

DIELECTRIC RESONATOR ANTENNA ARRAY BASED ON SUBSTRATE INTEGRATED WAVEGUIDE

Petr Kubín

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xkubin18@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Mikulášek

E-mail: mikulasek.t@phd.feec.vutbr.cz

Abstract: This contribution deals with a dielectric resonator antenna array based on substrate integrated waveguide. A 2×2 antenna array was designed in the Ansoft HFSS at 10 GHz, fabricated and measured. The antenna array has the bandwidth of 570 MHz for S_{11} better than -10 dB and the gain of 12.7 dBi. The simulated and measured results are presented.

Keywords: antenna array, dielectric resonator, substrate integrated waveguide (SIW)

1. ÚVOD

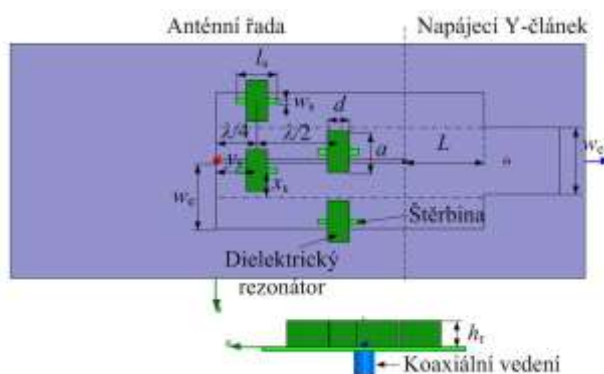
S rozvojem bezdrátových komunikací a přibývajících bezdrátovými službami roste potřebná šířka pásma přenášených signálů. Z tohoto důvodu se oblast využití přesouvá do kmitočtových pásem centimetrových a milimetrových vln (dále jen CMV a MMV), tyto pásma jsou mnohem méně užívané, než pásma s nižšími kmitočty.

Konvenční planární antény na CMV a MMV mají malou vyzařovací účinnost. Na rozdíl od nich dielektrické rezonátorové antény (dále jen DRA) mají mnohem větší vyzařovací účinnost, což bylo prokázáno v [1]. Jsou tedy vhodnější pro aplikace v pásmu CMV a MMV. Navíc vykazují menší vodivostní ztráty, mají větší šířku pracovního pásma než planární antény a menší rozměr než reflektorové a trychtýřové antény. Nicméně ve srovnání s planárními anténami je jejich výroba více cenově i časově náročná.

Pro napájení anténní řady byl zvolen vlnovod integrovaný do substrátu (z angl. Substrate Integrated Waveguide dále jen SIW). SIW je tvořen dvěma vodorovnými řadami prokovů, které tvoří konvenční vlnovod v planární formě. SIW vykazuje podobné vlastnosti jako běžný kovový vlnovod, včetně rozložení elektromagnetického pole. Na rozdíl od konvenčního vlnovodu se ve struktuře SIW mohou šířit pouze vidy TE_{m0} . Ostatní vidy mají velké ztráty vyzařováním způsobené mezerami mezi prokvy [2].

2. STRUKTURA ANTÉNNÍ ŘADY

Anténní řada 2×2 zobrazena na obrázku 1 byla navrhnutá na dielektrickém substrátu Rogers RT5880 s relativní permitivitou $\epsilon_r = 2,2$. Pro dielektrické rezonátory (dále jen DR) byl vybrán materiál Rogers RT6010 s relativní permitivitou $\epsilon_r = 10,2$. Jelikož má struktura SIW téměř stejné vlastnosti jako konvenční vlnovod, byla anténa nejdříve simulována s pevnými vodivými stěnami. Přepočítání na strukturu SIW bylo provedeno dle [2] až na samotném konci návrhu.

