مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (4) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (4) 2018

تقييم أداء هوائي LPDA عريض الحزمة ومقارنته بهوائي نصف طول الموجة عند تغير التردد

د. معين يونس•
عزيز يوسف••

(تاريخ الإيداع 7 / 3 / 2018. قُبِل للنشر في 29/ 7 / 2018)

□ ملخّص □

أصبحت الهوائيات في الوقت الحاضر حاجة أساسية لا غنى عنها وخصوصاً في مجال الشبكات اللاسلكية، وتطورت في العقود القليلة الماضية بشكل كبير جداً من حيث الربح والممانعة وعرض الحزمة وعرض المجال الترددي وشكل المخطط الاشعاعي وغير ذلك بما يتناسب مع المتطلبات الجديدة والمتزايدة.

تم الاهتمام في هذا بدراسة هوائي عريض الحزمة حيث يكون هذا الهوائي مهماً جداً في الأنظمة التي تعمل على مجموعة من الترددات وليس على تردد ثابت حيث ان الهوائيات التقليدية التي يتم تصميمها على تردد محدد تتغير استجابتها بشكل ملحوظ اذا ما استخدمت على مجال ترددي عريض حول التردد المصممة لأجله.

تم في هذا البحث تصميم الهوائي LPDA (Log periodic Dipole Array) عريض الحزمة ودراسة سلوكه على مجال ترددي عريض ومقارنته بالهوائي المرجعي للهوائيات السلكية وهو هوائي نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$ وتم التركيز على دراسة تأثير تغير التردد على شكل المخطط الاشعاعي للهوائي وعرض حزمة الاشعاع عند مستوي نصف الاستطاعة وعلى نسبة الأمام الى الخلف (F-B).

الكلمات المفتاحية: هوائي المصفوف اللوغاريتمي الدوري، هوائي عريض الحزمة، هوائي نصف طول الموجة، عرض حزمة اشعاع نصف الاستطاعة، مخطط اشعاعي، نسبة الأمام الى الخلف.

•أستاذ، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.
e-mail: dr-m.younes@hotmail.com.
••مشرف على الأعمال، قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا،
e-mail: azizyousef6@gmail.com

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (4) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (4) 2018

Evaluate the performance of a wide band LPDA antenna and compare it with a half-wavelength antenna at frequency change

Dr. Mouin Younes •
Aziz Yousef **

(Received 7 / 3 / 2018. Accepted 29 / 7 / 2018)

□ ABSTRACT □

Antennas have become an indispensable basic need, especially in the area of wireless networks, and have developed in the past few decades in a very large way in terms of profit and resistance, bandwidth, bandwidth, radiation pattern, etc. in line with new and increasing requirements.
In this study, we are interested in studying a broad band antenna where this antenna is very important in systems that operate on a set of frequencies rather than at a fixed frequency. The traditional antennas that are designed at a specific frequency change their response significantly if used on a wide bandwidth around the designed frequency
In this study, the LPDA (Log periodic dipole Array) antenna was designed and studied in a broadband field and compared to the antenna reference of wire antennas. It is a half-wavelength antenna λ/2. The study of the effect of frequency change in the antenna radiation pattern and the radiation beam Half-power level and front-to-back ratio (F/B).

Keywords: logarithmic periodic array antenna, wide band antenna, $\frac{\lambda}{2}$ antenna, HPBW, radiation pattern, front-to-back ratio.

• **Professor, Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, TishreenUniversity, Lattakia, Syria,**
e-mail: ***dr-m.younes@hotmail.com*** **.**
** **Technician member, Department of Communication and Electronics, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, TishreenUniversity, Lattakia, Syria,**
e-*mail:* ***azizyousef6@gmail.com*****.**

مقدمة:

تعددت أنواع الهوائيات بشكل كبير في الآونة الأخيرة وذلك مواكبةً للتطور الكبير في مجال الالكترونيات وخصوصاً في مجال البث التلفزيوني وشبكات الموبايل والشبكات اللاسلكية، وتم تطوير تلك الهوائيات العاملة مع هذه الأنظمة بما يتناسب ومتطلباتها المتزايدة حيث احتاج بعضها لمدى ارسال اكبر وكان ذلك دافعاً للبحث عن هوائيات ذات ربح أكبر أو مردود أعلى أو استطاعة أكبر، وبعض الأنظمة كانت تتطلب العمل على مجموعة من الترددات مما أدى الى التفكير بهوائيات عريضة الحزمة أي تعمل على مجال تردد عريض مع تغير مقبول بخواصها الاشعاعية كالهوائيات متعددة المقاييس والهوائيات التجزيئية وهوائيات مصفوفة الثنائيات اللوغاريتمية الدورية، أما بعض الأنظمة كانت تتطلب تغطية خاصة للمنطقة المحيطة بها غير التغطية التقليدية المعتمدة عل وريقة رئيسية وهنا تم التفكير بهوائيات يمكن من خلالها التحكم بشكل المخطط الاشعاعي كهوائيات المصفوفة الطورية وفي بعض المجالات كان لابد من الخروج عن التفكير بالهوائيات السلكية كما في المجالات ذات التردد العالي جداً (الميكروي) وهنا نشأت هوائيات ذات أشكال جديدة كالهوائيات البوقية واللولبية والرقعية وهوائيات الفتحة والشقوق المصفوفية[1].

تم التطرق في هذا البحث الى الأنظمة التي تتطلب العمل على مجال ترددي عريض ونركز في دراستنا على الهوائي LPDA عريض الحزمة حيث تم تصميمه على المجال الترددي (750 – 1250 MHz) ودراسة تغير شكل المخطط الاشعاعي وزاوية الاشعاع ونسبة الأمام للخلف مع تغير التردد ضمن مجال عمله وتمت مقارنته مع الهوائي المرجعي للهوائيات السلكية وهو هوائي نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$.

أهمية البحث وأهدافه:

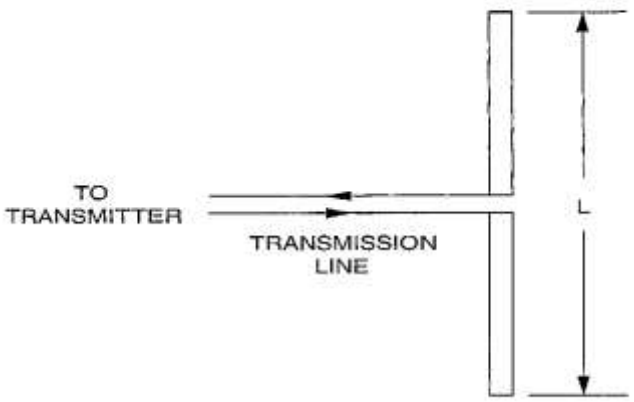
تم في هذا البحث تصميم الهوائي على المجال الترددي (750 MHz – 1250 MHz) أي بتردد وسطي 1GHz حيث أن هذا التردد والترددات القريبة منه كثيرة الاستخدام في أيامنا هذه وخصوصا في مجال الاتصالات الخليوية.

