

* التوصية ITU-R F.1336-2

مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات شاملة الاتجاه وقطاعية وهوائيات أخرى في أنظمة
من النمط من نقطة إلى عدة نقاط، للاستخدام في دراسات التقاسم
في مدى التردد من 1 إلى 70 GHz تقريباً

(المسألة ITU-R 202/9)

(1997-2000-2007)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية النماذج المعيارية لمخططات الإشعاع بقيمة الذروة والقيمة المتوسطة للهوائيات شاملة الاتجاه والقطاعية والاتجاهية في أنظمة الإرسال من نقطة إلى عدة نقاط، للاستخدام في دراسات التقاسم في مدى الترددات من 1 إلى 70 GHz تقريباً.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أنه قد يلزم استعمال مخططات الإشعاع المرجعية لهوائيات نظام المرحل الراديوي في دراسات التنسيق وتقييم التداخل المتبادل بين الأنظمة اللاسلكية الثابتة (FWSs) من نقطة إلى عدة نقاط (P-MP) وبين محطات هذه الأنظمة ومحطات خدمات الاتصالات الراديوية الفضائية التي تتقاسم نفس نطاق التردد؛

ب) أنه تبعاً لسيناريو التقاسم، قد يكون من المناسب في دراسات التقاسم مراعاة مخططات إشعاع الفصوص الجانبية التي يعبر عنها بقيم الذروة أو القيم المتوسطة،

ج) أنه قد يستحسن استعمال مخطط إشعاع الهوائي الذي يمثل قيمةً متوسطةً للفصوص الجانبية في الحالات التالية:

- التنبؤ بالتداخل المجمع الذي تسببه محطات راديوية ثابتة عديدة لساتل مستقر أو غير مستقر بالنسبة إلى الأرض؛
- التنبؤ بالتداخل المجمع الذي تسببه سواتل كثيرة مستقرة بالنسبة إلى الأرض لحظة لا سلكية ثابتة؛
- التنبؤ بالتداخل الذي يسببه ساتل غير مستقر بالنسبة إلى الأرض واحد أو أكثر بزوايا متغيرة دائماً لحظة لا سلكية ثابتة؛

- في أي حالة أخرى يتاح فيها استخدام مخطط الإشعاع الذي يمثل القيم المتوسطة للفصوص الجانبية؛

د) أن مخططات الإشعاع المرجعية ضرورية عندما لا تتوفر معلومات بشأن المخطط الحالي للإشعاع؛

هـ) أن مراعاة احتمال الانعكاسات المحلية للأرض ضرورية في حالة الزوايا الكبيرة؛

و) أن استعمال الهوائيات بأفضل مخططات إشعاع متوفرة سيؤدي إلى أمثل استعمال لطيف التردد الراديوي،

* ينبغي رفع هذه التوصية إلى عناية لجان الدراسات 4 (WP 4A)، و6 (WP 6S) و7 (WP 7B) و8 (WP 8D) وفريق العمل 4-9S للاتصالات الراديوية

وإذ تلاحظ

أ) أن التوصيتين ITU-R F.699 و ITU-R F.1245 تقدمان مخططين مرجعيين لإشعاع هوائي أحدهما بقيمة الذروة والثاني بالقيمة المتوسطة على التوالي يُستخدمان في دراسات التنسيق وتقدير التداخل في الحالات التي لا ترد في البنود من 1 إلى 4 من توصي أدناه،

توصي

1 باستعمال مخطط الإشعاع المرجعي كما يرد أدناه في حالة غياب معلومات معينة بشأن مخطط إشعاع هوائي نظام لا سلكي ثابت من نقطة إلى عدة نقاط (انظر الملاحظة 1) وذلك في الحالات التالية:

1.1 بتقييم التداخل بين الأنظمة اللاسلكية الثابتة من نقطة إلى عدة نقاط تقع في خط البصر (LoS)؛

2.1 بدراسات التنسيق وتقييم التداخل بين المحطات الراديوية الثابتة من نقطة إلى عدة نقاط في خط البصر (LoS) وخدمات أخرى تتقاسم نفس نطاق التردد؛

2 باستعمال مخططات الإشعاع المرجعية التالية في مدى الترددات 1-70 GHz تقريباً في الحالات التي تضم محطات تستخدم هوائيات شاملة الاتجاه (في السمات):

1.2 بأن تستعمل المعادلات التالية في حالة استعمال مخططات الفصوص الجانبية الذروية الواردة في البند ب) من إذ تضع في اعتبارها، بالنسبة إلى زوايا الارتفاع من 0° إلى 90° درجة (انظر الملحق 1):

$$(1a) \quad G(\theta) = \begin{cases} G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2 & \text{for } 0 \leq \theta < \theta_4 \\ G_0 - 12 + 10 \log(k+1) & \text{for } \theta_4 \leq \theta < \theta_3 \\ G_0 - 12 + 10 \log \left[\left(\frac{|\theta|}{\theta_3} \right)^{-1.5} + k \right] & \text{for } \theta_3 \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases}$$

و:

$$(1b) \quad \theta_3 = 107.6 \times 10^{-0.1G_0}$$

$$(1c) \quad \theta_4 = \theta_3 \sqrt{1 - \frac{1}{1.2} \log(k+1)}$$

حيث:

$G(\theta)$: الكسب نسبة إلى الهوائي المتناحي (dBi)

G_0 : أقصى كسب في المستوي الأفقي أو بجواره (dBi)

θ : القيمة المطلقة لزاوية الارتفاع بنسبة إلى زاوية أقصى كسب (بالدرجات)

θ_3 : عرض النطاق 3 dB في المستوي العمودي (بالدرجات)

k : المعلمة التي تحسب زيادة سويات الفص الجانبي فوق ما يمكن توقعه بالنسبة إلى هوائي ذي خصائص فصوص جانبية محسنة (انظر 3.2 و 4.2 من توصي)؛

2.2 تستعمل المعادلات التالية في حالات مخططات الفصوص الجانبية بالقيمة المتوسطة التي يشير إليها البند ج) من تعتبر من أجل زوايا الارتفاع التي تتراوح بين 0° و 90° (الملحقان 1 و 5):

$$(1d) \quad G(\theta) = \begin{cases} G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2 & \text{for } 0 \leq \theta < \theta_3 \\ G_0 - 15 + 10 \log(k+1) & \text{for } \theta_3 \leq \theta < \theta_5 \\ G_0 - 15 + 10 \log \left[\left(\frac{|\theta|}{\theta_3} \right)^{-1.5} + k \right] & \text{for } \theta_5 \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases}$$

مع:

$$\theta_5 = \theta_3 \sqrt{1.25 - \frac{1}{1.2} \log(k+1)}$$

حيث θ و θ_3 و G_0 و k معرفة ومعبر عنها في البند 1.2 من توصي؛

3.2 في حالات استخدام هوائيات تعمل في المدى 1-3 GHz ينبغي أن تكون المعلمة $K = 0,7$ ؛

4.2 في حالات استخدام هوائيات ذات أداء فصوص جانبية محسن في المدى 1-3 GHz وفي الهوائيات العاملة في المدى 3-70 GHz، ينبغي أن تكون المعلمة $K = 0$ ؛

3 بأن تستعمل في مدى التردد من 1 GHz إلى حوالي 70 GHz مخططات الإشعاع المرجعية التالية في المخططات التي تستخدم هوائيات قطاعية بفتحة حزمة 3 dB في مستوى السمات الأقل من 120° تقريباً (الملحق 4 والملاحظة 4)؛

1.3 في حالة مخططات الفصوص الجانبية الذروية الواردة في ب) من إذ تضع في اعتبارها ينبغي استعمال المعادلات التالية لزوايا الارتفاع الواقعة بين 0° و 90° ولزوايا السمات بين -180° و 180° (الملاحظة 2):

$$(2a1) \quad G(\varphi, \theta) = G_{ref}(x)$$

$$(2a2) \quad \alpha = \arctan \left(\frac{\tan \theta}{\sin \varphi} \right)$$

$$(2a3) \quad \Psi_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{\varphi_3} \right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3} \right)^2}}$$

$$= \varphi_3 \cdot \theta_3 \sqrt{\frac{(\sin \theta)^2 + (\sin \varphi \cdot \cos \theta)^2}{(\varphi_3 \cdot \sin \theta)^2 + (\theta_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta)^2}}$$

$$(2a4) \quad \text{درجات} \quad \Psi = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \theta)$$

$$(2a5) \quad x = \Psi / \Psi_\alpha$$

حيث:

φ : زاوية السمات نسبة إلى زاوية الكسب الأقصى (بالدرجات)

ϕ_3 : فتحة الحزمة قدرها 3 dB في مستوى السمات (بالدرجات) (تساوي عادة فتحة حزمة الهوائي القطاعي).

وتحدد متغيرات ومعلومات أخرى في 1.2 من توصي:

1.1.3 في مدى التردد الممتد من 1 GHz إلى حوالي 6 GHz (الملحق 6)

$$(2b) \quad 0 \leq x < x_k \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$x_k \leq x < 4 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12 + 10 \log(x^{-1.5} + k)$$

$$x \geq 4 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - \lambda_k - 15 \log(x)$$

مع $x_k = \sqrt{1 - 0.36k}$ و $\lambda_k = 12 - 10 \log(1 + 8k)$

1.1.1.3 في حالات استخدام هوائيات نمطية ينبغي أن تساوي المعلمة $k = 0,7$ ، وبالتالي تكون $\lambda_k = 3,8$ و $x_k = 0,86$ ؛

2.1.1.3 في حالات استخدام هوائيات بأداء فصوص جانبية محسّن، ينبغي أن تكون المعلمة $k = 0$ (وبالتالي $\lambda_k = 12$ و $x_k = 1$)؛

2.1.3 في مدى التردد الممتد من 6 GHz إلى حوالي 70 GHz:

$$(2c) \quad 0 \leq x < 1 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$1 \leq x \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12 - 15 \log(x)$$

2.3 في حالة مخططات الفصوص الجانبية بالقيم المتوسطة التي تشير إليها الفقرة ج) من إذ تضع في اعتبارها، ولأغراض في تقدير التداخل إحصائياً، ينبغي استخدام المعادلات التالية لزوايا الارتفاع الواقعة بين 0 و 90 وزوايا السمات بين -180 و 180° (الملحق 5 والملاحظة 2):

$$G(\phi, \theta) = G_{ref}(x)$$

1.2.3 في مدى التردد الممتد من 1 GHz إلى حوالي 6 GHz (الملحق 6):

$$0 \leq x < x_k \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$x_k \leq x < 4 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 15 + 10 \log(x^{-1.5} + k)$$

$$x \geq 4 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - \lambda_k - 3 - 15 \log(x)$$

مع $x_k = \sqrt{1.25 - 0.36k}$ و $\lambda_k = 12 - 10 \log(1 + 8k)$

1.1.2.3 في حالات استخدام هوائيات نمطية ينبغي أن تكون المعلمة $k = 0,2$ (وبالتالي تكون $\lambda_k = 7,85$ و $x_k = 1,08$)؛

2.1.2.3 في حالات استخدام هوائيات بأداء محسن للفصوص الجانبية ينبغي أن تساوي المعلمة $k = 0$ (وبالتالي $\lambda_k = 12$ و $x_k = 1,118$)؛

2.2.3 في مدى التردد الممتد من 6 GHz إلى حوالي 70 GHz:

$$(2e) \quad 0 \leq x < 1.152 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$1.152 \leq x \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 15 - 15 \log(x)$$

3.3 في حالات استخدام الهوائيات القطاعية بفتحة حزمة قدرها 3 dB في مستوى السمات الأقل من 120° تقريباً، تكون العلاقة بين الكسب الأقصى وفتحة الحزمة 3 dB في كل من مستوى السمات والمستوي الشاقولي مؤقتاً كالتالي (الملحق 3 والملاحظة 4):

$$(3) \quad \theta_3 = \frac{31\,000 \times 10^{-0.1 G_0}}{\varphi_3}$$

حيث جميع المعلمات محددة في الفقرة 1.3 من توصي؛

4 بأن تستعمل في مدى التردد الممتد من 1 GHz إلى حوالي 3 GHz، مخططات الإشعاع المرجعية التالية في المحطات التي تستخدم هوائيات منخفضة الكسب بتناظر دائري نسبة إلى فتحة الحزمة 3 dB وكسب هوائي في الفص الرئيسي أقل من 20 dBi تقريباً:

1.4 ينبغي استعمال المعادلات التالية في مخططات الفصوص الجانبية بقيم الذروة الواردة في الفقرة ب) من إذ تضع في اعتبارها (الملحق 2 والملاحظة 3):

$$(4) \quad G(\theta) = \begin{cases} G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\varphi_3} \right)^2 & \text{for } 0 \leq \theta < 1.08 \varphi_3 \\ G_0 - 14 & \text{for } 1.08 \varphi_3 \leq \theta < \varphi_1 \\ G_0 - 14 - 32 \log \left(\frac{\theta}{\varphi_1} \right) & \text{for } \varphi_1 \leq \theta < \varphi_2 \\ -8 & \text{for } \varphi_2 \leq \theta \leq 180^\circ \end{cases}$$

حيث:

$G(\theta)$: الكسب نسبة إلى هوائي متاح (dBi)

G_0 : كسب الهوائي في الفص الجانبي (dBi)

θ : زاوية خارج المحور (بالدرجات)

φ_3 : فتحة حزمة 3 dB لهوائي منخفض الكسب (بالدرجات) $= \sqrt{27000 \times 10^{-0.1 G_0}}$ (بالدرجات)

φ_1 : 1,9 φ_3 (بالدرجات)

φ_2 : $10 \times \varphi_1^{32/(G_0-6)}$ (بالدرجات)؛

2.4 بأن تستعمل في حالة مخططات الفصوص الجانبية بالقيم المتوسطة المشار إليها في الفقرة ج) من إذ تضع في اعتبارها المخطط الهوائي الوارد في التوصية ITU-R F.1245؛

5 بأن تعتبر الملاحظات التالية جزءاً أساسياً من هذه التوصية:

الملاحظة 1 - من الضروري بذل قصارى الجهد لاستعمال المخطط الهوائي الفعلي في دراسات التنسيق وتقدير التداخل.

