

Fraktální anténa vyrobená technologií vyšívání a Aerosol Jet

Martin Pavec, Radek Soukup a Aleš Hamáček

Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
pavec@ket.zcu.cz

Fractal Antenna Made by Embroidering and Aerosol Jet Technology

Abstract – This paper presents a research focused on development of a flexible fractal antenna for wearable IoT applications or smart textile optimized for Ultra-Wideband communication. A bowtie pattern was chosen as design of the flexible antenna, which is prepared by two technologies: aerosol jet and embroidering. Demonstrators of the final antenna design were fabricated and tested.

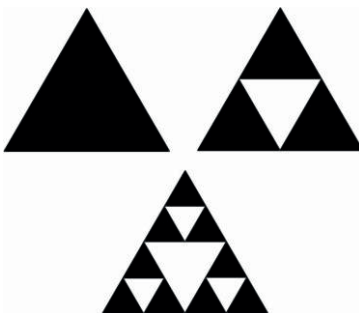
Keywords – Aerosol Jet Printer, Bowtie; Embroidering; Fractal

I. ÚVOD

Inteligentní textilie je relativně novým segmentem elektronického průmyslu, je rychle se rozvíjející a má velký potenciál v blízké budoucnosti díky své aplikaci týkající se internetu věcí (Internet of Things - IoT). Jak vytvořit inteligentní textilní zařízení? Jedním ze způsobů je připojení běžných elektronických obvodů založených na křemíku na textil, aby se vytvořily výrobky, jako jsou pásy snímačů tepové frekvence nebo LED osvětlené vesty. Tento postup je označován společností Cientifica Research Company jako první generace inteligentní textilní technologie. Zaměřujeme se na výzkum druhé generace inteligentní textilní technologie, kde jsou elektronické funkční bloky zabudovány do textilních výrobků nenápadným a robustním způsobem. Tato technologie přináší mnoho pozitiv, jako je lepší uživatelský komfort, větší prodyšnost a omyvatelnost koncových textilních výrobků. Cílem našeho výzkumu je vyvinout a porovnat dva typy flexibilních ultraširokopásmových antén pro inteligentní textilní nebo nositelné aplikace IoT. Antény jsou připraveny dvěma technologiemi: Aerosol Jet Printing a vyšívání [1].

II. NÁVRH ANTÉNY

Bowtie anténa má podobnou vyřazovací charakteristiku jako má dipólová anténa. Za účelem vytvoření vícepásmové antény byla využita teorie fraktálních obrazců, přesněji Sierpiského trojúhelník. Hlavní rozdíl mezi anténou vytvořenou s využitím teorie fraktálních obrazců a konvenční anténou je, že konvenční anténa je navržena tak aby pracovalo v úzkém pásmu, typicky 10-40% okolo maxima hlavní frekvence a fraktální antény mohou fungovat jako vícepásmové se skoro stejnými rozměry ve srovnání s konvenčními anténami [1]. Sierpinského trojúhelník je pojmenován po polském matematikovi Waclawu Sierpińskemu, který tuto problematiku popsal v roce 1915. Sierpinského trojúhelník se jako fraktální anténa používá hlavně pro své vícepásmové vlastnosti. Je složen z několika prvků, které se liší pouze v měřítku, přičemž každý prvek rezonuje na jiné frekvenci.



Obrázek I. Sierpinského trojúhelník

Obrázek I znázorňuje metodu pomocí, které je možné vytvořit bowtie fraktální anténu s využitím principu Sierpinského trojúhelníku. Níže jsou popsány tři základní kroky potřebné k vytvoření Sierpinského trojúhelníku.

1. V prvním kroku se vytvoří rovnoramenný trojúhelník.
2. V kroku číslo dvě se rozdělí původní trojúhelník na čtyři stejně velké trojúhelníky a dojde k odstranění prostředního trojúhelníku.
3. Ve třetím kroku se zopakuje krok číslo 2, tj. každý ze třech vytvořených trojúhelníků je rozdělen na čtyři stejné trojúhelníky a trojúhelník umístěný uprostřed je odstraněn.

