

تصميم وتحليل هوائي تجزيئي مطبوع عريض الحزمة من أجل التطبيقات الخاصة بالتجهيزات الطبية والانترنت

د. السموعل صالح*

د. صادق علي**

أمجد سعدي***

(تاريخ الإيداع 2021 / 1 / 27. قُبِلَ للنشر في 2021 / 4 / 12)

□ ملخص □

تعتبر الهوائيات المطبوعة أحد أكثر الهوائيات انتشاراً في مجال الاتصالات اللاسلكية حيث تستخدم بشكل واسع في تجهيزات الانترنت والتجهيزات الطبية اللاسلكية لما تتميز به من بنية بسيطة وتكلفة منخفضة ومردود جيد. تتميز تجهيزات الانترنت والتجهيزات الطبية اللاسلكية بحساسيتها العالية في نقل البيانات ودقة تصنيع داراتها المطبوعة، ويعتبر الهوائي المطبوع المستخدم في هذه التجهيزات عنصراً أساسياً يجب تميزه بأفضل المعاملات من حيث الربح والاتجاهية وطاقة الاشعاع والجودة.

يقدم هذا البحث تصميماً لهوائي تجزيئي مطبوع عريض الحزمة يعمل عند عدة مجالات ترددية مناسبة لتطبيقات الانترنت والتطبيقات الطبية اللاسلكية ضمن المجال (1-10) GHZ وذلك باستخدام الهندسة التجزيئية التي تقدم بنية أو هيكلية متعددة الأبعاد، وبالنتيجة تولد ترددات رنين مختلفة حسب الأطوال الفعالة في البنية المقترحة.

تم تصميم وتحليل الهوائي المذكور باستخدام المحاكى (HFSS (High Frequency Structure simulation، الذي يعتبر مخبراً افتراضياً يسمح بإجراء عدد كبير من الاختبارات التي توفر الوقت والتكلفة، حتى نصل الى التصميم المناسب. كما يسمح هذا المحاكى بتحليل جميع بارامترات الهوائي من تردد، ربح، عرض الحزمة والمخطط الاشعاعي.

الكلمات المفتاحية: الهوائي المطبوع، هوائي عريض الحزمة، الهندسة التجزيئية، المحاكى HFSS، تجهيزات الانترنت، التجهيزات الطبية.

* أستاذ - قسم هندسة الاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين - اللاذقية سورية.

** أستاذ مساعد - قسم هندسة الاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين - اللاذقية سورية.

*** طالب دراسات عليا(دكتوراه)- قسم هندسة الاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين - اللاذقية سورية.

E-mail: Amjadsaedveng@gmail.com

Design and Analysis of a Wide-Band Printed Fractional Antenna for Medical and Internet Equipment Applications

Dr. El-Samau'al Saleh *

Dr. Sadiq Ali**

Amjad Saeedi***

(Received 27 / 1 / 2021. Accepted 12 / 4 / 2021)

□ ABSTRACT □

Printed antennas are considered to be one type of the most common antennas in the field of wireless communication, as they are widely used in internet equipment and wireless medical equipment, due to their simple structure, low cost and good gain.

Internet equipment and wireless medical equipment are characterized by their high sensitivity in transmitting data, and in the accuracy of manufacturing their printed circuits, therefore the antenna used in such equipment is considered an essential component, and must be characterized by the best parameters in terms of gain, directivity, radiation energy and quality.

This paper presents a design for a wide-band printed fractional antenna operating in several frequency fields, suitable for internet and wireless medical applications within the range of (1-10) GHZ, by using fractional engineering, that provides a multi-dimensional structure, in order to generate different resonant frequencies according to the effective lengths in this structure.

The aforementioned antenna was designed and analyzed using HFSS (High Frequency Structure simulation), which is considered as a virtual lab, that allows to perform a large number of tests, which saves time and cost, until reaching the appropriate design for the required application. This simulator allows the analysis of all the antenna parameters such as frequency, gain, bandwidth, radiation pattern and reaching frequency response.

Keywords: Printed Antenna, Broadband Antenna, Fractional Engineering, HFSS Simulator, Internet Equipment, Medical Equipment.

*Professor - Department of Communication Engineering - College of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia, Syria

**Associate Professor - Department of Communication Engineering - College of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia, Syria

***Postgraduate Student (PhD) - Department of Communication Engineering - College of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia, Syria

E-mail: Amjadsaedveng@gmail.com

مقدمة:

أصبحت أنظمة الاتصالات اللاسلكية حاجة أساسية في حياتنا اليومية حيث تطورت بشكل سريع في العقود القليلة الماضية، تطلب ذلك تطور لأنواع الهوائيات المستخدمة حيث تم ابتكار أشكال وتصاميم جديدة تهدف الى تقليل الضياعات وتحسين أداء نظام الاتصالات اللاسلكي، لأن الهوائي عنصر أساسي في أي نظام اتصالات لاسلكي. تستخدم الهوائيات المطبوعة بشكل كبير في مجالات الاتصالات اللاسلكية لما تتميز به من مواصفات مناسبة لعمل تلك التجهيزات، مثل صغر الحجم وخفة الوزن وسهولة التثبيت على السطوح المستوية [1].

تعددت طرق تصميم وتحسين بارامترات الهوائي المطبوع من أجل مواكبة التطور الدائم في أجيال تجهيزات الاتصالات اللاسلكية، خاصة فيما يتعلق بترددات عمل الهوائي وعرض الحزمة والرياح.

أهم هذه الطرق هو استخدام الهندسة التجزيئية التي تقدم بني تجزيئية تتصف بخاصية التشابه الداخلي ويشكل مشابه للجسم الأساسي، وبالنتيجة توليد ترددات رنين مختلفة لعمل الهوائي حسب الأطوال الفعالة في البنية التجزيئية [2],[3],[4].

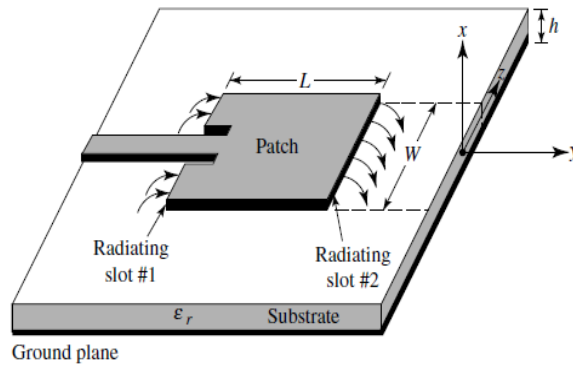
يقدم هذا البحث تصميماً جديداً لهوائي مطبوع باستخدام البنية التجزيئية يعمل عند عدة مجالات ترددية ويناسب تطبيقات الانترنت والتطبيقات الطبية اللاسلكية التي تعتبر من أهم التطبيقات في عصرنا الراهن وأكثرها استخداماً، نظراً لأهمية الخدمات التي تقدمها أجهزة الانترنت وأهمية الخدمات الإنسانية التي تقدمها الأجهزة الطبية فيما يخص الرعاية الصحية والمعالجة عن بعد [4].

أهمية البحث وأهدافه:

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو تصميم هوائي تجزيئي مطبوع عريض الحزمة باستخدام الهندسة التجزيئية، بحيث تحوي البنية المقترحة عدة أطوال فعالة من رتبة ربع ونصف طول الموجة من أجل توليد ترددات رنين جديدة، والحصول على هوائي تجزيئي يحقق بارامترات جيدة من حيث الرياح والاتجاهية والحزمة الترددية والمخطط الاشعاعي. سنقوم بتصميم الهوائي التجزيئي المقترح وتحليل بارامتراته باستخدام المحاكى HFSS [5]، بحيث نحصل على حزم ترددية مناسبة لعمل تجهيزات الانترنت والتجهيزات الطبية اللاسلكية بتغيير أبعاد الهوائي التجزيئي المقترح أو تغيير الأطوال الفعالة في البنية التجزيئية المقترحة.

