

تصميم وقياس هوائي مطبوع تجزيئي على تردد 10GHZ

الدكتور السموعل صالح*

عزيز يوسف**

(تاريخ الإيداع 31 / 3 / 2016. قُبل للنشر في 19 / 6 / 2016)

□ ملخص □

أصبحت وسائل الاتصالات اللاسلكية حاجة أساسية في حياتنا العملية وتطورت بشكل سريع في العقود القليلة الماضية، تطلب ذلك تطور لأنواع الهوائيات المستخدمة. تم تصميم أنواع هوائيات جديدة كهوائيات الفتحة والرقعة والهوائيات العدسية والهوائيات السلكية وفي كل نوع تم ابتكار أشكال وتصاميم جديدة تهدف لتحسين الأداء والرياح والمردود وعرض الحزمة.

يقترح هذا البحث تصميم ومحاكاة هوائي تجزيئي مطبوع باستخدام Zeland، هذا النوع من الهوائيات يعتمد على الهندسة التجزيئية وتحديداً سجادة سرينسكي له مخطط اشعاعي جيد ويملك مجال واسع من التطبيقات. درست خصائص الهوائي التجزيئي المصمم بمساعدة المحاكى Zeland وتم تحليل التغيرات التي تطرأ على معاملات هذا الهوائي عند تغيير معاملات التجزيء كدرجة التجزيء مثلاً، وفي النهاية تم تطبيق الهوائي المقترح عملياً وتم قياسه على الترددات التي سمح مخبر الهوائيات والأمواج المكروية باختبارها كما رسم مخططه الإشعاعي، هذه الترددات 1GHZ و 10GHZ، وقد تم اختيار التردد 10GHZ.

الكلمات المفتاحية: هوائي رقعى، هوائي تجزيئي، الهندسة التجزيئية، مخطط اشعاعي، أمواج مكروية.

*أستاذ مساعد، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
** عضو هيئة فنية، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

A fractal printed Antenna designing and measuring at 10GHZ

Dr. Saleh Alsamawal*
 Aziz Yousef**

(Received 31 / 3 / 2016. Accepted 19 / 6 / 2016)

□ ABSTRACT □

The wireless communication devices became very important. They have been fastly developed fastly in the last few years, so, it was necessary to propose new types Antenna .

A new printed patched Antenna design as, printed, a lenses and wire Antenna, are objected to improve the performance, gain and beam width of Antenna.

This work propos a design and simuling of patch fractal Antenna, using Zeland. This type which depends on fractal geometry (sierpinski carpet) has a very good radiation pattern and has wide applications.

The proposed Antenna parameters were studied by the help of Zeland simulator, The variation of the antenna parameters happens when the fractal parameters (as stage of growth) changes, were analysed.

Finally, the proposed Antenna was praticly applied and measured at the frequency 10Ghz allowed by the microwave and Antenna laboratory.

Keywords: patch antenna, fractal antenna, fractal geometry, radiation patterns, micro waves.

*Professor Assistant, Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Technician member, Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

الأجيال الجديدة المطورة من أنظمة الاتصالات الخلوية (اللاسلكية) أدت إلى تطوير الهوائيات العاملة مع تلك الأجهزة من حيث الترددات العاملة والريح وشكل المخطط الإشعاعي الناتج، وبسبب زيادة الترددات التي تعمل عليها هذه الأنظمة تطلب تطوير هوائيات جديدة. الهوائي في التصاميم البسيطة يتم تشكيله ليعمل على تردد معين وتنخفض استجابته عند ترددات أخرى، من هنا كان لا بد من التفكير بزيادة عرض المجال الترددي للهوائي عن طريق اقتراح طرق تصاميم مختلفة منها الهوائيات متعددة المقاييس والهوائيات التجزئية التي تعتمد على الهندسة التجزئية والتي تعطي بارامترات أو معاملات جديدة للتصميم. مثلاً يمكن لهذه الهندسة أن تعطي طولاً لا نهائياً بين نقطتين محددتين، كذلك تعطي و توصف تشابهاً داخلياً في الجسم التجزئي (الهوائي المقترح) بحيث يكون لدينا أجزاء صغيرة في هذا الجسم تشبه الشكل الخارجي الرئيسي.

تستخدم الهندسة التجزئية في الهوائيات كتقنية لضغط حجم الهوائيات مثل الدايول والحلقات والتي قادت إلى تطور الهوائي التجزئي بحيث يكون لدينا على الرقعة الواحدة عدة فتحات طنينية وعدة دارات رنينية [1][2]. أي أن الهوائي التجزئي يجمع عدة هوائيات بترددات رنينية مختلفة على نفس الرقعة مع تجنب ظاهرة التداخل فيما بينها [3]. الخاصية الثانية أيضاً لهذه الهوائيات هي التقليل من طول العناصر الأساسية مما يجعلها مناسبة من أجل الأجهزة اللاسلكية الصغيرة [4].

اعتمد التطور السريع في تصميم وتحليل الهوائيات على محاكيات وبرامج نمذجة متعددة توفر الوقت والجهد أثناء التصميم والتحليل وكذلك تغني في بعض الأحيان عن الاختبار العملي لهذه الهوائيات. يقدم هذا العمل تصميماً جديداً للهوائي المطبوع التجزئي بحيث يتم ذلك نظرياً باستخدام Zeland واختبار النتائج عملياً في مخبر هندسة الهوائيات والأمواج المكروية في كلية الهك بجامعة تشرين وبالنتيجة سيتم تصميم الهوائي عند درجات تجزئية مختلفة باستخدام zeland ومن ثم اختبار الهوائي عملياً عند مرحلة التجزئية الأولى والثانية ومقارنة النتائج العملية والنظرية. ستتم دراسة تغيرات معاملات الهوائي، عرض الحزمة وشكل المخطط الإشعاعي وذلك تبعاً لتغير درجة التجزئية.

وسنقوم بدراسة الهوائي نظرياً واستخدام برنامج المحاكاة لإيجاد استجابة الهوائي وتغيرها ومعرفة التغيرات التي تطرأ عليها عند تغيير بارامترات الهوائي مثل درجة التجزئية ومن ثم القيام بتصميمه واختباره عملياً ومقارنة النتائج.

أهمية البحث وأهدافه:

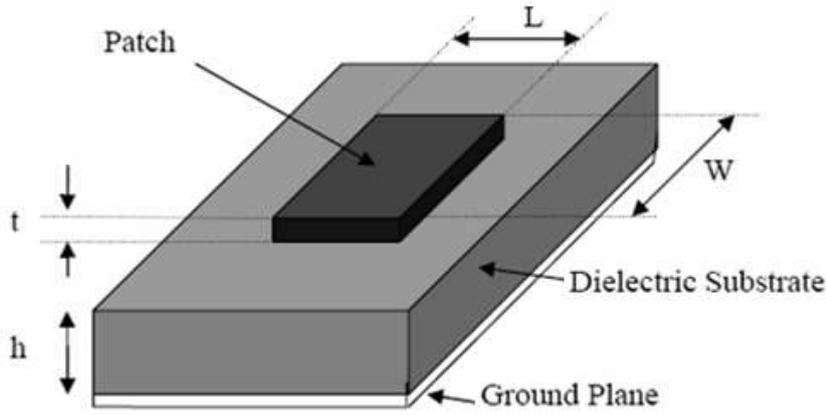
التطور في تصميم الهوائيات كان مركزاً على الهوائيات ذات الترددات العالية (المكروية) لكثرة استخدامها، في شبكات الموبايل والبلوتوث و WIFI وغيرها وصولاً للراوترات الحديثة عريضة الحزمة. من هنا جاءت أهمية البحث باقتراح نوع من الهوائيات تعمل على تلك الترددات أو على طيف واسع منها، بمعنى آخر عريضة الحزمة، كما ويهدف البحث الى تحسين أداء هذا النوع باستخدام الهندسة التجزئية حيث سنقوم بدراسة الهوائي المطبوع العادي والتجزئي وسنبين ما يقدمه التجزئية من تحسين في أداء الهوائي.