تكمن اهمية هذا البحث في دراسة نوع من الهوائيات يعمل على تحسين الطيف الترددي للهوائي وذلك من خلال التحكم بشكل هذا الهوائي وأبعاده وطريقة ربط عناصره ببعضها ما يعطينا بالنتيجة هوائي ذو مخطط اشعاعي مرغوب وربح واتجاهية جيدين وعرض حزمة ترددية مرغوب.

طرائق البحث ومواده:

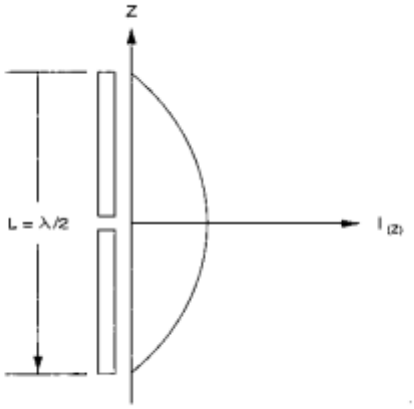
1.الهوائي الديبول نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$:

يعتبر هذا الهوائي المرجع في مجال الهوائيات السلكية وربحه يقدر ب 2.14dB ويعتبر نوعاً بسيطاً من الهوائيات، حيث انه يتألف من قضيبين ناقلين كل منهما بطول ربع طول الموجة العاملة ويشكلان معاً الهوائي بنصف طول الموجة ويتم تغذية هذا الهوائي من المركز باشارة متناوبة تصله عبر خط الارسال ذو المقاومة المناسبة لممانعته والذي يصله مع المرسل كما هو مبين في الشكل(1)[3][1] .



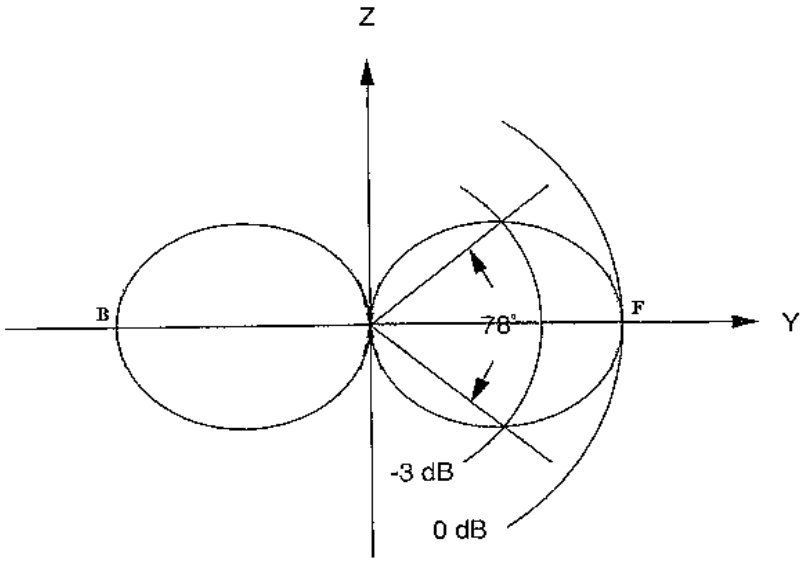
الشكل(1) الهوائي الديبول نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$

يكون توزع التيار على هذا الهوائي غير منتظم ويشكل نصف نبضة جيبية حيث يكون التيار أعظمياً في المنتصف ومعدوماً على الأطراف كما يبين الشكل(2).



الشكل(2) توزع التيار على هوائي $\frac{\lambda}{2}$

أما المخطط الاشعاعي لهذا الهوائي في مستوي الحقل الكهربائي (المستوي الأفقي E) فهو عبارة عن وريقتين أمامية وخلفية وبربح 2.14dB وعرض حزمة اشعاع عند مستوي نصف الاستطاعة مقداره HPBW=78 ومقاومة دخل Ω 75 كما يبين الشكل(3).

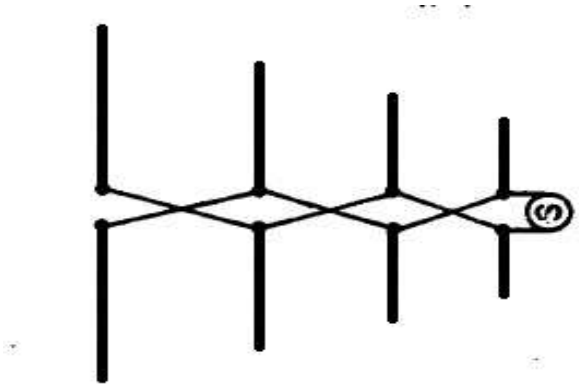


الشكل(3) المخطط الاشعاعي لهوائي $\frac{\lambda}{2}$

من سلبيات هذا الهوائي أن نسبة الأمام الى الخلف معدومة (F-B = 0 dB) حيث أن F هي شدة الاشعاع في الاتجاه الأمامي وB شدة الاشعاع في الاتجاه الخلفي ما يجعل الهوائي أقل اتجاهية من الهوائيات ذات الوريقة الرئيسية الأمامية [3][1].

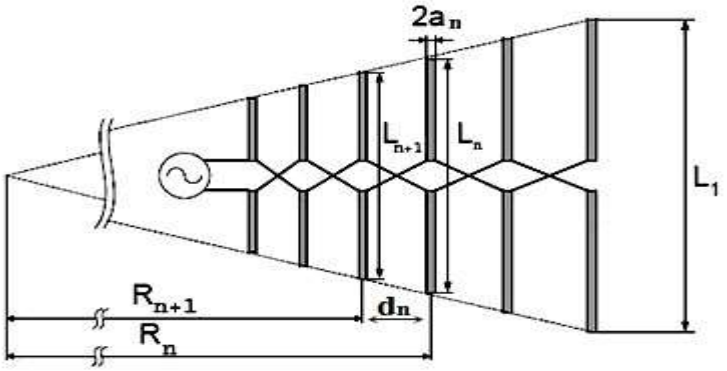
2.هوائي LPDA عريض الحزمة:

يعتبر هذا الهوائي من الهوائيات عريضة الحزمة أي أنه يعمل على مجال معين من الترددات تم تصميمه مسبقاً للعمل على هذا المجال حيث أن خواصه الاشعاعية تبدي تغيراً ضمن الحدود المسموحة على هذا المجال الترددي مع ملاحظة عدم انعدام استجابته، حيث ان طريقة تصميمه وتوصيل عناصره ببعضها وأبعاده هي ما يعطيه تلك الخواص يمكن تصميمه من الهوائيات الديبولية أو الحلقية أو المطوية وأشهر أشكاله الهوائي الديبولي ذو الشكل الأرزي كما في الشكل(4)[2][1] .