طرائق البحث ومواده:**1-الهوائي المطبوع:**

يتكون الهوائي المطبوع من رقعة معدنية سماكتها مهملة بالنسبة لطول الموجة وأبعاد الهوائي، متوضعة على طبقة أساس عازلة ارتفاعها $0.003\lambda_0 < h < 0.05\lambda_0$ ، و ثابت عازليتها ϵ_r ، يوجد في أسفل طبقة الأساس طبقة معدنية تعبر من مستوي الأرضي، ويكون خط التغذية شريط ناقل ذو عرض صغير [6] .



الشكل (1): بنية الهوائي الرقعي المستطيل الشكل [6]

1-1 حساب أبعاد الهوائي المطبوع (L,W) بدلالة تردد الزنين f_0 :

يظهر الإشعاع الناتج عن الهوائي المطبوع بين المحيط الخارجي للرقعة والمستوي الأرضي، ويسبب هذا الحقل الكهربائي يكون طول رقعة الهوائي الفعال L_{eff} أكبر من الطول الفيزيائي L بمقدار ΔL [6]:

يعطى عرض الرقعة المشعة W بالعلاقة التالية:

$$W = \frac{1}{2\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

حيث: ϵ_0 تمثل السماحية النسبية للفراغ و μ_0 تمثل النفاذية المغناطيسية للفراغ و c تمثل سرعة الضوء في الفراغ. بينما تعطى السماحية النسبية المؤثرة ϵ_{reff} بالعلاقة التالية:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (2)$$

من جهة أخرى فإن الطول الكهربائي الفعال للرقعة المشعة L_{eff} يعطى بالعلاقة التالية:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

والطول الفيزيائي للرقعة المشعة L :

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

بالعلاقة التالية: ΔL ويعطى

$$\Delta L = (0.412 * h) \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (5)$$

2-1 بارامترات الهوائي المطبوع:

يتم تقييم أداء وفعالية الهوائي المطبوع بتحليل بارامتراته التي تعبر عن الطاقة المنعكسة عن الهوائي والطاقة المشعة والريح والاتجاهية ونطاق ترددات عمل الهوائي [6].

- خسارة العودة أو معامل الانعكاس (S11): يعبر عن الطاقة المنعكسة من الهوائي، تزداد طاقة إشعاع الهوائي بنقصان الطاقة المنعكسة عن الهوائي، أي بنقصان قيمة معامل الانعكاس S11.
- عرض الحزمة الترددية (Bandwidth): يعبر عن نطاق الترددات التي يمكن فيها للهوائي أن يشع أو يستقبل الطاقة، ويساوي الفرق بين التردد الأعلى f_H والتردد الأدنى f_L المقابل لقيمة (-10 dB) لخسائر العودة، أي المجال الترددي الذي يقل عنده ربح الهوائي إلى النصف (نقطتي نصف الاستطاعة).
- عامل جودة الهوائي Q: هو عامل يتعلق بضيعات العازل ويعرف كنسبة الطاقة المخزنة إلى الطاقة الضائعة في مادة طبقة الأساس ويتناسب عكساً مع عرض المجال الترددي للهوائي:

$$Q = \frac{W_0 * W_T}{P_d} = \frac{f_0}{f_H - f_L} = \frac{\sqrt{f_H * f_L}}{BW} = \frac{\sqrt{f_H * f_L}}{\Delta f} \quad (6)$$

W_0 : الطاقة المخزنة عند تردد الرنين

P_d : الطاقة الضائعة في طبقة الأساس

- ربح الهوائي (Gain): هو مقياس لمدى كفاءة الهوائي واتجاهيته.
- الاتجاهية (Directivity): هي قيمة الريح الموجه في الاتجاه الذي يعطي القيمة العظمى له، حيث يعرف الريح الموجه على أنه نسبة شدة الإشعاع في اتجاه ما U_{max} إلى الإشعاع من هوائي مرجعي U_0 .

$$D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (7)$$

3-1 بعض أنظمة الاتصالات التي تستخدم الهوائيات المطبوعة:

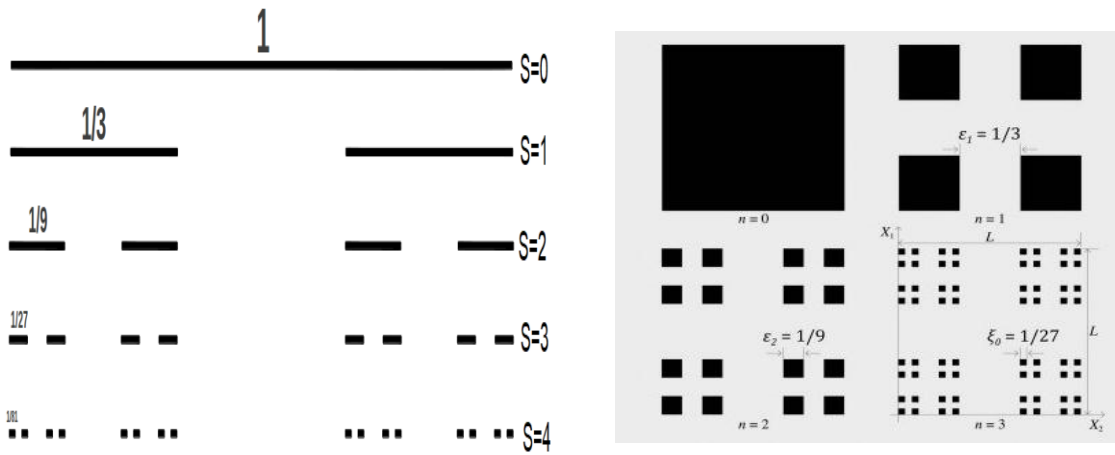
يبين الجدول (1) بعض أنظمة الاتصالات التي تستخدم الهوائيات المطبوعة في مجال تطبيقات الانترنت والتطبيقات الطبية ضمن المجال (1-10)GHZ:

الجدول (1): بعض أنظمة الاتصالات التي تستخدم الهوائيات المطبوعة في مجال تطبيقات الانترنت والتطبيقات الطبية

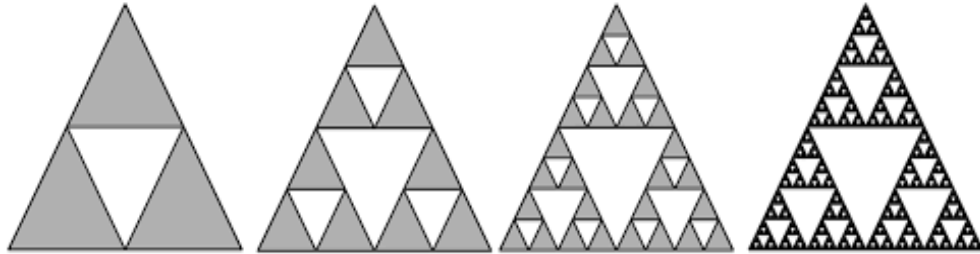
التردد	التطبيق
(2.40-2.48) GHz and 5.4 GHz	Wireless Local Area Networks
905 MHz and (5-6) GHz	Automatic Toll Collection
(1.85-1.99) GHz and (2.18-2.20) GHz	Personal Communication System
(2.4-2.48) GHZ, (5.7-5.85)GHZ	ISM(Industrial Scientific and Medical)
1575 MHz and 1227 MHz	Global Positioning Satellite
3.4GHZ-3.7GHZ	WIMAX

2- الهندسة التجزيئية (Fractal Geometry):

يعرف الجسم التجزيئي بأنه جسم غير منتظم يمكن أن يكون محدد ولكنه غير منته، يتصف بخاصية التشابه الداخلي، أي بتجزئة الشكل الأساسي إلى قطع أصغر فأصغر وبشكل مشابه للجسم الأساسي، ومن أهم التراكيب التجزيئية شريط كانتور ومثلث سيربينسكي الموضحة في الشكلين (a-2) و (b-2) [7].



