

6.1 Analýza kmitočtově selektivních povrchů

Program v Matlabu

V počítačovém programu na analýzu frekvenčně selektivních povrchů s obdélníkovými elementy je v prostředí Matlab implementována spektrální momentová metoda. Tento program je sestaven z několika samostatných m-files, které jsou po zadání vstupních proměnných a požadavku na výpočet volány. Jsou využity matlabovské vícerozměrné pole a vnořené cykly. Celý program je ovládán z uživatelsky výhodného GUI rozhraní.

Popis programu

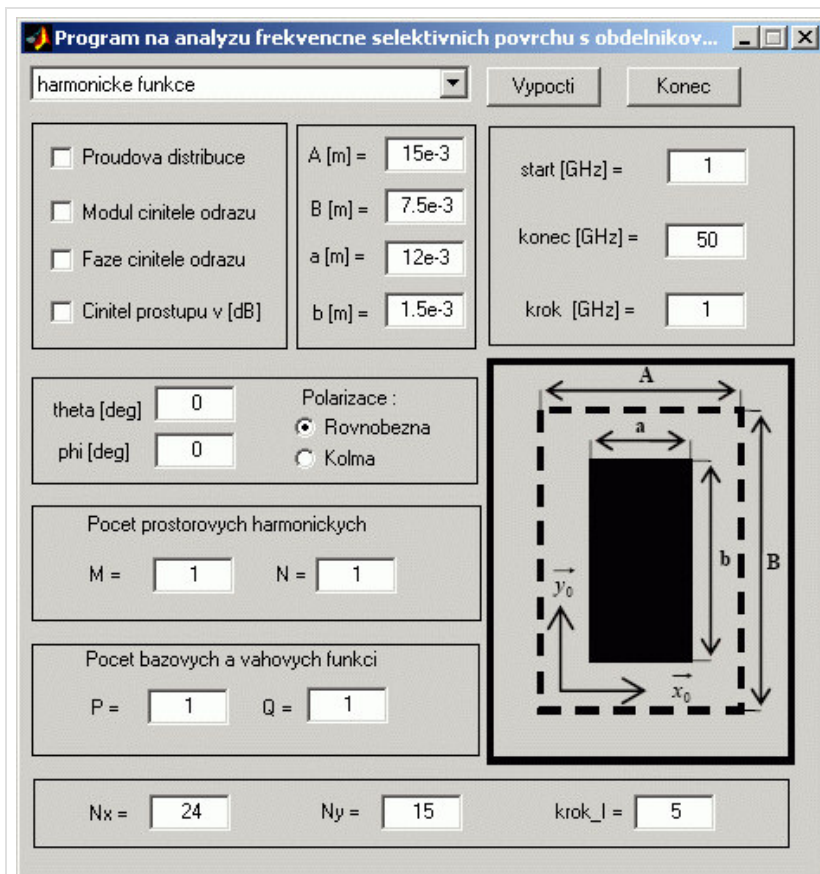
Počítačový program pro analýzu frekvenčně selektivních povrchů s obdélníkovými elementy umožňuje výpočet modulu a fáze činitele odrazu, výpočet činitele prostupu v dB a proudové distribuce na vodivých elementech povrchu. K výpočtu těchto parametrů selektivních povrchů využívá spektrální momentovou metodu. Pro aproximaci rozložení vektoru proudové hustoty využívá dvou typů bazových funkcí, které lze vybrat po spuštění programu pomocí roletového menu v horní části okna (obr. 6.1C.1).

Úvodní okno programu dále obsahuje políčka pro zadání rozměrů buňky a vodivého elementu. Význam symbolů u těchto políček je objasněn pomocí obrázku, který znázorňuje buňku a vodivý element selektivního povrchu. V pravé části okna jsou umístěny políčka pro zadání kroku a intervalu v němž chceme daný povrch analyzovat. Program umožňuje výběr polarizace a směr šíření dopadající vlny. Parametr označený theta označuje úhel, který svírá směr šíření dopadající vlny s osou z, parametr phi pak značí úhel mezi průmětem směru šíření do roviny xy a osou x. Políčka označené M, N udávají počet prostorových harmonických

