

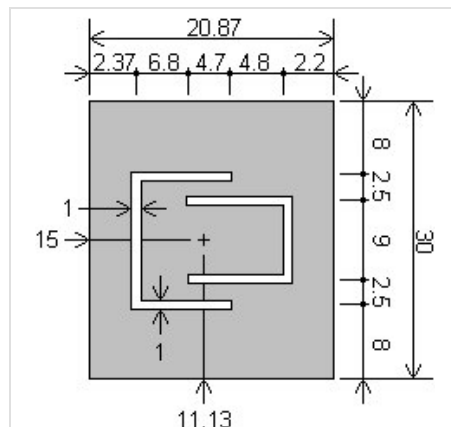
4.6 Vícepásmové flíčkové antény

Počítačová simulace

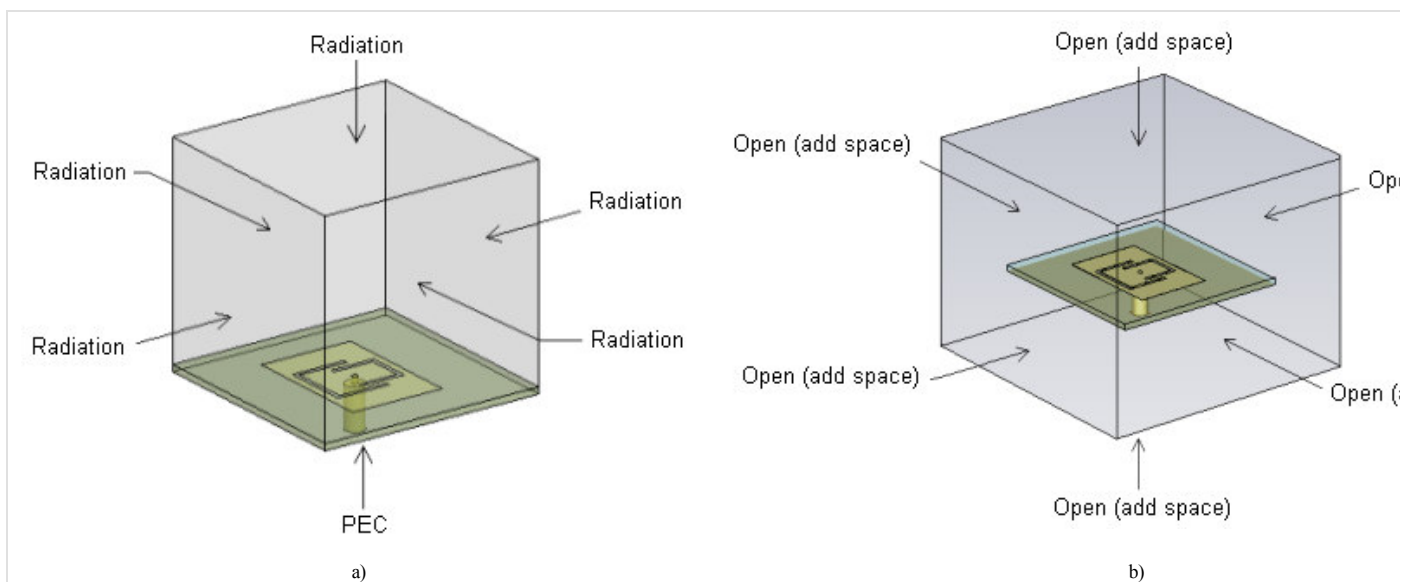
V této vrstvě se seznámíme s modelováním planárních antén v moderních komerčních programech Ansoft HFSS a CST Microwave Studio. První z nich, podobně jako Comsol Multiphysics, je založen na metodě FEM, druhý používá metodu zvanou FIT – *finite integration technique*. Metoda FIT je velmi podobná metodě konečných diferencí v časové oblasti FDTD – *finite difference time domain*. Zatímco FDTD řeší Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru, FIT používá jejich integrální tvar [35], [36].

Předpokládáme planární anténu s kovovým flíčkem dle obr. 4.6B.2. Anténa je umístěna na dielektrickém substrátu Arlon AD600 s permitivitou $\epsilon_r = 6,15$, tloušťkou $h = 1,575$ mm a rozměry 50×50 mm². Anténa je napájena koaxiální sondou. Jednoduchý matlabovský program pro návrh základních rozměrů flíčků je uveden ve vrstvě C. Výsledné parametry antény (obr. 4.6B.1) jsme získali ručním laděním geometrie v programu Ansoft HFSS, přičemž jsme pečlivě sledovali vliv těchto změn na rozložení proudu na povrchu flíčku a posouvání rezonančních kmitočtů. Takovým způsobem se nám podařilo dosáhnout impedančního přizpůsobení $s_{11} < -10$ dB blízko požadovaným kmitočtům 2,45 GHz a 3,60 GHz. Pro ověření výpočtů budeme spolu s výsledky z Ansoft HFSS uvádět také výsledky simulací z CST Microwave Studio. Nakonec tyto výsledky porovnáme a shrneme naše poznatky.

