الاتحـــــاد الـــدولـــــي للاتصـــــــالات

ITU-T

قطـــاع تقييس الاتصـــالات

في الاتحاد الدولي للاتصالات

K.52

(2004/12)

السلســـلة K: الحمـــاية من التداخـــلات

مبادئ إرشادية بشأن التقيّد بالقيم الحدّية لتعرّض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية

التوصيـــة ITU-T K.52

التوصيـــة ITU-T K.52

مبادئ إرشادية بشأن التقيّد بالقيم الحدية لتعرض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية

ملخص

ترمي هذه التوصية إلى المساعدة على تقيّد منشآت الاتصالات والهواتف المدمجة المتنقلة وغير ذلك من الأجهزة المشعة الأخرى التي تستخدم بمحاذاة الرأس – بالقيم الحدّية للسلامة الخاصة بتعرض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية (EMFs). فهي تقدم إرشادات عامة ومنهجاً حسابياً وإجراءً لتقييم المنشآت. ويعين إجراء تقييم منشآت الاتصالات المذكور الذي يستند إلى القيم الحدية للسلامة التي توفرها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) – المستعملين على تحديد مدى تقيّد المنشأة بالاستناد إلى معايير قابلية النفاذ وخصائص الهوائي وقدرة المرسل. ويوصى بمعيار IEC لقياس مدى تقيّد الهواتف المدمجة المتنقلة.

المصدر

وافقت لجنة الدراسات 5 (2005-2008) التابعة لقطاع تقييس الاتصالات في الاتحاد على التوصية ITU-T K.52 بتاريخ 14 ديسمبر 2004 وذلك بموجب الإجراء المحدد في التوصية ITU-T A.8.

تمهيد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة في ميدان الاتصالات. وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA) التي تجتمع مرة كل أربع سنوات المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها.

وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار رقم 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات.

وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ملاحظة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها.

والتقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستخدم فعل "يجب" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "ينبغي" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يعني استعمال هذه الصيغ أن التقيّد بهذه التوصية إلزامي.

حقوق الملكية الفكرية

يسترعي الاتحاد الانتباه إلى أن تطبيق هذه التوصية أو تنفيذها قد يستلزم استعمال حق من حقوق الملكية الفكرية. ولا يتخذ الاتحاد أي موقف من القرائن المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية أو صلاحيتها أو نطاق تطبيقها سواء طالب بها عضو من أعضاء الاتحاد أو طرف آخر لا تشمله عملية إعداد التوصيات.

وعند الموافقة على هذه التوصية، لم يكن الاتحاد قد تلقى إخطاراً بملكية فكرية تحميها براءات الاختراع يمكن المطالبة بها لتنفيذ هذه التوصية. ومع ذلك، ونظراً إلى أن هذه المعلومات قد لا تكون هي الأحدث، يوصى المسؤولون عن تنفيذ هذه التوصية بالاطلاع على قاعدة المعطيات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB).

© ITU 2005

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات.

جدول المحتويات

الصفحة

1 النطاق 1
2 المراجع 1
3 المصطلحات والتعريفات 2
4 المختصرات والاختصارات 5
5 مبادئ عامة 5
1.5 المصادر المتعددة والترددات 6
2.5 مدة التعرض 6
6 حدود السلامة في مجالات EMF 7
7 تقيّد الهواتف المدمجة المتنقلة 7
8 تحقيق التقيّد بحدود السلامة في مجالات EMF بالنسبة لمنشآت الاتصالات 7
1.8 البتّ في الحاجة إلى تقييم لتجهيزات الاتصالات 7
2.8 إجراءات تقييم التعرض للمجال الكهرمغنطيسي 8
3.8 الإجراء الخاص بتقييم مستوى التعرض 8
9 تقنيات تقييم المجال الكهرمغنطيسي 10
1.9 مناهج الحساب 10
2.9 إجراءات القياس 12
10 تقنيات التخفيف 13
1.10 المنطقة المهنية 13
2.10 منطقة التجاوز 13
الملحق A – المخطط البياني للتطبيق 13
الملحق B – المعايير الأساسية لتحديد فئة المنشأة 15
1.B المصادر المتقيدة بطبيعتها 15
2.B المنشآت المتقيدة عادة 15
التذييل I – الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) 21
1.I الحدود الأساسية 21
2.I مستوى المرجع 22
3.I التعرض المتزامن لعدة مصادر 24
التذييل II – مثال على التقييم البسيط للتعرض للمجال الكهرمغنطيسي 25
1.II التعرض على مستوى الأرض 25
2.II التعرض في مبنى مجاور 26
التذييل III – مثال على حساب $EIRP_{th}$ 28
1.III قيم عتبة $EIRP_{th}$ 28
التذييل IV – توضيح قيم عتبة $EIRP_{th}$ الواردة في جداول التذييل III 35
1.IV المصادر المتقيدة بطبيعتها 35
2.IV المنشآت المتقيدة عادة 35
ببليوغرافيا 37

مقدمـــة

ترمي هذه التوصية إلى مساعدة منشآت الاتصالات والهواتف المدمجة المتنقلة وغير ذلك من الأجهزة المشعة الأخرى – التي تستخدم بمحاذاة الرأس – على التقيّد بالقيم الحدية للسلامة لتعرض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية (EMFs). ولا تضع هذه التوصية قيماً حدية للسلامة؛ وإنما تسعى لتيسير التقنيات والإجراءات الكفيلة بتقييم تقيّد منشآت الاتصالات والهواتف المدمجة بالقيم الحدية الوطنية والدولية للسلامة في المجالات الكهرمغنطيسية (EMFs).

التوصيـــة ITU-T K.52

مبادئ إرشادية بشأن التقيّد بالقيم الحدية لتعرض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية

1 النطاق

ترمي هذه التوصية إلى المساعدة على تقيّد منشآت الاتصالات بالقيم الحدّية للسلامة الخاصة بتعرض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية التي تصدرها تجهيزات الاتصالات على مدى التردد 9 kHz إلى 300 GHz[1]. وتقدم هذه التوصية تقنيات وإجراءات لتقييم مدى خطورة التعرض للمجال والحد من تعرض العاملين وعامة الناس لهذه المجالات في حالة تخطي هذه القيم الحدّية.

كما تنطبق هذه التوصية كذلك على التعرض الناشئ عن الهواتف المدمجة المتنقلة وغيرها من الأجهزة المشعة الأخرى التي تعمل على مدى التردد 300 MHz إلى 3 GHz والتي تستخدم بمحاذاة الرأس.

وحيثما توجد قوانين وطنية ومعايير أو مبادئ توجيهية بشأن القيم الحدّية للتعرض للمجالات الكهرمغنطيسية وحيثما توفِّر هذه القوانين والمعايير والمبادئ التوجهية ذات الصلة إجراءات تتعارض مع هذه التوصية، فإن لها الأسبقية على الإجراءات الواردة في هذه التوصية.

وتغطي هذه التوصية تعرض الأشخاص الموجودين في مواقع الاتصالات وتعرض الناس خارج مواقع الاتصالات للمجالات الكهرمغنطيسية التي تصدرها تجهيزات الاتصالات والتجهيزات المركبة في مواقع الاتصالات.

ولا تغطي هذه التوصية التعرض لتيارات التلامس الناشئة عن ملامسة الأشياء الموصلة التي تعرضت لإشعاع المجالات الكهرمغنطيسية.

كما لا تغطي التعرض الناشئ عن استخدام الهواتف المدمجة المتنقلة أو غيرها من الأجهزة المشعة التي تستخدم بقرب الجسم البشري – خلاف الرأس – مباشرة.

وتعالج التوصية ITU-T K.33 – حدود سلامة الأشخاص في حالة التقارن في نظام الاتصالات الناشئ عن عطل في منشأة من منشآت نقل القدرة الكهربائية أو في منشأة من منشآت خطط السكة الحديدية (العاملة بالتيار المتناوب) – تعالج قضايا السلامة المتعلقة بالأشخاص الذين يلامسون دارات الاتصالات المعرضة لاستحثاث القدرة الكهربائية العاملة بالتيار المتناوب أو خطوط السكة الحديدية المكهربة العاملة بالتيار المتناوب.

2 المراجع

تشتمل توصيات قطاع تقييس الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات والمراجع الأخرى التالية على أحكام تمثل، بحكم الإحالة إليها في هذا النص، أحكاماً لهذه التوصية. وقد كانت الطبعات المشار إليها سارية المفعول عند نشر هذه التوصية. وتخضع جميع هذه التوصيات والمراجع الأخرى للمراجعة. ولذا فإن جميع مستعملي التوصية الحالية مدعوون إلى البحث عن إمكانية تطبيق أحدث الطبعات للتوصيات والمراجع الأخرى المدرجة تالياً. وتُنشر قائمة بالتوصيات السارية المفعول في قطاع تقييس الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات بشكل منتظم. ولا تضفي الإشارة إلى وثيقة ما في هذه التوصية على هذه التوصية – بصورتها هذه – صفة التوصية كوثيقة مستقلة.

---

[1] يقدم التذييل I كذلك القيود الحدّية للجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤيّن (ICNIRP) للترددات الأدنى.

- التوصية ITU-T K.61 (2003)، *مبادئ إرشادية للقياس والتنبؤ الرقمي للمجالات الكهرمغنطيسية من أجل التقيّد بالقيم الحدّية لتعرض الإنسان لمنشآت الاتصالات.*
- IEC 60657 (1979)، *أخطار الإشعاع غير المؤين على مدى التردد 10 MHz إلى 000 300 MHz.*
- IEC 60833 (1987)، *قياس المجالات الكهربائية للقدرة – التردد.*
- IEC 61566 (1997)، *قياس التعرض للمجالات الكهرمغنطيسية للتردد الراديوي – شدة المجال على مدى التردد 100 kHz إلى 1 GHz.*
- IEC 62209 (2004)، *تعرض الإنسان لمجالات التردد المنبثقة عن أجهزة الاتصال اللاسلكية المحمولة باليد وعلى الجسم – نماذج بشرية، ووسائل وإجراءات – الجزء 1: الإجراء الخاص بتحديد معدل الامتصاص النوعي (SAR) للأجهزة المحمولة باليد والمستخدمة بشكل قريب جداً من الأذن (مدى تردد 300 MHz إلى 3 GHz).*

3 المصطلحات والتعريفات

تعرّف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.3 كسب الهوائي: كسب الهوائي $G(\theta, \phi)$ هو نسبة القدرة المشعة لكل وحدة زاوية مجسمة إلى قدرة الدخل الإجمالية مضروبة في 4π. وكثيراً ما يعبر عن الكسب بالديسبلات مقارنة بالهوائي المتناحي (dBi). والمعادلة التي تعرّف الكسب هي:

$$G(\theta,\varphi) = \frac{4\pi}{P_{in}} \frac{dP_r}{d_\Omega}$$

حيث:

θ، ϕ هما الزاويتان في نظام إحداثيات قطبي

P_r هي القدرة المشعة في اتجاه (θ, ϕ)

P_{in} هي قدرة الدخل الإجمالية

Ω هي زاوية مجسمة ابتدائية في اتجاه الرصد

2.3 القدرة المتوسطة (الزمنية) (P_{avg}): المعدل الوسطي الزمني لنقل الطاقة معرفاً بالمعادلة التالية:

$$P_{avg} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t)dt$$

حيث إن t_1 وt_2 هما وقت بدء التعرض وتوقفه. والفترة $t_2 - t_1$ هي فترة التعرض.

