

الهياكل والمجالات الاشعاعية الصادرة عن هوائيات فتحة على سطح موصل متناظر محوريا BoR باستخدام طريقة العزوم MoM

نبيل عباس عريبي. قسم الفيزياء. كلية التربية. جامعة القادسية. nabeelabbasph@yahoo.com

الخلاصة.

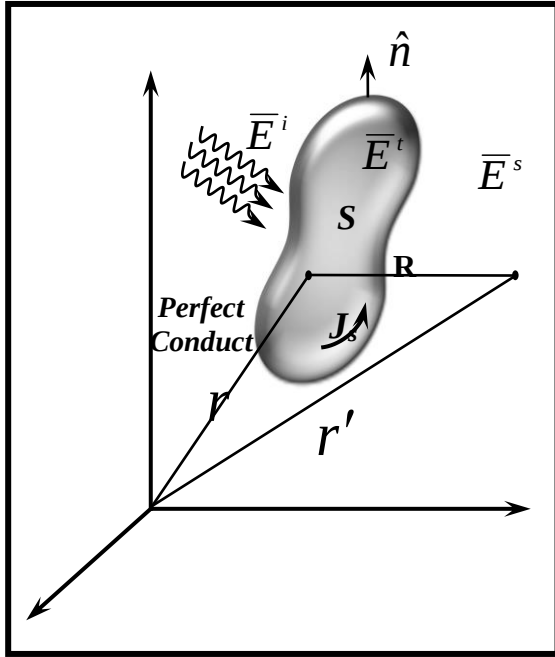
تم في هذه الدراسة حساب المعادلات الخاصة بالتيارات السطحية الكهربائية المتولدة على الجسم الموصل المتناظر محوريا، ومعادلات المجالات الكهربائية أيضا والتي تم حلها عدديا باستخدام طريقة العزوم (MoM). من خلال برمجة تلك المعادلات تم إيجاد ورسم الهياكل الاشعاعية. تطرقت هذه الدراسة الى تقليل مستوى الفلق الجانبية والابقاء على الفلقة الرئيسة لهياكل اشعاعها من خلال تغيير المسافات بين فتحات الهوائي وزيادة عددها.

Abstract.

In this research the mathematical model of surface electric currents induced on axisymmetric conductive body of revolution has been formulated and solved numerically by implementing the (MoM) method. Computer simulation was developed to solve the model numerically. The resulted radiation pattern was sketched Reduction of sidelobe and beamwidth thickness was achieved by increasing the number of a apertures and changing their corresponding interspaces.

Key word(body of revolution: apertures antenna , method of moment)

الحدودية الخاصة بالجسم فضلاً عن مجموعة مناسبة من الدوال الاختبارية التي ينتج عنها مصفوفة ذات ترتيب يتناسب مع عدد الأجزاء التي يتم فيها تمثيل توزيع التيار، أما حل المسألة فيتم إيجاده بطريقة معكوس المصفوفة [2].



الشكل (1): الإشعاع من الأجسام مثالية التوصيل

عند سقوط موجة كهرومغناطيسية على جسم جيد التوصيل فإن الشروط الحدودية تفرض تلاشي مركبات المجال الكهربائي المماسية للسطح S ، كما مبين في الشكل (1)، أي أن :-

$$\hat{n} \times \bar{E}_{\tan}^i = -\hat{n} \times \bar{E}_{\tan}^s \quad (1)$$

حيث أن $\hat{n}$ وحدة متجه عمودي على السطح الموصل، $\bar{E}^s$ تمثل المجال الكهربائي المستطارد (Scattered Field) الناتج عن التيار الكهربائي السطحي $\bar{J}_s$ المحتث على السطح S ، بينما تعني اللاحقة السفلية $\tan$ أن هذه المركبات هي مركبات مماسية (Tangential Components). يتم تمثيل المجال المستطارد بواسطة الجهود العددية والاتجاهية (Scalar & Vector potential) بالصيغة التالية :-

$$\bar{E}^s(\bar{r}) = -j\omega\bar{A}(\bar{r}) - \nabla\phi(\bar{r}) \quad (2)$$

حيث أن $\bar{A}$ و ϕ يمثلان الجهد المغناطيسي والاتجاهي والجهود الكهربائي العددي على التوالي، و ω, μ, ϵ تمثل السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية والتردد