طرائق البحث ومواده:

1. هوائيات الشريط المكروي (هوائيات الرقعة):

تصمم هوائيات الرقعة عن طريق صنع رقعة هندسية بأشكال مختلفة على طبقة أساس عازلة تنتهي في الجهة الأخرى بمستوي أرضي، أي هي عبارة عن هوائيات مطبوعة تستخدم وصلات لاسلكية ذات عرض حزمة من رتبة الميكرومتر، وقد لاقت دراسة موسعة نظراً لهيكلتها المستوية وتكاملها مع الشكل الميكروي الشريطي واستخدامها في الكثير من التطبيقات [2].

تم تصميم عدد كبير من الرقع الهندسية إلا أن الدائرية والمستطيلة أكثرها استخداماً. الشكل (1) يوضح بنية الهوائي الرقعي المستطيل:



الشكل (1): يبين بنية الهوائي الرقعي المستطيل

تصنع الرقعة عادة من مواد ناقلة كالنحاس أو الذهب ويمكنها أن تأخذ أي شكل هندسي، ويتم وضع الرقعة المشعة وخطوط التغذية أيضاً على طبقة أساس عازلة، إذ يمكن طباعة مصفوفة من الهوائيات على طبقة الأساس السابقة مع خطوط التغذية الخاصة بها. لقد فتحت تقنية الدارات الشريطية المطبوعة مجالاً واسعاً لإمكانية صناعة هوائيات الرقعة المفردة والمصفوفة [5].

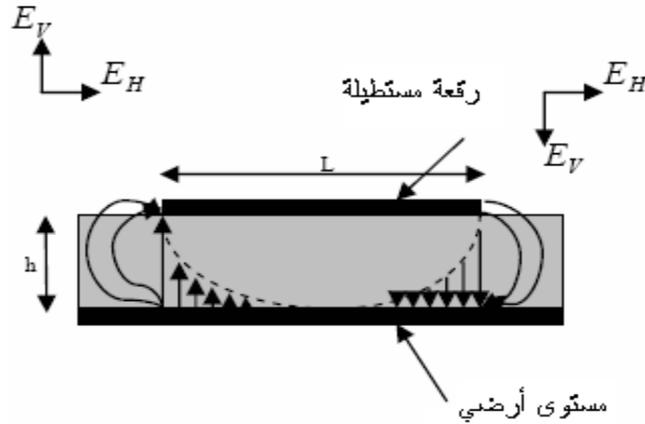
2. الخصائص الأساسية لهوائيات الرقعة:

كما هو واضح من الشكل (1) فإن هوائيات الشريط المكروي (أو ما سمي بهوائيات الرقعة) تتكون من شريط معدني رقيق جداً بسماكة t وبطول L يمثل أجزاء من طول الموجة λ_0 عادة ما يكون $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ بحيث

(حيث $\lambda_0 \gg t$) هو الطول الموجي في الفضاء الحر) هذه الرقعة وضعت فوق طبقة أساس كجزء صغير من طول موجة ($\lambda_0 \gg h$) عادة يكون $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$ فوق مستوى الأرض [6].

تستخدم عادة عدة ثوابت عازلية لتوصيف طبقة الأساس التي يصنع فوقها الهوائي وأهم هذه الطبقات والتي تؤدي للحصول على أداء جيد للهوائي هي الطبقات السمكية ذات ثابت العازلية الكهربائي النسبي في الحدود الدنيا التي تؤثر فيها فعالية أفضل وعرض نطاق ترددي أكبر [7].

أما طبقات الأساس الرقيقة التي تملك ثابت عازلية كهربائي عال فهي مرغوبة من أجل الدارات المكروية التي تتطلب حقول مرتبطة بقوة لتقليل الإشعاع والاقتران غير المرغوب فيهما، وتقود إلى أحجام أصغر للعنصر، ولكن بسبب خسارتها الأكبر تكون أقل كفاءة ولها نطاقات أصغر نسبياً [7] كما يوضح الشكل (2). هوائيات الشريط المكروي غالباً ما يتم دمجها مع الدارات المكروية للتوافق بين أداء جيد للهوائي وتصميم فعال للدارات المكروية. [8]

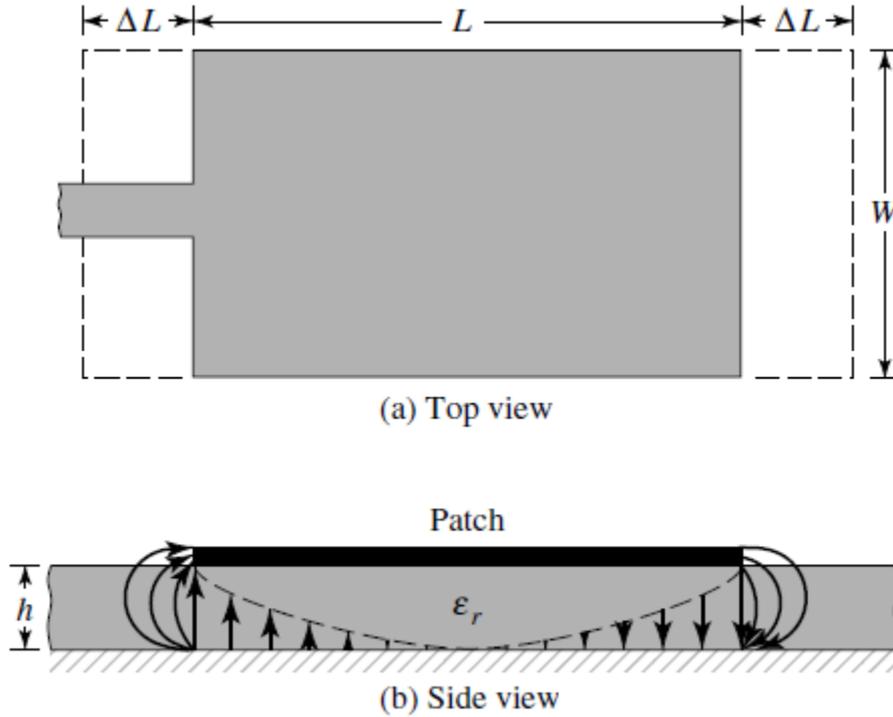


الشكل (2): يبين هوائي الشريط الميكروي ونظام الإحداثيات

من الممكن أن تمثل هوائيات الرقعة الإشعاعية بشكل مربع، مستطيل، دائري، بيضوي الشكل، مثلث، شريط رقيق (ثنائي القطب) وهي الأكثر شيوعاً بسبب سهولة التحليل والإنشاء، وخصائصها الإشعاعية. الرقعة ثنائية القطب (الشريط) مدهلة لأنها تملك بطبيعتها عرض نطاق ترددي كبير وتحمل مساحة أقل، مما يجعلها مثالية للمصفوفات، ويمكن تحقيق الاستقطابات الخطية والدائرية إما مع عنصر واحد أو مصفوفة من هوائيات الشريط المكروي [9].

