

## تصميم هوائي مصفوفي خطي بنموذج إشعاعي قطاعي باستخدام طريقة تحويل فورييه وطريقة Woodward

فؤاد غانم\*

(تاريخ الإيداع 10 / 5 / 2015. قُبل للنشر في 23 / 8 / 2015)

### □ ملخص □

تم في هذا البحث تقديم طريقتين للحصول على نموذج إشعاعي قطاعي مرغوب باستخدام عملية تركيب المصفوفات، حيث سنقوم بحساب معاملات التغذية للمصفوف المدروس باستخدام طريقتي تحويل فورييه وطريقة "وودوارد"، واعتماداً عليهما سندرس تأثير زيادة عدد عناصر المصفوف على شكل النموذج الإشعاعي وعلى سوية الوريقات الثانوية عند مسافة بينية ثابتة، ثم سنقارن بين شكل المخطط الإشعاعي لمعامل المصفوف المحسوب وفق الطريقتين المذكورتين مع بيان محاسن وعيوب كل منهما.

**الكلمات المفتاحية:** معامل التصفيف، تحويل فورييه، تقريب "وودوارد"، توزع التيار، تركيب المصفوفات .

\*مشرف على الأعمال - قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Design of Linear periodic antenna array with desired sectoral pattern using Fourier transform and Woodward method

Fouad Ghanem\*

(Received 10 / 5 / 2015. Accepted 23 / 8 / 2015)

### □ ABSTRACT □

this paper illustrates two methods of having a desired sectoral pattern using the techniques of antenna synthesizing ,we will calculate the array excitation coefficients by using Fourier transform and Woodward method , beside studying the effect of increasing the array elements on the desired radiation pattern and the side loop level at a constant distance. Finally we will compare the results of the two methods showing their advantages and disadvantages.

**Keywords** array factor, Fourier transform, Woodward ,current distribution, antenna synthesis

---

\*Work Supervisor, Department of Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University ,Lattakia, Syria.

## مقدمة:

من الأهمية بمكان - عملياً - تصميم منظومة هوائيات مصفوفية تحقق نموذجاً إشعاعياً مرغوباً مع عرض حزمة محدد عند مستوى نصف الاستطاعة إضافةً إلى مستوى وريقات ثانوية منخفضة ، الأمر الذي يستوجب حساب الأبعاد الهندسية للمنظومة مع حساب توزع معاملات تغذية العناصر المختلفة . لا بد أيضاً من التمييز بين النموذج الإشعاعي المرغوب desired pattern وبين الطرائق التقريبية المتبعة للحصول على النموذج المقترض، وهذا ما ندعوه بعملية تركيب المصفوفات antenna array synthesis .

يتطلب تركيب نموذج إشعاعي معطى مجموعة من الإجراءات : ففي البداية لا بد من تحليل رياضي ( دقيق أو تقريبي ) قابل للتحقيق ، والخطوة التالية تكمن في بناء النموذج المركب بوساطة منظومة هوائيات محددة .

## أهمية البحث وأهدافه:

يقدم البحث المطروح مساهمة جديدة في دراسة تأثير توزع معاملات التغذية ، وعدد العناصر N على أداء المصفوف الخطي منتظم المسافات ، وغير منتظم التغذية، حيث سيتم إثبات أنه مع زيادة عدد العناصر وثبات المسافة بينها فإنه يمكن الحصول على نموذج إشعاعي مرغوب، وسنبرهن في الوقت ذاته على وجود تأثير للعوامل السابقة في تخفيض سوية الوريقات الثانوية للإشعاع.

## طرائق البحث ومواده:

### 1- مفهوم المنابع ذات التوزع المستمر والمنابع ذات التوزع الخطي :

يمكن اعتبار أي سلك طويل ( بالنسبة لطول الموجة ) بمثابة منبع ذي توزع مستمر ، وبالتالي لا يمكن التحكم في مطال وطور التغذية لهذا النوع من المنابع، إضافةً إلى ارتفاع سوية الوريقات الثانوية بالنسبة للإشعاع الرئيس مع زيادة طول السلك . إن تجزئة هذا السلك إلى عدد من العناصر المفصولة بمسافات بينية متساوية d سيعطي مصفوفاً خطياً منتظم المسافات ، كما أن زيادة عدد عناصر المصفوف مع ثبات طول السلك سيجعل من توزع التغذية مستمراً continuous distribution على كل عنصر . ويمكن التحكم في النموذج الإشعاعي الناتج عن هذا المصفوف بوساطة التحكم في مطال التغذية I وطورها  $\varphi$  للعناصر المختلفة [1].

تعد توزعات المنابع المستمرة تابعاً وحيداً للإحداثيات ، ويمكن استخدامها لمقاربة المصفوف الخطي ذي العناصر المنفصلة والعكس بالعكس . ومن أجل توزع منبع خطي لطول قدره a متوضع بشكل متناظر على طول المحور z، نعرف معامل التصنيف  $F(\theta)$ ، ويعطى هذا المعامل بالعلاقة [2]:

$$F(\theta) = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} I_n(z') \cdot e^{j[kz' \cos\theta + \varphi_n(z')]} dz' \quad (1)$$

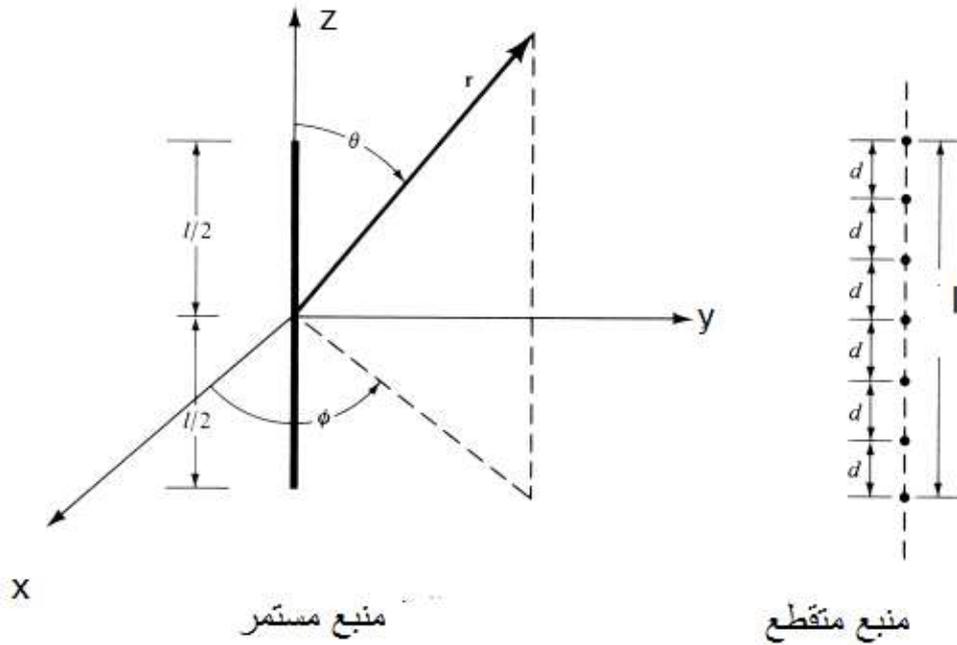
حيث تعبر  $I_n(z')$  عن توزع مطال التيار على العناصر المختلفة ( معاملات التغذية )، في حين تشير  $\varphi_n(z')$  إلى طور التغذية للعناصر المختلفة .

