

Patch antennák

Előadó:

Unger Tamás István

e-mail: ungert@maxwell.sze.hu

Konzulens:

Dr. Kolos Tibor

főiskolai docens

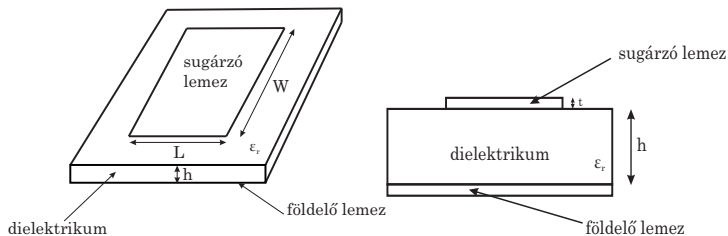
2014. április 23.



Az előadás tartalma

- A patch antenna felépítése
- Működési elv
- Bementi impedancia csökkentése
- Megtáplálási módszerek
- Szondás táplálású microstrip patch antenna tervezése
- Szalagtápvonallal táplált microstrip patch antenna tervezése
- Konklúzió

A patch antenna felépítése

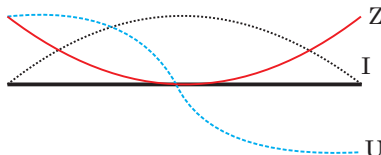
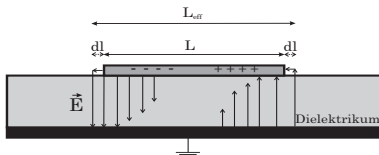


Geometriai jellemzők:

- L hosszúságú, W szélességű, t vastagságú sugárzó lemez
- h vastagságú, ϵ_r relatív permittivitású dielektrikum
- Földelő lemez (reflektor)
- Rezonáns hossz: $W = \frac{\lambda}{2}$

A legelterjedtebb típus nyomtatott áramköri kivitelben készül → microstrip patch antenna

Működési elv



A rezonáns hossz mentén kialakuló elektromos térerősség, feszültség, áram és impedancia jellege

Vezető felületen

$$\vec{E} \times \vec{n} = 0, \quad (1)$$

így a lemez szélén a vastagság miatt kialakul a lemezekkel párhuzamos komponens.

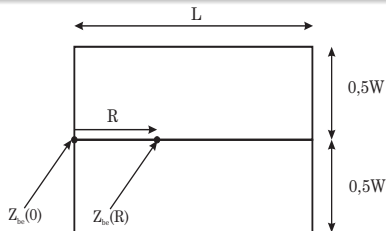
- Az eszköz szoros rokonságot mutat a félhullámú dipóllal
- $\epsilon_r < 10 \rightarrow$ microstrip antenna
- $\epsilon_r > 10 \rightarrow$ microstrip tápvonal

Jellegzetes kialakítási mód a négyszögletes microstrip patch antenna: $W = L$

Az antenna bemeneti impedanciája

Alapgondolat:

Az antennát a rezonáns hossz közepén kell meg táplálni, de a kétdimenziós lemez másik helyparamétere (L) szabad, kötetlen változó.

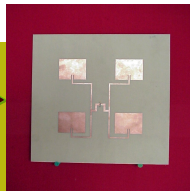
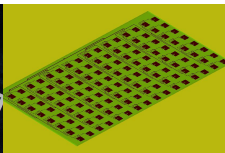
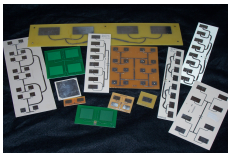
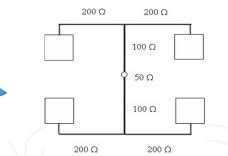
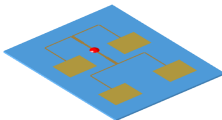
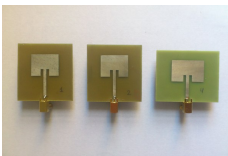


$$Z_{be}(R) = \cos^2 \left(\frac{\pi R}{L} \right) Z_{be}(0). \quad (2)$$

Megtáplálási módszerek

Főbb módszerek:

- Microstrip tápvonal segítségével
- Koaxális kábel segítségével → *szondás táplálás*
- Csatolt táplálással (Electromagnetically coupled, *EMC*)



Patch antenna tervezése

Célkitűzés:

Microstrip patch antenna tervezése a 2,4 GHz - 2,5 GHz ISM sávba. → *Wi-Fi* alkalmazás

Elvárások:

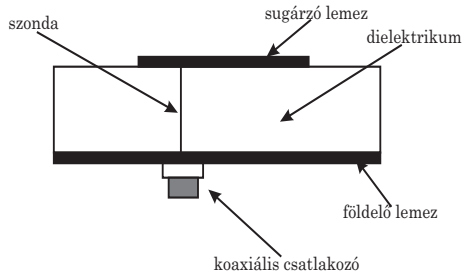
- Közepfrekvencia: $f_0 = 2450$ MHz
- Félgömb alakú iránykarakterisztika, melléknyalábok nélkül
- Kis méret, a sávon belüli megbízható működés
- Illesztés a $Z_0 = 50 \Omega$ hullámimpedanciájú koaxiális tápvezetékhez

Kikötések:

A megrendelő kikötötte, hogy milyen típusú hordozófelületre kell tervezni. A paraméterek: $\epsilon_r = 2,33$, $\mu_r = 1$, $\tan(\delta) = 0,0012$, $\rho = 1$, $t = 0,035$ mm, $h = 3,18$ mm

Az antenna megtervezését két eltérő megvalósítási módszerrel **Agilent Genesys** környezetben végeztem el.

Szondás táplálású microstrip patch antenna tervezése



Szondás táplálás elve:

A koaxiális kábel belső vezetője a dielektrikumon szondaként áthatolva táplálja meg a sugárzó lemezt, míg a külső vezető a földelő lemezhez csatlakozik.

Szondás táplálású microstrip patch antenna tervezése

- ❶ Szabadtéri hullámhossz:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2450 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}}} = 0,21144 \text{ m}; \quad (3)$$

- ❷ Az antenna villamos hossza:

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 2450 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \sqrt{2,33}} = 40,109 \text{ mm}; \quad (4)$$

- ❸ Az effektív relatív permittivitás:

$$\begin{aligned} \epsilon_{r_{\text{eff}}} &= \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{L}}} = \\ &= \frac{2,33 + 1}{2} + \frac{2,33 - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{3,18 \text{ mm}}{40,109 \text{ mm}}}} = 2,141; \end{aligned} \quad (5)$$

Mindig igaz, hogy:

$$1 < \epsilon_{r_{\text{eff}}} < \epsilon_r; \quad (6)$$

Szondás táplálású microstrip patch antenna tervezése

- 4 A villamos megnyúlás:

$$\begin{aligned}\Delta L &= 0,412 h \frac{(\varepsilon_{r_{eff}} + 0,3)(\frac{L}{h} + 0,262)}{(\varepsilon_{r_{eff}} - 0,258)(\frac{L}{h} + 0,813)} = \\ &= 0,412 \cdot 3,18 \text{ mm} \frac{(2,141 + 0,3)(\frac{40,109 \text{ mm}}{3,18 \text{ mm}} + 0,262)}{(2,141 - 0,258)(\frac{40,109 \text{ mm}}{3,18 \text{ mm}} + 0,813)} = 1,63 \text{ mm};\end{aligned}\quad (7)$$

- 5 A geometriai hossz:

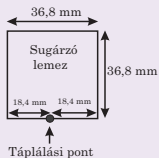
$$L = L_{eff} - 2\Delta L = 40,109 \text{ mm} - 2 \cdot 1,63 \text{ mm} = 36,849 \text{ mm}; \quad (8)$$

- 6 Az antennán kialakuló hullámhossz:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{r_{eff}}}} = \frac{0,21144 \text{ m}}{\sqrt{2,141}} = 0,08367 \text{ m}; \quad (9)$$

Gerjesztési pont meghatározása

A megtervezett antenna:



Megtáplálható a szélén?

Microstrip Patch Antenna Calculator

patch

dielectric (ϵ_r)

ground

h

W

L

© emtalk.com

Substrate Parameters

Dielectric Constant (ϵ_r):

Dielectric Height (h): mm

Physical Parameters

Length (L): mm

Width (W): mm

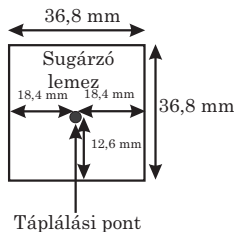
Resonant Frequency

f_0 : GHz

Input Impedance (Edge): Ohm

Gerjesztési pont meghatározása

$$x = \frac{36,8 \text{ mm} \cdot \cos^{-1} \left(\sqrt{\frac{50 \Omega}{227 \Omega}} \right)}{\pi} = 12,6 \text{ mm}. \quad (10)$$