Poslední krok je možné zopakovat více krát, nicméně v tomto experimentu k dalšímu opakování nedošlo a to z důvodu technologického omezení vyšívacího procesu.

III. MATERIÁLY A TECHNOLOGIE

Materiály a technologie, které byly použity v tomto experimentu, jsou popsány níže.

A. *Aerosol Jet Printer*

Aerosol Jet je jedinečná technologie selektivní depozice. Vytváří aerosol z vodivých, polovodivých nebo dielektrických inkoustů. Aerosol je aerodynamicky zaostřen v tiskové hlavě a poté je nanesen bezkontaktním způsobem na substrát ve formě aerosolového paprsku.

B. *DuPont™ Kapton® HN polyimidová fólie*

Kaptonová fólie byla zvolena jako flexibilní substrát pro její vysokou teplotní stabilitu. Zvolená fólie DuPont Kapton HN500 o tloušťce 125 μ m byla před tiskem omyta isopropylalcholem a povrchově upravena pomocí plasmu.

C. *UTDAg40 vodivý stříbrný inkoust s obsahem nanočástic*

UTDAg40 je inkoust s obsahem stříbrných nanočástic vyvinutý společností UT dot. Tento nanoinkoust je speciálně navržen pro použití technologiemi Aerosol Jet a ink-jet.

D. *DuPont™ NOMEX® aramidová látka*

Aramidová tkanina DuPont™ NOMEX® (složení: 93% NOMEX, 5% KEVLAR and 2% Uhlík) je ohni odolná látka, která je běžně používána k výrobě hasičských a petrochemických ochranných oděvů.

E. Mosazná hybridní vodivá šicí nit'

Hybridní mosazná vodivá nit' se skládá ze dvou vláken, které každé obsahuje 48 polyesterových vláken a 4 mosazné mikrodrátky.

F. Vyšívací stroj

K vyšití motivu byl použit šicí stroj Bernina QE750 spolu s vyšívacím modulem.

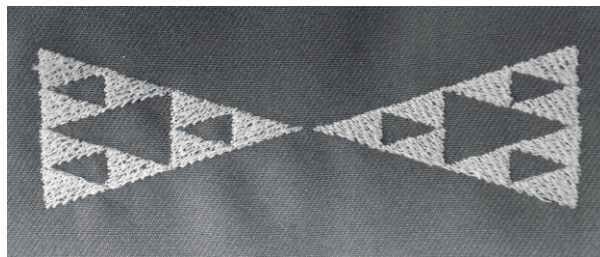
IV. EXPERIMENT

První vzorek byl vytvořen pomocí technologie Aerosol Jet. Pro tisk byl použit stříbrný nanoinkoust UTDAg40, jako substrát byla použita polyimidová fólie DuPont™ Kapton® HN.



Obrázek II. Bowtie anténa vyrobená technologií Aerosol Jet

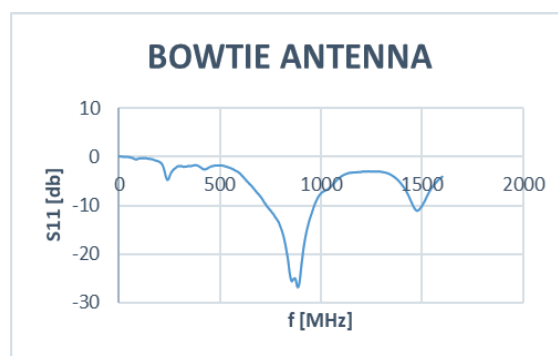
Druhý vzorek byl vyšit pomocí šicího stroje Bernina. Anténa byla vyšita pomocí hybridní vodivé šicí nitě na DuPont NOMEX® aramidovou látku.



