

# MULTIOBJEKTIVNÍ SYNTÉZA ŠIROKOPÁSMOVÝCH ANTÉN POMOCÍ GENETICKÝCH ALGORITMŮ VYUŽITÍM MOMENTOVÉ METODY V ČASOVÉ OBLASTI

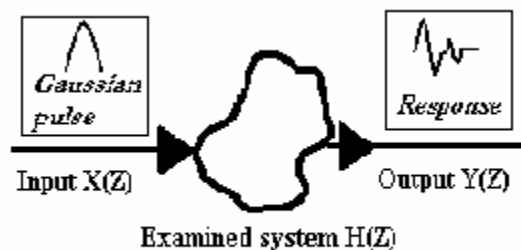
Zbyněk Lukeš, Zbyněk Raida

FEKT, VUT v Brně, Ústav radioelektroniky  
Purkyňova 118, 612 00 Brno

V dnešní době rozvoje komunikačních systémů je potřeba přenášet stále větší množství dat. Z tohoto faktu vyplývá potřeba vyvíjet stále novější přenosové systémy. Jelikož objem přenesených dat je přímo úměrný šířce použitého pásma, je nutno vyvíjet tyto systémy na stále vyšších kmitočtech v širokém spektru kmitočtu.

Jedna z důležitých částí úspěšného návrhu je vhodná volba antén. Na anténní systém jsou kladeny velké požadavky z hlediska širokopásmového přizpůsobení, zisku, směrových charakteristik a mechanických vlastností.

Při analýze těchto širokopásmových struktur je nutno provést analýzu vlastností rychle v širokém pásmu kmitočtů. Výhodné je tyto analyzovat v časové oblasti [1], [2], viz **Obr.1**. Princip metody spočívá v tom, že anténu ozáříme časovým průběhem Gaussova impulsu elektrické intenzity a poté spočítáme časovou proudovou odezvu na tento vstupní signál. Z těchto hodnot můžeme spočítáme pomocí FFT hodnoty vstupního napětí a výstupního proudu v širokém kmitočtovém spektru. Tyto hodnoty nám pak slouží k dopočítání dalších veličin, jako jsou směrové charakteristiky a vstupní impedance.



**Obr. 1** Princip metody

Výhoda této analýzy v časové oblasti jsou především v rychlosti celého výpočtu [2]. Chyba v celém analyzovaném pásmu je do 5 %.

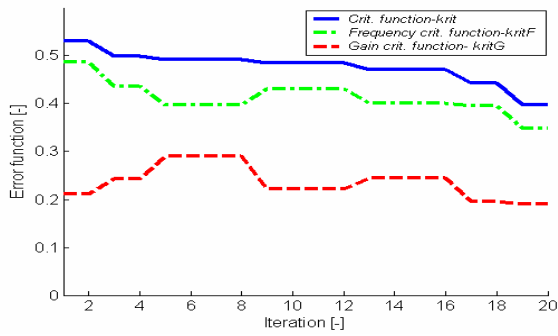
Nyní využijeme tento algoritmus pro vytvoření modelu obecné drátové antény, která má splňovat naše zadání. Zadání pro analýzu je následující: Pomocí genetické optimalizace je třeba navrhnout anténu, která bude co nejlépe přizpůsobená na dvou kmitočtových pásmech 144-146 MHz a 432-435 MHz. Anténa by rovněž měla mít co největší zisk. Nyní definujeme dvě kriteriální funkce [2], které popisují impedanční přizpůsobení a zisk, a to

$$kritF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Z_{if} - Z_0}{Z_{if} + Z_0} \right| \quad \text{a} \quad kritG = \frac{1}{\sum_{i=1}^N G_{N \max}(\varphi, \vartheta) / N} \quad (1), (2)$$

