

# PREFRACTAL FREQUENCY SELECTIVE SURFACE FOR DUAL-POLARIZED MULTIBAND APPLICATIONS

Martin ŠTUMPF, Bachelor Degree Programme (3)  
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT  
E-mail: xstump00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Ivo Hertl

## ABSTRACT

In this paper the fractal geometry is applied to loop frequency selective surfaces (FSS). Koch fractal is used for all tested FSS's. All surfaces are analyzed in ANSOFT Designer. Changes in the frequency properties of the FSS are shown and summarized in the conclusion of the text.

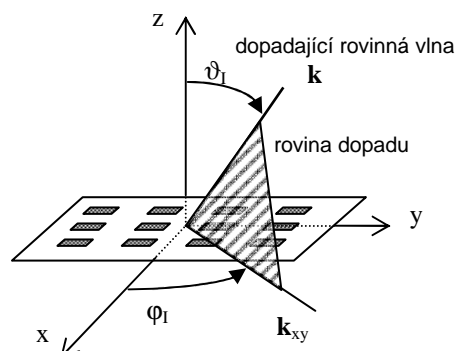
## 1 ÚVOD

Frekvenčně selektivní povrchy (Frequency Selective Surfaces - FSS) jsou realizovány dielektrickou deskou, která má na své lící straně většinou ekvidistantně periodicky rozmístěny planární vodivé elementy (obr. 1). Rubová strana dielektrické desky je bez pokovení [1].

Dopadající harmonické vlny ( $E^i$ ) jsou v závislosti na jejich kmitočtu částečně nebo pouze s malým útlumem propouštěny v přímém směru ( $E^t$ ), některé částečně nebo zcela odráženy do směru z kterého dopadají ( $E^r$ ) [1].

Frekvenčně selektivní povrchy jsou zpravidla charakterizovány kmitočtovou závislostí modulu a argumentu činitele odrazu definovaného jako poměr elektrické intenzity odražené a dopadající vlny  $\Gamma = E^r / E^i$ . Podobně můžeme definovat činitel prostupu jako poměr elektrických intenzit průchozí a dopadající vlny  $\tau = E^t / E^i$  [2].

Systém iterovaných funkcí (IFS) je metoda využitá pro generaci Kochovy křivky. Generace tohoto fraktálu je popsána následujícími transformacemi [3]:



Obr. 1: Frekvenčně selektivní povrch

$$W_1 \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}, \quad W_2 \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \cos 60^\circ & -\frac{1}{3} \sin 60^\circ \\ \frac{1}{3} \sin 60^\circ & \frac{1}{3} \cos 60^\circ \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1a,b)$$

$$W_3 \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \cos 60^\circ & \frac{1}{3} \sin 60^\circ \\ -\frac{1}{3} \sin 60^\circ & \frac{1}{3} \cos 60^\circ \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \sin 60^\circ \end{pmatrix}, \quad W_4 \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1c,d)$$

$$W(A) = W_1(A) \cup W_2(A) \cup W_3(A) \cup W_4(A) \quad (1e)$$

## 2 ROZBOR

Funkce pro generaci Kochova fraktálu jsou aplikovány na čtverec o délce strany  $a = 49$  mm a šíře čáry  $w = 1$  mm (obr. 2a). Buňka analyzovaného FSS je čtvercová o délce strany 55 mm. Analyzované motivy jsou na dielektrické desce Rogers RT/duroid 5880 (tm) o tloušťce  $h = 1.6$  mm a  $\varepsilon_r = 2.2$ . Dopadající rovinná elektromagnetická vlna má parametry  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\vartheta = 0^\circ$ .

## 3 VÝSLEDKY ANALÝZY

FSS se čtvercovým vodivým elementem vykazuje jedno pásmo nepropustnosti na kmitočtu  $f_0 = 1.25$  GHz (obr.2a). Poměr kmitočtu ležícího ve středu pásma nepropustnosti  $f_0$  a šířky pásma  $B_{10}$  pro pokles činitele prostupu  $s_{12}$  o -10dB je:

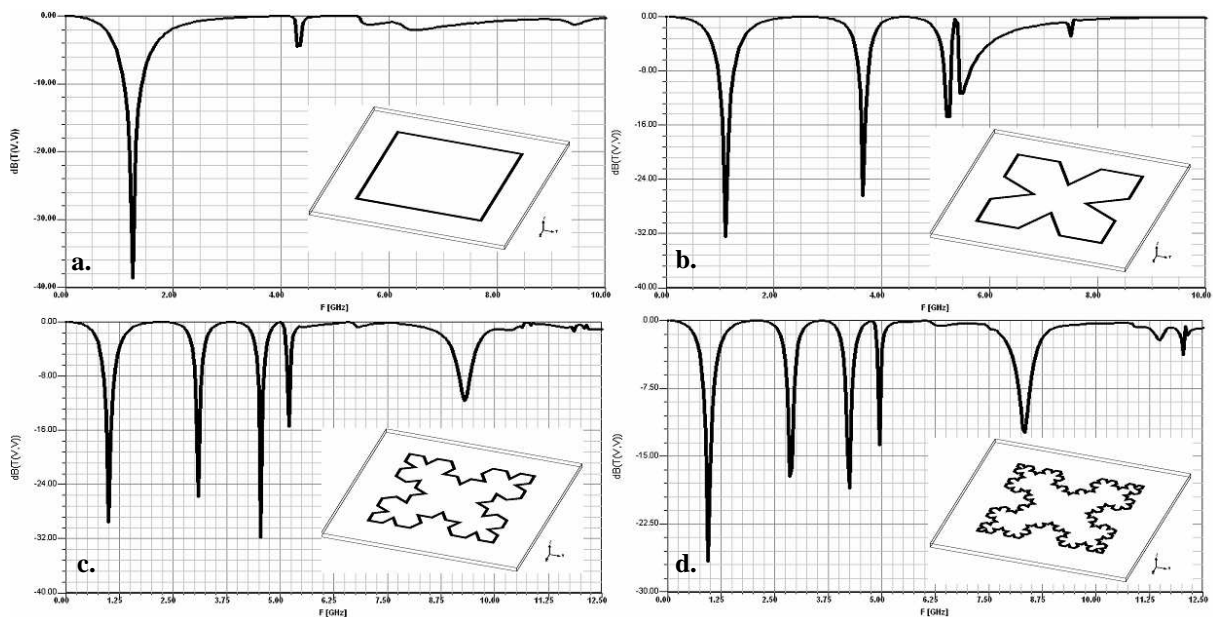
$$p = \frac{B_{10}}{f_0} \cdot 100\% = \frac{(1.42 - 1.09) \text{GHz}}{1.25 \text{GHz}} \cdot 100\% = 26.39\% \quad (2)$$