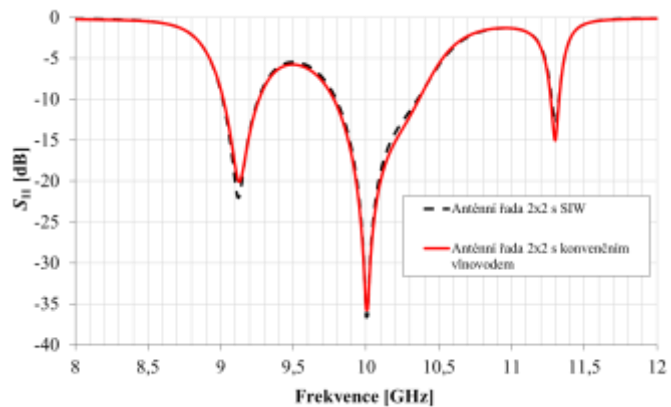


Obrázek 1: Anténní řada 2×2 s konvenčním vlnovodem.

Návrh antény byl rozdělen do dvou částí. Nejprve byla navržena samotná anténní řada 2×2 a poté byl k ní připojen napájecí Y-článek. Anténní řada byla navržena na pracovní kmitočet 10 GHz. Pro tento pracovní kmitočet byl zvolen kritický kmitočet vlnovodu 7,78 GHz, pro který vychází šířka konvenčního vlnovodu $w_e = 13$ mm. Napájecí Y-článek byl laděn pomocí změny délky L , což je délka mezi koncem napájecího vlnovodu a prvním prokovem společné stěny. Následovně byl k napájecímu Y-článku připojen přechod z koaxiálního vedení (SMA konektor) na vlnovod, který byl laděn změnou vzdálenosti SMA konektoru od zkratu vlnovodu. Výhoda tohoto přechodu je nulové parazitní záření. Aby byly DR správně vybudeny, byla první šterbina usazena do vzdálenosti $\lambda_g/4$ od zkratu vlnovodu. Druhá šterbina ve stejné větvi je od první šterbiny vzdálena $\lambda_g/2$. Ladění anténní řady na pracovní kmitočet 10 GHz bylo prováděno změnou parametrů šterbin a DR.

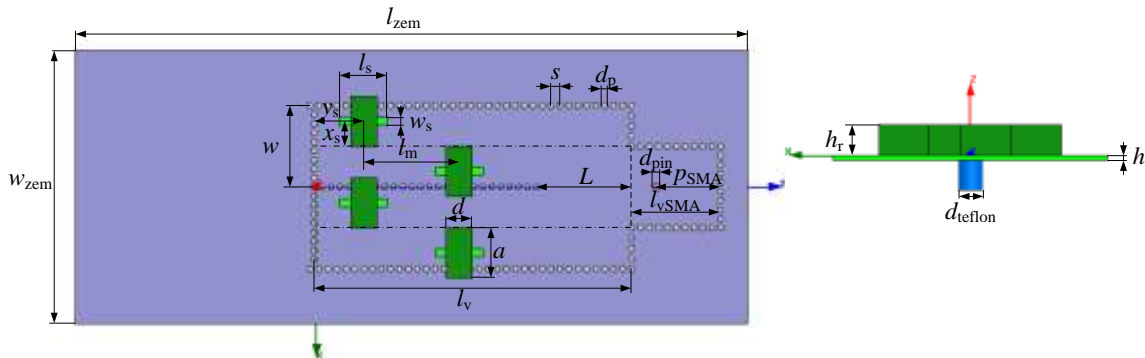
3. SIMULACE A MĚŘENÍ

Anténní řada byla simulována v programu Ansoft HFSS. Po naladění antény na pracovní kmitočet byla provedena konverze na strukturu SIW pomocí vztahů uvedených v lit [2]. Výsledný průběh činitele odrazu S_{11} před a po konverzi na SIW je zobrazen na obrázku 2. Zde je patrné, že konverze na SIW má na průběh činitele odrazu jen nepatrný vliv a oba průběhy vykazují téměř naprostou shodu.



Obrázek 2: S_{11} anténní řady s SIW a konvenčním vlnovodem.

Výsledný model se strukturou SIW je zobrazen na obrázku 3. Rozměry anténní řady jsou uvedeny v tabulce 1.



Obrázek 3: Anténní řada 2×2 na bázi SIW.

Tabulka 1: Rozměry anténní řady 2×2 na bázi SIW (rozměry jsou uvedeny v mm).