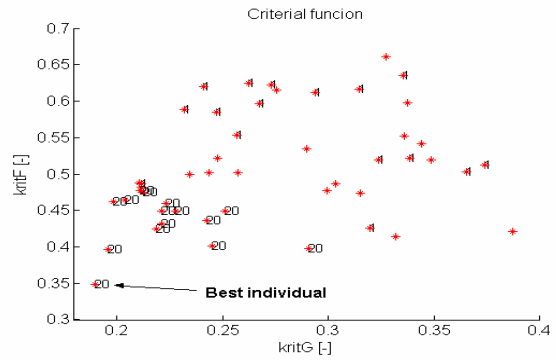
Tyto kriteriální funkce jsou mezi sebou provázány třetí kriteriální (globální) funkcí

$$krit = \sqrt{kritF^2 + kritG^2} \quad (3)$$

Na **Obr. 2** můžeme vidět postupné minimalizování (trénování) kriteriálních funkcí. Na **Obr. 3** je skupina řešení všech jedinců. Výhodou multiobjektivní optimalizace je fakt, že řešení není jedno, ale můžeme ho vybrat z cele množiny řešení.

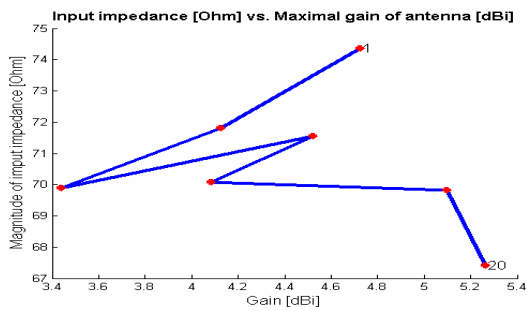


Obr. 2: Kritériální funkce krit, kritF a kritG

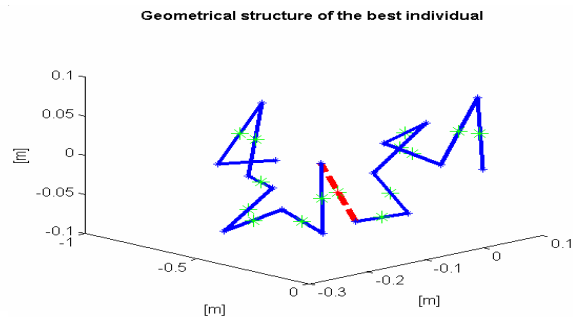


Obr. 3: Kriteriační funkce všech jedinců

V následujících dvou obrázcích můžeme vidět průběh trénování nejlepšího jedince (Obr. 4) a jeho geometrickou strukturu (Obr. 5).

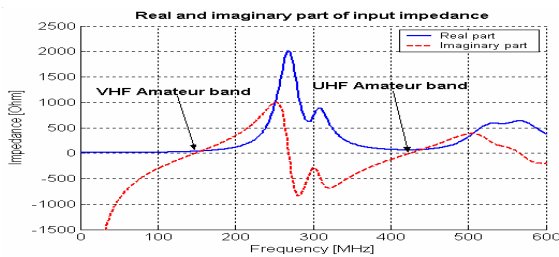


Obr. 4: Vstupní impedance a zisk antény

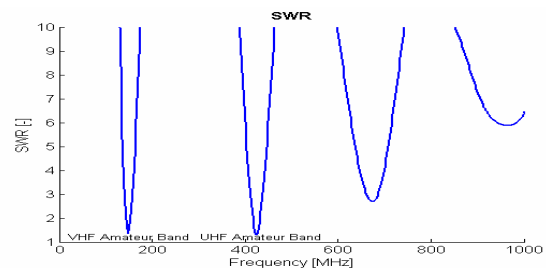


Obr. 5: Geometrie nejlepší antény

Na Obr. 6 je zobrazena vstupní impedance antény a na Obr.7 její poměr stojatých vln.