3.3 وقت تحديد المعدل الوسطي (P_{avg}): وقت تحديد المعدل الوسطي هو الفترة الزمنية الملائمة التي يحدد فيها المعدل الوسطي للتعرض لغايات تحديد التقيّد بالقيم الحدّية.

4.3 التعرض المستمر: يحدد التعرض المستمر على أنه التعرض لفترة تتجاوز فترة المعدل الوسطي ذات الصلة. ويسمى التعرض لفترة تدنو عن فترة المعدل الوسطي التعرض قصير الأمد.

5.3 تيار التلامس: تيار التلامس هو التيار الذي يسري في الجسم من خلال ملامسة جسم مُوصِّل في مجال كهرمغنطيسي.

6.3 التعرض المهني/المتحكم به: ينطبق التعرض المهني/المتحكم به على الأوضاع التي يخضع فيها الأشخاص للتعرّض بحكم عملهم، وحيث يكون هؤلاء الأشخاص المعرضون على وعي تام بإمكانية التعرض ويمكن لهم أن يتحكموا به. كما ينطبق التعرض المهني – المتحكم به كذلك على الحالات التي يكون فيها التعرض عابراً كنتيجة لعبور عرضي عبر موقع قد تفوق القيم الحدّية فيه القيم الحدّية لعمة الناس/غير المتحكم بها، طالما أن الأشخاص المعرضين هم على علم تام بالمخاطر التي

قد يتعرضون لها ويمكن لهم أن يقوموا بشيء ما ضد هذا التعرض من خلال مغادرة المنطقة أو عن طريق وسائل ملائمة أخرى.

7.3 الاتجاهية: الاتجاهية هي نسبة القدرة المشعة لكل وحدة زاوية مجسمة إلى القدرة المشعة الوسطية لكل وحدة زاوية مجسمة.

8.3 القدرة المشعة المتناحية المعادلة (EIRP): هي نتاج القدرة التي يزوّد بها الهوائي والحد الأقصى لكسب الهوائي قياساً بهوائي متناحٍ.

9.3 التعرض: يحدث التعرض حيثما يتعرض شخص ما للمجالات الكهربائية أو المغنطيسية أو الكهرمغنطيسية أو لتيارات التلامس خلاف تلك الناشئة عن أعمال فسيولوجية في الجسم البشري أو غير ذلك من الظواهر الطبيعية الأخرى.

10.3 مستوى التعرض: مستوى التعرض هو قيمة الكمية المستخدمة حين يتعرض إنسان للمجالات الكهرمغنطيسية أو تيارات الملامسة.

11.3 التعرض غير المنسّق/تعرّض جزء من الجسد: تنشأ مستويات التعرض غير المنسّق أو تعرض جزء من الجسد عندما لا تكون المجالات موزعة بشكل موحد على أحجام مساوية للجسم البشري كاملاً. وربما يحدث ذلك نظراً للمصادر التوجيهية العالية أو الموجات المستقرة أو الإشعاعات المنتشرة أو في مجال قريب.

12.3 منطقة المجال البعيد: وهي منطقة ذلك المجال من الهوائي التي يكون توزيع المجال الزاويّ فيها مستقلاً عن المسافة عن الهوائي بشكل أساسي. ويتمتع المجال – في منطقة المجال البعيد – على الغالب بشكل الموجة المستوية، أي بتوزيع منسّق محلياً لشدة المجال الكهربائي وشدة المجال المغنطيسي في خطوط متعامدة باتجاه الانتشار.

13.3 عامة الناس: يُعرَّف جميع من لا يعملون على أنهم عامة الناس (انظر تعريف العمال في 27.3).

14.3 التيار المستحث: التيار المستحث هو التيار المستحث داخل الجسم نتيجة للتعرض المباشر للمجالات الكهربائية أو المغنطيسية أو الكهرمغنطيسية.

15.3 المرسل القصدي: المرسل القصدي هو جهاز يولّد الطاقة الكهرمغنطيسية عن طريق الإشعاع أو الاستحثاث قصداً ويرسلها.

16.3 منطقة المجال القريب: توجد منطقة المجال القريب قرب هوائي أو هيكل إشعاعي آخر حيث لا تتمتع المجالات الكهربائية والمغنطيسية بخصيصة الموجة المستوية بشكل أساسي، ولكنها تتباين إلى حد كبير من نقطة إلى نقطة. وتقسم منطقة المجال القريب – بالإضافة إلى ذلك – إلى منطقتين فرعيتين: منطقة المجال القريب المفاعلة التي تكون الأقرب إلى الهيكل المشع والتي تحتوي على معظم أو جميع الطاقة المخزنة تقريباً ، ومنطقة المجال القريب المشعة حيث يهيمن مجال الإشعاع على المجال المفاعل، ولكنه يفتقر بشكل رئيسي إلى خاصية الموجة المستوية، كما يتكون من هيكل معقد.

ملاحظة – يؤخذ الحد الخارجي للمجال القريب المفاعل في الكثير من الهوائيات ليكون على مسافة منتصف طول موجة سطح الهوائي.

17.3 كثافة تدفق القدرة (*S*): كثافة تدفق القدرة هي القدرة لكل منطقة وحدة عادية لتوجيه انتشار الموجة الكهرمغنطيسية، ويعبر عنها في العادة بوحدات الوات للمتر المربع الواحد (W/m^2).

ملاحظة – في حالة الأمواج المستوية، ترتبط كثافة تدفق القدرة وشدة المجال الكهربائي (E) وشدة المجال المغنطيسي (H) ببعضها بعضاً بالمعاوقة الملازمة للفضاء الحر، $\eta_0 = 377\ \Omega$ وبشكل خاص،

$$S = \frac{E^2}{\eta_0} = \eta_0 H^2 = EH$$

حيث يعبر عن E وH بوحدات V/m وA/m، على التوالي، كما يعبر عن S بوحدات W/m^2. ومع أن الكثير من وسائل الاستقصاء تشير إلى وحدات كثافة القدرة، إلا أن الكميات الحالية المقاسة هي إما E أو H.

18.3 **كثافة القدرة الوسطية (الزمنية)**: تساوي كثافة القدرة الوسطية كثافة القدرة الآنية، متكاملة على مدى فترة تكرار المصدر.

ملاحظة – يجب ألا يجري الخلط بين هذا القياس للقيمة الوسطية مع قياس وقت الإدماج.

19.3 **كثافة القدرة الذروية**: كثافة القدرة الذروية هي كثافة القدرة الآنية القصوى التي تطرأ عند نقل القدرة.

20.3 **كثافة القدرة المساوية بالموجة المستوية (S_{eq})**: مصطلح كثافة القدرة المساوية بالموجة المستوية هو مصطلح مستخدم بشكل عام ويقترن بأية موجة كهرمغنطيسية مساوية بقوتها لكثافة تدفق قدرة موجة مستوية لها نفس شدة المجال الكهربائي (E) أو المغنطيسي (H).

21.3 **مخطط المجال النسبي**: يعرف مخطط المجال النسبي $f(\theta,\phi)$ في هذه التوصية على أنه نسبة القيمة المطلقة لشدة المجال (المأخوذة اعتباطاً لتكون المجال الكهربائي) إلى القيمة المطلقة لشدة المجال القصوى. وتربط هذه النسبة بالكسب الرقمي النسبي (انظر 22.3) على النحو التالي:

$$f(\theta,\phi) = \sqrt{F(\theta,\phi)}$$

22.3 **الكسب الرقمي النسبي**: الكسب الرقمي النسبي $F(\theta,\phi)$ هو نسبة كسب الهوائي عند كل زاوية إلى الكسب الأقصى للهوائي. وتتراوح قيمته ما بين 0 إلى 1. وهو يسمى كذلك مخطط الهوائي.

23.3 **التعرض قصير الأمد**: التعرض قصير الأمد يشير إلى التعرض لفترة تقل عن الفترة الوسطية ذات العلاقة.

24.3 **الامتصاص النوعي (SA)**: الامتصاص النوعي هو حصيلة الطاقة التزايدية (dW) الممتصة من قِبل كتلة تزايدية (dm) (أو المتبددة فيها) والمحوية في عنصر حجم (dV) لكثافة معينة (ρ_m).

$$SA = \frac{dW}{dm} = \frac{1}{\rho_m}\frac{dW}{dV}$$

ويعبر عن الامتصاص النوعي بوحدات الجول للكيلوغرام الواحد (J/kg).

25.3 **معدل الامتصاص النوعي (SAR)**: هو المشتق الزمني للطاقة التزايدية (dW) الممتصة من قِبل كتلة تزايدية (dm) (أو المبددة فيها) والمحوية عنصر حجم (dV) لكثافة كتلة معينة (ρ_m).

$$SAR = \frac{d}{dt}\frac{dW}{dm} = \frac{d}{dt}\frac{1}{\rho_m}\frac{dW}{dV}$$

ويعبر عن SAR بوحدات وات للكيلوغرام الواحد (W/kg).

ويمكن أن يُحسب SAR بالطريقة التالية:

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho_m}$$

$$SAR = c\frac{dT}{dt}$$

$$SAR = \frac{j^2}{\rho_m \sigma}$$

حيث:

E هي قيمة rms لشدة المجال الكهربائي في أنسجة الجسم ويعبر عنها بقيمة V/m

σ هي توصيلية أنسجة الجسم المعبر عنها بقيمة S/m

ρ_m هي كثافة أنسجة الجسم ويعبر عنها بقيمة kg/m^3

c هي المقدرة الحرارية لأنسجة الجسم ويعبر عنها بقيمة J/kg^oC

$\frac{dT}{dt}$ هي المشتقة الزمنية لدرجة الحرارة في أنسجة الجسم ويعبر عنها بقيمة $^oC/s$

J يمثل قيمة كثافة التيار المستحث في أنسجة الجسم معبراً عنه بقيمة A/m^2

26.3 تعرض عامة الناس/غير متحكم به: ينطبق هذا التعريف على الحالات التي يمكن أن يتعرض فيها عامة الناس للمجالات الكهرمغنطيسية أو الحالات التي يتعرض فيها أشخاص لهذه الحالات نتيجة لعملهم، ولكن لا يمكن اعتبارهم واعين بشكل كامل باحتمال التعرض أو لا يمكن لهم القيام بأي شيء لحماية أنفسهم من التعرض.