## 2- النماذج القطاعية وطرائق مقاربتها :

يتطلب الأمر في بعض الأحيان الحصول على نموذج إشعاعي مرغوب يحقق مواصفات محددة ، ومنها ما يعرف بالنماذج القطاعية *sectoral patterns*، والتي تستخدم على نطاق واسع في أنظمة الرادار ، وتمتاز بأنها تعطي ربحاً ثابتاً ضمن قطاع زاوي محدد [3] .

سوف نفترض أننا نريد الحصول على نموذج قطاعي موضح في الشكل (2) ويحقق العلاقة :

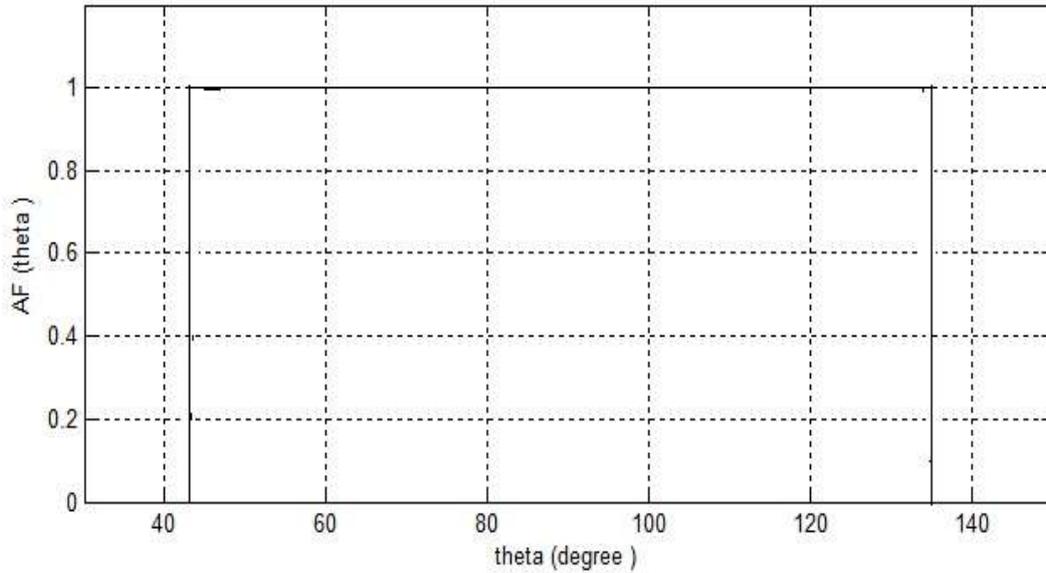
$$F(\theta) = \begin{cases} 1 & : \frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{3\pi}{4} \\ 0 & : \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2)$$



الشكل (1) المصفوف الخطي المدروس.

يجب في البداية استخدام طرائق رياضية تقريبية لمقاربة هذا النموذج ، وباستخدام هذه الطرائق نحسب معاملات

تغذية العناصر ، ومن ثم نستخدم المعاملات المحسوبة بالطريقة التقريبية لبناء وتركيب مصفوف خطي مع رسم المخطط الإشعاعي لمعامل المصفوف ونقارنه مع النموذج المرغوب ، كما سندرس تأثير زيادة عدد العناصر على شكل النموذج وعلى سوية الوريقات الثانوية .



الشكل (2) النموذج الإشعاعي المرغوب.

### 3- طريقة تحويل فورييه :

من أجل منبع ذو توزيع مستمر (مشع خطي) بطول قدره  $l$  متوضع بشكل متناظر على المحور  $Z$ ، فإن معامل التصنيف يمكن كتابته بالصيغة [4]:

$$F(\theta) = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} I(z') e^{j(k \cos \theta - k_z)z'} dz' \quad (3)$$

$$F(\theta) = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} I(z') e^{j\xi z'} dz' \quad (4)$$

$$\xi = K \cdot \cos \theta - K_z \Rightarrow \theta = \cos^{-1} \left( \frac{\xi + K_z}{K} \right) \quad \text{حيث إن:}$$

حيث يعبر  $k_z$  عن ثابت الطور للعنصر  $Z$ .

ومن أجل الحصول على التوزيع المنسوب سوف يكون  $I(z') = \frac{I_0}{l}$  ، وبالتالي يصبح معامل التصنيف :

$$F(\theta) = I_0 \frac{\sin \left[ \frac{k \cdot l}{2} \left( \cos \theta - \frac{k_z}{k} \right) \right]}{\frac{k \cdot l}{2} \left( \cos \theta - \frac{k_z}{k} \right)} \quad (5)$$

وبما أن توزيع التيار محصور ضمن المجال  $-\frac{l}{2} \leq z' \leq \frac{l}{2}$  ومعدوم خارجه ، فيمكن توسيع علاقة معامل

التصنيف لتصبح بالصيغة :

$$F(\theta) = F(\xi) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(z') e^{j\xi z'} dz' \quad (6)$$

تعتبر هذه العلاقة عن تحويل فورييه المنتهي وحيد البعد للتوزيع المنسوب للتيار للمنبع المستمر  $I(z')$  ، وبالتالي

يكون توزيع التيار معطى بعلاقة تحويل فورييه العكسي التالية [4]:

$$I(z') = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\xi) e^{-jz'\xi} d\xi = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\theta) e^{-jz'\xi} d\xi \quad (7)$$

من الناحية الفيزيائية لا يمكن تحقيق منبع بطول لانهائي ، لذا يمكن كتابة معامل توزيع التغذية ضمن المجال

بالتوزيع التقريبي التالي :  $-\frac{l}{2} \leq z' \leq \frac{l}{2}$

$$I_a(z') = \begin{cases} I(z') : \frac{-l}{2} \leq z' \leq \frac{l}{2} \\ 0 : \text{else} \end{cases}$$

ونحصل بالنتيجة على النموذج التقريبي  $F(\theta)_a$ ، وبخطأ مقبول، هذا التوزيع التقريبي يستخدم لمقاربة النموذج المرغوب المباشر  $F(\theta)_d$ . يمكن الدراسة من أجل عدد زوجي  $(2M)$ ، أو فردي  $(2M+1)$  من العناصر . بالعودة للنموذج القطاعي المدروس مع اعتبار عدد عناصر فردي، وبالتالي تناظر حول المركز أي  $k_z = 0$

نحصل على العلاقة النهائية لمعامل التصنيف التقريبي [5] :

$$SF(\theta)_a = SF(\theta)_d = \frac{1}{\pi} \left\{ si \left[ \frac{l\pi}{\lambda} \left( \cos \theta + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right] - si \left[ \frac{l\pi}{\lambda} \left( \cos \theta - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

حيث  $si(\alpha)$  هو تابع الجيب التكاملية للمقدار  $\alpha$ .