1- المقدمة

لقد انصب الاهتمام في العقود الأخيرة بحل مسائل الإشعاع الكهرومغناطيسي والاستطارة من الأجسام جيدة التوصيل والمتناظرة محورياً. إن هذه المسائل تتضمن معادلات تكاملية تنتج من تكاملات الجهود فضلاً عن الشروط الحدودية للجسم. إن معظم طرائق الحل تعتمد في حلها على الحصول على المصادر الكهرومغناطيسية على سطح المادة بمعنى الحصول على التيار الكهربائي (J) والتيار المغناطيسي (M) والتي منها يتم حساب المجال. يعد تحديد سلوك الجسم الموصل في مجال معلوم هو المسألة الأساسية للنظرية الكهرومغناطيسية حيث يمكن تمثيل الاستطارة من الأجسام الموصلة وتمثيل الإشعاع الصادر عنها باعتبارها هوائيات فتحة. إن الطريقة الرياضية المعتمدة في حل هذه المعادلات هي طريقة العزوم (MoM) التي تعدّ واحدة من أهم الطرائق في هذا المجال، إذ يتم من خلالها تحويل المعادلة التفاضلية - التكاملية (EFIE) إلى نظام من المعادلات الخطية.

إن من أحد المساهمات المهمة التي ساهمت بانجاز البحث تمثلت بكون الجسم الموصل كهربائياً متجانساً حيث استخدمت هذه الشروط في طريقة العزوم MoM وساعدت بدورها على أن يكون عدد المجاهيل معقولاً جداً. تعتبر صيغة تحويل المعادلة التفاضلية - التكاملية للمجال الكهربائي (EFIE) فعالة بالنسبة للإشعاع الكهرومغناطيسي وخاصة من السطح المغلق (S) الموضح في الشكل (1)، حيث استخدمت هذه الصيغة مجموعة التيارات الكهربائية لإنتاج أما مجال مشع أو مجال مستطير خارج السطح S بالاعتماد فيما إذا كانت المسألة الكهرومغناطيسية خاصة بالاستطارة (Scattering problems) أو مسائل الإشعاع (Radiation problems) [1].

2- الحل العددي للمعادلات التكاملية للمجال الكهربائي :EFIE

بالإمكان تمثيل مسألة الاستطارة الكهرومغناطيسية، من الأجسام جيدة التوصيل المتناظرة محورياً بمثل هذه المعادلات التكاملية التي تنتج عن طريق تكاملات الجهد فضلاً عن الشروط الحدودية للجسم [1].

إن من أهم الطرائق المستخدمة في حل هذه المعادلات الخاصة بالاستطارة الكهرومغناطيسية ومسائل الحيود هي طريقة العزوم (MoM). إذ تعدّ هذه الطريقة متعددة الاستخدامات وذات قدرة حسابية عالية بحيث يمكن تطبيقها في حل المسائل الخطية والسطحية هذا فضلاً عن المسائل الثلاثية الأبعاد. تعتمد هذه الطريقة على تجزئة الجسم إلى دوال مثلثية وعدّ التيار السطحي ($\bar{J}_s$) مجهولاً واختيار دوال أساسية (وزنية) مناسبة لتمثيل التيار على سطح هذه الأجزاء، وبذلك ستتولد مجموعة من المعادلات بعد تطبيق الشروط

$$L(\bar{J}) = [j\omega\bar{A} + \nabla\phi]_{\tan}$$

$$= j\omega\mu \int_s \bar{J} \frac{e^{-jk|\bar{r}-\bar{r}'|}}{4\pi|\bar{r}-\bar{r}'|} ds - \frac{\nabla}{j\omega\epsilon_s} \int_s \nabla' \cdot \bar{J} \frac{e^{-jk|\bar{r}-\bar{r}'|}}{4\pi|\bar{r}-\bar{r}'|} ds$$

..... (8)

إن الحل الأمثل للمعادلة (7) سيتم باستخدام طريقة العزوم المرتبطة بصورة مباشرة بطريقة Galerkin [1]. يمكن فرض الضرب العددي Inner Products للمتجهات المماسية على السطح S كما يلي:-

$$\langle \bar{W}, \bar{J} \rangle = \iint_s \bar{W} \cdot \bar{J} ds \quad \text{..... (9)}$$

وبالتالي ستعرف مجموعة من الدوال الضمنية (التوسعية Expansions) J_j من خلال تقريب التيار على السطح S بواسطة المعادلة:-

$$\bar{J} = \sum_j I_j \bar{J}_j \quad \text{..... (10)}$$

حيث I_j - ثابت يمكن حسابه. من المعادلتين (10) و (7) وباستخدام دوال اختبارية Testing Functions ($\bar{W}_i$) مع الأخذ بنظر الاعتبار الضرب العددي Inner Product فان [5]:

$$\sum_j I_j \langle \bar{W}_i, L(\bar{J}_j) \rangle = \langle \bar{W}_i, \bar{E}_{\tan}^i \rangle \quad (i=1,2,3,...)$$

..... (11)

يمكن تعريف مصفوفات الشبكة العامة بالشكل التالي:-

$$[\xi] = [\langle \bar{W}_i, L(\bar{J}_j) \rangle]$$

..... (12)

