

# Branch-line coupler

## B2M17CADA – Projekt II

Martin Šimák

19. května 2023



- 1 Zadání
- 2 Návrh obvodu v AWR Microwave Office
- 3 Návrh mikrovlnného obvodu v CST Studio Suite SE
  - Rozložení polí
  - S-parametry
  - Vstupní impedance
- 4 Závěr



Vytvořte a analyzujte v simulátoru CST Studio Suite SE (studentská verze) model vybraného obvodu se vstupní impedancí blízkou  $Z_0 = 50 \Omega$ . Redukujte složitost modelu tak, aby měl model maximálně 100 000 buněk mřížky, což limit SE verze pro spuštění řešiče v časové oblasti. Toho lze dosáhnout použitím elektrických, resp. magnetických, stěn, snížením počtu buněk na vlnovou délku, úpravou lokální hustoty mřížky, použitím PEC, bezeztrátových materiálů aj.

**Vybraný obvod:** branch-line coupler, 12,8 GHz



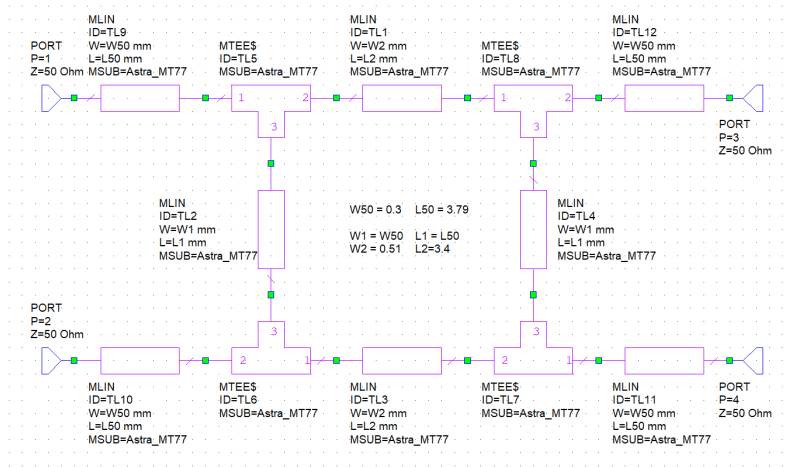
Vypočtete a znázorníte relevantní veličiny: impedanční parametry, rozložení intenzit elektrického a magnetického pole ve vhodných řezech, proudovou hustotu na vodivých částech subkomponenty a tok Poyntigova vektoru, tj. výkonové hustoty. Popište odlišnost frekvenčních průběhů rozptylových a impedančních parametrů (popř. i jiných) pro různou:

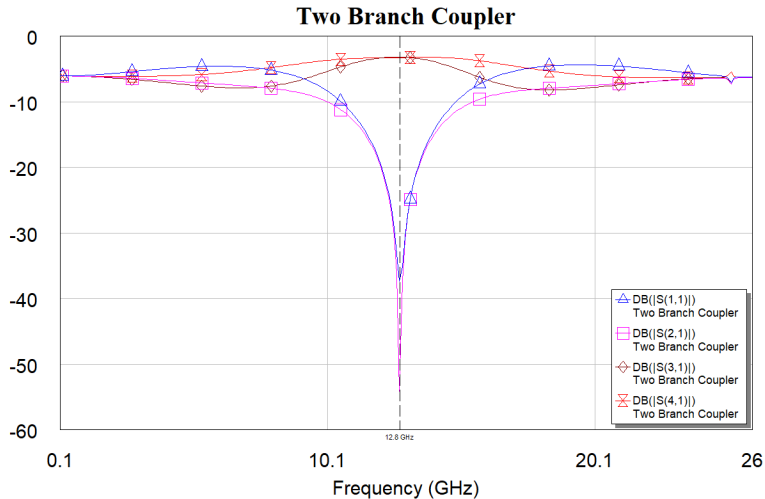
- 1 hustotu výpočetní mřížky (počet buněk na vlnovou délku);
- 2 hustotu mřížky v oblasti komponent a okolí jejich hran;
- 3 zbytkovou hodnotu energie pole ve výpočetní oblasti pro ukončení výpočtu.

