

## زيادة عرض الحزمة لهوائي شريطي مكون من نصفين قرص دائري مختلفين في نصف القطر

محمود مسافر عبيس  
جامعة الكوفة / كلية العلوم / قسم الفيزياء  
Mahmood.alhilo@uokufa.edu.iq

### الخلاصة:

تم محاكاة هوائي شريطي مكون من نصفين قرص دائري بنصفي قطر مختلفين، باستخدام برنامج مايكروويف أوفيس 2000 (MicroWave Office 2000 (MWO2000)) الذي يستخدم طريقة العزوم (Moment Method (MoM)). اخذاً بالنظر ان نصف القطر يتناقصان بشكل اسي مع زاوية الدائرة، وجد أن عرض الحزمة ازداد من 6.4% الى 10.56% تقريباً، عند استخدام مادة فوم (foam) كمادة عازلة بثابت عزل  $\epsilon_r = 1.07$ ، فضلاً عن ذلك حصلت ازاحة لمركز المنطقة الرنينية الى قيم اخرى. وبتطبيق هذه الطريقة في قيم أخرى لثوابت العزل وانصاف القطر، حصل توسع في عرض الحزمة لجميع الحالات.

الكلمات المفتاحية: هوائي شريطي دائري، عرض الحزمة، ممانعة الادخال، عامل الفقد

## Bandwidth enhancement for microstrip antenna as two half disk with different two radii

Mahmoud M. Aubais  
University of Kufa \ Faculty of science \ Physics department

### Abstract

Simulation of microstrip antenna as two half disk with different two radii is achieved, using MicroWave Office 2000 (MWO2000) depending on Moment Method (MoM). By considering decreasing radii exponentially with respect to the circle angle. We found an increase of the bandwidth from 6.4% up to 10.65% nearly, when we use foam with dielectric constant  $\epsilon_r = 1.07$ , also the center of the resonant frequency was shifted to a new value. By applied the method with different dielectric constants and radii, we obtained increase of the bandwidths for all cases.

**Keyword:** Circular microstrip antenna, Bandwidth, Input impedance, Return loss

## 1-النظرية

$$J_{sx} = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^M I_{ix} T_x(r - r_{xi}) \dots \dots 6$$

$$J_{sy} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^N I_{iy} T_y(r - r_{yi}) \dots \dots 7$$

$$\rho_s = \frac{1}{j\omega ab} \left( \sum_{i=1}^M I_{ix} [P(r - r_{xi}^+) - P(r - r_{xi}^-)] + \sum_{i=1}^N I_{iy} [P(r - r_{yi}^+) - P(r - r_{yi}^-)] \right) \dots \dots 8$$

$$T_x(r) = \begin{cases} 1 - \frac{|x|}{a} & |x| < a, |y| < \frac{b}{2} \\ 0 & elsewhere \end{cases}$$

$$P(r) = \begin{cases} 1 & |x| < \frac{a}{2}, |y| < \frac{b}{2} \\ 0 & elsewhere \end{cases}$$

وبعد اجراء التبسيطات نحصل على المعادلات الاتية

$$\begin{pmatrix} C^{xx} & C^{yx} \\ C^{xy} & C^{yy} \end{pmatrix} = \frac{1}{jZ_0} \begin{pmatrix} V_x^{(e)} \\ V_y^{(e)} \end{pmatrix} \dots \dots 9$$

حيث ان

$$C_{ij}^{xx} = \frac{1}{k_0^2 ab} [-\Gamma_V(r_{xi}^+ | r_{xj}^-) - \Gamma_V(r_{xi}^- | r_{xj}^+) + \Gamma_V(r_{xi}^+ | r_{xj}^+) + \Gamma_V(r_{xi}^- | r_{xj}^-)] - \frac{1}{k_0 b} \int_{c_{xi}} \Gamma_A(r | r_{xj}^-) k_0 dx + j \frac{Z_s a}{Z_0 b} \delta_{ij} \dots \dots 10$$

$$C_{ij}^{xy} = \frac{1}{k_0^2 ab} [-\Gamma_V(r_{xi}^+ | r_{yj}^-) - \Gamma_V(r_{xi}^- | r_{yj}^+) + \Gamma_V(r_{xi}^+ | r_{yj}^+) + \Gamma_V(r_{xi}^- | r_{yj}^-)] \dots \dots 12$$

