad (8.12)$$

Teda ak poznáme odpor vyžarovania a stratový odpor, môžeme vypočítať účinnosť antény

$$\eta = \frac{R_z}{R_z + R_V + R_Z + R_d} = \frac{R_z}{R_z + R_S} \quad . \quad (6.13)$$

Zo stratových odporov sa dajú pomerne dobre obmedziť dielektrické straty (R_d) starostlivou voľbou izolačného materiálu. Ťažko však možno obmedziť stratový odpor vodičov (R_V), ktorý je ešte zvýšený povrchovým javom (skin efektom).

1.2.3. 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 prirovnáť ku krátkym bezstratovým vedeniam, preto môžeme ich vlnovú impedanciu vyjadriť vzťahom

$$Z_v = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad . \quad (6.14)$$

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

$$Z_v = 60 \left(\ln \frac{\lambda}{\pi r} - 0,577 \right); [\Omega] \quad , \quad (6.15)$$

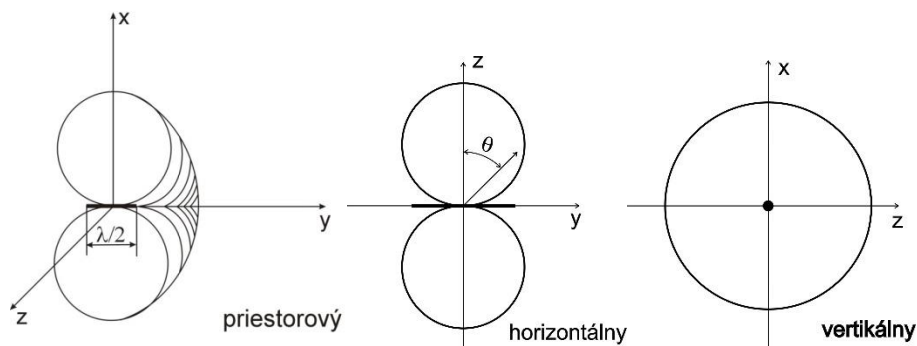
kde r je polomer vodiča [m] a λ je vlnová dĺžka vo voľnom priestore [m].

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

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

1.2.4. Smerová charakteristika antény - smerové účinky antén

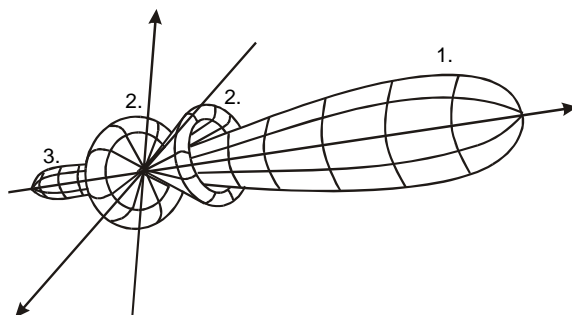
Skutočnosť, že antény nevyžarujú vo všetkých smeroch rovnako, je vyjadrená smerovou funkciou žiarenia. Smerový účinok antén znázorňujeme smerovým vyžarovacím diagramom – smerovou charakteristikou. Vyžarovací diagram je priestorový, no pre praktické použitie sa však nahrádza rovinnými vyžarovacími diagramami v horizontálnej (yz) a vertikálnej rovine (xz) (Obr. 6.19).



Obr. 1.19: Vyžarovací diagram polvlnového dipólu

Nerovnomerné rozloženie vyžiarenej energie v priestore je spôsobené interferenciou polí od nerovnomerného priebehu prúdu a napätia pozdĺž samotného žiariča. Vertikálny vyžarovací diagram vplyvom prítomnosti zeme a jej zrkadlového účinku, môže nadobudnúť dosť zložité priebehy. Keď neberieme do úvahy vplyv zeme, vertikálny vyžarovací diagram bude kružnica. Veľká časť energie vyžiarená horizontálnym žiaričom smerom k zemi sa však odráža za ideálneho stavu bez strát do priestoru a interferuje s priamo vyžiarenou energiou, pričom vytvára zosilnené výsledné pole. Priebeh výsledného vertikálneho vyžarovacieho diagramu bude závisieť od výšky horizontálnej antény nad zemou.