وكذلك:-

$$[\mathcal{R}] = [\langle \bar{W}_i, \bar{E}_{\tan}^i \rangle] \quad \text{..... (13)}$$

$$[I] = [I_j] \quad \text{..... (14)}$$

وعلى هذا الأساس يمكن كتابة المعادلة (11) بالصيغة التالية:-

$$[\xi][I] = [\mathcal{R}] \quad \text{..... (15)}$$

حيث $[\xi]$ تمثل مصفوفة الممانعة العامة، بينما تمثل $[Y] = [\xi]^{-1}$ مصفوفة الممانعة المعكوسة العامة، أي أن:-

$$[I] = [Y][\mathcal{R}] \quad \text{..... (16)}$$

أو بالشكل التالي:-

$$\begin{bmatrix} I_n^t \\ I_n^\phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_n^{tt} \\ Y_n^{t\phi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathcal{R}_n^t \\ \mathcal{R}_n^\phi \end{bmatrix} \quad \text{..... (17)}$$

والتي تمثل فيها المصفوفة Y معكوس المصفوفة الكلية ξ .

الزاوي على التوالي. عند التعويض عن قيم الجهود اعلاه نحصل على [3]:

$$\bar{E}^s(r) = -j\omega\mu \int_s \bar{J}(r) G(\bar{r}, \bar{r}') ds - \frac{\nabla}{\epsilon_s} \int_s \sigma(\bar{r}) G(\bar{r}, \bar{r}') ds$$

..... (3)

حيث ان G تمثل دالة كرين Green's Function للفضاء الحر Free-Space

$$\bar{E}^s(r) = -j\omega\mu \int_s \bar{J}(r) G(\bar{r}, \bar{r}') ds + \frac{\nabla}{j\omega\epsilon_s} \int_s \nabla' \cdot \bar{J}(r) G(\bar{r}, \bar{r}') ds$$

..... (4)

بعد التعويض تصبح المعادلة بالصيغة:-

$$\hat{n} \times \bar{E}_{\tan}^i = \hat{n} \times \left[j\omega\mu \int_s \bar{J}(r) G(\bar{r}, \bar{r}') ds - \frac{\nabla}{j\omega\epsilon_s} \int_s \nabla' \cdot \bar{J}(r) G(\bar{r}, \bar{r}') ds \right]_{\tan}$$

..... (5)

إذا كان الجسم متناظر حول محور التناظر (z) وبنظام إحداثيات خاصة به موضحا عليه نقطة المجال ونقطة المصدر، نجد أن $\hat{t}$ و $\hat{\phi}$ تمثلان وحدات متجه نقطة المصدر المماسية والمحيطية على التوالي واللذان ترتبطان مع وحدة المتجه العمودية ($\hat{n}$) بالعلاقة:

$$\hat{t} \times \hat{\phi} = \hat{n} \quad \text{..... (6)}$$

حيث أن $\hat{\phi}$ عمودية على المحور z، بينما تصنع وحدة المتجه $\hat{t}$ زاوية مقدارها θ مع المحور z التي تكون قيمها موجبة كلما كانت $\hat{t}$ مبتعدة عن المحور z وتكون سالبة على العكس من ذلك.

إن المعادلة التكاملية (5)، والتي تمثل الخطوة الأولى من خطوات الطريقة العددية، موضوع البحث، ناتجة من استبدال الجسم الموصل بسطح كهربائي مكافئ اعتماداً على مبدأ التكافؤ (Equivalence Principle) الذي ينص على أن المجال المستطار هو مجال الفضاء الحر الذي يتولد عن التيارات السطحية، وان إيجاد تلك التيارات هي مهمة طريقة العزوم MoM.

3 - حل معادلة المجال (E) بطريقة العزوم (MoM)

إن الأمر المهم والأساسي المؤثر في صحة حلول طريقة العزوم MoM يتمثل في اختيار تطبيق Galerkin المستخدم لتمثيل الدوال المجهولة كالتيارات أو المجالات في صيغة مسائل الاستطارة، أما الأمر الأكثر أهمية في ذلك هو الاختيار الأمثل للدوال الأساسية التي تقع ضمن إطار الشروط الحدودية للشكل الهندسي المستخدم في مسألة الاستطارة الكهربائية [4]. عند ملاحظة المعادلة (5) نجد أنه بالإمكان كتابتها بالصيغة التالية:-

$$L(\bar{J}) = \bar{E}_{\tan}^i \quad \text{..... (7)}$$

حيث يمثل L المؤثر التفاضلي - التكامل الذي يمكن إيجاده من:-

وعند تعويض العلاقات أعلاه في المعادلة (18) نحصل على :-

4 - حساب المصفوفات $[\xi]$:-
من أجل إيجاد الصيغة المفصلة لمصفوفات الممانعة الجزئية ، نعود الى المعادلة (12) والتي يمكن كتابتها بالشكل التالي:-

$$(\xi_n^{tt})_{ij} = \int_0^N dt' \int_0^{2\pi} d\phi' \int_0^N dt \int_0^{2\pi} d\phi \left[j\omega\mu(\sin(\nu)\sin(\nu')\cos(\phi-\phi') + \cos(\nu)\cos(\nu')) T(t'-i)T(t-j) + \frac{1}{j\omega\epsilon} T'(t'-i)T'(t-j) \right] e^{jn(\phi-\phi')} \quad (18)$$