3. الطول الفعال وتردد الرنين والعرض الفعال:

بسبب آثار التهديد، فإن رقعة هوائي الشريط الميكروي تبدو كهربائياً أكبر من الأبعاد المادية. يبين الشكل (3) مستوي الحقل الكهربائي الأساسي (مستوي xy) حيث تم تمديد أبعاد الرقعة على كامل الطول عند كل نهاية بمسافة قدرها ΔL ، والتي تعتبر وظيفة لثابت العازلية الكهربائي الفعال ϵ_{reff} ولنسبة العرض إلى الارتفاع (W/h) [2][5]. العلاقة التالية عامة وعملية جداً وهي تقريبية لتمديد الطول بشكل طبيعي هي:



الشكل (3): يبين الأطوال الفيزيائية والفعالة لرقعة الشريط الميكروي المستطيلة

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (1)$$

عندما يتم تمديد طول الرقعة بمقدار ΔL على كل جانب، فإن الطول الفعال للرقعة يصبح $L = \lambda/2$ للمنت TM_{010} دون وجود تهديب

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (2)$$

من أجل النمط الميسطر TM_{010} ، يكون تردد الرنين لهوائي الشريط الميكروي تابع لطوله. ويعطى عادة بالعلاقة:

$$(f_r)_{010} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = \frac{v_0}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

حيث: v_0 هي سرعة الضوء في الفضاء الحر.

العلاقة السابقة لا تمثل التهديب، لذلك لا بد من تعديلها لتشمل آثار الحافة، وينبغي أن يتم حسابها باستخدام العلاقة:

$$(f_{rc})_{010} = \frac{1}{2L_{eff}\sqrt{\epsilon_{reff}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = \frac{1}{2(L+2\Delta L)\sqrt{\epsilon_{reff}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = q \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = q \frac{v_0}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

حيث: q عامل هامش (عامل تخفيض طول)، ويحسب بالعلاقة:

$$q = \frac{(f_{rc})_{010}}{(f_r)_{010}} \quad (5)$$

بازدياد ارتفاع الطبقة السفلية، يزداد التهديب ويؤدي إلى انفصال أكبر بين حواف الإشعاع وترددات رنين

أقل [9].

4. الهوائيات التجزئية:

نظرا لخصائص الهندسة التجزئية واستخدامها الواسع في تطبيقات كثيرة فإنها استخدمت في تصميم وتصنيع الهوائيات.

الهوائيات التجزئية تقوم بملء الحجم نفسه الذي تشغله الهوائيات العادية ولكن بطول أكبر بكثير، إضافة إلى أن الهوائيات التجزئية (الصغيرة والطويلة) تحل مشكلة عدم الفعالية في الهوائيات الصغيرة ذات الطول الأقل بكثير من طول الموجة، التي تنقص فيها مقاومة الإشعاع [10].

تم اتباع الطريقة التجزئية في تصميم الهوائيات السلوكية عندما لوحظ أن التشكيل التجزئي لعناصر هوائي خطي تضيف درجات حرية جديدة لهذه الهوائيات، حيث أن الهوائي التجزئي يختلف في بنيته الهندسية عن الهوائي العادي بعدة عوامل إضافية تسمح بزيادة عدد بارامترات التصميم للهوائي. الهوائي التجزئي يتشكل بتقسيم الشكل الأساسي إلى أصغر فأصغر وفق عدة عوامل منها: البعد التجزئي، درجة التجزيء، ومعامل تغير أبعاد الفجوات.

1- البعد التجزئي (fractal dimension): هو معامل أساسي للجسم التجزئي وهو يعبر عن بعد هذا الجسم

ويعبر أيضاً عن شكله، ونستطيع أن نعبر عنه بالقانون التالي:

$$D = \frac{\log(N)}{\log(1/\rho)} \quad (6)$$

حيث أن N يمثل عدد القطع الموجودة في الجسم التجزئي

ρ يمثل درجة التقسيم لهذا الجسم

2- درجة التجزيء (S): وهي عدد المرات التي يتكرر بها الجسم المولد في الجسم التجزئي. تعتبر عملية التكرار في الحصول على الجسم التجزئي أهم عملية في الهندسة التجزئية والتي تبدأ من الدرجة $S=0$ التي تعبر عن الجسم الأساسي، وتستمر حتى اللانهاية حيث تتعدم المادة أي تصبح قطع الجسم صغيرة جداً. هذه العملية تقوم بتطبيق علاقة البعد التجزئي في كل مرحلة من مراحل التجزيء S

3- معامل تغيير كثافة المادة في الجسم التجزئي: يعبر عن توزع الفجوات داخل الجسم التجزئي، أي أنه يقابل

معامل تغير الفجوات في الجسم التجزئي. تكمن الحاجة إلى هذا المعامل في التعبير عن الجسم التجزئي ذي البعد D بعدة أشكال لها نفس البعد التجزئي ونفس درجة التجزيء، ولكنها تختلف عن بعضها البعض بتوزيع الفراغات الموجودة ضمنها، أو بشكل آخر تختلف بتوزيع المادة أو بكثافة المادة ضمن درجة تجزيء ما للجسم [9].

5. البيئة البرمجية Zeland or IE3D

تعتبر البيئة البرمجية IE3D، وسيلة محاكاة مناسبة في تصميم هذا النوع من الهوائيات، وهي إحدى البرمجيات التابعة لمجموعة Zeland وتمثل بيئة محاكاة كهرومغناطيسية لحل المسائل الكهرومغناطيسية للبنية (هوائيات، مرشحات، جوف طنيني، أدلة موجة...) المستخدمة في مجال الاتصالات ذات الترددات المكروية ويعتبر هذا المحاكى عبارة عن مخبر تطبيقي. كذلك يسمح المحاكى بإظهار كل التصاميم المرسومة ويحسب توزع كل من التيارات والجهود عليها ويتم إيجاد المخطط الإشعاعي، توزع التيار، Z ممانعة الهوائي، مصفوفة التبعثر S وغيرها من المعاملات.

يوفر استخدام مثل هذه البرامج الجديدة كثيراً من الوقت والمال بالمقارنة مع الآلية المعمول بها سابقاً في إيجاد تصميم ما ودراسة كل المعاملات التي تحكمه مثل طول الهوائي المطبوع، نوع المادة العازلة المستخدمة، ارتفاع طبقة

الأساس، وبذلك يمكن إجراء الكثير من تجارب المحاكاة من أجل تعديل الهوائي المصمم بحيث نصل في النهاية إلى الهوائي الأمثل المرغوب لتطبيق ما، بعد ذلك نصنع هذا الهوائي عملياً.