الشكل(4)هوائيLPDA

نلاحظ من الشكل(4) السابق كيفية تغذية هذا الهوائي حيث يتم تغذية عناصره المتتالية بشكل متعاقب (ZigZag) ويتم عند التصميم مراعاة التدرج في كافة أبعاد الهوائي (طول الثنائيات L – المسافات البينية بين الثنائية d–نصف قطر المقطع العرضي للثنائيات a – والبعد عن رأس الهرم R) كما هو مبين بالشكل(5).



الشكل(5) أبعاد هوائي LPDA

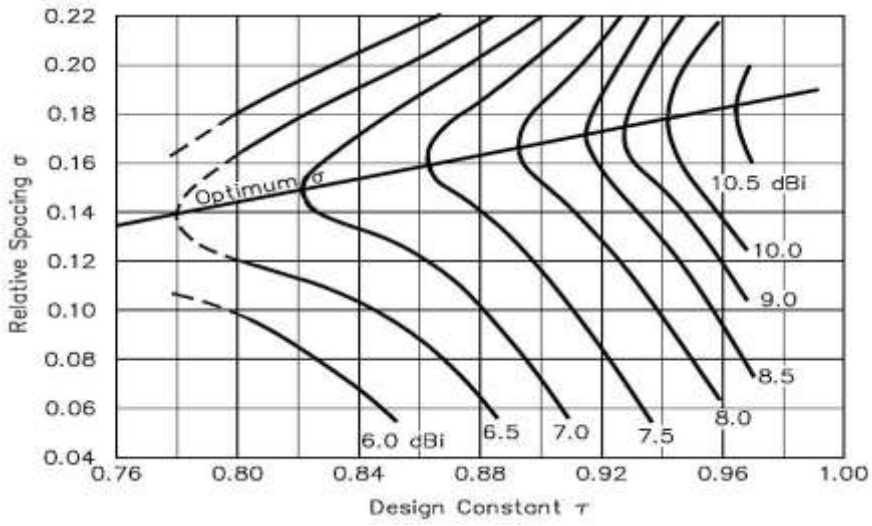
الثوابت الأساسية لتصميم الهوائي LPDA هي[4][2]:

ثابت التدرج (1) $\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{L_{n+1}}{L_n} \quad ; \tau < 1$

(يتم غالبا لتسهيل التصميم اهمال تدرج العامل a حيث تصنع كل الثنائيات بنفس القطر)

وثابت التباعد (2) $\sigma = \frac{d_n}{2L_n} \quad ; \quad d_n = R_n - R_{n+1}$

ويتم أخذ قيمة هذين الثابتين من منحنيات تصميمية خاصة لهذا النوع من الهوائيات وذلك عند ربح معين مطلوب لتصميم هذا الهوائي كما في الشكل(6)[2].



الشكل(6) منحنيات التصميم لهوائي LPDA

ويتم تحديد عدد الثنائيات وحجم الهوائي بحسب عامل التدرج والتباعد الذي تم اختياره حيث أنه دائماً لدينا قيم مثل عند كل تردد كما نلاحظ في الشكل السابق.

والبارامتر الآخر الذي يحدد حجم الهوائي عند التصميم هو مجال التردد المطلوب تصميم الهوائي ليعمل ضمنه حيث أن التردد الأصغري يعطينا طول أكبر ديبول والتردد الأعظمي يعطينا طول أصغر ديبول في الهوائي ويضاف عادةً ديبولات لكلا الطرفين وذلك مع مراعاة نفس عامل التدرج والتباعد وذلك للحفاظ على استجابة الهوائيات عند الترددات الحدية من مجال عمله[5][4][2].

أداء الهوائي ضمن مجال عمله:

يشبه أداء هذا الهوائي في عمله على المجال الترددي المصمم لأجله أداء هوائي ياغي يودا Yagi uda عند تردد الرنين المصمم عليه وما يميزه عن هوائي ياغي أن هذا الأخير مصمم على تردد معين وتتغير خواصه عند تغير التردد بشكل يؤثر على قدرته على الارسال والاستقبال بينما هوائي LPDA يكرر خواصه عند تغير التردد[6][2].

فعند تردد معين ضمن مجال العمل تقوم الثنائية ذات الطول المساوي لنصف طول الموجة هذا التردد باستقطاب أكبر تيار وذلك لأن مقاومتها تكون صغيرة ومفاعلتها معدومة وهو ما ندعوه حالة الرنين وتشكل في هذه الحالة الثنائية الفعالة أما الثنائيات الأكبر فتكون بمثابة العاكس والثنائيات الأصغر تكون بمثابة الموجهات ويتكرر هذا السلوك عند تغير التردد ضمن مجال العمل بما يضمن المحافظة على استجابة مناسبة لتحقيق أداء جيد لهذا الهوائي ويعطي الهوائي بالإضافة لعرض حزمة ربح جيد ومخطط اشعاعي مرغوب وذو نسبة امام الى الخلف جيدة (F-B)> 0 dB.
[5][8]

3.الجزء العملي:

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 و10GHz 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: وتحوي مولد أمواج مكروية حيث تقدم الاستطاعة الكهربائية لهوائي الإرسال ويمكننا التحكم من خلال هذه الوحدة بنمط الإشارة المرسلة (معدلة مطالياً أو بدون تعديل) وترددها حيث تسمح لنا هذه الوحدة بتغيير التردد ضمن المجال(750-1250 MHz) وذلك من خلال جهد توليف خارجي ضمن المجال(0-10 Vdc).
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 أيضا.
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 ومخمد 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 مباشرةً بمستوى استطاعة إشارة RF المستقبلة.

ومن ثم يتم توصيل هذه الإشارة إلى الحاسب، ومن الإشارات التي يتم توصيلها إلى الحاسب زاوية الدوران وقيمة التخميد من المخمد المتغير.