Antennaszimuláció Genesys környezetben

1 Dielektrikum definiálása:

The screenshot shows the 'Substrate Properties' dialog box. The 'Name' field is set to 'Default'. The 'Description' field is empty. The 'Units' dropdown is set to 'mm'. The 'Parameters' section contains the following fields:

Parameter	Value	Unit
(Er) Dielectric Constant	2.33	
(μ r) Magnetic Constant	1	
(Tan δ) Loss Tangent	0.0012	
(ρ ho) Resistivity	1	
(Thick) Metal Thickness	0.035	mm
(Sr) Metal Roughness	0.0035	mm
(Height) Substrate Height	3.18	mm

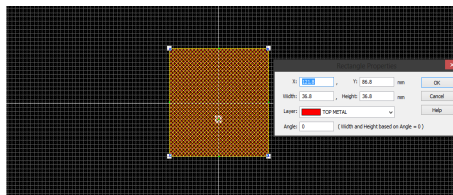
At the bottom of the dialog box, there are buttons for 'Copy From...', 'Factory Defaults', 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Antennaszimuláció Genesys környezetben

2 Layout editor beállítása:

Name	#	Color	Layer Type	Hide	On Bottom (Mirrored)	Plot	Etch Factor	Use	Use Layer Mesh Density	Mesh Density	Precedence	Use Layer TL Mesh	%
Top Cover			Cover										
Air Above			Air					☒					
TOP METAL	1		Metal	☐	☐	☒	0	☒	☐	30 0		☐	
SUBSTRATE	2		Substrate	☐	☐	☐		☒					
Air Below			Air					☐					
Bottom Cover			Cover										

3 Layout berajzolása:



4 EMPOWER analízis lefuttatása.

Eredmények - Reflexiók tényező, állóhullámarány

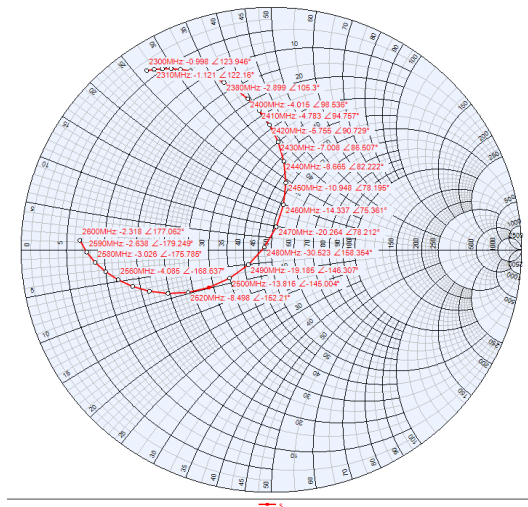


$$S_{11} = 20 \lg \left(|\vec{\Gamma}| \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{|U_{refl}|}{|U_{hal}|} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{Z - 50 \Omega}{Z + 50 \Omega} \right), \quad (11)$$

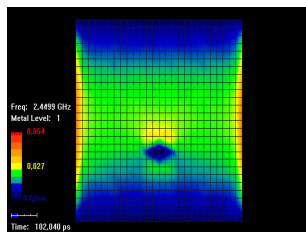
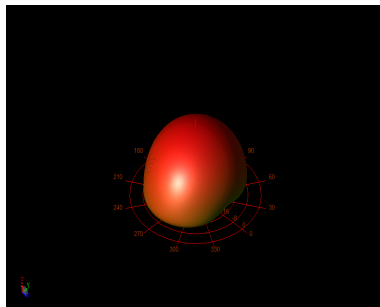
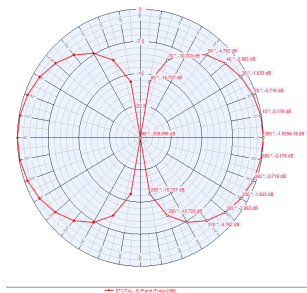
$$r = \frac{1 + |\vec{\Gamma}|}{1 - |\vec{\Gamma}|}. \quad (12)$$