Smerová charakteristika je jedným z najdôležitejších parametrov antény, pretože popisuje priestorové rozloženie vyžarovanej energie. Smerovú charakteristiku definujeme ako rozloženie amplitúdy intenzity elektrického poľa na povrchu gule s dostatočne veľkým polomerom, ktorej stred je totožný so stredom antény. Veľkosť amplitúdy intenzity elektrického poľa na povrchu gule závisí od polomeru gule a od výkonu elektromagnetického poľa vyžarovaného anténou. Pre vylúčenie vplyvu týchto parametrov všetky veľkosti amplitúdy intenzity elektrického poľa delíme jej maximálnou hodnotou, čím získame normovanú smerovú charakteristiku. Maximálna hodnota normovanej smerovej charakteristiky je teda rovná jednotke. Vďaka tomu môžeme ľahko porovnávať smerové charakteristiky rôznych antén. Smerová charakteristika tvorí uzavretú plochu, ktorá vo všeobecnosti pozostáva z niekoľkých častí (lalokov) rôzneho tvaru (Obr. 6.20). Najväčší z nich nazývame hlavným lalokom (1), ostatné – postrannými lalokmi (2) a zadným lalokom (3).

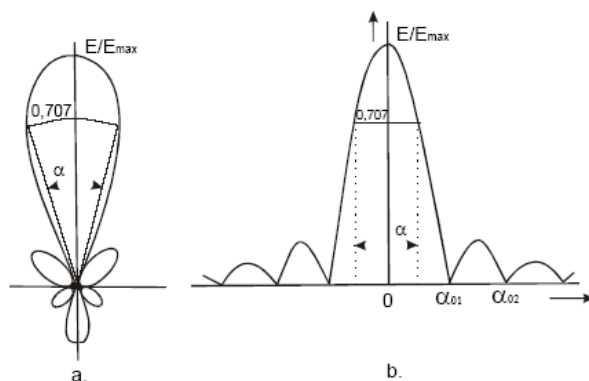


Obr. 1.20: Smerová charakteristika antény

Trojrozmerné zobrazenie smerovej charakteristiky je obtiažne, preto sa zvyčajne 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). Napr. 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 polárnej (Obr. 6.21a) alebo v pravouhlej súradnicovej sústave (Obr. 6.21b). V niektorých prípadoch, keď veľkosť bočných lalokov charakteristiky je malá v porovnaní s úrovní hlavného laloka, je výhodné použiť logaritmickú stupnicu pre zvislú os.

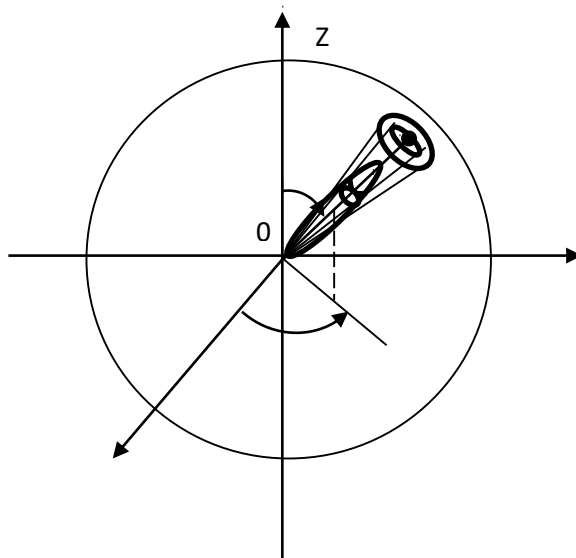


Obr. 1.21: Smerová charakteristika antény a) v polárnej, b) v pravouhlej súradnicovej sústave

Uhol medzi smermi v hlavnom laloku, pre ktoré intenzita vyžarovania klesne o 3 dB vzhľadom na maximálnu intenzitu, sa nazýva šírkou hlavného laloka alebo uhlom polovičného výkonu. Anténu