6. برنامج القيادة وتحصيل المعطيات: البرنامج موجود على الحاسب المتصل بالوحدة البينية لتحصيل المعطيات ويتم من خلاله التحكم بالدوران والتخميد وتسجيل مستوى الإشارة المستقبلة 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 المستقبلة تبعاً لوضع الهوائي وهذا ما ندعوه المخطط الإشعاعي للهوائي.

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

1. رسم المخطط الإشعاعي لعدة هوائيات وبعدة 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 [4].

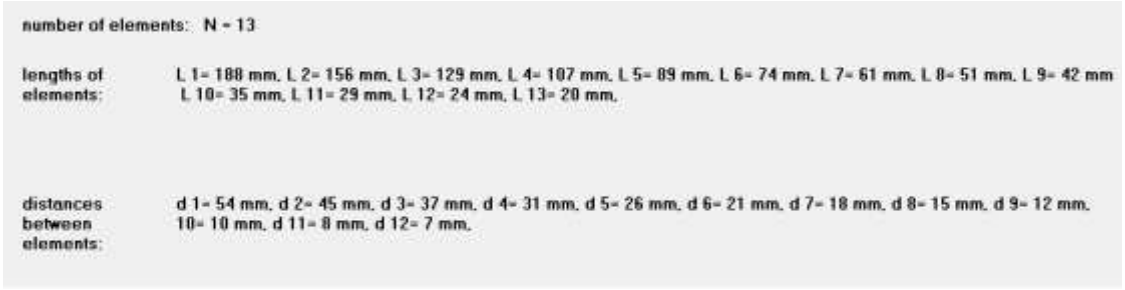
-تصميم هوائي LPDA

استخدم في هذا البحث هوائي LPDA تم تصميمه في دراسة سابقة وذلك بالاعتماد على تطبيق ويندوز مصمم مسبقاً خصيصاً لهذا النوع من الهوائيات وذلك لكثرة العمليات الحسابية اللازمة لحساب أبعاد الهوائي وتم برمجة هذا التطبيق بالاعتماد على البيئة البرمجية Visual Basic.

حددت بارامترات الهوائي بما يناسب مواصفات المخبر المستخدم لإجراء البحث وهو مخبر الهوائيات وانتشار الأمواج المكروية وكانت بارامترات تصميم الهوائي كما يلي:

- مجال التردد للهوائي: 750] MHz–F = [1250 .
- متوسط ربح الهوائي: G = 7 dB.
- ثوابت تصميم الهوائي: $\tau = 0.83,\ \sigma = 0.144$.

بعد ادخال هذه البارامترات الى التطبيق نتج لدينا هوائي بالمواصفات المبينة بالشكل(7).



الشكل(7) بارامترات هوائي LPDA

النتائج والمناقشة:

قياس شدة اشعاع هوائيي $\frac{\lambda}{2}$ وLPDA على كامل المجال الترددي:

جدول(1) شدة اشعاع هوائيي $\frac{\lambda}{2}$ وLPDA كتابع للتردد

$F_{(MHz)}$	$P_{(dB)}$ $\lambda/2$	$P_{(dB)}$ LPDA		$F_{(MHz)}$	$P_{(dB)}$ $\lambda/2$	$P_{(dB)}$ LPDA
750	-24	-17.2		1000	-24	-19.5
760	-27.5	-14.9		1010	-22	-16.3
770	-22.3	-12		1020	-25	-18.9

780	-29	-16.8		1030	-26	-17.7
790	-25	-22		1040	-26.5	-17.1
800	-13.5	-6.1		1050	-22	-19.4
810	-10	-2.8		1060	-21	-18.9
820	-9.2	-0.6		1070	-22.3	-22.3
830	-8.2	-1.3		1080	-20	-20.3
840	-7.2	-2.2		1090	-20.1	-22
850	-8.9	-3		1100	-24.2	-25.7
860	-8.2	-4		1110	-23.5	-23.5
870	-14.4	-8		1120	-30	-22.5
880	-30	-26		1130	-30	-20.8
890	-14	-8.2		1140	-30	-18
900	-9	-4.9		1150	-30	-21.5
910	-6.4	-2		1160	-30	-20.6
920	-18.5	-17.8		1170	-30	-18.8
930	-26	-24		1180	-30	-17
940	-30	-25.2		1190	-30	-18.1
950	-30	-24.1		1200	-30	-17.9
960	-30	-25.9		1210	-30	-18.7
970	-28	-17		1220	-30	-15.1
980	-25	-18.2		1230	-30	-16.8
990	-30	-25		1240	-30	-22.8
				1250	-30	-20.5

قياس ربح هوائي LPDA:

يوجد عدة طرق لحساب ربح الهوائيات منها ما هو عام لكل الأنواع ومنها ما هو مختص بحساب الربح لنوع محدد دون غيره وقد اعتمدنا في بحثنا على الطريقة الأكثر شيوعاً في حساب الربح وهي بالاعتماد على هوائي مرجعي وكما ذكرنا سابقاً فان هوائي نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$ هو الهوائي المرجعي لهذا النوع من الهوائيات الذي ينتمي اليه الهوائي المدروس ويبلغ ربحه $G_{\frac{\lambda}{2}} = 2.14\ dB$ والعلاقة كما يلي:

$$G_{test} = G_{ref} + P_{test} - P_{ref}\ ; \quad (3)$$

G_{test} : ربح الهوائي المدروس وهو هنا هوائي LPDA.

G_{ref} : ربح الهوائي المرجعي وهو هوائي $\frac{\lambda}{2}$ ويساوي 2,14.

P_{test} : شدة الاشعاع بالاتجاه الأمامي للهوائي المدروس (LPDA).

P_{ref} :شدة الاشعاع بالاتجاه الأمامي للهوائي المرجعي.

فتصبح العلاقة في دراستنا كما يلي:

$$G_{LPDA} = G_{\frac{\lambda}{2}} + P_{LPDA} - P_{\frac{\lambda}{2}} \quad (4)$$

تم قياس القيمتين $P_{LPDA}, P_{\frac{\lambda}{2}}$ في المخبر عند التردد 910MHz وهو التردد المصمم عنده هوائي $\frac{\lambda}{2}$ ويعطي عنده افضل استجابة.

$$G_{LPDA} = 2.14 + (-2) - (-6.4) = 6.54\ dB \quad (5)$$

وهي قريبة للقيمة (G=7 dB) المقترحة مسبقا عند تصميم الهوائي.