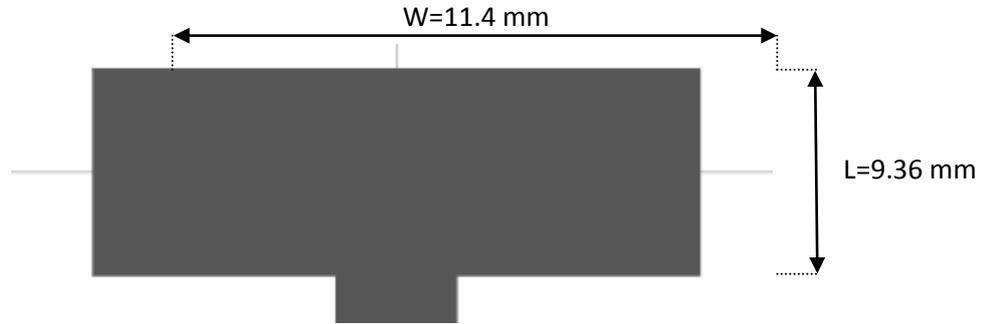
6. تحليل وتصميم هوائي مطبوع باستخدام IE3D :

قمنا بتصميم هوائي رقعة مستطيلة يعمل على التردد 10GHZ كمرحلة تصميم أولى، وهو تردد شائع في أنظمة الاتصالات الفضائية ومطلوب في الحياة العملية، وبالمرحلة الثانية تم تشكيل مرحلتي تجزيء للهوائي بغية تحسين الاستجابة الترددية للهوائي، ومن ثم تصنيع الهوائي واختباره عملياً.

الخطوة الأولى: بناء الهوائي الرقعي المستطيل.

في هذه الخطوة سوف نقوم ببناء الهوائي الرقعي المستطيل باستخدام البرنامج وبالنتيجة سنحصل على الشكل

(4):



الشكل (4): يبين الهوائي الرقعي المستطيل.

سوف نقوم بتصميم هوائي رقعي مستطيل يتصف بالبارامترات التالية:

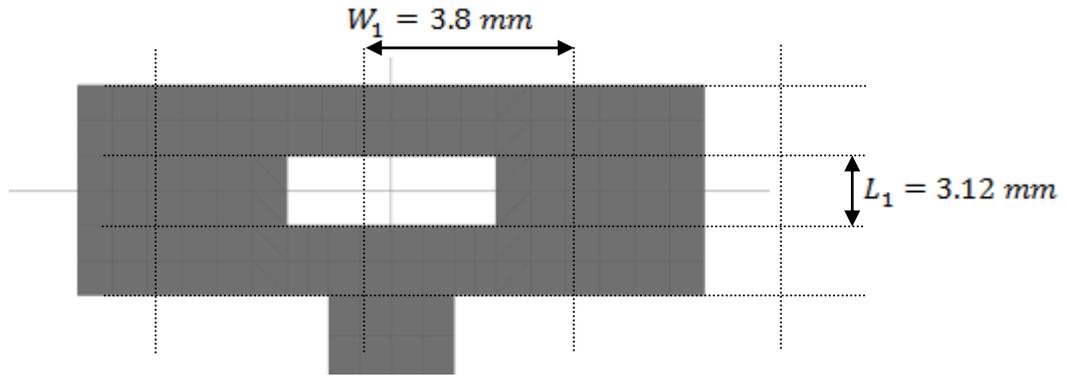
$\epsilon_r = 2.45$, $h = 1.85\text{mm}$ ومن العلاقات (1,2,3,4) السابقة يمكننا حساب بقية البارامترات:

$$L = 9.36\text{ mm}, \Delta L = 0.2\text{mm}, W = 11.4\text{ mm}, \epsilon_{r\text{eff}} = 2.3368$$

وبعد هذه الحسابات يمكننا تشكيل الهوائي الرقعي المستطيل:

الخطوة الثانية: تنفيذ أول مرحلة تجزيء.

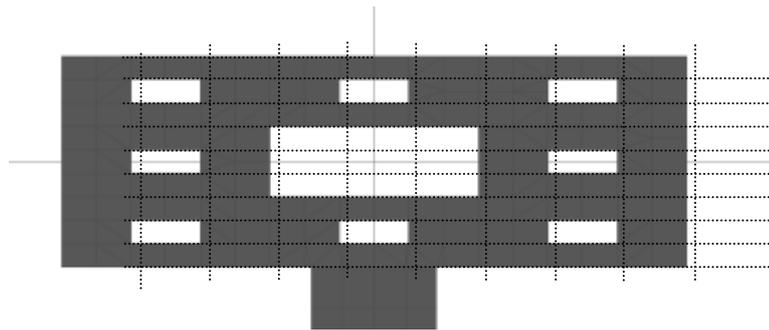
إحداث فجوة في الهوائي وتمثل أول مرحلة تجزيء حيث يتم تشكيل هذه المرحلة بتقسيم بعدي الرقعة الى ثلاثة أقسام لكل من الطول والعرض وبذلك نحصل على تسعة أجزاء حيث تكون الفجوة هي الجزء الوسطي ونسبة بعديها هي 1/3 من بعدي الرقعة الأساسية أي ($W_1=3.8\text{mm}$, $L_1=3.12\text{mm}$) كما في الشكل (5).



الشكل (5): يبين أول مرحلة تجزيء للهوائي الرقعي المستطيل.

الخطوة الثالثة: تنفيذ ثاني مرحلة تجزيء.

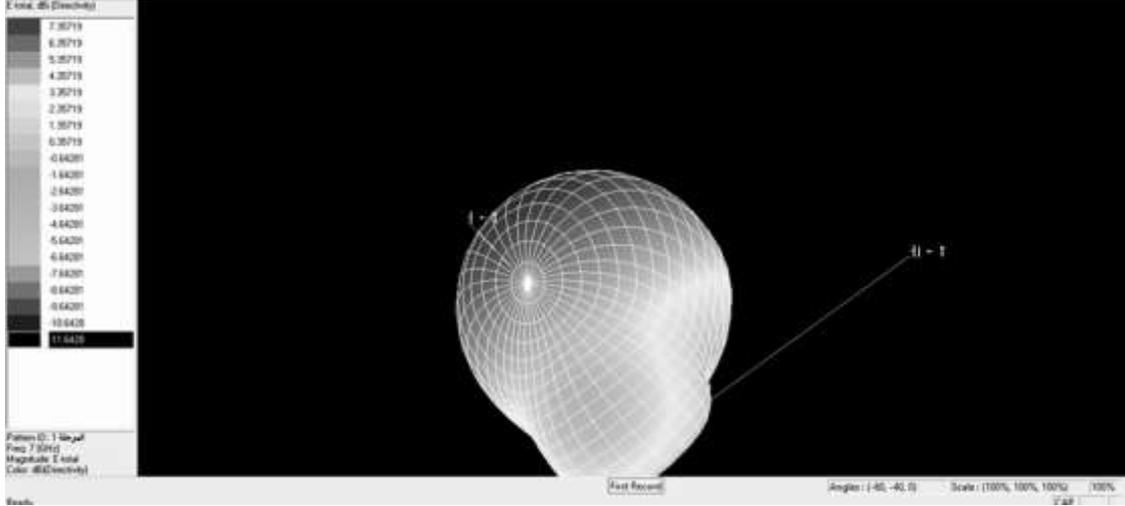
المرحلة الثانية من التجزيء حيث يتم تشكيل هذه المرحلة بتقسيم بعدي كل جزء من الأجزاء الناتجة من المرحلة السابقة الى ثلاثة أقسام لكل من الطول والعرض وبذلك نحصل على تسعة أجزاء حيث تكون الفجوة هي الجزء الوسطي ونسبة بعديها هي $1/3$ من بعدي الجزء الأساسي أي $1/9$ من بعدي الرقعة أي ($W_2=1.26mm, L_2=1.04mm$) كما في الشكل (6).