الملاحظة 2 - يتعين من أجل تحديد كسب زوايا الارتفاع θ' من 0° إلى 180° في المستوي الشاقولي أن تتحدد القيمة x في زوايا الارتفاع فوق 90° باستعمال القيمة المتممة لزاوية الارتفاع (180° - θ') عند القيمة الإضافية لزاوية السم، أي $\pm 180^\circ$.

الملاحظة 3 - تستنتج القيم المختلفة للمعلمة k في الفقرتين 1.1.1.3 و 1.1.2.3 من توصي استناداً إلى أغلفة الذروة والقيم المتوسطة للفصوص الجانبية في عدد من مخططات الهوائيات النمطية المقاسة في مدى التردد المحصور بين 1 و 6 GHz.

الملاحظة 4 - في الحالة التي تختلف فيها فتحة الحزمة الرئيسية عن تلك التي تحسب في المعادلة 3، يوصى باستعمال معلمة الدخل θ_3 .

الملاحظة 5 - تم استبدال عامل القوة بواحد، كما ورد في الملحق 3. ونتيجة لذلك يكون الخطأ النظري الذي تسببه العملية التقريبية أقل من 5% لفتحات الحزم 3 dB في المستوى الشاقولي التي تقل عن 45°.

الملاحظة 6 - ينطبق أساساً مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في الفقرة 1.4 من توصي على الحالات التي لا يتجاوز فيها كسب الهوائي في الفص الرئيسي 20 dBi، وتعطي لها التوصية ITU-R F.699 نتائج غير وافية. أما تحديد المدى الكامل للترددات والكسب حيث تستخدم المعادلات، فيتطلب مزيداً من الدراسة.

الملاحظة 7 - تبين نتائج قياس هوائي قطاعي مصمم خصيصاً للاستعمال في التردد 20 GHz تقريباً أنه من الممكن الامتثال لمخطط مرجعي أكثر صرامة لإشعاع الفصوص جانبية أكثر. ويتطلب تطوير مخطط مستمثل من هذا القبيل مزيداً من الدراسة.

الملحق 1

مخطط الإشعاع المرجعي للهوائيات شاملة الاتجاهات كما تستعمل في أنظمة المرحل الراديوي من نقطة إلى عدة نقاط

1 تقديم

يستعمل عادة الهوائي شامل الاتجاهات لإرسال الإشارات واستقبالها في المحطات المركزية لأنظمة المرحل الراديوي من نقطة إلى عدة نقاط. واستعملت الدراسات التي تشتمل على التقاسم بين هذه الأنماط لأنظمة المرحل الراديوي وأنظمة الخدمة الفضائية في النطاق 2 GHz مخطط الإشعاع المرجعي الوارد هنا.

2 تحليل

يعتمد مخطط الإشعاع المرجعي على الافتراضات التالية بشأن الهوائي شامل الاتجاهات:

- أن الهوائي صفييف خطي مؤلف من n عنصراً يشع بأسلوب إشعاع عرضي؛
- يفترض أن عناصر الصفييف ثنائية الأقطاب؛
- أن مباعدة عناصر الصفييف $3\lambda/4$.

ترتبط فتحة الحزمة 3 dB، φ_3 ، للصفييف في المستوى الشاقولي بالاتجاهية D ، بالمعادلة التالية (انظر التعريف D في الملحق 3):

$$(5a) \quad D = 10 \log \left[191.0 \sqrt{0.818 + 1/\varphi_3} - 172.4 \right] \quad \text{dBi}$$

يمكن حل المعادلة (5a) للقيمة φ_3 عند معرفة الاتجاهية:

$$(5b) \quad \varphi_3 = \frac{1}{\alpha^2 - 0.818}$$

$$(5c) \quad \alpha = \frac{10^{0.1D} + 172.4}{191.0}$$

استنتجت العلاقة بين فتحة الحزمة 3 dB في المستوى الشاقولي والاتجاهية بافتراض التقريب المناسب لمخطط الإشعاع في المستوى الشاقولي بالمعادلة التالية:

$$f(\theta) = \cos^m \theta$$

حيث m معلمة اعتباطية، استعملت للربط بين فتحة الحزمة 3 dB ومخطط الإشعاع في المستوى الشاقولي. وباستعمال هذا التقريب تم الحصول على الاتجاهية بدمج المخطط في المستويين الشاقولي والسمت.

توضح المعادلة التالية كثافة المجال البعيد لصفيف خطي من الهوائيات:

$$(6) \quad E_T(\theta) = E_e(\theta) \cdot AF(\theta)$$

حيث:

$E_T(\theta)$: كامل المجال E لزاوية θ في المستوى العادي لمحور الشبكة

$E_e(\theta)$: المجال E لزاوية θ في المستوى العادي لمحور الشبكة بسبب عنصر وحيد من الشبكة

$AF(\theta)$: عامل الصفيف لزاوية θ في المستوى العادي لمحور الشبكة.

يكون المجال E المقيس لعنصر ثنائي القطب:

$$(7) \quad E_e(\theta) = \cos\theta$$

يكون عامل الصفيف:

$$(8) \quad AF_N = \frac{1}{N} \left[\frac{\sin(N\psi/2)}{\sin(\psi/2)} \right]$$

حيث:

N : عدد العناصر في الصفيف

$$\frac{\psi}{2} = \frac{1}{2} \left[2\pi \frac{d}{\lambda} \sin\theta \right]$$

d : المبعادة بين المشعاعات

λ : طول الموجة.

وقد استعمل الإجراء التالي لتقدير عدد العناصر، N ، في الصفيف. ويفترض أن أقصى كسب للصفيف يطابق اتجاهية الصفيف.

- يستعمل أقصى كسب للهوائي شامل الاتجاهات في مستوى الارتفاع لحساب عرض الحزمة 3 dB، θ_3 ، بالمعادلتين (5b) و(5c)؛

- يهمل الكسب الضئيل في الكسب خارج المحور الناتج عن العنصر ثنائي القطب، ويراعى أن قيمة عامل

الصفيف AF_N تكون 0,707 (-3 dB) عندما تكون القيمة $N \frac{\psi}{2} = 1.396$ ؛

- تحدد قيمة N عندئذ بعدد صحيح، في المعادلة التالية:

$$(9) \quad N = \left\lceil \frac{2 \times 1.3916}{2\pi \frac{d}{\lambda} \sin\left(\frac{\theta_3}{2}\right)} \right\rceil$$

حيث $|x|$ أكبر قيمة صحيحة لا تتجاوز x .

التمييز خارج المحور المقيس ΔD بالمعادلة التالية:

$$(10) \quad \Delta D = 20 \log \left[|AF_N \times \cos\theta| \right] \quad \text{dB}$$

قيمت المعادلة (10) بدلالة الزاوية خارج المحور (أي زاوية الارتفاع) لعدة قيم لأقصى كسب. وتنتج بالنسبة إلى القيم في المدى من 8 إلى 13 dBi أنه يمكن التقريب المناسب لغللاف مخطط الإشعاع في مستوى الارتفاع بالمعادلات التالية:

$$(11a) \quad G(\theta) = \max [G_1(\theta), G_2(\theta)]$$

$$(11b) \quad G_1(\theta) = G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2 \quad \text{dBi}$$

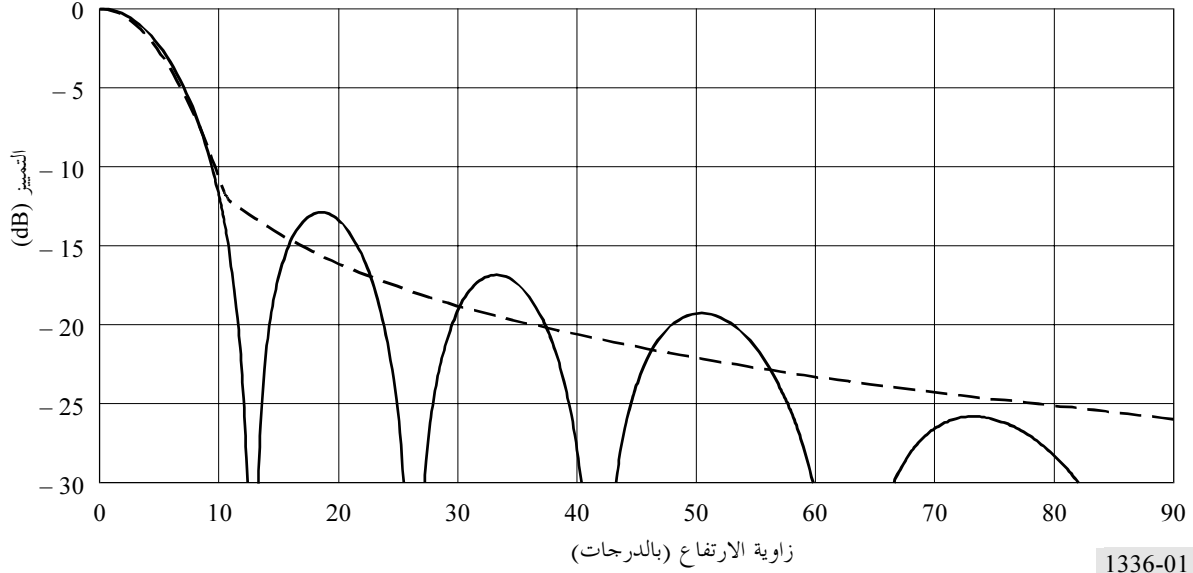
$$(11c) \quad G_2(\theta) = G_0 - 12 + 10 \log \left[\left(\max \left\{ \frac{|\theta|}{\theta_3}, 1 \right\} \right)^{-1.5} + k \right] \quad \text{dBi}$$

حيث k هي المعلمة التي تعرف زيادة سويات الفص الجانبي عن المستوى المتوقع بالنسبة إلى هوائي ذي خصائص فصوص جانبية محسنة.

تقارن الأشكال من 1 إلى 4 أغلفة الإشعاع المرجعي مع مخططات الهوائي النظرية المولدة من المعادلة (11) للكسب من 8 إلى 13 dBi باستعمال العامل $k = 0$. وتقارن الأشكال من 5 إلى 8 أغلفة الإشعاع المرجعية مع مخططات الهوائي المقاسة باستعمال العامل $k = 0$. ويتضح من الشكل 7 والشكل 8 أن الفصوص الجانبية تكون أدنى بحوالي 15 dB أو أكثر من سوية الفص الرئيسي، مما يسمح بنسبة مئوية صغيرة من ذروات الفص الجانبي أن تتعدى هذه القيمة. إلا أن العوامل العملية مثل استعمال كهرباء الميل إلى الأسفل وتدهور المخطط وحواف النطاق وتنوع الإنتاج ستزيد الفصوص الجانبية إلى حوالي 10 dB تحت مستوى الفص الرئيسي في التركيبات الفعلية. ويهدف العامل k المذكور أعلاه في المعادلة (8) إلى تمييز التنوع في سويات الفص الجانبي. ويقدم الشكلان 9 و 10 مقارنة هوائي بكسب 10 و 13 dBi عند تردد 2,4 GHz مع غلاف مخطط الإشعاع المرجعي، بالقيمة $k = 0,5$. ويمثل العامل $k = 0,5$ سويات الفص الجانبي الواقعة تحت ذروة الفص الرئيسي بحوالي 15 dB. ويجب استعمال العامل $k = 1,5$ للهوائيات النمطية لمراعاة الزيادات الإضافية في سويات الفص الجانبي للتركيبات الخدمية، مما يمثل سويات للفص الجانبي تحت سوية الفص الرئيسي بحوالي 10 dB. وأخيراً يوضح الشكلان 11 و 12 أثر استعمال عدة قيم k ، على مخططات المستوى الشاقولي.

