

تصميم وتحسين أداء الهوائي الشريطي المستطيل المستخدم في التطبيقات اللاسلكية باستخدام برنامج المحاكاة (CST)

نجية راف الله علي^{1*}، عبد الخالق مصطفى زعطوط²، فاطمة عبد الكريم لاماشة³
قسم الهندسة الكهربائية، كلية الهندسة، جامعة درنة، ليبيا

Design, Simulate, and Improve the Result of Microstrip Patch Antenna for Wireless Applications Using CST

Nagia Ali^{1*}, Adulkhalek Mustafa Zatatout², Fatma Lamamsha³

^{1,2,3} Department of Electrical Engineering, University of Derna, Derna Libya.

*Corresponding author: n.mutawia@uod.edu.ly

Received: January 01, 2024

Accepted: February 08, 2024

Published: March 01, 2024

الملخص

في هذه الورقة تم تقديم دراسة لتصميم هوائي الرقعة دقيق ذو رقعة مستطيلة الشكل يعمل عند تردد 5.132 جيجا هرتز تم تغذيته بواسطة خط شريطي دقيق تم تصميم الهوائي على ركيزة FR-4 مع ثابت عازل يبلغ سمكه 4.3 وارتفاع قدره 1.6 مم وابعاده 16.79 x 13 ملليمتر. يتم استخدام هذا النوع من الهوائيات على نطاق واسع في أنظمة الاتصالات المختلفة بسبب صغر حجمها، وتكلفتها المنخفضة، وخفة وزنها، وكسبها المعتدل، ونمط إشعاعها. في هذا العمل البحثي تم إضافة فتحات للهوائي وكذلك تغيير سمك الطبقة العازلة للحصول على هوائي تصحيح ميكروستريب فعال تم تصميمه وتحليله باستخدام برنامج المحاكاة (computer simulation technology).

الكلمات المفتاحية: هوائي الرقعة، فتحات، الكسب، الاتجاهية، الفقد العائد.

Abstract

A study of the design of a micro-patch antenna with a rectangular patch that operates at 5.132 GHz and is fed by a micro-strip line was presented in this paper. The antenna was constructed on an FR-4 substrate with dimensions of 16.79 x 13 mm, a defense height of 1.6 mm, and an excellent dielectric of 4.3. Because of its small size, low cost, lightweight, gain, and radiation pattern, this kind of antenna is used a lot in different communication systems. An effective microstrip correction was designed and analyzed with the help of the simulation program (computer simulation technology) in this work by making additions to the antenna and adjusting its various thicknesses.

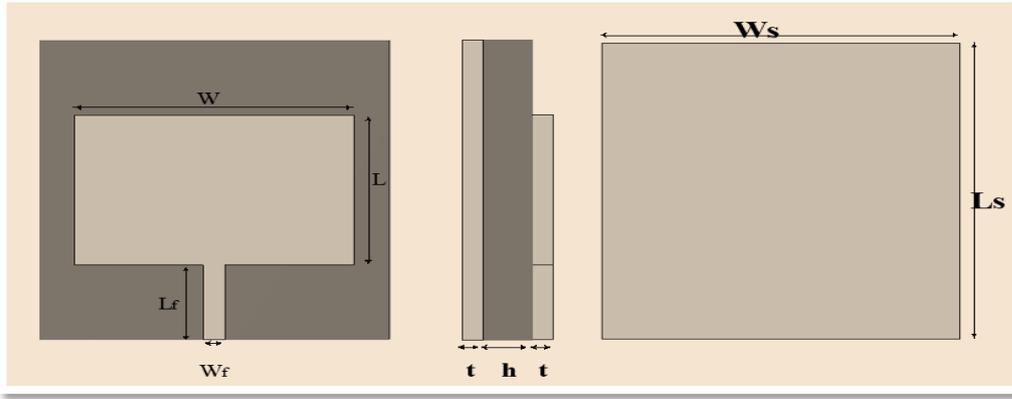
Keywords: Micro strip Patch, Bandwidth, Gain, Directivity, Return loss.