الشكل (6): يبين ثاني مرحلة تجزيء للهوائي الرقعي المستطيل.

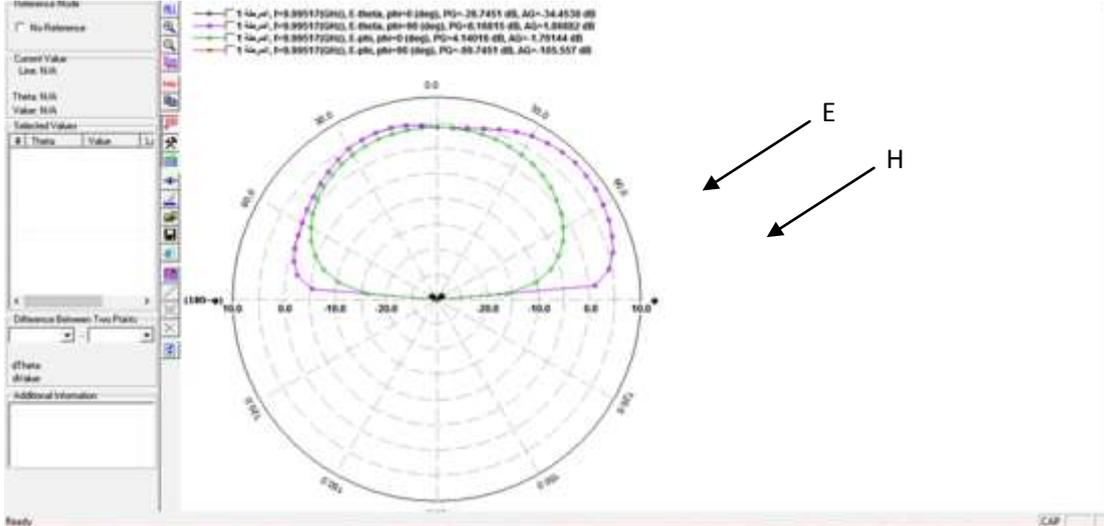
النتائج والمحاكاة:

تم تشكيل الهوائي بالأبعاد الموضحة سابقا والمبينة على الشكل (4) بعد المحاكاة باستخدام zeland فإننا نحصل على الشكل (7) الذي يوضح المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد لهذا الهوائي.



الشكل (7): يبين المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد لهوائي الرقعة المستطيل

أما بالنسبة للمخطط الإشعاعي ثنائي الأبعاد فهو موضح بالشكل (8).

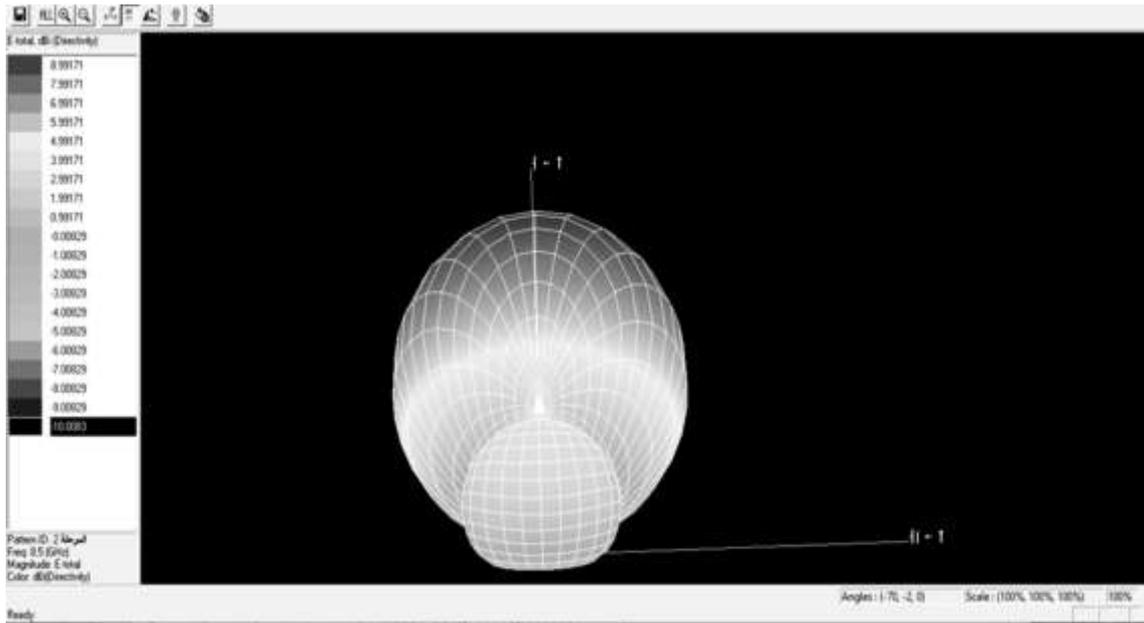


الشكل (8): يبين المخطط الإشعاعي ثنائي الأبعاد لهوائي الرقعة المستطيل

يبين الشكل (8) المخطط الإشعاعي ثنائي الأبعاد للهوائي بمسقطيه الأفقي E (في مستوي الحقل الكهربائي) والعمودي H (في مستوي الحقل المغناطيسي).

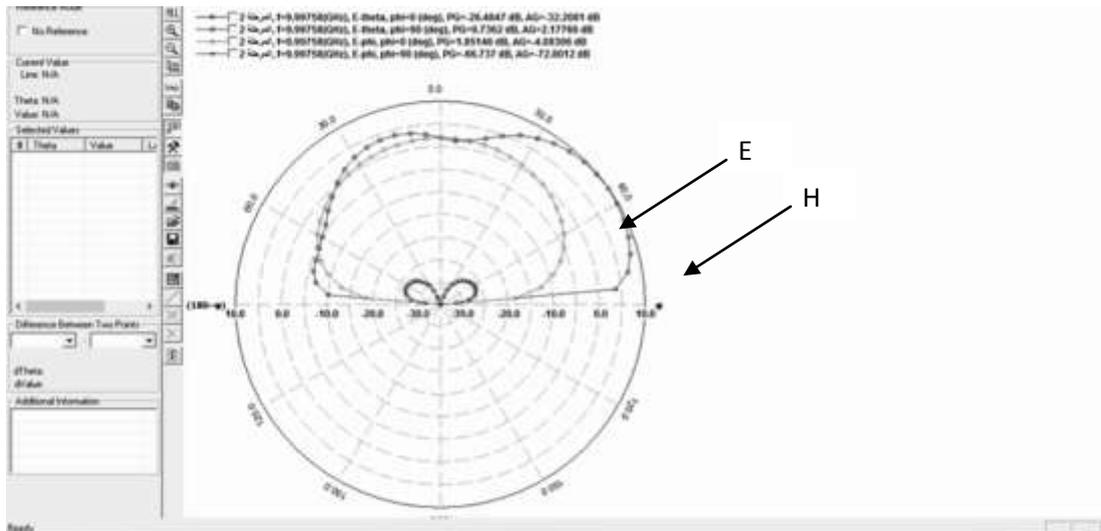
تشكيل المرحلة الأولى من التجزيء:

بعد المحاكاة باستخدام البرنامج تم الحصول على المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد المبين بالشكل (9).



