

## دراسة تأثير المادة العازلة على المخطط الإشعاعي لهوائي بوقي باستخدام طريقة FDTD

الدكتور محمد عيسى\*  
الدكتور عدي علي\*\*  
أبيد محمود حسن\*\*\*

(تاريخ الإيداع 10 / 5 / 2007. قُبِلَ للنشر في 12/7/2007)

### □ الملخص □

تُقدّم هذه المقالة النتائج النظرية و العملية لتأثير المادة العازلة ذات السماحية الكهربائية النسبية الكبيرة على المخطط الإشعاعي لهوائي بوقي هرمي. تم إضافة مادة عازلة بشكل قطع مكافئ تقريباً، ذات سماحية كهربائية نسبية ( $\epsilon_r = 3.4$ ) على فتحة هوائي بوقي يعمل في المجال  $(8 \div 11) GHz$ ، ولوحظ من الدراسة النظرية باستخدام طريقة الفروقات المنتهية في مجال الزمن (finite-difference time-domain (FDTD) أن إضافة المادة العازلة يغيّر من التوزيع الصفحي، وبالتالي الاستطاعة على فتحة البوق، مما أدى إلى زيادة في الاتجاهية عند المنطقة البعيدة وتقليل مستوى اللوبات (الفصوص) الثانوية. تم دعم النتائج النظرية التي سُجّلت في المستويين E و H بالنتائج العملية لدراسة أجريت على هوائي بوقي مساحة فتحته  $(7.5 \times 7.5) Cm^2$ .

كلمات مفتاحية: عدسات العزل الكهربائي، الهوائي البوقي، طريقة FTDT.

\*أستاذ مساعد - كلية الهندسة الالكترونية - أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية - حلب - سورية.  
\*\* مدرس - كلية الهندسة الالكترونية - أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية - حلب - سورية .  
\*\*\* طالب ماجستير - كلية الهندسة الالكترونية - أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية - حلب - سورية.

## Dielectric Material Effects on the Radiation Pattern An Horn Antenna Using FDTD Method

Dr. M-Issa \*  
Dr. O-Ali \*\*  
L. Hasan \*\*\*

(Received 10 / 5 / 2007. Accepted 12/7/2007)

### □ ABSTRACT □

This study provides theoretical and experimental effects of dielectric materials on the radiation pattern of horn antenna. A parabolic shape of dielectric media ( $\epsilon_r = 3.4$ ) was placed on the aperture of the  $(8 \div 11) GHz$  horn antenna.

Three-dimensional (3D)  $TE_{10}$  horn was modeled using (FDTD) method. Near-and far field results showed that the dielectric changed the phase and the power distribution across the aperture of the horn.

The experimental results for an E-plane and H-plane of  $(7.5 \times 7.5) Cm^2$  aperture horn antenna are presented and compared with the theory.

Measured and theorized radiation patterns indicated that the dielectric improved the directivity and reduced the level of side lobes in H-plane.

**Keywords:** FTDT method, Horn Antenna, Dielectric Lens.

---

\* Associate Professor, Faculty of Electronic Engineering, Al-Assad Academy for Military Engineering.

\*\* Assistant Professor, Faculty of Electronic Engineering, Al-Assad Academy for Military Engineering.

\*\*\* Postgraduate Student, Faculty of Electronic Engineering, Al-Assad Academy for Military Engineering.

## 1- مقدمة:

يُعتبر الهوائي البوقي من الهوائيات المرجعية في قياس المخططات الإشعاعية للهوائيات الأخرى، نظراً لبنيته الهندسية الانسيابية التي تؤمن الملائمة بين خط النقل ووسط الانتشار. من جهة أخرى فإن البنية الهندسية للبوق تتسبب في نشوء فروقاتٍ صفحيةٍ بين الأشعة الموجية داخل البوق والتي تؤدي إلى تشكيل موجة ذات جبهة كروية على فتحة البوق، مما ينعكس سلباً على دقة قياس المخطط الإشعاعي.

يمكن أن يكون القياس أكثر دقةً عندما تكون جبهة الموجة مستوية. لذا يتم تصحيح الشكل الكروي لجبهة الموجة، بإضافة مادة عازلة ببارامترات كهربائية و هندسية مدروسة، توضع في مقدمة الهوائي البوقي، لتقليل الفروقات الصفحية الناتجة، وتحويل جبهة الموجة إلى جبهة مستوية.

تم في هذه المقالة اعتماد طريقة جديدة في الدراسة، وهي طريقة finite-difference time-domain (FDTD) حيث إن لهذه الطريقة مرونة كبيرة في التعامل مع التغيرات الحادة (الشروط الحدية) للمادة التي تملأ فوهة البوق، على الرغم من أنها تحتاج إلى وقت طويل لمعالجة المعطيات عندما تكون البنية المدروسة كبيرة بالمقارنة مع الأبعاد الصغيرة لمكونات هذه البنية. لكن يمكن استدراك هذه السيئة باستخدام معالجات متطورة تعمل بشكل متوازي مع بعضها بعضاً.

تم تصنيع المادة العازلة وقياس المخطط الإشعاعي بوجود المادة العازلة وبدونها، ومن ثم مقارنة هذه النتائج مع نتائج الدراسة النظرية. تم إجراء هذا البحث في أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية عام.