الشكل(2-أ): استخدام شريط كانتور للحصول على بني تجزئية



الشكل(2-ب): استخدام مثلث سربينسكي للحصول على بني تجزئية

1-2 معاملات الجسم التجزئي:

يوصف الجسم التجزئي بالمعاملات التالية [8],[9]:

1- البعد التجزئي (fractal dimension D): هو معامل أساسي للجسم التجزئي ويعطى بالعلاقة التالية:

$$D = \ln(N) / \ln(1/\rho) \quad (8)$$

ρ : تمثل درجة التجزيء.

N: عدد القطع الموجودة في الجسم التجزئي.

2- مرحلة التجزيء (Stag of growth S): يتم الحصول على الجسم التجزئي بتجزيء الجسم الأساسي على عدة مراحل، كل مرحلة تدعى درجة تجزيء.

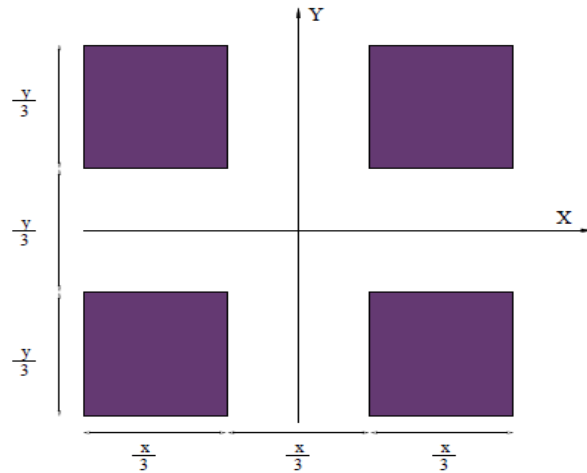
3- معامل تغير أبعاد الفراغات (Lacunarity): يعبر عن توزيع الفراغات أو الفجوات في البنية التجزئية.

تصميم الهوائي التجزئي المطبوع باستخدام الهندسة التجزئية:

تم تصميم الهوائي التجزئي المقترح وفق المراحل التالية:

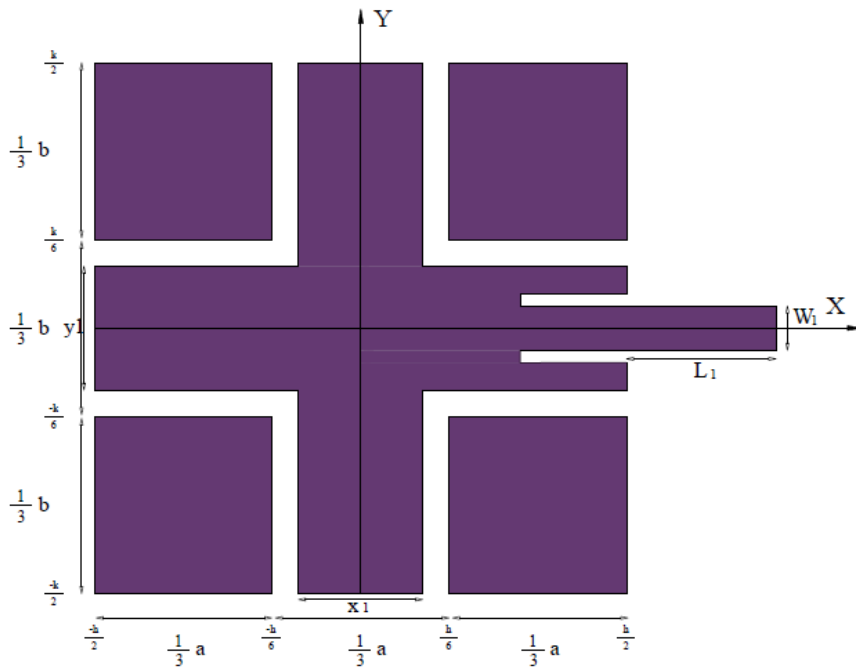
المرحلة الأولى: تصميم هوائي مطبوع مرجعي يعمل عند التردد f_0 ضمن المجال (1-10) GHZ.

المرحلة الثانية: توزيع رقعة الهوائي بشكل تجزئي باستخدام شريط كانتور باتجاه المحورين X, Y.



الشكل(3): توزيع رقعة الهوائي بشكل تجزيئي باتجاه المحورين x,y ($x=a,y=b$)

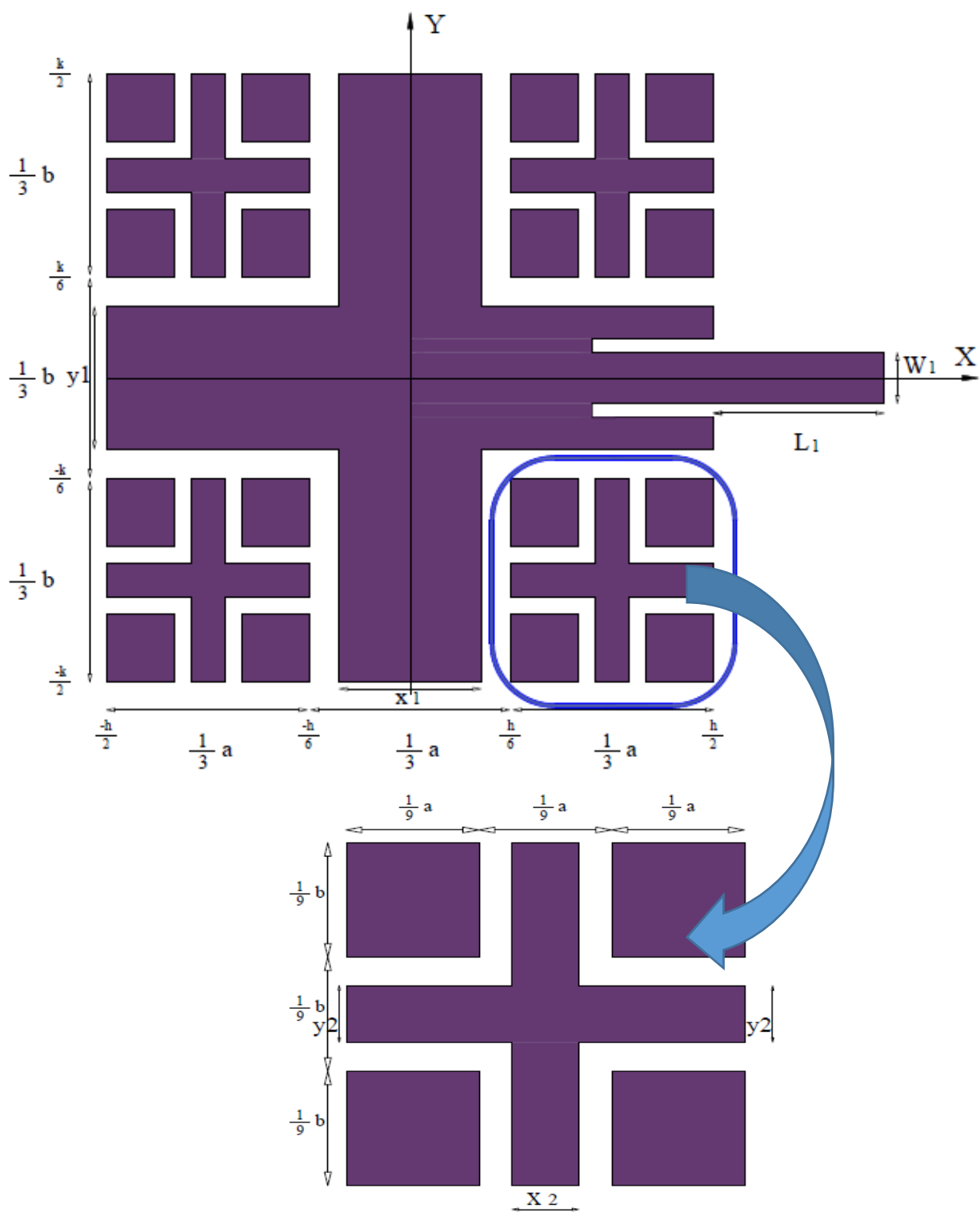
المرحلة الثالثة : إضافة شريحة معدنية بشكل إشارة (+) ضمن الشرائح الأربعة وتوصيل خط تغذية الهوائي بهذه الشريحة المعدنية، وبالنتيجة نحصل على مولد الجسم التجزيئي (درجة التجزيء $S=1$).