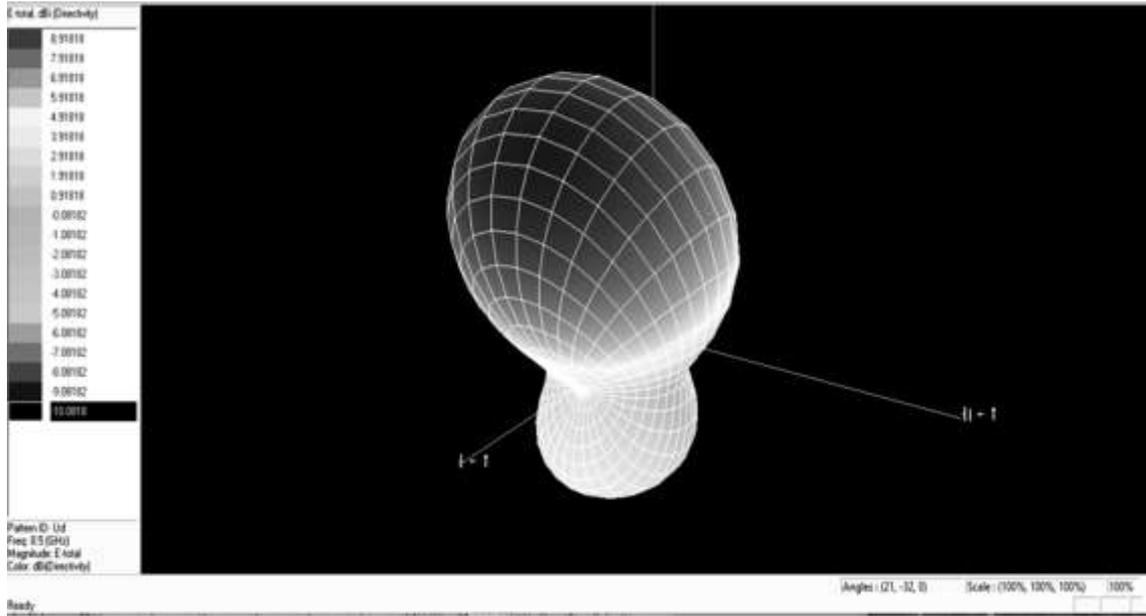
الشكل (9): يبين المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد لأول مرحلة تجزيء

كذلك المخطط الإشعاعي ثنائي الأبعاد المبين بالشكل (10).



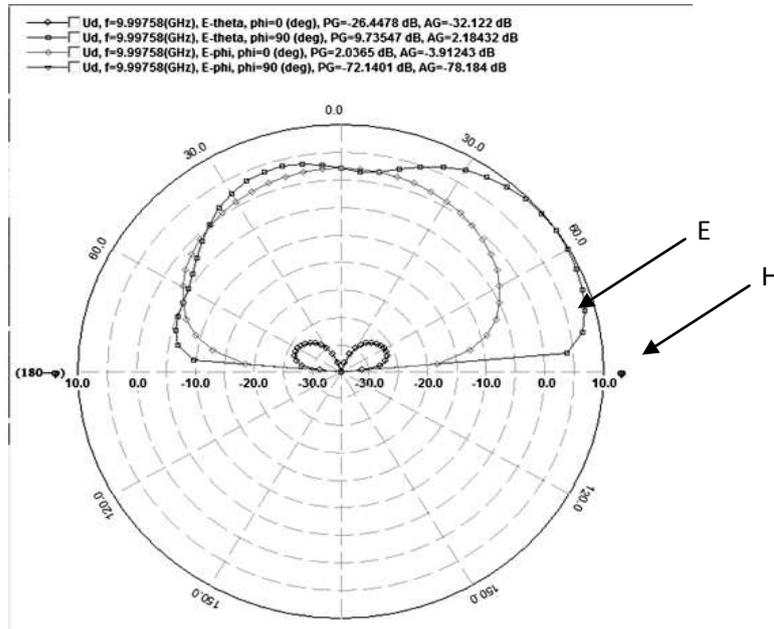
الشكل (10): يبين المخطط ثنائي البعد لأول مرحلة تجزيء

بالنسبة لمرحلة التجزيء الثانية نقوم بتشكيل فجوات إضافية على الهوائي كما أوضحنا في الشكل (6) السابق وبعد محاكاة هذه الدرجة يعطى المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد لها بالشكل (11).



الشكل (11): يبين المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد لثاني مرحلة تجزيء

أما المخطط الإشعاعي ثنائي الأبعاد فهو مبين بالشكل(12).



الشكل (12): يبين المخطط الإشعاعي ثنائي البعد لثاني مرحلة تجزيء

الجزء العملي في المخبر:

مخبر الهوائيات وانتشار الأمواج:

يعد مخبر الهوائيات وانتشار الأمواج من أهم المخابر في قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات والذي يمكننا من تجربة وقياس الهوائيات. يحوي المخبر على عدة طاولات لاختبار الهوائيات عملياً وهو يقدم إمكانية اختبار أي نوع من الهوائيات العاملة على التردد 1GHZ و 10GHZ ويمكن أيضاً الحصول على ترددات أخرى إذا اقتضى الأمر. ويشمل أيضاً تجارب في هندسة الأمواج المكروية العاملة على التردد 10GHZ وهو يغطي تجارب عملية لعدة مقررات في قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات.

يقوم مبدأ عمل طاولة اختبار الهوائيات على عدة مكونات أهمها:

1. وحدة الإرسال: وتحتوي مولد أمواج مكروية حيث تقدم الاستطاعة الكهربائية لهوائي الإرسال ويمكننا التحكم من خلال هذه الوحدة بتردد الإشارة المرسله ونمطها (معدلة مطالياً أم لا).
 2. قاعدة هوائي الإرسال: ويتم من خلالها تركيب وتثبيت وتوجيه هوائي الإرسال المناسب.
 3. وحدة التغذية: تقوم بتزويد الاستطاعة إلى الوحدة البينية لتحصيل المعطيات والى محدد الهوائي أيضاً.
 4. الوحدة البينية لتحصيل المعطيات: تقوم بوصل محدد الهوائي مع الحاسب وتتضمن معالج ميكروي.
 5. محدد هوائي الاستقبال: يتكون من صاري حامل ومثبت لهوائي الاستقبال المدروس ومحرك تدوير وكاشف إشارة ومحمد متغير، يستخدم محرك التدوير لتدوير الصاري أو مكان توضع هوائي الاستقبال ويتوضع ناقل الإشارة على قاعدة تسمح لهوائي الاستقبال بالاتصال مع كاشف الإشارة RF ويزود الكاشف بإشارة يرتبط مطالها مباشرة بمستوى استطاعة إشارة RF المستقبلية.
- ومن ثم يتم توصيل هذه الإشارة إلى الحاسب، ومن الإشارات التي يتم توصيلها إلى الحاسب زاوية الدوران وقيمة التخميد من المخدم المتغير.