مقدمة

الاتصالات اللاسلكية أكثر المجالات المهمة في هندسة الاتصالات والذي يلعب دورًا حيويًا في حياتنا الحديثة. مع النمو السريع للاتصالات اللاسلكية، أصبحت الهوائيات منخفضة التكلفة وخفيفة الوزن ومصغرة الحجم هي الأجهزة المطلوبة لوصلة راديوية فعالة وموثوقة يمكن أن يكون هوائي تصحيح (Micro strip patch antenne) هو الأكثر الهوائيات المناسبة فتم اقتراح هذا الهوائي لأول مرة في أوائل السبعينيات [1]. لما تتميز به من كسب واتجاهية عالية ونطاق ترددي عريض مقارنة مع بقية الهوائيات وحيدة العنصر. إلا ان محدودية معاملات التوصيل دفع الباحثين الى البحث عن طرق جديدة لرفع كفاءة هذا النوع من الهوائيات. في هذه الدراسة تم دراسة تأثير إضافة فجوات وتغيير ابعادها وامكانها والذي اثبتت بالنتائج تغيير ايجابي على الخصائص الإشعاعية للهوائيات كالفقد العائد والكسب وعرض النطاق الترددي.

أولاً: تصميم هوائي الرقعة المضاف الية فتحات

تم تصميم هوائي التصحيح ذو الشريط الصغير المحوري وضبطه على تردد 5.12 جيجا هيرتز. تم حساب أبعاد الهوائي باستخدام المعادلات التالية [2] [3]. ويقدر طول وعرض الرقعة بـ 13.2 ملم و 18.6 ملم على التوالي لركيزة من FR-4 لها ثابت عزل قدره 4.3. تم أخذ سمك الركيزة على أنه 1.6 مم. تم التغذية بخط الشريطي كونها تغذية بسيطة وفعالة للحصول على أداء أفضل. يظهر الهوائي المقترح في الشكل 1، يحتوي الجدول التالي على القيم الأولية التي يمكن استخدامها في البرنامج للتصميم الهوائي.



شكل 1: التصميم الاولي لهوائي الرقعة.

1- المعادلات المستخدمة:

1. حساب عرض الرقعة

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

حيث أن c سرعة في الهواء و ϵ_r ثابت العزل الكهربائي

2. حساب ثابت العزل الفعال

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

3. حساب الطول الفعال

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

4. حساب طول التهذيب.

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

5. حساب طول الرقعة

$$L = L_{eff} - 2\Delta L$$

6. حساب ابعاد الأرضي والطبقة العازلة

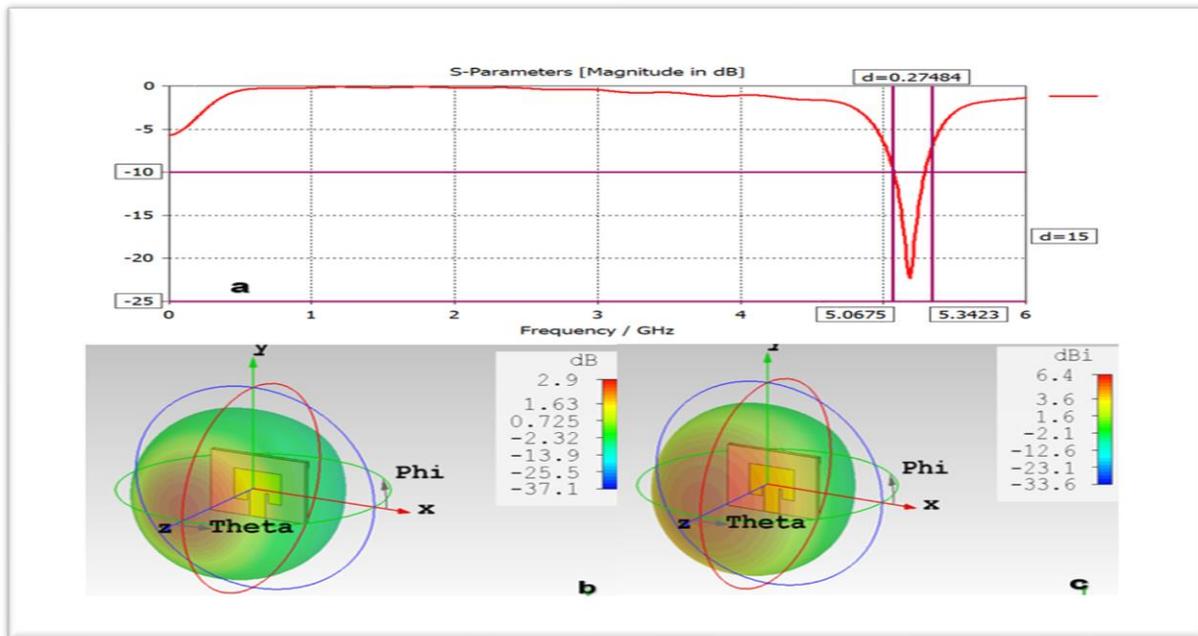
$$L_s = 2 * L$$

جدول 1 أبعاد الهوائي التي تم الحصول عليها من المعادلات.

