

Marek Dvorský, marek.dvorsky@vsb.cz

Vyzařovací charakteristika svépomoci

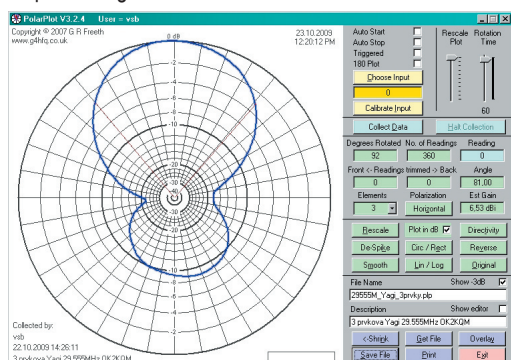
Vyzařovací diagramy směrových antén jsou určitě zajímavým tématem, zejména pro ty zvidavé, kteří vyvíjejí nebo testují svépomocí postavené směrové antény. Přínosné může být i zjištění reálného tvaru charakteristiky a kontrola shody s udávaným vyzařovacím diagramem u komerčních antén. Závěry těchto zjištění mohou posloužit k úpravám antén, analýze kvality obklopujícího okolí a půdy, k optimalizaci výšky, v níž je anténa instalovaná apod.

Profesionální měřicí sestava pro měření vyzařovacích charakteristik čítající generátor, spektrální analyzátor a v nejlepší případě bezodrazovou komoru se může cenově vyšplhat až na několik desítek miliónů korun. Základním požadavkem měření z hlediska radioamatérů je ale co možná nejlepší dostupnost a jednoduchost. Známé MMA-NA [6] a EZNEC [5] umožňují modelovat vyzařovací charakteristiku antény, ale praktické výsledky mohou být i dost odlišné.

Uvažoval jsem tedy, jak si jednoduše svépomocí ověřit reálný vyzařovací diagram. První řešení, které mě napadlo, je využít úroveň nf signálu na výstupu přijímače. Analýzu signálu by zajistil jednoduchý program, který by ji zaznamenával do polárního grafu. K softwarovému zpracování lze využít výkonný matematický softwaru Matlab (je ovšem licencovaný).

Dříve, než jsem začal programovat nějakou aplikaci, poohlédl jsem se na Internetu po nějakém hotovém řešení – nebudeme přece vymýšlet trakař. Hledání mi zabralo podstatně méně, než případné programování a tak jsem narazil na program PolarPlot, který jsem dosud neznal. Program umožňuje jednoduše a bez jakéhokoliv speciálního měřicího přípravku elegantně odměřit směrovou charakteristiku přijímací antény, ale i vyzařovací charakteristiku antény vysílací. K určení síly signálu program využívá nf signál na výstupu přijímače. Měřícím signálem může být signál jiné amatérské stanice, vysílaný po dohodě s jejím operátorem, nebo signál vlastního stabilního vf generátoru.

V současné době je software PolarPlot k dispozici ve verzi 3.2.4 k volnému stažení [1], autorem je G. R. (Bob) Freeth, G4HFQ. Na stránkách najdete spolu s programem i obsáhlý popis s podrobným helpem v angličtině.



Obr. 1. Vzhled okna programu Program PolarPlot – vyzařovací charakteristika tříprvkové Yagi antény OK2KQM na 29,555 MHz (reálná charakteristika se blíží ideální, měření nebylo ovlivněno odrazy).

Dynamický rozsah zpracovávaný programem (simulující funkci „S-metru“) je větší než 30 dB, výsledek může sloužit ke znázornění vyzařovací charakteristiky, k určení předozadního poměru antény, při ocejchování vstupu přijímače i k určení absolutního zisku antény. Výsledky měření lze zobrazit v pravouhlém grafu „úhel“ x „síla signálu“ nebo v grafu polárním, poskytujícím přímo tvar směrové charakteristiky tak, jak jsme zvyklí z různých publikací, modelovacích programů apod. Program PolarPlot umožňuje nastavit potřebné parametry pro účelné a zřetelné znázornění diagramu.