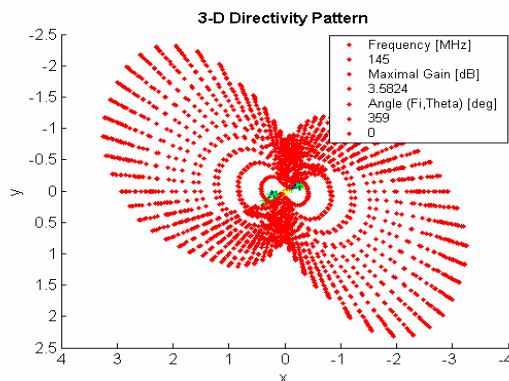


Obr. 6: Vstupní impedance antény

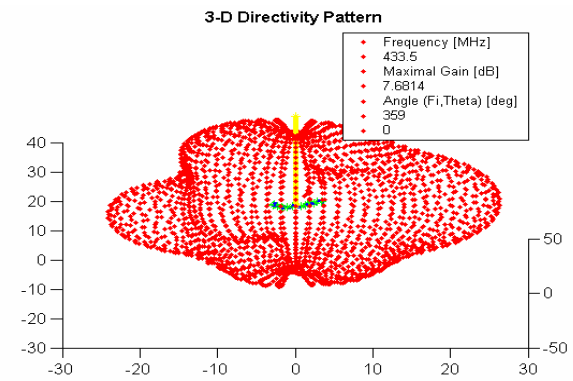


Obr. 7: SWR nejlepšího jedince

Hodnota zisku na VHF bandu byla optimalizována na hodnotu  $G_{max} = 3.582$  dBi a na UHF bandu na hodnotu  $G_{max} = 7.6814$  dBi. Trojrozměrná směrová charakteristika pro tyto kmitočty je zobrazena na Obr. 8 a Obr. 9.



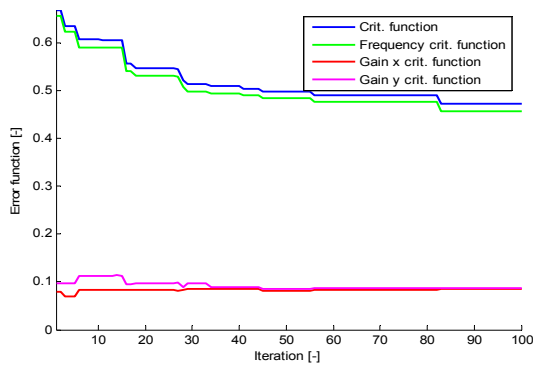
Obr. 8: Směrová charakteristika pro VHF pásmo



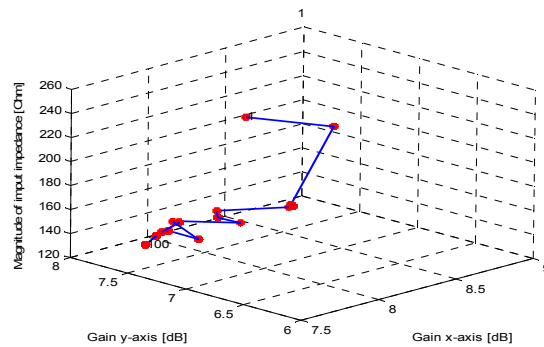
Obr. 9: Směrová charakteristika pro UHF pásmo

V následujícím příkladě je princip multiobjektivní optimalizace aplikován na flíčkovou („pachovou“) planární anténu. Naše zadání je obdobné jako u drátového modelu.

Tento flíček by měl být navrhnut na kmitočtové pásma 2,1 až 2,3 GHz a 5,5 až 5,6 GHz. Pro model může být zkonstruován ze dvou různých materiálů, a to z *Cucladu 217* (tloušťka = 1,54 mm, relativní permitivita  $\epsilon_r = 2,17$  a činitel ztrát  $tg\ \delta = 0,0009$ ) a z kuprextitu *FR4* (tloušťka = 1,5 mm, relativní permitivita  $\epsilon_r = 4,71$  a činitel ztrát  $tg\ \delta = 0,03$ ). Pro optimalizaci je vytvořeno pole buněk 14 x 7 a velikosti buňky 3,3 x 4,7 mm. Optimalizace bude zaměřena na impedanční přizpůsobení v celém požadovaném pásmu (1), maximální zisk ve směru osy  $x$  a maximální zisk ve směru osy  $y$  (2). Na **Obr. 10** je zobrazen průběh kritériálních funkcí a na **Obr. 11** průběh trénování nejlepšího jedince. Na ose  $x$  a  $y$  jsou zisky jedince a na ose  $z$  hodnota vstupní impedance.