27.3 العمال: يشير هذا المصطلح إلى المستخدمين والعاملين لحسابهم الخاص في معرض ممارستهم لمهنهم.

28.3 المرسل غير القصدي: المرسل غير القصدي هو جهاز يولد طاقة كهرمغنطيسية قصداً لاستخدامها داخل الجهاز أو يرسل طاقة كهرمغنطيسية عن طريق التوصيل للتجهيزات الأخرى، ولكن لا يُقصَد به إرسال أو إشعاع الطاقة الكهرمغنطيسية عن طريق الإشعاع أو الاستحثاث.

29.3 طول الموجة (λ): طول الموجة الكهرمغنطيسية هو العلاقة بين التردد (f) والسرعة (v) لموجة كهرمغنطيسية بالطريقة التالية:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

وتكون السرعة في الفضاء الحر مساوية لسرعة الضوء (c) الذي يساوي تقريباً 3×10^8 m/s.

4 المختصرات والاختصارات

تستخدم في هذه التوصية المختصرات التالية:

EIRP القدرة المشعة المتناحية المعادلة

EMC التساوق الكهرمغنطيسي

EMF المجال الكهرمغنطيسي

ICNIRP اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين

SA الامتصاص النوعي

SAR معدل الامتصاص النوعي

5 مبادئ عامة

هناك الكثير من الوثائق الوطنية والدولية التي تقدم القيم الحدّية للسلامة الخاصة بتعرّض الإنسان للمجالات الكهرمغنطيسية. ومع أن هذه الوثائق تختلف في تفصيلاتها، إلا أن هناك العديد من المبادئ التي تجمع بين معظمها بشكل عام. ومن بين هذه المبادئ الأساسية استخدام القيم الحدّية الأساسية والمستويات المرجعية واستخدام القيم الحدّية للتعرض على مستويين، وأوقات تحديد المعدل الوسطي، وأخذ التعرض للمجالات المتدنية والعالية التردد بعين الاعتبار بشكل منفصل.

وتيسر معظم الوثائق القيم الحدّية للسلامة على شكل مستويات قيم حدية ومستويات مرجعية (أو اشتقاقية). وتتصدى القيم الحدّية الأساسية للكميات الأساسية التي تحدد الاستجابة الفسيولوجية للجسم البشري للمجالات الكهرمغنطيسية. وتنطبق

القيم الحدّية الأساسية على الوضع الذي يكون فيه الجسم البشري موجوداً في المجال. ويعبر عن القيم الحدّية الأساسية لتعرض الإنسان بمصطلح معدل الامتصاص النوعي (SAR)، والامتصاص النوعي (SA) وكثافة التيار.

وتقدم معظم الوثائق مستويات مشتقة (مرجعية) للمجال الكهربائي والمجال المغنطيسي وكثافة القدرة نظراً لأن قياس الكميات قياساً مباشراً هو أمر صعب للغاية. ويمكن أن تُتَجاوز المستوياتُ المرجعية إذا ثبت أن حالة التعرض تبرز معدل امتصاص نوعي أو امتصاصاً نوعياً وكثافة تيار مستحث هي دون القيم الحدّية الأساسية. وتنطبق المستويات المرجعية على الحالة التي لا يتأثر فيها المجال الكهرمغنطيسي بوجود جسم بشري.

وتستخدم معظم الوثائق هيكلاً من القيم الحدّية ذا مستويين تكون فيه القيم النوعية للتعرض غير المتحكم به لعامة الناس أقل من القيم النوعية للتعرض المهني المتحكم به.

ومن المهم التأكيد على أن القيم الحدّية للتعرض لا تعني البث. فهي تطبق على مواقع يمكن أن ينفذ إليها كل من العمال وعامة الناس. وبالتالي، فإنه في المستطاع تحقيق التقيّد من خلال الحد من النفاذ إلى المناطق التي يتم تجاوز حدود المجال فيها.

1.5 المصادر المتعددة والترددات

تطالب معظم الوثائق بضرورة دراسة آثار المصادر المتعددة. ونظراً للآثار الفسيولوجية المختلفة لكل من مصادر التردد المتدني ومصادر التردد العالي لا بد من دراستهما بشكل منفصل. فبالنسبة للترددات التي تكون في العادة تحت 10 MHz، تعزى الآثار الفسيولوجية الهامة إلى كثافة التيار المستحث، في حين تعود الآثار الفسيولوجية الهامة للترددات التي تتجاوز في العادة 100 kHz إلى معدل الامتصاص النوعي (SAR).

وتطالب معظم الوثائق – من أجل دراسة آثار المصادر المتعددة – أن تدرس هذه المصادر بإعطاء قيمة ترجيحية شاملة لهذه المصادر المتعددة مع تضمين قيمة كل مصدر من المصادر بتوزيع نسبي وفقاً للقيمة الحدّية المطبقة على تردده. ويبين التذييل I الإجراء الوارد في الخطوط التوجيهية للجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP).

2.5 مدة التعرض

تحدد معظم الوثائق حدود التعرض من حيث الكميات المقسمة على نحو متناسب خلال فترة زمنية تدعى وقت المعدل الوسطي. وفي حالة التعرض قصير الأمد لمدة تقل عن وقت المعدل الوسطي، يكون الحد المطبق هو كالتالي:

$$\sum_i X_i^2 t_i \le X_l^2 t_{avg}$$

حيث:

X_i هي المجال (E أو H) خلال التعرض i

t_i هي مدة التعرض i

X_l هي الحد المرجعي

t_{avg} هي وقت المعدل الوسطي الملائم

ويعبر عن حد كثافة القدرة بالتالي:

$$\sum_i S_i t_i \le S_l t_{avg}$$

S_i هي كثافة القدرة خلال التعرض i

t_i هي مدة التعرض i

S_l هي الحد المرجعي

t_{avg} هي وقت المعدل الوسطي الملائم

6 حدود السلامة في مجالات EMF

تُصدر الوكالات التنظيمية أو هيئات المعايير المحلية أو الوطنية في الكثير من الحالات حدوداً للسلامة في مجالات EMF. وإن لم تكن مثل هذه الحدود موجودة أو لم تكن تغطي الترددات المطلوبة، تستخدم حدود اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) (التذييل I).

7 تقيّد الهواتف المدمجة المتنقلة

يمكن التقيّد بمعايير اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) – بالنسبة للهواتف المدمجة المتنقلة أو غيرها من الأجهزة المشعة الأخرى التي تعمل على مدى التردد 300 MHz إلى 3 GHz وتستخدم بمحاذاة الرأس – من خلال تطبيق إجراءات القياس الخاصة بمعدل SAR في IEC 62209 (2004). ويمكن أن توصي وكالات تنظيمية أو هيئات معيارية محلية أو وطنية في بعض الحالات بممارسات قياسية إقليمية تتمشى مع روح IEC 62209 بغية الحصول على قيمة SAR للهواتف المدمجة المتنقلة التي تستخدم بمحاذاة الرأس.

8 تحقيق التقيّد بحدود السلامة في مجالات EMF بالنسبة لمنشآت الاتصالات

يجدر اتخاذ الخطوات التالية للحصول على هذا التقيّد:

1) تحديد حدود التقيّد الملائمة.

2) البتّ فيما إذا كان تقييم التعرض لمجال EMF من أجل تركيب التجهيزات موضع البحث ضرورياً (انظر 1.8).

3) إذا كان تقييم التعرض لمجال EMF ضرورياً، فيمكن القيام به من خلال إجراء الحسابات أو القياس. وتقدم هذه التوصية منهج تقييم لأخطار التعرض لمجال EMF يرمي إلى مساعدة المستعمل على العثور على التجاوز المحتمل للحدود الموضوعة ومساعدته على اختيار المنهج الملائم لإجراء هذا التقييم.

4) إذا بيّن تقييم التعرض لمجال EMF أن حدود التعرض ذات الصلة يمكن تجاوزها في مناطق يوجد فيها ناس، فلا بد من تطبيق تدابير تخفيفية/أو تدابير لتلافي هذا الوضع

1.8 البتّ في الحاجة إلى تقييم لتجهيزات الاتصالات

يجب أن تصنّف تجهيزات الاتصالات كمرسلات قصدية أو غير قصدية لمجال EMF وفقاً للتعاريف الواردة في هذه التوصية. وبشكل عام، يربط المرسل القصدي بهوائي لإشعاع الطاقة الكهرمغنطيسية.

1.1.8 المرسلات غير القصدية

يمكن أن تُصدِر المرسلات غير القصدية مجالات EMF بسبب بث هامشي. وهناك معايير بث للتساوق الكهرمغنطيسي تحدد حجم هذه المجالات الهامشية. وبشكل عام، فإن المجالات التي تُصدرها تجهيزات الاتصالات التي تمثل مرسلات غير قصدية هي أدنى بكثير من حدود السلامة التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) والمعايير الوطنية. وتدنو الحدود الموضوعة للتقيّد بالتساوق الكهرمغنطيسي بعدة مراتب عن حدود السلامة لمجالات EMF. وحتى لو تعدت التجهيزات حدود البث عند ترددات معينة، تشير الخبرة إلى أن المجالات المُصَدِّرة لا تزال دون حدود السلامة بعدة مراتب. ولذا، لا تحتاج تجهيزات الاتصالات غير القصدية إلى تقييم سلامة للمجال الكهرمغنطيسي لضمان التقيّد بحدود السلامة.

2.1.8 المرسلات القصدية

تستخدم المرسلات القصدية المجالات الكهرمغنطيسية لإرسال إشارات. وهي تُصدر مجالات كهرمغنطيسية قد تتعدى حدود السلامة في بعض المناطق تبعاً لقدرة تشغيل الهوائي المرسل وكسبه وتردده واتجاهه واتجاهيته. ويمكن أن تؤخذ هذه المعلمات

وبيئة تشغيل المنشأة بعين الاعتبار لتحديد الحاجة لتقييم التعرض والبتّ في الإجراء الملائم لذلك. وتقدم هذه التوصية منهجاً لتقييم المخاطر يستند إلى تصنيف مناطق التعرض.