Na obr. 4.6B.2 vidíme model zkoumané antény ve vybraných programech spolu s aplikovanými okrajovými podmínkami. V obou případech předpokládáme konečné rozměry (50×50 mm²) substrátu i zemní desky.



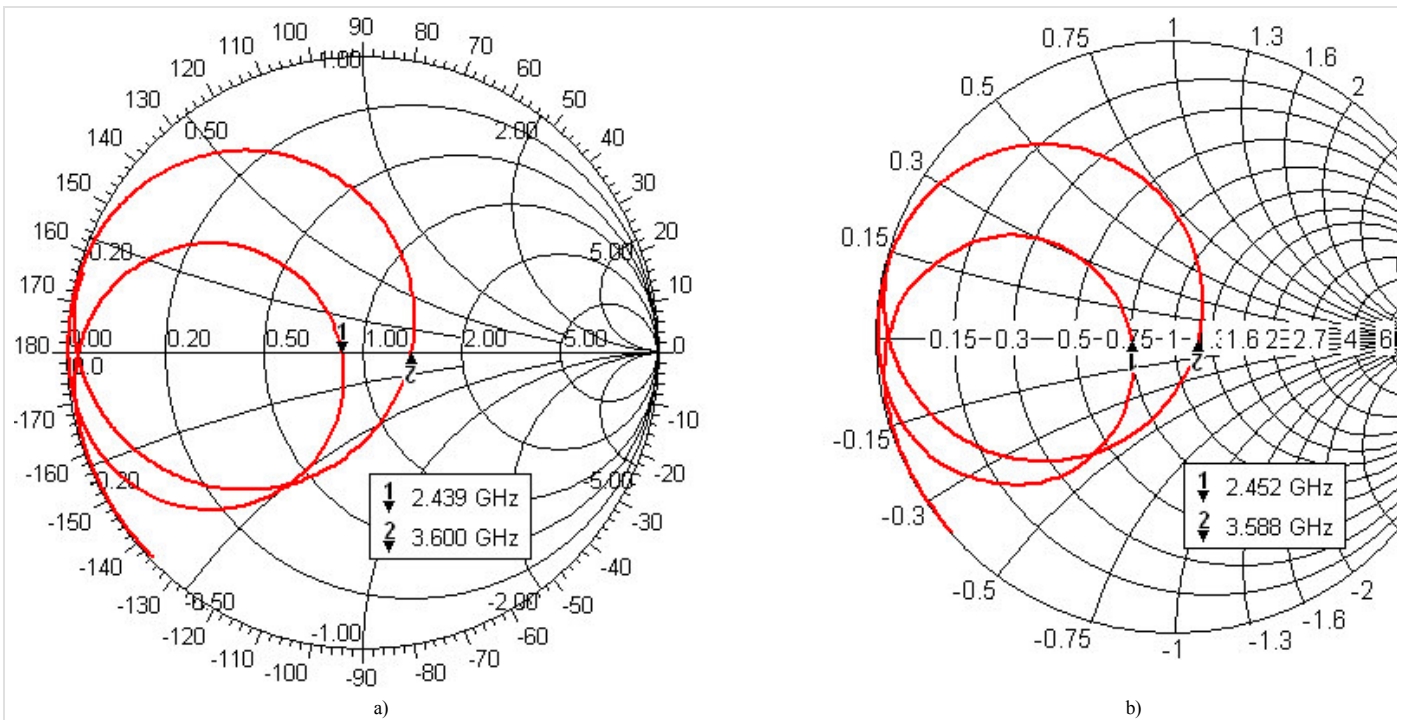
Obr. 4.6B.1 Parametry metalického flíčku navržené dvoupásmové antény.