حيث

$$\Gamma_V(r | r_{0j}) = \int \frac{\epsilon_0}{k_0} G_V(r | r') P(r' - r_{0j}) (k_0^2 dS')$$

$$\Gamma_A^{xx}(r | r_{0j}) = \int \frac{1}{\mu_0 k_0} G_A^{xx}(r | r') T(r' - r_{xj}) (k_0^2 dS')$$

و  $Z_s$  تمثل مقاومة المشع و  $Z_0 = 50\Omega$  تمثل ممانعة السلك و  $V^{(e)}$  فولتية الاثارة وتحسب بحسب

تعد طريقة العزوم من ائق الطرائق في حل المسائل الكهرومغناطيسية الا ان الصعوبة فيها هي بحساب دالة كرين [1]. فاذا فرضنا ان التيار السطحي الموجود على سطح هوائي مشع هو  $J_s$  وان المجال الذي يهيج هو  $E^e$  فان هناك مجال سوف يستطار  $E^s$  بحيث ان هذه الكميات ترتبط بالعلاقة [2].

$\mathbf{e}_z \times [\mathbf{E}^e(r) + \mathbf{E}^s(r)] = Z_s [\mathbf{e}_z \times \mathbf{J}_s(r)]$   
 $r \in S_0 \dots \dots \dots 1$   
 حيث  $Z_s$  يمثل الممانعة ويعتمد على نوع المادة المصنوع منها المشع و  $\mathbf{e}_z$  وحدة المتجه العمودي على السطح.  
 يحسب المجال المستطار من الجهد المغناطيسي المتجه  $\mathbf{A}(r)$  والجهد الكهربائي  $V(r)$  حيث يعطى الجهد المغناطيسي بالعلاقة [3].

$$\mathbf{A}(r) = \int_S \mathbf{GA}(r|r') \cdot \mathbf{J}_s(r') dS' \dots \dots 2$$

وان الجهد الكهربائي يعطى بالعلاقة [3]

$$V(r) = \int_S G_V(r|r') \cdot \rho_s(r') dS' \dots \dots 3$$

حيث  $\mathbf{GA}(r|r')$  و  $G_V(r|r')$  دالة كرين الداياتك (diatyc) ودالة كرين العددية على التوالي، و  $\rho_s(r')$  كثافة التيار السطحية. عندما تكون نقطة المجال قريبة جدا من نقطة المصدر في مادة ذات نفاذية  $\mu_0$  وسماحية كهربائية  $\epsilon_r \epsilon_0 = \epsilon_r$  حيث  $\epsilon_r$  السماحية النسبية، فان دالتي كرين ممكن ان يعطيا بالعلاقة.

$$\mathbf{GA}(r|r') = \frac{\mu_0}{4\pi|r-r_0|} \dots \dots 4$$

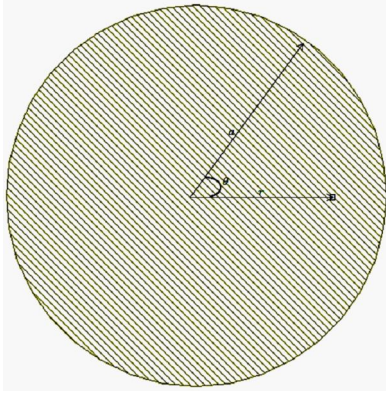
$$G_V(r|r') = \frac{1}{2\pi(\epsilon_r+1)|r-r_0|} \dots \dots 5$$

ان الغرض من حل المسألة هو حساب كل من  $\mathbf{J}_s$  و  $\rho_s$ . وحيث ان التكامل اعلاه يتطلب معرفة  $\mathbf{J}_s$  و  $\rho_s$  لذا يتم اللجوء الى الطرائق العددية في حساب التكامل حيث تستخدم عادة طريقة العزوم Moment of Method [1].