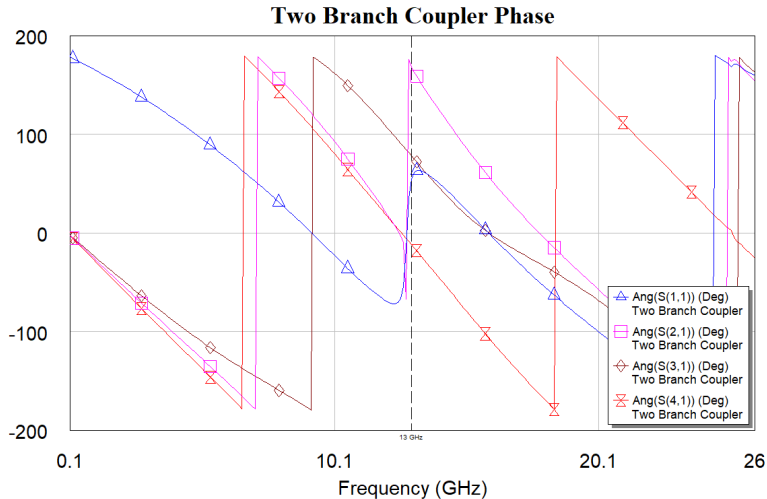


K výpočtu geometrických parametrů struktury bylo využito softwaru AWR Microwave Office, jehož součástí je podprogram TX-Line. Právě tento podprogram umožňuje výpočet impedancí a ostatních charakteristik běžných přenosových vedení včetně mikropáskové struktury, která je předmětem tohoto projektu. Pro srovnání s výsledkem z programu CST jsou na následujících slidech kromě daného obvodu grafy frekvenční závislosti S-parametrů.