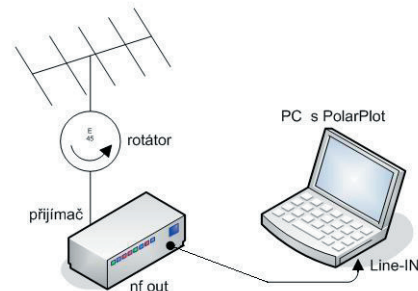
Popis funkce a základní požadavky

Jak to celé funguje? Máte na výběr dvě varianty: První případ je víceméně dostupný pro každého – jedná se o kombinaci anténa, rotátor, přijímač, vyvedený nf signál, vstup zvukové karty počítače a software PolarPlot. Druhá varianta spočívá v pořízení externího měřiče výkonu (S–metru), který se připojí k anténě a propojí s PC přes sériový port. PolarPlot pak snímá hodnotu intenzity přijímaného signálu a kreslí vyzařovací charakteristiku. K druhému řešení je nutné mít k dispozici měřicí přístroj, např. LM3 [4], což pro amatérské využití může představovat komplikaci. V dalším popisu se proto zaměřím pouze na první variantu „přijímač + nf výstup + zvuková karta PC“.

Hlavním požadavkem na zvukovou kartu je linearita jejích vstupů. Obvykle jsou k dispozici vstupy: „Line-In“ a „Microphone“, z hlediska linearity a dynamiky je vhodnější vstup linkový. Optimální úroveň nf signálu je 20 mV u mikrofonního vstupu a 200 mV u linkového. Pokud chceme využít automatického spouštění „Triggered readings“ (bude popsáno dále), musíme využít stereo vstup. I když se jedná o signály v základním nf pásmu, je stále dobré dbát i na impedanční přizpůsobení – linkový vstup maximálně do 600 Ω, mikrofonní vyhoví do 10 kΩ. Pokud si chcete být jisti a předejít případnému zničení vstupu zvukové karty, k němuž může dojít díky rozdílným potenciálům přijímače a počítače, je dobré použít oddělovací/přizpůsobovací transformátor nebo lineární optočlen.

Instalace, nastavení zvukové karty

Instalace softwaru je jednoduchá a měl by ji bez problémů zvládnout každý. Registrace je nepovinná, software je nabízen zdarma.



Obr. 2. Blokové schéma měření

Pro správnou funkci programu je důležité správně nastavit nahrávací vstup počítače.

Autor programu píše, že PolarPlotby měl bez problémů běžet pod MS Win 95, 98, 2000 a XP, MS Vista mají problém s příjmem dat (to bude určitě odladěno v některé z následujících verzí). Vzhledem k jednoduchosti a nenáročnosti programu na hardwarové prostředky si troufnu bez zkoušení jednotlivých OS říct, že není důvodu tomu nevěřit. Nevidím také problém program rozběhnout v Linuxu pod Wine. Sám jsem pro odzkoušení měl k dispozici systém Windows XP.

Zpět k nastavení nahrávacího vstupu: Musíte se proklikat k nabídce Start/Nastavení/Ovládací panely/Zvuky a zvuková zařízení -> záložka „Hlasitost“ a „Upřesnit“. Objeví se nám panel „Ovládní hlasitosti“, tak jak ho známe ze systémové lišty. Standardně bývá mixer nastaven na přehrávání. V hlavním menu zvolte Možnosti/Vlastnosti a přepněte na „Záznam“, přezkontrolujte zaškrtnutí vámi používaného vstupu (linka/mikrofon). Jakmile se objeví nový mixážní pult s ovládním nahrávacích vstupů, zaškrtnutím políčka zvolte patřičný vstup a nastavte maximální hodnotu vstupní úrovně. Toto nastavení se může v průběhu prvotní kalibrace měnit, takže si okno s nastavením citlivosti vstupu nezavírejte.