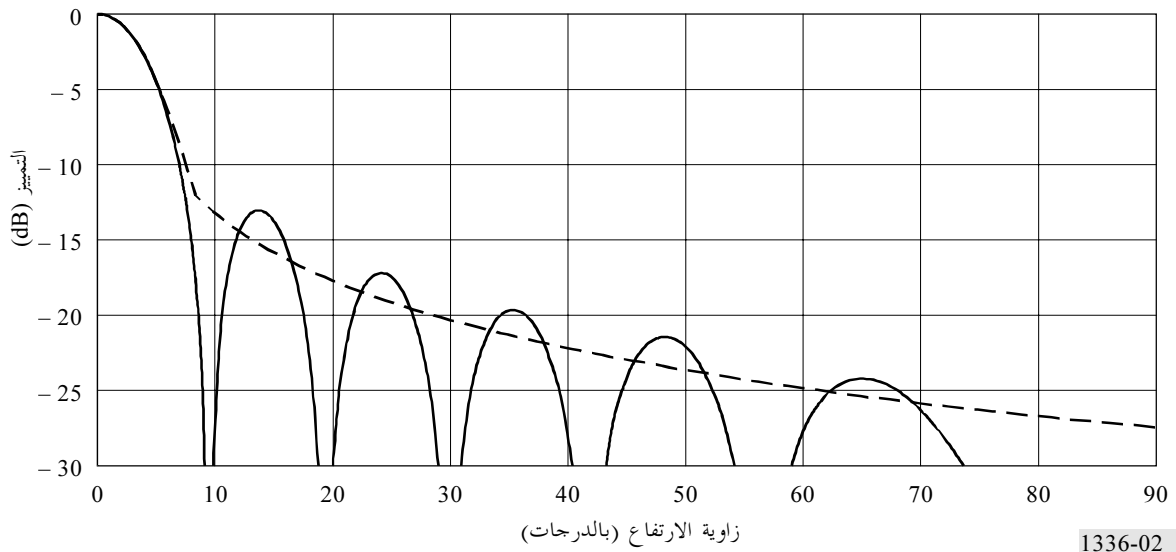
الشكل 1

مخطط الإشعاع المقيس لصفيف خطي لعناصر ثنائية القطب
بالمقارنة مع الغلاف التقريبي لمخطط الإشعاع
 $0 = k, \text{dBi } 10 = G_0$



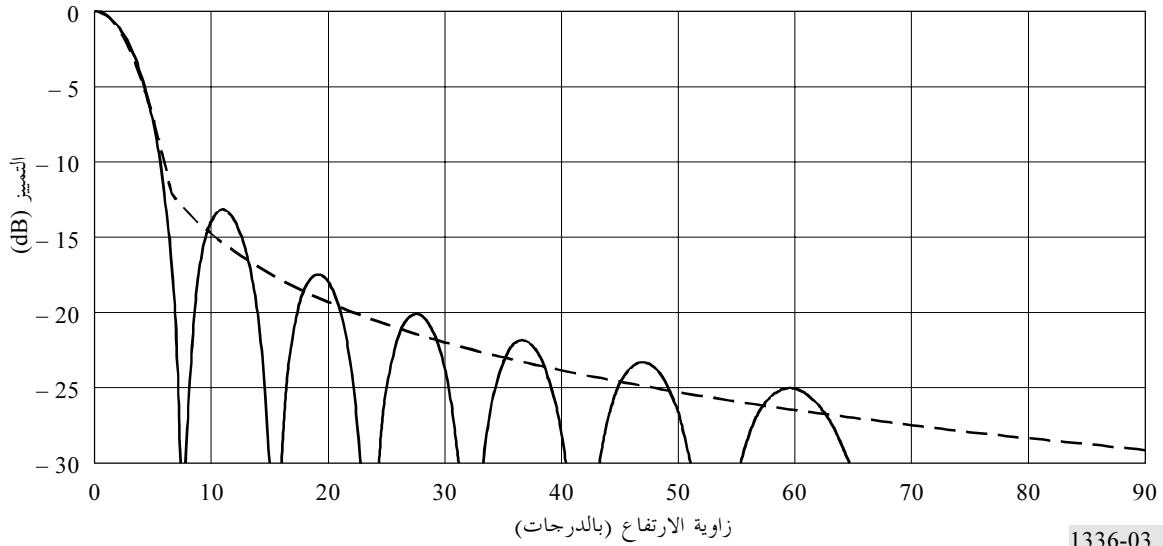
الشكل 2

مخطط الإشعاع المقيس لصفيف خطي لعناصر ثنائية القطب
بالمقارنة مع الغلاف التقريبي لمخطط الإشعاع
 $0 = k, \text{dBi } 11 = G_0$



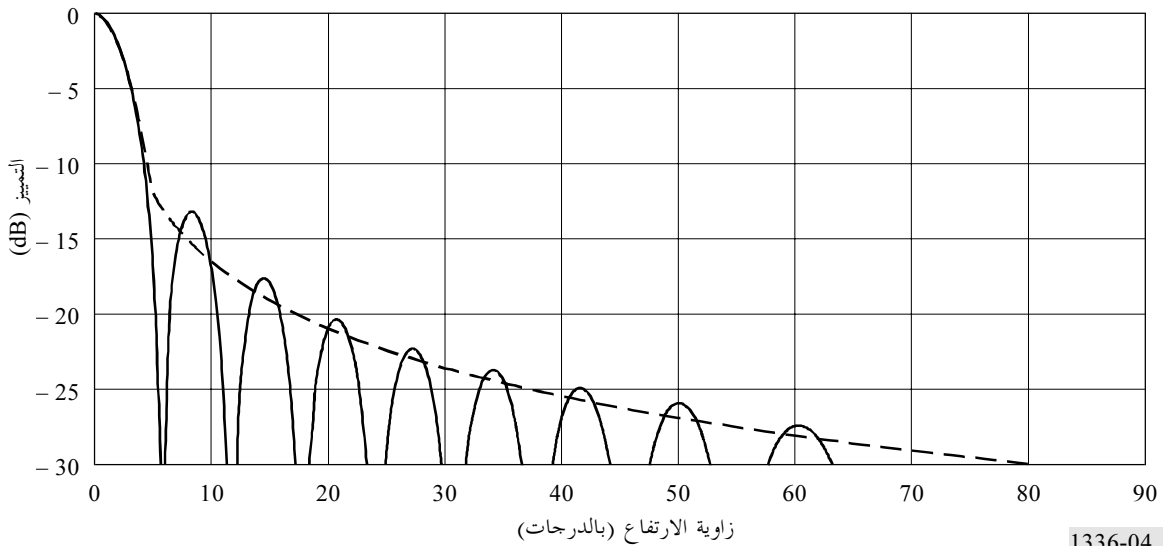
الشكل 3

مخطط الإشعاع المقيس لصفيف خطي لعناصر ثنائية القطب
بالمقارنة مع الغلاف التقريبي لمخطط الإشعاع
 $0 = k, \text{dBi } 12 = G_0$



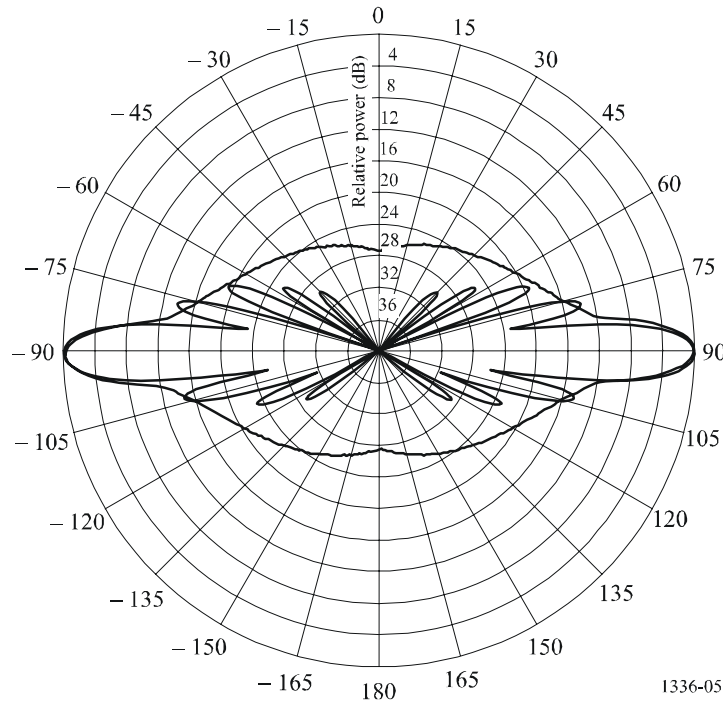
الشكل 4

مخطط الإشعاع المقيس لصفيف خطي لعناصر ثنائية القطب
بالمقارنة مع الغلاف التقريبي لمخطط الإشعاع
 $0 = k, \text{dBi } 13 = G_0$



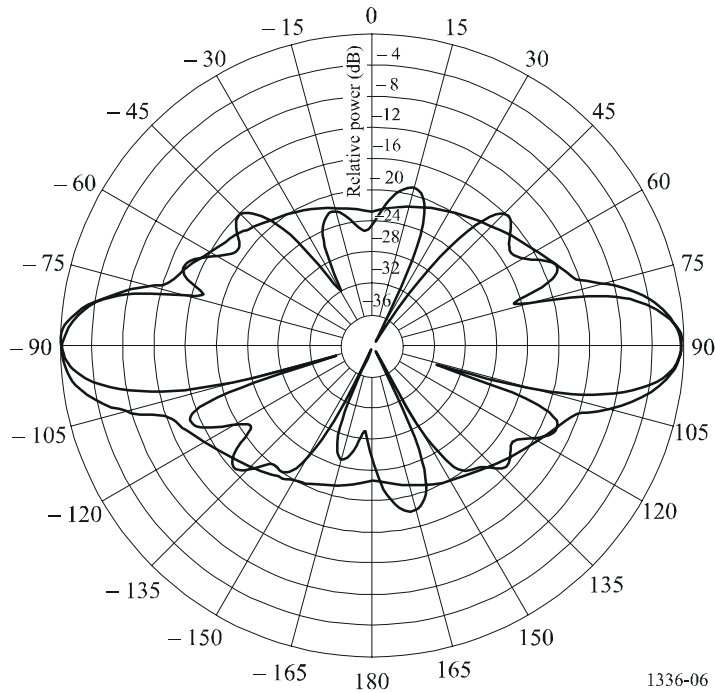
الشكل 5

مقارنة مخطط الإشعاع المقاس وغلاف مخطط الإشعاع المرجعي لهوائي شامل الاتجاهات
بكسب 11 dBi يعمل في النطاق 944-928 MHz، $0 = k$



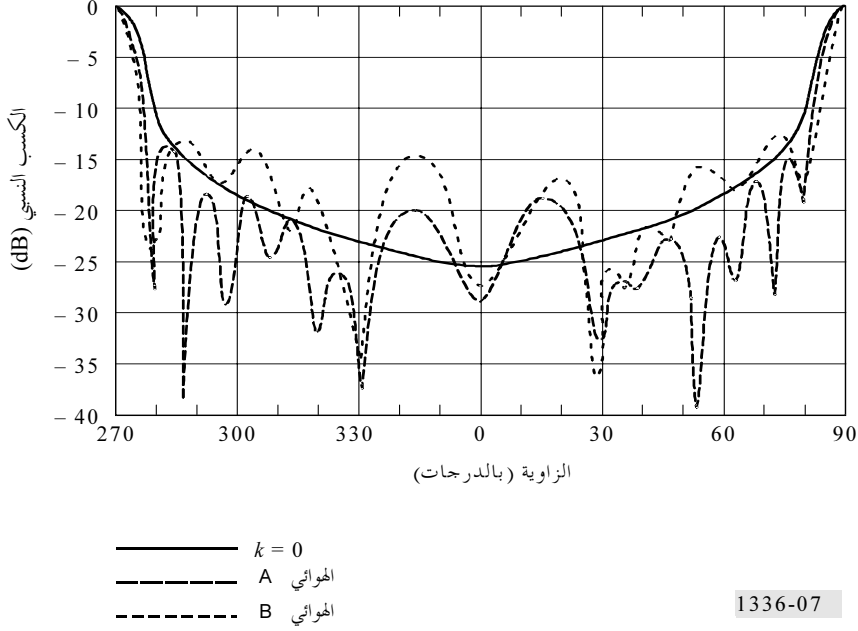
الشكل 6

مقارنة مخطط الإشعاع المقاس وغلاف مخطط الإشعاع المرجعي لهوائي شامل الاتجاهات
بكسب 8 dBi يعمل في النطاق 1 990-1 850 MHz، $0 = k$



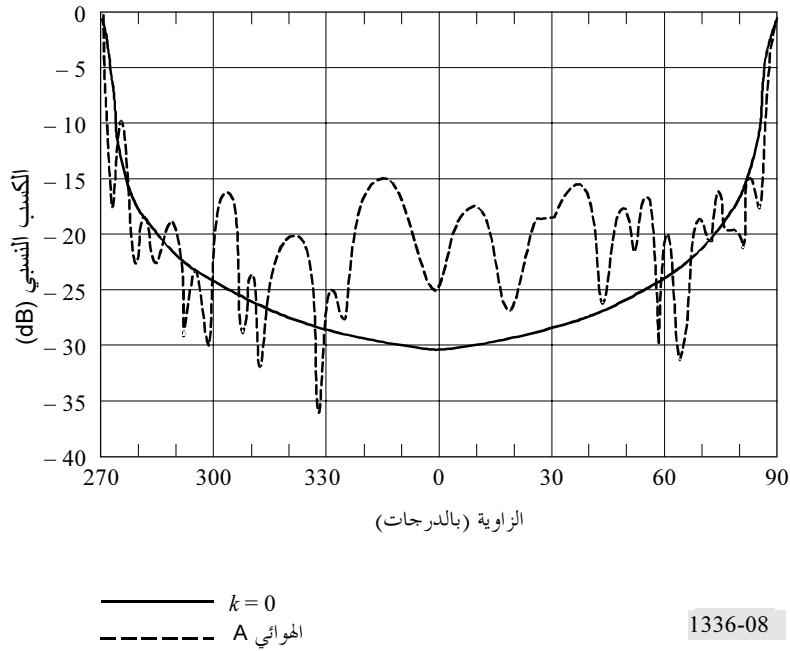
الشكل 7

مقارنة المخطط المقاس وغلاف مخطط الإشعاع المرجعي بالقيمة $k = 0$
لهوائي شامل الاتجاهات بكسب 10 dBi يعمل في النطاق 1,4 GHz



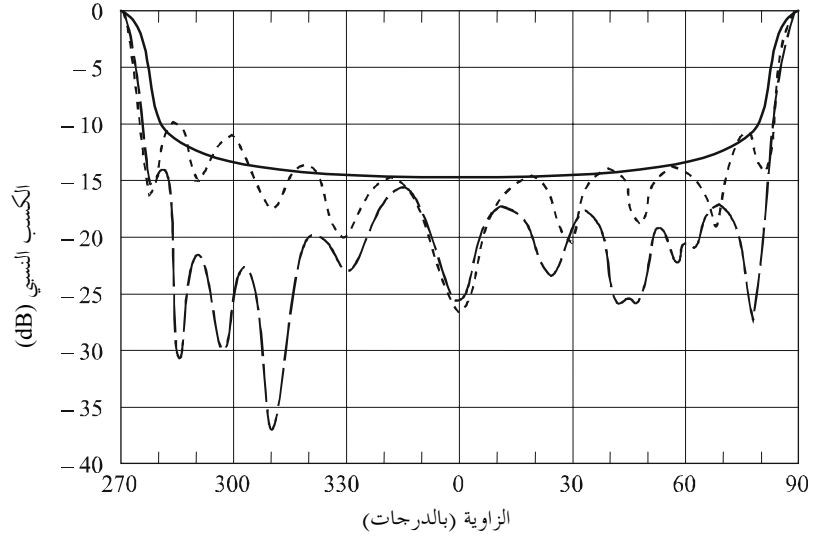
الشكل 8

مقارنة المخطط المقاس وغلاف مخطط الإشعاع المرجعي بالقيمة $k = 0$
لهوائي شامل الاتجاهات بكسب 13 dBi يعمل في النطاق 1,4 GHz



