

# NÁVRH A OPTIMALIZACE TRYCHTÝŘOVÝCH ANTÉN V PROGRAMU FEMLAB

*P. Chmela, Z. Raida*

FEKT, VUT v Brně, Ústav radioelektroniky  
Purkyňova 118, 602 00 Brno

Článek pojednává o návrhu trychtýřových antén v programu FEMLAB a jejich optimalizaci vybranými globálními optimalizačními metodami (využívány byly genetické algoritmy). Jako kritérium optimality byla zvolena shoda směrových charakteristik antény se směrovými charakteristikami požadovanými. Výsledky optimalizací byly ověřeny v programu CST Microwave Studio.

## 1 ÚVOD

Antény pracující v oblasti mikrovlnných kmitočtů jsou nedílnou součástí dnešní telekomunikační techniky, a to od radioreléových spojů až po kosmické spoje. Dominantní zastoupení v oblasti centimetrových vln mají aperturové antény. Mezi nejpoužívanější aperturové antény patří bezesporu trychtýřové antény s různým provedením trychtýře. Typickým příkladem trychtýřové antény je např. primární zářič pro parabolické reflektory.

Analytický popis výše zmíněných antén není obecně znám, a proto využíváme numerický model vytvořený pomocí programu FEMLAB. Návrh trychtýřové antény vznikl spojením modelu z programu FEMLAB a vybraných optimalizačních metod v programu MATLAB. Trychtýřové antény modelované v programu FEMLAB byly uloženy jako m-file a výsledky jejich analýz (směrových charakteristik) byly exportovány do MATLABu pomocí funkce

[H,DATA] = POSTCROSSPLOT.

Směrová charakteristika v programu FEMLAB je chápána jako průměrná hodnota výkonu vyzářeného anténou do daného směru.

U navrhovaných antén byly při optimalizaci měněny délka trychtýře  $L'$  a úhel rozevření  $\alpha$ . Ověření výsledků bylo následně provedeno v programu CST MICROWAVE STUDIO.

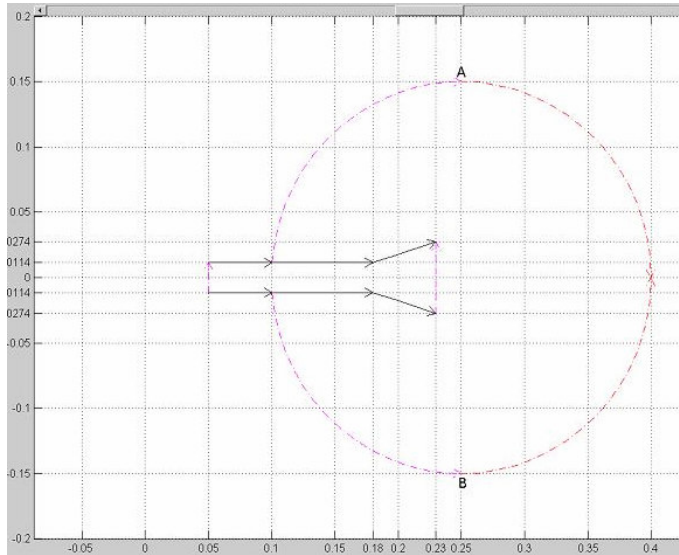
## 2 TRYCHTÝŘOVÁ ANTÉNA S OBDÉLNÍKOVÝM PRŮŘEZEM VLNOVODU

První anténa byla napájena obdélníkovým vlnovodem R100 ( $a = 22,86$  mm,  $b = 10,16$  mm), který se následně rozšiřoval do plochého trychtýře (obr. 1). Pracovní kmitočet byl stanoven na  $f = 10$  GHz, což zaručuje, že se vlnovodem bude šířit pouze dominantní vid  $TE_{10}$ .

Při hledání ideálního průběhu směrové charakteristiky genetickými algoritmy byly nejprve

zvoleny intervaly, ve kterých budou generováni noví jedinci. Interval pro délku trychtýře byl stanoven v rozmezí (0,045m;0,075 m), interval pro úhel rozevření trychtýře v rozmezí (25°; 45°).

Z přibližně dvaceti optimalizací byl vybrán nejlepší průběh směrové charakteristiky, jenž byl dosažen při počtu generací  $G = 9$  a počtu jedinců  $I = 7$ . Průběh směrové charakteristiky je na obr. 2, výsledek ověření optimalizace v programu CST je na obr. 3.



