

VYUŽITÍ MATLABU PŘI OPTIMALIZACI MIKROPÁSKOVÝCH ANTÉN POMOCÍ GENETICKÝCH ALGORITMŮ

Jiří Horák, Zbyněk Lukeš, Zbyněk Raida

FEKT, VUT v Brně, Ústav radioelektroniky

Purkyňova 118, 612 00 Brno

Abstrakt

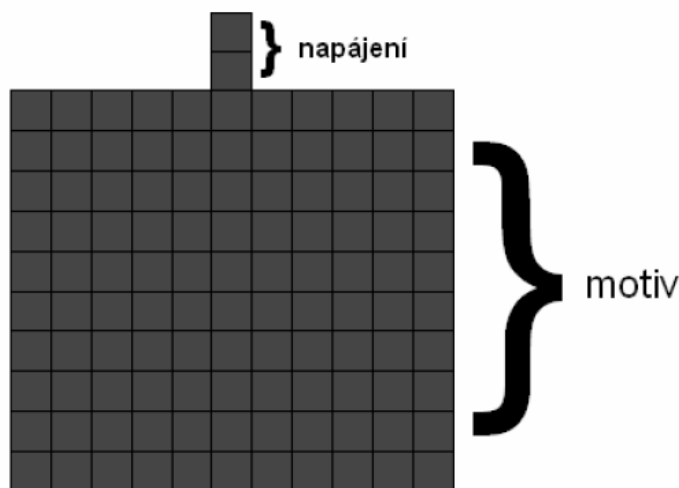
Článek pojednává o využití programu Matlab pro optimalizaci mikropáskových antén pomocí genetických algoritmů. Antény byly optimalizovány na dvou kmitočtech, optimalizačním kritériem bylo impedanční přizpůsobení antén.

Matlab zde sloužil jako řídicí software ovládající program Zeland IE3D, ve kterém se počítá činitel odrazu S_{11} antén, a dále jako prostředek realizující jednotlivé kroky optimalizačního genetického algoritmu. Kód v Matlabu rovněž upravoval soubor ovládající spuštění výpočtu v IE3D, import výstupních hodnot rozptylových parametrů do Matlabu a také generoval první generaci jedinců v genetické optimalizaci.

1 Mikropásková anténa

Počáteční motiv mikropáskové antény (**Obr. 1**) o rozměrech (55 x 50) mm byl rozdělen na stejné čtvercové segmenty s délkou hrany 5 mm. Tyto jednotlivé elementy byly pak podle vygenerovaného náhodného motivu buď ponechány nebo odleptány. Uprostřed delší strany modelu antény se nacházelo napájení mikropáskovým vedením.

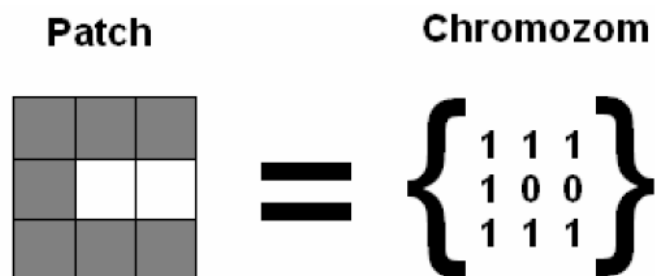
Pro analýzu byly použity dva typy oboustranně pokovených dielektrických materiálů. Tím prvním byl *FR4* s tloušťkou substrátu 1,5 mm ($\epsilon_r = 4,71$; $\tan\delta = 0,03$) a druhým *Cuclad 217* ($\epsilon_r = 4,71$; $\tan\delta = 0,03$), který má tloušťku 1,54 mm. Na takto upravenou mikropáskovou anténu byla aplikována metoda genetických algoritmů a dále byla analyzována v programu IE3D.



Obr 1: Mateřská struktura mikropáskové antény rozdělená na stejné segmenty

2 Genetické algoritmy

Genetické algoritmy (GA) jsou heuristické postupy, pomocí kterých se snažíme najít řešení těžko řešitelných problémů, pro které nejsme schopni vymyslet jednoduchý algoritmus. Genetické algoritmy používají techniky odvozené z biologie jako dědičnost, mutace, přirozený výběr a křížení.