الشكل 9

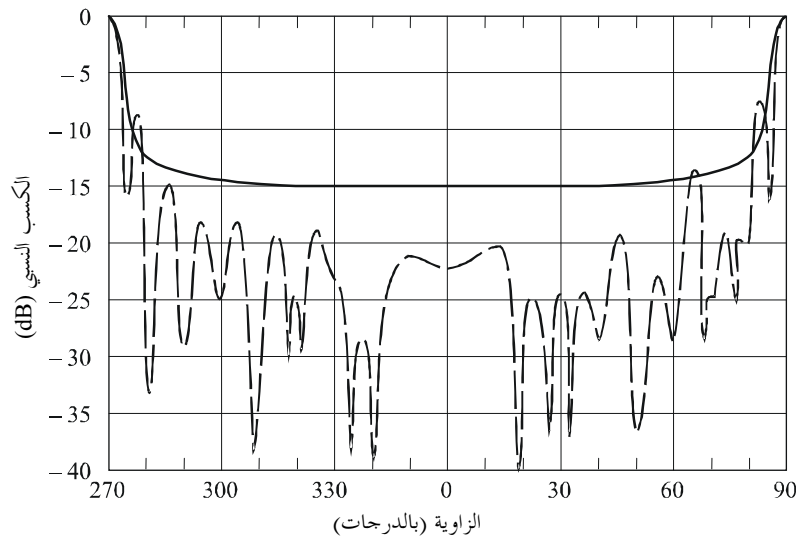
مقارنة المخطط المقاس وغلاف مخطط الإشعاع المرجعي بالقيمة $k = 0,5$
هوائي شامل الاتجاهات بكسب 10 dBi يعمل في النطاق GHz 2,4



1336-09

الشكل 10

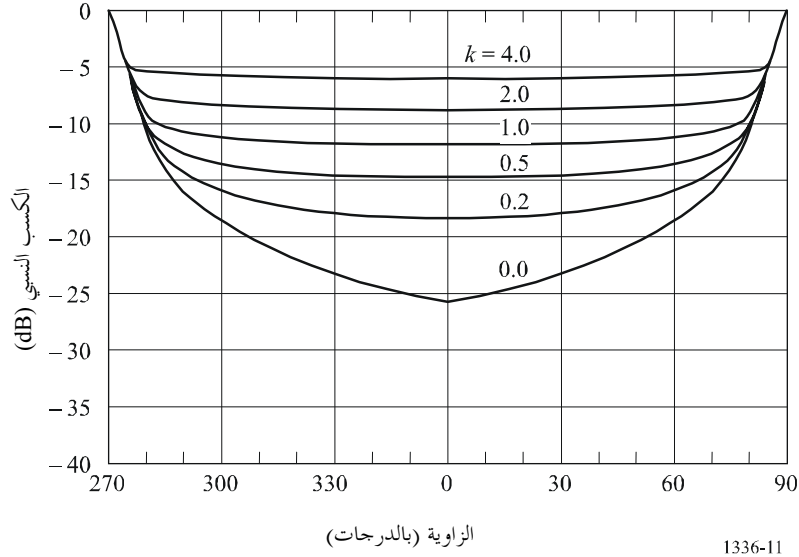
مقارنة المخطط المقاس وغلاف مخطط الإشعاع المرجعي بالقيمة $k = 0,5$
هوائي شامل الاتجاهات بكسب 13 dBi يعمل في النطاق GHz 2,4



1336-10

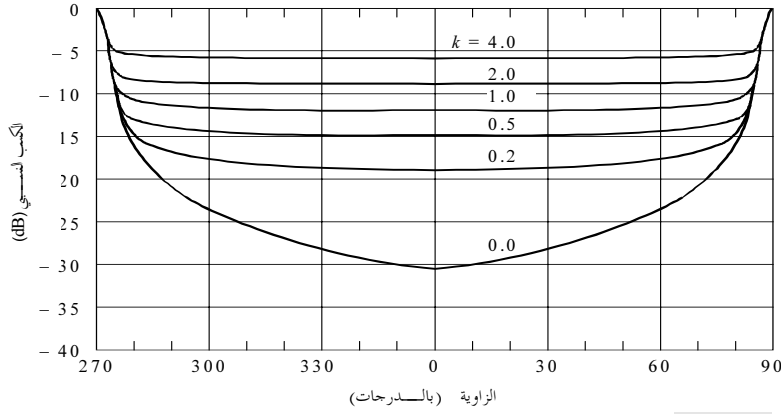
الشكل 11

أغلفة مخطط الإشعاع المرجعي لمختلف قيم k
هوائي شامل الاتجاهات بكسب 10 dBi



الشكل 12

أغلفة مخطط الإشعاع المرجعي لمختلف قيم k
هوائي شامل الاتجاهات بكسب 13 dBi



3 الملخص والخلاصة وتحليل إضافي

تم تقديم مخطط إشعاع مرجعي يتعلق بالهوائيات شاملة الاتجاهات ذات الكسب من 8 إلى 13 dBi. واستنتج مخطط الإشعاع المرجعي على أساس اعتبارات نظرية لمخطط إشعاع صفيح خطي مشترك ثنائي القطب. وأثبت أن المخطط المقترح يمثل المخططات النظرية والمخططات المقاسة على مدى يمتد من 8 إلى 13 dBi. ويلزم المزيد من الجهد لتحديد مدى الكسب الذي يتناسب عليه مخطط الإشعاع المرجعي خاصة بالنسبة إلى الهوائيات التي تعمل في نطاقات تردد فوق 3 GHz.

الملحق 2

مخطط الإشعاع المرجعي لهوائيات المشترك دائرية التناظر ومنخفضة الكسب كما تستعمل في أنظمة المرحل الراديوي من نقطة إلى عدة نقاط في المدى 3-1 GHz

1 تقديم

يستعمل عادة هوائي بكسب منخفض نسبياً لإرسال واستقبال الإشارات خارج المحطات أو في قطاعات المحطات المركزية لأنظمة المرحل الراديوي من نقطة إلى عدة نقاط. ويمكن أن تظهر هذه الهوائيات كسباً قدره 20 dBi أو أدنى من ذلك. وتبين أن استعمال مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R F.699 لهذه الهوائيات منخفضة الكسب سيؤدي إلى المغالاة في تقدير الكسب بالنسبة إلى الزوايا الكبيرة نسبياً خارج المحور. ويغالي بالتالي في تقدير التداخل لأنظمة أخرى وقدر التداخل المستقبل من أنظمة أخرى عند الزوايا الكبيرة نسبياً خارج المحور إذا استعمل مخطط التوصية ITU-R F.699.

2 التحليل

يعتمد مخطط الإشعاع المرجعي لهوائي مشترك على الافتراضات التالية:

- أن اتجاهية الهوائي أدنى من 20 dBi تقريباً؛
 - أن مخطط الهوائي يظهر دائري التناظر حول الفص الرئيسي؛
 - أن كسب الفص الرئيسي يعادل الاتجاهية.
- ويعطي مخطط الإشعاع المرجعي في المعادلات التالية:

$$G(\theta) = \begin{cases} G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\varphi_3} \right)^2 & \text{for } 0 \leq \theta < 1.08 \varphi_3 \\ G_0 - 14 & \text{for } 1.08 \varphi_3 \leq \theta < \varphi_1 \\ G_0 - 14 - 32 \log \left(\frac{\theta}{\varphi_1} \right) & \text{for } \varphi_1 \leq \theta < \varphi_2 \\ -8 & \text{for } \varphi_2 \leq \theta \leq 180^\circ \end{cases}$$

حيث:

$G(\theta)$: الكسب نسبة إلى الهوائي المتناحي (dBi)

G_0 : أقصى كسب في المحور (dBi)

θ : زاوية خارج المحور (بالدرجات)

φ_3 : فتحة الحزمة 3 dB (بالدرجات)

$$\sqrt{27000 \times 10^{-0.1G_0}} =$$

$$= \varphi_3 \times 1.9 \text{ (درجة)}$$

$$= \varphi_2 \times 10(G_0 - 6)/32 \text{ (درجة)}$$

3 الملخص والخلاصة

تم تقديم مخطط إشعاع مرجعي لهوائيات المشترك منخفضة الكسب أي بكسب أدنى من 20 dBi أو ما يعادل هذه القيمة. واستنتج مخطط الإشعاع المرجعي على أساس معطيات محدودة على مخططات إشعاع هوائيات صفيح مسطح تستعمل في نظام النفاذ المحلي من نقطة إلى عدة نقاط داخل النطاقات 2 GHz. وأثبت أن تمثيل المخطط المقترح للمخطط الحالي أفضل من المخطط الوارد في التوصية ITU-R F.699. ويلزم المزيد من الجهد لتحديد مدى الكسب الذي يتناسب معه مخطط الإشعاع المرجعي ولمقارنة مخطط الإشعاع المرجعي بالمخططات المقاسة.

الملحق 3

العلاقة بين الكسب وفتحة الحزمة في الهوائيات شاملة الاتجاه والهوائيات القطاعية

1 مقدمة

يهدف هذا الملحق إلى استنتاج العلاقة بين كسب الهوائيات شاملة الاتجاه والقطاعية وبين فتحة حزمها في مستوى السمات والمستوي الشاقولي. ويضم القسم 2 تحليلاً لاتجاهية الهوائيات شاملة الاتجاه والقطاعية بافتراض دالتين مختلفتين لكثافة الإشعاع في مستوى السمات. وفي كلتا الحالتين تم افتراض أن كثافة الإشعاع في المستوى الشاقولي هي دالة أسية. ويعقد القسم 3 مقارنة بين نتائج فتحة الحزمة ونتائج الكسب التي نتجت عن استعمال الطرائق الواردة في القسم 2 والنتائج التي تضمنها النسخة السابقة من هذه التوصية بشأن الهوائيات شاملة الاتجاه. ويلخص القسم 4 النتائج ويقترح معادلة مؤقنة للعلاقة بين الكسب وفتحة الحزمة في الهوائيات شاملة الاتجاه والقطاعية. كما يقترح مواضيع أخرى للدراسة.

2 التحليل

يفترض أن مخطط المجال البعيد للهوائي القطاعي في المستوى الشاقولي مطابق للدالة الأسية وأن مخطط المجال البعيد في مستوى السمات مطابق إما لدالة التعامد أو للدالة الأسية. وبهذه الفرضيات يمكن استنتاج اتجاهية الهوائي القطاعي D استناداً إلى الصيغة التالية (في الإحداثيات الكروية):

$$(16) \quad D = \frac{U_M}{U_0}$$

$$(17) \quad U_0 = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} F(\varphi) F(\theta) \cos(\theta) d\theta d\varphi$$

حيث:

U_M : أقصى كثافة للإشعاع

U_0 : كثافة إشعاع مصدر متناح

φ : زاوية في مستوى السمات

θ : زاوية في المستوى الشاقولي

$F(\varphi)$: كثافة الإشعاع في مستوى السم

$F(\theta)$: كثافة الإشعاع في المستوى الشاقولي

وتقيم اتجاهية الهوائي شامل الاتجاه والهوائي القطاعي في القطع الفرعية التالية على افتراض أن كثافة الإشعاع في مستوى السم هي إما دالة تعامد أو دالة أسية.

1.2 كثافة إشعاع هوائي قطاعي بدالة تعامد

يفترض أن تكون دالة الكثافة $F(\varphi)$ ، للإشعاع الهوائي القطاعي ذي الدالة المتعامدة كالتالي:

$$(18) \quad F(\varphi) = U \left(\frac{\varphi_s}{2} - |\varphi| \right)$$

حيث

φ_s : فتحة حزمة القطاع

$$(19) \quad \begin{aligned} U(x) &= 1 & \text{for } x \geq 0 \\ U(x) &= 0 & \text{for } x < 0 \end{aligned}$$

وفيما يخص الدالة المتعامدة أو الأسية لكثافة الإشعاع في هوائي قطاعي، يفترض أن تعطي كثافة الإشعاع في المستوى الشاقولي في المعادلة:

$$(20) \quad F(\theta) = e^{-a^2\theta^2}$$

حيث:

$$(21) \quad a^2 = -\ln(0.5) \times \left(\frac{2}{\theta_3} \right)^2 = \frac{2.773}{\theta_3^2}$$

θ_3 : فتحة حزمة قدرها 3 dB لهوائي في المستوى الشاقولي (بالدرجات).

وينتج عن استبدال المعادلتين (18) و(20) بالمعادلة (17) ما يلي:

$$(22) \quad U_0 = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} U \left(\frac{\varphi_s}{2} - |\varphi| \right) d\varphi \int_{-\pi/2}^{\pi/2} e^{-a^2\theta^2} \cos(\theta) d\theta$$

ويمكن حل هذا التكامل المضاعف لحساب ناتج تكاملين منفصلين. ويتم حساب التكامل في الزاوية φ بطريقة مباشرة. لكن حساب التكامل في الزاوية θ أكثر صعوبة. ويمكن حساب تكامل الزاوية θ رقمياً وتقديم النتائج في جدول أو معادلات متعددة الحدود تتناسب والمعطيات. غير أنه يلاحظ أنه إذا تغيرت حدود التكاملية لتصبح $\pm \infty$ فإن التكامل في الزاوية θ ينتج من المعادلة المغلقة التالية:

$$(23) \quad \int_{-\pi/2}^{\pi/2} e^{-a^2\theta^2} \cos(\theta) d\theta \approx \int_{-\infty}^{\infty} e^{-a^2\theta^2} \cos(\theta) d\theta = \frac{1}{a} \sqrt{\pi} e^{-1/4a^2}$$

وهذه صيغة بسيطة ومرنة نوعاً ما قد تكون إذا حافظت على دقتها ذات فائدة كبيرة في حساب اتجاهية الهوائيات القطاعية والهوائيات شاملة الاتجاه على حد سواء.