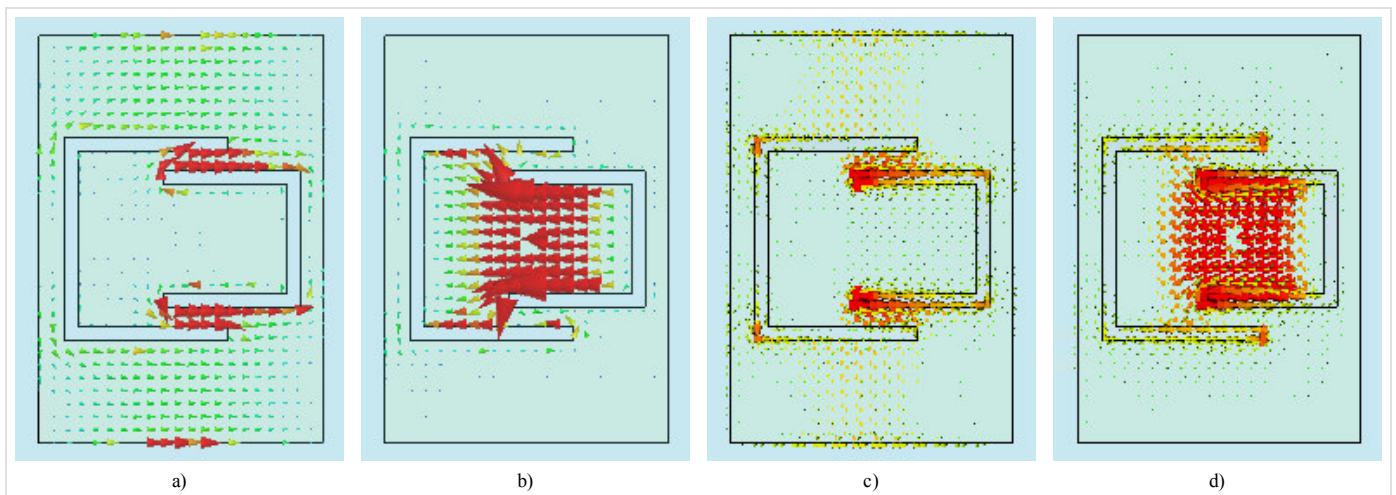
Obr. 4.6B.2 Model planární antény napájené koaxiální sondou v Ansoft HFSS (a) a CST Microwave Studio (b). Šipkami jsou vyznačeny aplikované okrajové podmínky.

Podívejme se nyní na kmitočtovou závislost vstupní impedance antény (obr. 4.6B.3). Je patrné, že zatímco Ansoft HFSS vypočítal rezonanční kmitočty $f_1 = 2,439$ GHz a $f_2 = 3,600$ GHz, pro stejný návrh v CST Microwave Studio jsme obdrželi $f_1 = 2,452$ GHz a $f_2 = 3,588$ GHz. Hodnoty z jednotlivých programů jsou si blízké, což nás vede k předpokladu, že jsme naše modely sestavili správně.

Na obr. 4.6B.4 je uvedeno rozložení vektoru proudové hustoty na kovovém flíčku antény. Jak vidíme, situace přesně odpovídá výpočtům z Comsol Multiphysics na obr. 4.6B.2 – při nižším rezonančním kmitočtu proudy tečou po celém povrchu flíčku, zatímco při vyšší frekvenci je proud koncentrován pouze v oblasti ohraničené štěrbinami ve tvaru dvojitého „U“.