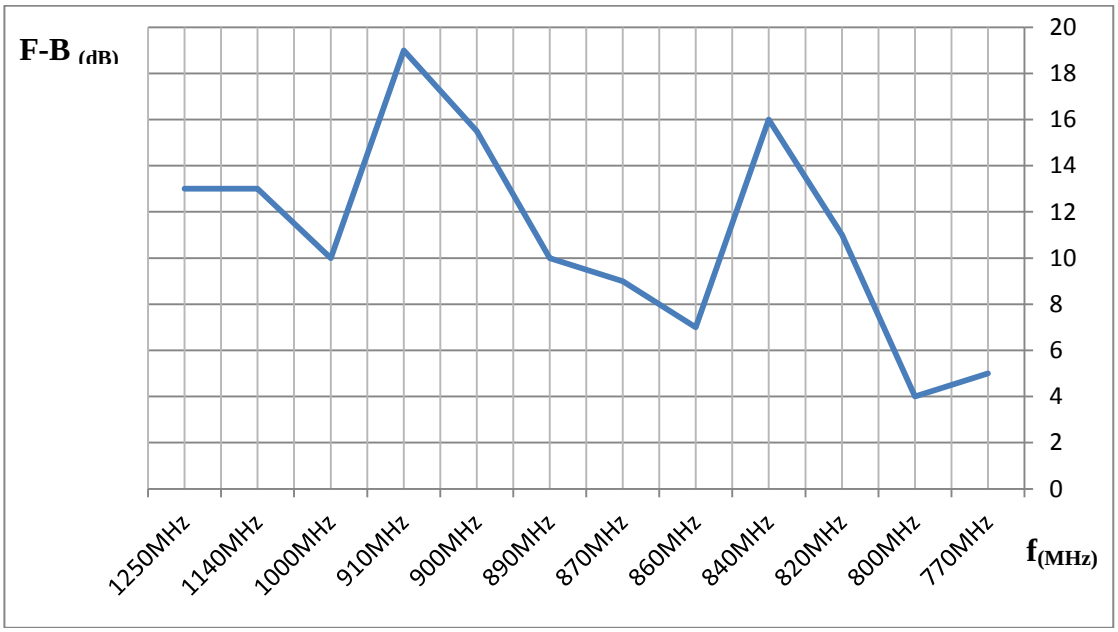
تأثير تغير التردد على نسبة الأمام للخلف وزاوية الاشعاع:

تم اختبار هوائي LPDA عند ترددات مختلفة ضمن المجال الترددي الذي صممنا الهوائي للعمل ضمنه.

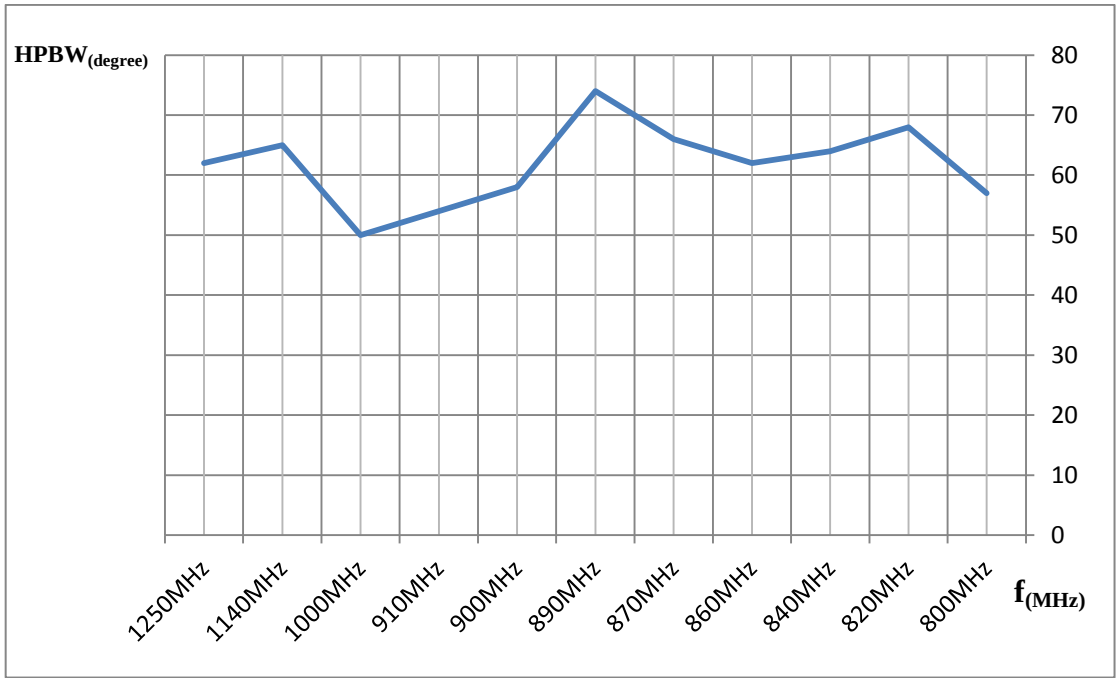
وكانت النتائج كما يلي:

جدول(2) تغير نسبة الامام للخلف (F-B) وزاوية الاشعاع (HPBW) كتابع للتردد (f) لهوائي LPDA

$f_{(MHz)}$	770	800	820	840	860	870	890	900	910	1000	1140	1250
$F\text{-}B_{(dB)}$	5	4	11	16	7	9	10	15.5	19	10	13	13
$HPBW_{(degree)}$	62	57	68	64	62	66	74	58	54	50	65	62