Eredmények - Reflexiós tényező frekvenciafüggése

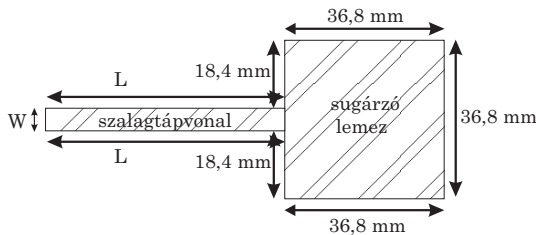
Reflexiós tényező Smith-diagramon



Eredmények - Antennakarakterisztika, felületi áram

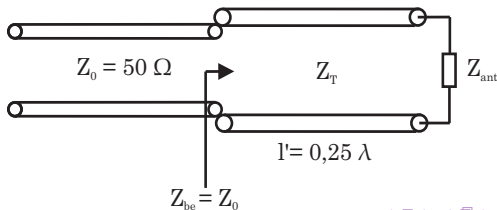


Szalagtápvonallal táplált patch antenna tervezése



Célkitűzés:

Az antenna Z_{ant} impedanciájának illesztése a $Z_0 = 50 \Omega$ hullámimpedanciával rendelkező koaxiális tápvonalhoz a szalagtápvonal segítségével. Kézenfekvő megoldás a negyedhullámú impedanciáttranszformátor.



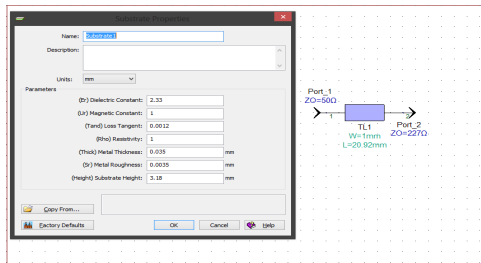
Szalagtápvonalból kialakított negyedhullámú impedanciáttranszformátor

$$\lim_{\beta l \rightarrow \frac{\pi}{2}} Z_{be} = \lim_{\beta l \rightarrow \frac{\pi}{2}} \left(Z_T \frac{\frac{Z_{ant}}{\tan(\beta l)} + jZ_T}{\frac{Z_T}{\tan(\beta l)} + jZ_{ant}} \right) = \frac{Z_T^2}{Z_{ant}}. \quad (13)$$

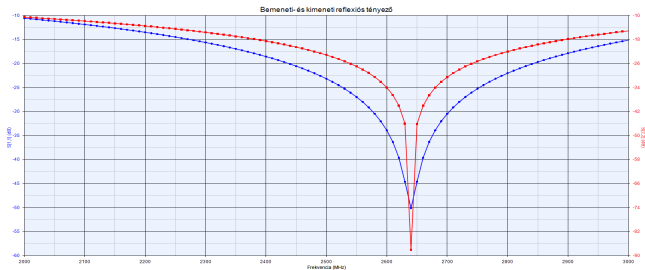
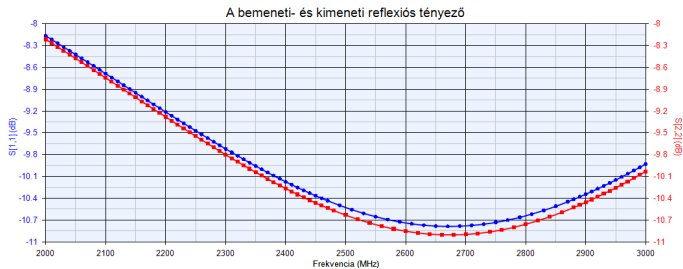
A negyedhullámú transzformátor hullámimpedanciája:

$$Z_T = \sqrt{Z_{ant} \cdot Z_0} = \sqrt{50 \, \Omega \cdot 227 \, \Omega} = 106,536 \, \Omega. \quad (14)$$

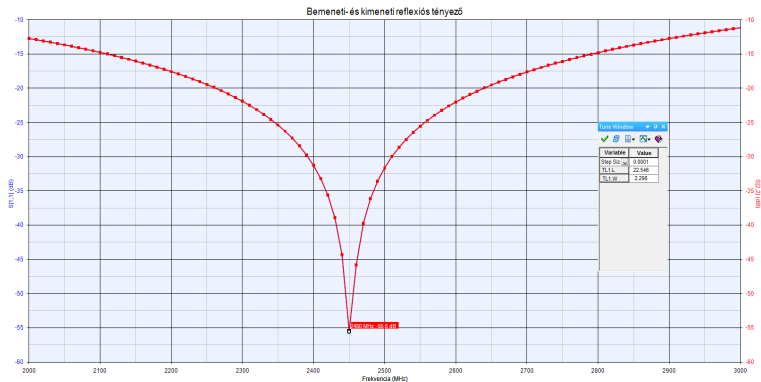
A kritériumoknak megfelelő szalagtápvonal paraméterei meghatározhatók szimuláció segítségével.