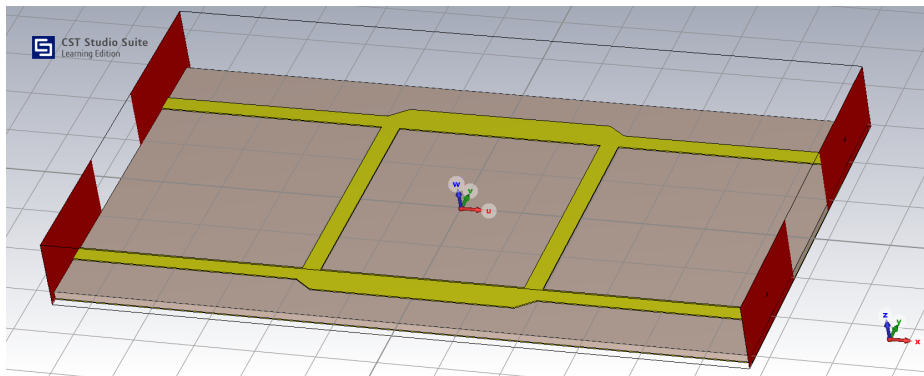


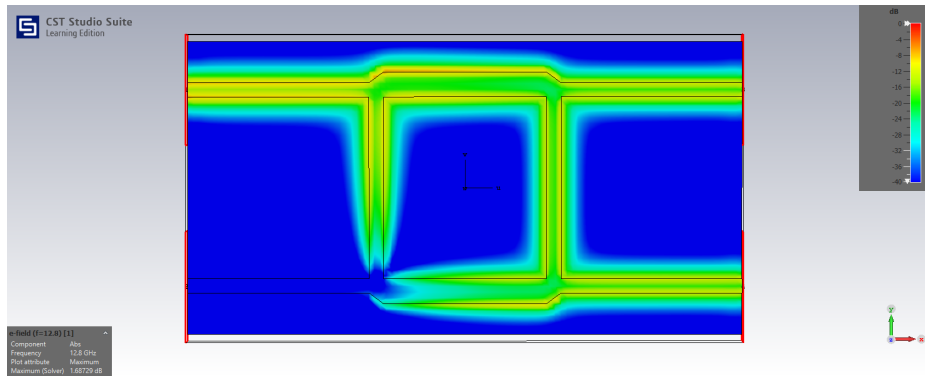


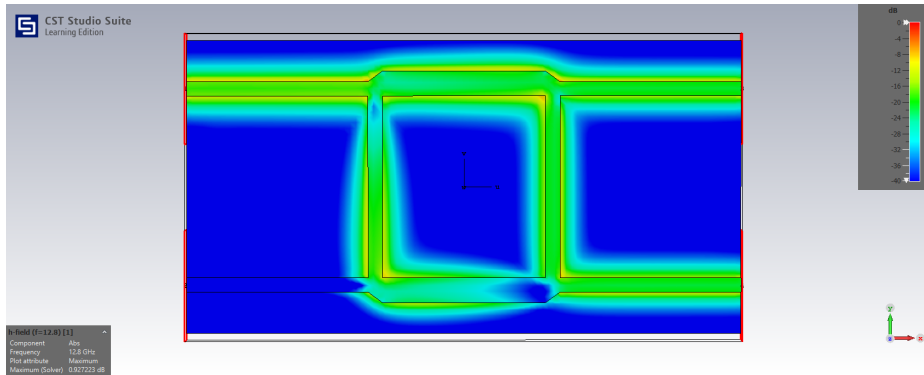


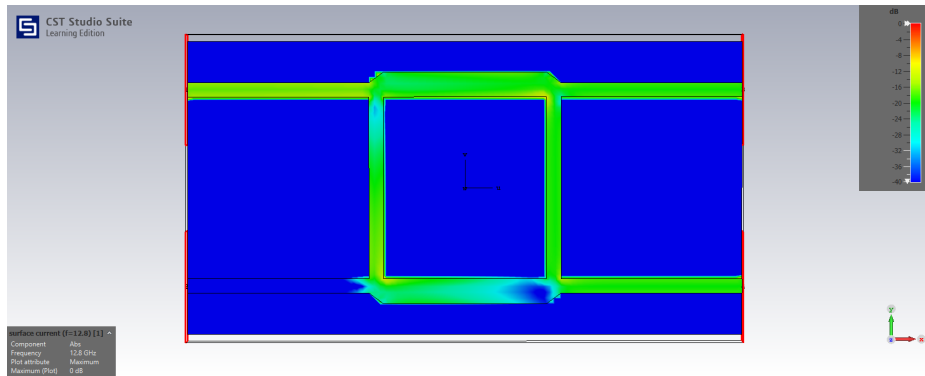


# CST – Izometrický pohled na 3D model obvodu

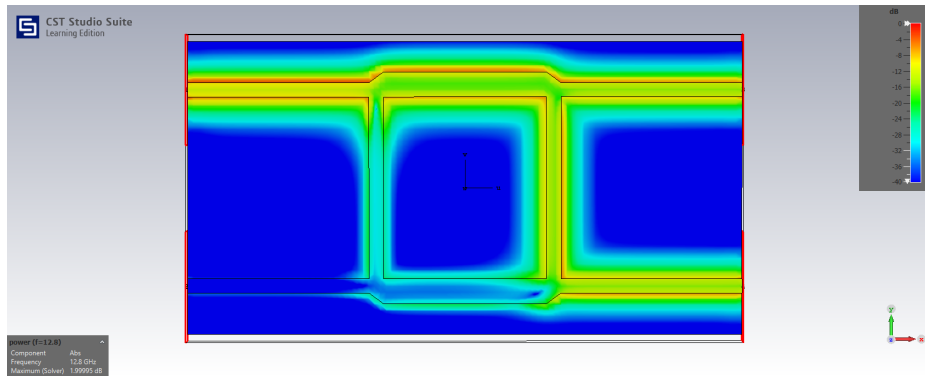








# CST – Poyntingův vektor (výkonový tok)



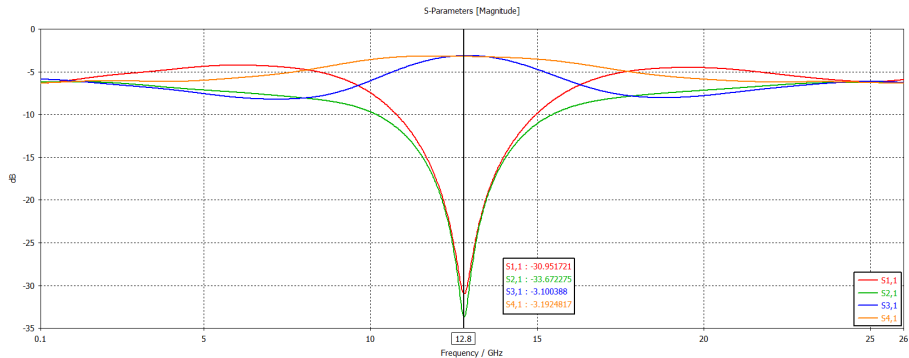
Na následujících slidech je možné nahlédnout na frekvenční průběhy S-parametrů modelované struktury. Parametry výpočtu:

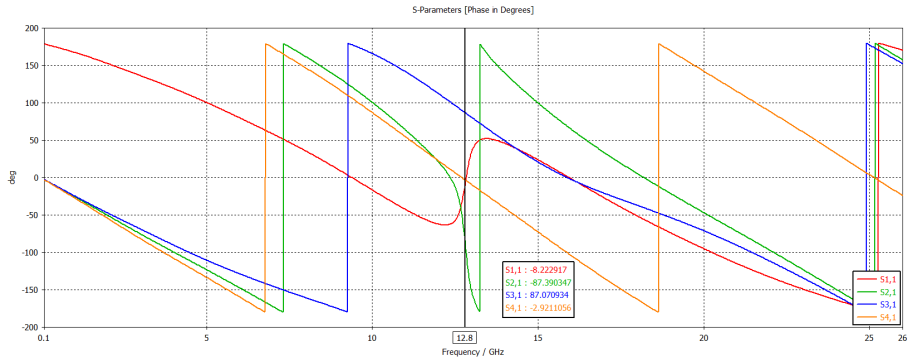
- Acc ... přesnost výpočtu v podobě zbytkové energie pole ve výpočetní oblasti,