použitých ve výpočtech. Hodnoty označené symboly P, Q určují stupeň bazových funkcí, které použijeme pro aproximaci vektoru proudové hustoty. V případě harmonických bazových funkcí P udává počet půlvln ve směru osy x, Q pak počet půlvln ve směru osy y. V dolní části okna jsou políčka na nastavení parametrů zobrazení proudové distribuce. Parametry Nx, Ny udávají počet dílů ve směru osy x a ve směru osy y, ve kterých je vykreslen vektor proudové hustoty. S jakým frekvenčním krokem se mají proudové distribuce vykreslovat určuje parametr označený krok_I zadávaný v GHz. Jsou-li zmíněné vstupní proměnné zadány, nezbyvá než zvolit pomocí příslušného checkboxu parametr, jež chceme pomocí programu vypočítat a výpočet spustit kliknutím na tlačítko **Vypočti**. Činnost programu je ukončena kliknutím na tlačítko **Konec**.

Výsledky analýzy

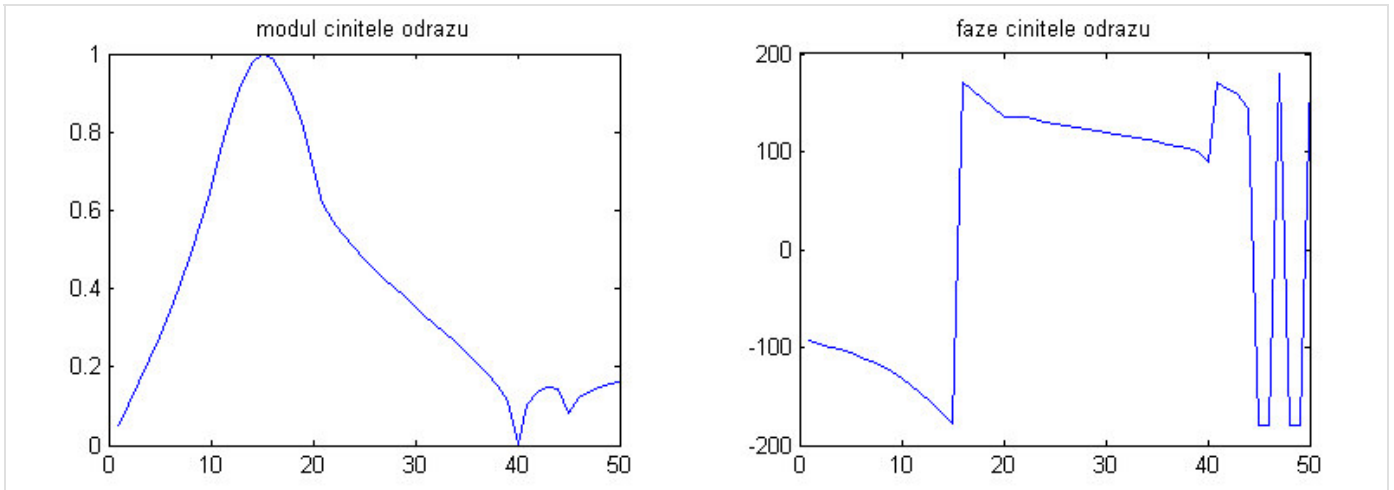
V této části je analyzován frekvenčně selektivní povrch s obélníkovým motivem pomocí programu vytvořeného v Matlabu a pomocí programu ANSOFT Designer. Výsledky analýzy a potřebný výpočetní čas jsou vzájemně srovnány. Analyzovaný frekvenčně selektivní povrch má rozměry buňky $A = 15$ mm, $B = 7.5$ mm, rozměry vodivého elementu jsou $a = 12$ mm, $b = 1.5$ mm. Vypočtený modul a fáze činitele odrazu pomocí programu napsaného v Matlabu jsou na obr. 6.1C.2 a v ANSOFT Designer jsou znázorněny na obr. 6.1C.3. Výpočet byl proveden pro rovnoběžnou polarizaci s orientací dopadající vlny $\varphi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ$ v rozsahu kmitočtů ($5 \div 50$) GHz s krokem 1GHz. Uvažovali jsme $M = N = P = Q = 1$. Porovnáme-li vypočtené průběhy, zjistíme, že se téměř shodují. Zvýšíme-li počet uvažovaných harmonických na $M = N = 5$ a stupeň bazových funkcí na $P = Q = 4$ dojdeme k výsledkům zobrazeným na obr. 6.1C.4. Porovnáním výsledků analýzy zobrazených na obr. 6.1C.2 a obr. 6.1C.4 dojdeme k závěru, že nebylo nezbytně nutné zvyšovat počet prostorových harmonických a stupeň bazových funkcí. Při analýze se snažíme využít co nejmenší počet prostorových harmonických a bazových funkcí, čímž výrazně snížíme výpočetní čas. Výpočetní časy analýzy programu v Matlabu pro harmonické bazové funkce a pro bazové funkce s Čebyševovými polynomy jsou srovnány v tab. 1. Výpočetní doba analyzovaného povrchu v ANSOFT Designer činí přibližně $t = 149$ sec. Obdobné výsledky jsme z matlabovského programu získali za $t = 1.6$ sec (obr. 6.1C.2 a 3). Je však třeba brát v úvahu fakt, že v ANSOFT Designeru je po ukončení běhu analýzy dostupný činitel odrazu, činitel prostupu i proudové distribuce zároveň pro obě možné polarizace dopadající elektromagnetické vlny. Na obr. 6.1C.5 jsou vyneseny naměřené výpočetní časy v závislosti na parametru $n = (M = N = P = Q)$ pro oba typy použitých bazových funkcí. Z těchto průběhů je patrné, že výpočetní čas roste s parametrem n téměř exponenciálně. Výpočetní náročnost bazových funkcí s Čebyševovými polynomy je nižší než výpočetní náročnost harmonických bazových funkcí.