Nyní je třeba nastavit vstup samotného programu PolarPlot prostřednictvím žlutého tlačítka „Choose input“. Zde je nutno zvolit použitý vstup Microphone/Line-In atd. (možno vybrat i různé druhy S–metrů, pokud používáte druhou variantu měření s „power–metrem“). Lze také zvolit příslušný sériový port, přes který se bude záznam programu spouštět. Tuto možnost jsem prozatím nevyzkoušel.

Kalibrace

Jakmile máte nastaveny vstupy, můžete vyzkoušet kalibraci programu – „Calibrate Input“. Nezapo-

meňte, že při kalibraci i samotném měření musí být vypnuto AGC (Automatic Gain Control).

Nepříjemně může být přebuzení vstupu zvukové karty a tím vzniklé zkrácení vyzařovací charakteristiky – nemusí být tedy vždy vhodné nechat nahrávací vstup zvukové karty nastaven na maximum. Je proto dobré si vstupní úroveň nf signálu zkalibrovat. Ke kalibraci lze použít nemodulovaný stabilní vf generátor nebo vzdálenou stanicí, vysílající nemodulovanou nosnou. Proces kalibrace probíhá v následujících krocích:

- Začnete dvojklikem na anténním diagramu a v nabídce nastavte „Peak Input Level from sound card“ na hodnotu 1000.
- Nastavte kmitočet přijímače tak, aby na nf výstupu přijímače vznikl záněh např. 800 Hz.
- Přijímač připojte k levému kanálu linkového vstupu zvukové karty PC (nepřišel jsem na to proč na levý, kalibrace mi fungovala i při stereo připojení).
- Spustíte v PolarPlotu kalibraci tlačítkem „Calibrate“.
- Nastavte posuvník v pravém horním rohu programu „Input Level“ na 75 %.
- Nastavte výstupní NF úroveň přijímače tak, aby se v grafu vykresloval výstup na křivce -10 dB.
- Pokud chcete ověřit linearitu vstupu zvukové karty, je nutno zařadit do nf cesty (přijímač-vstup zvukové karty) atenuátor s rozsahem minimálně 60dB.
- Otestujte linearitu zvukové karty změnou hodnoty útlumu atenuátoru s krokem po 10 dB.

Tak by měla být provedena kalibrace a ověřena linearita zvukové karty.

Měření vyzařovacího diagramu

Pokud máme vše správně propojeno, dobře nastavenou vstupní úroveň a zkalibrován vstup, můžeme přistoupit k samotnému měření. Dvojklikem na vyzařovací diagram si můžeme ještě upravit nastavení maxima doby otočky antény o 360° „Maximum rotation time“ v rozmezí 2–20 minut. Toto nastavení si můžete plynule měnit v hlavním okně, nahoře vpravo posuvníkem „Rotation time“ od

minima 10 s do nastaveného maxima (2–20 min). Maximální doba měření 20 minut je vhodná pro měření např. satelitních antén. Pro správnou funkci programu si nejprve změřte čas otočky vašeho rotátoru o 360°. Tuto hodnotu potom nastavte na časovači programu „Rotation time“. Měření spustíte tlačítkem „Collect Data“ v hlavním okně programu, současně spusťte rotátor. Zastavení proběhne automaticky po uplynutí nastavené doby nebo jej můžete provést manuálně pomocí „Halt Collection“. Máte-li časování správně nastaveno, kopíruje natočení antény body, které se budou objevovat v polárním grafu. Proměřujete-li parabolickou anténu, trychtýř nebo ofsetku, bude pro vás zpětný směr pravděpodobně nezajímavý. I na toto program myslí – můžete si zapnout volbu „180 plot“ a program odměří pouze dopředný směr.

Rozšiřující volby

Kromě časovaného měření lze program přepnout do režimu ručního spouštění – k tomu je třeba zaškrtnout volbu „Triggered“. Tato možnost společně s přesným rotátorem umožní precizní vykreslení vyzařovacího diagramu. Spouštění lze provádět externě přes COM port, konkrétně přes pin 8 (CTS), do kterého posíláte puls +5 V dlouhý 1–5 ms. Druhá možnost je spouštění záznam interně prostřednictvím programu, kdy se po zaškrtnutí políčka „Triggered“ v okně polárního grafu objeví spouštěcí tlačítko „Manual Trigger“ – tím se spouští (případně zastavuje) záznam údajů do grafu programu až tehdy, když máte anténu natočenu do správné polohy. Celé měření probíhá potom následovně: spustíte záznam („Collect Data“), nastavíte úhel antény, tlačítkem „Manual Trigger“ provedete záznam, pootočíte anténu do nové pozice a záznam opět spustíte tlačítkem „Manual Trigger“.

