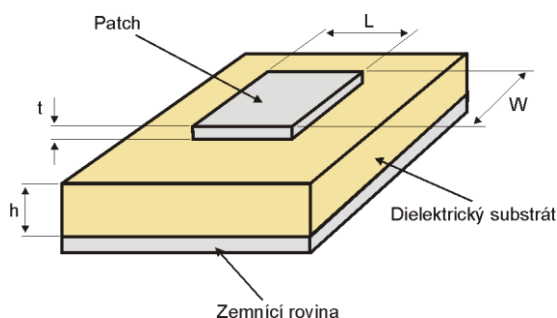


projekt č. 1 Mikropáskový patch

1. Návrh patchové antény pomocí modelu vedení

Pomocí implementace modelu vedení v prostředí Matlab určete rozměry a základní charakteristiky lineárně polarizované mikropáskové patchové antény obdélníkového tvaru (pro rezonanci v základním módu) dle níže uvedených parametrů zadání. Pro danou frekvenci a zvolený materiál.

- 1.1. Určete šířku W a délku L antény.
- 1.2. Implementujte frekvenční závislost vstupní impedance pomocí modelu vedení (TLM). Graficky znázorněte průběh $R_{in}(f)$ a $X_{in}(f)$ a průběh modulu koeficientu odrazu $\Gamma(f)$ pro napájecí bod na hraně antény.
- 1.3. Určete $Z_{in}(L_1 = 0)$ na hraně antény a vzdálenost L_1 od okraje zářiče, kde vstupní impedance nabývá hodnoty $Z_{in} = 50 \Omega$. Graficky znázorněte průběh $R_{in}(f)$ a $X_{in}(f)$ a průběh modulu koeficientu odrazu $\Gamma(f)$ pro přizpůsobenou anténu.
- 1.4. Určete impedanční šířku pásma BW ($PSV = 2$) odečtením z průběhu frekvenční závislosti koeficientu odrazu z modelu vedení, porovnejte s BW zjištěnou z analytických výrazů.
- 1.5. S využitím analytických výrazů znázorněte závislost šířky pásma BW ($PSV = 2$) na tloušťce substrátu h a relativní permitivitě substrátu ϵ_r pro běžně realizovatelné hodnoty.
- 1.6. V polárním diagramu v dB míře znázorněte tvar vyzařovacích diagramů v obou hlavních rovinách (E a H rovina).



Obr. 1 Schema mikropáskové patchové/flíčkové antény

Materiálové parametry některých dielektrických substrátů:

Číslo materiálu	Název materiálu	Tloušťka h [mm]	ϵ_r	$\text{tg } \delta$
1	Umatext 222	1,5	4,3	0,017
2	GML 1000	1,52	3,05	0,003
3	ULTRALAM 2000	2,0	2,40	0,0019
4	ROGERS RO4003	0,76	3,38	0,002
5	MC5	0,76	3,40	0,012
6	DICLAD	1,5	2,6	0,0022
7	Taconic	1,58	3,0	0,0016

2. Měření patchové antény

Proměřte $Z_{in}(L_1)$ resp. $|S_{11}|$ u dodaného vzorku antény pro 3 polohy napájecího kolíku L_1 (obě krajní polohy a polohu s nejlepším přizpůsobením).

- 2.1. Naměřené frekvenční průběhy $Z_{in}(L_1)$ a $|S_{11}|$ vynesete do společného grafu s průběhy modelovanými pomocí TLM modelu.
- 2.2. Porovnejte měřené a modelované rezonanční kmitočty f_r a šířku pásma BW ($PSV = 2$), určete procentuální odchylky.
- 2.3. Diskutujte příčiny rozdílu mezi měřenými a modelovanými výsledky, vezměte v úvahu zejména zjednodušení TLM modelu.

Návrhové vztahy (rozměry):

$$W = \frac{c}{2 \cdot f} \cdot \sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} \quad (\text{m}), \quad L = \frac{c}{2 \cdot f \cdot \sqrt{\varepsilon_{ef}}} - 2 \cdot d\ell \quad (\text{m})$$

$$\varepsilon_{ef}(0) = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \cdot \left(1 + 12 \cdot \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$d\ell = h \cdot 0,412 \cdot \frac{(\varepsilon_{ef} + 0,3) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\varepsilon_{ef} - 0,258) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,813\right)} \quad (\text{m})$$

Činitel jakosti Q - definovány dílčí činitelé jakosti (jako poměry energie akumulované v dutině ku energii ztracené: dielektrika Q_d , vodiče Q_c , vyzařování Q_r) a celkový činitel jakosti Q_T

$$Q_d = \frac{\omega \cdot W_T}{P_d} = \frac{1}{tg\delta}, \quad Q_c = \frac{\omega \cdot W_T}{P_c} = \sqrt{\pi f \mu_0 \sigma t}, \quad Q_r = \frac{\omega \cdot W_T}{P_r} = c \frac{\sqrt{\varepsilon_r}}{4 f h},$$

$$Q_T = \frac{\omega \cdot W_T}{P_T} = 1 / \left(\frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_r} \right) = \frac{1}{tg\delta_{ef}}$$

t je tloušťka pokovení, σ vodivost mědi ($5,6 \cdot 10^7$ S/m).

Šířka pásma BW pro poměr stojatých vln PSV

$$BW = \frac{PSV - 1}{Q_T \sqrt{PSV}} \cdot 100 \quad [\%]$$

pro $PSV = 2$ (odpovídá $|S_{11}| = -9,54$ dB) je $BW = \frac{1}{\sqrt{2} Q_T} \cdot 100 \quad [\%]$

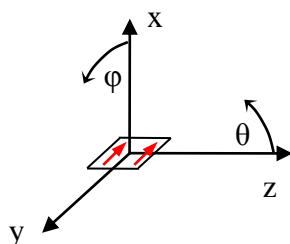
Směrové charakteristiky

Dle C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, John Wiley a Sons, New York, 1997, str. 745-6, **pozor záměnu funkcí $\sin(\theta)$ a $\cos(\theta)$ ve zde uvedeném vztahu $F_H(\theta)$ v rovině H (yz) v důsledku polohy patche v rovině xy, viz obr. níže).**

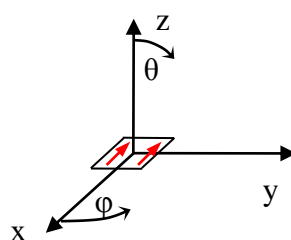
Vyzařovací diagramy: úhel v polárním diagramu v Matlabu je třeba zadávat v radiánech v rozsahu $(-\pi/2$ až $\pi/2)$.

$$E \text{ rovina } (\varphi = 0): F_E(\theta) = \frac{\sin(k_0 h/2 \cos(\theta))}{k_0 h/2 \cos(\theta)} \cos\left(k_0 \frac{L_{ef}}{2} \sin(\theta)\right)$$

$$H \text{ rovina } (\varphi = 90): F_H(\theta) = \cos(\theta) \frac{\sin(k_0 h/2 \cos(\theta))}{k_0 h/2 \cos(\theta)} \frac{\sin(k_0 W/2 \sin(\theta))}{k_0 W/2 \sin(\theta)}$$



Balanis



NKA projekt