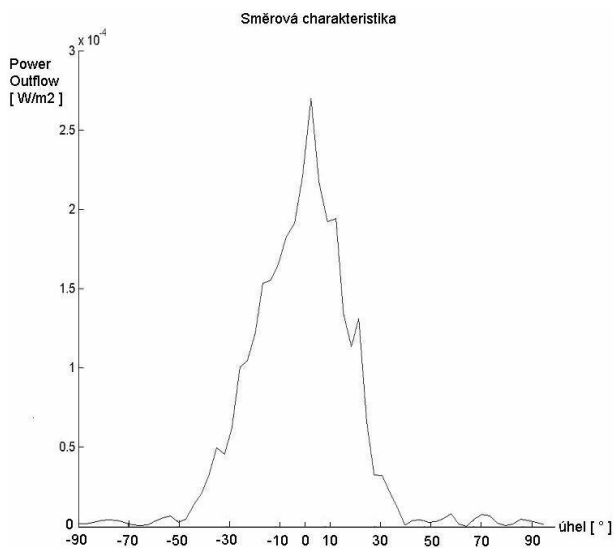
Obr. 1 Model trychtýřové antény v programu FEMLAB

Rozměry antény (program MATLAB):

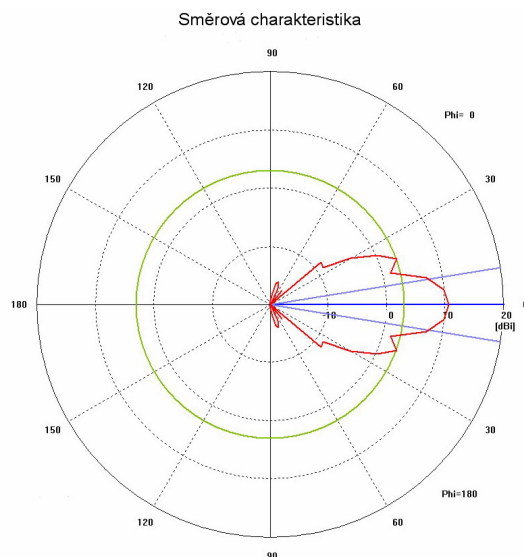
- délka trychtýře :  
 $L' = 0,0513 \text{ m}$
- úhel rozevření trychtýře :  
 $\alpha = 39,26^\circ$

Směrové parametry (program CST):

- absolutní činitel směrovosti :  
 $D = 10,52 \text{ dBi}$
- absolutní zisk :  
 $G = 13,45 \text{ dB}$
- šířka hlavního laloku v rovině:  
XZ :  $\theta = 19,0^\circ$   
YZ :  $\theta = 21,1^\circ$



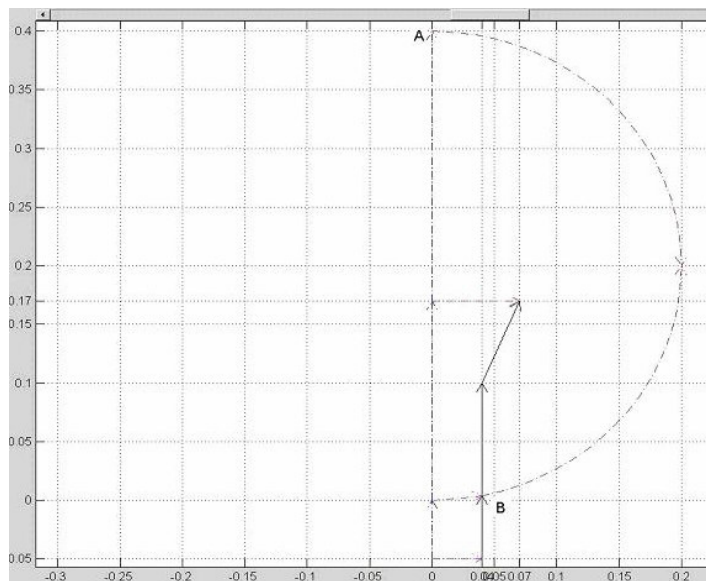
Obr. 2 Směrová charakteristika v programu FEMLAB (průměrný vyzářený výkon antény do daného směru)



Obr. 3 Směrová charakteristika v programu CST v rovině XZ

### 3 TRYCHTÝŘOVÁ ANTÉNA S KRUHOVÝM PRŮŘEZEM VLNOVODU

Pro druhou anténu byl vybrán kruhový vlnovod o průměru 80 mm (obr. 4) a pracovní kmitočet byl stanoven na  $f = 2,5$  GHz kvůli záruce jednovidového přenosu. Intervaly byly stanoveny následovně: délka trychtýře (0,06m; 0,09m), úhel rozevření trychtýře ( $45^\circ$ ;  $70^\circ$ ). Stejně jako u předchozího modelu byl vybrán nejlepší průběh směrové charakteristiky, jenž byl dosažen při počtu generací  $G = 10$  a počtu jedinců  $I = 7$ . Průběh směrové charakteristiky je na obr. 5, výsledek ověření optimalizace v programu CST je na obr. 6.