Další zlepšení usnadňující práci s PolarPlotem je funkce „Auto Start“ – „Auto Stop“, která připomíná funkci „sleep“ (česky „spánek“). Tuto funkci efektivně využijete při měření vyzařovací charakteristiky vzdálené stanice. Po zaškrtnutí volby „Auto Start“ a „Auto Stop“ program čeká na překročení nastavené vstupní úroveň přijímaného signálu. Samotná hodnota úrovně se nastavuje v „PolarPlot Settings“ dvojklikem na ploše polárního diagramu, „Auto Start/Stop Characteristics“.

Měření zisku

Měření zisku je pouze informativní. Vychází ze znalosti anténního diagramu, respektive šířky hlavního laloku. Výsledný zisk je vztažen k izotropnímu zářiči, je tedy uveden v jednotkách dB. Pokud je použita víceprvková směrová anténa, je třeba ručně nastavit počet prvků „Elements“. Výsledek se objeví v „Est Gain“. Za zmínku stojí, že autor programu vycházel z výše zmiňovaného softwaru EZNEC [5]. Ostatní funkce, zejména způsoby zobrazení, jsou intuitivní a nebudou je tedy komentovat.

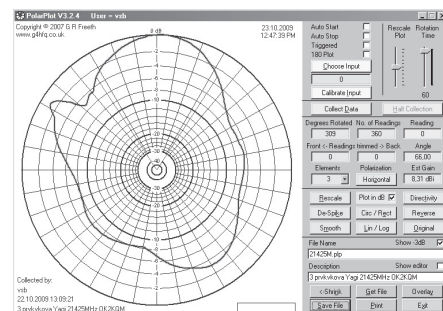
Praktické zkušenosti

Hned po prvním použití jsem si program PolarPlot oblíbil. Díky jednoduchosti a dostupnosti umožní konstruktérovi antény jednoduše a rychle zjistit vyzařovací charakteristiku, i když s určitou nepřesností. Praktické zkušenosti ukázaly, že je dobré nepodcenit nastavení vstupní úrovně (při spuštěné kalibraci nastavit na posuvníku v pravém horním rohu „Input Level“ vstupní úroveň na cca 75) – v důsledku přebuzení vstupu byste mohli místo reálné směrové charakteristiky získat jen kruh nebo charakteristiku zdeformovanou.

Dalším problémem při časovaném měření se ukázal pomalý rozjezd rotátoru, který zanechá do měření nemalou deformaci diagramu (viz obr. 3). Tomu lze zamezit zpožděným spuštěním záznamu nebo měřením v režimu ručního spouštění.

Největším problémem při použití programu je rušení způsobené odrazy signálu od okolní zástavby – porovnejte třeba charakteristiku odměřenou ve volném prostoru (obr. 1) a charakteristiku stejné antény měřenou v městské zástavbě (obr. 4).

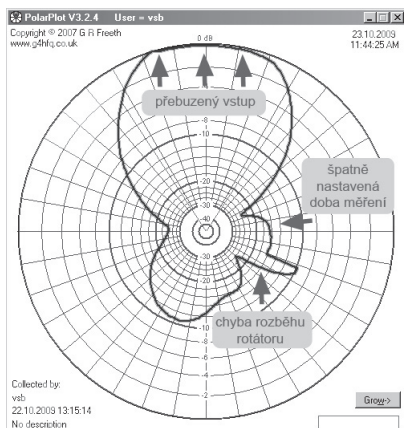
Vliv na vykreslení vyzařovací charakteristiky vzdálené antény má i směrová charakteristika přijímací antény. V zásadě lze říci, že pro proměření vzdálené antény bychom měli použít přijímací anténu s co nejužším diagramem, abychom se vyhnuli chybám vzniklým příjmem odrazů.