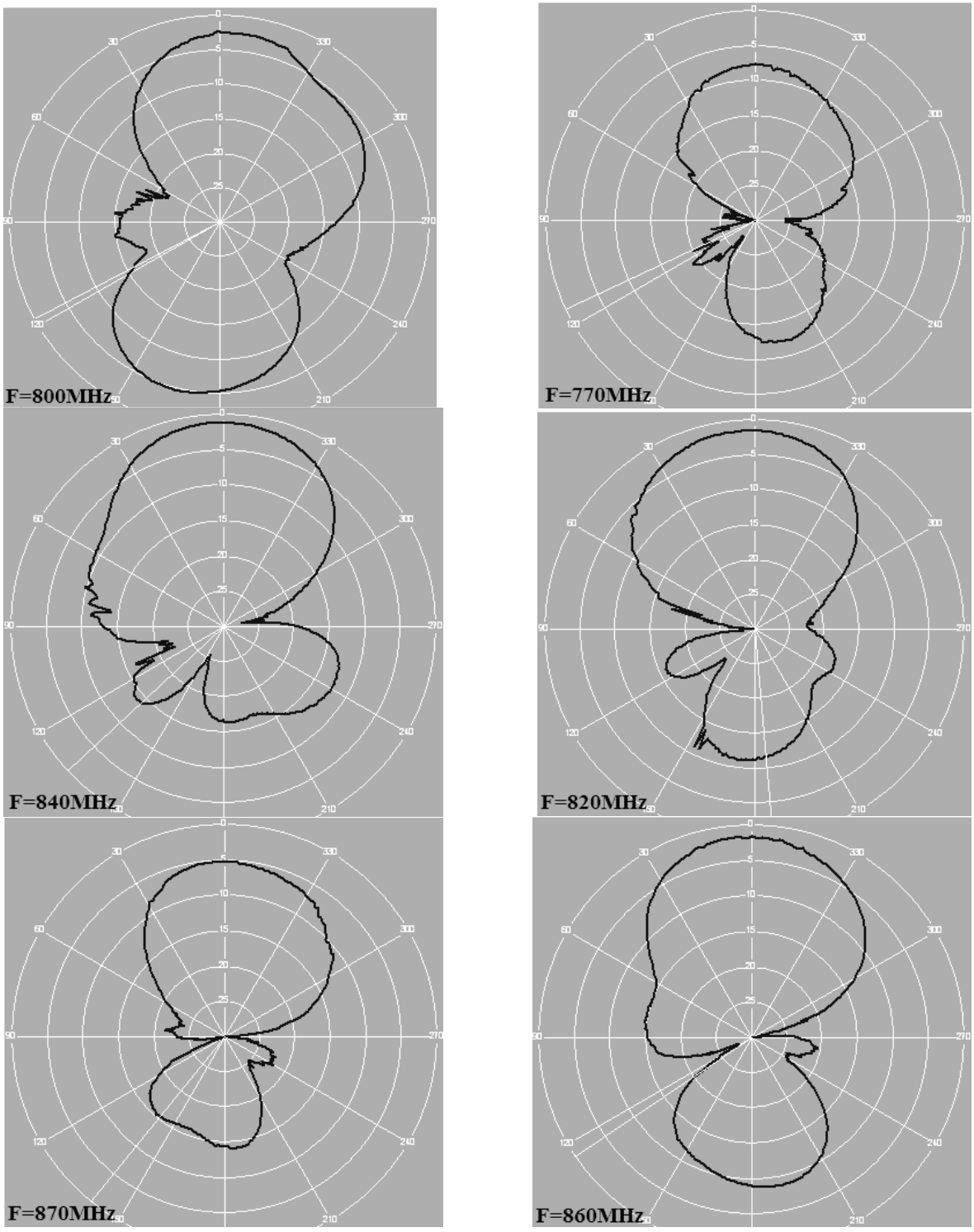


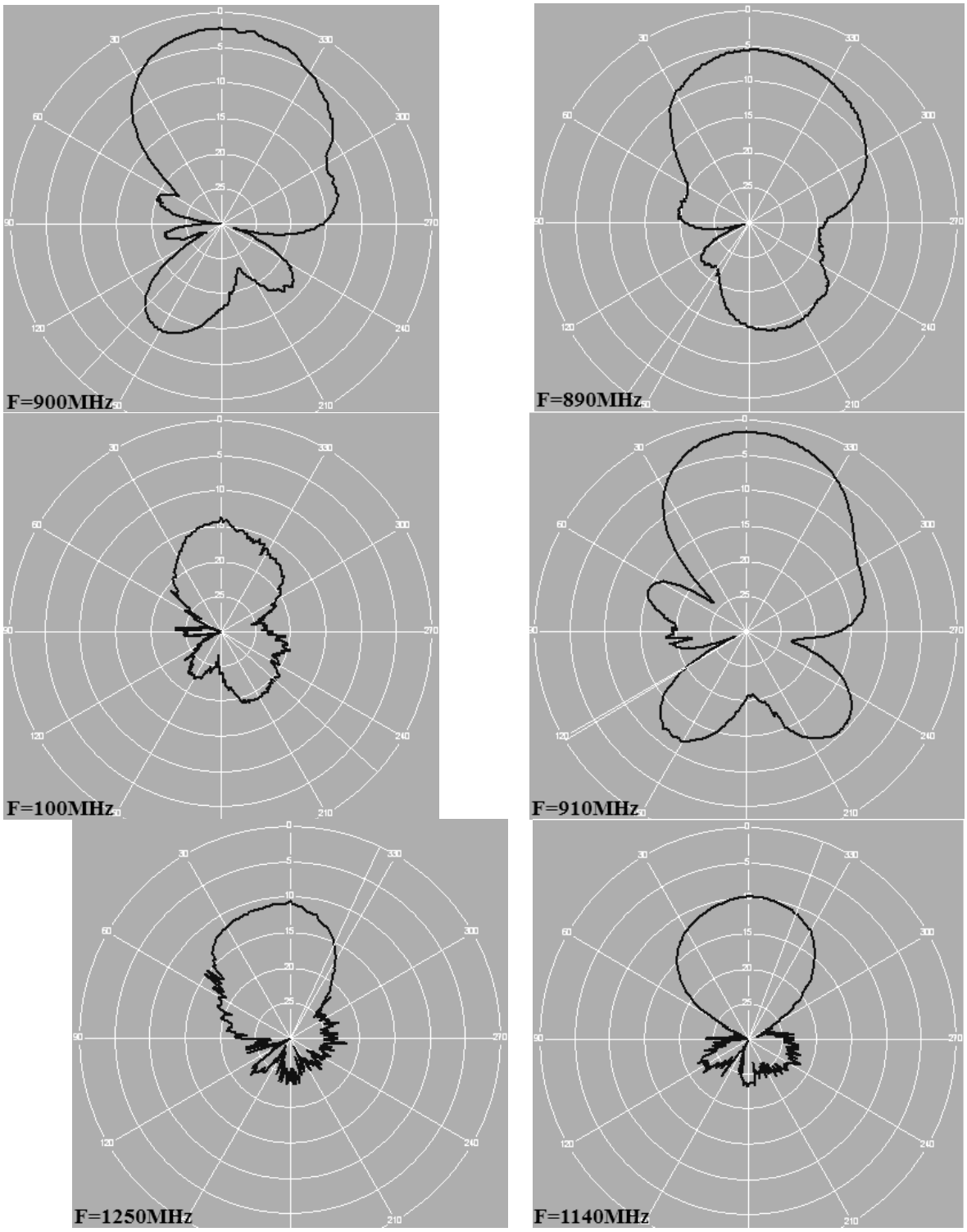
الشكل(8) رسم بياني لتغير نسبة الامام للخلف كتابع للتردد



الشكل(9) رسم بياني لتغير زاوية الاشعاع كتابع للتردد

قياس المخطط الاشعاعي لهوائي LPDA:



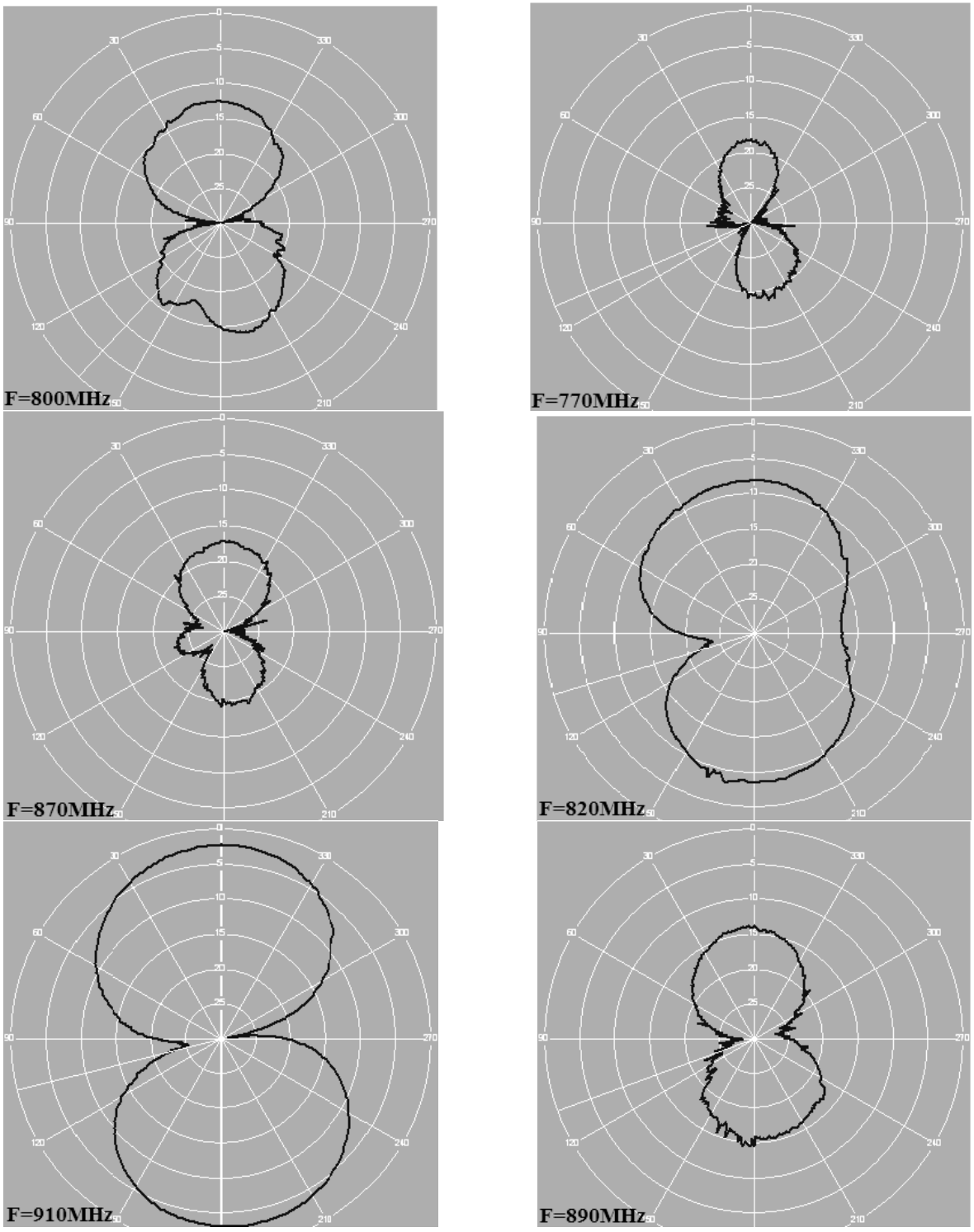


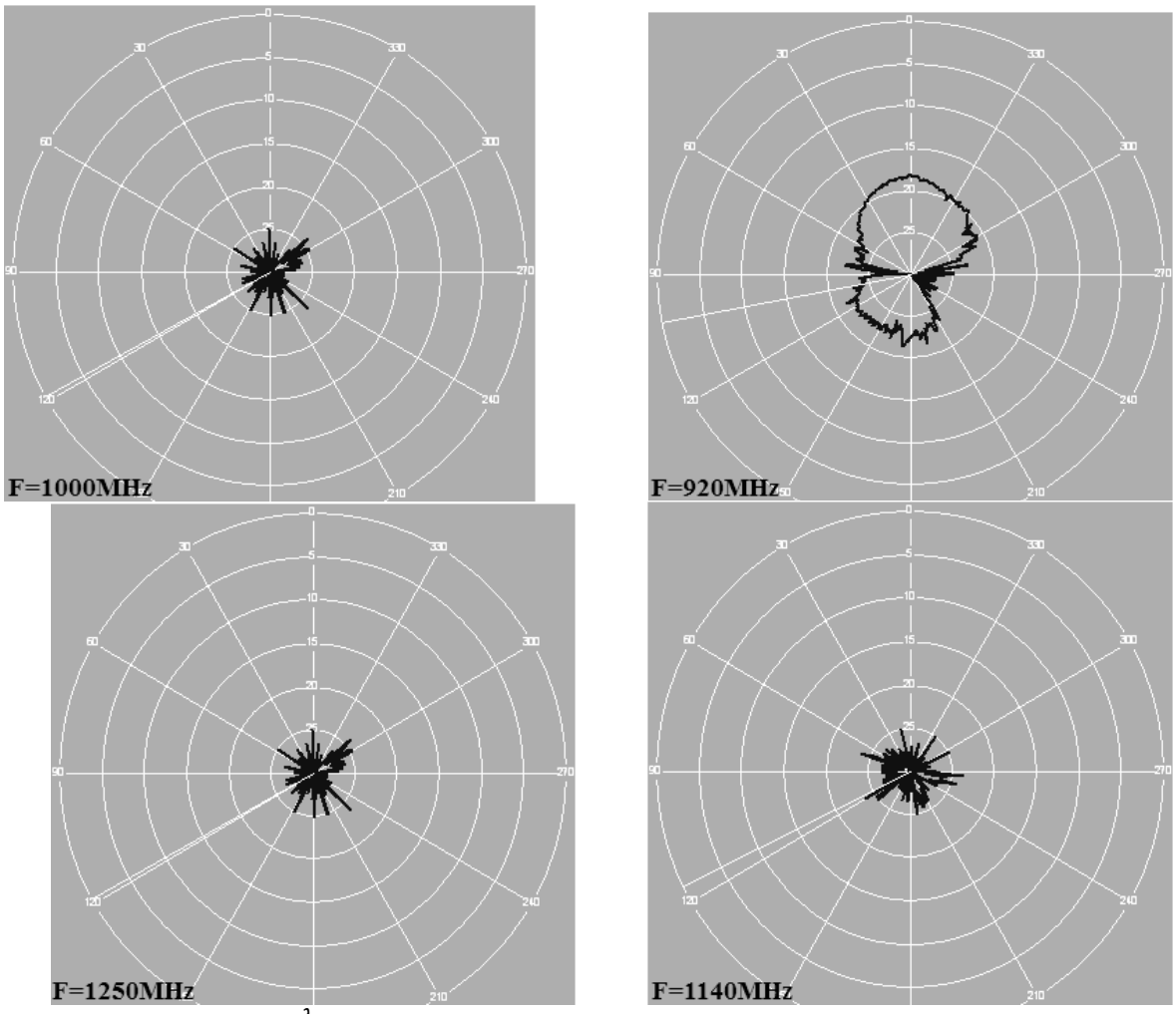
الشكل(10) تأثير تغير التردد على شكل المخطط الاشعاعي لهوائي LPDA