## 2- أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في تقليل الانحرافات الصفحية للهوائيات البوقية وزيادة عملي التوجيه والريح، وبالتالي زيادة دقة القياس، لاسيما في المجالات العسكرية، وأثناء عمليات التوجيه والقيادة، أو عمليات تمييز الأهداف، لذا يهدف البحث إلى دراسة هذه الانحرافات، واتخاذ الإجراءات المناسبة لتقليلها.

## 3- طريقة البحث:

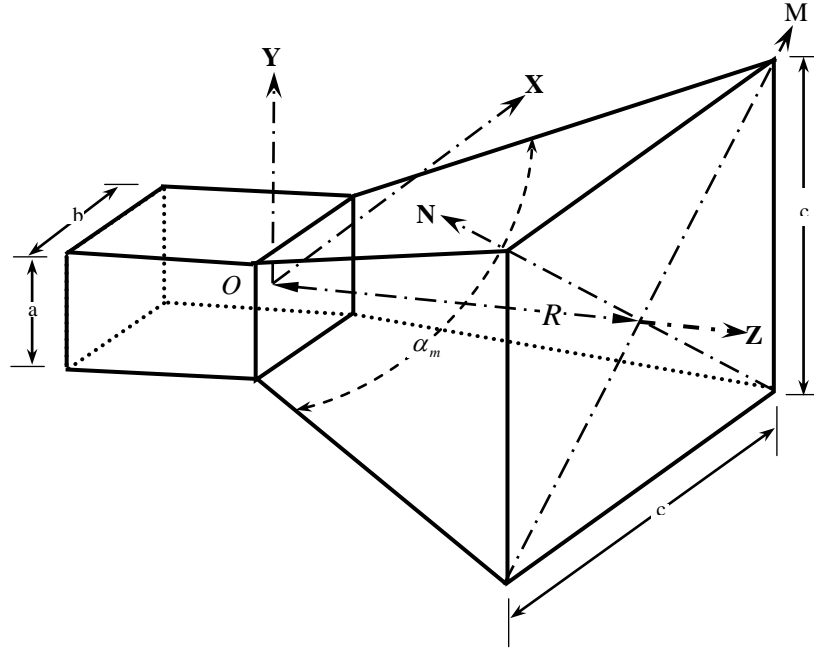
تتلخّص طريقة البحث في النقاط الرئيسية التالية:

1. استخراج المعادلات الرياضية التي توصّف المادة العازلة المدروسة.
2. دراسة الطريقة (FDTD).
3. استخدام طريقة (FDTD) لحساب وإظهار توزيع مركبات الحقل الكهرومغناطيسي، وبالتالي جبهة الموجة لهوائي بوقي بوجود مادة عازلة على فتحته، أو بدونها.
4. تصميم وتنفيذ الشكل الهندسي للمادة العازلة المدروسة، والقياس العملي، والمقارنة مع نتائج الدراسة النظرية.

## 4- الدراسة النظرية:

4-1- تقليل الانحرافات الصفحية باستخدام المواد العازلة:

تعتبر زيادة قيمة عامل التوجيه وتحقيق الملائمة بين خط النقل ووسط الانتشار الغاية الأساسية للهوائي البوقي. تتحقق هذه الغاية بزيادة فتحة دليل الموجة بشكل انسيابي في أحد المستويين E أو H، أو كليهما معاً [1]. فزيادة الفتحة في المستويين معاً يمكن أن نطلق على الهوائي اسم هوائي بوقي هرمي. أُجريت الدراسة على هوائي بوقي هرمي مربع الفتحة موضح في الشكل (1):



الشكل (1): شكل توضيحي لهوائي بوقي هرمي مربع الفتحة.

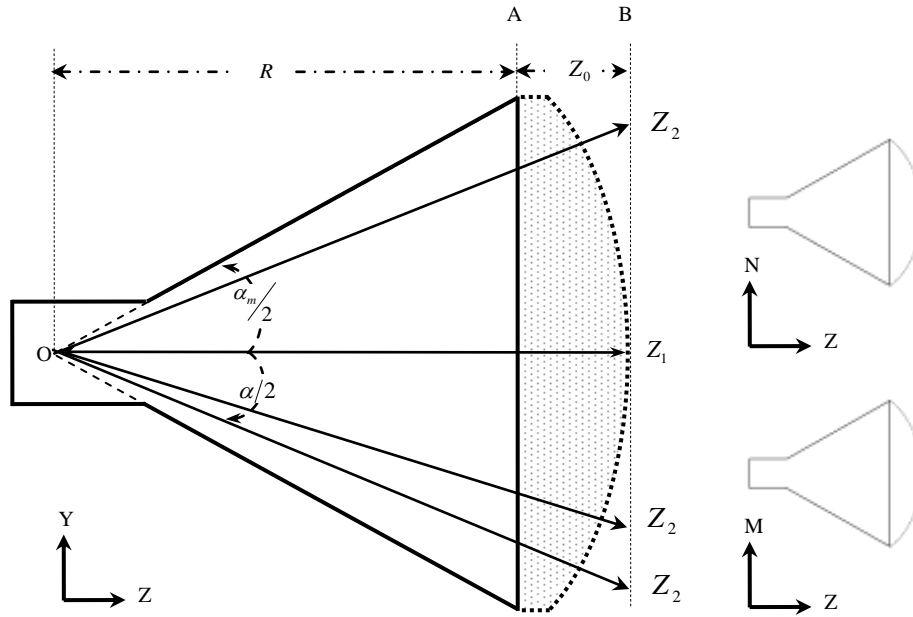
$\alpha_m$ : زاوية فتحة البوق العظمى.