يعتبر هذا صحيحاً أو فعالاً للأجسام ذات الشكل العشوائي ، أما بالنسبة للأجسام المتناظرة محورياً فإن الشكل

$$(\xi_n^{tt})_{ij} = \int_0^N dt' \int_0^{2\pi} d\phi' \int_0^N dt \int_0^{2\pi} d\phi \left[j\omega\mu(\sin(\nu)\sin(\phi-\phi'))T(t'-i)T(t-j) + \frac{n}{\omega\epsilon\rho(t)} T'(t'-i)T'(t-j) \right] e^{jn(\phi-\phi')} \quad (19)$$

وكذلك من تعريف ∇ فإن:-

$$(\xi_n^{tt})_{ij} = \int_0^N dt' \int_0^{2\pi} d\phi' \int_0^N dt \int_0^{2\pi} d\phi \left[j\omega\mu(\cos(\phi-\phi'))T(t'-i)T(t-j) + \frac{n^2}{j\omega\epsilon\rho(t)\rho'(t')} T(t'-i)T(t-j) \right] e^{jn(\phi-\phi')} \quad (20)$$

يمكننا إيجاد قيمة متجه الموقع النسبي R :-

$$|R| = \sqrt{\rho^2 + \rho'^2 - 2\rho\rho'\cos(\phi-\phi') + (z-z')^2} \quad (21)$$

ولحساب الممانعات الأربع $(\xi_n^{tt}, \xi_n^{t\phi}, \xi_n^{\phi t}, \xi_n^{\phi\phi})$ يجب إجراء بعض العمليات الرياضية لاستخراج المعاملات الموجودة في المعادلة (18) ، إذ بالإمكان كتابة هذه المعاملات كالتالي [6]:

$$\begin{aligned} (\bar{W}_{ni} \cdot \bar{J}_{nj})^{tt} &= f_i(t') f_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} [\hat{u}'_t \cdot \hat{u}_t] \\ (\bar{W}_{ni} \cdot \bar{J}_{nj})^{t\phi} &= f_i(t') f_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} [\hat{u}'_t \cdot \hat{u}_\phi] \\ (\bar{W}_{ni} \cdot \bar{J}_{nj})^{\phi t} &= f_i(t') f_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} [\hat{u}'_\phi \cdot \hat{u}_t] \\ (\bar{W}_{ni} \cdot \bar{J}_{nj})^{\phi\phi} &= f_i(t') f_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} [\hat{u}'_\phi \cdot \hat{u}_\phi] \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} [(\bar{\nabla}' \cdot \bar{W}_i)(\bar{\nabla} \cdot \bar{J}_j)]^{tt} &= f'_i(t') f'_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} \\ [(\bar{\nabla}' \cdot \bar{W}_i)(\bar{\nabla} \cdot \bar{J}_j)]^{t\phi} &= \frac{jn}{\rho} f'_i(t') f'_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} \\ [(\bar{\nabla}' \cdot \bar{W}_i)(\bar{\nabla} \cdot \bar{J}_j)]^{\phi t} &= -\frac{jn}{\rho'} f'_i(t') f'_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} \\ [(\bar{\nabla}' \cdot \bar{W}_i)(\bar{\nabla} \cdot \bar{J}_j)]^{\phi\phi} &= \frac{n^2}{\rho\rho'} f'_i(t') f'_j(t) e^{jn(\phi-\phi')} \end{aligned} \quad (23)$$

5- حساب مصفوفات الإثارة $[\mathfrak{R}]$:-

من المهم جداً في المسائل الكهرومغناطيسية هي كيفية تمثيل مصدر الإثارة من أجل الوصول الى معرفة التيارات السطحية $\bar{J}_s$ والتي من خلالها يتم تحديد المجال المستطارد. هناك نوعان من التمثيل أولهما افتراض أن مصدر الإثارة هو عبارة عن سقوط موجة مستوية على الجسم ، كما في مسائل الاستطارة ، وثانيهما تمثيل مصدر الإثارة بثنائي قطب كهربائي أو نظام خطي من الثنائيات اعتماداً على طبيعة المسألة ، كما في مسائل الهوائيات الشريطية *Microstrip Antenna* والهوائيات القمعية *Horn Antenna*.