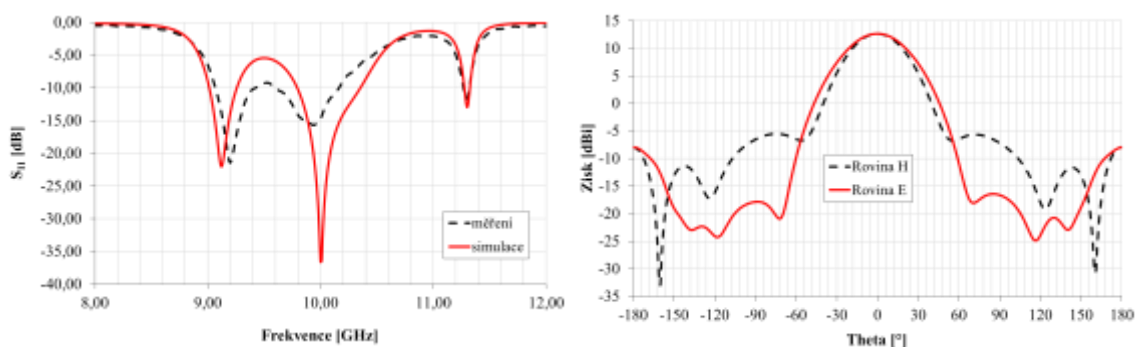
DR	Šterbina		SMA konektor		SIW		Y-článek		Zemnicí plocha		
a	8,41	l_s	8,00	p_{SMA}	10,42	w	13,74	L	15,60	l_{zem}	113,00
h_r	5,08	w_s	1,40	d_{pin}	1,27	h	0,79	l_{vSMA}	14,90	w_{zem}	46,00
d	4,30	y_s	8,00	d_{teflon}	4,13	l_v	53,32				
l_m	16,00	x_s	4,20			x_v	0,71				
						d_p	1,00				
						s	1,50				

Deska anténní řady byla vyrobena pomocí PCB leptací technologie. Po vyleptání byly na desku pomocí oboustranné lepicí pásky tloušťky 50 μm přilepeny dielektrické rezonátory, které byly zhotoveny a slepeny ze dvou částí z výše uvedeného materiálu. Vyrobená anténní řada je zobrazena na obrázku 4.

Z průběhu činitele odrazu simulované a měřené anténní řady na obrázku 5 byla odečtena šířka pracovního pásma 570 MHz, pro hodnotu činitele odrazu menší než -10 dB. Odečtená šířka pracovního pásma vyšla pro měření i simulaci stejně. Vyrobená anténní řada je mírně rozladěná s minimem činitele odrazu na kmitočtu 9,94 GHz. Ze směrových charakteristik z obrázku 5 získaných pomocí simulace byl odečten zisk anténní řady 12,7 dBi. Dále je vidět že v rovině E je potlačení bočních laloků přibližně -29 dB a v rovině H -18 dB.



Obrázek 4: Zrealizovaná anténní řada 2 \times 2, pohled shora (vlevo) a zespod (vpravo).



Obrázek 5: Simulovaný a změřený činitel odrazu anténní řady 2 \times 2 a simulované vyzářovací charakteristiky v rovině E a H.

4. ZÁVĚR

V článku byl probrán návrh anténní řady s 2 \times 2 prvky. Anténní řada byla navrhována a laděna v simulačním programu Ansoft HFSS a následně vyrobena a proměřena. Z naměřených hodnot jde vidět posunutí pracovní frekvence antény na hodnotu 9,94 GHz. U anténní řady bude dále zkoumán vliv nepřesností výroby na průběh činitele odrazu a pracovní frekvenci antény. Dále budou u antény změřeny směrové charakteristiky v bezodrazové komoře.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0007 WICOMT, financovaného z operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost. Popsaný výzkum byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

REFERENCE

- [1] Mongia, R.K., Ittipiboon, A., Cuhaci, M.: Measurement of radiation efficiency of dielectric resonator antennas. *IEEE Microwave Guided Wave Letter*. 1994, s. 80–82.
- [2] Xu, F., Wu, K.: Guided-Wave and Leakage Characteristics of Substrate Integrated Waveguide. *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*. 2005, vol. 53, no. 1, s. 66–73.