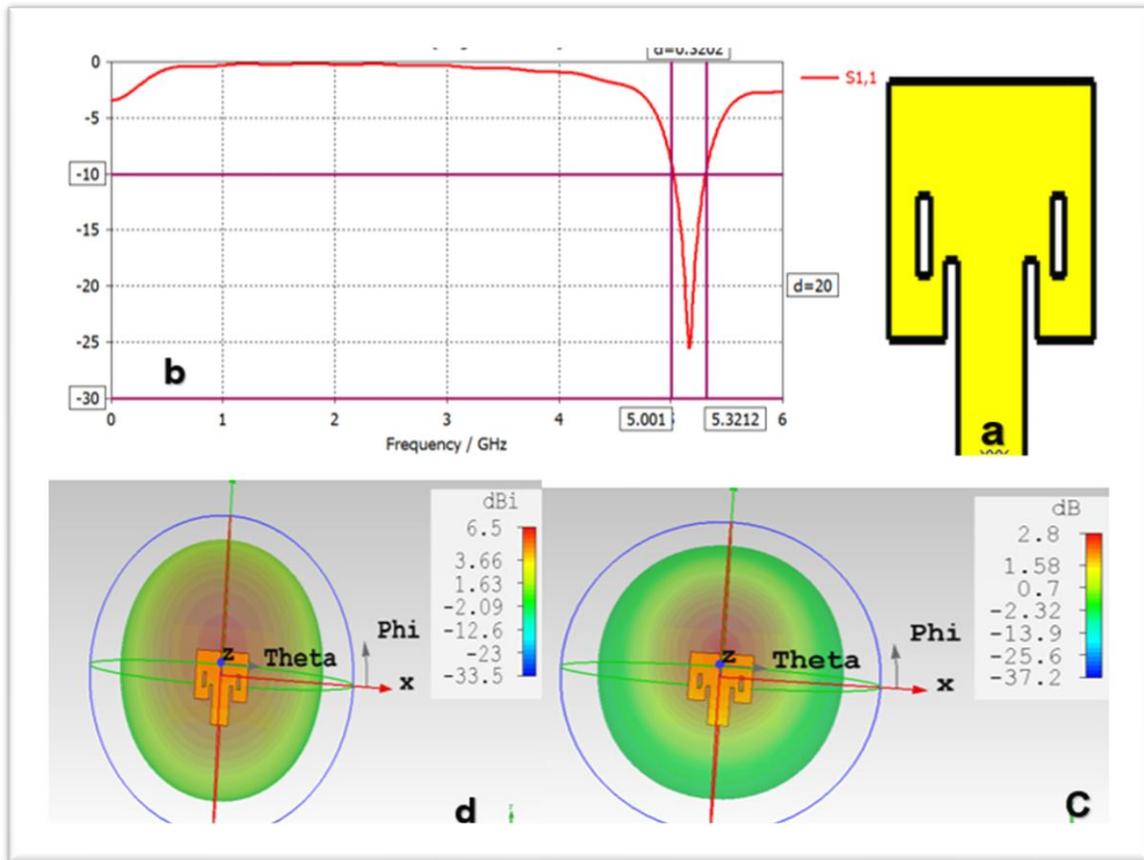
المعاملات	القيم (مليميتر)
ثابت العزل للمادة العازلة	4.9
طول الرقعه	13
عرض الرقعه	16.79
طول خط التغذية	9.5
عرض خط التغذية	2.6
عرض الفتحات الرقعه	1
طول فتحات الرقعه	5
سمك المادة العازلة	1.6
عرض الطبقة الارضية	22.6
طول الطبقة الأرضية	26.3
عرض الفتحات الأرضي	1
طول الفتحات الأرضي	6

النتائج والتحليل:

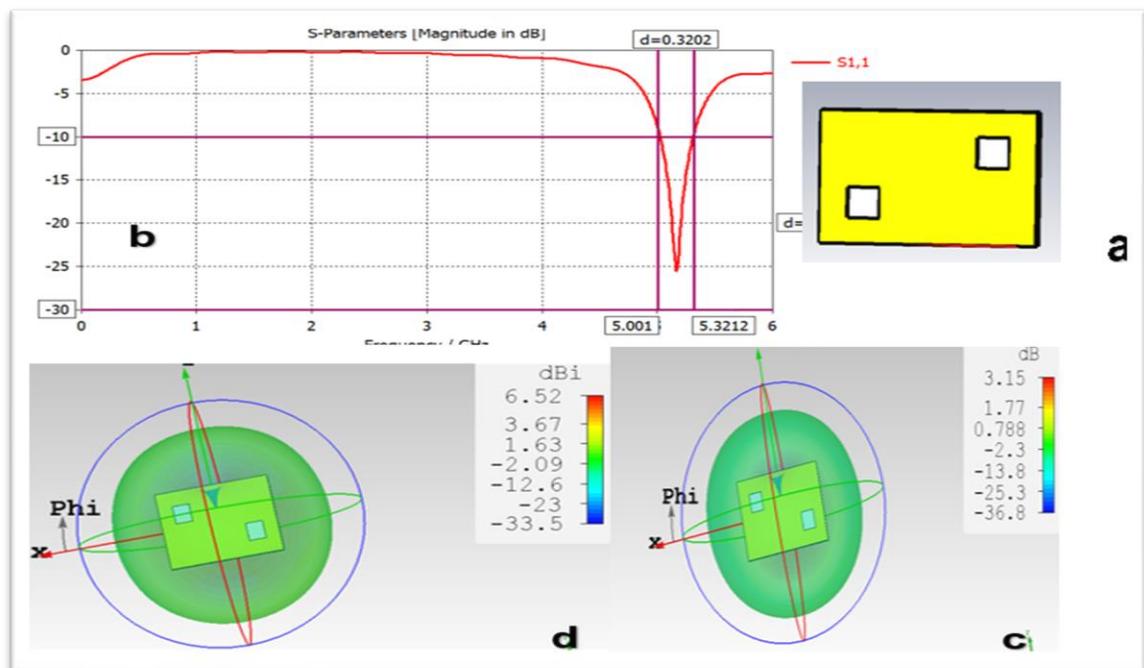
النتائج التي تحصلنا عليها من الهوائي من التصميم الأولي للهوائي الرقعه الذي تم تغذيته بخط شريطي الدقيق الذي يعتبر أسهل طريقه لتحليل الهوائي ويعطي نتائج فيزيائية دقيقة موضحة في الشكل 3 هذه النتائج ضمت قيمه الفقد العائد للهوائي قيمته 23 ديسبل عند تردد 5.12 جيجا هيرتز وكذلك نمط الإشعاعي للكسب والاتجاهيه فكانت قيمة 2.9 و 6.52 ديسبل على التوالي. ثم قمنا بعد ذلك بتصغير حجم الهوائي باضافة فتحات للرقعه والطبقة الارضية كما موضح في الشكل 3 و 4 على التوالي. ثم قمنا بتغيير سمك الطبقة العازلة ما بين 1.6-1.9 مليمتر كما موضح النتائج في الشكل 5.



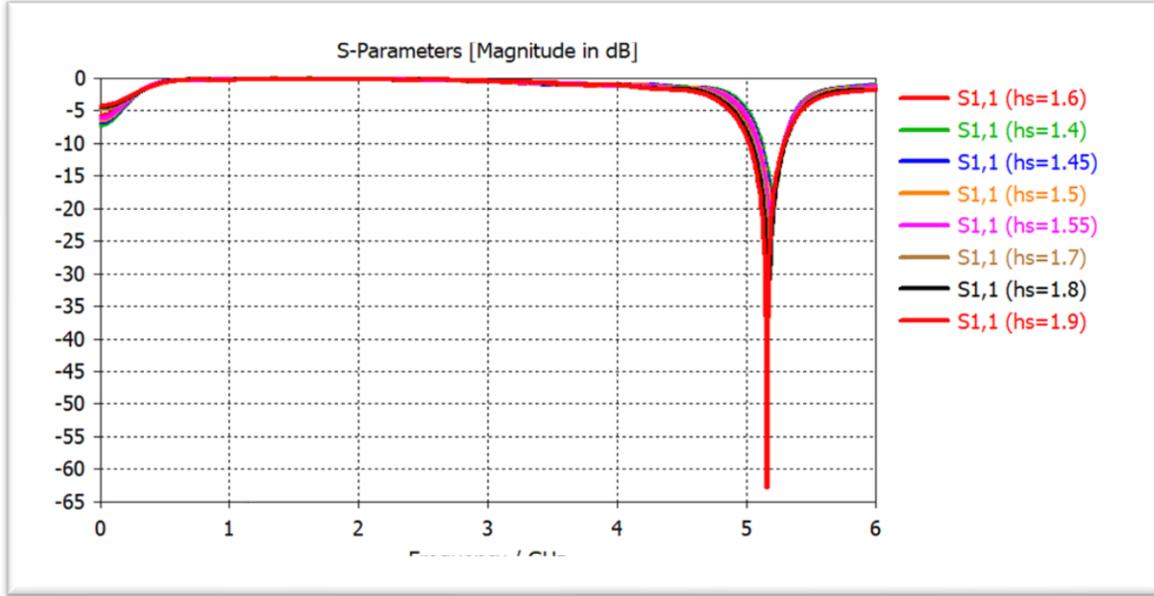
شكل 2: الفقد العائد ، b: الاتجاهية ، c: الكسب



