

# Návrh a realizace vyšíváných antén s využitím hybridní šicí nitě

Martin Pavec, Radek Soukup a Aleš Hamáček

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

## Design and Realization of Embroidered Antennas with Using of Hybrid Sewing Thread

**Abstract** – In this paper is described problematic of dipole and fractal dipole antenna design. Realization of embroidered antennas optimized for frequency of 868 MHz. Two types of antennas were realized, the first was dipole antenna and second was fractal dipole antenna. These antennas were embroidered on flame-resistant fabric by hybrid sewing thread.

**Keywords** – Embroidered Antenna; Dipole; Fractal Dipole; Hybrid Sewing Thread.

### I. ÚVOD

Tento experiment je zaměřený na textilní antény, které jsou vyšívány pomocí nové speciální hybridní vodivé šicí nitě. Díky technologii vyšívání, která se v tuto chvíli ukazuje jako nejslibnější výrobní technologie pro integraci antén do oblečení, jsou antény robustnější, pružnější, plně omyvatelné a pohodlné pro nošení. Tyto vlastnosti jsou důležité vzhledem k rostoucí poptávce po výrobcích tzv. Smart textiliích ve sportovním oblečení, zdravotnickém nebo vojenském prostředí. Cílem tohoto experimentu bylo vyvinout nositelnou textilní anténu optimalizovanou na frekvenci 868 MHz. Byly navrženy a zkoumány dva různé vzory antén, tj. dipólová a fraktální dipólová anténa. Tyto prototypy byly vyšité pomocí nové unikátní hybridní vodivé šicí nitě na ohni odolném textilním substrátu. Nítě se skládají ze dvou vláken, z nichž každé obsahuje 48 polyesterových (PES) vláken a 4 mosazné mikrodrátky. Tato hybridní vodivá šicí nit byla vyvinuta společností VÚB v úzké spolupráci se Západočeskou univerzitou v Plzni a je chráněna českým užitným vzorem CZ 28603. Finální, plně optimalizovaná vyšívaná anténa by mohla být použita pro aplikace, jako jsou například RFID, osobní ochranné oblečení nebo v sítích IoT (internet věcí)[1][2].

### II. EXPERIMENT

Dipólová anténa je základní typ antény, která se stala základem pro většinu ostatních antén. Délka ramen je určena vlnovou délkou, pro kterou je anténa navržena. Délka obou ramen by měla odpovídat polovině vlnové délky a délka jednoho ramene by tedy měla být rovna jedné čtvrtině požadované vlnové délky. Dipólová anténa byla navržena tak aby rezonovala na frekvenci 868 MHz a měla vstupní impedanci 50Ω. Pro výpočet antény byl použit následující vzorec. Kde  $\lambda$  je vlnová délka,  $c$  je rychlost světla a  $f$  je požadovaná frekvence.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

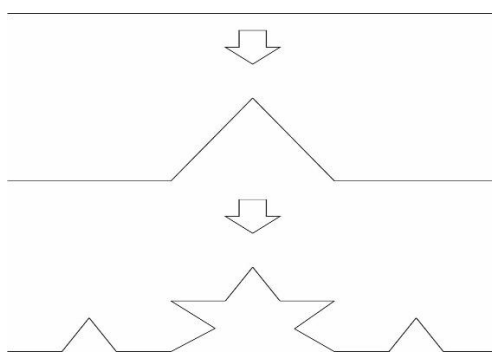


**Obrázek I. Prototyp vyšívané dipólové antény**

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2 \cdot f} = \frac{299\,792\,458}{2 \cdot 868 \cdot 10^6} = 0.1736 \text{ m} \Rightarrow 17.36 \text{ cm} \quad (2)$$

Výsledek rovnice 2 udává délky obou ramen dipólové antény. K získání délky jednoho ramena je tedy třeba výsledek vydělit dvěma. Délka jednoho ramene tedy vychází 8.68cm. Po vyšítí byla délka jednoho ramena dipólové antény (Obr. 1) 8.67cm.