يوضح الشكل (3) معامل التصنيف من أجل شبكتين ذات الأطوال  $l=10\lambda$ ،  $l=5\lambda$ ، ويمكن التعبير عن ذلك بمصفوفة خطية منتظمة المسافات، وغير منتظم التغذية بعدد عناصر  $N$  متناظر حول المركز، يكون معامل المصفوف الموافق لعدد عناصر فردي  $2M+1$  معطى وفق :

$$AF(\theta) = AF(\Psi) = \sum_{m=-M}^{m=M} a_m \cdot e^{jm\psi} \quad : N = 2M + 1 \quad (9)$$

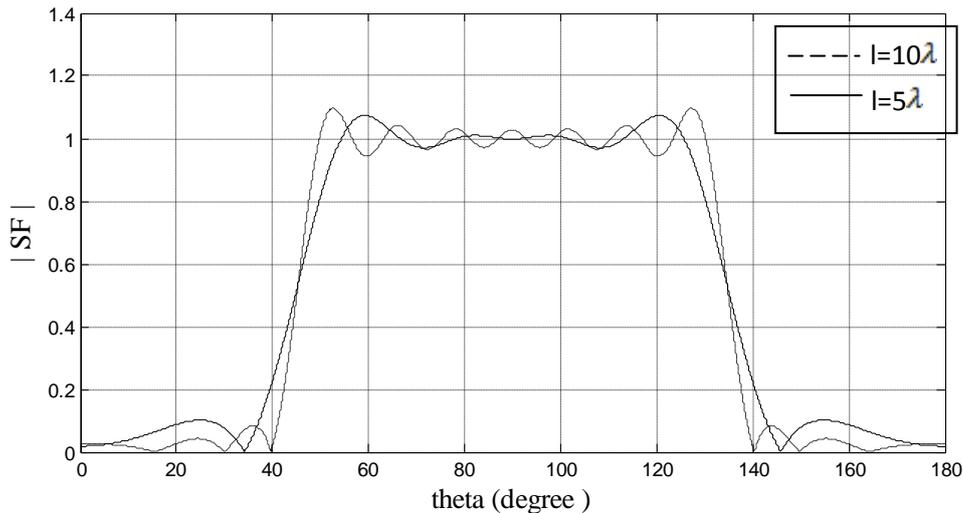
حيث  $\psi = k \cdot d \cdot \cos \theta + \beta$

سنعتبر في دراستنا مصفوفاً يشع باتجاه متعامد على اتجاه المصفوفة حيث  $\beta = 0$ ، ويعدد فردي من العناصر ليصبح :  $\psi = k \cdot d \cdot \cos \theta$ ، وباعتبار معامل التصنيف تابعاً دورياً دوره  $2\pi$ ، فإن ذلك يستوجب مسافة بينية  $d = \frac{\lambda}{2}$ ، وعندها تتوضع العناصر على المحور  $Z$  عند المواضع :

$$z'_m = m \cdot d \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

وبالتالي يمكن مقارنة النموذج الإشعاعي المرغوب باستخدام معامل التصنيف، وعندها تكون معاملات التغذية للمصفوفة الخطية الموافقة [6]، [5]:

$$a_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \frac{\sin \frac{m\pi}{\sqrt{2}}}{\frac{m\pi}{\sqrt{2}}} \right] \quad (10)$$



الشكل (3) معامل التصنيف لمنبع مستمر.

#### 4- طريقة " وودوارد " Woodward method :

يتم تركيب المصفوفات بهذه الطريقة بتقطيع النموذج المرغوب عند عدد من المواقع المنفصلة ، حيث يمكن تمثيل توزيع التيار للمنبع المستمر (السلك المشع) ضمن المجال  $-\frac{l}{2} \leq z' \leq \frac{l}{2}$  بمجموع منته من المنابع المنسوبة ، كل منها ذات مطال ثابت وطور خطي [7]، أي أن :

$$i_m(z') = \frac{a_m}{l} \cdot e^{-jkz' \cdot \cos\theta_m}$$

وتمثل هنا  $\theta_m$  الزاوية التي يتم عندها التقطيع ، ويكون التيار الكلي هو مجموع تيارات العناصر السابقة ، وبالتالي يكون معامل التصيف للمنبع المستمر :

$$F(\theta) = \sum_{m=-M}^{+M} a_m \frac{\sin\left[\frac{kl}{2}(\cos\theta - \cos\theta_m)\right]}{\frac{kl}{2}(\cos\theta - \cos\theta_m)} \quad (11)$$

ومن أجل تحقيق دور  $2\pi$  يجب فصل كل عنصر عن الآخر بمسافة  $\Delta = \frac{\lambda}{l}$  ، وعندها تتوضع العينات عند

المواضع :

$$\theta_m = \cos^{-1}\left(\frac{m \cdot \lambda}{l}\right) \quad (12)$$

يمكن استخدام هذه الطريقة لتركيب مصفوف خطي منتظم المسافات وغير منتظم التغذية ويكون عندها معامل

التصيف الموافق [8]:

$$AF(\theta) = \sum_{m=-M}^{+M} a_m \frac{\sin\left[\frac{N-1}{2}k \cdot d \cdot (\cos\theta - \cos\theta_m)\right]}{(N-1) \sin\left[\frac{1}{2}k \cdot d \cdot (\cos\theta - \cos\theta_m)\right]} \quad (13)$$

$$a_m = F(\theta = \theta_m)_d \quad (14) \quad \text{حيث}$$

كما يمكن بطريقة ثانية ومن معرفة عدد عناصر المصفوف  $N$  ، والمسافة البينية  $d$  ، ورقم العنصر  $m$  ، تطبيق

العلاقة [9]:

$$\theta_m = \cos^{-1}\left[m \frac{\lambda}{(N-1)d}\right] \quad (15)$$

### النتائج والمناقشة:

• حساب معاملات التغذية بطريقة تقريب تحويل فورييه :

الحالة الأولى : المصفوف الخطي :  $N=11$  ،  $d = 0.5\lambda$

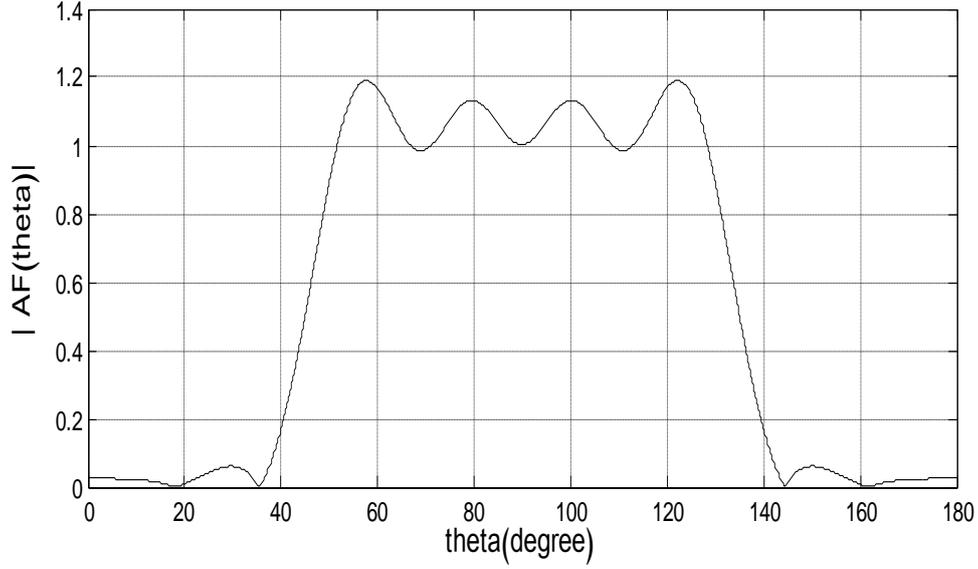
نحصل باستخدام العلاقة (10) على القيم التالية لمعاملات التغذية المنسوبة والمبينة في الجدول (1) :