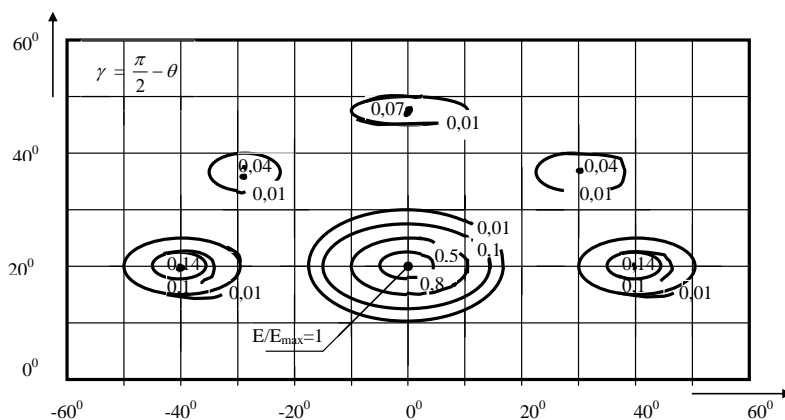
charakterizujú dve veľkosti uhla polovičného výkonu: v rovine \vec{H} (α_H) a v rovine \vec{E} (α_E). Uhol α_0 , pre ktorý je vyžarovanie nulové, nazývame nulovým uhlom.

Dva ortogonálne rezy nie vždy úplne popisujú priestorovú smerovú charakteristiku antény. V prípade, že potrebujeme úplnejšiu informáciu, používame kartografické zobrazenie smerovej charakteristiky, ktoré získame tak, že na povrchu gule, umiestnenej sústredne s anténou (Obr. 6.22), zobrazíme krivky konštantnej amplitúdy intenzity poľa (\vec{E} alebo \vec{H}).



Obr. 1.22: Spôsob získania kartografického zobrazenia smerovej charakteristiky antény

Maximálnym úrovniam jednotlivých lalokov zodpovedajú body. Krivky konštantnej amplitúdy sú uzavreté. Jednotlivé časti povrchu gule sa zobrazujú kartografickými metódami, napr. premietaním na povrch valca (Obr. 6.23). Kartografické zobrazenie podáva úplnú informáciu o priestorovej smerovej charakteristike antény. V prípade potreby umožňuje zosťrojenie ľubovoľného rezu charakteristiky.



Obr. 1.23: Kartografické zobrazenie smerovej charakteristiky antény vo valcovom premietaní

Vo všeobecnosti vektor intenzity elektrického poľa vo vzdialenej oblasti môže mať dve navzájom kolmé zložky. V prípade, že tieto zložky nie sú vo fáze, je nutné nakresliť smerové charakteristiky antény pre každú zložku zvlášť.

Okrem uvedených smerových charakteristík, zobrazujúcich rozloženie intenzity poľa, používajú sa tiež charakteristiky popisujúce priestorové rozloženie vyžarovaného výkonu. Výkon vyžiarený anténou do jednotkového priestorového uhla nazývame intenzitou vyžarovania a označujeme $W(\Theta, \phi)$. Pomer $W(\Theta, \phi)/W_{max}$, kde W_{max} je maximálna intenzita vyžarovania, je normovaná výkonová smerová charakteristika.

Vzájomný vzťah medzi smerovou charakteristikou (tzv. poľovou) a výkonovou smerovou charakteristikou je daný vzťahom pre Poyntingov – Umovov vektor. Tak napr., pre harmonicky premenné pole možno strednú hodnotu Poyntingovho – Umovovho vektora za jednu periódu v zóne žiarenia vyjadriť vzťahom

$$S_{str} = \frac{1}{2} EH = \frac{1}{2} \frac{E^2}{Z_0}, \quad (6.17)$$

kde Z_0 je charakteristická impedancia prostredia. Pretože $W(\Theta, \phi) \sim S_{str}(\Theta, \phi)$, platí