$R$ : عمق البوق.

$a, b$ : أبعاد فتحة دليل الموجة.

$c$ : طول فتحة البوق.

يبين الشكل (2) مقاطعاً للهوائي بعد إضافة المادة العازلة على فتحة في المستويات YZ, MZ, NZ:



الشكل (2): إضافة المادة العازلة على فتحة البوق.

يمكن استخراج العلاقة التي تُحدّد الشكل الهندسي لتوزيع المادة العازلة على فتحة البوق من شرط تساوي صفحة الموجة عند أقصر مسار للحقل ( $OZ_1$ ) مع صفحة الموجة عند أي مسار آخر ( $OZ_2$ ).  
فترض أن جميع الأشعة منبعثة من منبع نقطي ( $O$ )، يمكن كتابة المعادلة التي توصّف الشكل الهندسي للمادة العازلة كالتالي:

$$Z = \frac{Z_0 \times \left(1 - \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{\cos(\alpha)}\right) - \sqrt{\epsilon_r} \times R \times \left(\frac{1}{\cos(\alpha)} - 1\right)}{1 - \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

$Z$ : تغير سماكة المادة العازلة على فتحة الهوائي.

$Z_0$ : السماكة العظمى للمادة العازلة.

$\epsilon_r$ : السماحية الكهربائية النسبية للمادة العازلة.

$\alpha_m$ : زاوية فتحة البوق العظمى.

$\alpha$ : زاوية شعاع الموجة في البوق ( $0 \leq \alpha \leq \alpha_m$ ).

$R$ : عمق البوق.

إن كافة القيم السابقة في المعادلة (1) معلومة عدا  $Z_0$  والتي يتم الحصول عليها من الشرط الحدي (سماكة المادة العازلة عند زوايا فتحة الهوائي البوقي معدومة):

$$\alpha = \alpha_m \Rightarrow Z = 0$$

وبالتالي يمكن تحديد السماكة العظمى للمادة العازلة من العلاقة (2):

$$Z_0 = \frac{\sqrt{\epsilon_r} \times R \times \left( \frac{1}{\cos(\alpha_m)} - 1 \right)}{1 - \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{\cos(\alpha_m)}} \quad (2)$$

#### 4-2- طريقة FDTD:

هناك طرق عدة تُستخدم لتحليل انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية ضمن بنية الهوائيات وخطوط النقل. ومن هذه الطرق طريقة FDTD.

بُدى العمل بهذه الطريقة منذ عام 1966 [2]، وظلَّ استخدامها محدوداً نظراً للإمكانيات المتواضعة للحواسب حينذاك، كما اقتصر استخدامها على البنى صغيرة الحجم، كالشرائح الميكروية، ووجدت هذه الطريقة أكثر استخداماً بعد التطور السريع في سرعات وذواكر الحاسب، لتلاؤمها مع الأشكال المختلفة للبنى المدروسة. تتلخص طريقة FDTD بتقسيم الحيز المكاني المدروس بشبكة دقيقة، ترتبط أبعاد خلاياها بمدى الدقة المطلوبة في وصف البارامترات البنيوية  $(\sigma, \epsilon, \mu)$  للشكل المدروس. ومن ثم إيجاد الحقل الكهربائي والمغناطيسي عند كل خلية تبعاً للزمن [4], [3].

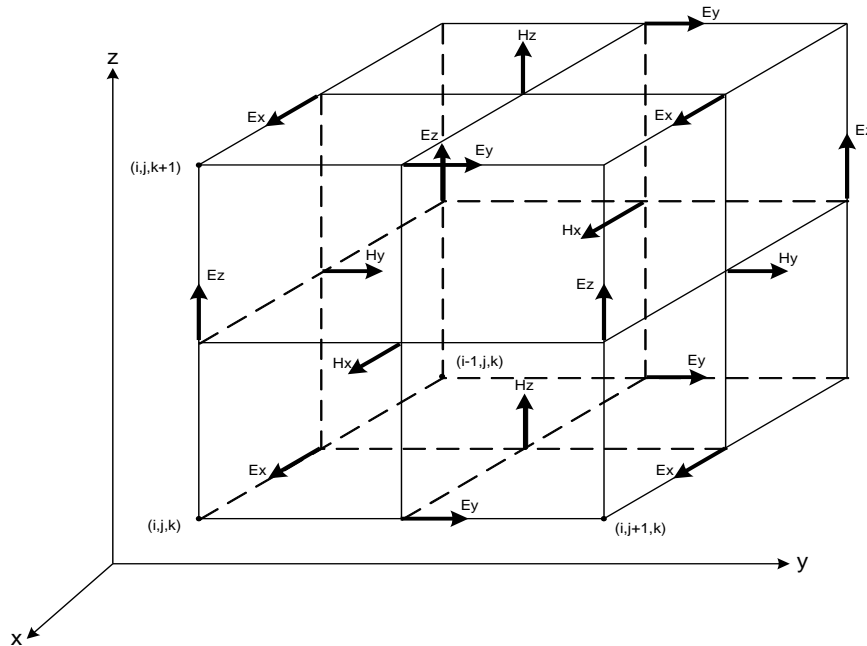
تتطلب هذه الطريقة من الشكل التفاضلي لمعادلات ماكسويل:

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = -\frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{E} - \frac{\rho'}{\mu} \mathbf{H} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \frac{1}{\epsilon} \nabla \times \mathbf{H} - \frac{\sigma}{\epsilon} \mathbf{E} \quad (4)$$

حيث إن  $\mu, \epsilon$  هما السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية للمادة و  $\rho', \sigma$  هما الناقلية الكهربائية والمقاومة النوعية المغناطيسية على التوالي. سيتم التعامل في هذا البحث مع مادة متجانسة ومنتظمة وليس لها أية خصائص مغناطيسية  $\mu_r = 1$ .