الجدول (1) معاملات التغذية المنسوبة للحالة المدروسة  $N=11$  ،  $d=0.5\lambda$

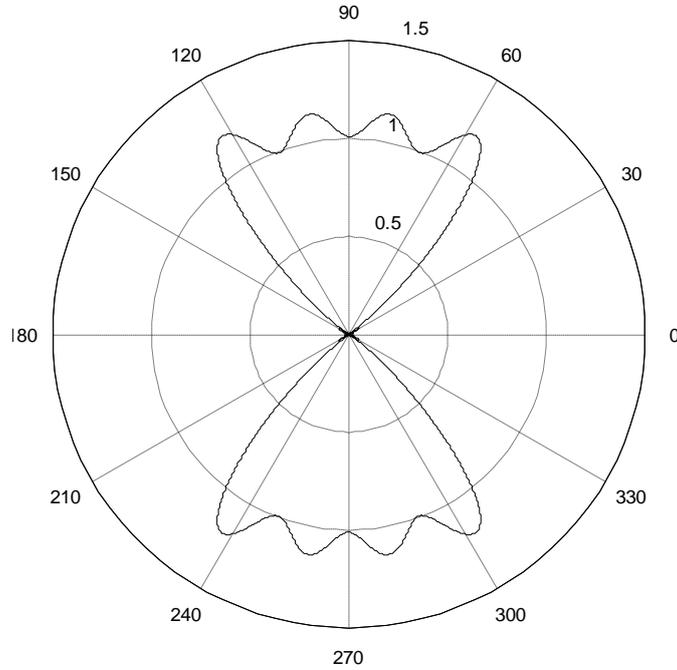
رقم العنصر (m)	$a_m$
0	1
$\pm 1$	0.3582
$\pm 2$	-0.2170

$\pm 3$	<b>0.0558</b>
$\pm 4$	<b>0.0578</b>
$\pm 5$	<b>-0.0598</b>

يمكننا تعويض هذه المعاملات في العلاقة (9) الخاصة بالمصفوف الخطي منتظم المسافات وغير منتظم التغذية وباستخدام برنامج Matlab R2009، يمكننا الحصول على المخططين الإشعاعيين الموافقين في كل من المستويين القطبي والديكارتي الموضحين في الشكلين (4)،(5) :



الشكل (4) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $N = 11, d = 0.5\lambda$ .



الشكل (5) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $N = 11, d = 0.5\lambda$ .

**الحالة الثانية: المصفوف الخطي :  $N=21$  ,  $d = 0.5\lambda$** 

باستخدام العلاقة (10) نحصل على القيم التالية لمعاملات التغذية المنسوبة والمبينة في الجدول (2) :

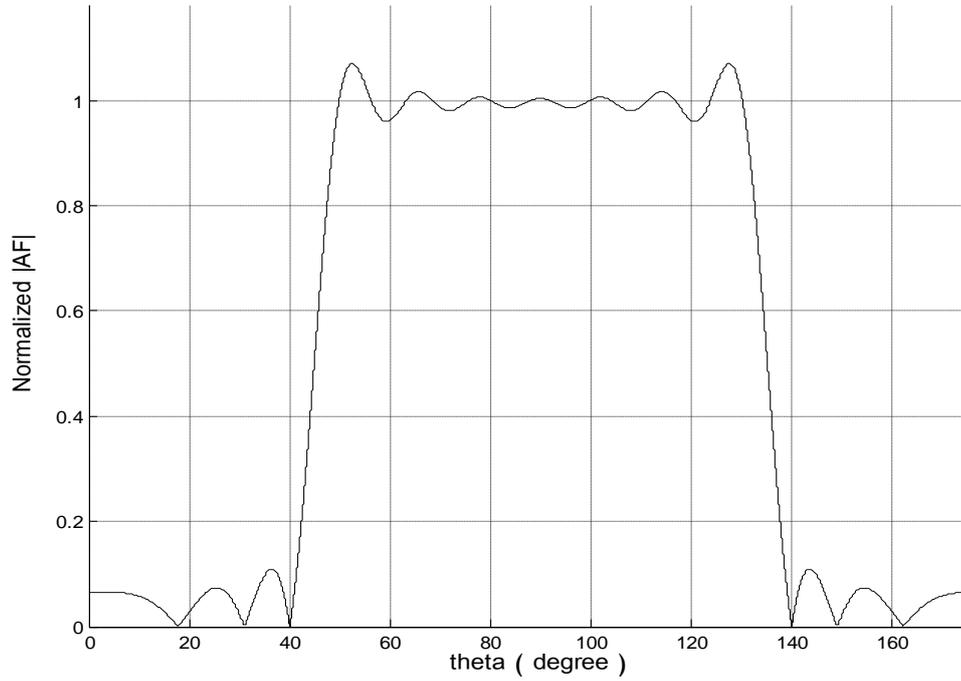
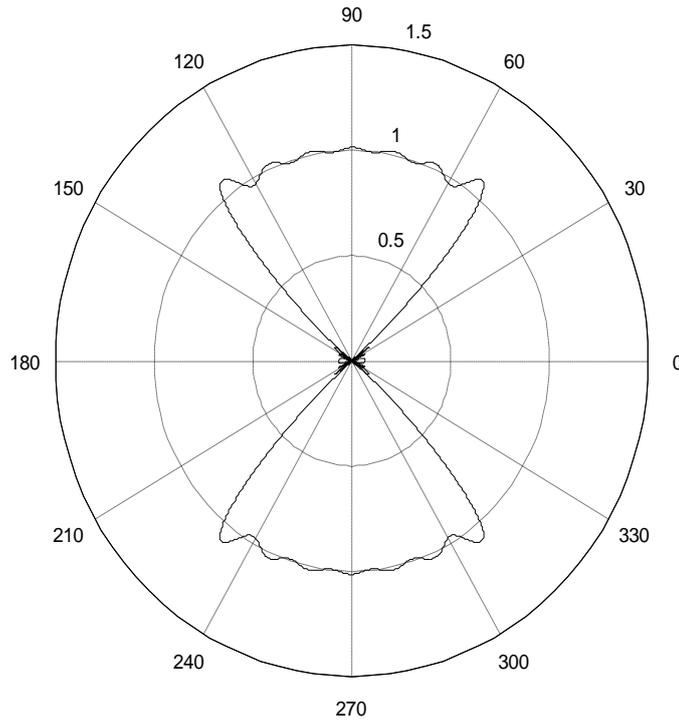
الجدول (2) معاملات التغذية المنسوبة للحالة  $N=21$  ,  $d=0.5\lambda$

m	$a_m$
0	1
$\pm 1$	0.3582
$\pm 2$	-0.2170
$\pm 3$	0.0558
$\pm 4$	0.0578
$\pm 5$	-0.0598
$\pm 6$	0.0518
$\pm 7$	0.0101
$\pm 8$	-0.0496
$\pm 9$	0.0455
$\pm 10$	-0.0100

إن تعويض هذه المعاملات في العلاقة (9)، يمكننا وباستخدام برنامج Matlab R2009 من الحصول على المخططين الإشعاعيين الموافقين في كل من المستويين القطبي والديكارتي الموضحين في الشكلين (6)، (7) .