- CpW ... *cells per wavelength*, neboli počet buněk na vlnovou délku, aby globální hustota výpočetní mřížky,
- RAE ... *refinement around edge*, neboli zjemnění kolem hran, aby lokální zjemnění výpočetní mříže v problematických oblastech v blízkosti komponent.

Průběhy na následujících slidech jsou vykresleny pro hodnoty těchto parametrů, které považuji za dostatečně ilustrativní z hlediska jejich dopadu na výsledek.



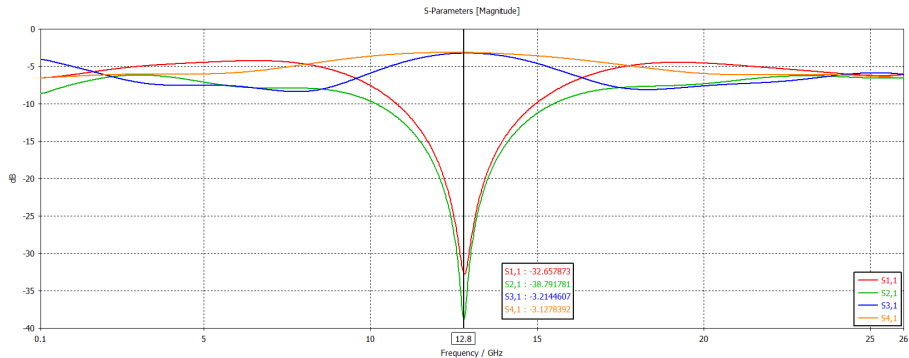
# CST – S-parametry pro $\{ \text{Acc} = -40 \text{ dB}, \text{CpW} = 10, \text{RAE} = 6 \}$