تتم عملية الحل بطريقة العزوم، بتقسيم المشع الى مستطيلات ابعادها  $a \times b$  تسمى الخلايا المشحونة ويعرف كل من التيار السطحي و كثافة التيار كالاتي [3].

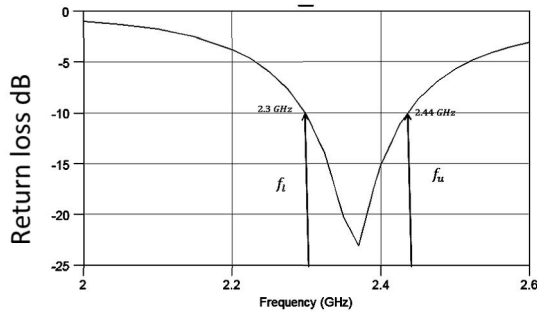
صيغة فرييل [4] حيث استخدمنا المغذي المحوري للتحكم بمقدار ممانعة الادخال [5].

وقيم  $r_{xi}^+, r_{xi}^-, r_{yi}^+, r_{yi}^-$  موضحة بالشكل رقم (1)



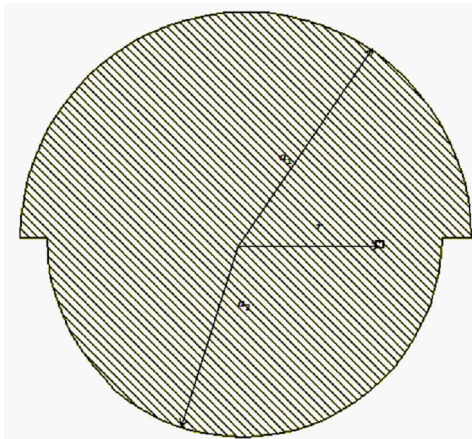
شكل رقم (2) هوائي شريطي دائري

$$\varepsilon = 1.07, a_1 = 34mm, a = 30mm, h = 2mm, r_f = 17mm \text{ and } \theta = 0$$



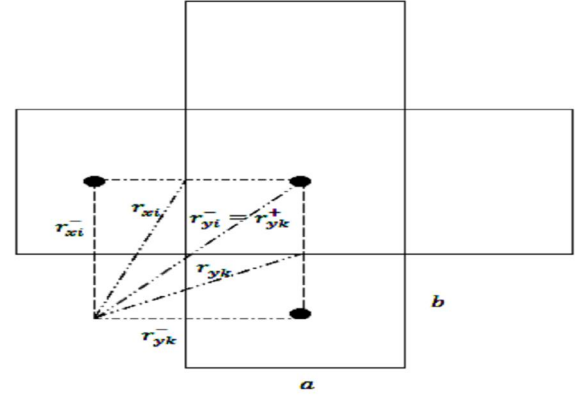
شكل رقم (3) المقاومة والرداء مقابل التردد لهوائي شريطي

$$\varepsilon = 1.07, a_1 = 34mm, a = 30mm, h = 2mm, r_f = 17mm \text{ and } \theta = 0$$



شكل (4) الهوائي الشريطي بعد اجراء التحويل

$$\varepsilon = 1.07, a_1 = 34mm, a_2 = 30mm, h = 2mm, r_f = 16mm \text{ and } \theta = 0$$



شكل رقم (1) يبين قيم  $r_{xi}^+, r_{xi}^-, r_{yi}^+, r_{yi}^-$

## 2- مناقشة النتائج

توجد عدة طرائق لتوسيع عرض الحزمة ومن هذه الطرائق هي احداث تغيير بسيط في شكل المشع. وهذا ما قمنا به في هذا البحث ولبيان مقدار التغيير الذي حصل في عرض الحزمة نوضح ذلك كما ياتي.

اخترنا في البداية هوائي دائري الشكل (2) الذي معادلته ( $r = a$ ) وموقع المغذي عند النقطة  $r_f$ . حيث تم حساب عامل الفقد العكسي  $S_{11}$  المبين في الشكل (3) حيث يحدد التردد الرنيني بنقطة تقاطع الرادة مع المحور  $x$  اما عرض الحزمة فيحدد من العلاقة  $BW = 2(f_u - f_l)/(f_u + f_l)$  [6].