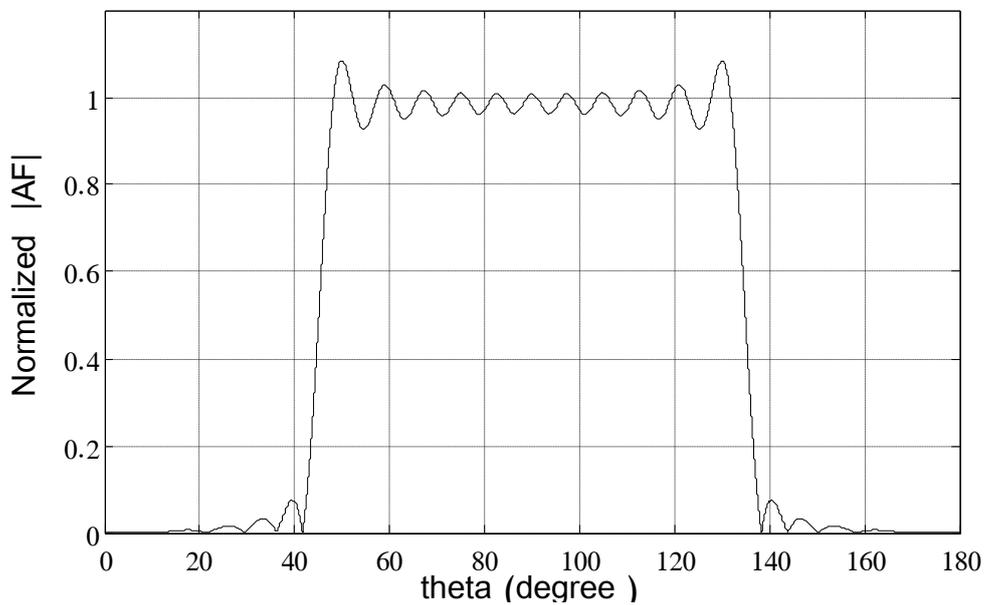
**الحالة الثالثة: المصفوف الخطي :  $N=31$  ,  $d = 0.5\lambda$** 

باستخدام العلاقة (10) نحصل على القيم التالية لمعاملات التغذية المنسوبة والموضحة في الجدول (3)، أما المنحنيات الديكارتية والقطبية الناتجة عن تعويض قيم المعاملات السابقة باستخدام برنامج matlab فهي موضحة في الشكلين (8)، (9) .

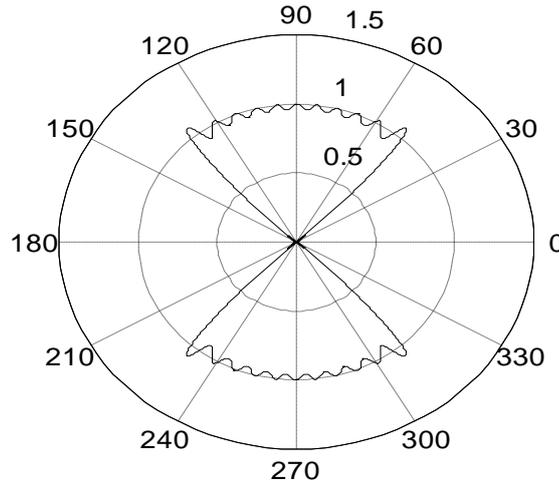
الشكل (6) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $N = 21, d = 0.5\lambda$ الشكل (7) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $N = 21, d = 0.5\lambda$ الجدول (3) معاملات التغذية المنسوبة للحالة  $N = 31, d = 0.5\lambda$ 

$m$	$a_m$
0	1
$\pm 1$	0.3582

±2	-0.2170
±3	0.0558
±4	0.0578
±5	-0.0598
±6	0.0518
±7	0.0101
±8	-0.0496
±9	0.0455
±10	-0.0100
±11	-0.0263
±12	0.0375
±13	-0.0197
±14	-0.0100
±15	0.0283



الشكل (8) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $N = 31, d = 0.5\lambda$



الشكل (9) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $N = 31, d = 0.5\lambda$

• حساب معاملات التغذية بطريقة تقريب وودوارد:

سوف نحسب معاملات التغذية  $a_m$  من أجل الحالتين  $L = 5\lambda$  ،  $L = 10\lambda$  ، واعتماداً على نتائج الحساب نرسم المخططات الموافقة .

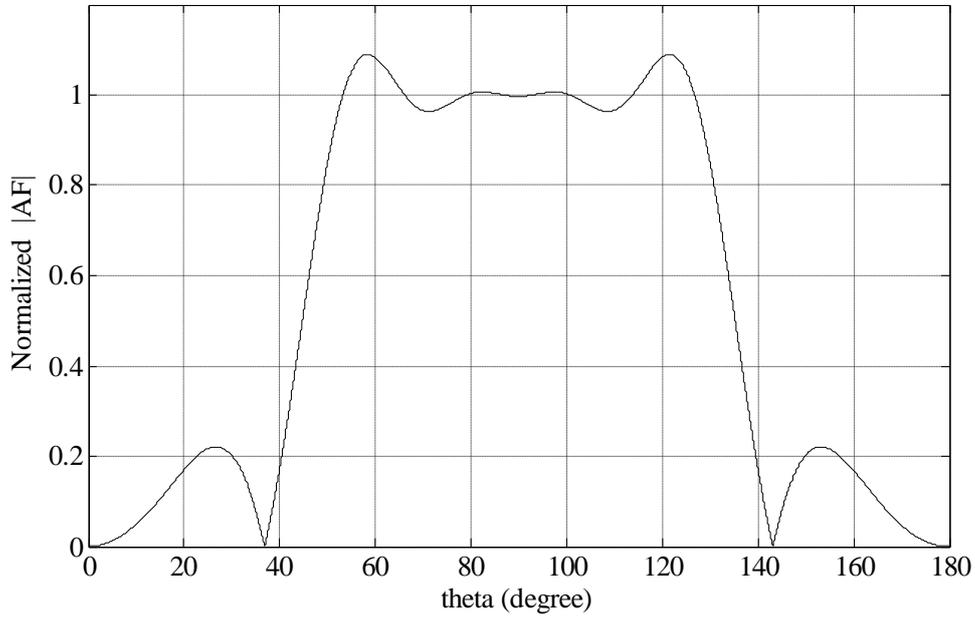
الحالة الأولى: سنحسب معاملات التغذية عندما  $L = 5\lambda$ :

وباعتبار  $M \leq l/\lambda$  نختار  $M = 5$  ، ومن المعادلة  $\Delta = \frac{\lambda}{M}$  تكون المسافة بينية  $\Delta = 0.2$  بالتالي يكون عدد نقاط الاعتيان (عدد العناصر) في المصفوف الخطي الموافق هو  $N = 11$  ، وهو يوافق مسافة بينية  $d = 0.5\lambda$  ، يمكن باستخدام المعادلات (12)، (14)، (15) تحديد معاملات التغذية للعناصر المختلفة ، وزوايا الإشعاع الأعظمي لكل منها وفق الجدول (4):

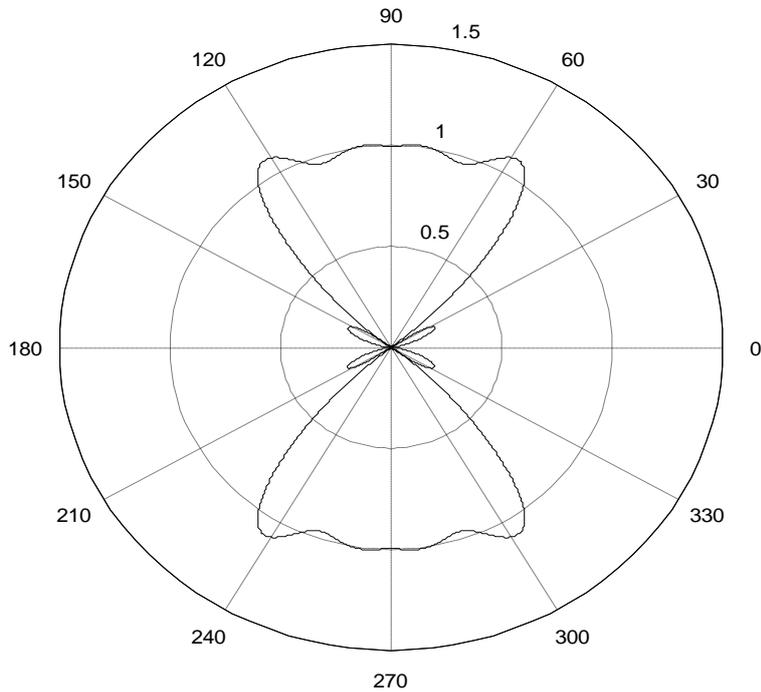
الجدول (4) معاملات تغذية عناصر مصفوف "وودوارد"  $N = 11$  ،  $d = 0.5\lambda$

m	$\Theta_m(\text{degree})$	$a_m$
0	90	1
1	78.46	1
2	66.42	1
3	53.13	1
4	36.87	0
5	0	0
-1	101.54	1
-2	113.58	1
-3	126.87	1
-4	143.13	0
-5	180	0