نلاحظ من الأشكال السابقة بقاء المخطط الاشعاعي لهوائي LPDA بالشكل المرغوب والذي هو تركيز الاشعاع بالتجاه الأمامي أي مخطط اشعاعي ذو وريقة رئيسية ونلاحظ أيضاً أن نسبة الأمام الى الخلف (F-B) تأخذ قيم مرغوبة وهذا ما يجعل هوائي LPDA من الهوائيات الجيدة للاستخدام على مجال ترددي عريض.

قياس المخطط الاشعاعي لهوائي $\frac{\lambda}{2}$:

قمنا أيضاً بتحصيل المخطط الاشعاعي لهوائي $\frac{\lambda}{2}$ عند الترددات السابقة وذلك لمقارنة هوائي LPDA به من حيث شدة الاشعاع وشكل المخطط الاشعاعي ونسبة الامام الى الخلف. وكانت النتائج كما يلي:





الشكل(11) تأثير تغير التردد على شكل المخطط الاشعاعي لهوائي $\frac{\lambda}{2}$

نلاحظ من النتائج السابقة وعند تغيير التردد بقاء شدة اشعاع الهوائي LPDA ضمن الحدود المقبولة وذلك يضمن استقبال وارسال الاشارة بربح جيد عند بعض الترددات وممتاز عند ترددات أخرى وكذلك نلاحظ الاتجاهية جيدة جدا (زاوية الاشعاع قليلة) وكذلك كانت نسبة الامام الى الخلف تأخذ قيم مرغوبة جدا على كامل التردد.

بينما نلاحظ التغير الكبير في شدة اشعاع الهوائي $\frac{\lambda}{2}$ مع تغير التردد وانعدامها عند ترددات كثيرة وبالتالي انعدام ربح الهوائي وعدم قدرته على استقبال وارسال الاشارة، كذلك كانت الاتجاهية منخفضة ونسبة امام الى الخلف معدومة حتى عند الترددات التي حققت ربح جيد.

نستنتج مما سبق التفوق الملحوظ لهوائي LPDA على هوائي نصف الموجة $\frac{\lambda}{2}$ وذلك من حيث شدة الاشعاع وشكل المخطط الاشعاعي والنسبة (F-B) وكذلك من حيث نسبة الربح.

الاستنتاجات والتوصيات:

- اختبار هوائي LPDA عريض الحزمة وقياس مخططه الاشعاعي ونسبة اشعاع الوريقة الأمامية الى الخلفية (F-B) وعرض حزمة الاشعاع عند مستوى نصف الاستطاعة (HPBW) وذلك عند مجموعة من الترددات أظهر أهمية هذا الهوائي في أنظمة الاتصالات التي تعمل على مجموعة ترددات وليس تردد وحيد حيث تبين لدينا امكانية الاشعاع واستقبال الاشارة على هذا المجال الترددي وبشكل جيد ولكن بنسب متفاوتة.
- عند العمل على مجال ترددي عريض كالتلفزيون او الراديو يكون من الأفضل استخدام هوائي LPDA بدلا من هوائي نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$ ، أما عند العمل على تردد وحيد كالWiFi فيمكن الاكتفاء باستخدام هوائي $\frac{\lambda}{2}$ لسهولة تصميمه وانخفاض تكلفته مقارنة مع هوائي LPDA.
- يمكن زيادة المجال الترددي للهوائي المقترح بزيادة عدد العناصر N وكذلك بالإمكان زيادة الربح من خلال التحكم بقيم ثوابت التصميم (τ, σ).
- تم في بحثنا الاعتماد على هوائي نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$ في تصميم الهوائي المقترح ولكن يمكن أيضا استخدام تصاميم أخرى لهذا الهوائي كأن تكون مبنية من الهوائي المطوي أو الهوائي الحلقي (المربع أو الدائري أو المعين) ذو الموجة الكاملة واتباع نفس اسلوب التصميم بعد الأخذ بعين الاعتبار أن الطول الطنيني للهوائيات الحلقية هو λ .

المراجع

[1] LO, Y; LEE, T. W. *Antenna Handbook: Theory, Applications, and Design*, Springer Science & Business Media, 2013.

[2] ROBERT,V.C. *analysis and design of the log-periodic dipole antenna*, University of Illinois URILANA, Illinois.

[3] THOMAS, A. M. *modern antenna design*, Published simultaneously in Canada, 2005, 633P.

[4] يوسف، عزيز. *تصميم وقياس هوائي مصفوف لوغاريتمي دوري LPDA عريض الحزمة*، موقع مجلة جامعة تشرين. القطر العربي السوري، العدد السادس، 2017.

[5] BHATTACHARYA, A.B; Roy, K; Nag, A. *Analysis of Radiation Pattern of a Log Periodic Dipole Antenna in VHF Frequency*, Department of Electronics & Communication Engineering University of Kalyani, Kalyani, West Bengal, India,2014.

[6] MAYES, P. E. *Frequency Independent Antennas*, in *Antenna Handbook*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1988, Chapter 9.

[7] RIO, D. *Characterization of Log Periodic Folded Slot Antenna Arra*,University of Puerto Rico, 2005.

[8] JEONG, I. K. *Log-Periodic Loop Antennas*, Blacksburg, Virginia, July, 1999.