

ANTENNAS FOR MILIMETER-WAVE BANDS

Kamil Pítra

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpitra01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zbyněk Raida

E-mail: raida@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This article describes design and experimental verification of three types of the wideband antenna bow-tie dipole antenna, Vivaldi antenna and spiral antenna. The tracked parameters are bandwidth, input impedance, gain and directivity patterns. Next step is design of millimeter-wave horn antennas. Attention is turned to the proper construction of a wideband feeder of the horn. For the final antenna structure, a bow-tie dipole and a Vivaldi antenna were chosen. The antenna construction is aimed to provide a wide bandwidth on one hand and a high gain on the other hand.

1. ÚVOD

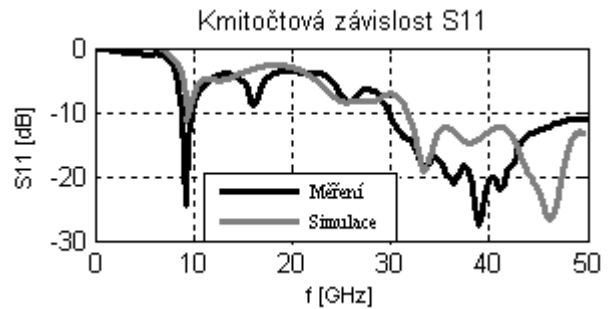
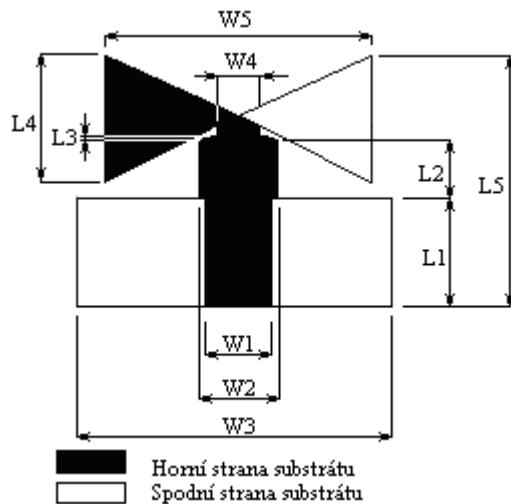
V poslední době došlo k intenzivnímu výzkumu a rozvoji komunikací v pásmu milimetrových vln. Výzkum je motivován potřebou nových kmitočtových pásem a nových technických řešení komunikačních systémů v tomto donedávna opomíjeném pásmu.

2. ROZBOR

Cílem této práce byl návrh širokopásmových antén pracujících v pásmu milimetrových vln. Tyto antény byly poté použity jako budič trychtýřové antény za účelem zvýšení zisku základních variant a dosažení vyšší směrovosti anténní struktury. Následující podkapitoly přiblíží dosažené výsledky a jejich vzájemné porovnání. Antény byly realizovány na mikrovlákném substrátu Arlon 25N (tloušťka $h = 0,788$ mm, permitivita $\epsilon_r = 3,24$, ztrátový úhel $\text{tg } \delta = 0,0025$ při $f = 10$ GHz). Rozměry antén jsou 20x20mm. K vytvoření modelů antén bylo použito CST MWS, k řešení byl použit transient solver. V modelu byla definována tloušťka mikropásku $t = 0,05$ mm, nadefinované ztráty v mikrovlákném substrátu, struktura anténa byla pokryta standardní sítí generovanou programem CST MWS. Sít byla zjemněna v okolí připojení modelu K konektoru. Počet buněk jednotlivých modelů antén se pohyboval v rozmezí 7000000 až 24000000. Pro vytvoření modelu K konektoru byli použity střední hodnoty materiálových parametrů (konektor firmy Pasternack, přesné hodnoty chrání materiálové normy, které nejsou volně dostupné). Rozdíly mezi simulací a měřením je způsoben ztrátami a parazitními jevy v reálném vzorku.

2.1. MOTÝLKOVÁ ANTÉNA

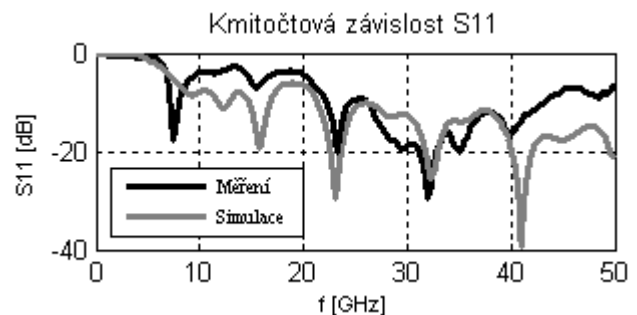
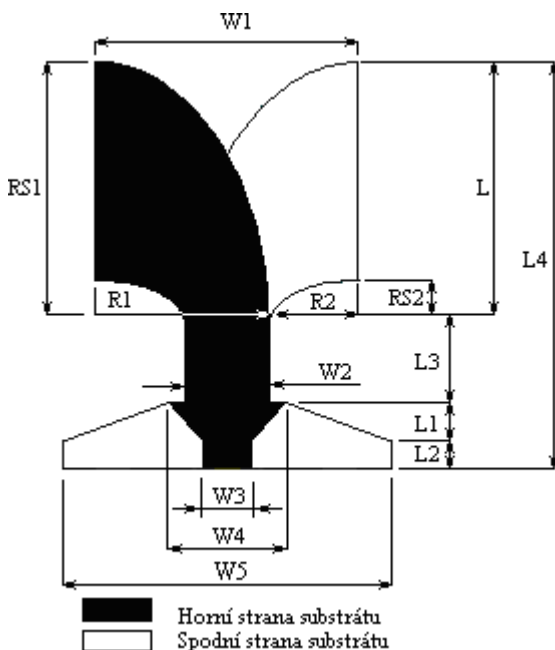
Dosažená šířka pásma antény je $BW = 18,23$ GHz (měření), základní zisk antény $G = 6,32$ dBi (simulace). Obrázek 1 zobrazuje základní geometrii motýlkové antény a kmitočtovou závislost činitele odrazu. Základní rozměry jsou $W_1 = 2,128$ mm, $W_2 = 2,531$ mm, $W_3 = 10,3$ mm, $W_5 = 8,739$ mm, $L_1 = 3,529$ mm, $L_2 = 1,902$ mm, $L_3 = 0,156$ mm, $L_4 = 4,162$ mm, $L_5 = 8,192$ mm.