وباستخدام معاملات التغذية المحسوبة من المعادلة (13) نحصل على مخطط معامل المصفوف في المستويين الديكارتي والقطبي:



الشكل (10) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $N=11$  ,  $d=0.5\lambda$  ,  $M=5$



الشكل (11) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $N=11$  ,  $d=0.5\lambda$  ,  $M=5$

**الحالة الثانية: سنحسب معاملات التغذية عندما  $l=10\lambda$** 

وباعتبار  $M \leq l/\lambda$  نختار  $M=10$ ، ومن المعادلة  $\Delta = \frac{\lambda}{l}$  تكون المسافة البينية  $\Delta = 0.1$ ، وعدد نقاط الاعتيان

(عدد العناصر) في المصفوف الخطي الموافق هو  $N=21$ ، يمكن باستخدام المعادلات (12)، (14) تحديد معاملات

تغذية العناصر المختلفة وزوايا الإشعاع الأعظمي لكل منها وفق الجدول (5) :

الجدول (5) معاملات تغذية عناصر مصفوف 'وودوارد'  $N=21$  ,  $d=0.5\lambda$

m	$\Theta_m(\text{degree})$	$a_m$
0	$90^\circ$	1
1	$84.26^\circ$	1
2	$78.46^\circ$	1
3	$72.54^\circ$	1
4	$66.42^\circ$	1
5	$60^\circ$	1
6	$53.13^\circ$	1
7	$45.57^\circ$	1
8	$36.86^\circ$	0
9	$25.84^\circ$	0
10	$0^\circ$	0
-1	$95.73^\circ$	1
-2	$101.53^\circ$	1
-3	$107.45^\circ$	1
-4	$113.57^\circ$	1
-5	$120^\circ$	1
-6	$126.86^\circ$	1
-7	$134.42^\circ$	1
-8	$143.13^\circ$	0
-9	$154.15^\circ$	0
-10	$180^\circ$	0

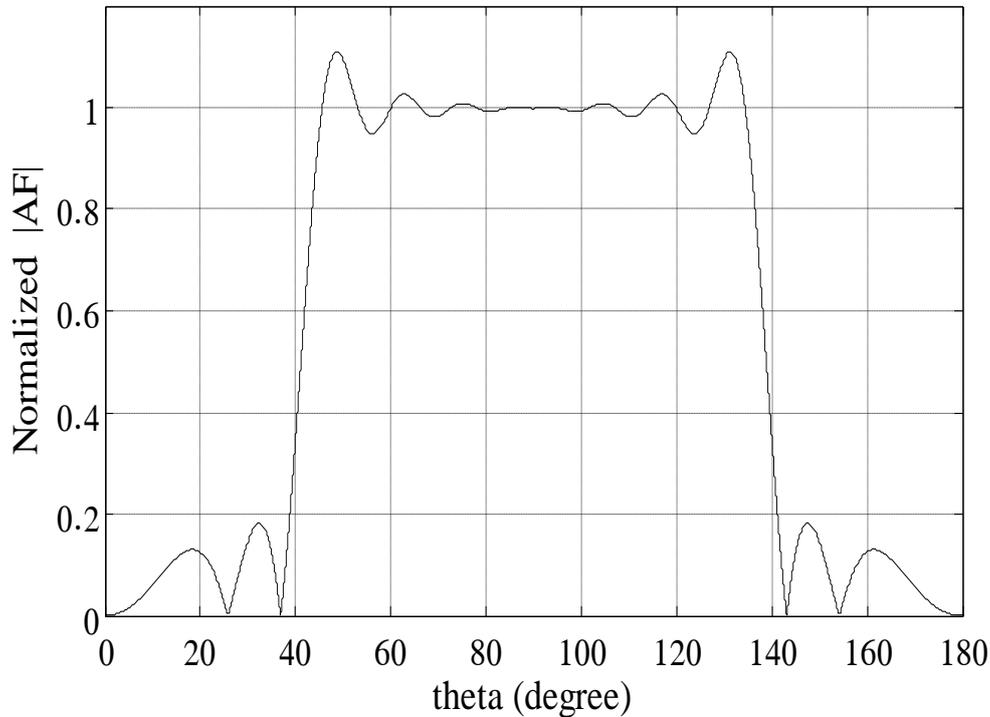
إن مخطط معامل المصفوف الموافق في المستويين القطبي والديكارتي تم إيضاحه في الشكلين (12)،(13) .

#### • دراسة تأثير انخفاض عرض الحزمة :

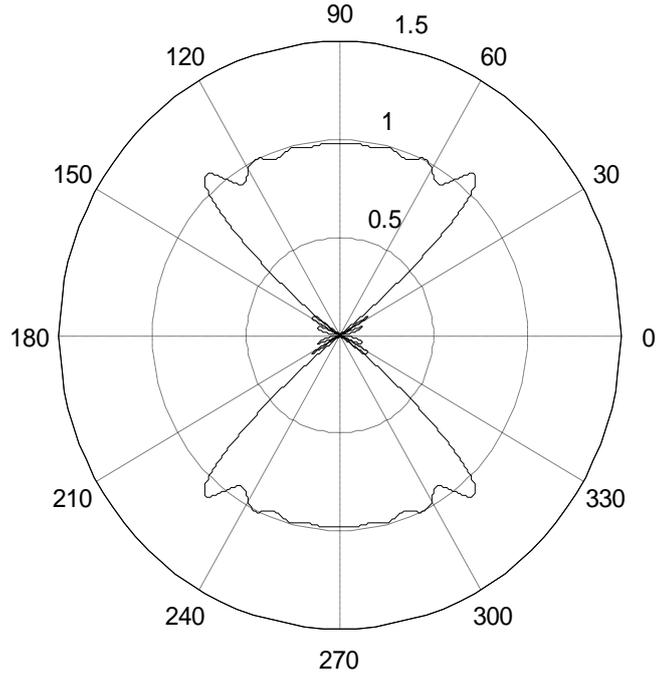
تناولت الخطوات السابقة لهذه الدراسة تصميم مصفوفة هوائية خطية ذات عرض حزمة مسح كبير نسبياً، ويساوي إلى  $90^\circ = 135 - 45 = \Delta\theta$ ، يعد عرض الحزمة الواسع من المتطلبات الأساسية لرادارات البحث ، أما بالنسبة لرادارات الملاحقة فإن عملها يستوجب عرض حزمة ضيق ، إن إعادة المسألة التصميمية من أجل عرض حزمة أقل ومحصور - على سبيل المثال - بين  $10^\circ = 80 - 70 = \Delta\theta$ ، ومن أجل طول  $L=5\lambda$ ، والذي يوافق عدد عناصر  $N = 11$  مع مسافة بينية  $d=0.5\lambda$ ، وباستخدام المعادلات (12)،(14) سنلاحظ انعدام معاملات التغذية لجميع عناصر المصفوف باستثناء العنصر  $a_1$  ، أي أن :

$$a_m = \begin{cases} 0 & , m \neq 1 \\ 1 & , m = 1 \end{cases}$$

يوضح الشكلان (14) ، (15) المخطط الإشعاعي الموافق لهذه الحالة في المستويين القطبي والديكارتي، مع ملاحظة أن الزاوية الموافقة لتوضع هذا العنصر هي  $\theta_m = 78.46^\circ$ ، أما من أجل طول  $L=10\lambda$  والذي يوافق عدد عناصر  $N=21$ ، مع المحافظة على المسافة البينية  $d=0.5\lambda$  ذاتها ، واعتبار عرض الحزمة السابق ذاته  $10^\circ = 80 - 70 = \Delta\theta$  وباستخدام المعادلات (12)،(14) ، نلاحظ انعدام معاملات تغذية جميع العناصر باستثناء العنصرين  $a_2$  ،  $a_3$  ، وتكون الزاوية الموافقة لتوضع العنصرين السابقين هي بالترتيب  $\theta_{m3} = 78.46^\circ$ ،  $\theta_{m2} = 72.54^\circ$  وباستخدام برنامج Matlab نحصل على المخططين الإشعاعيين في المستويين القطبي والديكارتي والموضحان في الشكلين (16) (17).