الشكل(4):مولد الجسم التجزيئي للبنية المقترحة ($x_1=a/4.5, y_1=b/4.5$)

المرحلة الرابعة:

نطبق نفس التوزيع التجزيئي على الشرائح الأربعة (درجة التجزيء $S=2$) ونحصل على الهوائي التجزيئي المقترح كما هو موضح في الشكل (5):



الشكل (5): الهوائي التجزيئي المقترح

النتائج والمناقشة:

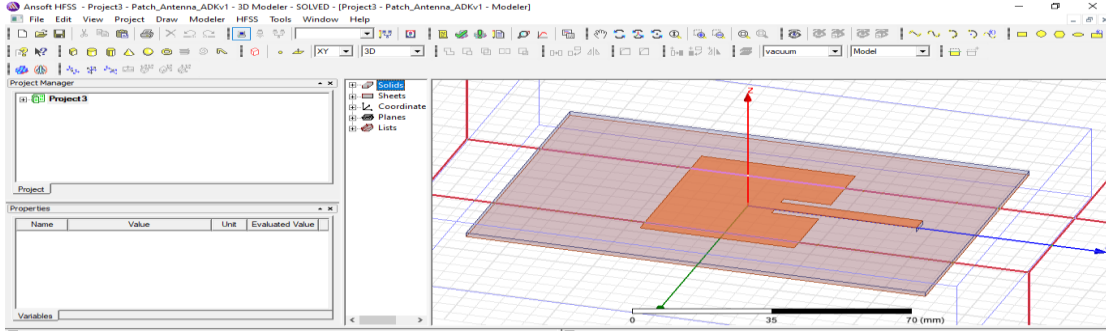
1- تصميم هوائي مرجعي كمرحلة أولى في التصميم يعمل عند التردد 2.4 GHz:

قمنا بتصميم هوائي مرجعي يعمل عند التردد 2.4 GHz كمرحلة أولى في التصميم باستخدام المحاكى HFSS حيث تم تطبيق العلاقات الرياضية (1,2,3,4,5) لحساب أبعاد الرقعة المشعة للهوائي المطبوع. يبين الجدول (2) أبعاد الهوائي المرجعي بوحدة mm يعمل عند التردد 2.4 GHz كمرحلة أولى في التصميم:

الجدول (2): أبعاد الهوائي المرجعي بوحدة mm يعمل عند التردد 2.4 GHz

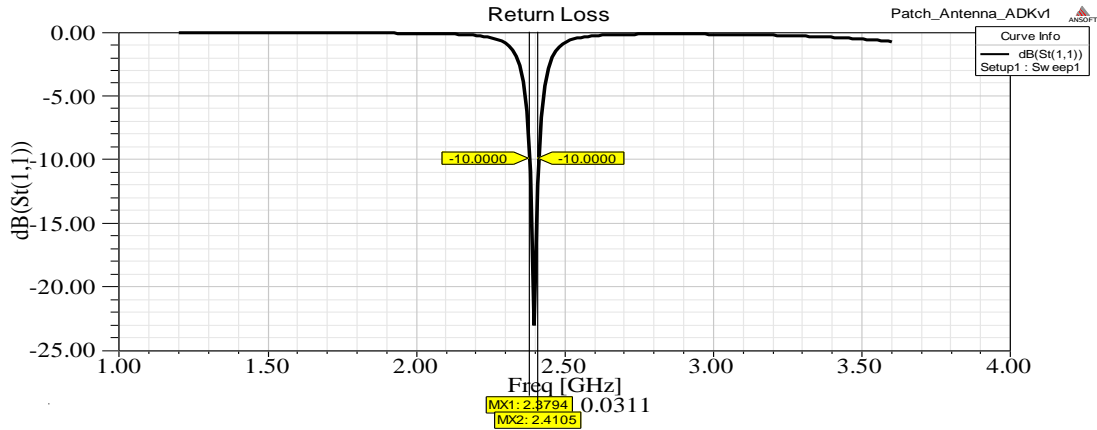
أبعاد الفتحة		خط النقل		الطبقة العازلة			الشريحة المعدنية		
W2	L2	W1	L1	ϵ_r	Sub h	Sub y	Sub x	W	L
2.43	12.63	4.85	38.075	2.2	1.57	123.4	83.6	41.36	49.41

كما يبين الشكل (6) واجهة المحاكى HFSS لتصميم ومحاكاة الهوائي المرجعي:



الشكل (6): واجهة المحاكى HFSS لتصميم ومحاكاة الهوائي المرجعي

أما الشكل (7) فيبين خسارة العودة S11 مع التردد للهوائي المرجعي:

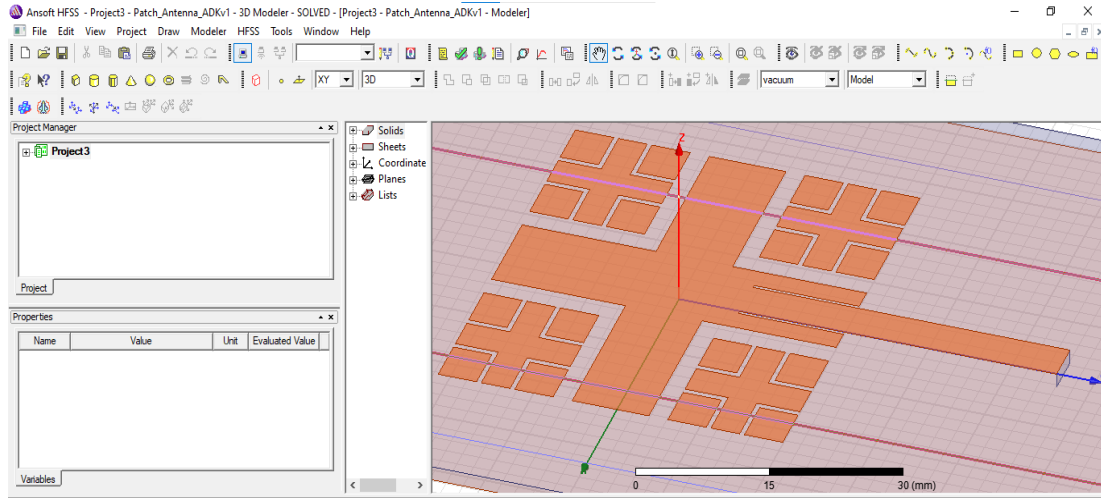


الشكل (7): خسارة العودة S11 مع التردد للهوائي المرجعي

نلاحظ من الشكل (7) بأن الهوائي المرجعي يعمل عند التردد $f_0 = \sqrt{2.3794 * 2.4105} = 2.394 \text{ GHz}$ بقيمة خسارة العودة S11=-22dB وعرض حزمة ترددية BW=31.1MHz وعامل جودة Q=77.