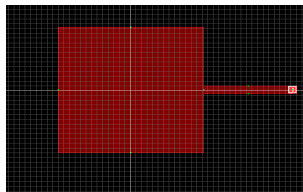
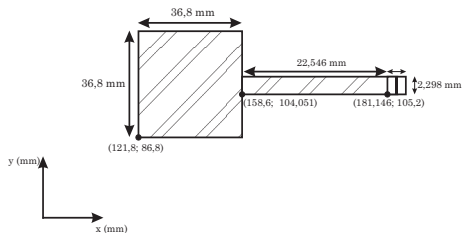
A szalagtápvonal paramétereinek identifikációja



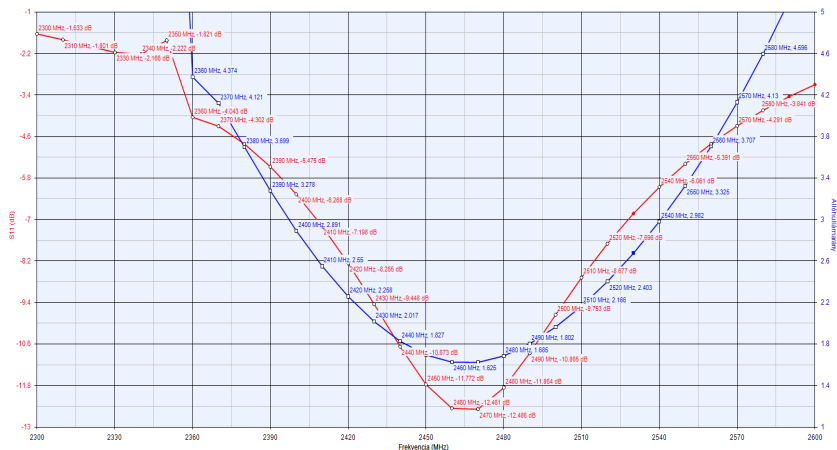
A szalagtápvonal paramétereinek identifikációja



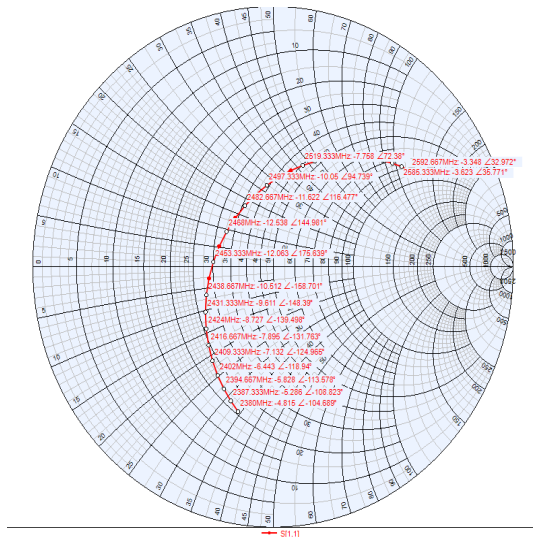
Antennaszimuláció - geometria berajzolása



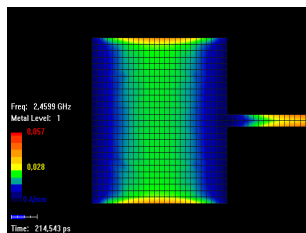
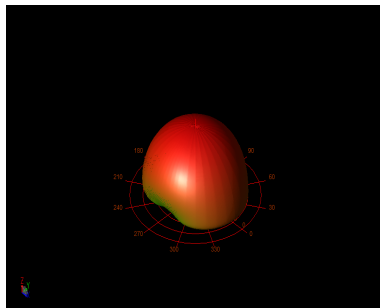
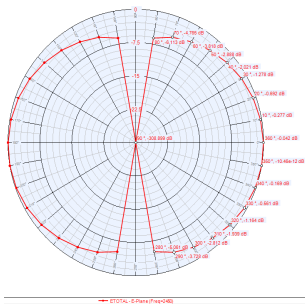
Eredmények - Reflexiók tényező, állóhullámarány



Eredmények - Reflexiós tényező frekvenciafüggése



Eredmények - Antennakarakterisztika, felületi áram



Konklúzió

- Mindkét antenna teljesíti a kritériumokat
- A szondával táplált antenna paraméterei jobbak
- A szalagtápvonalas táplálás hátránya ebben az esetben a kötött dielektrikum
- Jelentős veszteségek, dupla frekvenciafüggés
- A szondás táplálás megvalósítása célszerűbb

Kérdések?