

DESIGN OF SPIRAL ANTENNA AND WIDEBAND BALUN

Ondřej Dvořák

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xdvora65@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jaroslav Láčik
E-mail: lacik@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper deals with the design of a planar equiangular spiral antenna and a wideband balun in the frequency range from 1 to 5 GHz. The equiangular spiral antenna is defined by its angles, so it belongs to frequently independent antennas, however, its feeding is balanced. For this reason, the wideband microstrip-stripline balun was designed. The impedance matching is created by the Klopfenstein taper transformer. All structures were created in Matlab and simulated in IE3D from Zeland corp.

1. ÚVOD

Tento projekt zaměřuje na návrh spirálové antény pro pásmo od 1 do 5 GHz. Spirálová anténa není určena vlnovou délkou představuje symetrickou strukturu se symetrickým napájením, proto je zapotřebí pro připojení napáječe provést symetrizaci pomocí symetrizačního obvodu – balunu (*balanced - unbalanced*). Ve většině případů není vstupní impedance antény rovna impedanci koaxiálního vedení 50 Ω, proto je součástí balunu i impedanční transformátor. Vše je provedeno jako planární pasivní struktury

2. ROZBOR

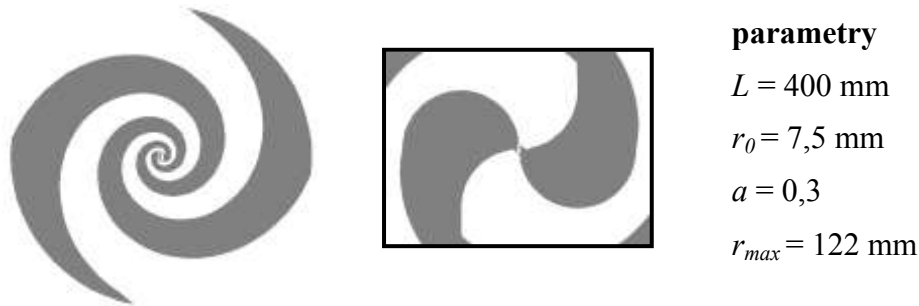
Jak bylo uvedeno v úvodu, širokopásmová anténa musí být nezávislá na vlnové délce. Ideálně by musela mít spirála nekonečnou délku, což v praxi nelze realizovat. Proto vlnové délky, λ_{min} pro horní frekvenci a λ_{max} pro dolní frekvenci, poskytují základní představu o rozměrech antény. Spirálová anténa se skládá ze dvou identických ramen, vůči sobě otočených o 180°. Rameno spirály je určeno dvěma křivkami, které jsou posunuty o 90° a jsou dány vztahem [1]

$$r = r_0 \cdot e^{a \phi - \frac{\delta}{2}}, \quad (1)$$

kde r_0 je počáteční poloměr, který je dán jako $\lambda_{min}/8$, a je excentricita udávající vzestup spirály a δ určuje zda se jedná o vnitřní křivku ramene spirály ($\delta=90^\circ$), nebo vnější křivku ($\delta=0^\circ$). λ_{max} je délka ramene spirály L , z níž je určen maximální poloměr r_{max} vztahem

$$r_{max} = r_0 + \frac{L}{\sqrt{1 + an^2(1/a)}} \quad (2)$$

Dalším důležitým bodem návrhu antény je správné navržení napájecí části, neboť tato část nejvíce ovlivňuje závislost impedance na frekvenci. Možným způsobem jak zajistit konstantní hodnotu impedance v širokém pásmu, je použití samokomplementární struktury. Tu lze zjednodušeně popsat jako strukturu, u které vodivá část zabírá stejnou plochu jako vzduchová část. Impedance samokomplementární struktury dle teorie je 60π [2]. Ve skutečnosti je však impedance nižší. Spirála je zobrazena na obrázku 1.



Obrázek 1: Spirálová anténa navržena pro pásmo 1-5 GHz, $Z_{vst} = 145 \Omega$.

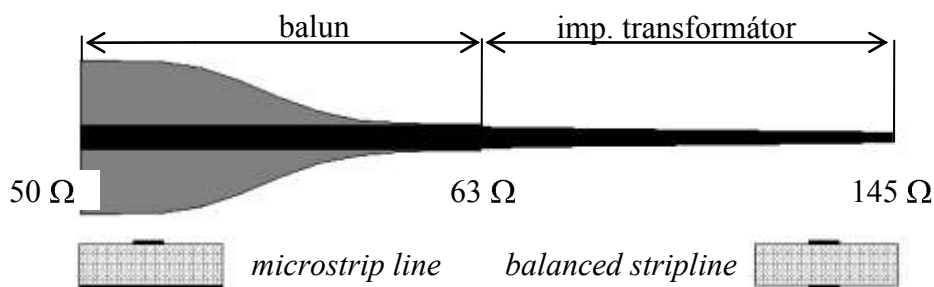
3. BALUN A IMPEDANČNÍ TRANSFORMÁTOR

Pro symetrizaci širokopásmových antén je vhodné použít baluny, které jsou založeny na přechodu mezi dvěma typy vedení. Možností je využití mikropáskového vedení (*microstrip line*) na nesymetrické straně a symetrického (*balanced stripline*) vedení na symetrické straně.