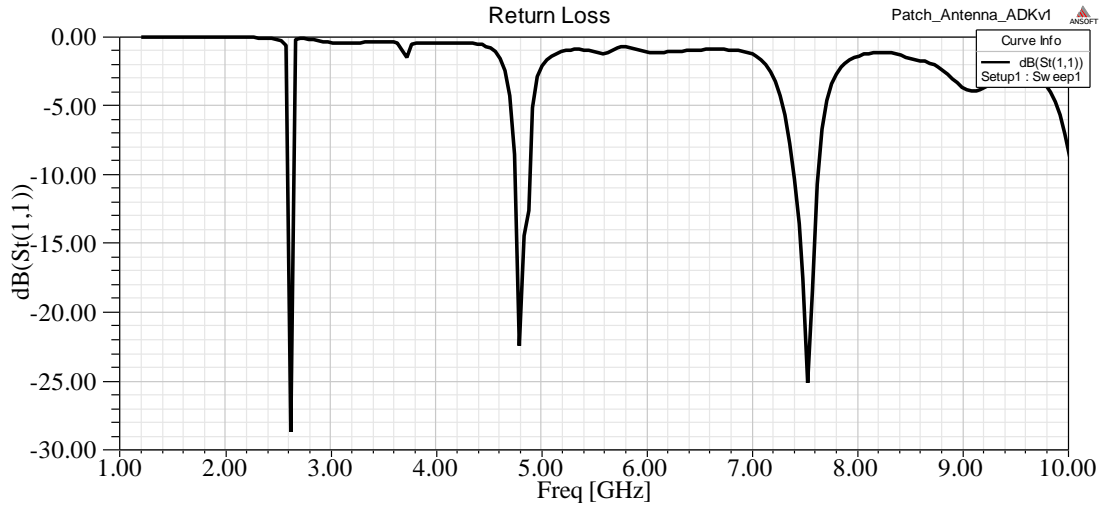
2-تصميم و تحليل ومحاكاة الهوائي التجزيئي المقترح باستخدام المحاكى HFSS:

يبين الشكل (8) واجهة المحاكى HFSS لتصميم ومحاكاة الهوائي التجزيئي المقترح:



الشكل (8): واجهة المحاكى HFSS لتصميم ومحاكاة الهوائي التجزيئي المقترح

أما الشكل (9) فيبين خسارة العودة S11 مع التردد للهوائي التجزيئي المقترح:



الشكل(9): خسارة العودة S11 مع التردد للهوائي التجزيئي المقترح

نلاحظ من الشكل(9) وجود ثلاثة مجالات ترددية تتجاوز حاجز -10dB عند الترددات التالية:

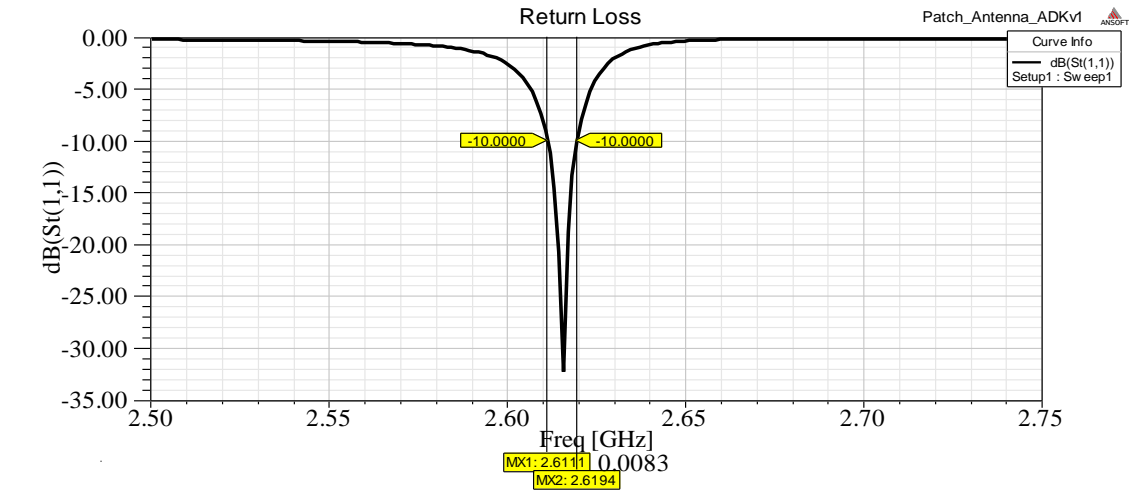
$$f_1=2.615\text{GHZ} , f_2=4.815\text{GHZ} , f_3=7.498\text{GHZ}$$

بالمقارنة مع تردد الهوائي المرجعي (2.4 GHZ) نلاحظ وجود إزاحة في التردد بسبب تغيير الدارة المكافئة للهوائي التجزيئي المقترح.

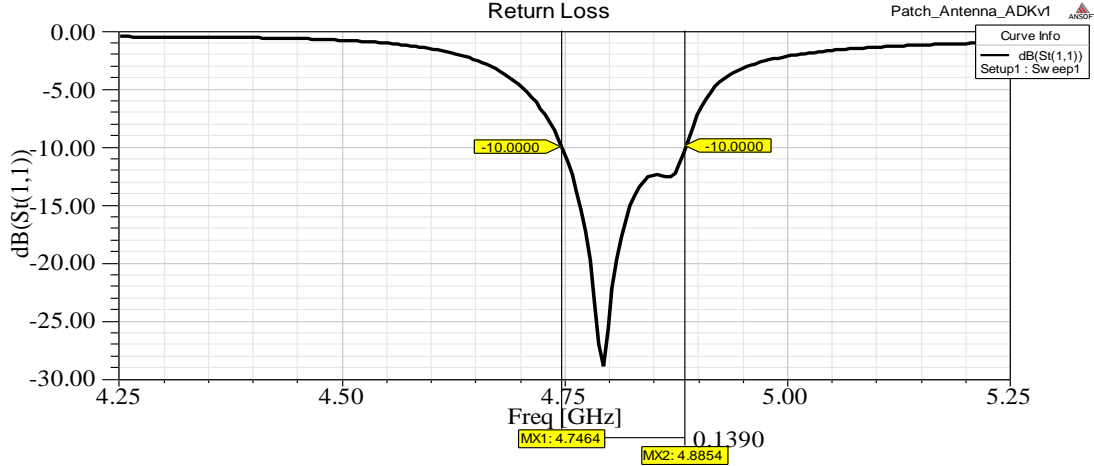
يمكن تغيير قيم هذه الترددات بتغيير الأطوال الفعالة في البنية التجزيئية أو بتغيير أبعاد الهوائي وهذا يمكننا من تصميم الهوائي عند ترددات معينة حسب التطبيق المطلوب.