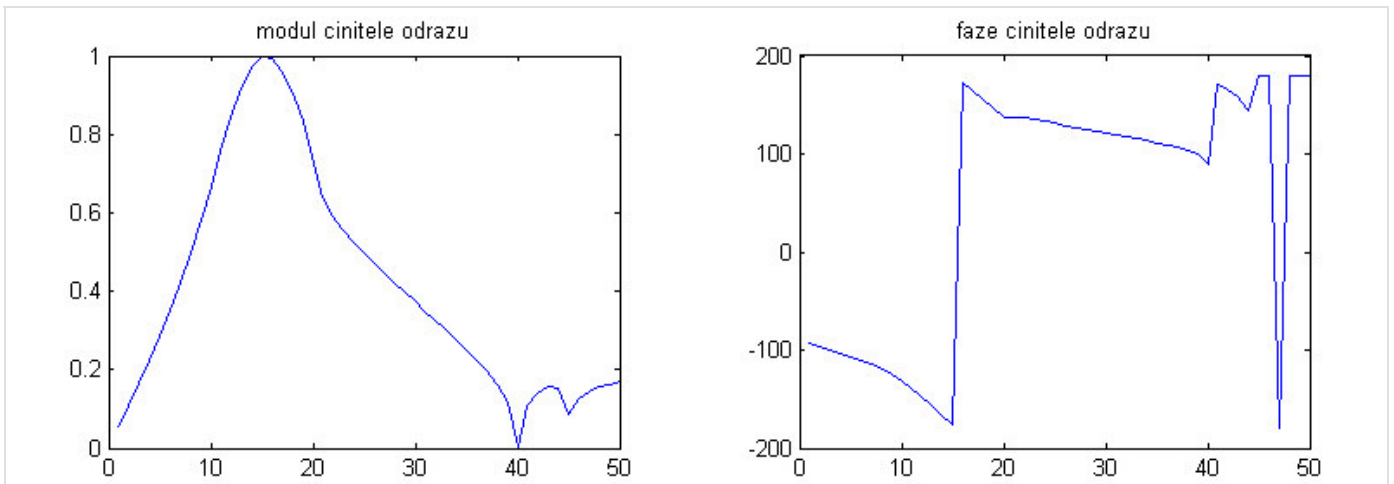
Obr. 6.1C.1 Uživatelské rozhraní programu na analýzu frekvenčně selektivních povrchů

Tab. 6.1C.1 Srovnání výpočetního času programu pro bazové funkce s Čebyševovými polynomy a pro harmonické bazové funkce. Parametr n je roven $M = N = P = Q$. Výpočetní čas byl měřen při analýze frekvenčně selektivního povrchu v rozsahu ($1 \div 50$) GHz s krokem 1 GHz.