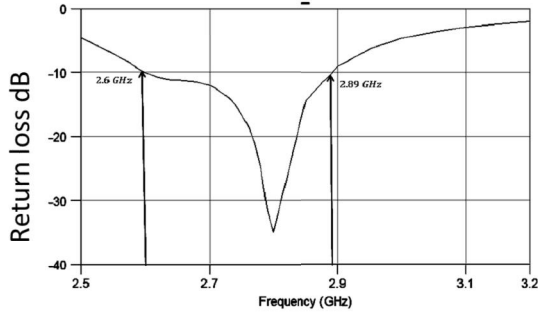
حيث  $f_l$  و  $f_u$  تحدد عندما يكون  $S_{11} = -10 dB$  فكان عرض الحزمة  $BW = 5.9\%$  وعندما تم تغيير شكل المشع الى الصورة المبينة في الشكل (4) حيث ان معادلة الشكل تعطى بالصورة  $r =$

تم الحصول على توسيع  $\begin{cases} a_1 & 0 \leq \theta < \pi \\ a_2 & \pi \leq \theta < 2\pi \end{cases}$

طفيف في عرض الحزمة كما مبين في الشكل (5) حيث اصبح عرض الحزمة  $6.4\%$ .

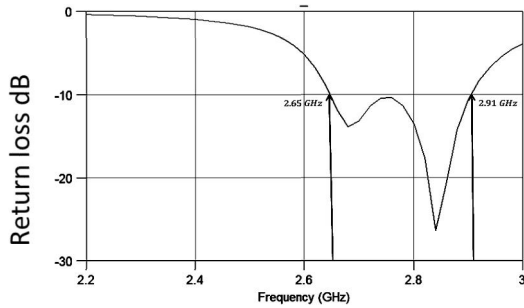
$$\varepsilon = 1.07, a_1 = 34\text{mm}, a_2 = 30\text{mm}, h = 2\text{mm}, r_f = 18\text{mm and } b = 0.028 \text{ and } \theta = 0$$

التطبيق الاخر اجري على هوائي في منطقة رنينية اخرى والشكل 9 يوضح النتائج التي تم الحصول عليها موضحة بالجدول رقم 1.



شكل (7) عامل الفقد للهوائي الشريطي المبين في الشكل 5

$$\varepsilon = 1.07, a_1 = 34\text{mm}, a_2 = 30\text{mm}, h = 2\text{mm}, r_f = 18\text{mm and } b = 0.028 \text{ and } \theta = 0$$



شكل رقم (8) عامل الفقد للهوائي شريطي ذو المواصفات

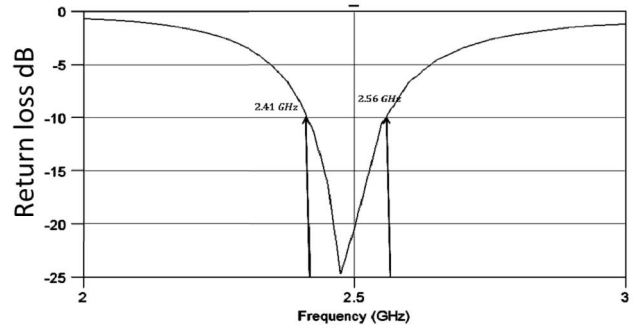
$$\varepsilon_r = 2.32, a_1 = 23\text{mm}, a_2 = 19.25\text{mm}, h = 2.03\text{mm}, r_f = 12.5\text{mm and } b = 0.028 \text{ and } \theta = 0$$

وجد ايضا ان تغيير زاوية المغذي تؤثر ايضا على مقدار عرض الحزمة وان افضل عرض حزمة يمكن الحصول عليه عندما تكون الزاوية  $\theta = 0$ ، الشكل 10 يوضح عامل الفقد عندما يكون المغذي بزاوية مقدارها  $\theta = 90^\circ$  حيث ان عرض الحزمة للهوائي الشريطي المبين في الشكل 5 قد انخفضت من 10.56% الى 5%.