3- تفصيل ترددات عمل الهوائي التجزيئي المقترح:

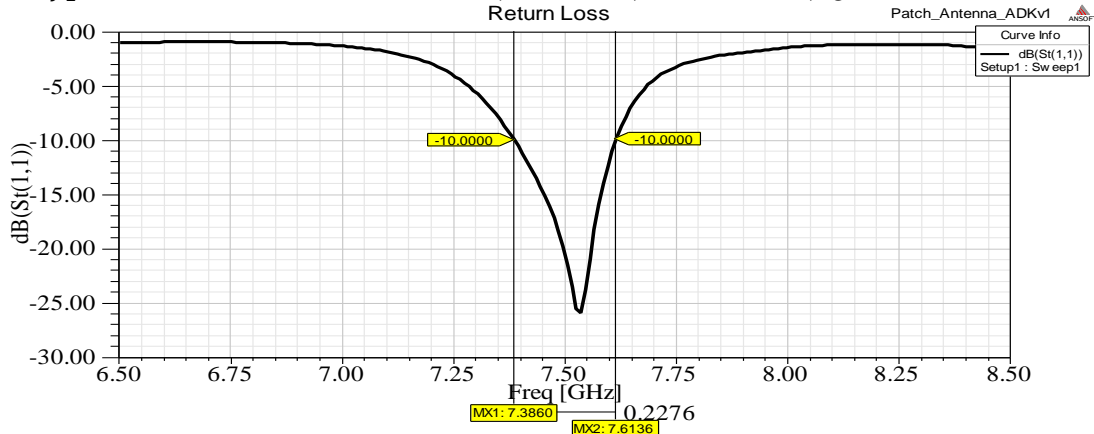
يبين الشكل (10) الحزم الترددية للهوائي ومعامل الانعكاس والحزمة الترددية ومعامل الجودة عند ترددات العمل:



الحزمة الأولى: $f_1 = \sqrt{2.6111 * 2.6194} = 2.615 \text{GHz}$, $s_{11} = -32 \text{dB}$, $\text{BW} = 8.3 \text{MHz}$, $Q = 315$



الحزمة الثانية: $f_2 = \sqrt{4.7464 * 4.8854} = 4.815 \text{GHz}$, $s_{11} = -29 \text{dB}$, $\text{BW} = 139 \text{MHz}$, $Q = 34.64$

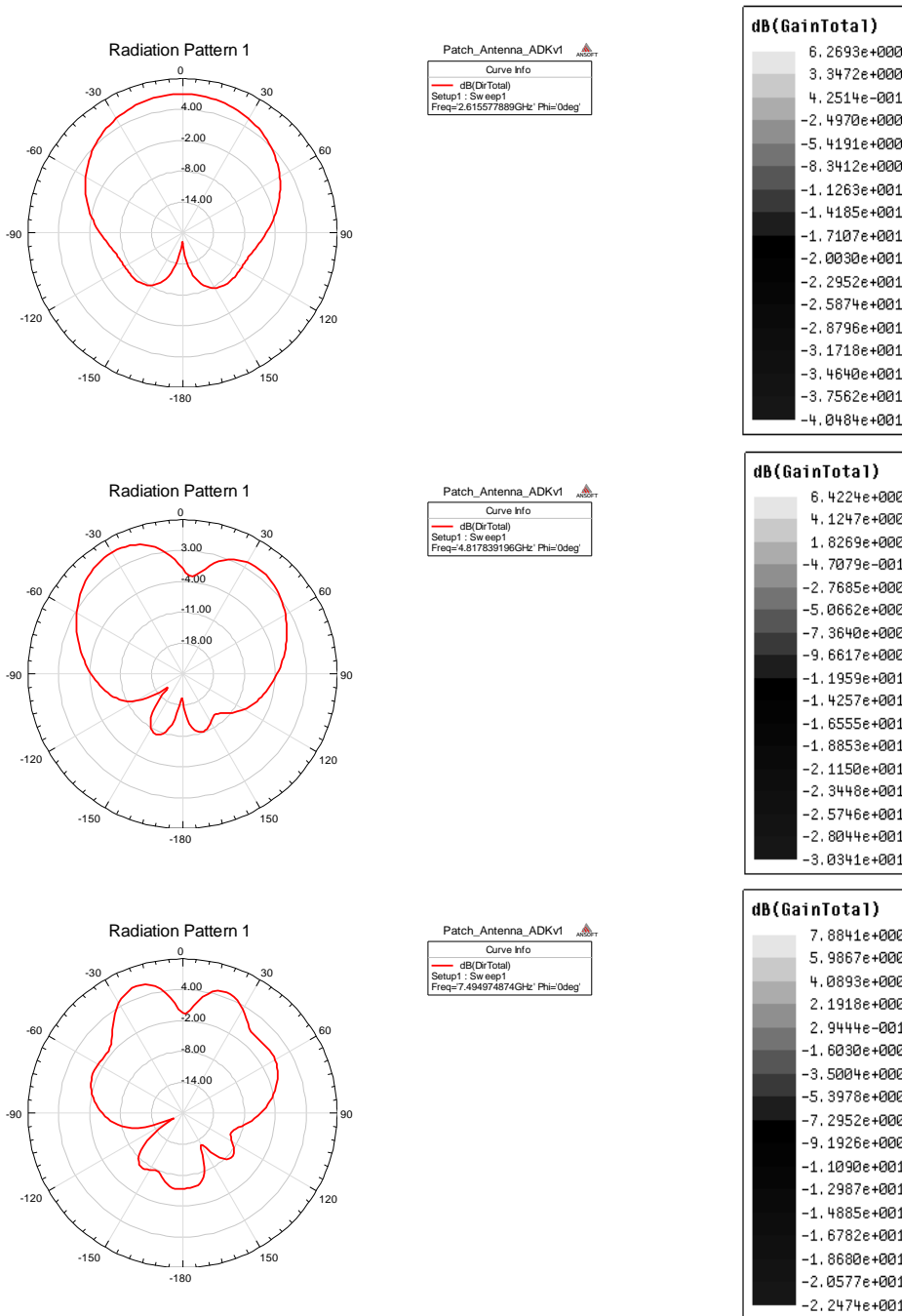


الحزمة الثالثة: $f_3 = \sqrt{7.3860 * 7.6136} = 7.498 \text{GHz}$, $s_{11} = -26 \text{dB}$, $\text{BW} = 227.6 \text{MHz}$, $Q = 32.94$

الشكل (10): ترددات عمل الهوائي المقترح ومعامل الانعكاس s_{11} والحزمة الترددية BW ومعامل الجودة Q

4-الرياح والاتجاهية والمخطط الاشعاعي للهوائي التجزيئي المقترح عند ترددات العمل:

يبين الشكل (11) قيمة الرياح والاتجاهية والمخطط الاشعاعي للهوائي التجزيئي المقترح عند ترددات العمل:



الشكل(11): قيمة الرياح والاتجاهية والمخطط الاشعاعي للهوائي التجزيئي المقترح عند ترددات العمل

نلاحظ من الشكل (11) بأن ربح الهوائي التجزيئي المقترح يأخذ قيمة موجبة عند ترددات العمل، حيث أن قيم الرياح هي 6.26dB, 6.24dB, 7.88dB عند ترددات العمل 2.615GHZ, 4.817GHZ, 7.49GHZ ويتم تحديد اتجاهية الهوائي عند ترددات العمل من خلال المخطط الاشعاعي للهوائي عند هذه الترددات.