2.8 إجراءات تقييم التعرض للمجال الكهرمغنطيسي

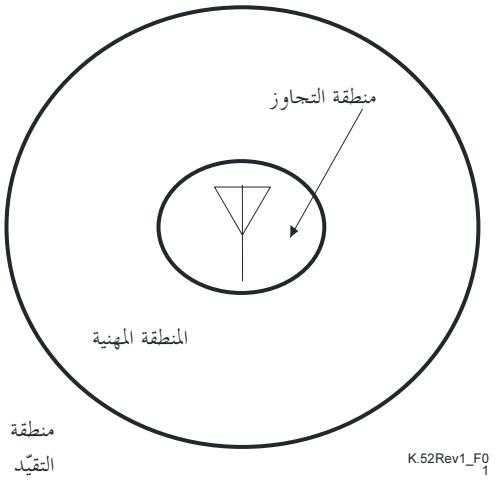
إذا تم الخلوص إلى ضرورة إجراء تقييم للتعرض للمجال الكهرمغنطيسي نظراً لوجود مرسلات غير قصدية، فإنه لا بد من إجراء ذلك لجميع المواقع التي قد يتعرض فيها أشخاص للمجال الكهرمغنطيسي. والغاية من وراء التقييم هي تصنيف التعرض المحتمل للمجال الكهرمغنطيسي من حيث انتماؤه إلى واحدة من المناطق الثلاث التالية:

1) **منطقة التقيّد**: يكون التعرض للمجال الكهرمغنطيسي في منطقة التقيّد دون الحدود المطبقة على كل من التعرض المهني المتحكم به والتعرض غير المتحكم به لعامة الناس.

2) **المنطقة المهنية**: يكون التعرض المحتمل للمجال الكهرمغنطيسي في المنطقة المهنية دون الحدود المطبقة على التعرض المهني المتحكم به، ولكنه يتعدى الحدود المطبقة على التعرض غير المتحكم به لعامة الناس.

3) **منطقة التجاوز**: يكون التعرض المحتمل للمجال الكهرمغنطيسي في منطقة التجاوز متعدياً للحدود المطبقة على كل من التعرض المهني المتحكم به والتعرض غير المتحكم به لعامة الناس.

ولا تكون مناطق التجاوز والمناطق المهنية قابلة للنفاذ بالنسبة للناس في الكثير من المنشآت، أو قد تكون قابلة للنفاذ في ظروف غير اعتيادية فقط، كوقوف شخص ما أمام الهوائي مباشرة. ويتصدى إجراء تقييم المخاطر المقدم في هذه التوصية بشكل أولي لتعرض عامة الناس والعمال في معرض مزاولتهم لأعمالهم الاعتيادية. انظر الشكل 1.



الشكل K.52/1 – توضيح نموذجي لمناطق التعرض

3.8 الإجراء الخاص بتقييم مستوى التعرض

يجب أن يأخذ تقييم مستوى التعرض الأمرين التاليين بعين الاعتبار:

- ظروف البث الأسوأ؛
- التواجد المتزامن لعدة مصادر مجالات كهرمغنطيسية وإن اختلفت الترددات.

ويجب أن تؤخذ المعلمات التالية بعين الاعتبار:

- القدرة المشعة المتناحية المتكافئة القصوى (EIRP) لنظام الهوائي (انظر تعريف المصطلح EIRP)؛

ملاحظة – يُحسب الحد الأقصى للقدرة المشعة المتناحية المتكافئة للقدرة المتوسطة وتكون قدرة المرسل المتوسطة بالنسبة لأغلبية المصادر هي القدرة الاسمية (المعايرة) للمرسل. وعلى كل حال، فإن هناك استثناءات. فعلى وجه المثال تكون قدرة المرسل المتوسطة أقل من قدرة المرسل الاسمية للتلفزيون التماثلي، وهي أكبر من قدرة المرسل الاسمية الخاصة بمرسل AM DSB.

- كسب الهوائي G (انظر التعريف: كسب الهوائي) أو الكسب الرقمي النسبي F (انظر التعريف: الكسب الرقمي النسبي)، بما في ذلك الحد الأقصى للكسب وعرض الحزمة؛
- تردد التشغيل؛
- الخصائص المختلفة للمنشأة كموقع الهوائي وارتفاع الهوائي واتجاه الحزمة وميلها وتقييم احتمال تعرض شخص ما للمجال الكهرمغنطيسي.

وقد اعتمد مخطط التصنيف التالي توخياً لتسيير هذا الإجراء وهذه المعلمات.

1.3.8 مخطط تصنيف المنشأة

تصنف كل منشأة إرسال إلى الفئات الثلاث التالية:

1) **المتقيدة بطبيعتها**: تُصدر المصادر السليمة بطبيعتها مجالات تتقيد بحدود التعرض ذات الصلة على مدى بضع سنتيمترات من المصدر. وليس من الضروري اتخاذ احتياطات خاصة.

2) **المتقيدة عادة**: وتشتمل المنشآت المتقيدة عادة على مصادر تنتج مجالات كهرمغنطيسية يمكن أن تتعدى حدود التعرض ذات الصلة. وعلى كل حال، فإن "منطقة التجاوز" في هذه المصادر غير قابلة للنفاذ بالنسبة للناس في الظروف العادية نظراً لممارسات المنشأة العادية والاستخدام الدارج لهذه المصادر لغايات الاتصال. ومن بين الأمثلة على ذلك الهوائي المركب على أبراج عالية بما فيه الكفاية والمحطات الأرضية ذات الحزمة الضيقة الموجهة باتجاه الساتل. وقد يكون من الضروري تحلّي موظفي الصيانة الذين يدنون من المرسلات عن كثب بالحيطة في بعض المنشآت المتقيدة عادة.

3) **المتقيدة مؤقتاً**: وتستلزم هذه المنشآت تدابير خاصة للالتزام بالتقيد. ومن بين تلك التدابير تحديد مناطق التعرض وتدابير التعرض المذكورة في البند 9.

2.3.8 الإجراء الخاص بتحديد فئة المنشأة

تُصنَّف كل منشأة في واحدة من فئات المنشآت المعرفة في البند 1.3.8. ويتوقع أن يستخدم المشغلون الذين يقدمون خدمة اتصالات خاصة مجموعة محدودة من الهوائيات والتجهيزات المصاحبة ذات الخصائص المعرفة بشكل جيد. وفضلاً عن ذلك، تكون ظروف المنشأة والتعرض على الأرجح متشابهة بالنسبة للكثير من مواقع الإرسال. ولذا، فإنه من الممكن تحديد مجموعة من التشكيلات المرجعية وظروف التعرض المرجعية والمعلمات الأساسية ذات الصلة التي تمكن من تصنيف المواقع بالشكل الملائم.

والإجراء الناجع هو التالي:

1) تحديد مجموعة من معلمات الهوائي المرجعية أو أنماط الهوائي. ويمكن أن تكيّف هذه الفئات حسب أنماط المرسلات المستخدمة في التطبيق موضع البحث.

2) تحديد مجموعة من شروط القابلية للنفاذ. وتعتمد هذه الفئات على قابلية نفاذ الناس للمناطق المختلفة الواقعة بمحاذاة المرسل. ويمكن تكييف هذه الفئات مع المنشآت الأكثر شيوعاً في البيئة لهذه الخدمة أو التطبيق موضع البحث.

3) تحدد عتبة القدرة المشعة المتناحية المتكافئة (EIRP) لكل توليفة من معلمات الهوائي المرجعي وظروف النفاذ. وتمثل عتبة القدرة المشعة المتناحية المتكافئة (EIRP)، والتي سيشار إليها بتعبير $EIRP_{th}$، القيمة الموازية لحد التعرض لكثافة القدرة أو المجال المنبعث من الهوائي المرجعي لشرط قابلية النفاذ. ويمكن تحديد هذه العتبة عن طريق الحساب أو القياس الموصوف في البند 1.2.3.8 والبند 9. وبالنظر إلى أن الفئات شاملة بما فيه الكفاية، فإنه يمكن إجراء هذا التحديد مرة واحدة فقط لمعظم المنشآت.

4) يندرج مصدر المنشأة تحت فئة المنشآت المتقيدة بطبيعتها إذا كان المُرسِل متقيداً بطبيعته (كما تم تعريف ذلك أعلاه). وليس هناك من ضرورة لدراسة الجوانب الأخرى للمنشأة.

ملاحظة – يبين التذييل IV أن المصدر المتقيد بطبيعته – تبعاً لحدود اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) – له قدرة مشعة متناحية متكافئة (EIRP) تقل عن 2 W.

5) وتندرج المنشأة – لكل موقع من المواقع – تحت فئة المتقيدة عادة إذا ما تم استيفاء المعيار التالي:

$$\sum_i \frac{EIRP_i}{EIRP_{th,i}} \leq 1$$

حيث تكون $EIRP_i$ هي القدرة المشعة الوسطية الزمنية للهوائي لتردد معين i، و$EIRP_{th,i}$ هي عتبة القدرة المشعة المتناحية المتكافئة (EIRP) المتعلقة بمعلمات الهوائي وشروط قابلية النفاذ. وبالنسبة للمنشأة متعددة الهوائيات، لا بد من التمييز بين الشرطين التاليين:

- إذا كان للمصادر نماذج إشعاع متراكبة، وهو الأمر الذي يمكن تحديده من خلال دراسة عرض الحزمة عند منتصف القدرة، فلا بد من أن تستوفي القيم الوسطية الزمنية القصوى ذات العلاقة للقدرة المشعة المتناحية المتكافئة المعيار.
- وإن لم يكن هناك تراكب للمصادر المتعددة، فلا بد من دراسة هذه المصادر بشكل منفصل.

6) وتعتبر المواقع التي لا تستوفي شروط تصنيفها كمتقيدة عادة متقيدة بشكل مؤقت.

ولا بد من إجراء حسابات أو قياسات إضافية بالنسبة للمواقع التي يظل تطبيق هذه الفئات فيها متسماً بالالتباس.

ويُقدم التذييل B مجموعة من التشكيلات الأساسية وظروف التعرض والمعلمات وقيم عتبة القدرة المشعة المتناحية المتكافئة ($EIRP_{th}$) ذات الصلة. وتستخدم مجموعة التذييل B كخيار بديل، ما لم يحدّد المشغل مجموعة أخرى تكون ملائمة لخدمة معينة وتقوم بتحليل التعرض ذي الصلة.

1.2.3.8 تحديد قيمة عتبة القدرة المشعة المتناحية المتكافئة ($EIRP_{th}$)

والإجراء هو التالي:

1) تحديد المجال أو كثافة القدرة لكل نقطة O يمكن أن يحدث عندها التعرض للمجالات الكهرمغنطيسية بالنسبة للهوائي موضع البحث.

2) العثور على كثافة القوة القصوى S_{max} ضمن منطقة التعرض انطلاقاً من هذه المجموعة.

3) يعطي الشرط $S_{lim} = S_{max}$ قيمة عتبة EIRP ($EIRP_{th}$) حيث تكون S_{lim} هي الحد ذو العلاقة الذي يعطيه معيار التعرض للمجال الكهرمغنطيسي عند التردد ذي العلاقة.

ويمكن القيام بهذا الإجراء من خلال الحسابات المبينة في البند 1.9، أو من خلال مناهج حساب أخرى أكثر دقة أو إجراء قياسات. وإذا استُخدمت القياسات، فمن الضروري القيام بها في عدد من المواقع النموذجية لكل تشكيل من تشكيلات قابلية النفاذ ونمط من الأنماط الهوائية.