يبين الشكل (3) توزيع الحقل الكهربائي والمغناطيسي في خلية واحدة:



الشكل (3): مركبات الحقل الكهرومغناطيسي في خلية واحدة من الحيز الفراغي المدروس

توصف المعادلات التفاضلية التالية مركبات الحقل الكهربائي والمغناطيسي في الجملة الإحداثية الديكارتية لخلية

واحدة:

$$H_x|_{i,j,k}^{n+1/2} = D_a|_{i,j,k} \times H_x|_{i,j,k}^{n-1/2} + D_b|_{i,j,k} \times \left\{ \frac{E_y|_{i,j,k+1/2}^n - E_y|_{i,j,k-1/2}^n}{\Delta z} - \frac{E_z|_{i,j+1/2,k}^n - E_z|_{i,j-1/2,k}^n}{\Delta y} \right\} \quad (5)$$

$$H_y|_{i,j,k}^{n+1/2} = D_a|_{i,j,k} \times H_y|_{i,j,k}^{n-1/2} + D_b|_{i,j,k} \times \left\{ \frac{E_z|_{i+1/2,j,k}^n - E_z|_{i-1/2,j,k}^n}{\Delta x} - \frac{E_x|_{i,j,k+1/2}^n - E_x|_{i,j,k-1/2}^n}{\Delta z} \right\} \quad (6)$$

$$H_z|_{i,j,k}^{n+1/2} = D_a|_{i,j,k} \times H_z|_{i,j,k}^{n-1/2} + D_b|_{i,j,k} \times \left\{ \frac{E_x|_{i,j+1/2,k}^n - E_x|_{i,j-1/2,k}^n}{\Delta y} - \frac{E_y|_{i+1/2,j,k}^n - E_y|_{i-1/2,j,k}^n}{\Delta x} \right\} \quad (7)$$

$$E_x|_{i,j,k}^{n+1} = C_a|_{i,j,k} \times E_x|_{i,j,k}^n + C_b|_{i,j,k} \times \left\{ \frac{H_z|_{i,j+1/2,k}^{n+1/2} - H_z|_{i,j-1/2,k}^{n+1/2}}{\Delta y} - \frac{H_y|_{i,j,k+1/2}^{n+1/2} - H_y|_{i,j,k-1/2}^{n+1/2}}{\Delta z} \right\} \quad (8)$$

$$E_y|_{i,j,k}^{n+1} = C_a|_{i,j,k} \times E_y|_{i,j,k}^n + C_b|_{i,j,k} \times \left\{ \frac{H_x|_{i,j,k+1/2}^{n+1/2} - H_x|_{i,j,k-1/2}^{n+1/2}}{\Delta z} - \frac{H_z|_{i+1/2,j,k}^{n+1/2} - H_z|_{i-1/2,j,k}^{n+1/2}}{\Delta x} \right\} \quad (9)$$

$$E_z|_{i,j,k}^{n+1} = C_a|_{i,j,k} \times E_z|_{i,j,k}^n + C_b|_{i,j,k} \times \left\{ \frac{H_y|_{i+1/2,j,k}^{n+1/2} - H_y|_{i-1/2,j,k}^{n+1/2}}{\Delta x} - \frac{H_x|_{i,j+1/2,k}^{n+1/2} - H_x|_{i,j-1/2,k}^{n+1/2}}{\Delta y} \right\} \quad (10)$$

تعتمد الثوابت  $C_{a,b}$ ,  $D_{a,b}$  بشكل أساسي ومباشر على طبيعة المادة وعلى الخطوة الفراغية والخطوة الزمنية. تعتبر هذه الثوابت بمثابة البارامترات الأساسية التي تصف المواد المختلفة في المجال الحسابي لطريقة FDTD. وهذا ما يجعل هذه الطريقة ذات مرونة كبيرة في استخدامها مع الأشكال البنوية المختلفة.

يعتمد استقرار طريقة FDTD على البارامترات البنوية للمادة وعلى التصميم المناسب للشبكة. لذلك فإن شرط

الاستقرار هو:

$$\Delta t \leq \frac{1}{V_{\max}} \left( \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right)^{-1/2} \quad (11)$$

حيث إن:

$V_{max}$ : أقصى سرعة للموجة في البنية المدروسة.

$\Delta t$ : الخطوة الزمنية بين حسابين متتابعين للحقل على كامل خلايا البنية (الشبكة).

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ : أبعاد الخلية في الإحداثيات الديكارتية.

نظراً لكون الحيز الفراغي الذي يمكن أن يتعامل معه الحاسب محدود نسبياً، كان لا بد من إيجاد طريقة تلائم حدود هذا الحيز، بحيث تمثل في الحقيقة امتداداً للبنية المدروسة، من دون أن تحصل أخطاء ناتجة عن هذه الحدود. من هذه الطرق طريقة MUR [5]، وطريقة PML [6]، الطريقة الأخيرة هي المستخدمة في أسلوب التحليل في هذا البحث.