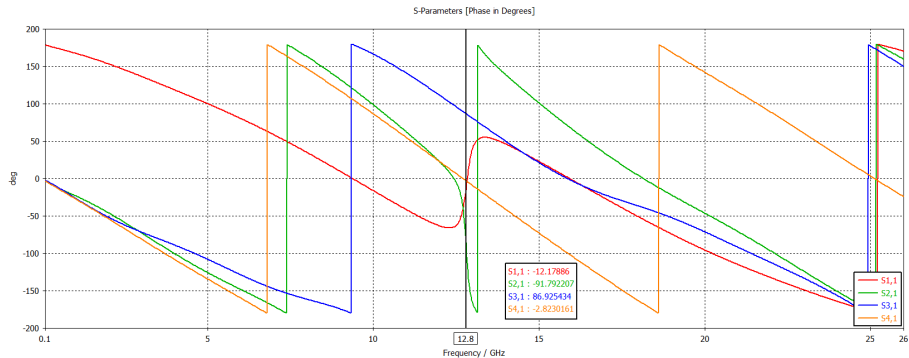
CST – S-parametry (fáze) pro  $\{\text{Acc} = -40 \text{ dB}, \text{CpW} = 10, \text{RAE} = 6\}$ 



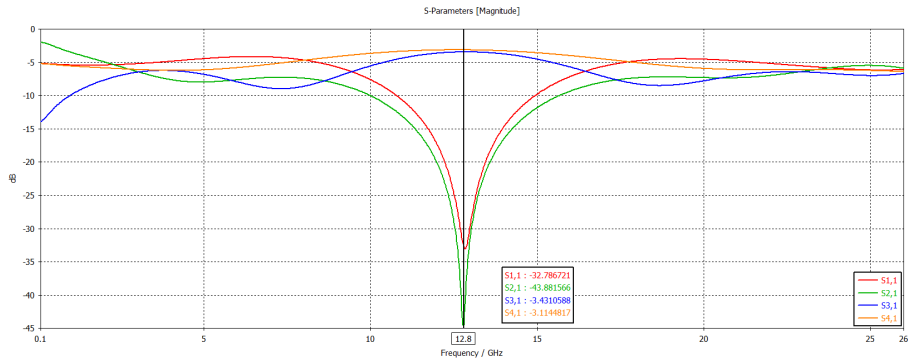
# CST – S-parametry pro $\{ \text{Acc} = -30 \text{ dB}, \text{CpW} = 10, \text{RAE} = 6 \}$



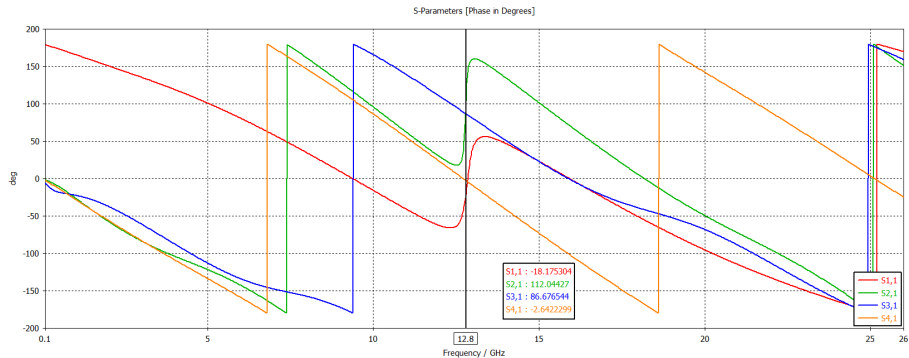
# CST – S-parametry (fáze) pro $\{Acc = -30 \text{ dB}, C_{pW} = 10, RAE = 6\}$