وحسبت الدقة التي يقترب فيها التكامل اللامتناهي من التكامل المتناهي. وحسب التكامل المتناهي أي تكامل الجهة اليسرى من المعادلة (23) بالنسبة إلى عدة قيم لفتحة الحزمة البالغة 3 dB باستعمال طريقة التربيع الغوسي في 24 نقطة وبمقارنتها مع

القيمة التي تستخدم الصيغة المناظرة للتكامل اللامتناهي في الجهة اليمنى من المعادلة (23). (حُساب التكامل المتناهي بالحقيقة بسبب تناظرته وبطريقة رقمية في المدى $0-\pi/2$ وتمت مضاعفة النتيجة). ويبين الجدول نتائج الأمثلة لعدد من قيم فتحة الحزمة 3 dB في المستوي الشاقولي. ويبين الجدول أنه فيما يخص فتحة حزمة dB زاويتها 45° يقل الفرق بين القيم الناتجة عن التكامل المتناهي والتكامل اللامتناهي عن 0.03%. أما بالنسبة إلى الفتحات بزواوية 25° أو أقل فإن الخطأ أساساً معدوم. وتحسب المعادلة (22) الآن بسهولة على النحو التالي:

$$(24) \quad U_0 = \frac{\varphi_s \theta_3}{4\pi} \sqrt{\frac{\pi}{2.773}} \times e^{\frac{\theta_3^2}{11.09}}$$

الجدول 1

الدقة النسبية للتكامل اللامتناهي في المعادلة (23)
في حساب متوسط كثافة الإشعاع

| الخطأ النسبي (%) | تكامل لا متناه | تكامل متناه | فتحة حزمة قدرها 3 dB في المستوي الشاقولي (درجة) |
|------------------|----------------|-------------|---|
| 0,0298 | 1,116116449 | 1,116449558 | 45 |
| 0,0000 | 0,67747088 | 0,67747088 | 25 |
| 0,0000 | 0,549744213 | 0,549744213 | 20 |
| 0,0000 | 0,416896869 | 0,416896869 | 15 |
| 0,0000 | 0,280137168 | 0,280137168 | 10 |
| 0,0000 | 0,140734558 | 0,140734555 | 5 |

وينتج عن المعادلتين (18) و(20) أن $U_M = 1$. وباستبدال هذه القيم والمعادلة (24) مع المعادلة (26) تنتج اتجاهية الهوائي القطاعي ذي فتحة الحزمة المعطاة في المستوي الشاقولي ومستوي السميت في العلاقة التالية

$$(25) \quad D = \frac{11.805}{\varphi_s \theta_3} e^{\frac{\theta_3^2}{11.09}}$$

حيث يعبر عن الزوايا بالراديان. أما عندما يعبر عنها بالدرجات فإن المعادلة (25) تصبح كالتالي:

$$(26) \quad D = \frac{38750}{\varphi_s \theta_3} e^{\frac{\theta_3^2}{36400}}$$

يلاحظ أنه فيما يتعلق بهوائي شامل الاتجاه تتقلص المعادلة (26) لتصبح:

$$(27a) \quad D = \frac{107.64}{\theta_3} e^{\frac{\theta_3^2}{36400}}$$

وبافتراض أن كفاءة إشعاع الهوائي 100% وأن خسارته لا تذكر، يكون كسب الهوائي شامل الاتجاه واتجاهيته متساويين. وعلاوة على ذلك وفيما يخص هوائيات شاملة الاتجاه ذات فتحة حزمة 3 dB تبلغ 45° ويمكن تبسيط العلاقة بين الكسب وفتحة الحزمة هذه في المستوي الشاقولي من خلال وضع عامل أسّي قدره واحد. وتكون نسبة الخطأ الناتج عندئذ أقل من 6%.

$$(27b) \quad G_0 \approx \frac{107.64}{\theta_3}$$

2.2 كثافة إشعاع هوائي قطاعي بدالة أسية

الحالة الثانية في دراسة كثافة الإشعاع لهوائي قطاعي هي حالة الدالة الأسية. وخاصة ما يلي:

$$(28) \quad F(\varphi) = e^{-b^2\varphi^2}$$

حيث:

$$(29) \quad b^2 = -\ln(0.5) \times \left(\frac{2}{\varphi_s} \right)^2$$

والزاوية φ_s هي فتحة حزمة 3 dB للقطاع.

وباستبدال المعادلتين (20) و(28) بالمعادلة (14) وبتغيير حدود التكامل بحيث يُصبح التكامل المتناهي تكاملاً لا متناهياً، وبإدراج هذه النتيجة في المعادلة (16) واستبدالها، تنتج الصيغة التقريبية التالية:

$$(30) \quad D = \frac{11.09}{\varphi_s \theta_3} e^{\frac{\theta_3^2}{11.09}}$$

حيث الزوايا لها قيم مسبقة التحديد يعبر عنها بالراديان. وبتحويل الزوايا إلى درجات تصبح المعادلة (30) كالتالي:

$$(31) \quad D = \frac{36400}{\varphi_s \theta_3} e^{\frac{\theta_3^2}{36400}}$$

ولدى مقارنة المعادلتين (26) و(31). يظهر أن الفارق بالاتجاهية عند حسابها في هذه الطريقة أو تلك أقلم من 0,3 dB.

وينبغي مقارنة نتائج المعادلة (31) مع عدد من المخططات المقاسة من أجل تحديد التأثير الملازم لكفاءة إشعاع الهوائي والمسارات الأخرى في المعامل. ولا توجد حالياً إلا مجموعتان من القياسات الخاصة بالهوائيات القطاعية المصممة للعمل في النطاق GHz 25,25 و GHz 29,5. ويعرض الشكلان 13 و14 مخططات مقيسة لإحدى المجموعتين في مستوي السمات والمستوي الشاقولي على التوالي، والشكلان 15 و16 مخططات المجموعة الثانية. وفي الشكلين 13 و14 تبلغ زاوية فتحة الحزمة 3 dB في مستوي السمات 90° وفي المستوي الشاقولي 2,5°، وتبلغ الاتجاهية الناتجة عن المعادلة (31) 22,1 dB. وينبغي مقارنة هذه القيمة مع كسب مقاس يتراوح بين 20,5 و21,4 dB فيما يتعلق بالهوائي العامل في النطاق GHz 29,5-25,5. وبافتراض أن الكسب G_0 في الهوائي العامل في النطاق حوالي GHz 28 أقل بمقدار 0,7 dB من الاتجاهية، وأنه استعيض عن العامل الأساسي بواحد؛ مما ينجم عنه تزايد في الأخطاء يتناسب طردياً مع تزايد فتحة الحزمة. ويبلغ الخطأ نسبة 6% عند الفتحة 45°. وتؤدي فتحة حزمة أكبر إلى خطأ أكبر. واستناداً إلى ذلك فإن العلاقة شبة التجريبية بين الكسب وفتحة الحزمة في هوائي قطاعي هي التالية:

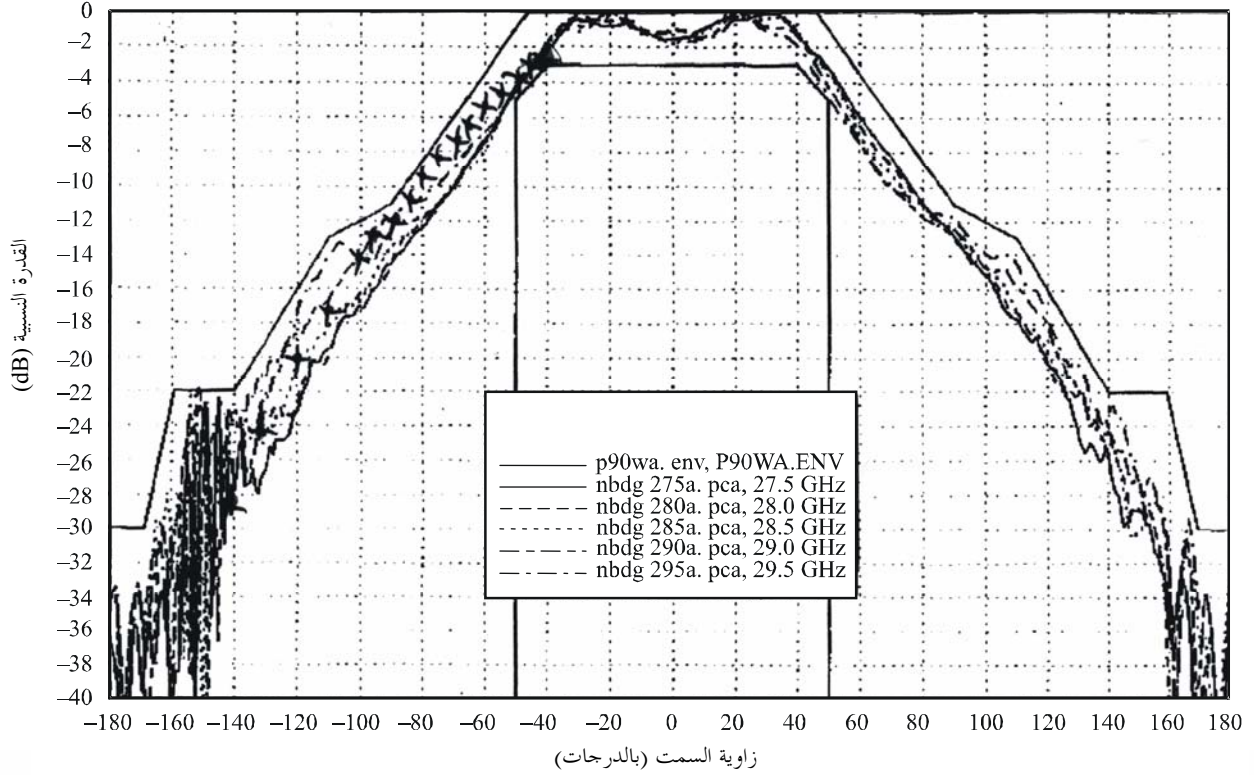
$$(32a) \quad G_0 \approx \frac{31000}{\varphi_s \theta_3}$$

وبنفس الطريقة واستناداً إلى الشكلين 15 و16 تكون العلاقة شبة التجريبية بين الكسب وفتحة الحزمة في هوائي قطاعي كالتالي:

$$(32b) \quad G_0 \approx \frac{34000}{\varphi_s \theta_3}$$

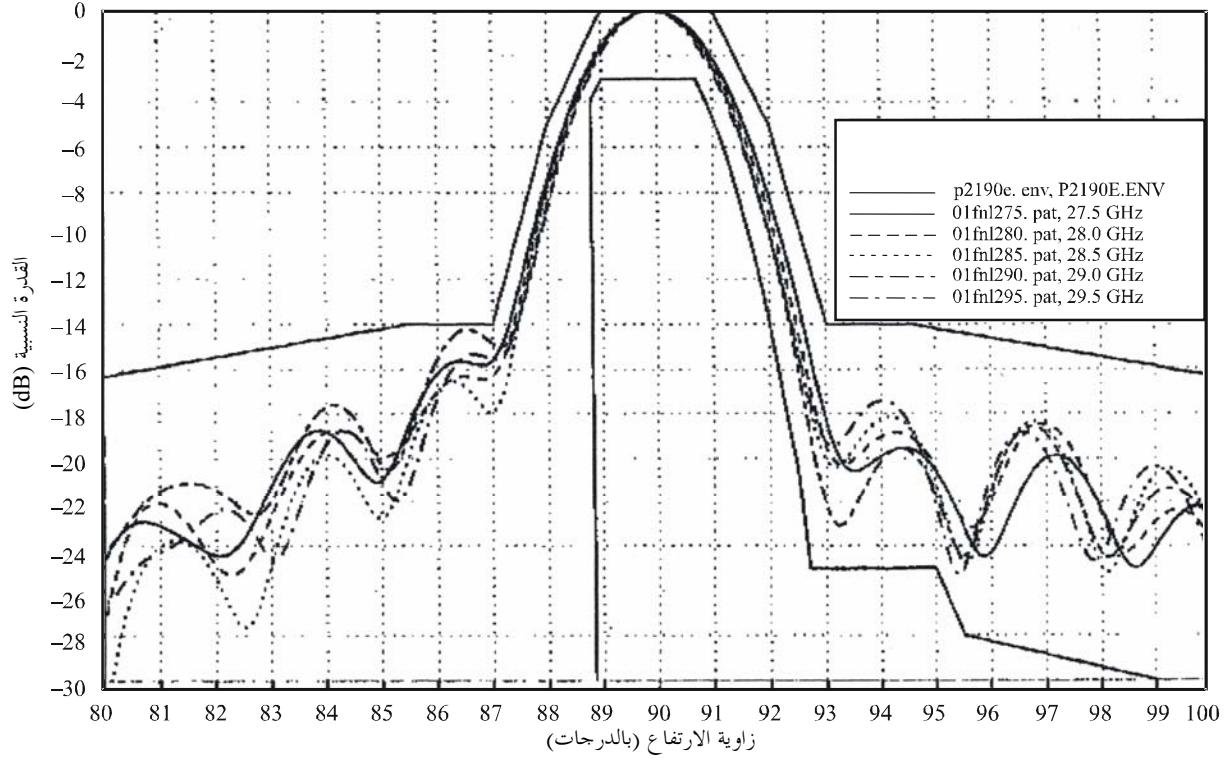
الشكل 13

مخطط مقيس هوائي قطاعي بزاوية 90° في مستوي السمات. وهو مقيس في النطاق 29,5-27,5 GHz وتقابل إشارات الصليب المرسومة باليد في الجهة اليسرى من الشكل القيم الناتجة عن المعادلة (28) عند التعبير عنها بالديسيبل، لفتحة الحزمة 3 dB المفترضة ومقدارها 90° في مستوي السمات