$$\frac{W}{W_{max}} = \left(\frac{E}{E_{max}} \right)^2. \quad (6.18)$$

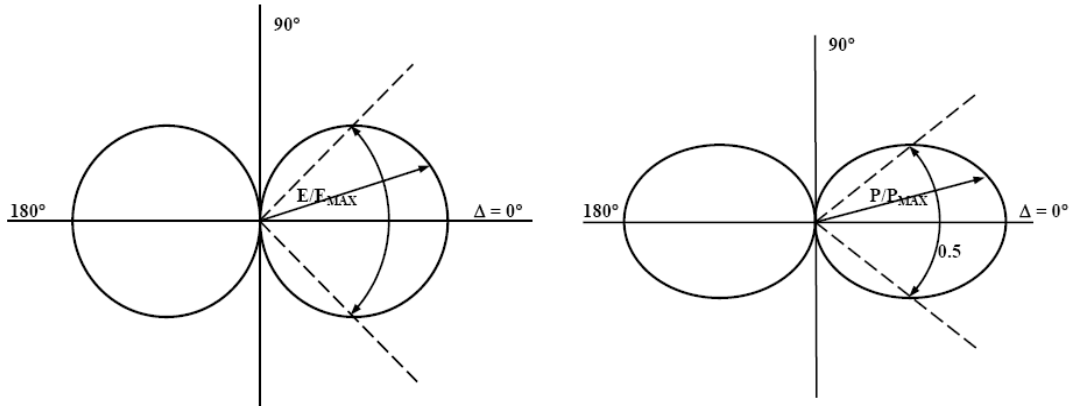
Vzťah (6.18) platí v prípade, že intenzity elektrického poľa vo vzdialenej zóne sú vo fáze. V opačnom prípade je výkonová smerová charakteristika úmerná súčtu kvadrátov jednotlivých zložiek intenzity elektrického poľa.

Porovnanie poľovej a výkonovej smerovej charakteristiky tej istej antény (krátkeho dipólu) je na Obr. 6.24.

Zo známej smerovej charakteristiky antény možno určiť niektoré ďalšie parametre. Úroveň postranných lalokov definujeme ako pomer maximálnej amplitúdy intenzity elektrického poľa v najväčšom postrannom laloku a v hlavnom laloku. Analogicky je definovaný činiteľ spätného vyžarovania (resp. spätného príjmu) pre zadný lalok smerovej charakteristiky. Pre zhodnotenie celkového vyžarovania do vedľajších lalokov sa definuje činiteľ rozptylu ρ_b , ktorý určuje, aká časť výkonu dodávaného do antény je vyžarovaná vedľajšími lalokmi

$$\rho_b = 1 - \frac{\int_{\Omega_{hl}} W(\Theta, \Phi) d\Omega}{\int_{4\pi} W(\Theta, \Phi) d\Omega}, \quad (6.19)$$

kde Ω_{hl} je priestorový uhol, ktorý obsahuje hlavný lalok.



Obr. 1.24: Porovnanie poľovej (a) a výkonovej (b) smerovej charakteristiky tej istej antény (krátkeho dipólu)

1.2.5. Smerovosť antény

Pomer maximálnej intenzity vyžarovania W_{max} a strednej intenzity vyžarovania W_{str} charakterizuje celkové smerové vlastnosti antény a nazýva sa smerovosť D

$$D = \frac{W_{max}}{W_{str}} \quad (6.20)$$

Stredná intenzita vyžarovania sa rovná celkovému výkonu vyžarovanému anténou delenému celkovým priestorovým uhlom, preto vzťah (6.20) možno napísať v tvare (6.21)

$$D = \frac{4\pi}{\int_{4\pi} W_n(\Theta, \Phi) d\Omega} \quad (6.21)$$

kde $W_n(\Theta, \Phi) = W(\Theta, \Phi)/W_{max}$ je normovaná výkonová smerová charakteristika. Smerovosť antény je teda veličinou jednoznačne určenou jej smerovou charakteristikou.

Ak označíme (poľovú) smerovú charakteristiku antény ako $F(\Theta, \Phi)$, možno s využitím vzťahu (6.18) vzťah (6.21) napísať v tvare

$$D = \frac{4\pi}{\int_{4\pi} F^2(\Theta, \Phi) d\Omega} \quad (6.22)$$

Pretože $d\Omega = \sin\Theta \cdot d\Theta \cdot d\Phi$, platí

$$D = \frac{4\pi}{\int_{4\pi} F^2(\Theta, \Phi) \sin\Theta d\Theta d\Phi} \quad (6.23)$$