9 تقنيات تقييم المجال الكهرمغنطيسي

يقدم هذا البند المناهج التي يمكن استخدامها لتقييم المجال الكهرمغنطيسي لمنشآت الاتصالات. ويمكن العثور على معلومات إضافية لأنظمة الإذاعة الأرضية في مشروع التوصية ITU-R BS.6/BL/25.

1.9 مناهج الحساب

تقدم التوصية ITU-T K.61 – بالإضافة إلى المناهج التحليلية الأساسية الموصوفة في هذا البند – توجيهات بشأن اختيار المناهج الرقمية الملائمة للتنبؤ بالتعرض للمجال الكهرمغنطيسي في الأوضاع المختلفة.

1.1.9 منطقة المجال القريب المفاعلي

يجب دراسة المجالات الكهربائية والمغناطيسية بشكل منفصل في منطقة المجال القريب المفاعلي. وفي حالة عدم وجود أشياء تشوش على المجال، يمكن أن تحسب المجالات عن طريق استخدام صيغ شبه سكونية إذا كان أحد أشكال توزيع التيار معروفاً.

2.1.9 منطقة المجال البعيد

تقدم المعطيات التالية مناهج لتقدير مستويات شدة المجال وكثافة القدرة تقديراً حذراً.

فبالنسبة للهوائي المشّع البسيط، يمكن تقييم كثافة القدرة المشعة التقريبية في الاتجاه الموصوف بالزاويتين θ (مكملة لزاوية الارتفاع) وϕ (زاوية السمت) من خلال التعبير التالي:

$$S(R,\theta,\phi) = \frac{EIRP}{4\pi}\left[f(\theta,\phi)\frac{1}{R} + \rho f(\theta',\phi')\frac{1}{R'} \right]^2$$

حيث:

$S(R, \theta, \phi)$ تمثل كثافة القدرة بـــ W/m^2

$f(\theta, \phi)$ هي نموذج المجال النسبي للهوائي (الرقم الإيجابي بين 0 و1)

$EIRP$ هي $EIRP$ الهوائي بـــ W

ρ هي القيمة المطلقة (المقياس) لمعامل الانعكاس وتأخذ في الحسبان الموجة التي تعكسها الأرض. ويمكن أن يحبس التعرض للموجة المعكوسة في بعض الحالات، بحيث تضبط ρ على 0

R هي المسافة بين النقطة المركزية لمصدر الإشعاع والشخص المفترض تعرضه

R' وهي المسافة بين النقطة المركزية لصورة المصدر المشع والشخص المفترض تعرضه

وتكون قيم المتغيرات المبدئية قرب مستوى الأرض مساوية تقريباً لقيم المتغيرات غير المبدئية بحيث يمكن حساب القدرة على النحو التالي:

$$S_{gl}(R,\theta,\phi) = (1+\rho)^2 \frac{EIRP}{4\pi R^2} F(\theta,\phi)$$

حيث:

$F(\theta, \phi)$ هي الكسب الرقمي النسبي للهوائي المتعلق بمشعاع متناح (الرقم الإيجابي بين 0 و1)

ويمكن الحصول على معامل انعكاس الأرض ρ مع موصولية σ، وثابت عازلة كهربائية $\varepsilon = \kappa \varepsilon_0$ (ε_0 = ثابت عازلية الفراغ، K = ثابت عازلية نسبي) وزاوية سقوط Ψ بالطريقة التالية:

الاستقطاب العمودي

$$\rho = \left| \frac{(\kappa - j\chi)\sin\psi - \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}}{(\kappa - j\chi)\sin\psi + \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}} \right|$$

الاستقطاب الأفقي

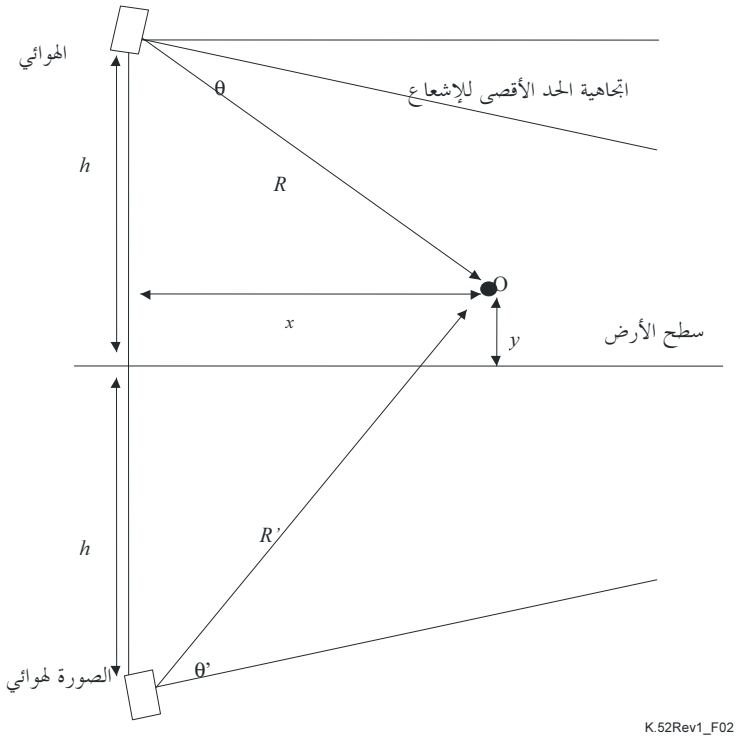
$$\rho = \left| \frac{\sin\psi - \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}}{\sin\psi + \sqrt{(\kappa - j\chi) - \cos^2\psi}} \right|$$

حيث:

$$\chi = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon_0}$$

وبشكل عام، فإن الموجة المعكوسة تحتوي على عناصر في الاستقطاب العمودي والأفقي تتباين مع زاوية السقوط. وعلى كل حال، يكفي دراسة الاستقطاب السائد لموجة السقوط في حساب معامل الانعكاس للكثير من التطبيقات.

وتحدد المسافات والزوايا في الشكل 2. ومن المفترض أن يُقيَّم التعرض عند النقطة O.



الشكل K.52/2 – تحديد المسافات والزوايا العمودية

وبالنسبة لمواقع السطوح، يمكن أن يُخفِّض التوهين الذي تسببه مواد البناء في الجدران والسقوف التعرض داخل المبنى بنسبة 10-20 dB على الأقل.

وتحسب المجالات الكهربائية والمغنطيسية على النحو التالي:

$$E = \sqrt{S\eta_0}$$

$$H = \sqrt{S/\eta_0}$$

حيث η_0 = 377 Ω هي المعاوقة الملازمة للفضاء الحر.

وتصلح المعادلات الآنفة للمنطقة ذات المجال البعيد. وربما يتمخض استخدامها في منطقة المجال القريب عن نتائج غير دقيقة (متواضعة للغاية). ولذا يمكن استخدام هذه المعادلات لتحديد التقيّد بحدود التعرض للمجال الكهرمغنطيسي.

2.9 إجراءات القياس

تكون القياسات مفيدة في الحالات التي يكون من الصعب فيها حساب المجالات، وفي الحالات التي تتمخض فيها الحسابات عن قيم مقاربة لعتبة حدود التعرض. وتعطي التوصية ITU-T K.61 توجيهات بشأن مناهج القياس التي يمكن استخدامها للتحقق من التقيّد بمعايير التعرّض للمجال الكهرمغنطيسي. وفضلاً عن ذلك، يتعين الرجوع إلى جميع المنشورات المدرجة في البند 2، وإلى أية معايير وطنية مطبقة للاطلاع على قياس المجال الكهرمغنطيسي. زد على ذلك أن عدداً من المطبوعات المدرجة في قائمة المراجع تقدم معلومات مفصّلة عن قياس المجالات الكهرمغنطيسية بالترددات المختلفة.

10 تقنيات التخفيف

من الضروري التحكم في التعرض للمجال الكهرمغنطيسي في المواقع التي ينفذ إليها الناس والتي يتعدى فيها المجال الكهرمغنطيسي القيم الحدّية للسلامة الخاصة بتعرض الإنسان للمجال الكهرمغنطيسي. ومن الطرق الفعالة للتحكم بالتعرض، في الوقت الذي تكون خصائص المنشآت الأخرى فيه غير قابلة للتعديل، الحد من النفاذ إلى المناطق التي يتم فيها تجاوز هذه الحدود.

1.10 المنطقة المهنية

إذا كان المجال الكهرمغنطيسي يتعدى الحدود الموضوعة للتعرض غير المتحكم به لعامة الناس، ولكنه لا يتعدى الحدود الموضوعة للتعرض المهني، فإنه لا بد من الحد من نفاذ عامة الناس، في حين أنه يمكن أن يُسمح للعمال بدخول المنطقة. ويمكن أن تستخدم حواجز مادية أو إجراءات إغلاق أو إشارات ملائمة للحيلولة دون النفاذ. ولا بد من إعلام العمال الذين يدخلون إلى المنطقة المهنية.

ومن الموصى به عدم تحديد مكان عمل دائم ضمن المنطقة المهنية.

2.10 منطقة التجاوز

حين يتجاوز المجال الكهرمغنطيسي الحدود الموضوعة للتعرض المهني، يجب الحد من وصول العمال وعامة الناس إلى المكان. وإذا كان من الضروري دخول العمال إلى المنطقة، فإنه لا بد من اتخاذ الخطوات الكفيلة بالتحكم بتعرضهم. وتشتمل مثل هذه الخطوات على:

- تخفيض قدرة المرسِل بشكل مؤقت؛
- التحكم في مدة التعرض بحيث تكون الفترة الوسطية للتعرض في نطاق حدود السلامة؛
- لا بد من التدريع أو استخدام الملابس الواقية.

الملحق A

المخطط البياني للتطبيق

يبين هذا الملحق المخطط البياني لتقييم التعرض لمصدر وحيد للمجال الكهرمغنطيسي في منشأة اتصالات. والغاية من هذا المخطط البياني تجهيزات الهيكل الأساسي للاتصالات، كالمحطة القاعدة أو المحطة الأرضية فقط.

ملاحظة – انظر التذييل IV.

الملحق B

المعايير الأساسية لتحديد فئة المنشأة

تُسهِّل المعلومات الواردة تالياً تصنيف المنشأة على أساس الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP). وترتكز المعايير إلى تقدير معتدل للتعرض المرجح للمجال الكهرمغنطيسي في الأوضاع المختلفة الموصوفة تالياً.

1.B المصادر المتقيدة بطبيعتها

تُصنَّف المرسلات التي يصل الحد الأقصى لقدرتها المشعة المتناحية المتكافئة (EIRP) إلى 2 W أو أقل على أنها متقيدة بطبيعتها. وهنا لا يلزم القيام بأي إجراء آخر.