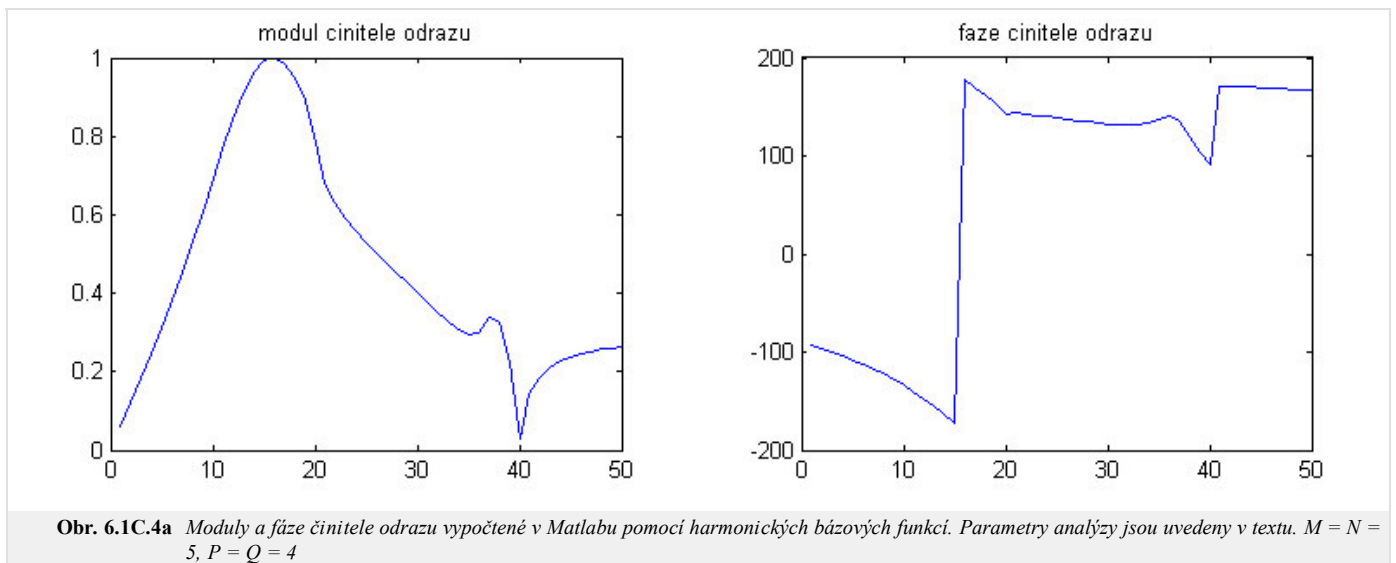
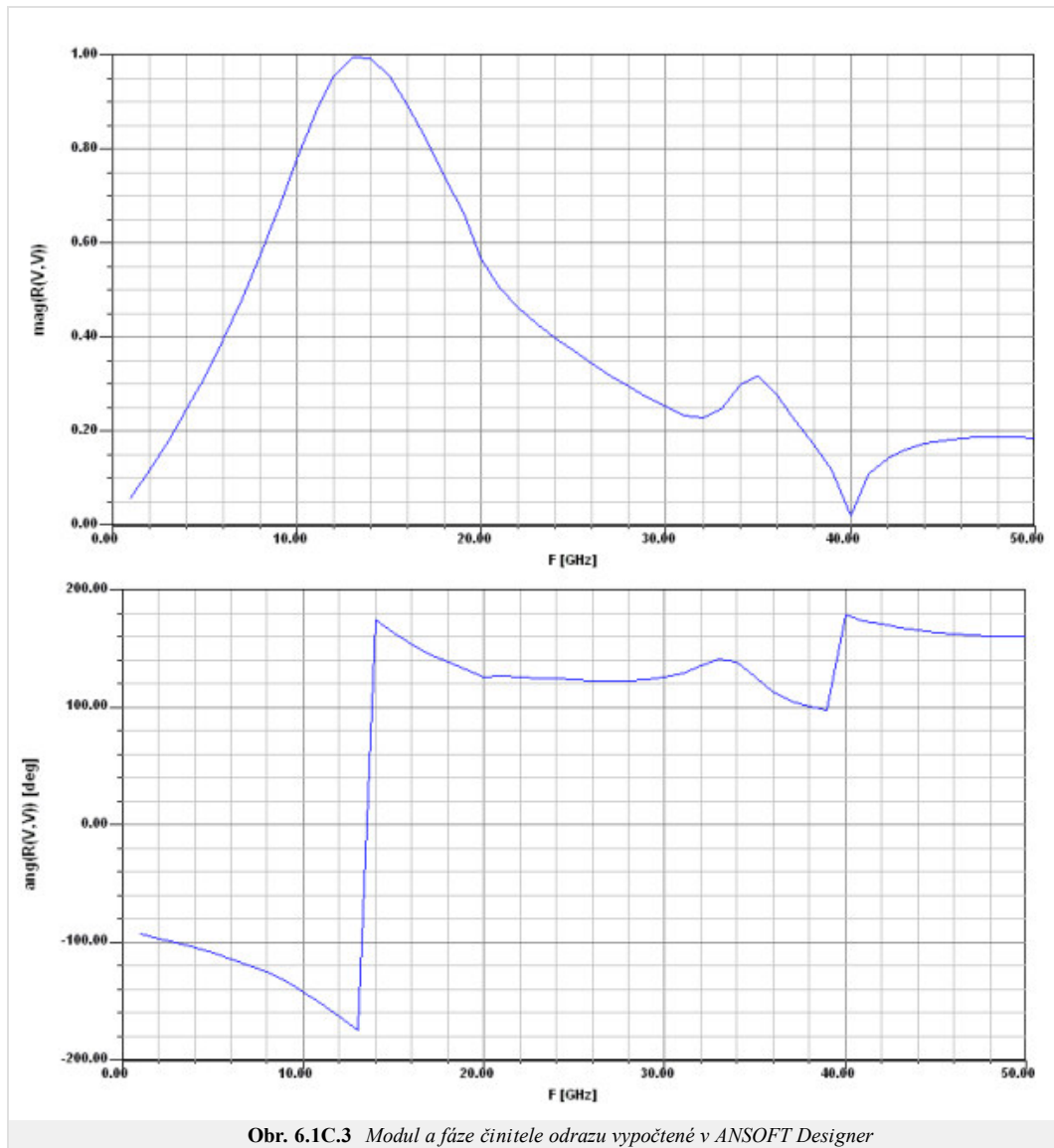
| n [-] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----|------|------|-------|-------|
| t [s] (bazové funkce s Čebyševovými polynomy) | 1,6 | 10,4 | 60,8 | 251,5 | 807,5 |
| t [s] (harmonické bazové funkce) | 1,6 | 10,5 | 62,1 | 268,9 | 908,4 |