Obr. 4 Model trychtýřové antény v programu FEMLAB

Rozměry antény (program MATLAB):

- délka trychtýře :

$$L' = 0,084 \text{ m}$$

- úhel rozevření trychtýře :

$$\alpha = 65,90^\circ$$

Směrové parametry (program CST):

- absolutní činitel směrovosti :

$$D = 10,50 \text{ dBi}$$

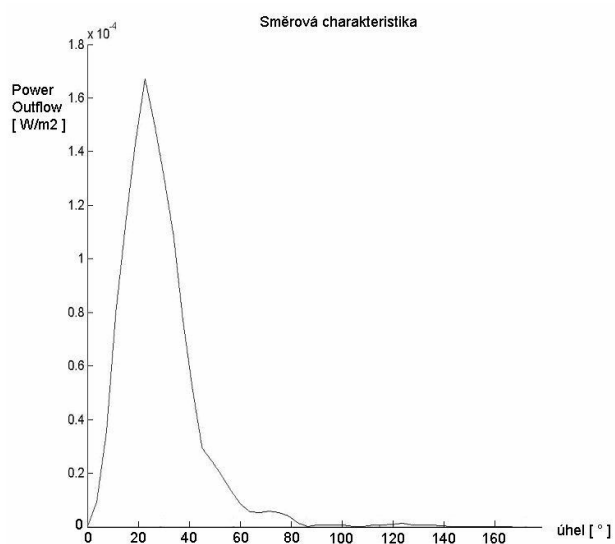
- absolutní zisk :

$$G = 13,50 \text{ dB}$$

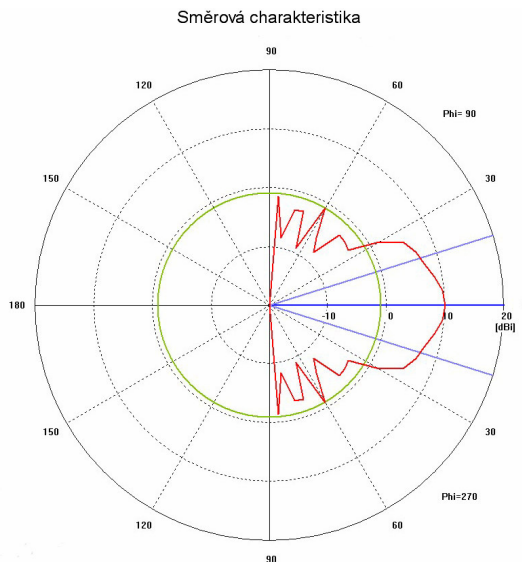
- šířka hlavního laloku v rovině :

$$XZ : \theta = 33,5^\circ$$

$$YZ : \theta = 32,3^\circ$$



Obr. 5 Směrová charakteristika v programu FEMLAB (průměrný vyzářený výkon antény do daného směru)



Obr. 6 Směrová charakteristika v programu CST v rovině XZ

Analýzy kruhového vlnovodu v programu FEMLAB lze docílit pouze s použitím osy symetrie, která způsobí deformaci průběhu směrové charakteristiky právě v okolí osy souměrnosti v rozsahu  $0^\circ \pm 15^\circ$ . Zde nabývá jen minimálních vypočtených hodnot, ačkoli ve skutečnosti je v ose maximum vyzářeného výkonu. Je to způsobeno rozložením buzení čelní hrany vlnovodu: rozdělením vlnovodu na dvě samostatné poloviny podél osy symetrie se projeví nulová intenzita elektrického pole po stranách vlnovodu, a tedy nově i v ose vlnovodu.

#### 4 ZÁVĚR

Návrh obou typů trychtýřových antén s obdélníkovým a kruhovým průřezem vlnovodu byl simulován v programu FEMLAB a jejich model následně importován do programu MATLAB. Jelikož program FEMLAB neumožňuje vykreslit přímo směrovou charakteristiku, byla vykreslována průměrná hodnota výkonu vyzářeného anténou do daného směru. To vysvětluje rozdíl a případné neshody mezi směrovou charakteristikou v programu FEMLAB a později zobrazenou charakteristikou téže antény v programu CST MICROWAVE STUDIO. Výraznou slabinou programu FEMLAB se ukázala neschopnost modelovat kruhový vlnovod jako celek, což mělo za následek zásadní deformaci průběhu směrové charakteristiky v okolí osy symetrie vlnovodu.

Oba numerické modely byly úspěšně spojeny s optimalizační metodou využívající genetických algoritmů. Výsledkem byly optimalizované směrové charakteristiky s příslušnými rozměry trychtýřů antény. Vypočtené průběhy směrové charakteristiky byly kontrolovány v programu CST MICROWAVE STUDIO, přičemž byla konstatována dostatečná shoda s předchozími výsledky z programu FEMLAB a vhodnost volby optimalizační metody.

#### LITERATURA

- [1] Černohorský, D., Raida, Z., Škvor, Z., Nováček, Z.: Analýza a optimalizace mikrovlnných struktur, Brno, Nakladatelství VUTIUM, 1999
- [2] FEMLAB Reference Manual, Stockholm: COMSOL, 2001
- [3] Černohorský, D., Raida, Z., Nováček, Z.: Elektromagnetické vlny a vedení, Brno, Nakladatelství VUTIUM, 1999
- [4] Svačina, J., Hanus, S.: Vysokofrekvenční a mikrovlnná technika, Brno, Nakladatelství VUTIUM, 2002
- [5] Černohorský, D., Nováček Z.: Antény a šíření elektromagnetických vln, Brno, VUT, 1989

Petr Chmela  
[xchmel07@stud.feec.vutbr.cz](mailto:xchmel07@stud.feec.vutbr.cz)

Zbyněk Raida  
[raida@feec.vutbr.cz](mailto:raida@feec.vutbr.cz)