Obr 2: Příklad vytvoření motivu z vygenerovaného chromozomu

Na začátku algoritmu se vygenerovala populace o padesáti jedincích. Každý jedinec obsahoval 111 alel (bitů 0 a 1), kde ta poslední udávala typ dielektrika (0 = FR4, 1 = Cuclad). Prvních 110 alel se rozdělilo na jednotlivé geny po jedenácti prvcích složených v deseti řadách a určujících samotný motiv. Podle umístění jedniček a nul v těchto jedincích byla pak v mateřské struktuře ponechána nebo odstraněna vrstva vodiče („1“ v chromozomu odpovídala prezenci kovu v elementu rovnoměrně rozdělené mateřské struktury; naopak „0“ odpovídala absenci kovu v elementech mateřské struktury viz **Obr. 2**). Takto upravený motiv pro každého jedince jsme nechali analyzovat v programu Zeland IE3D na námi zadaných kmitočtech. Po dokončení výpočetních operací jsme ze získaných výsledků, které byly ve formě amplitudy a fáze rozptylového parametru S11 uloženy v souboru, vypočetli kritériální funkci

$$kritF = kritF(f_1) + kritF(f_2)$$

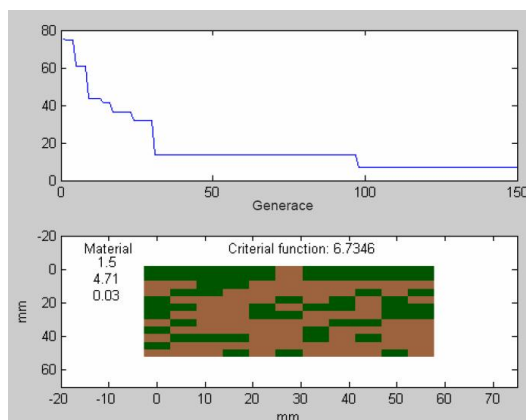
kde
$$kritF(f_1) = \sqrt{(Z_{Re}(f_1) - 50)^2 + (Z_{Im}(f_1) - 0)^2}$$

a
$$kritF(f_2) = \sqrt{(Z_{Re}(f_2) - 50)^2 + (Z_{Im}(f_2) - 0)^2}.$$

V těchto vzorcích pro výpočet kritériálních funkcí na jednotlivých frekvencích označovala veličina $Z(f)$ impedanci, kterou jsme získali ze vztahu

$$Z(f) = Z_0 \frac{1 + r(f)}{1 - r(f)}.$$

kde Z_0 byla charakteristická impedance 50Ω a $\rho(f)$ byl činitel odrazu na jednotlivých kmitočtech. Po získání kritériálních funkcí pro každého jedince z populace bylo provedeno seřazení jedinců v populaci dle velikosti kritériální funkce, která se musela minimalizovat. Tím pádem se na první pozici v populaci dostal jedinec s nejmenší hodnotou kritériální funkce. Až byla populace seřazená od nejmenších hodnot kritériální funkce po největší, provedla se decimace a horší polovina byla nahrazena polovinou lepší. Následovalo křížení, mutace a opakování celého cyklu, dokud se nedosáhlo minimální požadované hodnoty kritériální funkce nebo dokud nebylo dosaženo zadaného počtu iterací.



Obr 3: Průběh funkce kritF a konečný motiv antény

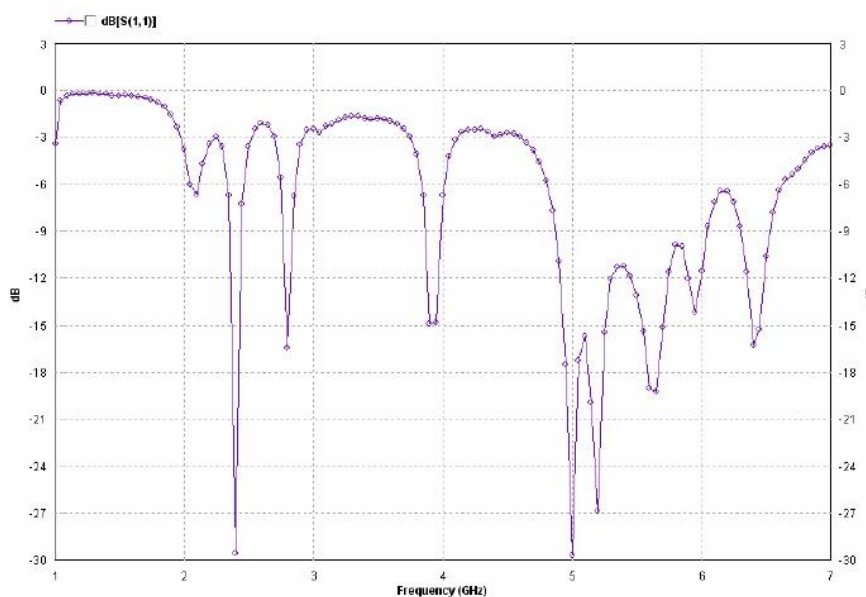
Na obrázku **Obr. 3** je znázorněno, jak klesala hodnota kritériální funkce s počtem generací a konečný motiv antény, kde hnědá barva byla použita pro místa s kovem a zelená pro odleptaný vodič.