#### 4-2-1- الحالة الأولى: جبهة الموجة بدون مادة عازلة:

أجريت الدراسة على هوائي بوقي موضَّح في الشكل (1) له البرامترات التالية:

$$R = 15 \text{ Cm}, \alpha_m = 40^\circ, f = 9.5 \text{ GHz}, a = 1 \text{ Cm}, b = 2 \text{ Cm}, c = 7.5 \text{ Cm}.$$

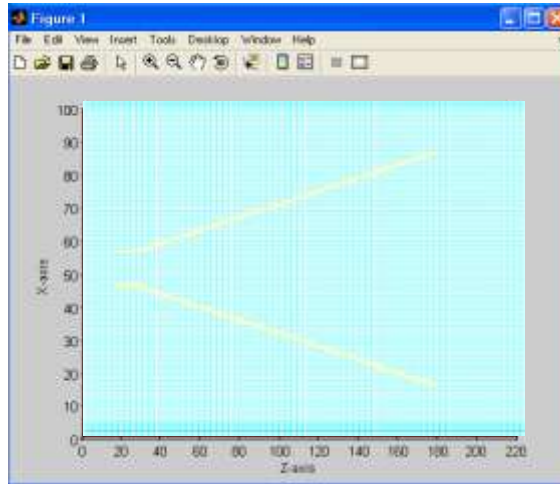
لإيجاد مركبات الحقل داخل الهوائي البوقي وحوله باستخدام طريقة FDTD [7]، تم تقسيم الحيز الفراغي الذي

يشمل الهوائي البوقي إلى  $100 \times 100 \times 220$   $(X \times Y \times Z)$  أي  $2 \times 10^6$  خلية. بأبعاد  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 1 \text{ mm}$  للخلية الواحدة.

من المعادلة (11) تمَّ اختيار قيمة  $\Delta t$  والتي تحقق شرط الاستقرار:  $\Delta t = 0.66 \times 10^{-12} \text{ sec}$ .

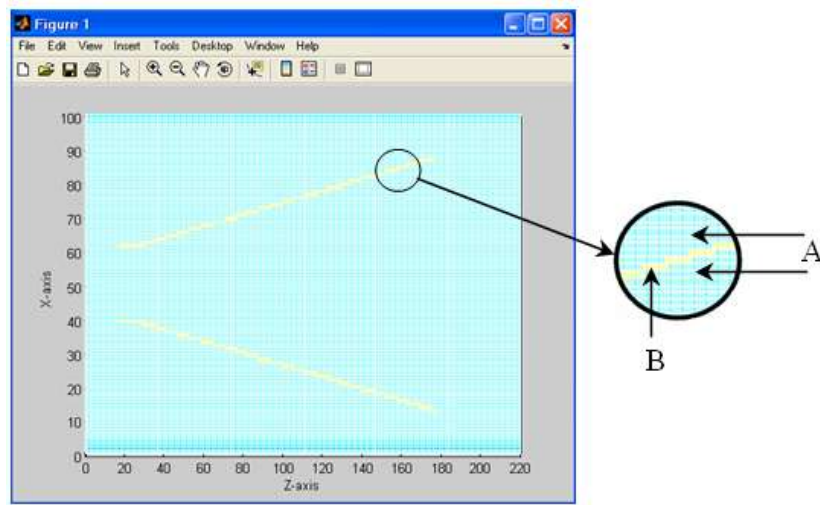
يبين الشكلان (4) و (5) مقطعين في البنية المدروسة، عند المستويين  $yz, xz$ ، كما هو موصوف بشبكة

.FDTD



الشكل (4): مقطع في البنية المدروسة عند المستوي YZ





الشكل (5): مقطع في البنية المدروسة عند المستوي XZ

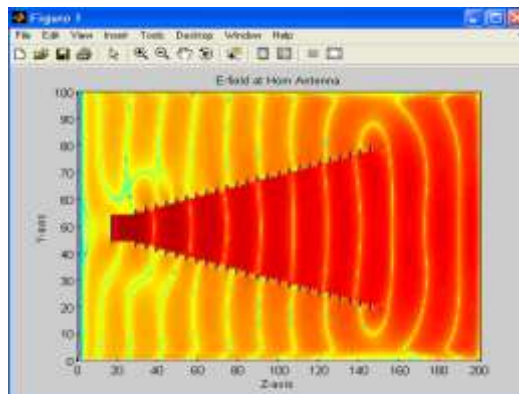
تشير A إلى خلايا الفراغ داخل البوق وخارجه، ولكل منها  $\epsilon_r = 1, \sigma = 0$ .  
 تشير B إلى خلايا المعدن المصنوع منه البوق (الحديد)، ولكل منها  $\epsilon_r = 0, \sigma = 10^7$ .  
 إن الزمن الكلي للحساب الذي يؤمن انتشار الحقل داخل البوق وفي المنطقة القريبة منه هو  $3130 \times \Delta t$ ،  
 وعملية الحساب هذه تستغرق مدة (82) ساعة على حاسب شخصي PC له المواصفات التالية:

CPU : 3GHz

RAM : 1GB

A- جبهة الموجة في المستوي E:

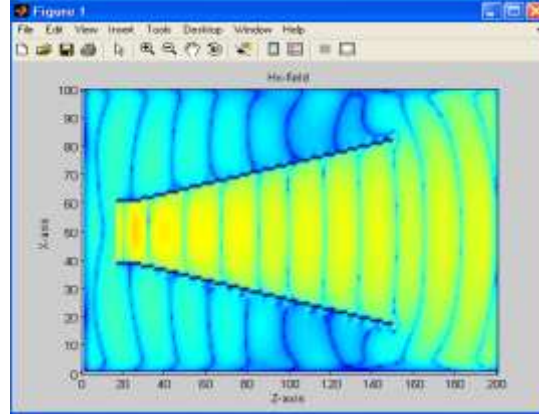
يبين الشكل (6) توزيع مركبة الحقل الكهربائي  $E_y$  داخل البوق وفي المنطقة القريبة منه في المستوي yz في اللحظة  $t = 1773 \times \Delta t$ ، حيث تشير زيادة كثافة اللون إلى كثافة عالية لمركبة الحقل الكهربائي  $E_y$ .



الشكل (6): مركبة الحقل الكهربائي  $E_y$  داخل الهوائي البوقي وحوله

**B- جبهة الموجة في المستوى H:**

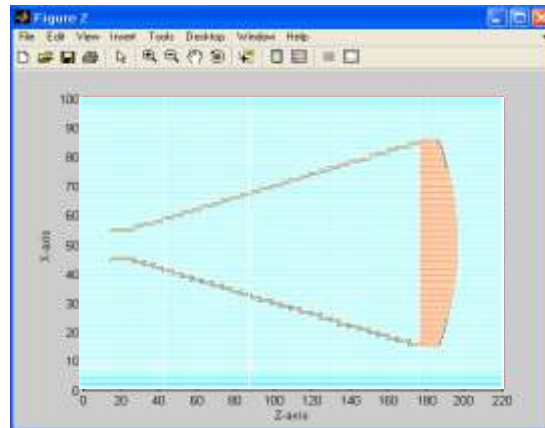
يبين الشكل (7) توزيع مركبات الحقل المغناطيسي  $H_x$  داخل البوق وفي المنطقة القريبة منه في المستوى  $xz$  في اللحظة  $t = 1773\Delta t$ ، حيث تشير زيادة كثافة اللون إلى كثافة عالية لمركبة الحقل المغناطيسي  $H_x$ .



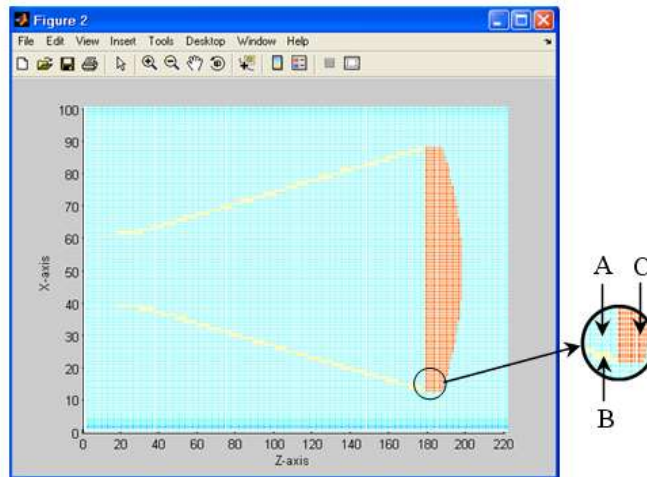
الشكل (7): مركبات الحقل المغناطيسي  $H_x$  داخل الهوائي البوقي وحوله

**4-2-2- الحالة الثانية: جبهة الموجة بعد إضافة المادة العازلة:**

تم حساب أبعاد المادة العازلة الواجب إضافتها على فتحة البوق من أجل التصحيح من العلاقتين (1) و(2)، بعد أن تم اختيار البرامترات الكهربائية لها:  $(\epsilon_r = 3.4, \sigma = 0, \mu = 1)$ . يتم بعد ذلك تقسيم الحيز الفراغي الذي يشمل الهوائي البوقي والمادة العازلة إلى  $(2 \times 10^6)$  خلية، كما يلي:  $(X \times Y \times Z) = 100 \times 100 \times 220$ . وبأبعاد  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 1mm$   $\Delta t = 0.66 \times 10^{-12} sec$ .  
**ملاحظة:** تجب الإشارة إلى أن اختيار أبعاد الحيز الفراغي متعلق بمقدرة الحاسب على تخزين نتائج الحساب، وأنه تم الاستفادة من الإمكانيات القصوى للحاسب (CPU, RAM).  
 يبين الشكلان (8) و (9) مقطعين في البنية المدروسة، عند المستويين  $xz, yz$  كما هو موصوف بشبكة .FDTD