في بحثنا الحالي تم استخدام تقريب الموجة المستوية والذي يعتمد على التقريب والمعالجة التي استخدمها الباحثان *J. R. Mautz & R. F. Harrington* [1] في تمثيل مصفوفة الإثارة باستخدام القياسات الخطية للمجال الناتج عنه تياراً سطحياً $\bar{J}_s$ متولد على السطح S إذ بالإمكان التعبير عنه كدالة خطية لـ $(\bar{J}_s)$:-

$$measurement = \iint_S \bar{E}^r \cdot \bar{J}_s ds \quad (26)$$

$\hat{u} = \hat{u}_\phi$ ، وثانياً حالة $\hat{u} = \hat{u}_\theta$. يمكن إيجاد $\bar{k} \cdot \bar{r}$ والتي قيمتها :-

$$\bar{k} \cdot \bar{r} = k_0 [\rho \sin(\theta_r) \cos(\phi) + z \cos(\theta_r)] \quad (35)$$

يتضح مما سبق إن مركبات المجال الكهربائي يمكن أن تكتب بالصيغة:-

$$\begin{aligned} \bar{E}_\theta^r &= \hat{u}_\theta^r e^{-jk_0 [\rho \sin(\theta_r) \cos(\phi) + z \cos(\theta_r)]} \\ \bar{E}_\phi^r &= \hat{u}_\phi^r e^{-jk_0 [\rho \sin(\theta_r) \cos(\phi) + z \cos(\theta_r)]} \end{aligned} \quad (36)$$

يمكن كتابة المعادلة (31) بالشكل التالي:-

$$(R_n^{\alpha\theta})_i = \iint_s \bar{J}_{ni}^\alpha \cdot \bar{E}_\theta^r ds \quad \theta - \text{polarized} \quad (37)$$

$$(R_n^{\alpha\phi})_i = \iint_s \bar{J}_{ni}^\alpha \cdot \bar{E}_\phi^r ds \quad \phi - \text{polarized} \quad (38)$$

6- حساب مجالات الاشعاع الكهربائية:-

ان إيجاد التيارات السطحية سيساعد في حساب مجالات الاشعاع المنبعثة من فتحة الهوائي الى المجال البعيد ، حيث ان هذه التيارات سوف تشع مركبات مماسية $\bar{E}_t$ واخرى محيطيه $\bar{E}_\phi$. يمكن إيجاد المجال

الكلية من المعادلة [6]

$$\begin{bmatrix} \bar{E}_\theta^s \\ \bar{E}_\phi^s \end{bmatrix} = -\frac{j\omega\mu}{4\pi r} e^{-jkr} \begin{bmatrix} (R_n^{\theta\theta})_i & (R_n^{\phi\theta})_i \\ (R_n^{\theta\phi})_i & (R_n^{\phi\phi})_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (I_n^t)_i \\ (I_n^\phi)_i \end{bmatrix} \quad (39)$$

حيث ان:-

$$\begin{bmatrix} (I_n^t)_i \\ (I_n^\phi)_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (Y_n^{tt})_{ij} & (Y_n^{t\phi})_{ij} \\ (Y_n^{\phi t})_{ij} & (Y_n^{\phi\phi})_{ij} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (\mathcal{R}_n^t)_i \\ (\mathcal{R}_n^\phi)_i \end{bmatrix} \quad (40)$$

بحيث تمثل :-

$\bar{E} \leftarrow$ مجالات الاشعاع الصادرة من الهوائي.

$\omega, \mu, K \leftarrow$ متجه انتشار الموجه والنفاذية المغناطيسية والتردد الزاوي على الترتيب .

7- النتائج والمناقشة .

بعد ان تم اشتقاق علاقات حساب التيارات السطحية وكذلك المعادلة الخاصة لإيجاد المجالات الاشعاعية الكهربائية المنبعثة من فتحة هوائي ماء، تم كتابة البرنامج الخاص بحل كل منهما بلغة فورتران 90، حيث ستحسب من خلالها مجالات الاشعاع الناتجة عن هوائي ذي فتحة على سطح موصل متناظر محوريا BoR . من التطبيقات التي استخدمت في التحليلات الرياضية والتطبيقية في هذا البحث هو هوائي الفتحة (Aperture Antenna) من خلال تطبيق التحليل الرياضي على جسم موصل على شكل طائرة كما

حيث $\bar{E}^r$ تمثل الدالة المعلومة ، $\bar{J}$ تمثل كثافة التيار السطحي. يمكن كتابة التيار عند الحل بطريقة العزوم بالصورة التالية:-

$$\bar{J} = \sum_j I_j \bar{J}_j$$

من هذا يمكن كتابة المعادلة (26) بالصيغة التالية :-

$$\text{measurement} = \sum_j I_j \iint_s \bar{E}^r \cdot \bar{J}_j ds \quad (27)$$