Obr. 4. Reálná vyzařovací charakteristika v městské zástavbě. Tříprvková Yagi anténa OK2KQM na kmitočtu 21,425 MHz (degradace charakteristiky způsobená odrazy signálu).

Jako šikovná funkce se po vykreslení charakteristiky ukázala možnost ruční editace špatně odměřených bodů. To docílíte tak, že zaškrtnete políčko „Show editor“ v pravé spodní části okna programu. Po otevření PLP-Editoru si natáhnete souřadnice vykresleného grafu pomocí „Get values from the plot“, zeditujete ty body, které jsou evidentně mimo očekávání a přenesete zpět do vyzařovací charakteristiky pomocí „Update the plot“. Nutno říci, že i na toto autor programu pamatoval a doplnil funkci „De-Spike“, která má filtrovat šumy vzniklé elektrickým rušením. Použít můžete také „vyhlazovač“ „Smooth“, který aproximuje chybné body zpřůměrováním sousedních hodnot.

Funkce, kterou postrádám, je možnost vykopírovat/exportovat odměřené body z tabulky do MS Excelu, aby pak bylo možno s údaji dále pracovat. Snad se toho dočkáme v další verzi programu.



Obr. 3. Chybně odměřená charakteristika způsobená špatným nastavením programu.

Další možnosti měření

Problematické zjišťování reálného průběhu směrových charakteristik se věnuje článek [2], publikovaný v časopisu Funkamateu. Autor Manfred Saltzwedel, OH/DK4ZC, v něm popisuje software využitelný ke stejnému účelu, SMeterLite [3]. Program spolupracuje se zařízením přes rozhraní CAT, při použití dat s „hloubkou“ 8 bit je úhlové rozlišení 1,4 úhlového stupně, u dat šířky 4 nebo 5 bit je ale rozlišení horší než cca 10°. Program SMeterLite proto spolupracuje pouze s některými transceivery. Výstupem programu může být malé „okno“ S–metru, ale také přímo směrový diagram v polárním tvaru, získaný příjmem externího zdroje signálu – vysílače. Protože program pracuje s reálným výstupem S–metru přijímače, projevují se ve výsledku různé rušivé vlivy – QSB, poruchy, kolísání síly vlastního signálu apod. Dynamický rozsah – asi 30 dB – není zvláště široký, což může být pro některé účely nedostatečné. Program lze stáhnout a používat zdarma pro osobní a nekomerční využití. V článku je popsán také zde popisovaný program PolarPlot.

Závěr

Cílem článku bylo představit řešení, které umožní s minimálními pořizovacími náklady odměřit reálný vyzařovací diagram RX/TX antény. Na trhu existují různá typy S– a Power–metrů, které dokáží vykreslit vyzařovací charakteristiku s určitou přesností. Ale uživatelsky nejdostupnější je jednoduchá softwarová aplikace PolarPlot, která umožní vykreslit reálnou vyzařovací charakteristiku podle výše popsaného návodu bez jakýchkoliv zvláštních měřících přístrojů. Všele doporučuji k odzkoušení.

[1] G4HFQ Software. <http://www.g4hfq.co.uk>

[2] M. Saltzwedel, OH/DK4ZC: Realistische Strahlungsdiagramme. CQ DL 7/2009, s. 488–490

[3] W8WWV: S Meter Lite Software. <http://www.seed-solutions.com/gregordy/Software/SMeterLite.htm>

[4] Fox Delta. <http://www.foxdelta.com/products/pm3.htm>

[5] Sam Lewallen, W7EL: EZNEC Antenna Software by W7EL. <http://www.eznec.com/>

[6] Makoto Mori, JE3HHT, Alex Schewelew, DL1PBD, Igor Gontcharenko, DL2KQ: MMANA GAL – (MMANA): Multilingual MM Antenna Analyzer. <http://mmhamsoft.amateur-radio.ca/mmana/>

<9100>🌐