Jako druhý typ vyšívané antény byl zvolena fraktální-dipólová anténa. Fraktální anténa je anténa, navržená s využitím teorie fraktálů, tak aby zvýšila rozsah frekvencí které může anténa přijímat [5]. Hlavním rozdíl mezi fraktálními a konvenčními anténami je ten, že konvenční antény jsou navrženy tak, aby pracovali v úzkém pásmu, typicky 10-40% okolo středu hlavní frekvence a fraktálové antény mohou pracovat jako vícepásmové při zachování téměř stejných rozměrů.



**Obrázek II. Příklad tvorby fraktálu na příkladu Van Kochovy křivky**

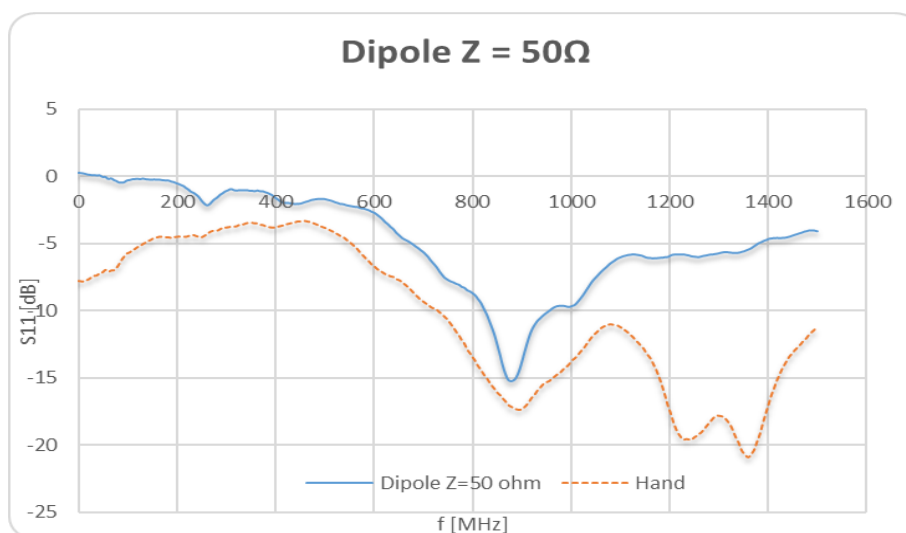
Obrázek 2 ukazuje, jak vytvořit fraktální anténu z konvenční antény s využitím Van Kochovy křivky. Prvním krokem je rozdělit původní přímku (rameno) na tři stejné části a v prostřední části vytvořit trojúhelník (délka ramen je jedna třetina původní délky ramene). V dalších krocích dochází k opakování prvního kroku, tj. rozřezání ramena na tři stejné části a v prostřední části vytvoření trojúhelníku. V našem případě, jsme skončili na druhém kroku a to z důvodu omezení, která přináší proces vyšívání. Obrázek 3 ukazuje vyšitý vzorek fraktál-dipólové antény. Délka jednoho ramene je v tomto případě 9 cm.



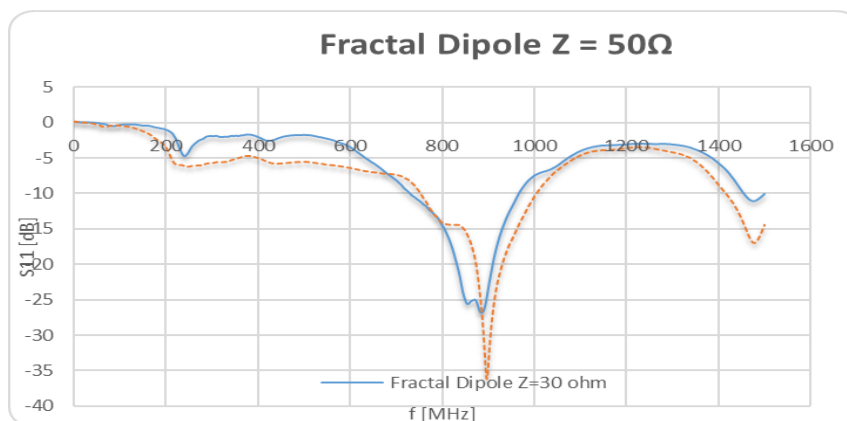
**Obrázek III. Prototyp vyšívané fraktál - dipólové antény**