6. برنامج القيادة وتحصيل المعطيات: البرنامج موجود على الحاسب المتصل بالوحدة البينية لتحصيل المعطيات ويتم من خلاله التحكم بالدوران والتخميد وتسجيل مستوى الإشارة المستقبلية وزاوية الدوران ويقوم بتدوير هوائي الاستقبال بمقدار 360 درجة أي دورة كاملة وذلك بغية رسم المخطط الإشعاعي لهوائي الاستقبال وذلك باعتبار أن هوائي الإرسال يقوم ببث الإشارة المناسبة باتجاه هوائي الاستقبال المدروس.
- وبالنتيجة يقوم البرنامج بتقديم رسم قطبي لشدة الإشارة المستقبلية تبعاً لوضع الهوائي وهذا ما ندعوه المخطط الإشعاعي للهوائي.

كما ويملك هذا البرنامج عدة ميزات ويقاس بارامترات عدة من أهمها:

1. رسم المخطط الإشعاعي لعدة هوائيات وبعده مستويات على نفس الواجهة وذلك لتسهيل المقارنة.
2. إظهار المخطط الإشعاعي الذي يتم تحصيله بالرسم الديكارتي او القطبي أو ثلاثي الأبعاد.
3. إظهار بارامترات المخطط الإشعاعي:
MSL(dB) مستوى الإشارة الأعظمي.
MSP(degree) موضع الإشارة الأعظمي مقدراً بالدرجات.
HPBW(degree) عرض حزمة الإشعاع عند مستوى نصف الاستطاعة.

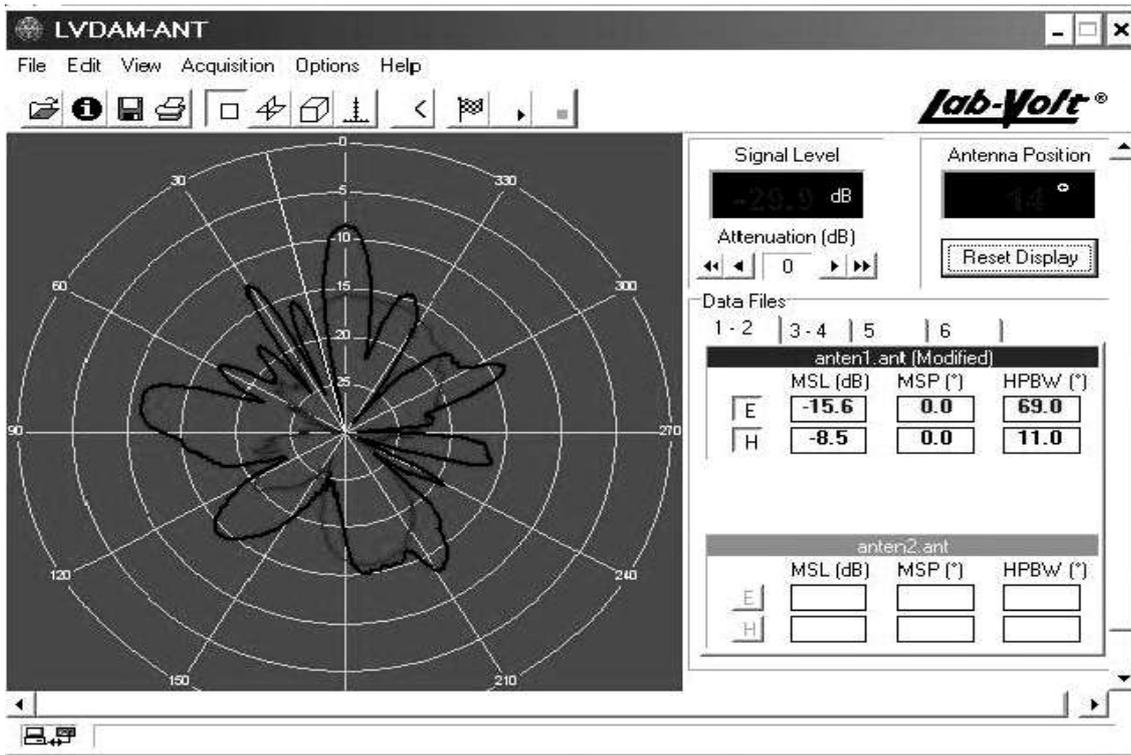
تنفيذ الهوائي التجزيئي:

تم حساب أبعاد الهوائي المدروس بالنسبة لدرجة التجزيء الأولى والثانية وتم حساب كامل الأبعاد بالاعتماد على القوانين السابقة ثم تم تطبيق هذه الأبعاد على عازل من مادة الفايبر بالموصفات المطلوبة ($\epsilon_r = 2.45, h = 1.85mm$). الشكل (13) يوضح شكل الهوائي بعد التصميم.

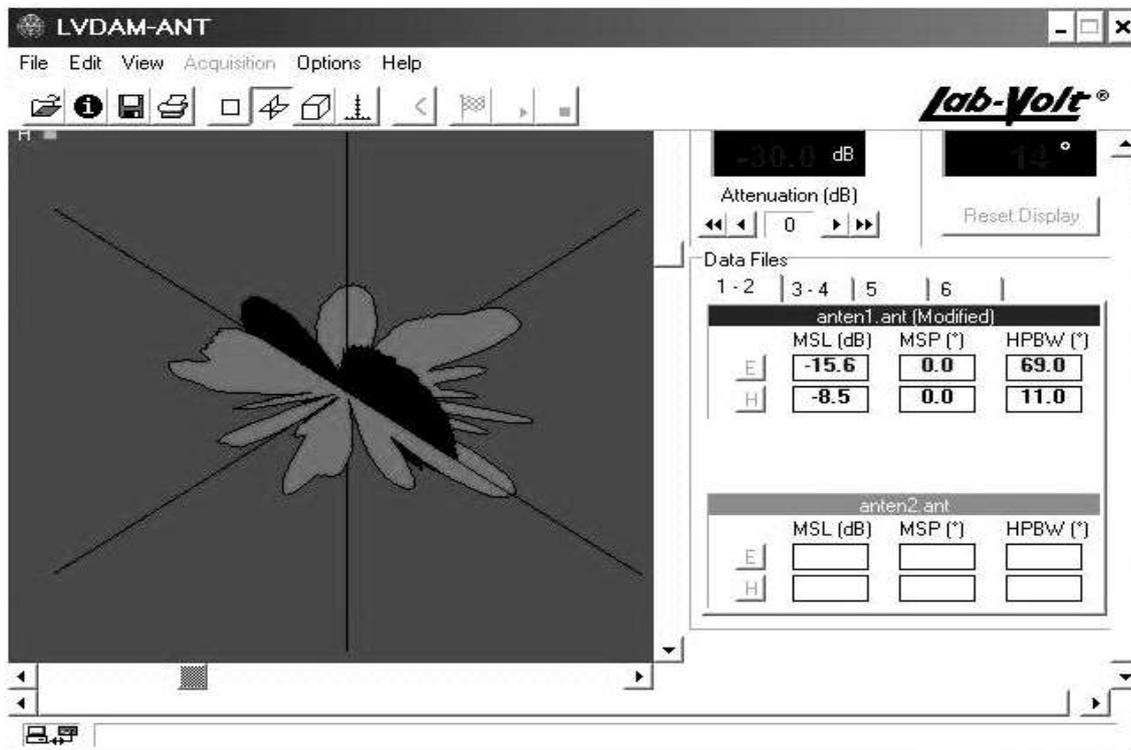


الشكل (13)

وتم قياس هذا الهوائي بحيث حصلنا على المخططات التالية عملياً بالمخبر:
المخطط الإشعاعي ثنائي الأبعاد المبين بالشكل (14) بالمستويين الأفقي والعمودي للهوائي العملي بشكليه القطبي والمستوي.