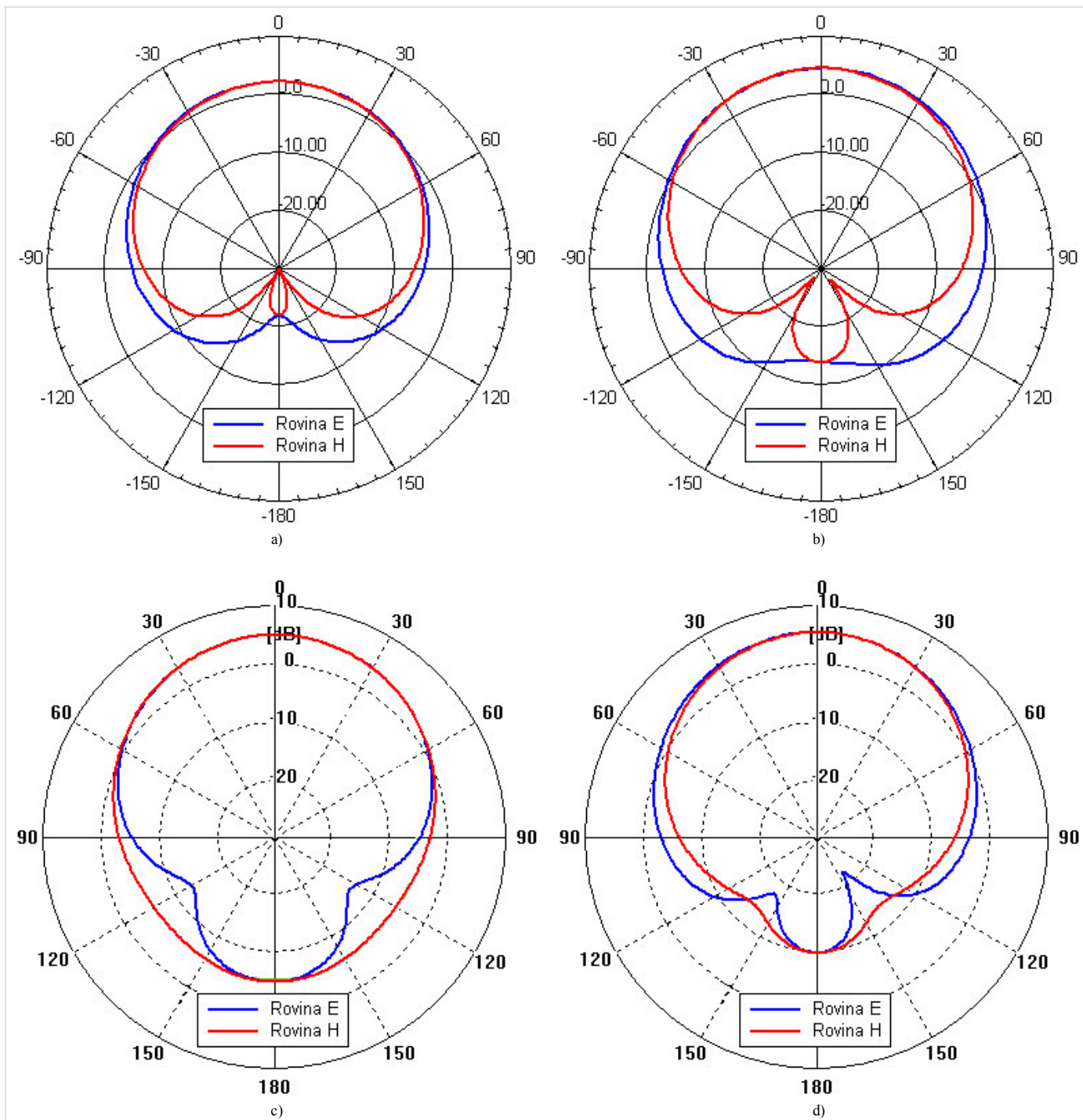


Obr. 4.6B.3 Impedanční charakteristika navržené antény ve Smithově diagramu (od 2 GHz do 4 GHz): Ansoft HFSS (a), CST Microwave Studio (b)



Obr. 4.6B.4 Rozložení proudové hustoty na planární anténě: Ansoft HFSS, $f_1 = 2,439$ GHz (a), Ansoft HFSS, $f_2 = 3,600$ GHz (b), CST Microwave Studio, $f_1 = 2,452$ GHz (c), CST Microwave Studio, $f_2 = 3,588$ GHz (d). Červená barva – vysoká hodnota, modrá barva – nízká hodnota.

Pro úplnost uvedme také směrové charakteristiky naší antény (obr. 4.6B.5).



Obr. 4.6B.5 Směrové charakteristiky antény: Ansoft HFSS, $f_1 = 2,439$ GHz (a), Ansoft HFSS, $f_2 = 3,600$ GHz (b), CST Microwave Studio, $f_1 = 2,452$ GHz (c), CST Microwave Studio, $f_2 = 3,588$ GHz (d).

Tím jsme vyjmenovali základní vlastnosti naší antény. Závěrem stručně porovnejme výsledky z jednotlivých programů!

V Ansoft HFSS a CST Microwave Studio jsme modelovali jednoduchou dvoupásmovou fličkovou anténu. První ze softwarů používá pro řešení Maxwellových rovnic metodu FEM, druhý metodu FIT. V obou případech byla anténa simulována na konečném dielektrickém substrátu a s konečnou zemnicí deskou o rozměrech 50×50 mm². Jednotlivé rezonanční frekvence se shodují s dobrou přesností, rozložení proudové hustoty odpovídá výsledkům modální analýzy z Comsol Multiphysics. Rozdíly ve směrových charakteristikách počítaných v Ansoft HFSS a CST Microwave Studio jsou pravděpodobně způsobeny mírně odlišným nastavením okrajových podmínek jak je patrné z obr. 4.6B.2. Srovnáním vyzařovacích diagramů pro rovinu E v pásmech 2,45 GHz a 3,60 GHz lze pro vyšší rezonanční kmitočty a nulovou elevaci pozorovat rozšíření laloku. Tento fakt svědčí o působení povrchových vln, které na vyšších kmitočtech (když tloušťka dielektrické desky začíná být srovnatelná s vlnovou délkou) by mohly díky difrakcím na hranách substrátu zcela zdeformovat směrovou charakteristiku.