

SLOTLINE – MICROSTRIP HYBRID COUPLER

Petr Orság

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xorsag04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Svačina

E-mail: svacina@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

A nontraditional planar directional coupler is presented in the contribution. It consists of a sophisticated combination of classical microstrip line and a slotline made on the opposite site of the dielectric substrate. The construction, design and achieved properties of the coupler are presented here. The designed and realized coupler has a frequency band of more as 40 % of the centre frequency, and a very low value of coupling about 1,5 dB.

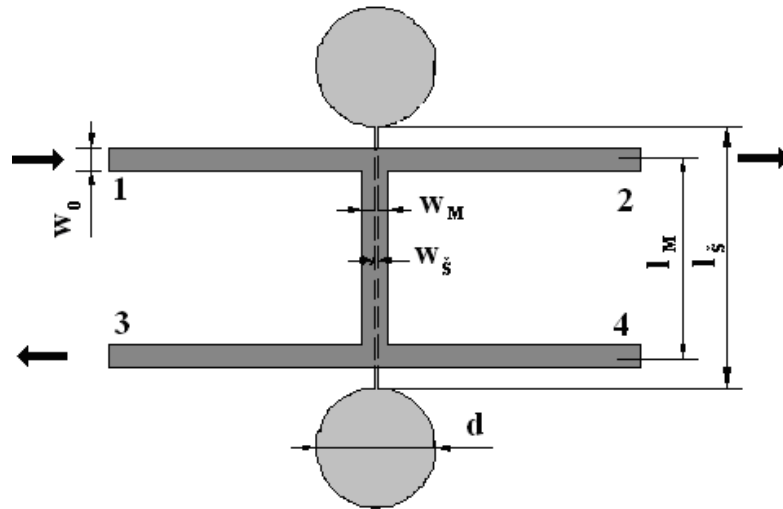
1. ÚVOD

V mikrovlnných strukturách se často požaduje odbočit část mikrovlnného výkonu. Přitom však požadujeme, aby toho odbočení nevnoslo žádné přídavné odrazy nebo velké utlumení dané části signálu. Takovými strukturami, které splňují tato kritéria jsou tzv. směrové odbočnice (směrové vazební členy). Se směrovými odbočnicemi se můžeme setkat v různých děličích a sdružovačích signálu a v dalších mikrovlnných obvodech. Pro odbočení velkých mikrovlnných výkonů se samozřejmě používají směrové odbočnice vytvořené z vlnodů, pro malé mikrovlnné výkony se používají planární (mikropáskové) směrové odbočnice.

2. ROZBOR

Planární směrové odbočnice (planární SO) mohou mít různou konstrukční podobu, ale základní funkce, tedy odbočovat mikrovlnný signál, je stejná. Častými typy jsou zejména odbočnice čtvercové, kruhové, odbočnice z vázaných mikropáskových vedení, interdigitální odbočnice a kombinovaný člen. Jednotlivé typy se kromě tvaru liší možným dosažitelným vazebním útlumem, který může být u některých typů (interdigitální odbočnice) velmi malý a u jiných nelze přímo konstrukčně malých vazeb dosáhnout, dále pak šířkou pásma, která se liší pro různé konstrukční typy. Poměrně málo známý tzv. kombinovaný člen (De Rondeho člen [1], šterbinová směrová odbočnice) má velkou výhodu v možnosti dosáhnout velmi těsnou vazbu (malý vazební útlum C), neboli velkou hodnotu tzv. činitele vazby k ($0 \leq k \leq 1$). Obě tyto veličiny jsou spolu vázány vztahem $C = 10 \log(P_1/P_{31}) = 20 \log(1/|S_{31}|) = 20 \log(1/k)$. Základní tvar kombinovaného členu je na obr. 1. Jedná se o kombinaci mikropáskového (microstrip) a šterbinového vedení (slotline) vytvořených na opačných stranách dielektrické podložky. Na horní strany podložky je vytvořen galvanicky spojený mikropásek ve tvaru písmene H, na spodní pokovené straně substrátu je vytvořena úzká šterbina zakončená naprázdno. Toto

zakončení (nutné pro správnou funkci odbočnice) je realizováno na obou koncích štěrbinou odstraněním pokovení ve tvaru kruhu.



Obrázek 1: Konstrukce kombinovaného členu

Princip činnosti:

Při buzení do brány 1 vlna prochází do přímé výstupní brány 2. Do sousedního vedení 3 – 4 se vlna dostává dvěma cestami:

- přes příčný mikropásek – vlny v ramenech 3 a 4 mají stejnou fázi,
- přes příčnou štěrbinu – v ramenu 3 má vlna stejnou fázi, v ramenu 4 opačnou fázi (dvojnásobný přechod mikropásek – štěrbinu – mikropásek tvoří fázový invertor).

V ramenu 3 se obě přenesené vlny setkávají soufázově a sečítají se, v ramenu 4 se setkávají protifázově a ruší se. Rameno 4 je tedy od ramene 1 izolováno.

Návrh kombinovaného členu se dělí na řešení štěrbinu a mikropásku. Návrh je třeba provádět s uvážením technologických možností realizace (v našem případě minimální šířka pásků/štěrbiny 0,3 mm). Obecně lze říci, že čím užší bude štěrbinu, tím těsnější vazba vznikne. Z rozměru štěrbinu určíme (např. [5]) charakteristickou impedanci štěrbinu $Z_{0\xi}$ ($= Z_{02}$) a určíme čtvrtvlnnou délku tohoto štěrbinového vedení, která bude odlišná od čtvrtvlnné délky mikropásku. Z rovnice (1) určíme činitel vazby k . Pomocí něj vypočteme dle rovnice (2) impedanci Z_{01} , z níž vypočteme impedanci mikropásku Z_{0M} jako $Z_{0M} = Z_{01}/2$.