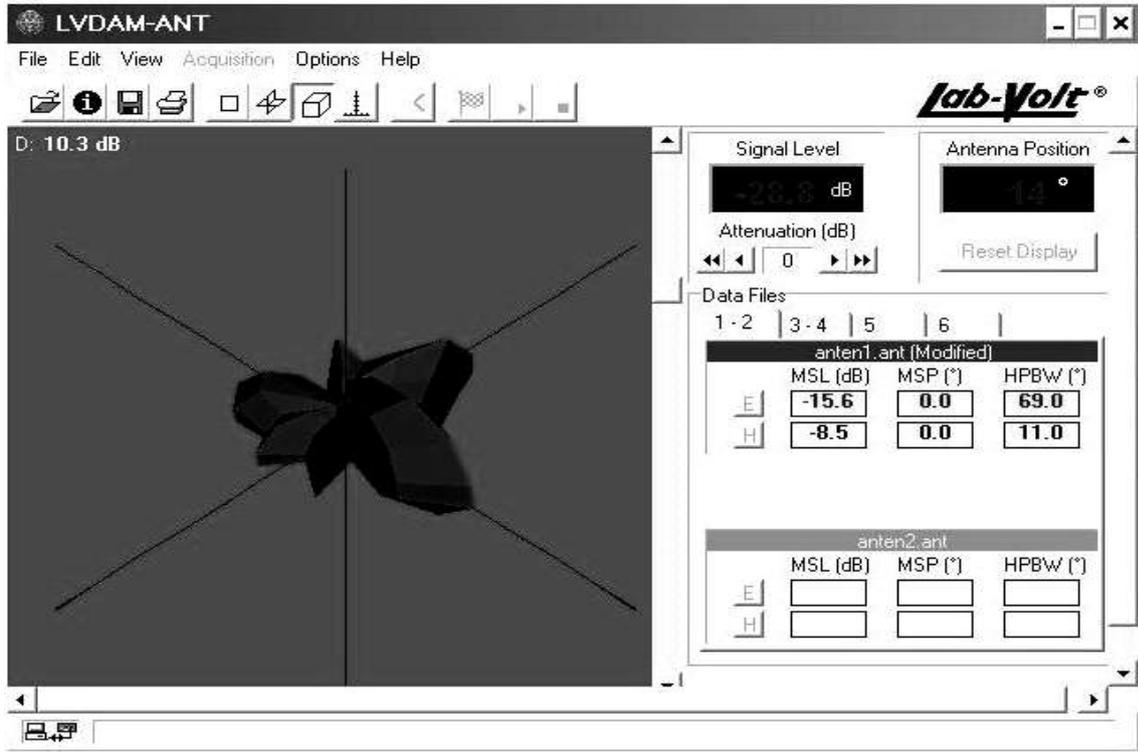
1. رسم قطبي



2. رسم مستوي

الشكل (14) المخطط ثنائي الأبعاد للهوائي العملي

أما بالنسبة للمخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد فهو موضح على الشكل (15).



الشكل (15) المخطط ثلاثي الأبعاد للهوائي العملي

نلاحظ من المخططات العملية السابقة وجود تشويش ملحوظ على الإشارة وذلك لغياب الظروف المثالية اللازمة للحصول على نتائج دقيقة عند إجراء هذا النوع من التجارب، وهذا ما يؤكد ضرورة توفر الظروف المناسبة للتجربة ومن أبرزها العزل الجيد عن الترددات المحيطة وخصوصا التي تملك ترددات قريبة من تردد العمل، وإبعاد الأجسام المعدنية عن محيط التجربة لما تسببه من انعكاسات للإشارة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الهوائيات عنصر أساسي هام في أي نظام اتصال جديد. تكمن أهميته من خلال كونه يمثل خرج ودخل الجهاز بنفس الوقت فهو من يقوم بإرسال المعلومات واستقبالها. تعدد المجالات الترددية التي تعمل عليها أجهزة الاتصال الحديثة أدى لتنوع استخدام الهوائيات وهذا فرض وجود الهوائيات التجزيئية بميزاتها الكثيرة وخاصة من ناحية تصغير الأبعاد وتأديتها الوظائف التي يؤديها الهوائي العادي.

اقتراح الهوائي التجزيئي على التردد 10 GHz وتصميمه عملياً ثم قياسه باستخدام التجهيزات الموجودة في مخبر الهوائيات أعطى فكرة جيدة عن استخدام هذا النوع من الهوائيات وعن حجم هذه الهوائيات وإمكانية استخدامها في أجهزة الموبايل.

ويمكن اقتراح تصاميم أخرى على ترددات مختلفة لتلائم التطبيق المراد استخدام الهوائي ضمنه.

المراجع:

- [1] MANDELBROT,B.B. *Les Objects Fractals forme Hasard et dimension*, Paris: Flammarion, 1975, 1984, 1989.
- [2] صالح، السمونل. تصميم هوائي مطبوع متعدد المقاييس للتطبيقات متعددة الحزم الترددية ، مجلة جامعة تشرين (قيد النشر)، 2015، 16.
- [3] SHARONY,J. *Introduction to Wireless MIMO -Theory and Application*, November 15, 2006.
- [4] PQULRAJ,M.A. *MIMO Wireless Linear precoding*, IEEE Signal Processing magazine, 24(5), 86-105m, 2007.
- [5] BALANIS,C. *Antenna theory: analysis and design*, ser. Harper & Row series in electrical engineering. Wiley, 1982.
- [6] ALL,J.K; ABED AL-HUSSAIN,Z.A; OSMAN,A.A; SALIM,A.J. *A New Compact Size Fractal Based Microstrip Slot Antenna for GPS Applications*, Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, KL, MALAYSIA, pp.700-703. March, 2012
- [7] NASER-MOGHADASI,M; SADEGHZADEH,R.A; SEDGHI,T; ARIBI,T; VIRDEE, B.S. *UWB CPW-Fed Fractal Patch Antenna With Band-Notched Function Employing Folded T-Shaped Element*, IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 12, pp. 504-507 , 2013.
- [8] SUGANTHI,S; RAGHAVAN,S; KUMAR,D. *Miniature Fractal Antenna Design And Simulation For Wireless Applications*, Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS), 2011 IEEE ,22-24 Sept. 2011 , pp. 57 – 61.
- [9] GUPTA,V; DHALIWAL,B.S. *Design And Simulation of Multiband Chaucer Fractal Patch Antenna Loaded With Metamaterial*, IEEE 2011 International Conference on Recent Trends in Information Systems, 2011 .
- [10] KUO,J.S; WONG,K.L. *A Low-Cost Microstrip-Line-Fed Shorted Patch Antenna For PCS Base Station*, Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 29, pp. 146-148, May, 2001.