5- بارامترات الهوائي التجزيئي المقترح:

يعرض الجدول (3) قيمة بارامترات الهوائي المقترح (خسارة العودة - الريح - عرض الحزمة) عند ترددات العمل:

الجدول(3):بارامترات الهوائي التجزيئي المقترح عند ترددات العمل

تردد العمل (GHZ)	$f_1=2.615\text{GHZ}$	$f_2=4.815\text{GHZ}$	$f_3=7.498\text{GHZ}$
خسارة العودة (dB)	-32.2 dB	-29 dB	-26 dB
الريح (dB)	6.26 dB	6.42 dB	7.88 dB
عرض الحزمة (MHZ)	8.3MHZ	139MHZ	227.6MHZ

نلاحظ من الجدول (3) مايلي:

1- يعمل الهوائي التجزيئي المقترح عند ثلاث حزم ترددية، وبالنتيجة زيادة عدد ترددات العمل التي يمكن فيها للهوائي أن يشع أو يستقبل الطاقة، أي تحسين الحزمة الترددية للهوائي.

2- تم تحسين قيمة خسارة العودة بمقدار 10.2dB عند التردد f_1 و 7dB عند التردد f_2 و 4 dB عند التردد f_3 وبالنتيجة تكون طاقة اشعاع الهوائي التجزيئي أكبر من طاقة اشعاع الهوائي المرجعي عند ترددات العمل.

6- تغيير ترددات عمل الهوائي التجزيئي المقترح:

تم تصميم هوائي تجزيئي مطبوع عريض الحزمة باستخدام الهندسة التجزيئية ولاحظنا توليد ترددات رنين مختلفة حسب الأطوال الفعالة في البنية التجزيئية المقترحة، لذلك يمكن تغيير ترددات العمل باستخدام الطريقتين التاليتين:

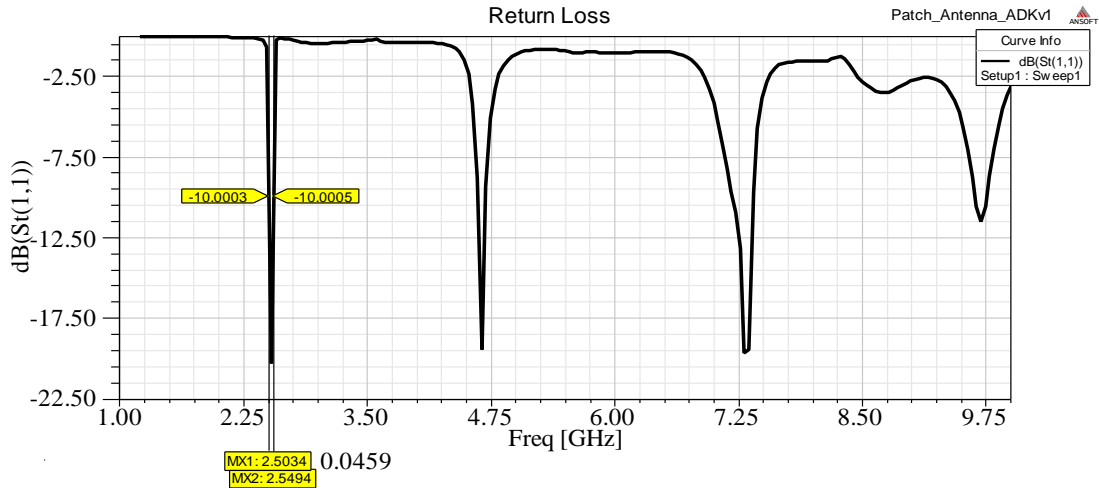
- تغيير تردد الهوائي المرجعي والاستفادة من خاصية الازاحة الناتجة عن استخدام الهندسة التجزيئية.
- تغيير الأطوال الفعالة للهوائي التجزيئي المقترح.

قمنا بتصميم عدة نماذج للهوائي التجزيئي المقترح بحيث تكون مناسبة لتجهيزات الانترنت والتجهيزات الطبية اللاسلكية باستخدام الطريقتين المذكورتين كما هو موضح في الاشكال(12-13-14-15) وأبعاد هذه النماذج موضحة في الجداول(4-5-6-7).

- تصميم هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 2.5 GHz مناسب لتجهيزات الانترنت:

الجدول(4):أبعاد هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 2.5GHZ مناسب لتجهيزات الانترنت

أبعاد الفتحة		خط النقل		الطبقة العازلة				الشريحة المعدنية	
W2	L2	W1	L1	ϵ_r	Sub h	Sub y	Sub x	W	L
0.43	13.19	4.85	39.73	2.2	1.57	128.8	87	43.2	51.6

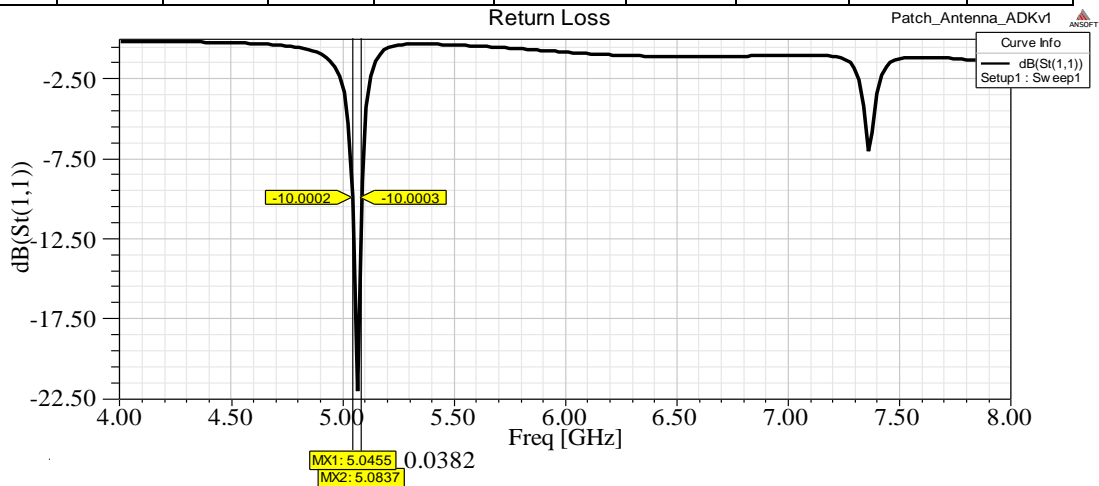


الشكل (12): خسارة العودة لهوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند التردد $f_0 = 2.52 \text{ GHz}$
 $\text{BW}=45.9 \text{ MHz}$, $Q=55$, $\text{GAIN}=6.31 \text{ dB}$

تصميم هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 5 GHz مناسب لتجهيزات الانترنت:

الجدول (5): أبعاد هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 5GHz مناسب لتجهيزات الانترنت

أبعاد الفتحة		خط النقل		الطبقة العازلة			الشريحة المعدنية		
W2	L2	W1	L1	ϵ_r	Sub h	Sub y	Sub x	W	L
0.25	6.593	4.85	20.20	2.2	1.57	65.31	49	21.59	26.35