شكل 3: a إضافة فتحات الى الرقعة b: الفقد العائد ، c: الاتجاهية ، d: الكسب



شكل 4: a: إضافة فتحات الارضي b: الفقد العائد ، c: الاتجاهية ، d: الكسب



شكل 5: الفقد العائد للهوائي بعد تغير سمك الطبقة العازلة.

الخلاصة:

تم في هذه الورقة دراسة تصميم وتحسين أداء هوائي الشريطي مستطيل الشكل بواسطة برنامج المحاكاة (CST) يعمل عند تردد 5.12 جيجا هيرتز وتم تغذيته بواسطة الخط الشريطي الدقيق فكان التردد العائد - 31 ديسبل وهو أمر جيد للمطابقة المثالية للتغذية والتصحيح ولكن كسب الهوائي يبلغ 3.8 ديسبل فقط. لذلك يمكن زيادة كسب هذا الهوائي باستخدام بعض تقنيات تعزيز الكسب والاتجاهية مثل مصفوفة الهوائيات. علاوة على ذلك، باستخدام تقنية القطع إضافة الفتحات، فيمكن بذلك الحصول على نطاق ترددي واسع وتم تحسين وزيادة عرض النطاق الترددي لهذا الهوائي عن طريق زيادة ارتفاع الطبقة العازلة وكذلك عمل فتحات للرقعة والطبقة الارضية وتم استنتاج ان الهوائي عل الرغم من صغر حجمه وخفة وزنه فان له مميزات كثيرة. فتم تحسين عرض النطاق الترددي بنسبة 1.9% عند اضافة فتحات في الطبقة الارضية وبنسبة 0.4% عند اضافة فتحات في الرقعة.

قائمة المراجع:

- [1] C. A. Balanis, Antenna theory : analysis and design. Hoboken, NJ: Wiley (in English), 2005.
- [2] D. G. Fang, Antenna Theory and Microstrip Antennas. (in English), 2009.
- [3] N. Nasimuddin, "Microstrip Antennas," (in English.), 2011.
- [4] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, Microstrip antennas : the analysis and design of microstrip antennas and arrays. New York: IEEE Press (in English), 1995.
- [5] A. Pandey, "Practical microstrip and printed antenna design," (in English), 2019.
- [6] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, Antenna theory and design. Hoboken: Wiley (in English), 2013.
- [7] A Microstrip Antenna for Medical Application : Tissues Detection," (in English), 2017.
- [8] Z. Katbay, R. Jabasini, M. Ismail, and A. Sibaie, "Miniature Dual Band Antenna for WPT application," 2018 25th IEEE International
- [9] Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS), 2018, pp. 341-344, doi: 10.1109/ICECS.2018.8617847.
- [10] [7] A. Kumar, P. Kumar, and A. Deb, "An e-shaped microstrip antenna with unidirectional propagation," 2015 International Conference
- [11] on Communications and Signal Processing (ICCSP), 2015, pp. 0274-0276, doi: 10.1109/ICCSP.2015.7322885.
- [12] [8] R. Mishra, R. G. Mishra, P. Kuchhal, and R. K. Chaurasia, "Optimization of the dimension of circular slotted rectangular Microstrip
- [13] antenna for wide band wireless applications," 2016 International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering
- [14] (ICRAIE), 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICRAIE.2016.7939468.

- [15] [9] Y. Rahayu and I. R. Mustofa, "Design of 2×2 MIMO microstrip antenna rectangular patch array for 5G wireless communication network," 2017 Progress in Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS - FALL), 2017, pp. 2679-2683, doi: 10.1109/PIERS-FALL.2017.8293591.
- [18] [10] J. Kaur, N. Rani, A. Singh, V. Singh, R. Kaur, and E. Sidhu, "Design and performance analysis of high gain flexible yagi microstrip patch antenna for fixed-satellite, radio location and amateur-satellite service applications," in 2017 Progress In Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS), 2017, pp. 948–652, doi: 10.1109/PIERS.2017.8261880.