وإذا كان إجمالي القدرة المشعة هو 100 mW أو أقل وكان الهوائي متدني الكسب وذا فتحة مشعة صغيرة وذا موجات صغرية أو هوائية بموجات المليمتر، يمكن النظر إلى المرسل على أنه متقيد بطبيعته. ولا يلزم القيام بأي إجراء في هذه الحالة.

وبالإضافة لذلك، فإن المرسل الذي يمنع تركيب جهازه المشع النفاذ إلى أية منطقة قد تُتَجاوز فيها حدود التعرض، يندرج في الفئة المتقيدة بطبيعتها.

2.B المنشآت المتقيدة عادة

هناك ثلاث خصائص تقوم عليها المعايير المقترحة للبت فيما إذا كانت منشأة ما من المنشآت متقيدة عادة، وهذه الميزات الثلاث هي: قابلية النفاذ واتجاهية الهوائي وتردد المجال المشع. وتوصف هذه الخصائص في 1.2.B و2.2.B و3.2.B.

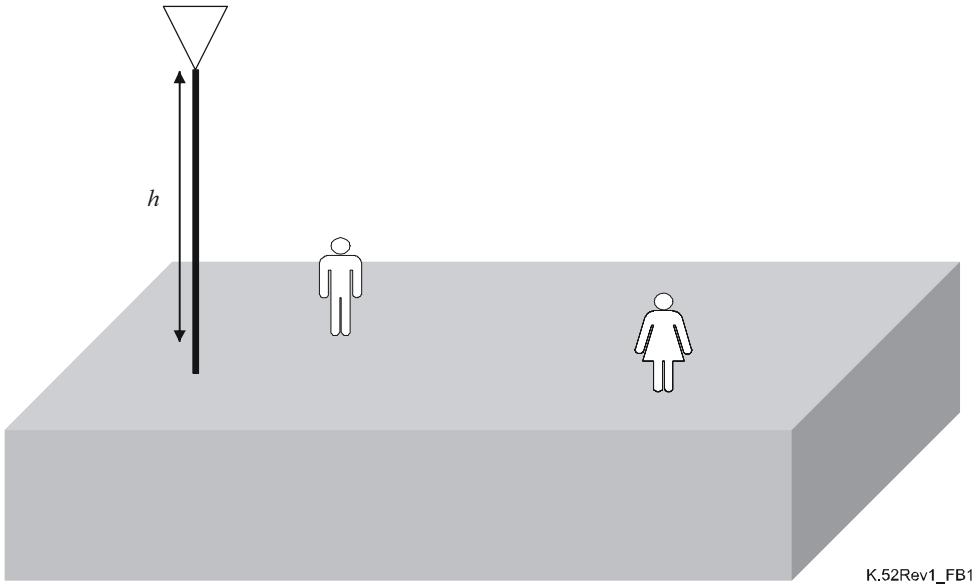
ويمكن تحديد قيم $EIRP_{th}$ التي تقارن بها قدرة EIRP للمنشأة على أساس الخصائص المذكورة أعلاه. ومن الطرق الممكنة لتحديد $EIRP_{th}$ الطريقة الموصوفة في التذييل III.

1.2.B فئات قابلية النفاذ

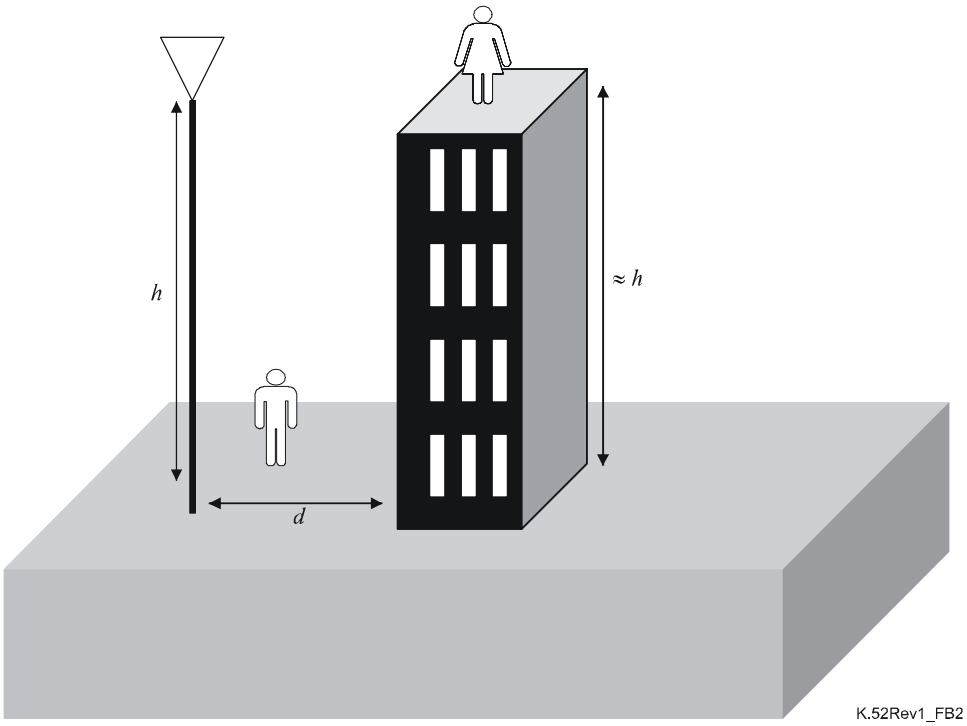
يرد تعريف لفئة قابلية النفاذ في هذا البند. وتسمح هذه الفئات، التي تعتمد على ظروف المنشأة، بتقييم إمكانية دخول شخص ما إلى منطقة تجاوز المرسل. انظر الجدول 1.B.

الجدول K.52/1.B – فئات قابلية النفاذ

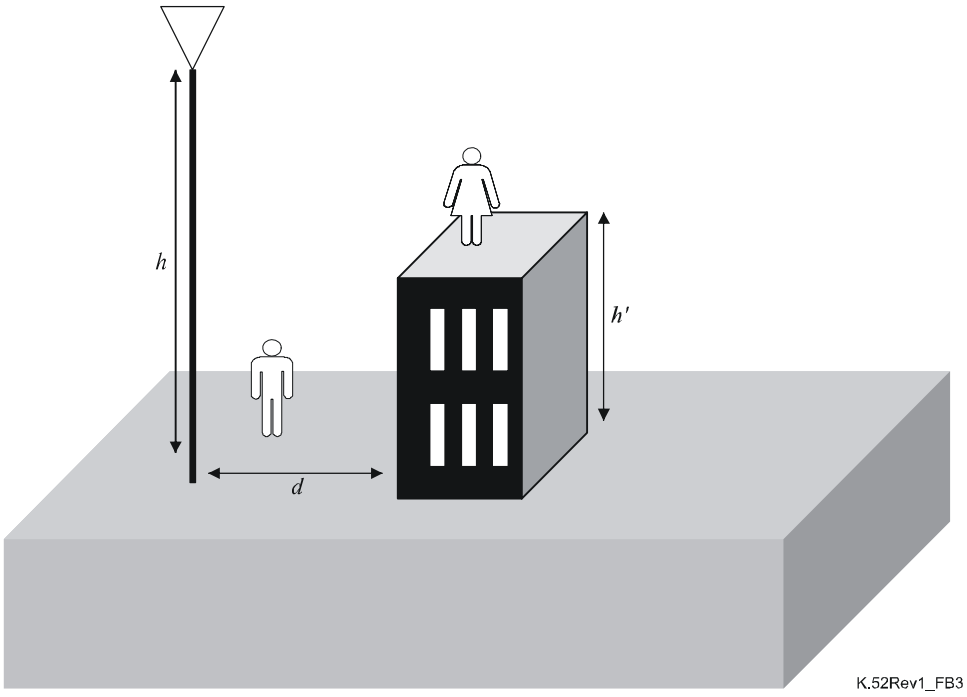
فئة قابلية النفاذ	الظروف الخاصة بالمنشأة	مرجع الشكل
1	الهوائي مركب على برج غير قابل للنفاذ – يقع مركز الإشعاع على ارتفاع h فوق سطح الأرض. هناك عائق $h > 3$ m. الهوائي مركب على هيكل قابل لنفاذ الجميع إليه (كأحد السطوح) – يقع مركز الإشعاع على h فوق الهيكل.	الشكل 1.B
2	الهوائي مركب على مستوى الأرض. يقع مركز الإشعاع على ارتفاع h فوق سطح الأرض. هناك مبنى أو هيكل مجاور ينفذ الجميع إليه ويبلغ ارتفاعه h تقريباً، وهو واقع على بعد d من الهوائي على طول اتجاه الانتشار. هناك عائق $h > 3$ m.	الشكل 2.B
3	الهوائي مركب على مستوى الأرض – يقع مركز الإشعاع على ارتفاع h ($h > 3$ m) فوق مستوى الأرض. هناك مبنى أو هيكل مجاور قابل لنفاذ الجميع إليه ويبلغ ارتفاعه h' تقريباً، وهو واقع على بعد d من الهوائي على طول اتجاه الانتشار.	الشكل 3.B
4	الهوائي مركب على هيكل ارتفاعه h ($h > 3$ m). وهناك منقطة استبعاد مصاحبة للهوائي ويحدد شكلان هندسيان لمنطقة الاستبعاد: – منطقة دائرية بنصف قطر a المحيط بالهوائي؛ – منطقة مستطيلة بحجم $a \times b$ أمام الهوائي.	الشكل 4.B الشكل 5.B



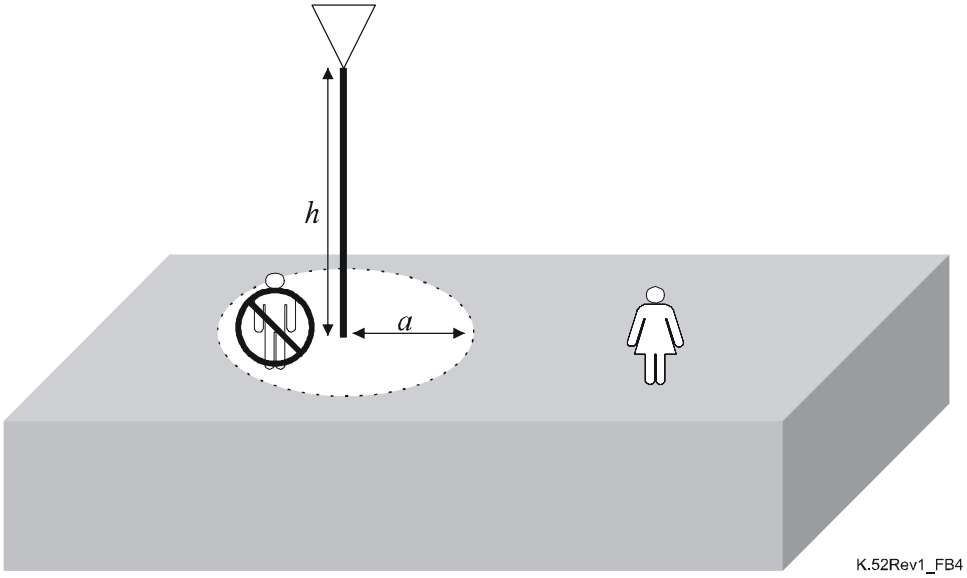
الشكل K.52/1.B – توضيح للفئة 1 لقابلية النفاذ