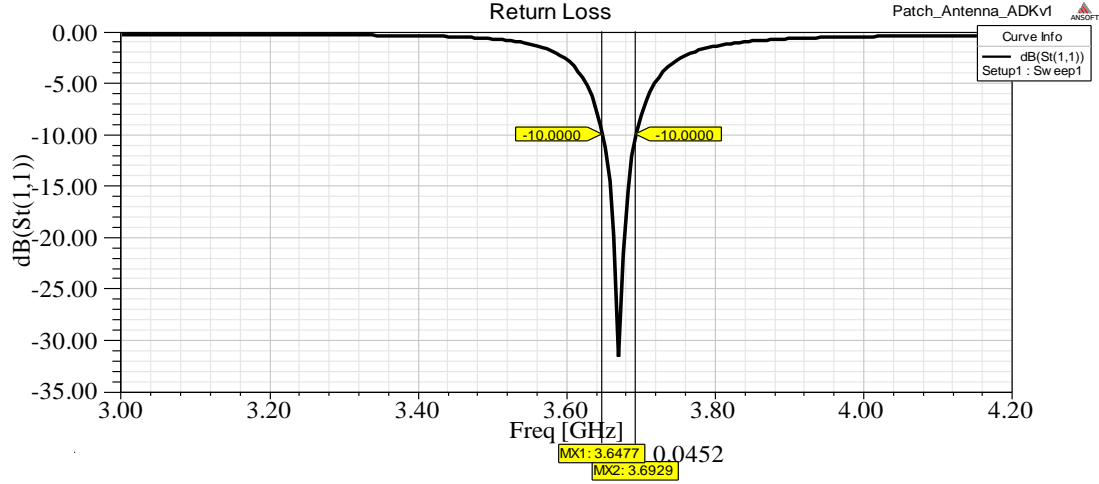


الشكل (13): خسارة العودة لهوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند التردد $f_0 = 5.06 \text{ GHz}$
 $\text{BW}=38.2 \text{ MHz}$, $Q=132.58$, $\text{GAIN}=6.0314 \text{ dB}$

• تصميم هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 3.65 GHz مناسب لتطبيقات WIMAX:

الجدول (6): أبعاد هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 3.65GHz مناسب لتطبيقات WIMAX

أبعاد الفتحة		خط النقل		الطبقة العازلة				الشريحة المعدنية	
W2	L2	W1	L1	ϵ_r	Sub h	Sub y	Sub x	W	L
0.4	16.94	4.85	50.77	2.2	1.57	164.8	108	55.5	65.9

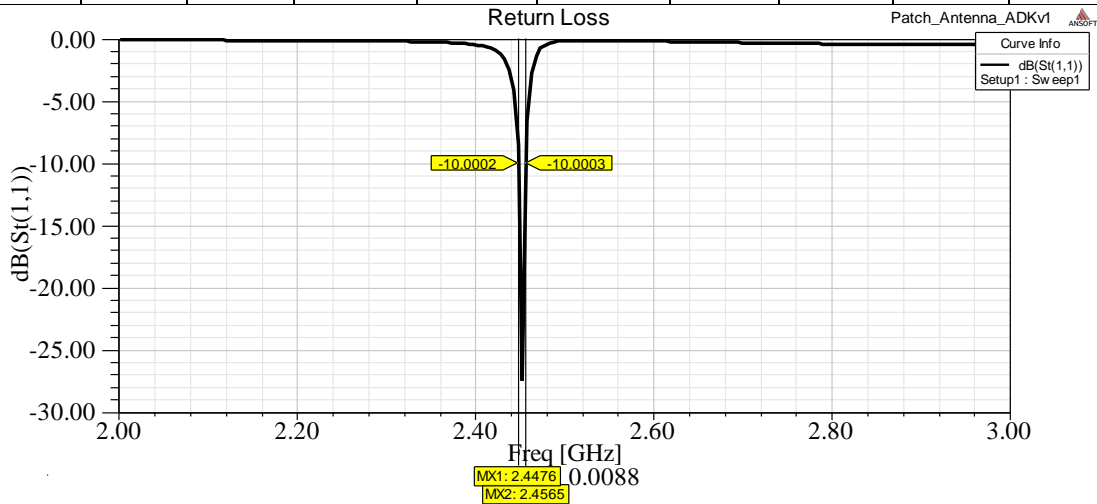


الشكل (14): خسارة العودة لهوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند التردد $f_0 = 3.65 \text{ GHz}$
 $\text{BW}=45.2 \text{ MHz}$, $Q=80.75$, $\text{GAIN}=6.164 \text{ dB}$

• تصميم هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 2.45GHz مناسب للتطبيقات الطبية (ISM):

الجدول (7): أبعاد هوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند تردد الرنين 2.45GHz مناسب للتطبيقات الطبية

أبعاد الفتحة		خط النقل		الطبقة العازلة				الشريحة المعدنية	
W2	L2	W1	L1	ϵ_r	Sub h	Sub y	Sub x	W	L
0.4	13.62	4.85	40.977	2.2	1.57	136.2	89	44.6	55



الشكل (15): خسارة العودة لهوائي تجزيئي مطبوع يعمل عند التردد $f_0 = 2.45 \text{ GHz}$
 $\text{BW}=8.8 \text{ MHz}$, $Q=278.4$, $\text{GAIN}=6.2 \text{ dB}$

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث تصميم هوائي تجزيئي مطبوع عريض الحزمة باستخدام الهندسة التجزيئية، يحقق بارامترات جيدة من حيث الريح والاتجاهية وطاقة الاشعاع، ويعمل عند عدة حزم ترددية. تم بعد ذلك التحكم بأبعاد الهوائي التجزيئي والأطوال الفعالة في البنية التجزيئية المقترحة للحصول على حزم ترددية مناسبة لعمل التطبيقات الطبية والانتزنت. نقترح في الأبحاث القادمة تحسين بارامترات الهوائي التجزيئي باستخدام التوزيع التجزيئي لمواد سالبة السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية أو مايسمى مواد الميتاماتيريال (Metamaterials MMS) لدورها الكبير في تقليل الضياعات وتحسين أداء الهوائي [10],[11],[12],[13].

References:

- [1] PURI, S, KAUR, K AND KUMAR, N. *A Review of Antennas for Wireless communication Devices*. International Journal of Electronics & Electrical Engineering, vol.2, no.3, 2014, 199-201.
- [2] KRZYSZTOFIK, W.J. *Fractal geometry in electromagnetics applications - from antenna to metamaterials*. Microwave Review, ISSN: 14505835, 2013, 3-14.
- [3] MOGHADASI, M. N, 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, 2013, 504-507.
- [4] FONG, B, FONG, A. C. M, LI, C. K. *Telemedicine Technologies Information Technologies In Medicine And Telehealth*. John Wiley & Sons, 259, 2011.
- [5] <https://www.researchgate.net/publication/277405656> .
- [6] BALANIS, C. *Antenna theory: analysis and design*. New Jersry,2005.
- [7] FALCONER, K. *Fractal Geometry Mathematical Foundations And Applications*. John Wiley & Sons , 2004, 1-155.
- [8] TIWARI, A. *Fractal application in electrical and electronics engineering*. International Journal of engineering science & advanced technology U.S.A . Vol.2, Num.3, 2012, 406-411.
- [9] SOUZA, E, OLIVEIRA, P. S, ASSUNCAO, A. G, MENDONCA, L. M AND PEIXEIRO, C. *Miniaturization of a Microstrip Patch Antenna with a Koch Fractal Contour Using a Social Spider Algorithm to Optimize Shorting Post Position and Inset Feeding*. International Journal of Antennas and Propagation. 2019.
- [10] RAJNI, S, MARWAHA, A. *A Review of Metamaterials and its Applications*. International Journal of Engineering Trends and Technology , 2015, 305-310.
- [11] SUGANTHI, S. *Optimized Metamaterial Loaded Square Fractal Antenna for Gain and Bandwidth Enhancement*. International Congress on Artificial Materials for Novel Wave Phenomena – Metamaterials. IEEE, 2018, 349-351.
- [12] VENNERI, F, COSTANZO, S, AND BORGIA, A. *A Dual-Band Compact Metamaterial Absorber with Fractal Geometry*. Electronics, August, 2019.
- [13] GUPTA, N, SAXENA , J , BHATIA, K. *Optimized metamaterial-loaded fractal antenna using modified hybrid BF-PSO algorithm*. Neural Computing and Applications. April, 2019.