### III. VÝHODNOCENÍ

Na Obr. 4 jsou vyobrazeny odrazové charakteristiky vyšívané dipólové antény, kde je znázorněna závislost parametru  $S_{11}$  na frekvenci. Parametr  $S_{11}$  vyjadřuje, kolik energie se odrazí od antény. V případě, že se parametr  $S_{11}$  rovná 0 dB, tak bude veškerá energie odražena a z antény nebude vyzářeno nic. V grafu jsou znázorněny dva průběhy. Plná čára zobrazuje naměřený průběh v případě, kdy byla anténa uchycena v držáku pro měření a přerušovaná čára zobrazuje průběh, kdy byla anténa umístěna na lidském těle, přesněji ruce. Tabulka 1. zobrazuje hlavní špičky obou měřených antén.



**Obrázek IV. Závislost parametru  $S_{11}$  dipólové antény na frekvenci**



**Obrázek V. Závislost parametru  $S_{11}$  fraktál-dipólové antény na frekvenci**

Obr. 5 zobrazuje odrazové charakteristiky vyšíváné fraktál – dipólové antény. Plná čára zobrazuje případ, kdy byla anténa umístěna v měřicím držáku a přerušovaná čára případ kdy byla anténa umístěna na lidském těle.

TABULKA I. HLAVNÍ ŠPIČKY MĚŘENÝCH ANTÉN

	f [MHz]	S11 [dB]
<b>Dipól 50 <math>\Omega</math></b>	878	-15,2451
<b>Dipól 50 <math>\Omega</math> ruka</b>	895,125	-17,3779
<b>Fraktál - dipól 50 <math>\Omega</math></b>	855,5	-25,6162
<b>Fraktál - dipól 50 <math>\Omega</math> ruka</b>	897	-36,1831

#### IV. ZÁVĚR

V rámci výzkumu byly navrženy a realizovány dva různé typy vyšíváných antén. Oba typy byly optimalizovány pro vstupní impedanci 50  $\Omega$  a cílem bylo dosáhnout rezonanční frekvence 868 MHz. Hlavním měřeným parametrem byl koeficient S11, který závisí na frekvenci. Výsledky ukazují, že pokud byla dipólová anténa umístěna na lidském těle, frekvence se posunula z 878 MHz (dipólová anténa umístěna v držáku) na 895,125 MHz a S11 se změnila z -15,2451 dB (dipólová anténa umístěna v držáku) na -17,3779 dB. Když byla fraktální anténa umístěna v měřicím držáku, byl vrchol 855,5 MHz (S11 = -25,6162 dB) a po umístění na těle byl vrchol 897 MHz (S11 = -36,1831 dB). Z výsledků je patrné, že parametr S11 se zlepšil připojením antény k lidskému tělu a zároveň dojde k posunu hlavní frekvence na vyšší frekvenci. Budoucí práce se zaměří na optimalizaci navrhovaných antén, analýzu jejich vyzářovacích vzorců při jejich umístění na tělo a při provedení automatizovaných prací zkoušek.

#### PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

#### LITERATURA

- [1] T. Blecha, R. Linhart and J. Reboun, "Screen printed antennas on textile substrate," Proceedings of the 5th Electronics System-integration Technology Conference (ESTC), Helsinki, 2014, pp. 1-4. doi: 10.1109/ESTC.2014.69627
- [2] Monti, G.; Corchia, L.; Tarricone, L., "Textile logo antennas," in Microwave Symposium (MMS), 2014 14th Mediterranean , vol., no., pp.1-5, 12-14 Dec. 2014
- [3] Wang, Z.; Lee, L.Z.; Psychoudakis, D.; Volakis, J.L. Embroidered multiband body-worn antenna for GSM/PCS/WLAN communications. IEEE Trans. Antennas Propag. 2014, 62, 3321–3329.
- [4] M. K. Tahir, "Combined Fractal Dipole Wire Antenna," 2007 Loughborough Antennas and Propagation Conference, Loughborough, 2007, pp. 65-68. doi: 10.1109/LAPC.2007.367432
- [5] Fractal antenna, Retrieved April 1, 2017, from <http://www.definitions.net/definition/fractal%20antenna>