الشكل 14

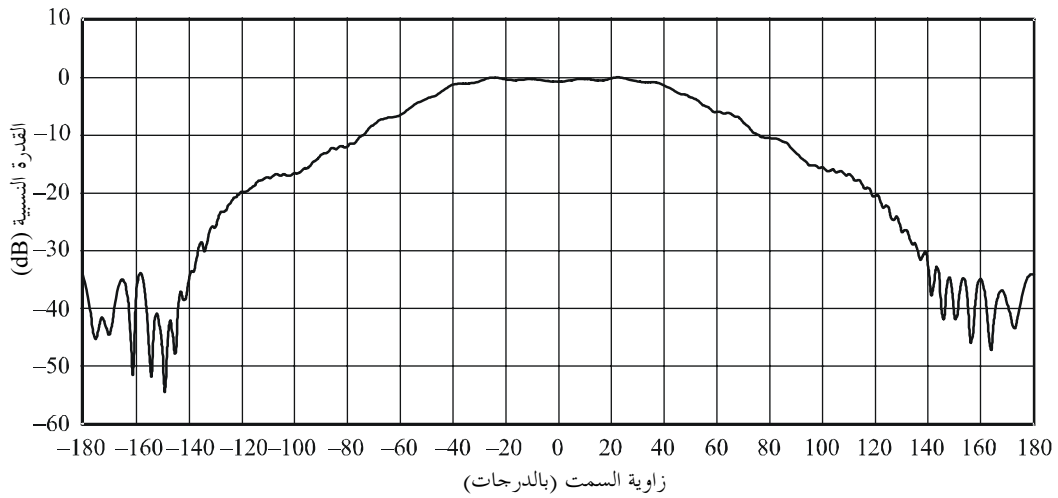
مخطط مقيس هوائي قطاعي بزاوية 90° في مستوي السميت
في النطاق GHz 29,5-27,5



1336-14

الشكل 15

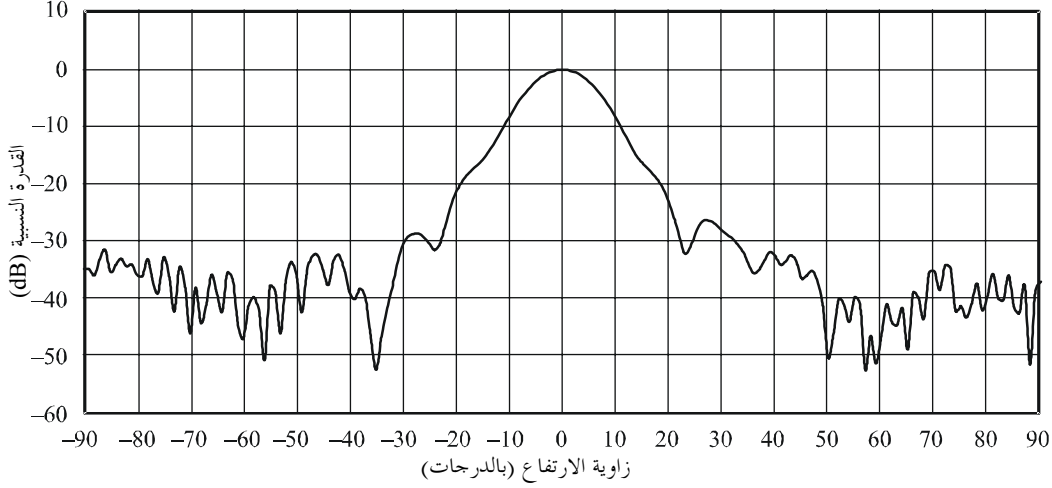
مخطط هوائي قطاعي عملي بزاوية 90° في مستوي السميت (استقطاب v)
وزاوية نصف القيمة 15 dBi: 90° (هوائي بوقي يعمل في التردد GHz 26)



1336-15

الشكل 16

مخطط هوائي قطاعي نمطي بزاوية 90° في المستوي الشاقولي (استقطاب V)
 زاوية نصف القيمة 15 dBi : 12° (هوائي بوقي يعمل في التردد 26 GHz)



1336-16

3 مقارنة مع النتائج السابقة للهوائيات شاملة الاتجاه

الغرض من هذا القسم هو مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من المعادلة (27) والمتعلقة بالهوائي شامل الاتجاه مع النتائج السابقة الواردة والملخصة في الملحق 1 بهذه التوصية.

ويعبر عن كثافة الإشعاع لهوائي شامل الاتجاه في المستوي الشاقولي بالعلاقة التالية:

$$(33) \quad F(\theta) = \cos^{2N} \theta$$

وباستبدال المعادلة (33) بالمعادلة (17) وبافتراض $F(\varphi) = 1$ ، ينتج:

$$(34) \quad U_0 = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^{2N}(\theta) \cos(\theta) d\theta d\varphi$$

وهذا التكامل المضاعف يساوي:

$$(35) \quad U_0 = \frac{(2N)!!}{(2N+1)!!}$$

حيث $(2N)!!$ هو ضعف حاصل ضرب الأعداد محددة بـ $(2N) \dots 6.4.2$ و $(2N+1)!!$ وهو أيضاً ضعف حاصل ضرب أعداد محددة بـ $(2N+1) \dots 5.3.1$.

وهكذا تصبح الاتجاهية كالتالي:

$$(36) \quad D = \frac{(2N+1)!!}{(2N)!!}$$

ويعبر عن فتحة حزمة 3 dB في المستوي الشاقولي بالعلاقة التالية:

$$(37) \quad \theta_3 = 2 \cos^{-1} \left(0.5^{1/2N} \right)$$

ويقدم الجدول 2 مقارنة بين قيم الاتجاهية المحسوبة استناداً إلى الافتراضات والطرائق المدرجة في المعادلة (27) وبين تلك المستخدمة في استنتاج المعادلتين (36) و(37). ويلاحظ أن النتائج المستندة إلى المعادلة (27) أفضل من النتائج المستندة إلى المعادلتين (36) و(37). وفي جميع الحالات فإن المعادلة (27) تعطي قيمة اتجاهية أقل بقليل من القيم الناتجة عن استعمال المعادلتين (36) و(37). والخطأ النسبي (%) للتقديرات، عندما يعبر عنه بالديسيبل بالنسبة لفتحة حزمة 3 dB في المستوي الشاقولي بزواوية قدرها 65°، يصل إلى أعلى قيمة وهي -2.27%. والخطأ (dB) في هذه الحالة يعبر عنه بالديسيبل ويبلغ -0.062 dB. ويتناقص الخطأ النسبي (%) والخطأ (dB) لزوايا فتحة الحزمة 3 dB التي تقل عن 65° تدريجياً مع تناقص فتحة الحزمة 3 dB. وفيما يتعلق بفتحة حزمة 3 dB بزواوية 16°، فإن الخطأ النسبي (%) يقارب -0.01% ويقل الخطأ (dB) عن 0.0085 dB. ويؤكد تقييم مشابه لذلك المبين في الجدول 2 فيما يتعلق بالقيم التي تتراوح بين 2N و10 000 (تعادل فتحة حزمة 3 dB بزواوية 1.35° واتجاهية قدرها 19.02 dB) تقارب نتائج الطريقتين.

الجدول 2

مقارنة الاتجاهية الهوائيات شاملة الاتجاه المحسوبة باستعمال المعادلة (27a) والاتجاهية المحسوبة باستعمال المعادلتين (36) و(37)

| الخطأ (dB) | الخطأ النسبي (%) | الاتجاهية (dB) المعادلة (27a) | الاتجاهية (dB) المعادلة (36) | θ_3 (بالدرجات) المعادلة (37) | 2N |
|------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----|
| 0,0172- | 0,98- | 1,7437 | 1,7609 | 90,0000 | 2 |
| 0,0623- | 2,28- | 2,6677 | 2,7300 | 65,5302 | 4 |
| 0,0576- | 1,69- | 3,3419 | 3,3995 | 54,0272 | 6 |
| 0,0500- | 1,28- | 3,8610 | 3,9110 | 47,0161 | 8 |
| 0,0435- | 1,01- | 4,2814 | 4,3249 | 42,1747 | 10 |
| 0,0383- | 0,82- | 4,6343 | 4,6726 | 38,5746 | 12 |
| 0,0341- | 0,69- | 4,9381 | 4,9722 | 35,7624 | 14 |
| 0,0307- | 0,59- | 5,2047 | 5,2355 | 33,4873 | 16 |
| 0,0280- | 0,51- | 5,4423 | 5,4703 | 31,5975 | 18 |
| 0,0256- | 0,45- | 5,6565 | 5,6822 | 29,9953 | 20 |
| 0,0237- | 0,40- | 5,8516 | 5,8752 | 28,6145 | 22 |
| 0,0220- | 0,36- | 6,0305 | 6,0525 | 27,4083 | 24 |
| 0,0205- | 0,33- | 6,1959 | 6,2164 | 26,3428 | 26 |
| 0,0192- | 0,30- | 6,3496 | 6,3688 | 25,3927 | 28 |
| 0,0181- | 0,28- | 6,4931 | 6,5112 | 24,5384 | 30 |
| 0,0171- | 0,26- | 6,6278 | 6,6449 | 23,7649 | 32 |
| 0,0162- | 0,24- | 6,7545 | 6,7708 | 23,0603 | 34 |
| 0,0154- | 0,22- | 6,8743 | 6,8897 | 22,4148 | 36 |
| 0,0147- | 0,21- | 6,9879 | 7,0026 | 21,8206 | 38 |
| 0,0140- | 0,20- | 7,0958 | 7,1098 | 21,2714 | 40 |
| 0,013-4 | 0,19- | 7,1986 | 7,2120 | 20,7616 | 42 |
| 0,0129- | 0,18- | 7,2967 | 7,3096 | 20,2868 | 44 |
| 0,0124- | 0,17- | 7,3906 | 7,4030 | 19,8431 | 46 |
| 0,0119- | 0,16- | 7,4806 | 7,4925 | 19,4274 | 48 |

الجدول 2 (تتمة)

| الخطأ (dB) | الخطأ النسبي (%) | الاتجاهية (dB) (المعادلة (27a)) | الاتجاهية (dB) (المعادلة (36)) | θ_3 (بالدرجات) (المعادلة (37)) | 2N |
|---------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|----|
| 0,0115- | 0,15- | 7,5671 | 7,5785 | 19,0367 | 50 |
| 0,0111- | 0,14- | 7,6502 | 7,6613 | 18,6687 | 52 |
| 0,0107- | 0,14- | 7,7302 | 7,7410 | 18,3212 | 54 |
| 0,0104- | 0,13- | 7,8075 | 7,8178 | 17,9924 | 56 |
| 0,0100- | 0,13- | 7,8820 | 7,8921 | 17,6808 | 58 |
| 0,0097- | 0,12- | 7,9541 | 7,9638 | 17,3847 | 60 |
| 0,0094- | 0,12- | 8,0239 | 8,0333 | 17,1031 | 62 |
| 0,0092- | 0,11- | 8,0915 | 8,1007 | 16,8347 | 64 |
| 0,0089- | 0,11- | 8,1571 | 8,1660 | 16,5786 | 66 |
| 0,0087- | 0,11- | 8,2207 | 8,2294 | 16,3338 | 68 |
| 0,0085- | 0,10- | 8,2825 | 8,2910 | 16,0996 | 70 |
| 0,0083- | 0,10- | 8,3426 | 8,3509 | 15,8751 | 72 |
| 0,0081- | 0,10- | 8,4011 | 8,4092 | 15,6598 | 74 |

4 الملخص والاستنتاجات

وضعت المعادلات التي تتيح سهولة حساب الاتجاهية والعلاقة بين فتحة الحزمة والكسب في الهوائيات شاملة الاتجاه والهوائيات القطاعية المستخدمة في أنظمة المرحلات الراديوية P-MP ويقترح استعمال المعادلات التالية من أجل تحديد اتجاهية الهوائيات القطاعية:

$$(38) \quad D = \frac{k}{\varphi_s \theta_3} e^{\frac{\theta_3^2}{36400}}$$

حيث:

$$(39) \quad \begin{aligned} k &= 38750 && \text{for } \varphi_s > 120^\circ \\ k &= 36400 && \text{for } \varphi_s \leq 120^\circ \end{aligned}$$

φ_s هي فتحة حزمة 3 dB لهوائي قطاعي يعمل في مستوي السميت (بالدرجات) بكثافة إشعاع أسية مفترضة في السميت، و θ_3 هي فتحة الحزمة 3 dB لهوائي قطاعي يعمل في المستوي الشاقولي (بالدرجات).

وفيما يتعلق بالهوائيات شاملة الاتجاه يقترح استخدام المعادلة المبسطة التالية في تحديد الحزمة 3 dB في المستوي الشاقولي علماً بأن الكسب مقدر بالوحدات dBi (المعادلة (27b)):

$$\theta_3 \approx 107.6 \times 10^{-0.1 G_0}$$

ويقترح مؤقتاً استخدام المعادلة شبة التجريبية التالية التي تبين العلاقة بين كسب الهوائي القطاعي (dBi) وفتحات الحزمة 3 dB في المستوي الشاقولي ومستوي السميت حيث يبلغ القطاع 120° أو أقل، وتقل فتحة الحزمة 3 dB في المستوي الشاقولي عن 45° (المعادلة (32a)):

$$\theta_3 \approx \frac{31000 \times 10^{-0.1 G_0}}{\varphi_s}$$

يتطلب تحديد كيفية تناول المنطقة الانتقالية المتضمنة في المعادلة (39) وتحديد دقة الحسابات التقريبية عند تطبيقها على النماذج المقيسة للهوائيات القطاعية وشاملة الاتجاهات المصممة للعمل في أنظمة المرحلات الراديوية P-MP في نطاقات المدى من GHz 1 إلى حوالي GHz 70 مزيداً من الدراسة.