3 Výsledky simulací a měření

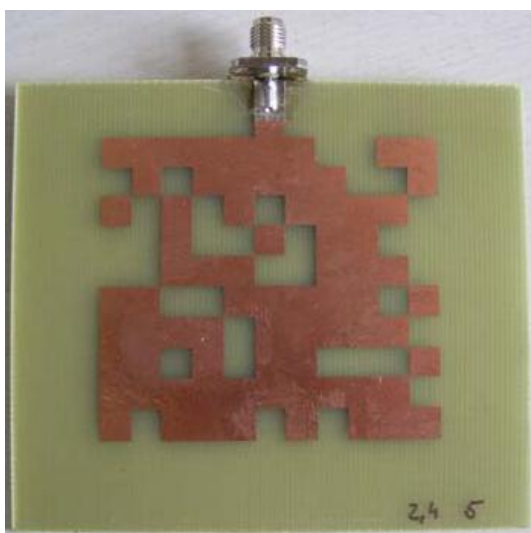
Program v Matlabu spolupracoval s programem Zeland IE3D, který prováděl analýzy motivů antén a poskytoval výsledky o činitele odrazu na vstupu S_{11} . Bylo analyzováno celkem pět antén pro různé dvojice kmitočtů. Zde jsou uvedeny v **Tab. 1** výsledky pouze pro jednu dvojici kmitočtů (2.4 a 5) GHz.

f [GHz]	S_{11} [dB]	Z [Ω]	PSV [-]
2.4	-29.52	52.08	1.069
5	-29.68	51.30	1.068

Tab.1: Výsledné hodnoty pro anténu pracující v pásmech 2.4 GHz a 5 GHz



Obr 4: Křivka parametru S_{11} pro pásma 2.4 GHz a 5 GHz z programu IE3D výsledného motivu mikropáskové antény



Obr 5: Výsledný motiv mikropáskové antény pro pásma 2.4 GHz a 5 GHz

4 Závěr

Náš projekt ukázal, že Matlab bez problému spolupracuje s programem Zeland IE3D při tvarové optimalizaci planárních antén pomocí genetických algoritmů, díky nimž lze vytvořit vícepásmovou planární anténu optimalizovanou podle vstupního činitele odrazu, zisku antény, polarizace a nebo podle požadavků zadavatele.

Poděkování

Táto práce vznikla za přispění grantů GAČR číslo **102/03/ H086** a **102/04/1079** a FRVŠ číslo **2375/2005**.

Literatura

- [1] ČERNOHORSKÝ, D.; RAIDA, Z.; ŠKVOR, Z.; NOVÁČEK, Z. *Analýza a optimalizace mikrovlnných struktur*. Brno : VUTIUUM, 1999. ISBN 80-214-1512-6
- [2] PROCHÁZKA, Miroslav *Antény – Encyklopedická příručka*. 2. vyd., Praha : BEN – technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-028-8.
- [3] JOHNSON, J. Michael; RAHMAT-SAMII, Yahya. Genetic Algorithms and Method of Moments (GA/MOM) for the Design of Integrated Antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, October 1999, vol. 47, no. 10
- [4] POZAR, D. M.; SCHAUBERT, D. H. *Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays*. Piscataway : IEEE Press, 1995.

Jiří Horák
xhorak23@stud.feec.vutbr.cz

Zbyněk Lukeš
lukes@feec.vutbr.cz

Zbyněk Raida
raida@feec.vutbr.cz