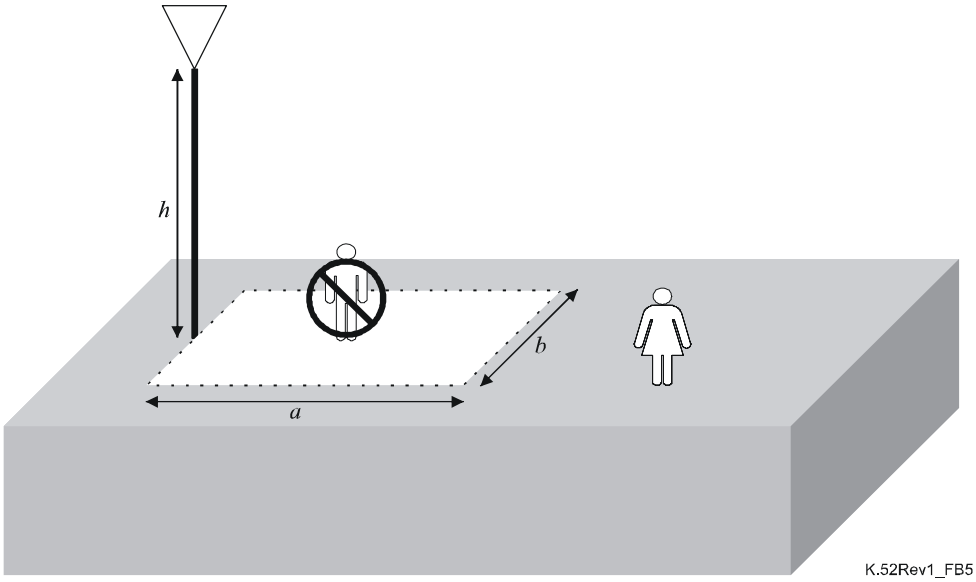
الشكل K.52/2.B – توضيح للفئة 2 لقابلية النفاذ



الشكل K.52/3.B – توضيح للفئة 3 لقابلية النفاذ



الشكل K.52/4.B – توضيح للفئة 4 لقابلية النفاذ، منطقة الاستبعاد الدائري



الشكل K.52/5.B – توضيح للفئة 4 لقابلية النفاذ، منطقة الاستبعاد المستطيلة

2.2.B مدى التردد

يُحدد التردد الحامل حد التعرض لكثافة القدرة المشعة، $S_{lim}(f)$ كما يرد ذلك في معايير التعرض للمجالات الكهرمغنطيسية.

3.2.B فئات اتجاهية الهوائي

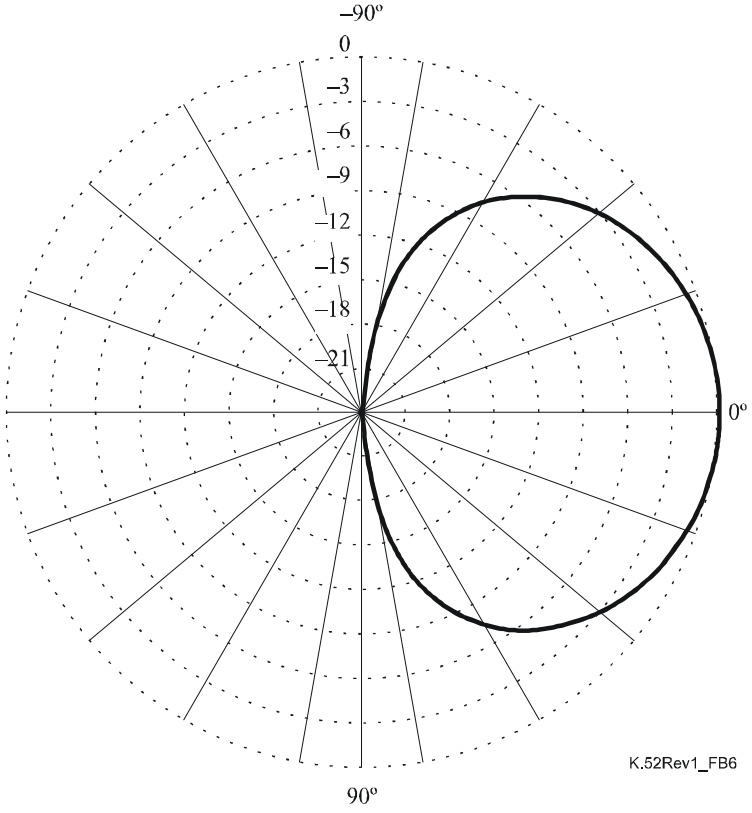
تكتسب اتجاهية الهوائي الأهمية لأنها تحدد نمط التعرض المحتمل. وتعني الاتجاهية العليا أن معظم الطاقة المشعة تتركز في حزمة ضيقة يمكن أن تسمح بالتحكم بموقع مناطق التعرض تحكماً جيداً.

ويشكل مخطط الهوائي عاملاً حاسماً رئيسياً ومتغيراً في الكثير من الأحيان في تحديد المجال. ويقدم الجدول 2.B وصفاً لتيسير تصنيف الهوائي في فئات نوعية. والمعلمة الأهم بالنسبة لتحديد التعرض بسبب الهوائيات المرتفعة هي مخطط الهوائي العمودي (الارتفاع). ولا صلة للنمط الأفقي (السمتي) بذلك بالنظر إلى أن تقييم التعرض يفترض التعرض على طول جهة الإشعاع الأقصى في مستوٍ أفقي.

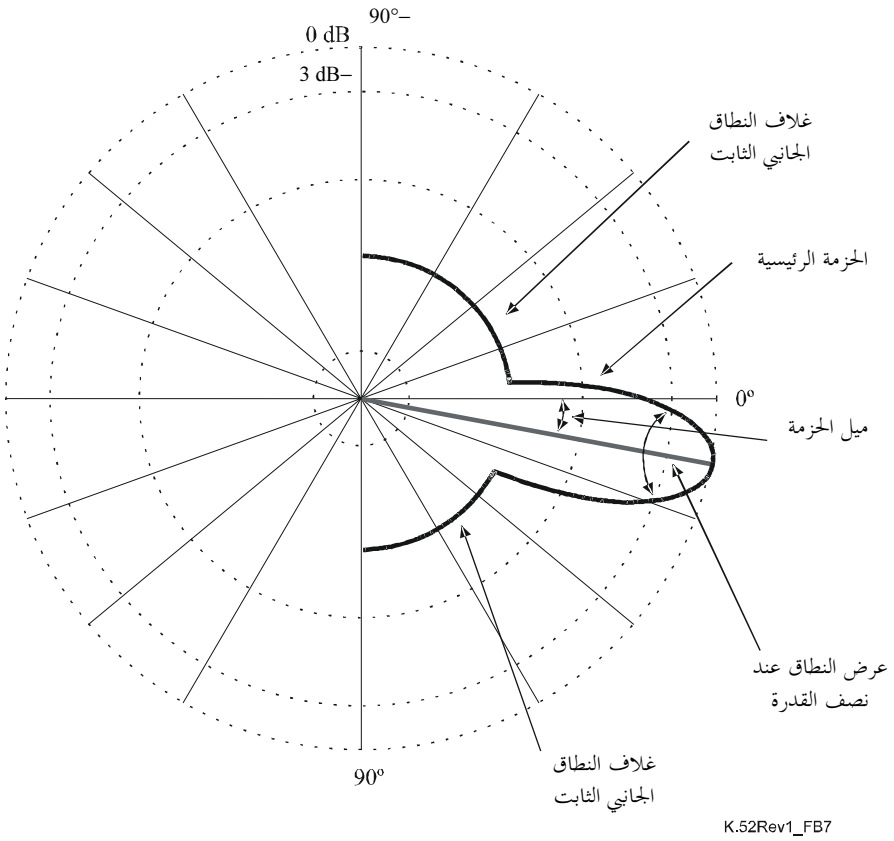
بيد أنه يلاحظ أن المخططات العمودية والأفقية تحدد كسب الهوائي وأن المخطط الأفقي يحدد منطقة الاستبعاد من الفئة 4 لقابلية النفاذ.

الجدول K.52/2.B – فئات اتجاهية الهوائي

فئات الاتجاهية	وصف الهوائي	المعلمات ذات الصلة
1	ثنائي القطب نصف موجي	لا يوجد انظر الشكل 6.B
2	هوائي بتغطية واسعة (شامل الاتجاهيات أو قطاعي) كالهوائيات المستخدمة للاتصال اللاسلكي أو الإذاعة	• عرض الحزمة عند منتصف القدرة بالاتجاه العمودي: θ_{bw} • الاتساع الأقصى للفص الجانبي مقارنة بالحد الأقصى: A_{sl} • ميل الحزمة: α انظر الشكل 7.B
3	هوائي عالي الكسب ينتج "ريشة" (حزمة ذات تماثل دائري) كتلك المستخدمة في الاتصالات من نقطة إلى نقطة أو المحطات الأرضية	• عرض الحزمة عند منتصف القدرة بالاتجاه العمودي: θ_{bw} • الاتساع الأقصى للفص الجانبي مقارنة بالحد الأقصى: A_{sl} • ميل الحزمة: α انظر الشكل 7.B



الشكل K.52/6.B – مخطط عمودي لثنائي القطب نصف الموجي في استقطاب عمودي



الشكل K.52/7.B – توضيح للمصطلحات المتعلقة بمخططات الهوائي

4.2.B منطقة الاستبعاد

يصف هذا البند مناطق الاستبعاد بالنسبة للفئة 4 لقابلية النفاذ. وتعتمد فئات الاستبعاد على النمط الأفقي للهوائي. والمعلمة ذات الصلة هي التغطية الأفقية للهوائي. ويقدم الجدول 3.B مناطق الاستبعاد لبعض القيم النمطية للتغطية الأفقية للهوائيات شاملة الاتجاهات سواء القطاعية منها أم ضيقة الحزمة.