الملحق 4

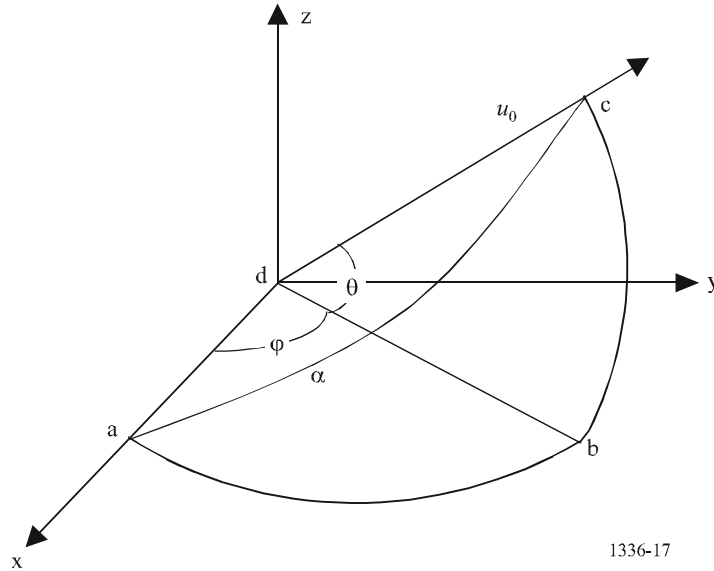
إجراء تحديد كسب الهوائي القطاعي عند زاوية اعتبارية خارج المحور تحديد زاويتا السمات والارتفاع نسبةً إلى خط تسديد الهوائي

1 التحليل

يبين الشكل 17 المخطط الهندسي الأساسي الذي يتيح تحديد كسب هوائي قطاعي في زاوية اعتبارية خارج المحور. ويفترض أن الهوائي موضوع في مركز نظام الإحداثيات الكروية؛ ويقع اتجاه الإشعاع الأقصى على طول محور السينات: والمستوي x-y هو المستوي الأفقي المحلي؛ ويضم مستوى الارتفاع محور العيّنات، و u_0 هو متجه وحيد يستعمل اتجاهه في تحديد كسب الهوائي القطاعي.

الشكل 17

تحديد زاوية الانحراف عن خط التسديد لزاويتي سمات وارتفاع معينتين



1336-17

يقوم هذا الإجراء على فرضيتين أساسيتين هما:

- يكون كفاف الكسب -3 dB لمخطط المجال البعيد عند رسمه ببعدين بدلالة زاويتي السمات والارتفاع إهليلجياً كما يبين الشكل 2.
- يخضع كسب الهوائي القطاعي عند زاوية اعتبارية خارج المحور لفتحة الحزمة 3 dB وفتحة حزمة الهوائي عند قياسه في المستوي الذي يضم محور السينات ومتجه الوحدة u_0 (الشكل 1).

وتعطى القيمة الرقمية لكسب خط التسديد على أساس مؤقت (الفقرة 3.3 من توصي وفي المعادلة (32a)، مع مراعاة فتحة الحزمة 3 dB للهوائي القطاعي في مستوي السمات والمستوي الشاقولي θ_3 و φ_3 .

$$(40) \quad G_0 = \frac{31\,000 \varphi}{\varphi_3 \theta_3}$$

والمرحلة الأولى في تقييم كسب الهوائي القطاعي في زاوية اعتباطية خارج المحور φ و θ هي تحديد القيمة α . وبالإحالة إلى الشكل 17 ونظراً لأن النقاط abc تشكل مثلثاً كروياً قائم الزاوية، تعطي قيمة α في المعادلة:

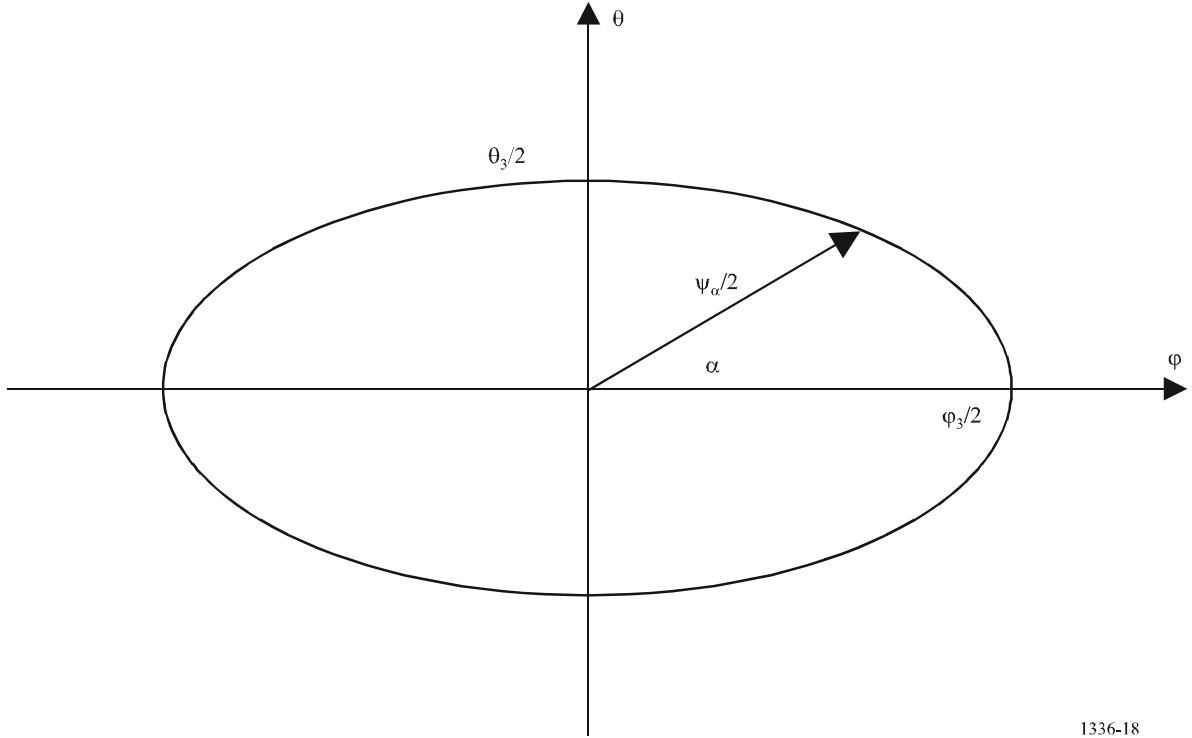
$$(41a) \quad \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \theta}{\sin \varphi} \right)$$

وتعطي الزاوية خارج المحور في المستوى adc في المعادلة:

$$(41b) \quad \psi_\alpha = \cos^{-1}(\cos \varphi \cos \theta)$$

الشكل 18

تحديد فتحة الحزمة 3 dB لحزمة إهليلجية عند زاوية الميل الاعتباطية α



1336-18

وبما أن الحزمة إهليلجية الشكل، فإن فتحة الحزمة 3 dB للهوائي القطاعي في المستوى adc تتحدد في العلاقة:

$$(42a) \quad \frac{1}{\psi_\alpha^2} = \left(\frac{\cos \alpha}{\varphi_3} \right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3} \right)^2$$

أو

$$(42b) \quad \Psi_{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{\phi_3}\right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3}\right)^2}}$$

ويمكن تحديد كسب الهوائي القطاعي عند هذه الزاوية الاعتبارية خارج المحور مؤقتاً باستخدام مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في الفقرتين 1.3 و 2.3 من توصي في هذه التوصية.

2 خاتمة

أعطي هذا الإجراء من أجل تقييم كسب هوائي قطاعي عند زاوية اعتبارية خارج المحور. ومن الضروري إجراء مزيد من الدراسات من أجل بيان المدى الذي يصلح فيه استعمال هذا الإجراء فيما يتعلق بالهوائيات القطاعية. ويرجى من الإدارات أن تتقدم بمخططات مقيسة لهوائيات قطاعية من أجل القيام بتحديد المدى المذكور.

الملحق 5

النموذج الرياضي لمخططات الإشعاع النوعية للهوائيات شاملة الاتجاه والهوائيات القطاعية في الأنظمة الراديوية الثابتة (FWS) من النمط M-MP للاستخدام في التقديرات الإحصائية للتداخل

1 المقدمة

يحيل متن هذه التوصية (الفقرتان 2.2 و 2.3 من توصي) إلى مخططات إشعاع مرجعية تمثل القيم المتوسطة لسويات الفصوص الجانبية في كل من الهوائيات شاملة الاتجاه (في السمات) والهوائيات القطاعية، التي يمكن استخدامها في حالة مصادر التداخل المتعددة أو مصادر التداخل المتغيرة بتغير الوقت.

ومن ناحية أخرى ومن أجل الاستعمال في تحليل إحصائي لأمكنة التداخل، مثل التداخل الناجم عن بعض الأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض في عدد كبير من محطات الأنظمة اللاسلكية الثابتة، من الضروري وضع نموذج رياضي لمخططات الإشعاع النوعية كما هو مبين في الأقسام الأخيرة من هذا الملحق.

وينبغي ملاحظة أن هذه النماذج الرياضية القائمة على دالات جيبيية عند تطبيقها في حسابات التداخل الناجم عن مصادر متعددة قد يؤدي إلى نتائج خاطئة إلا إذا كانت مصادر التداخل موزعة على مدى كبير من زوايا السمات/الارتفاع. ولذلك لا يوصى باستعمال هذه المخططات إلا في الحالات المذكورة أعلاه.

2 نموذج رياضي للهوائيات شاملة الاتجاه

عند إجراء التحليل المكاني للتداخل الناجم عن نظام ساتلي مستقر بالنسبة إلى الأرض. أو عن عدد قليل من هذه الأنظمة في عدد كبير من محطات الخدمة الثابتة ينبغي استعمال مخططات الفصوص الجانبية المعبر عنها بالقيم المتوسطة التالية وذلك فيما يتعلق بزوايا الارتفاع الواقعة في المدى من 0° إلى 90° (انظر الملحق 1):

$$(43a) \quad G(\theta) = \begin{cases} G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\theta_3} \right)^2 & \text{for } 0 \leq \theta < \theta_4 \\ G_0 - 12 + 10 \log(k+1) + F(\theta) & \text{for } \theta_4 \leq \theta < \theta_3 \\ G_0 - 12 + 10 \log \left[\left(\frac{|\theta|}{\theta_3} \right)^{-1.5} + k \right] + F(\theta) & \text{for } \theta_3 \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases}$$

مع:

$$(43b) \quad F(\theta) = 10 \log \left(0.9 \sin^2 \left(\frac{3\pi\theta}{4\theta_3} \right) + 0.1 \right)$$

حيث تتحدد القيم θ و θ_3 و θ_4 و G_0 و k ويعبر عنها في الفقرة 1.2 من توصي الواردة في متن هذه التوصية.

الملاحظة 1 - في الحالات التي تنطوي على هوائيات نمطية عاملة في المدى 3-1 GHz، ينبغي أن تساوي المعلمة k 0.7.

الملاحظة 2 - في الحالات التي تنطوي على هوائيات مع أداء محسّن في الفصوص الجانبية في المدى 3-1 GHz وفيما يتعلق بجميع الهوائيات العاملة في المدى 3-70 GHz ينبغي للمعلمة أن تساوي 0.

3 نموذج رياضي للهوائيات القطاعية

عند إجراء تحليل مكاني للتداخل الناجم عن نظام ساتلي مستقر بالنسبة إلى الأرض أو عن البعض القليل من هذه الأنظمة في عدد كبير من محطات الخدمة الثابتة، ينبغي استعمال مخططات الفصوص الجانبية المعبر عنها بالقيم المتوسطة التالية، وذلك فيما يتعلق بزوايا الارتفاع الواقعة بين 0° و 90° وبزوايا السمات الواقعة بين 180° و 180° :

$$(44) \quad G(\varphi, \theta) = G_{ref}(x)$$

حيث:

$$0 \leq x < 1.396 \quad \text{إلى}$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$1.396 \leq x \quad \text{إلى}$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 12 - 15 \log(x) + F_{ref}(x)$$

$$F_{ref}(x) = 10 \log(0.9 \sin^2(0.75\pi x) + 0.1)$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\tan \theta}{\sin \varphi} \right)$$

$$\Psi_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{\varphi_3} \right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3} \right)^2}}$$

$$= \varphi_3 \cdot \theta_3 \sqrt{\frac{(\sin \theta)^2 + (\sin \varphi \cdot \cos \theta)^2}{(\varphi_3 \cdot \sin \theta)^2 + (\theta_3 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta)^2}} \quad \text{بالدرجات}$$

$$\Psi = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \theta) \quad \text{بالدرجات}$$

$$x = \Psi / \Psi_\alpha$$

حيث جميع القيم المتغيرة والمعلومات تتحدد في الفقرة 1.3 من توصي في متن هذه التوصية.

الملاحظة 1 - عند استخدام هوائيات قطاعية ذات فتحة حزمة 3 dB في مستوى السمات أقل من 120° تقريباً، تكون العلاقة بين الكسب الأقصى وفتحة حزمة 3 dB في مستوى السمات والمستوي الشاقولي مؤقتاً كالتالي (الملحق 3):

$$\theta_3 = \frac{31\,000 \times 10^{-0.1 G_0}}{\phi_3}$$

حيث جميع المعلومات محددة في الفقرة 1.3 من توصي في متن هذه التوصية.

الملحق 6

الأساس المنطقي لوضع معادلات الهوائيات القطاعية العاملة بين 1 GHz و 6 GHz تقريباً بالقيم المتوسطة وقيم الذروة

1 وضع معادلات الهوائيات القطاعية بين 1 GHz و 6 GHz

1.1 الأساس المنطقي

من أجل الحصول على نموذج مناسب استناداً إلى معطيات معيارية لمخطط هوائي يعمل في الترددات المجاورة للتردد 2 GHz أدرجت معلمة k لتمثيل أداء سوية الفصوص الجانبية في المعادلات المستخدمة في الهوائيات القطاعية بطريقة مماثلة لما جرى في المعادلات المستخدمة في الهوائيات شاملة الاتجاه.