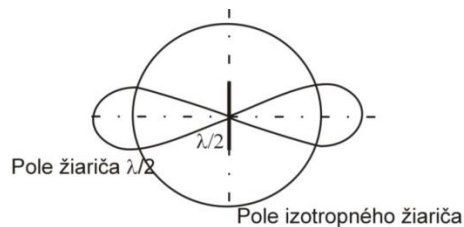
V mnohých praktických prípadoch možno priestorovú smerovú charakteristiku vyjadriť v tvare súčiny dvoch funkcií jednej premennej

$$F(\Theta, \Phi) = V(\Theta)H(\Phi) \quad (6.24)$$

kde funkcia $V(\Theta)$ charakterizuje vyžarovanie antény v rovine vertikálnej a $H(\phi)$ v rovine horizontálnej. Vzťah pre smerovosť antény možno potom napísať v tvare

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} H^2(\Phi) d\Phi \int_0^\pi V^2(\Theta) \sin \Theta d\Theta} \quad (6.25)$$

Keď teda 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 (Obr. 6.25).



Obr. 1.25: Porovnanie smerových vlastností antén s vyžarovaním izotropného žiariča

Smerovosť (D), teda môže byť vyjadrená aj pomerom vyžiareného výkonu izotropnou anténou (P_i) a smerovou anténou (P_A)

$$D = \frac{P_i}{P_A} \quad (6.26)$$

Smerovosť teda udáva koľkokrát väčší výkon by bolo potrebné vyžiariť z izotropnej antény, ktorá vyžaruje vo všetkých smeroch rovnako, aby intenzita elektromagnetického poľa v mieste príjmu bola taká istá, ako je v tomto mieste intenzita poľa od smerovej antény, ktorú berieme do úvahy. V tomto prípade hovoríme o absolútnej smerovosti antény.

Izotropná anténa je fiktívnym zdrojom, a preto veľmi často smerovosť danej antény vzťahujeme k polovlnovému dipólu ako k referenčnej anténe. V tomto prípade hovoríme o relatívnej smerovosti antény.

Smerovosť antény nezahŕňa straty výkonu v anténe. Môže však existovať anténa s veľkou smerovosťou, ale malou účinnosťou. Je preto potrebné definovať ešte jednu veličinu, ktorá charakterizuje smerové vlastnosti i účinnosť antény. Táto veličina sa nazýva zisk antény.

1.2.6. Zisk antény

Zisk antény nám udáva, koľkokrát väčší výkon je potrebné dodať do referenčnej antény ako do smerovej antény, aby v mieste príjmu bola intenzita od oboch antén rovnaká. Alebo ináč, je definovaný ako 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 oboje 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 a z jeho definície vyplýva vzťah

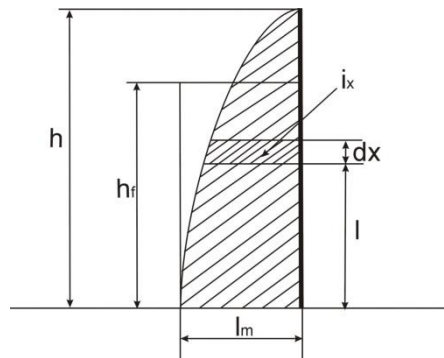
$$G_0 = \eta D , \quad (6.27)$$

kde $\eta = P_o/P_i$ je účinnosť antény (pomer vyžiareného výkonu P_o a výkonu, ktorým je napájaná anténa P_i). To znamená, že na rozdiel od smerovosti antény zahŕňa zisk antény aj účinnosť antény. Zisk sa často vyjadruje v decibeloch (dB)

$$G_{dB} = 10 \log G . \quad (6.28)$$

1.2.7. Efektívna výška antény

Rozloženie prúdu pozdĺž anténového vodiča (lineárna anténa – vertikálna) nie je rovnomerné (Obr. 6.26), 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 tzv. efektívna výška antény (Obr. 6.26). 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.



Obr. 1.26: Efektívna výška antény

Napr. pre štvrtvlnovú anténu ($h = \lambda/4$) je efektívna výška antény daná vzťahom

$$h_{ef} = \frac{2}{\pi} \cdot h . \quad (6.29)$$

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

$$U_i = E h_{ef} \left[\mu V; \frac{\mu V}{m}; m \right] . \quad (6.30)$$