والتي يمكن كتابتها على شكل مصفوفات وكالاتي :-

$$\text{measurement} = [R][I] \quad (28)$$

حيث أن :

$$\begin{aligned} [I] &= \sum_j I_j \\ [R] &= [\langle \bar{J}_j, \bar{E}^r \rangle] = \iint_s \bar{E}^r \cdot \bar{J}_j ds \end{aligned} \quad (29)$$

ان معادلة (28) يمكن كتابتها بالصيغة :-

$$\text{measurement} = [R][Y][\mathcal{R}] \quad (30)$$

بالنسبة للأجسام المتناظرة محوريا ، فان حدود التيار $\bar{J}$ يمكن ان تفصل الى مركبتين باتجاه ϕ, t ، وعليه فمن الملائم أيضا تقسيم $[R]$ الى مركبتين لـ ϕ, t على النحو التالي:-

$$(R_n^\alpha)_i = \langle \bar{J}_{ni}^\alpha, \bar{E}^r \rangle \quad (31)$$

حيث أن α تمثل ϕ, t على التوالي، ويمكن كتابة المعادلة (30) بشكل اكثر تفصيلاً :-

$$\text{measurement} = \begin{bmatrix} R_n^t & R_n^\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_n^{tt} & Y_n^{t\phi} \\ Y_n^{\phi t} & Y_n^{\phi\phi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathcal{R}_n^t \\ \mathcal{R}_n^\phi \end{bmatrix} \quad (32)$$

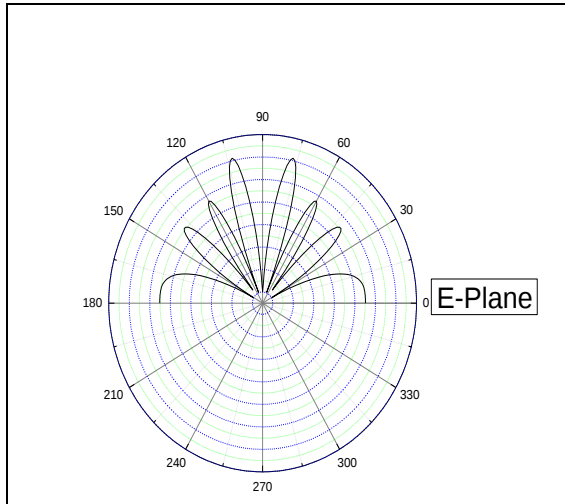
حيث إن المصفوفة $[Y]$ يمكننا الحصول عليها، كما بين سابقا، من معكوس المصفوفة الكلية $[Y]$ ، ولإيجاد المجال $\bar{E}$ الناتج من التيار $\bar{J}$ على السطح S أمكننا كتابته :-

$$\bar{E} \cdot \hat{u} = -\frac{j\omega\mu}{4\pi r} e^{-jkr} [R][I] \quad (33)$$

حيث ان $\hat{u}$ تمثل وحدة المتجه الذي يحدد استقطاب الموجه الساقطة ، أما $\bar{E}^r$ فيمكن تعريفها كموجة مستوية موضحة بالشكل :-

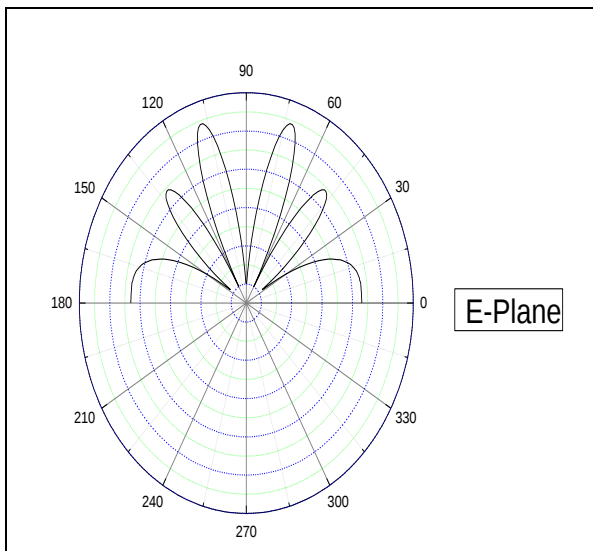
$$\bar{E}^r = \hat{u} e^{-j\bar{k} \cdot \bar{r}} \quad (34)$$

إذ تمثل المعادلة أعلاه موجة مستوية مع وحدة متجه الاستقطاب $\hat{u}$ ومتجه الانتشار $\bar{k}$. والان إذا كان لدينا موجة مستوية ساقطة ناتجة عن تراكب مركبتين متعامدتين على سبيل المثال E_ϕ, E_θ ، فعليه يمكن معالجة الحالة العامة والتعامل معها كونها تطبيق للمعادلة (34) أولا لحالة



الشكل (4): شكل هيكل الاشعاع لفتحتي الهوائي

بقاء نصف قطر الاسطوانتين ثابتا مع تغير (تقليل) المسافة الفاصلة بينهما الى (0.7λ) نلاحظ ان تلك الزيادة ينتج عنها اختلاف واضح في شكل الهيكل الاشعاعي وذلك بتقليل الفصوص الجانبية (الاتجاهات الثانوية التي تتركز فيها الطاقة بعيدا عن الاتجاه الرئيسي لتركيز الطاقة وهي ظاهرة غير مرغوب فيها) كما في الشكل (5).