وتبين أن مخطط هوائي قطاعي مع معلمة k أكبر من صفر يعادل مخططات هوائيات مقيسة لا تقدر سويات فصوصها الجانبية الأولى جيداً عند استخدام معادلات الهوائيات شاملة الاتجاه.

وتنطبق المعادلة (45) على مخططات الهوائيات القطاعية بقيم الذروة:

$$0 \leq x < 1 \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2$$

$$(45) \quad 1 \leq x \quad \text{إلى} \quad G_{ref}(x) = G_0 - 12 + 10 \log(x^{-1.5} + k)$$

وتعريف جميع المعلومات هو نفس التعريف الوارد في متن هذه التوصية (الفقرة 1.3 من توصي).

ويلاحظ أنه يوجد انقطاع صغير في $x = 1$ في المعادلة (45).

وعندما تكون $k = 0,7$ مثلاً تصبح المعادلة الثانية $G_{ref}(x) = G_0 - 9,7$ ، بينما تبقى المعادلة الأولى $G_{ref}(x) = G_0 - 12$ ، (الفرق قدره 2 dB تقريباً). ويصبح هذا الانقطاع أقل عندما تكون قيم المعلمة k أصغر.

ومن أجل تحديد نقطة الانقطاع بين المعادلتين بشكل أدق، تستخدم التقريبات الصغيرة ($k \gg 1$ و x_k ، نقطة انقطاع قريبة من 1):

$$\begin{aligned} G_{ref}(x_k) &= G_0 - 12 + 10 \log(x_k^{-1.5} + k) = G_0 - 12x_k^2 \\ \Rightarrow -12x_k^2 &= -12 + \frac{10}{\ln(10)} \ln(x_0^{-1.5} + k) \approx -12 + \frac{10}{\ln(10)} k \\ \Rightarrow x_k &\approx \sqrt{1 - \frac{5k}{6 \ln 10}} \end{aligned}$$

وهكذا يمكن أن يستعاض عن نقطة الانقطاع "1" بنقطة انقطاع عائمة x_k .
وتصبح المعادلة (45) كالتالي:

$$(46) \quad \begin{aligned} & \text{إلى } 0 \leq x < x_k & G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2 \\ & \text{إلى } x_k \leq x & G_{ref}(x) = G_0 - 12 + 10 \log(x^{-1.5} + k) \end{aligned}$$

مع:

$$x_k = \sqrt{1 - 0.36k}$$

2.1 تحديد مجال صلاحية المعادلات

سبق أن تحدد عند تقدير مخططات الهوائيات المقيسة أن هناك حاجة لمعادلات مختلفة لأغراض الهوائيات العاملة في المدى بين GHz 1 و GHz 6 تقريباً.

3.1 دراسات بشأن قيمة المعلمة k

تظهر نتائج التحليل المتعلق بالمعلمة k ومخططات الهوائيات المقيسة في الجدول 3. ويبين هذا الجدول أيضاً الأداء المحسن للفصوص الجانبية خلال فترة السنوات العشر الأخيرة.

4.1 تأثير المعلمة k على مخطط هوائي قطاعي

يظهر عموماً أن مخطط هوائي بقيمة الذروة مع قيمة نمطية المعلمة $k = 0,7$ (الفقرة 2 من هذا الملحق) ملائم في معظم الحالات (حالة الفص الجانبي النمطية).

ويلاحظ أن قيمة $k = 0$ تتيح لهذه المخططات أن تتوافق مع مخططات الهوائيات القطاعية بأداء فصوص جانبية محسنة.

الجدول 3

قيمة المعلمة k في هذه التوصية

| 2006 (المستخدمة في هذه التوصية) | 2000 | 1997 | التوصية ITU-R F.1336 | | |
|--|-----------|-----------|----------------------|------------------|--------------------|
| $0,7 = k$ | $0,7 = k$ | $1,5 = k$ | GHz 3-1 | فص جانبي عادي | هوائي شامل الاتجاه |
| $0 = k$ | $0 = k$ | $1,5 = k$ | GHz 70-3 | | |
| $0 = k$ | $0 = k$ | $0 = k$ | GHz 70-1 | فص جانبي محسن | |
| قيمة الذروة: $0,7 = k$ القيمة المتوسطة: $0,2 = k$ (الملاحظة 1) | $0,7 = k$ | – | GHz 3-1 | فص جانبي عادي | هوائي قطاعي |
| | $0 = k$ | – | GHz 6-3 | | |
| | $0 = k$ | $0 = k$ | – | GHz 70-6 | |
| $0 = k$ | $0 = k$ | – | GHz 70-1 | فص جانبي محسن | |

ملاحظة 1- فيما يتعلق بالهوائيات القطاعية تستخدم المعادلات (46).

وينبغي استعمال المعادلة (47) لمخططات هوائي قطاعي بقيمة الذروة:

$$(47) \quad \begin{aligned} & \text{إلى } 0 \leq x < x_k & G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2 \\ & \text{إلى } x_k \leq x < 4 & G_{ref}(x) = G_0 - 12 + 10 \log(x^{-1.5} + k) \\ & \text{إلى } x \geq 4 & G_{ref}(x) = G_0 - \lambda_k - 15 \log(x) \end{aligned}$$

مع: $x_k = \sqrt{1 - 0.36k}$ و $\lambda_k = 12 - 10 \log(1 + 8k)$

و

x_k : نقطة انقطاع تضمن الاستمرارية بين الفص الرئيسي والفصوص الجانبية الأولى

λ_k : عامل التوهين المطلوب تحت كسب الهوائي والذي يضمن استمرارية بين الفصوص الجانبية والفصوص الخلفية للحالة $x = 4$.

تستخدم المعادلة (47) في الفقرتين 1.1.3 و 1.2.3 من توصي.

2 اعتبارات عامة متعلقة بالمعلمة k في الهوائيات القطاعية في المدى 6-1 GHz

حُسب الفرق الإجمالي بين المخطط المرجعي ومخططات الهوائيات المقيسة التي قدمتها بلدان عدة فيما يخص التطبيقات الثابتة والمتنقلة من أجل تقدير قيمة مناسبة للمعلمة k . وأعطت هذه المخططات المقيسة كسب قيم كثيرة لزاوية الارتفاع.

وفيما يتعلق بمخطط الذروة، قورنت المعطيات التجريبية مباشرة مع المعادلة (47) بافتراض عامل المعلمة k قدره 0,7.

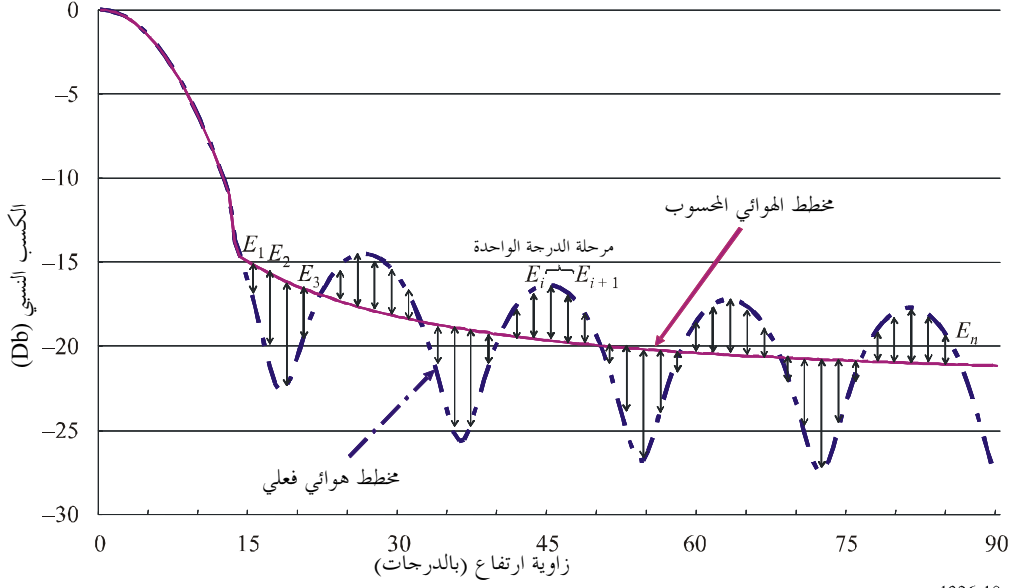
أما فيما يخص مخطط القيم المتوسطة فلم تجر الحسابات إلا بالنسبة لمدى الفص الجانبي (وليس لجزء الفص الرئيسي)؛ وتم اعتيان الفروق بين مخططات الهوائيات المقيسة والفعالية في كل درجة من أجل تحديد "الخطأ الإجمالي".

ويتحدد الخطأ الإجمالي كما هو مبين أدناه. ويحسب Ez بالقيمة الفعلية وليس بالديسيبل.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i^2} = \text{الخطأ الإجمالي}$$

الشكل 19

حساب الخطأ الإجمالي من أجل تقييم المعلمة K لمخطط القيم المتوسطة

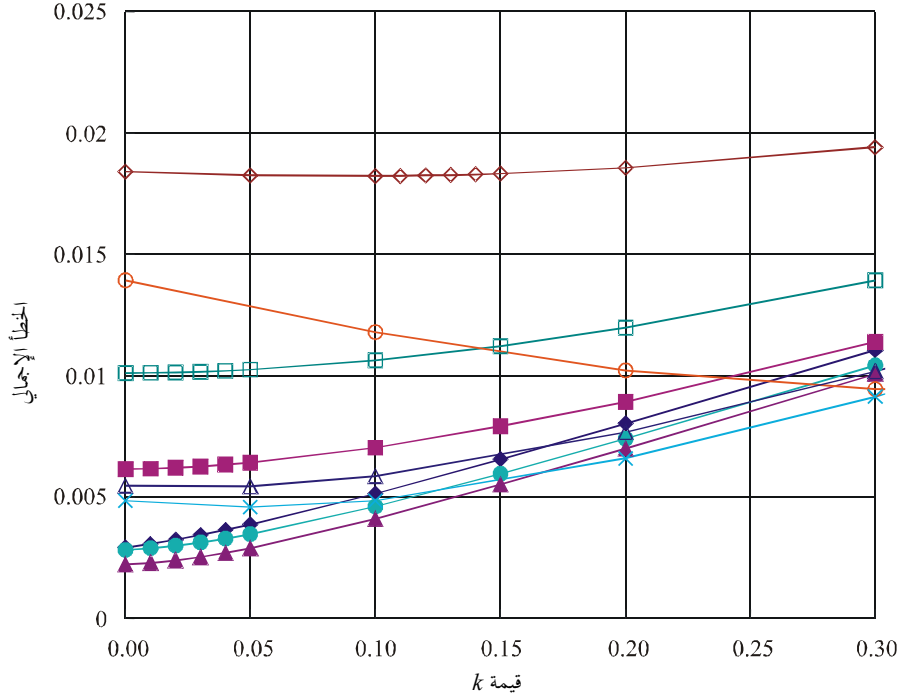


تم حساب الخطأ الإجمالي لكل مخطط يستخدم عدة معلمات k تتراوح قيمتها بين 0 و 0,3. وتظهر النتائج في الشكل 19. ويمكن النظر إلى قيمة المعلمة k التي تعطي أقل خطأ إجمالي لأفضل قيمة. واستناداً إلى هذا التحليل ينبغي استعمال القيمة $k = 0,2$ في مخططات هوائي القيم المتوسطة.

كما يتعين مراعاة عامل هام آخر هو "قيمة سيغما" التي تحددها القدرة الكلية المتكاملة في مدى الزوايا. والفكرة الأساسية هي التالية:

- ينبغي أن تنحصر قيمة سيغما في مخططات غلاف الذروة بين 2 و 4 dB؛
 - ينبغي أن تنحصر قيمة سيغما في مخططات الفصوص الجانبية بالقيم المتوسطة بين 0 و 1 dB.
- ويقدم الجدول 4 نتائج حساب قيم سيغما للمعادلات الموصى بها للأمثلة التي تمثل الهوائيات النمطية. وفيما يتعلق بمخططات غلاف الذروة فإن قيمة سيغما بالنسبة $k = 0,7$ تقع ضمن المستوى المسموح به. وإضافة إلى ذلك ستكون $k = 0,2$ قيمة ممكنة لمخططات الفصوص الجانبية بالقيم المتوسطة.

الشكل 20

مثال تقييم القيمة k المثلى لمخطط بالقيم المتوسطة

- هوائي 1 (2 GHz في الخدمة المتنقلة)
- هوائي 2 (2 GHz في الخدمة المتنقلة)
- هوائي 3 (2 GHz في الخدمة الثابتة، قطاع بزاوية 60°)
- ▲ هوائي 4 (2 GHz في الخدمة الثابتة، قطاع بزاوية 90°)
- ◇ RV901704 P
- GHz 4/6 2.0
- هوائي 5
- ▲ هوائي 6
- × هوائي 7

1336-20

الجدول 4

حساب نتائج قيم سيغما

| قيمة سيغما | | معلمة k | معادلات | مخطط | |
|---------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| dB 16 قطاع بزاوية 120° | dB 16 قطاع بزاوية 60° | | | | |
| dB 2,55 | dB 3,8 | $0,7 = k$ | الفقرة 1.1.3 من توصي | غلاف ذروة | هوائيات نمطية في المدى GHz 6-1 |
| dB 0,12 | dB 0,8 | $0,2 = k$ | الفقرة 1.2.3 من توصي | فص جانبي بقيمة متوسطة | |
| dB 0,57 | dB 1,43 | $0,4 = k$ | | | |
| dB 0,97 | dB 1,93 | $0,6 = k$ | | | |