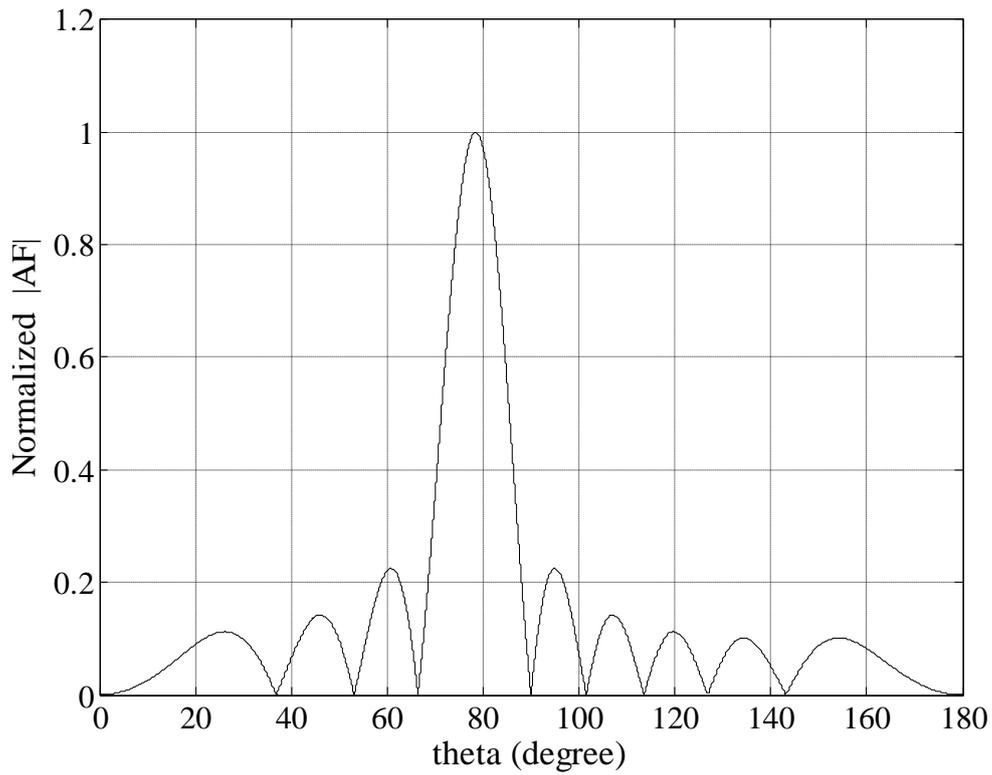


الشكل (12) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $N = 21$  ،  $d = 0.5\lambda$

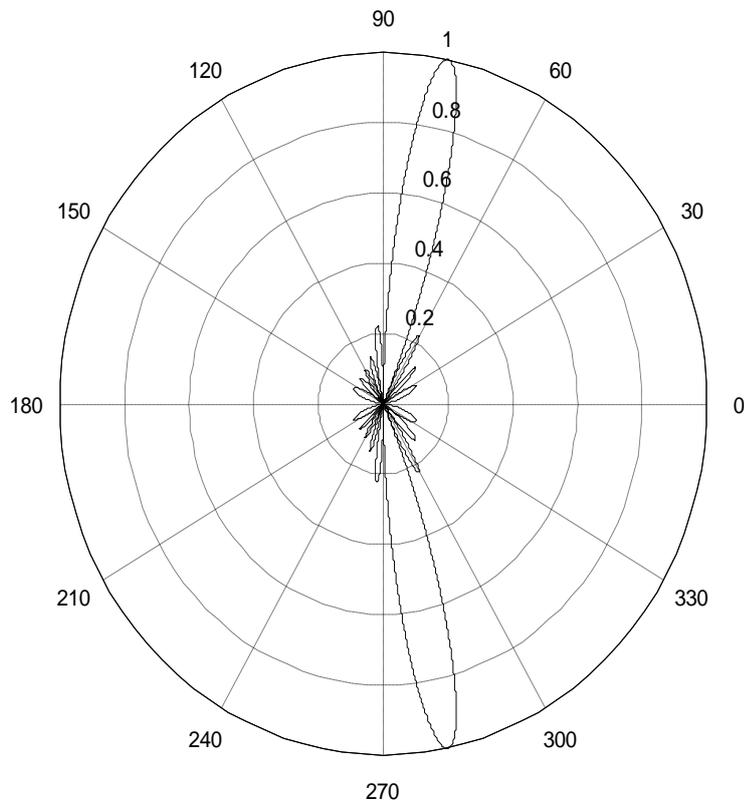


الشكل (13) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $N=21$  ,  $d=0.5\lambda$  ,  $M=10$

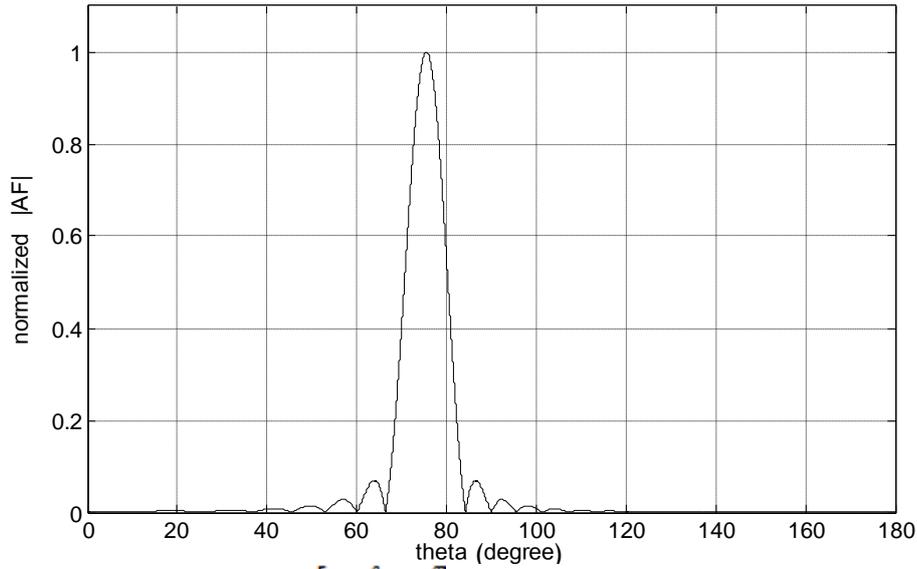
كما نلاحظ عدم إمكانية الحصول على مخطط إشعاعي للمشعنين  $L=5\lambda$  ،  $L=10\lambda$  عند مسافة بينية قدرها  $d=0.5\lambda$  إذا كانت الحزمة المراد إشعاعها  $\theta \in [0^\circ, 10^\circ]$  ، وذلك بسبب انعدام جميع معاملات التغذية للعناصر المكونة للمصفوف المدروس عند القطاع الزاوي المذكور ، وبالتالي يجب إنقاص المسافة البينية  $d$  ، أو زيادة طول السلك (زيادة عدد العناصر).