قمنا باحداث تغيير جديد في شكل المشع الى الصورة المبينة في الشكل 5 حيث ان معادلته تعطى بالصيغة

$$r = \begin{cases} a_1 e^{-b\theta} & 0 \leq \theta < \pi \\ a_2 e^{-b\theta} & \pi \leq \theta < 2\pi \end{cases} \text{ حيث حصلنا}$$

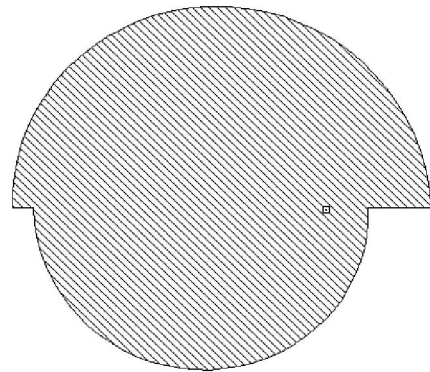
على النتائج المبينة في الشكل 6 حيث نرى من الشكل ان منطقة التردد الرنيني قد زحفت الى منطقة ترددات اعلى قليلا وان عرض الحزمة قد اصبح تقريبا  $BW = 10.56\%$ .



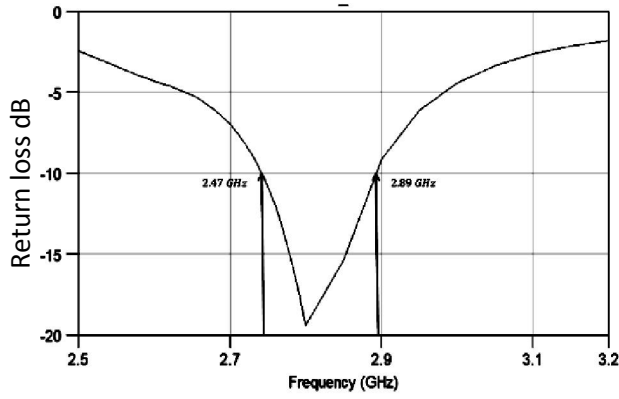
شكل (5) عامل الفقد للهوائي الشريطي المبين في الشكل 3

$$\varepsilon = 1.07, a_1 = 34\text{mm}, a_2 = 30\text{mm}, h = 2\text{mm}, r = 16\text{mm and } \theta = 0$$

وللتأكد من ان الطريقة ممكن تطبيقها بصورة عامة وانها فعالة قمنا بتطبيقها على هوائيات ذات ثابت عزل اخر وكانت النتائج كما مبين في الاشكال 7 و 8 . والجدول يلخص النتائج التي تم الحصول عليها لعرض الحزمة والتردد الرنيني.



شكل (6) الهوائي الشريطي بعد اجراء التحويل الثاني

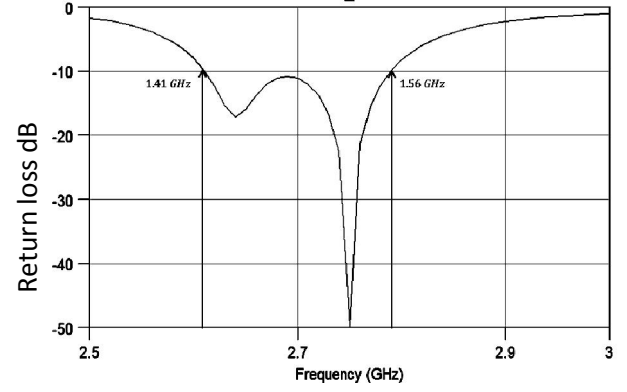


شكل 11 عامل الفقد للهوائي شريطي

$$\begin{aligned}\epsilon_r &= 1.07 \\ a_1 &= 34\text{mm}, \\ a_2 &= 30\text{mm}, \\ h &= 2\text{mm}, \\ r &= 15\text{mm} \\ b &= 0.028 \text{ and } \theta = 90^\circ\end{aligned}$$