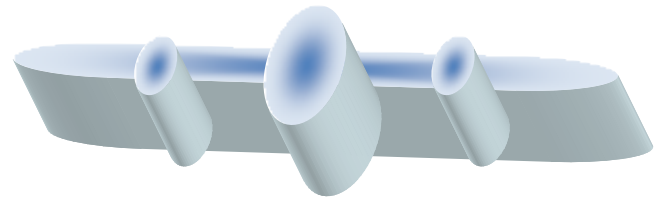
الشكل (5): شكل هيكل الاشعاع لفتحتي الهوائي (المسافة بين الفتحتين 0.7λ).

وبنقصان المسافة اكبر (0.5λ) تزداد كفاءة الهوائي بتقليل الفصوص الجانبية بالمقارنة مع الفلقة الرئيسية كما موضح في الشكل (6).

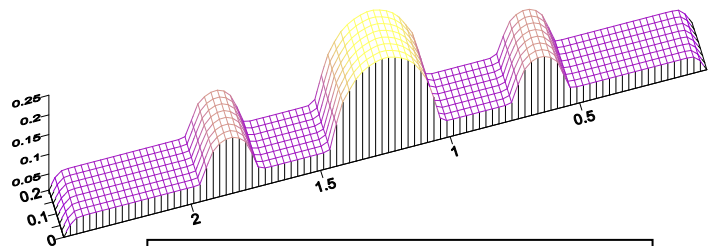
موضحة في الشكل (3-a) الذي يصف الاجزاء المكونة لها كالجناحين وجسم الطائرة المقرب بشكل اسطوانة كبيرة مقارنة مع الاسطوانتين الاخرتين اللتين تمثلان فتحتي محركات الطائرة. يوضح الشكل (3-b) المسح البرمجي الناتج لهذا الشكل، حيث تم إعداد وكتابة برنامج خاص بالصيغ والمعادلات الرياضية التي يمكن من خلالها التوصل الى الشكل المطلوب او ما يسمى بالمحاكاة. يعد برنامج المحاكاة ضامنا لصحة التحليل الرياضي للشكل المطلوب، حيث كانت البرمجة باستخدام المبرمج Fortran Power Station وتم نقل نتائج المسح الى برنامج SURFER (ثلاثي الابعاد) ليعطينا الشكل (3-b).

تعد فتحات المحركات من اكثر المناطق في الطائرة انعكاسا لطاقة الرادار الساقطة عليها، لذلك يمكن اعتبار الطائرة هوائيا تقع فتحته عند تلك المناطق، وبالتالي فهي من اكبر مصادر المجالات الكهربائية المطلوب حسابها في بحثنا هذا.

إذا افترضنا ان الطول الكلي لجسم الطائرة هو (2.5λ) كما في الشكل (3.c) حيث (λ) تمثل الطول الموجي، ونصف قطر كل من الاسطوانتين (0.2λ) والمسافة بين مركزيهما (1λ) ونصف قطر الاسطوانة الكبيرة ضعف نصف قطر الاسطوانة الصغيرة كانت نتائج الهياكل الاشعاعية للمجال المنبعث عن الهوائي عند E-plane موضحة في الشكل (4).

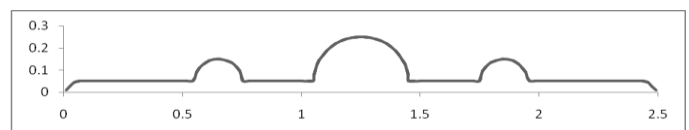


3-a.Original Problem of BOR



3-b.Simulation result of BOR

Slot



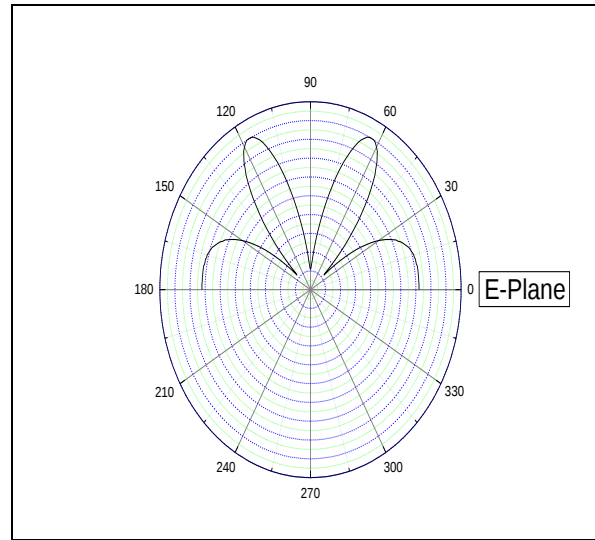
3-c. Generated Curve of BOR in X-Y-plane