Princip balunu je ve své podstatě velmi jednoduchý, spodní vodič tvořící zemní desku mikropáskového vedení se postupně zužuje, až vytvoří s horním vodičem symetrické vedení. Impedance obou typů vedení si je velmi blízká, protože impedance symetrického vedení Z_s lze pomocí impedance mikropáskového vedení Z_m vyjádřit vztahem

$$Z_s(h, \varepsilon) = 2Z_m(h/2, \varepsilon) \quad (3)$$

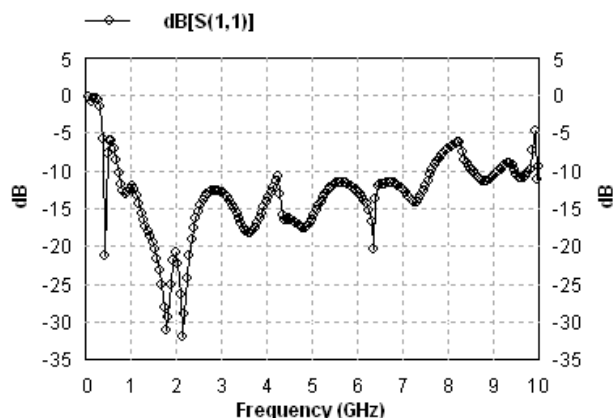
Pro substrát Arlon 25N s $\varepsilon_r = 3,28$ a $h = 0,7878$, je impedance $Z_s = 63 \Omega$ při $Z_m = 50\Omega$. Tvar rozšiřující části má binomický průběh. Pro transformaci impedance Z_s na vstupní impedanci antény Z_{vst} byl navržen Klopfensteinův transformační člen, který disponuje velmi dobrými parametry z hlediska šířky pásma a činitele odrazu [3].



Obrázek 2: Balun s impedančním transformátorem navrženy pro spirálovou anténu.

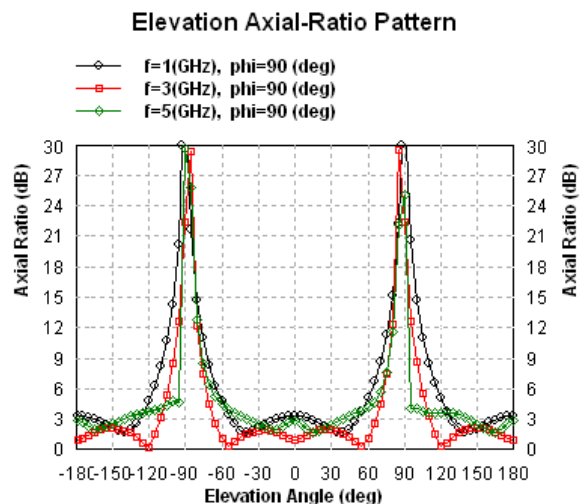
4. VÝSLEDKY SIMULACE V IE3D

Na obrázku 3, je zachycen průběh činitele odrazu pro anténu i balunem. Činitel odrazu je menší než -10 dB v pásmu 1 - 7 GHz. Obrázek 4 znázorňuje *axial ratio* pro frekvence 1, 3 a 5 GHz, při $\varphi = 90^\circ$. Nejlepšího poměru dosahuje na frekvenci 3 GHz, kdy pro elevační úhel θ -60° až $+60^\circ$ se poměr pohybuje pod 3 dB.



Obrázek 3:

S_{11} pro kompletní zapojení antény i balunu.



Obrázek 4:

Axial ratio spirálové antény.

5. ZÁVĚR

Cílem projektu je návrh spirálové antény a širokopásmového planárního balunu. Simulace v programu IE3D ukazují, že zvolená konfigurace, spirálová anténa, microstrip line-to-balanced stripline balun a Klopfensteinův impedanční transformátor jsou vhodné nejen pro pokrytí frekvenčního pásma od 1 do 5 GHz, ale i mnohem širší, dle [2] až pásmo od 1,2 do 40 GHz.

Další částí projektu bude ověření simulovaných parametrů praktickou realizací a měření. Spirálová anténa je navržena na substrát FR4 a balun s impedančním transformátorem pro substrát 25N. K projektu byli vytvořeny univerzální skripty v programu Matlab, proto lze snadno a rychle vygenerovat všechny struktury pro jiné substráty, nebo frekvenční pásma.

LITERATURA

- [1] J. D. Dyson, The Equiangular Spiral, IRE Trans. Antenna Propag., sv.AP-7, April 1959, str.181-187
- [2] P. Piksa, M. Mazánek, A Self-Complementary 1.2 to 40 GHz Spiral Antenna with Impedance Matching. Radioengineering. 2006, vol. 15, no. 3, s. 15-19. ISSN 1210-2512.
- [3] D. M. Pozar, Microwave engineering, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York 1998