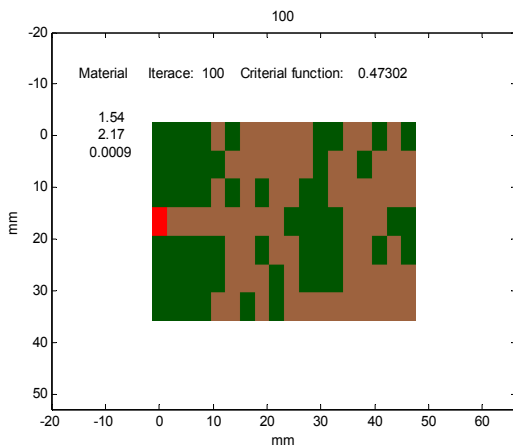


**Obr. 10:** Kritériální funkce  $krit$ ,  $fritF$ ,  $kritGx$  a  $kritGy$

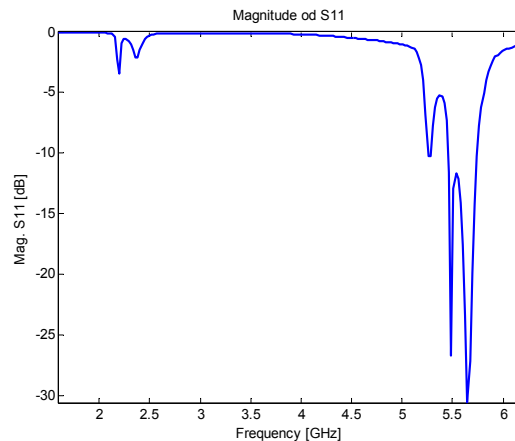


**Obr. 11:** Trénování nejlepšího jedince

Na **Obr. 12** je vidět geometrická struktura nejlepšího jedince. Oranžová barva označuje motiv antény, zelené místa, kde je obrazec vyleptán. Anténa je napájena pomocí mikropáskového vedení, místo napáječe je znázorněno červeně. Na **Obr. 13** je zobrazena hodnota činitele odrazu  $S_{11}$ .



**Obr. 12:** Geometrie planární antény



**Obr. 13:** Průběh činitele odrazu planární antény

Zisk antény ve směru osy  $x$  dosahoval  $G_{max} = 8,78$  dBi a ve směru osy  $y$   $G_{max} = 8,55$  dBi.

## Závěr

V tomto příspěvku je ukázána možnost použití Matlabu na vytváření nových antén, které splňují požadavky zadavatele. Díky značnému zrychlení výpočetní techniky lze používat metody optimalizace, které jsou čím dál více založeny na náhodnosti a značné volnosti návrhu. Díky tomu lze vytvářet antény i bez znalosti anténní techniky, pouze s základními požadavky zadavatele.

## Poděkování

Táto práce vznikla za přispění grantů GAČR číslo **102/03/ H086** a **102/04/1079** a FRVŠ číslo **1626/2004**.

## Kontakt

[lukes@feec.vutbr.cz](mailto:lukes@feec.vutbr.cz), [raida@feec.vutbr.cz](mailto:raida@feec.vutbr.cz)

## Literatura

- [1] RAO, S. M. *Time Domain Electromagnetics*. London: Academic Press, 1999.
- [2] RAIDA, Z., LUKEŠ, Z., LÁČÍK, J., et al. *Analýza mikrovlnných struktur v časové oblasti (Time-domain analysis of microwave structures)*. Brno: VUTIUM Publishing, 2003. 232 pages. ISBN 8-0214-2541-5
- [3] RAHMAT-SAMII, Y., MICHIELSEN, E. *Electromagnetics Optimization by Genetic Algorithms*. New York: John Wiley & Sons, 1999. ISBN 0-471-29545-0.