الشكل (3): a- شكل الطائرة. b- الشكل البرمجي للطائرة. c- منحنى الشكل عند المستوي x-y

* ان لتغير المسافة بين فتحتي الهوائيين له تأثير واضح على شكل الهياكل الاشعاعية وتحسين اداء الهوائي وزيادة اتجاهيته.
*من خلال استخدام مصفوفة الهوائيات (بإضافة فتحة) لاحظنا ان التيار يكون اكبر قيمة عند موقع الفتحتين مما زاد من كفاءة الهوائي.

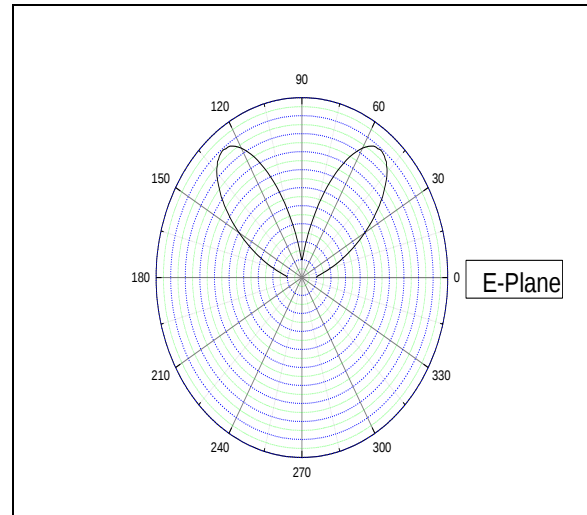
9. References.

- [1] Mautz, J. R. and Harrington, R. F., "Radiation and Scattering from Bodies of Revolution ", Appl. Sci. Res., Vol. 20, pp. 405-435, 1969.
- [2] Vinoy, K. J. and Jha, R. M., "Radar Absorbing Materials from Theory to Design and Characterization", Kluwer Academic Publishers, USA, 1996.
- [3] Al-Assdi, R. A. , " Studying the effect of Conducting bodies of Revolution (BoR) shape on computing Radar Cross Section RCS ", M.s.c. Thesis Submitted to the College of Science of Basrah Univ. Iraq, 2006.
- [4] Bornholdt, J. M. and Medgyesi-Mitschang, L.N., "Mixed-Domain Galerkin Expansions in Scattering Problems ", IEEE Trans. Anten. and Propag. Vol. 36, No. 2, pp. 216-227, 1988.
- [5] Harrington, R.F., "Field Computation by Moment Methods ", Macmillan , New York, 1993.
- [6] Hashim A., "Electromagnetic Scattering and Radiation from Bodies of Revolution (BoR)", Ph. D. Thesis Submitted to the College of Science of Basrah Univ., Iraq, 2002.
- [7] ALAA A. AL- Hilo, " Radiation Fields of Microstrip Antenna for Different circular and Annular Segments ", M.s.c. Thesis Submitted to the College of Science of Basrah Univ. Iraq, 2002.



الشكل (6): شكل هيكل الاشعاع لفتحتي الهوائي (المسافة بين الفتحتين 0.5λ)

إذا افترضنا وجود فتحة أخرى على جسم الطائرة (سطح الهوائي الموصل) بالإضافة إلى فتحتي الاسطوانتين (تقع عند قمة الاسطوانة الكبيرة) وهذا ما يعرف بهوائيات المصفوفة ، فإن ذلك يؤدي ذلك إلى زيادة في كفاءة معاملات الهوائي من حيث زيادة في التحصيل وانخفاض في مستوى الفلق الجانبية مع بقاء الفلقة الرئيسية كما يوضحه الشكل (7) . ان ذلك يؤكد صحة الفرضية التي تنص على ان مواقع الفتحات على سطح الموصل هي اكثر المناطق اثارة او اكثر مناطق التيارات الكهربائية والمجالات الاشعاعية.



الشكل (7): شكل هيكل الاشعاع للجسم بثلاث فتحات.

8- الاستنتاجات.

* تم حساب المجالات الكهربائية المتولدة على الاجسام المتناظرة محوريا BoR بالإضافة إلى رسم هياكلها الاشعاعية .