Aplikací iteračních funkcí Kochova fraktálu na čtverec vznikne FSS uvedený na obr. 2b. Tento FSS vykazuje dvě výrazná pásma nepropustnosti s minimy přes -20dB se středy na na frekvencích  $f_1 = 1.10$  GHz,  $f_2 = 3.65$  GHz a dvě méně výrazná, téměř se překrývající, pásma nepropustnosti s poklesy cca -10dB na frekvencích  $f_3 = 5.25$  GHz,  $f_4 = 5.50$  GHz. Poměry šířek pásem  $B_{10}$  a středních kmitočtů a jsou  $p_1 = 20.92\%$ ,  $p_2 = 3.84\%$ ,  $p_3 = 1.90\%$ ,  $p_4 = 2.0\%$ .

Druhá iterace Kochova fraktálu aplikovaná na čtverec je zobrazena na obr. 2c. FSS s tímto motivem vykazuje již 5 pásem nepropustnosti na frekvencích  $f_1 = 1.00$  GHz,  $f_2 = 3.10$  GHz,  $f_3 = 4.55$  GHz,  $f_4 = 5.20$  GHz,  $f_5 = 9.30$  GHz (obr.2c). Došlo zde oproti předchozí iteraci k přidání dalšího pásma nepropustnosti na  $f_5$  a oddálení pásem  $f_3$  a  $f_4$ . Poměry šířek pásem a středních kmitočtů a jsou :  $p_1 = 15.02\%$ ,  $p_2 = 3.87\%$ ,  $p_3 = 2.42\%$ ,  $p_4 = 0.96\%$  a  $p_5 = 1.51\%$ .

Třetí iterace Kochova fraktálu (obr. 2d) již nevykazuje další (šesté) pásmo nepropustnosti. Toto pásmo se pravděpodobně nachází na vyšší frekvenci než je frekvence nástupu vybuzení parazitních vidů (grating lobes), tzn. další vyšší iterace již nepřinesou další pásma nepropustnosti, dojde k pouze posunům jednotlivých pásem a ke zvětšení modulu činitele prostupu. Rezonanční frekvence tohoto FSS jsou :  $f_1 = 0.95$  GHz,  $f_2 = 2.85$  GHz,  $f_3 = 4.25$  GHz,  $f_4 = 4.95$  GHz,  $f_5 = 8.35$  GHz. Z těchto frekvencí je zřejmé, že došlo oproti předchozímu motivu (2.iterace) ke zvýšení poměrů šířek pásma a rezonančních frekvencí :  $p_1 = 18.94\%$ ,  $p_2 = 4.91\%$ ,  $p_3 = 2.82\%$ ,  $p_5 = 1.92\%$ . Pouze na čtvrtém lokálním minimu

frekvenční závislosti  $s_{12}$  došlo k poklesu poměru  $p_4 = 0.81\%$  z hodnoty  $p_4 = 0.96\%$ .



**Obr. 2:** Modul činitele prostupu. Na prvním obrázku zleva je výsledek analýzy pro smyčkový FSS tvořený počátečním útvarem pro generaci Kochova fraktálu (a). Dále jsou zobrazeny činitelé prostupu pro první (b), druhou (c) a třetí iteraci (d) Kochova fraktálu (po řádcích zleva).

## 4 ZÁVĚR

Motiv smyčkového FSS vytvořeného iteračními funkcemi Kochova fraktálu ze čtverce vykazoval již u druhé iterace pět výrazných pásem nepropustnosti. Další výhodou tohoto motivu je jeho symetrie, což má za následek shodné vlastnosti pro rovnoběžnou a kolmou polarizaci dopadající rovinné elektromagnetické vlny a dobré selektivní vlastnosti vyjádřené poměry šířek pásem  $B_{10}$  a středních kmitočtů.

Z výsledků analýzy vyplývá, že s rostoucím počtem iterací roste počet pásem FSS (do vybudění parazitních vidů), dochází k mírnému poklesu rezonančních frekvencí a ke zlepšení selektivních vlastností FSS.

## LITERATURA

- [1] Černohorský, D., Raida Z., Škvor, Z., Nováček, Z.: Analýza a optimalizace mikrovlnných struktur. Brno: VUTIUM, 1999, ISBN 80-214-1512-6
- [2] Munk, B. A.: Frequency Selective Surfaces – Theory and Design. Wiley, New York, 2000, ISBN 0-471-37047-9
- [3] Vinoy, K. J., Abraham, J. K., Varadan, V. K.: On the relationship between fractal dimension and the performance of multi-resonant dipole antennas using Koch curves, IEEE Transactions on Antennas Propagation, vol. 51, pp. 2296 - 2303, September 2003.