Obrázek III. Vyšívaná bowtie anténa

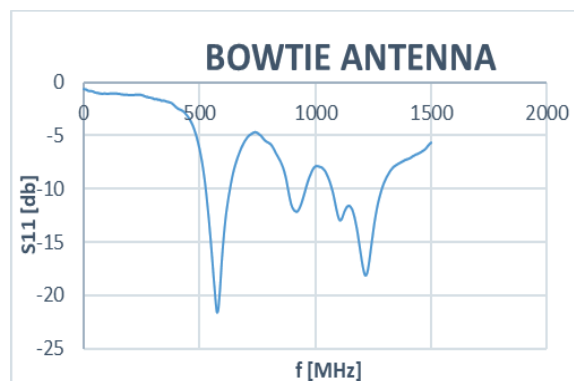
V. VÝSLEDKY

Na obrázku IV. je znázorněna závislost parametru S_{11} na frekvenci bowtie antény vytvořené technologií Aerosol Jet. Jsou zde vidět dvě špičky vyšší než -10 dB. První má rozsah od 730 MHz do 966 MHz se vstupním činitelem odrazu S_{11} -26.84 dB při 855.5 MHz. Druhá špička byla dosažena mezi 1454 MHz to 1500 MHz, při S_{11} -11.03 dB a 1471.5 MHz.



Obrázek IV. Fraktální anténa vytvořená pomocí technologie Aerosol Jet

Obrázek V znázorňuje závislost vstupního činitele odrazu na frekvenci vyřivané antény. Jsou zde vidět tři špičky vyšší než -10dB. První má rozsah od 530 MHz do 630 MHz se vstupním činitelem odrazu S_{11} -21.4 dB při 580 MHz. Druhá špička byla dosažena mezi 885 MHz to 955 MHz, při S_{11} -12.12 dB a 915 MHz. Třetí špička byla dosažena mezi 1075 MHz to 1290 MHz, při S_{11} -18.2 dB a 1220 MHz.



Obrázek V. Vyřitá fraktální anténa

VI. ZÁVĚR

V tomto experimentu byla navržena a realizována fraktální bowtie anténa (se stejnými rozměry) dvěma různými aditivními technologiemi - Aerosol Jet printing a vyřivání. Hlavní měřený parametr byl koeficient S_{11} . Z výsledků je zřejmé, že bowtie anténa připravená pomocí technologie Aerosol Jet se liší od vyřité ve svém vyzařování. Anténa vyrobená pomocí technologie Aerosol Jet má dva špičky vyšší než -10 dB (-26,84 dB při 855,5 MHz a -11,03 dB při 1471,5 MHz). Třetí teoretický vrchol by měl být na frekvenci vyšší než 1500 MHz. U vyřivané antény se ukázaly všechny tři špičky pod 1500 MHz (-21,4 dB při 580 MHz, -12,12 dB při 915 MHz a -18,2 dB při 1220 MHz.) Budoucí práce bude zaměřena na realizaci bowtie antény těmito dvěma různými aditivními technologiemi, tak aby obě měly stejný vyzařovací charakter.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005, dále projektu SGS-2018-001: Výzkum a vývoj elektronických a komunikačních systémů ve vědeckých a inženýrských aplikacích a projektu NoMaTex - FV30051 řešeného v rámci programu TRIO.

LITERATURA

- [1] M. Pavec, R. Soukup and A. Hamacek, "Embroidered textile antennas based on hybrid sewing thread", *Proceedings of the 1st PCNS Passive Components Networking Days*, Brno, 2017.
- [2] J. Navratil, A. Hamacek, J. Rebound and R. Soukup, 2015, "Perspective methods of creating conductive paths by Aerosol Jet Printing technology", *Proceedings of the International Spring Seminar on Electronics Technology*, pp. 36.
- [3] UT Dots, Inc., "UTDAg Conductive Silver Nanoinks" datasheet, [Revised February. 2014].
- [4] TELEDYNE LECROY, "SPARQ™ Signal Integrity Network Analyzer" datasheet, [Revised January. 2014].