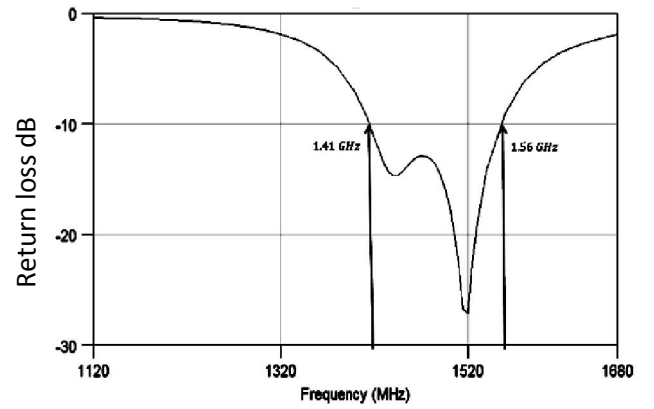
## 3-الاستنتاجات.

وجد ان تغيير شكل المشع الدائري الى الشكل المقترح في هذا البحث ادى الى حصول زيادة كبيرة نسبيا في عرض الحزمة لمختلف العوازل حيث استخدمنا اكثر من مادة عازلة وكذلك عند قيم مختلفة للمناطق الرنينية حيث حصلنا على عرض حزمة وصل الى 10.56% . وان قيم عرض الحزمة في الشكل المقترح تزداد اكثر كلما كان ثابت العزل للمادة العازلة اقل. كما وجد ان زاوية المغذي في الشكل المقترح تؤثر بشكل كبير على عرض الحزمة وان افضل موقع لها هو عندما تكون الزاوية  $\theta = 0$ .



شكل (9) عامل الفقد للهوائي شريطي ذو المواصفات

$$\begin{aligned}\epsilon_r &= 4.4, \\ a_1 &= 17\text{mm}, \\ a_2 &= 14.3\text{mm}, \\ h &= 2.03\text{mm}, \\ r_f &= 66.67\text{mm} \\ b &= 0.028 \text{ and } \theta = 0\end{aligned}$$



شكل (10) عامل الفقد للهوائي شريطي ذو المواصفات

$$\begin{aligned}\epsilon_r &= 2.5 \\ a_1 &= 41.63\text{cm}, \\ a_2 &= 34.89\text{mm}, \\ h &= 3.175\text{mm}, \\ r &= 23\text{mm} \\ b &= 0.028 \text{ and } \theta = 0\end{aligned}$$

- [4] S. Chakraborty and U. Mukherjee, "Comparative Study of Microstrip Patch Line Feed and Coaxial Feed Antenna Design Using Genetic Algorithms", International Conference on Computer and Communication Technology (ICCCT), pp 203-208, 2011.
- [5] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1981.
- [6] Z. N. Chen and Y. W. Michael, "Broadband Planar Antennas", John Wiley & Sons, Ltd, England, 2006.

جدول رقم 1 قيم عرض الحزمة والمناطق الرنينية للهوائيات المدروسة في هذا البحث.

	Frequency operating range GHz		Band width	
	$b = 0$	$b = 0.028$	$b = 0$	$b = 0.028$
$\epsilon_r = 1.07$ $a_1 = 34 \text{ mm}$ $a_2 = 30 \text{ mm}$	2.42 – 2.58	2.6 – 2.89	6.4%	10.56%
$\epsilon_r = 2.32$ $a_1 = 23 \text{ mm}$ $a_2 = 19.3 \text{ mm}$	2.51 – 2.61	2.65 – 2.91	3.9%	9.35%
$\epsilon_r = 4.4$ $a_1 = 17 \text{ mm}$ $a_2 = 14.5 \text{ mm}$	2.55 – 2.6	2.69 – 2.86	1.95%	6.12%
$\epsilon_r = 2.5$ $a_1 = 41.63 \text{ mm}$ $a_2 = 34.89 \text{ mm}$	1.34 – 1.4	1.41 – 1.56	4.38%	10.1%

#### 4-References

- [1] W. C. Gibson, "The Method of Moments in Electromagnetics", Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2008.
- [2] J.R. Mosing and F.E. Gardiol, "General Integral Equation Formulation for Microstrip Antennas and Scatterers", IEE Proceeding, Vol. 132, No. 7, pp. 424-432, 1985.
- [3] J. R. James, and P. S. Hall, "Handbook of Microstrip Antennas" Vol. 1: Peter Peregrinus Ltd., London, 1989.