الشكل (8): مقطع في البنية المدروسة عند المستوي YZ

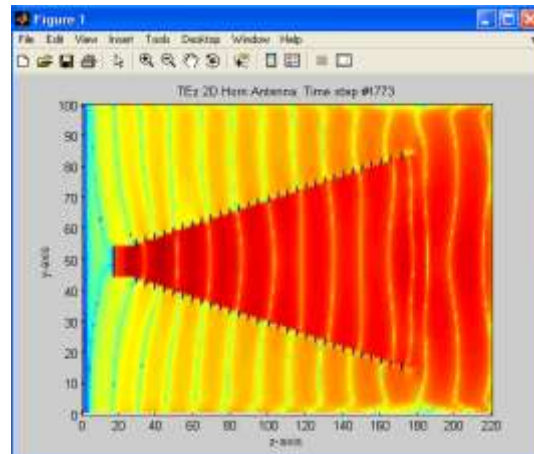


الشكل (9): مقطع في البنية المدروسة عند المستوي XZ

- تشير A إلى خلايا الفراغ داخل البوق وخارجه، ولكل منها  $\epsilon_r = 1, \sigma = 0$ .
- تشير B إلى خلايا المعدن المصنوع منه البوق، ولكل منها  $\epsilon_r = 0, \sigma = 10^7$ .
- تشير C إلى خلايا المادة العازلة ولكل منها  $\epsilon_r = 3.4, \sigma = 0$ .

A- جبهة الموجة في المستوي E:

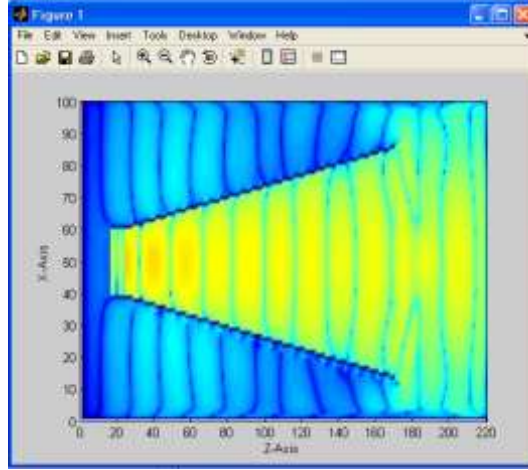
يبين الشكل (10) مركبة الحقل الكهربائي  $E_y$  في المستوي YZ، بعد إضافة المادة العازلة:



الشكل (10): مركبة الحقل الكهربائي  $E_y$  في المستوي YZ، بعد إضافة المادة العازلة

B- جبهة الموجة في المستوي H:

يبين الشكل (11) مركبة الحقل المغناطيسي  $H_x$  في المستوي XZ، بعد إضافة المادة العازلة:



الشكل (11): مركبة الحقل المغناطيسي  $H_x$  في المستوي  $XZ$ ، بعد إضافة المادة العازلة

يُلاحظ من الشكلين (10) و (11) أن شكل جبهة الموجة قد تغير ليصبح قريباً من الشكل المستوي، وهذا التقريب ناتج عن إهمال انعكاسات وانكسارات الأشعة عند إضافة المادة العازلة. يمكن زيادة وضوح شكل جبهة الموجة بتكبير أبعاد الحيز الفراغي، لكن لا تستطيع الحواسيب المتوفرة التعامل مع حيز فراغي أكبر من الحيز المدروس.

#### 5- الدراسة العملية:

تمّ تصنيع مادة عازلة اعتماداً على العلاقتين (2), (1) بسماحية كهربائية  $\epsilon_r = 3.4$ ، ثم تمّ تثبيتها على فتحة البوق كما في الشكل (12).

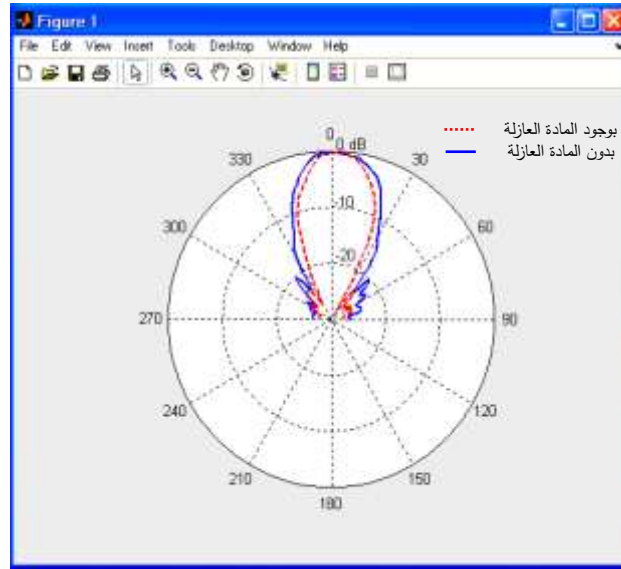


الشكل (12): الهوائي البوقي والمادة العازلة

#### 5-5- المخطط الإشعاعي العملي:

##### A- المستوي H:

تمّ قياس المخطط الإشعاعي في المستوي H لكلتا الحالتين المدروستين، والشكل (13) يبين المخطط الإشعاعي العملي في هذا المستوي:

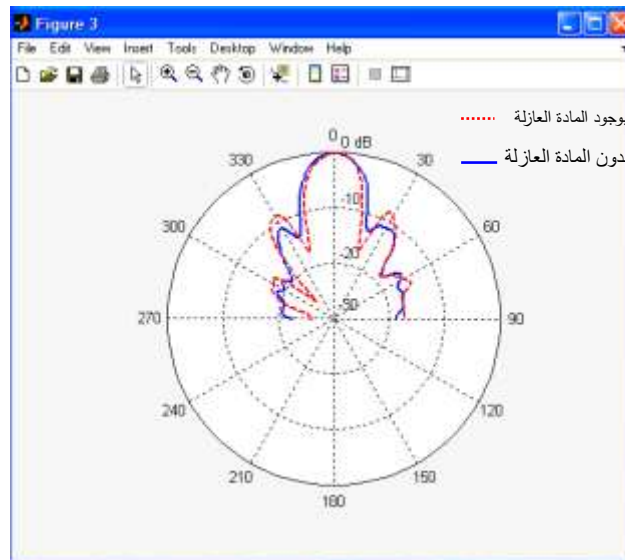


الشكل (13): المخطط الإشعاعي العملي للهوائي البوقي في المستوي H

يُلاحظ تناقص عرض المخطط الإشعاعي في المستوي H عند إضافة المادة العازلة على فتحة الهوائي البوقي، وانخفاض مطال اللوبات الثانوية.