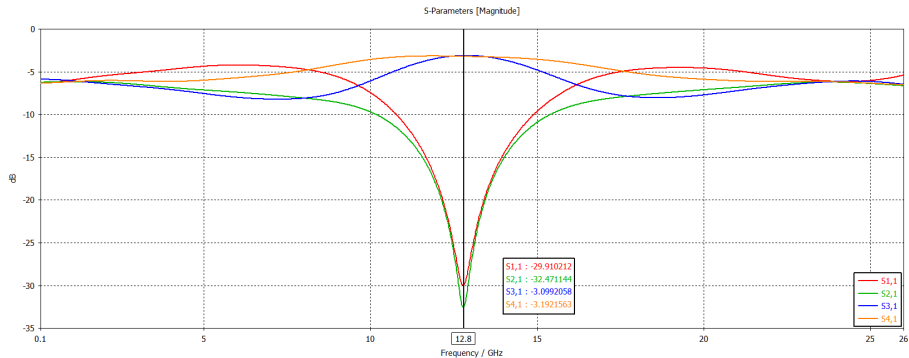
# CST – S-parametry pro $\{ \text{Acc} = -20 \text{ dB}, \text{CpW} = 10, \text{RAE} = 6 \}$



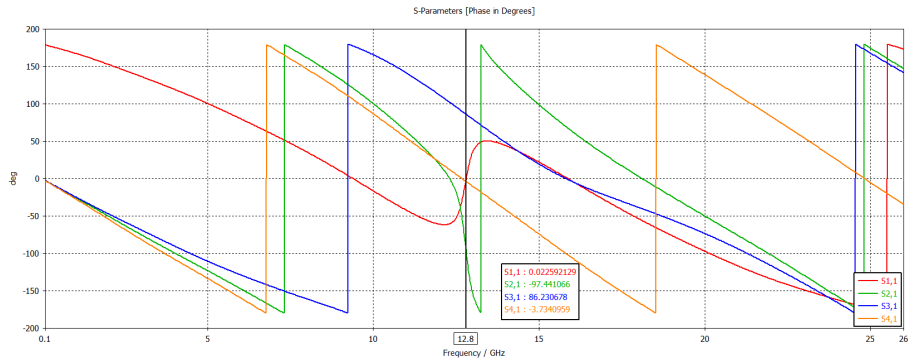
# CST – S-parametry (fáze) pro $\{Acc = -20 \text{ dB}, C_{pW} = 10, RAE = 6\}$



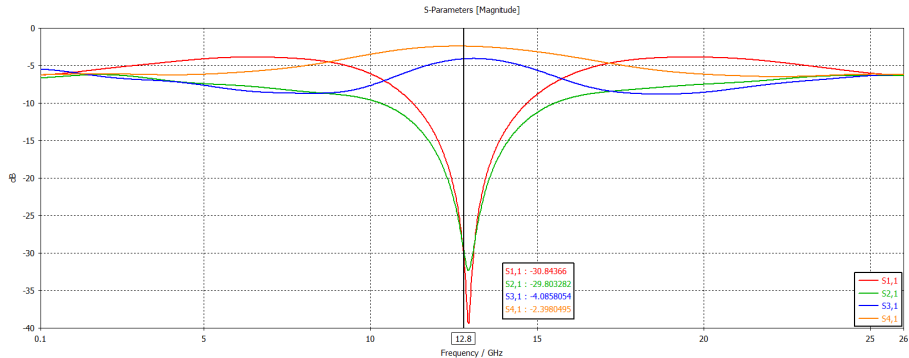
# CST – S-parametry pro $\{ \text{Acc} = -40 \text{ dB}, \text{CpW} = 4, \text{RAE} = 6 \}$