Obrázek 1: Geometrie motýlkové antény (vlevo), Kmitočtová závislost S_{11} (vpravo).

2.2. VIVALDIHO ANTÉNA

Dosažená šířka pásma antény je $BW = 22,43$ GHz (měření), základní zisk antény $G = 5,89$ dBi (simulace). Obrázek 2 zobrazuje základní geometrii Vivaldiho antény a kmitočtovou závislost činitele odrazu. Základní rozměry jsou $W_1 = 10,140$ mm, $W_2 = 3,240$ mm, $W_3 = 1,816$ mm, $W_4 = 4,490$ mm, $W_5 = 12,712$ mm, $L = 10,140$ mm, $L_1 = 1,511$ mm, $L_2 = 0,9$ mm, $L_3 = 2,987$ mm, $L_4 = 15,538$ mm, $R_1 = 6,690$ mm, $R_2 = 3,450$ mm, $RS_1 = 10,140$ mm, $RS_2 = 1,720$ mm



Obrázek 2: Geometrie Vivaldiho antény (vlevo), Kmitočtová závislost S_{11} (vpravo).

2.3. SPIRÁLOVÁ ANTÉNA

Dosažená šířka pásma antény je $BW = 25,49$ GHz (měření), základní zisk antény $G = 7,62$ dBi (simulace). Spirálová anténa odpovídá parametrickým rovnicím 1a – 1e.

$$X_1 = 0,445 \exp(564,5 \varphi) \cos(\varphi) , \quad (1a)$$

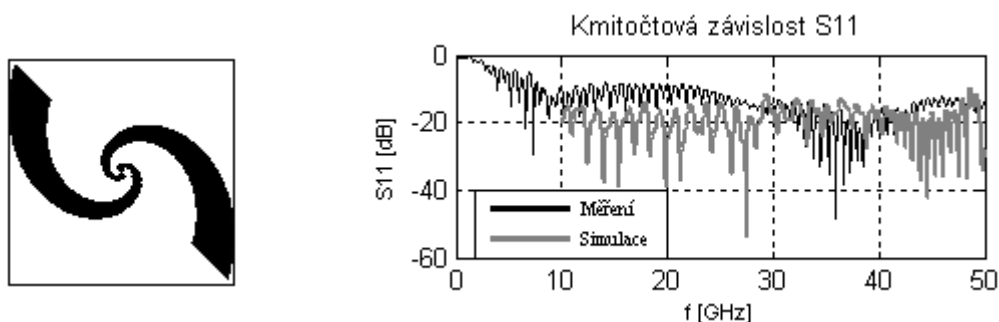
$$Y_1 = 0,445 \exp(564,5 \varphi) \sin(\varphi) , \quad (1b)$$

$$X_2 = 0,445 \exp[564,5(\varphi + 0,6981)] \cos(\varphi) , \quad (1c)$$

$$Y_2 = 0,445 \exp[564,5(\varphi + 0,6981)] \sin(\varphi) , \quad (1d)$$

$$\varphi \in (0, 5,5) \text{ rad} . \quad (1e)$$

Obrázek 3 zobrazuje základní geometrii spirálové antény a kmitočtovou závislost činitele odrazu.



Obrázek 3: Geometrie spirálové antény (vlevo), Kmitočtová závislost S_{11} (vpravo).

3. ŠIROKOPÁSMOVÉ ANTÉNY JAKO BUDIČE TRYCHTÝŘOVÉ ANTÉNY

K tomuto účelu jsou vhodné pouze Vivaldiho a motýlková anténa. Spirálová anténa je jako budič nevhodná. Dosažené výsledky zobrazuje tabulka 1.

Typ antény	Samostatná	Umístěna v apertuře	Typ antény	Základní zisk	Aperturový zisk
Motýlková anténa	$BW = 18,23$ GHz	$BW = 18,49$ GHz	Motýlková anténa	$G = 6,32$ dBi	$G = 18,96$ dBi
Vivaldiho anténa	$BW = 22,43$ GHz	$BW = 24,37$ GHz	Vivaldiho anténa	$G = 5,43$ dBi	$G = 18,57$ dBi

Tabulka 1: Porovnání dosažených výsledků $f = 40$ GHz.

4. ZÁVĚR

Cílem projektu byl návrh širokopásmových antén a struktur. Výsledky numerického modelování v programu CST MWS byly experimentálně ověřeny. Nejvhodnější anténou pro tyto aplikace je Vivaldiho anténa díky své malé náchylnosti na nedodržení výrobní přesnosti. Z tohoto hlediska je nejméně vhodné použití motýlkové antény. Spirálová anténa by musela být zmenšena a došlo by k omezení pracovního pásma.

LITERATURA

- [1] PROCHÁZKA, M. Antennas – Encyclopedic Handbook. Prague: BEN Publishing, 2005. ISBN 8073001667
- [2] MILLIGAN, T. Modern Antenna design. 2nd Edition. New York: J. Wiley and Sons, 2005.