### 5-5-1- المخطط الإشعاعي العملي في المستوي E:

تمَّ قياس المخطط الإشعاعي في المستوي E لكلتا الحالتين المدروستين، والشكل (14) يبين المخطط الإشعاعي العملي في هذا المستوي:



الشكل (14): المخطط الإشعاعي العملي للهوائي البوقي في المستوي E

يُلاحظ تناقص عرض المخطط الإشعاعي في المستوى E عند إضافة المادة العازلة على فتحة الهوائي البوقي، وزيادة مطال اللوبات الثانوية. تُبين النتائج النظرية زيادة شدة الحقل في اتجاه الإشعاع الأعظمي بعد إضافة المادة العازلة، أي زيادة الريح والاتجاهية للهوائي، وهذا متوافق مع المخطط الإشعاعي العملي.

## النتائج والمناقشة:

يمكن تغيير الفروقات الصفحية على فتحة البوق بإضافة مادة عازلة ببارامترات كهربائية وهندسية معينة، وبالتالي تغيير توزيع الطاقة على فتحة البوق وفي المنطقة البعيدة، مما يُمكن من زيادة توجيهية الهوائي وتقليل مستوى اللوبات الثانوية، وبالتالي زيادة فعالية الهوائي في المجالات التي تتطلب هوائيات ذات مخططات إشعاعية ضيقة.

### تم الحصول على النتائج التالية عند استخدام طريقة FDTD:

1. يمكن تصحيح جبهة الموجة الكروية إلى جبهة مستوية بإضافة مواد عازلة ببارامترات معينة على فتحة الهوائي البوقي.

2. بإضافة المادة العازلة التي تمت دراستها بطريقة FDTD على فتحة الهوائي البوقي:

- انخفض عرض اللوب الرئيسي في المستوى H من  $(25^0)$  إلى  $(21^0)$ ، عند مستوى نصف الاستطاعة.
- انخفض عرض اللوب الرئيسي في المستوى E من  $(22^0)$  إلى  $(19^0)$ ، عند مستوى نصف الاستطاعة.
- انخفض مطال اللوبات الثانوية في المستوى H من  $(10\text{ dB})$  إلى  $(3\text{ dB})$  أي انخفاض بنسبة (67%).
- ازداد مطال اللوبات الثانوية في المستوى E من  $(18\text{ dB})$  إلى  $(22\text{ dB})$  أي زيادة بنسبة (22%).
- بحساب التوجيهية [1]:

- قبل إضافة المادة العازلة:

$$D_1 = 18.75\text{ dB}$$

- بعد إضافة المادة العازلة:

$$D_2 = 20.12\text{ dB}$$

- بمقارنة القيمتين السابقتين يُلاحظ زيادة في الاتجاهية بمقدار  $(1.37\text{ dB})$  أي زيادة بنسبة (7.3%). هناك إمكانية لزيادة دقة هذه النتائج من خلال:
1. تصغير حجم الخلايا المكانية والخطوة الزمنية، وهذا يستدعي استخدام منظومات حاسوبية مركزية.
  2. التصنيع الآلي (الليزري) للمادة العازلة.

## المراجع:

1. BABNIS, C. A. - *Antenna Theory-Analysis And Design*, New York, Harper & Row, 2<sup>nd</sup> ed, 1997, 941p.
2. TAFLORE, A. - *Computational Electrodynamics*, Attach House, Boost London, 2<sup>nd</sup> ed, 2000, 599p.
3. MITKEES, A. & ALLAM, A. & HAMEEDARD, H. & ALI. O. - *Time-Domain Analysis Of Micro Strip Line Using FDTD*, Al-Azhar University Engineering Journal, Vol. 5, 2000, 239-302.
4. MITKEES, A. & ALLAN, A. & ALI. O. - *Implored Locally Distorted Conformal FDTD Algorithm For Modeling 3D Structure*, MTC. 9<sup>th</sup> International Conference Or Aerospace Sciences & Aviation Technology, 2001, 29-32.
5. MUR. G. - *Absorbing Boundary Conditions For The Finite -Difference Approximation of The Time-Domain Electromagnetic-Field Equations*. IEEE Trans. Electromagn Compact, Vol. EMC-22, 1981, 377-382.
6. BEREGGER. J. P. - *Perfectly Matched Layer For The FDTD Solution Of Ware Structure Interaction Problems*. IEEE Trans Antenna Propagate, Vol. 44, 1996, 110-117.
7. SCHNEIDER. J, B, & SHLAGER. K, L, - *FDTD Simulation Of TEM horn And The Implications For Stair Cased Representations*, IEEE Trans. Antennas Propagate, Vol. 45, N<sup>o</sup>.12, 1997, 1830-838.