# CST – S-parametry (fáze) pro $\{Acc = -40 \text{ dB}, CpW = 4, RAE = 6\}$



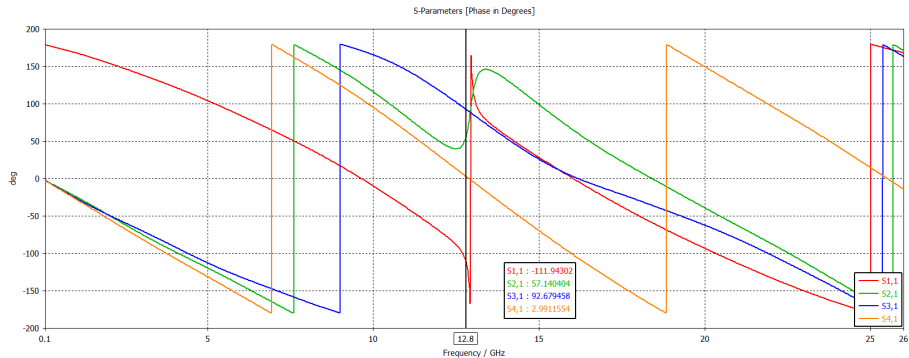
# CST – S-parametry pro $\{ \text{Acc} = -40 \text{ dB}, \text{CpW} = 10, \text{RAE} = 1 \}$



- Pozorování: výrazné zhoršení přenosů do dělicích ramen ( $S_{31} - S_{41} \approx 1.7$ )



# CST – S-parametry (fáze) pro $\{Acc = -40 \text{ dB}, CpW = 10, RAE = 1\}$

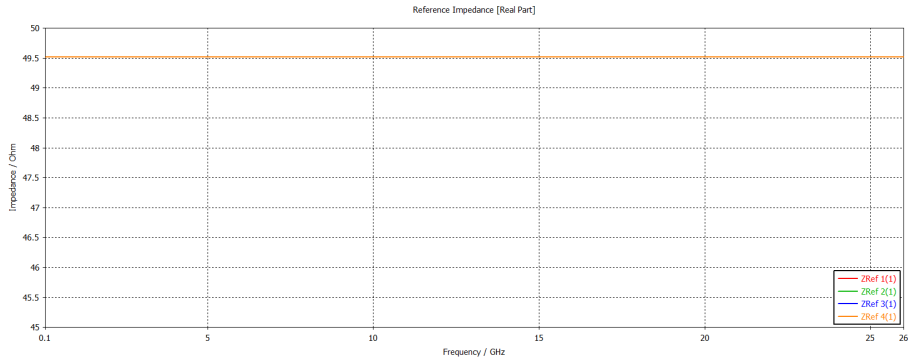




Vstupní impedance nebyla změnami hodnot přesnosti výpočtu či hustot výpočetní mřížky příliš zatížena. Všechny vygenerované průběhy jsou konstatní s hodnotou impedance  $(50 \pm 0,5) \Omega$ .  
Uvádíme tedy pouze jeden průběh pro  $\{Acc = -40 \text{ dB}, CpW = 10, RAE = 6\}$ .



# CST – Vstupní impedance



Cílem tohoto projektu bylo vyzkoušet si základní funkce softwaru CST Studio Suite pro modelování trojrozměrných struktur a jejich následnou elektromagnetickou analýzu. V rámci vypracování jsme se seznámili mimo jiné s různými parametry komplexity výpočtu, které mohou mít výrazný dopad na přesnost řešení, jak bylo ilustrováno na výstupních grafech. K nejvýraznějšímu zhoršení výsledného chování obvodu dochází na slidu 23 pro volbu  $RAE = 1$ , tj. pro nulové zhuštění výpočetní mříže v okolí hran (v našem případě okrajů pásku). Tento výsledek pouze ilustruje důležitost parametru zhuštění, a tedy fakt, že tato volba není v daném typu struktury vhodná. Ze srovnání s průběhy S-parametrů vygenerovaných programem AWR Microwave Office specializovaným pro návrh mikrovlnných obvodů můžeme usoudit, že funkcionalita návrhu v programu CST dobře koreluje se zamýšlenou komponentou.