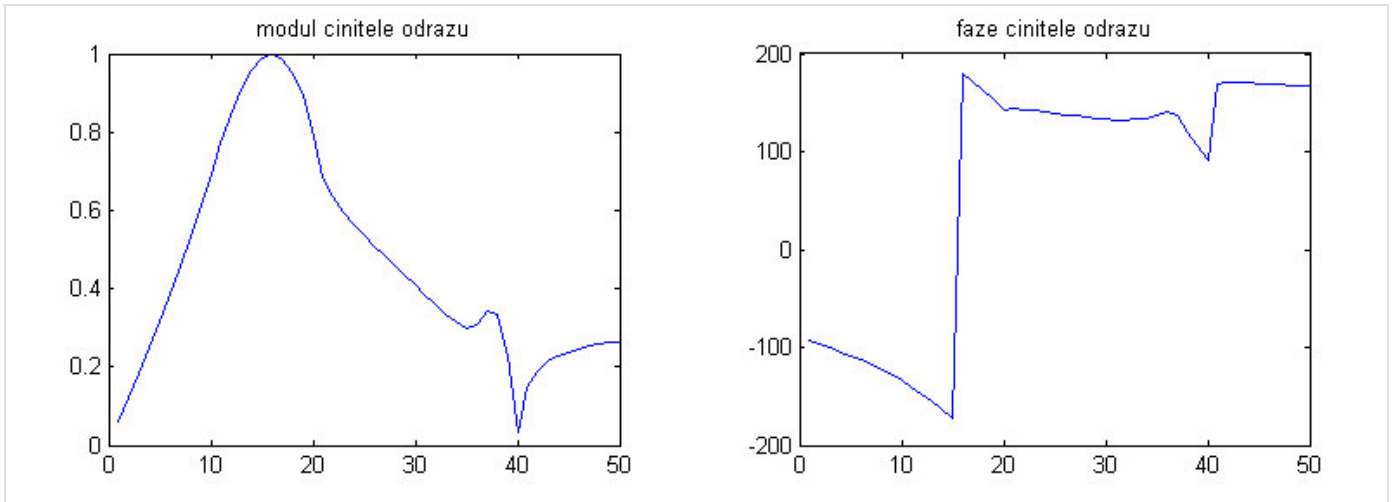


Obr. 6.1C.2a *Moduly a fáze činitele odrazu vypočtené v Matlabu pomocí harmonických bázových funkcí. Parametry analýzy jsou uvedeny v textu. $M = N = P = Q = 1$*

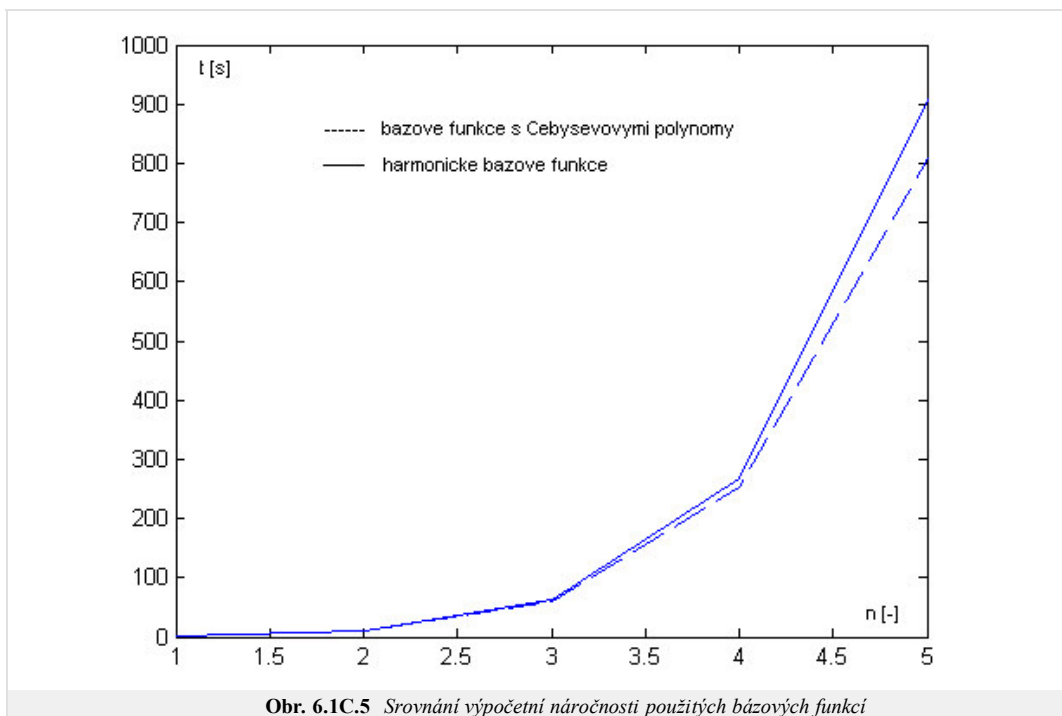


Obr. 6.1C.2b *Moduly a fáze činitele odrazu vypočtené v Matlabu pomocí bázových funkcí s Čebyševovými polynomy. Parametry analýzy jsou uvedeny v textu. $M = N = P = Q = 1$*





Obr. 6.1C.4b Moduly a fáze činitele odrazu vypočtené v Matlabu pomocí básových funkcí s Čebyševovými polynomy. Parametry analýzy jsou uvedeny v textu. $M = N = 5$, $P = Q = 4$



Obr. 6.1C.5 Srovnání výpočetní náročnosti použitých básových funkcí