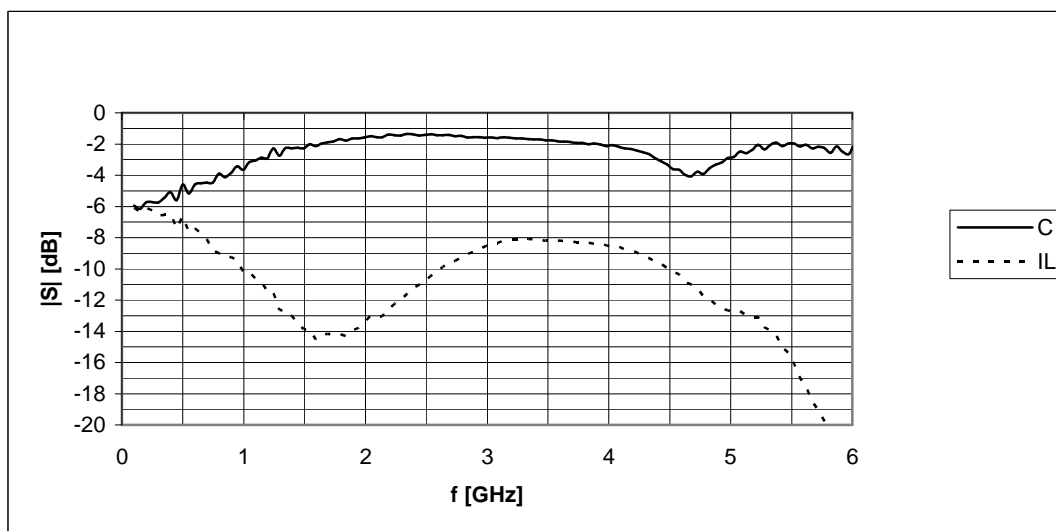
$$Z_{02} = Z_0 \frac{k}{\sqrt{1-k^2}} \quad (1)$$

$$Z_{01} = Z_0 \frac{k}{1-\sqrt{1-k^2}} \quad (2)$$

Z hodnoty charakteristické impedance mikropásku pak určíme jeho příčné rozměry některým programem, např. Ansoft Designer.

Důležitým prvkem kombinovaného členu jsou zakončovací kruhy štěrbinu „naprázdno“. Empirickou volbou jejich průměru se zabývají různé odborné publikace, pro kmitočet nízkých jednotek GHz lze přibližně tento průměr stanovit na hodnotu 10 mm. Při praktickém návrhu vychází pro použitý materiál s $\epsilon_r = 3,55$ a štěrbinu $w_\xi = 0,3$ mm vazební útlum $C = 1,54$ dB a vypočtený vložný útlum $IL = 6,77$ dB na středním kmitočtu 3 GHz.

Na obr. 2 jsou změřené kmitočtové charakteristiky experimentální realizace této odbočnice.



Obrázek 2: Vazební a vložný útlum kombinovaného členu

Na kmitočtu 3 GHz byla měření zjištěna hodnota vazebního útlumu 1,58 dB. Rozdíl naměřené a teoreticky vypočtené hodnoty tedy činí pouhých 0,04 dB, což lze považovat za velmi dobrou přesnost. Změřená hodnota vložného útlumu IL je proti teoretické hodnotě vyšší o cca 1 dB. Na jednotlivých branách kombinovaného členu přitom bylo dosaženo velmi dobrého impedančního přizpůsobení, neboť změřené hodnoty poměrů stojatých vln činily cca 1,3. Dalšími důležitými parametry pro správnou činnost obvodu jsou izolace a útlum odrazem na vstupu. Oba tyto naměřené parametry činí na kmitočtu návrhu shodně 20 dB, což jsou hodnoty velmi příznivé. Optimální (nejmenší) hodnoty těchto veličin vznikají v navrženém kombinovaném členu na kmitočtu 3,5 GHz.

3. ZÁVĚR

Realizací a praktickým měřením jsem ověřil, že šterbinová odbočnice může bez problémů dosahovat i velmi malých vazebních útlumů. Jeho naměřená a vypočtená hodnota se přitom téměř neliší. Šířka pásma kombinovaného členu pro změnu vazby o 10 % činí cca 54% středního kmitočtu, šířka pásma pro 10 % změnu vložného útlumu je 40 % středního kmitočtu..

LITERATURA

- [1] Ronde, F. C., *A new class of microstrip directional couplers*. In 1970 IEEE MTT-S Int.microwave Symposium. Digest, p.184-186
- [2] SVAČINA, J., *Mikrovlnné integrované obvody* – učební text postgraduálního studia, FEKT VUT v Brně
- [3] MALORATSKY, L. G., *Passive Rf & microwave integrated circuits*
- [4] ORSÁG, P., *Mikropáskové směrové vazební a hybridní členy*– semestrální projekt 2, FEKT VUT v Brně
- [5] http://www1.sphere.ne.jp/i-lab/ilab/tool/tool_e.htm, pomocný program pro výpočet šterbinového vedení