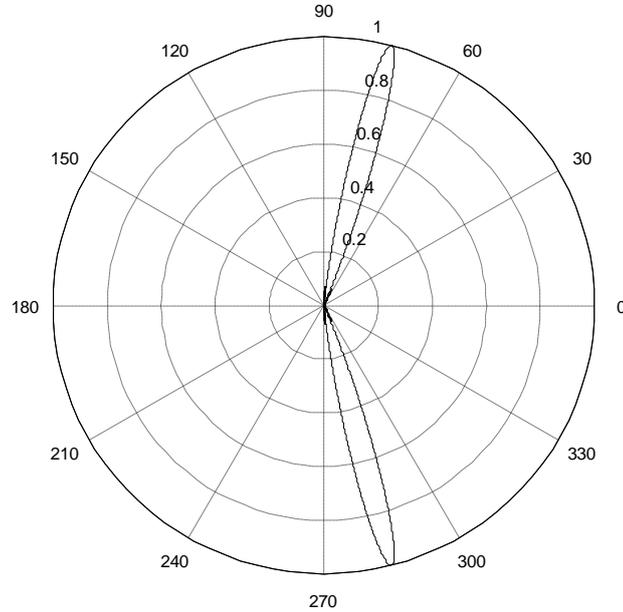
الشكل (14) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $N = 11$  ,  $d = 0.5\lambda$  ,  $\theta \in [70^\circ, 80^\circ]$



الشكل (15) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $N = 11$  ,  $d = 0.5\lambda$  ,  $\theta \in [70^\circ, 80^\circ]$



الشكل (16) معامل المصفوف في المستوى الديكارتي  $L = 10\lambda$  ,  $d = 0.5\lambda$  ,  $\theta \in [70^\circ, 80^\circ]$



الشكل (17) معامل المصفوف في المستوى القطبي  $L = 10\lambda$  ,  $d = 0.5\lambda$  ,  $\theta \in [70^\circ, 80^\circ]$

### الاستنتاجات والتوصيات:

- نلاحظ من الجداول (1)، (2)، (3) أن المصفوف الخطي المركب بطريقة تحويل فورييه يمتلك معاملات تغذية متساوية بالنسبة للعناصر المتناظرة حول المركز، في حين تكون معاملات تغذية العناصر ذات المصفوف المركب بطريقة "وودوارد" متساوية تماماً بالنسبة للعناصر الواقعة ضمن القطاع الزاوي المطلوب إشعاعه ، وتتعدم هذه المعاملات في حال العناصر الواقعة خارج ذلك القطاع - هذا ما يوضحه الجدولان (4) و (5).
- نلاحظ في المصفوف المركب بطريقة تحويل فورييه أن المصفوف ذي عدد العناصر الأكبر يعطي نموذجاً أكثر تقارباً من النموذج المطلوب إشعاعه ، كما أن تأرجح الريح يتناقص مع زيادة عدد العناصر، وهذا ما توضحه الأشكال (4)، (6)، (8).

- تعطي طريقة "وودوارد" تركيباً جيداً للنموذج الإشعاعي المرغوب مع سوية أكثر ارتفاعاً للوريفات الثانوية بالنسبة إلى الإشعاع الرئيسي قياساً بطريقة تحويل فورييه ، كما ونلاحظ من الشكلين (12) ، (10) انخفاض سوية الوريفات الثانوية في مصفوف "وودوارد" مع زيادة عدد العناصر - غير أنه يبقى أقل من نظيره في حالة مصفوف فورييه-.

- في طريقة "وودوارد" ومع انخفاض عرض الحزمة ، يقل عدد العناصر الفعالة المساهمة في النموذج الإشعاعي للمصفوف، الأمر الذي يؤثر على شكل هذا النموذج ، وعند انخفاض عرض الحزمة أدنى من مستوى محدد ، تتعدم معاملات التغذية لجميع العناصر وبالتالي لن تتمكن من تحقيق النموذج الإشعاعي المرغوب باستخدام هذه الطريقة.

-بشكل عام فإن طريقة فورييه لتركيب المصفوف الخطي تعطي نموذجاً إشعاعياً ذي متوسط خطأ تربيعي أقل ما يمكن، في حين تقدم طريقة "وودوارد" نموذجاً إشعاعياً تكون فيه القيم الموافقة عند نقاط التقطيع مطابقة إلى حد كبير للنموذج المرغوب .

- نوصي في نهاية هذه الدراسة بإتباع طرائق رياضية جديدة تحاكي النموذج المرغوب بدقة أكبر من حيث ارتفاع الريح وتخفيض مستوى الوريفات الإشعاعية الثانوية .

### المراجع:

- 1-BALANIS,C.A."Antenna Theory Analysis And Design".3<sup>th</sup>edition, John Wiley & Sons, Inc New Work, 2005, 790.
- 2- ORFANIDIS ,S. J. "Electromagnetic Waves And Antenna ".5<sup>th</sup>.ed, Rutgers University ,2006, 819.
- 3- WEN ,Y; GAN,W ؛ YANG, G. "Nonlinear Least-square Solution to flat-top pattern Synthesis Using Arbitrary Linear Array". Signal Processing U.S.A, Vol.85, N<sup>o</sup>.3, 2005, 1869 –1874.
- 4- BRE´GAINS, J؛ RODRIGUIZ ,J ؛ ARES, F؛ MORENO, E. "Optimal Synthesis Of Line Source Antenna Based On Rhodes Distribution ". Progress In Electromagnetic Research U.S.A,VOL.102, N<sup>o</sup>.17, 2002, 38- 47.
- 5- AZEVEDO ,J. "Shaped Beam Pattern Synthesis With Non-Uniform Sample Phases ". Progress In Electromagnetic Research U.S.A, Vol. 5, N<sup>o</sup>.22, 2008, 77–90.
- 6- WENG, W؛ YANG, F؛ ELSHERBINI, "A Linear Antenna Array Synthesis Using Taguchi's Method " . IEEE U.S.A, VOL. 55, N<sup>o</sup>. 3, 2007, 723-730 .
- 7-MAHANTI,K؛ Pathak, N ؛ Mahanti ,P. "Synthesis Of Thinned Linear Antenna Arrays With Fixed Side lobe Level Using Real-Coded Genetic Algorithm" . Progress In Electromagnetic Research U.S.A, Vol. 3, N<sup>o</sup>.9, 2007, 319–328.
- 8- LAKSHMI , V؛ RAJOU, S . "Synthesis Of Linear Antenna Arrays Using Array Designer and Genetic Algorithm" . International Journal Of Advanced Engineering Sciences And Technology U.K, Vol.4, N<sup>o</sup>. 9, 2001,43-49.
- 9- THEVENOT, M ؛ MENUJIER, C ؛ EISAYED AHMAD , A ؛ ZAKKA, G ؛ FEZAI, F ؛ ABDALLAH, Y ؛ ARNAUD, E؛ TORRES, F ؛ MONEDIERE ,T. "Synthesis of Antenna Arrays and Parasitic Antenna Arrays with Mutual Couplings" . International Journal of Antenna and Propagation U.S.A, Vol.5, No. 6, 2012, 1-22.