الجدول K.52/3.B – منطقة الاستبعاد بالاستناد إلى التغطية الأفقية

التغطية الأفقية	منطقة الاستبعاد
شامل الاتجاهات	منطقة دائرية (الشكل 4.B)
º120	منطقة مستطيلة (الشكل 5.B) $0{,}866a = b$
º90	منطقة مستطيلة (الشكل 5.B) $0{,}707a = b$
º60	منطقة مستطيلة (الشكل 5.B) $0{,}5a = b$
º30	منطقة مستطيلة (الشكل 5.B) $0{,}259a = b$
أقل من º5	منطقة مستطيلة (الشكل 5.B) $0{,}09a = b$

التذييل I

الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP)

يقدم هذا التذييل مجملاً لحدود التعرض للمجالات الكهربائية والمغنطيسية والكهرمغنطيسية التي تتغير مع الزمن (وحتى 300 GHz) [1] المنشورة من قِبل اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين في مبادئها التوجيهية. ويصف التذييل الحالي الحدود الأساسية (معدل الامتصاص النوعي (SAR) وكثافة التيار) والمستويات المرجعية للمجالات.

1.I الحدود الأساسية

يبين الجدول 1.I الحدود الأساسية.

الجدول K.52/1.I – الحدود الأساسية التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP)

نمط التعرض	مدى التردد	كثافة التيار في الرأس والجذع (mA/m^2) (rms)	المعدل الوسطي للامتصاص النوعي (SAR) لكامل الجسم (W/kg)	معدلات الامتصاص النوعي المحصورة (الرأس والجذع) (W/kg)	معدلات الامتصاص النوعي المحصورة (W/kg)
مهني	حتى 1 Hz	40			
	4-1 Hz	$40/f$			
	4 Hz-1 kHz	10			
	100-1 kHz	$f/100$			
	100 kHz-10 MHz	$f/100$	0,4	10	20
	10 MHz-10 GHz		0,4	10	20
عامة الناس	حتى 1 Hz	8			
	4-1 Hz	$8/f$			
	4 Hz-1 kHz	2			
	100-1 kHz	$f/500$			
	100 kHz-10 MHz	$f/500$	0,08	2	4
	10 MHz-10 GHz		0,08	2	4

الملاحظة 1 – f هي التردد بالهرتز.

الملاحظة 2 – بالنظر إلى التغاير الكهربائي للجسم، من الحري حساب القيمة المتوسطة لكثافات التيار لكل شريحة قطاعية 1 cm^2 متعامدة في اتجاه التيار.

الملاحظة 3 – لا بد من أن تحسب القيمة الوسطية لجميع قيم معدل SAR على فترة 6 دقائق.

الملاحظة 4 – تبلغ الكتلة الوسطى لمعدل SAR المحصور 10 g من الأنسجة الجسدية المتلاصقة؛ والقيمة الأقصى لمعدل SAR المحصل بهذه الصورة يساوي القيمة المستخدمة لتقييم التعرض.

2.I مستوى المرجع

يبين الجدول 2.I المستويات المرجعية.

الجدول K.52/2.I – المستويات المرجعية للجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP)
(قيم rms في حالة عدم وجود اضطرابات)

نمط التعرض	مدى التردد	شدة المجال الكهربائي (V/m)	شدة المجال المغنطيسي (A/m)	كثافة القدرة المتكافئة للموجة المستوية S_{eq} (W/m^2)
التعرض المهني	حتى 1 Hz	–	2×10^5	–
	8–1 Hz	20 000	$2 \times 10^5/f^2$	–
	25–8 Hz	20 000	$2 \times 10^4/f$	–
	0,82–0,025 kHz	$500/f$	20/f	–
	65–0,82 kHz	610	24.4	–
	1–0,065 MHz	610	$1.6/f$	–
	10–1 MHz	$610/f$	$1.6/f$	–
	400–10 MHz	61	0,16	10
	2000–400 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	f/40
	300–2 GHz	137	0,36	50
عامة الناس	حتى 1 Hz	–	2×10^4	–
	8–1 Hz	10 000	$2 \times 10^4/f^2$	–
	25–8 Hz	10 000	$5\ 000/f$	–
	0,8–0.025 kHz	$250/f$	4/f	–
	3–0,8 kHz	$250/f$	5	–
	150–3 kHz	87	5	–
	1–0,15 MHz	87	$0,73/f$	–
	10–1 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	–
	400–10 MHz	28	0,073	2
	2000–400 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	f/200
	300–2 GHz	61	0,16	10

الملاحظة 1 – f كما أشير إليها في عمود مدى التردد.

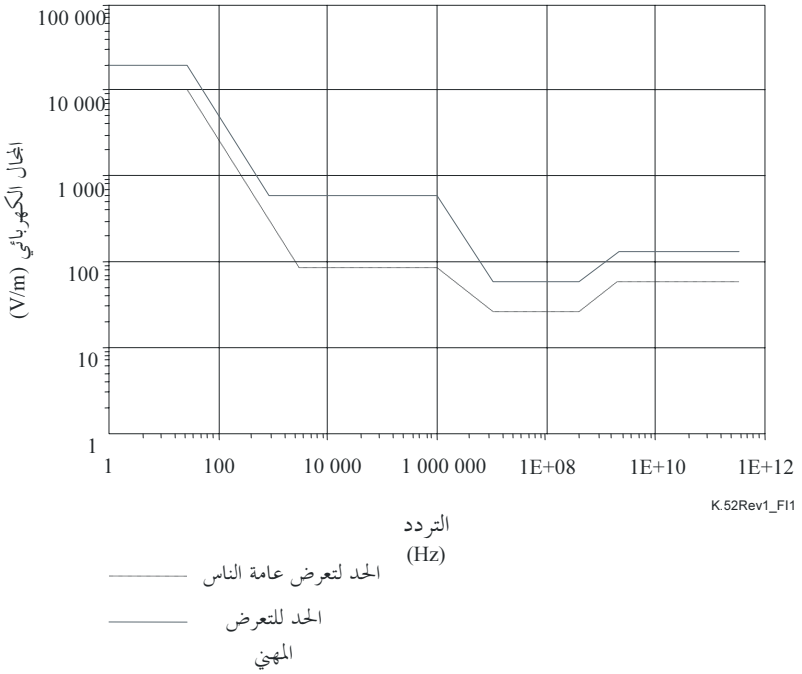
الملاحظة 2 – يكون الوقت الوسطي للترددات بين 100 kHz و10 GHz، هو 6 دقائق.

الملاحظة 3 – للترددات التي تصل إلى 100 kHz، يمكن الحصول على القيم الذروية من خلال ضرب قيمة rms بالتالي $\sqrt{2}(\approx 1.414)$. وبالنسبة لنبضات المدة t_p، فإن التردد المكافئ الذي يجدر تطبيقه يجب أن يُحسب بقيمة $f = 1/(2t_p)$.

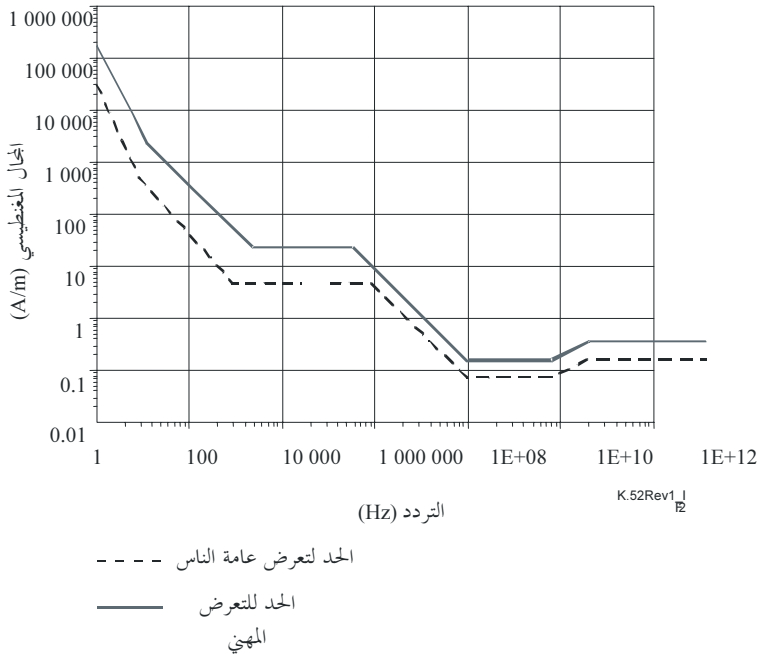
الملاحظة 4 – يتم الحصول على القيم الذروية – ما بين 100 kHz و10 MHz – لشدة المجال من خلال الاستقطاب الداخلي ما بين 1,5 من القيمة الذروية عند 100 MHz و32 مرة القيمة الذروية عند 10 MHz. وبالنسبة للترددات التي تتعدى 10 MHz، يُقترح ألا تتعدى كثافة القدرة الذروية المتكافئة للموجات المستوية، والتي يُحسب معدلها الوسطي على عرض النبضة، 1000 مرة الحد S_{eq} أو ألا تتجاوز شدة المجال مستويات التعرض لشدة المجال المقدمة في الجدول.

الملاحظة 5 – بالنسبة للترددات التي تتعدى 10 GHz، تكون فترة متوسط القيمة $68/f^{1.05}$ دقائق (f بقيمة GHz).

الشكلان 1.I و2.I يبينان المجالات المرجعية.



الشكل K.52/1.I – المستويات المرجعية للجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لشدة المجال الكهربائي



الشكل K.52/2.I – المستويات المرجعية للجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لشدة المجال المغنطيسي

3.I التعرض المتزامن لعدة مصادر

يُقيَّم التقيّد بحدود التعرض المتزامن للمجالات عند الترددات المختلفة عن طريق استخدام المعادلات الواردة تالياً. ولا بد من تلبية جميع الشروط الخاصة بمدى التردد الملائم.

$$\sum_{i=1\ \text{kHz}}^{1\ \text{MHz}} \frac{E_i}{E_{l,i}} + \sum_{i>1\ \text{MHz}}^{10\ \text{MHz}} \frac{E_i}{a} \le 1$$

$$\sum_{j=1\ \text{kHz}}^{1\ \text{MHz}} \frac{H_j}{H_{l,j}} + \sum_{j>1\ \text{MHz}}^{10\ \text{MHz}} \frac{H_j}{b} \le 1$$

حيث:

E_i هي شدة المجال الكهربائي عند التردد i

$E_{l,i}$ هي الحد المرجعي عند التردد i

H_j هي المجال المغنطيسي عند التردد j

$H_{l,j}$ هي الحد المرجعي عند التردد j

a = 610 V/m للتعرض المهني و87 V/m لتعرض عامة الناس

b = 24,4 A/m للتعرض المهني و5 A/m لتعرض عامة الناس

$$\sum_{i=100\ \text{kHz}}^{1\ \text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\ \text{MHz}}^{300\ \text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}}\right)^2 \le 1$$

$$\sum_{j=100\ \text{kHz}}^{1\ \text{MHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>1\ \text{MHz}}^{300\ \text{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{l,j}}\right)^2 \le 1$$

حيث:

E_i هي شدة المجال الكهربائي عند التردد i

$E_{l,i}$ هي الحد المرجعي عند التردد i

H_j هي المجال المغنطيسي عند التردد j

$H_{l,j}$ هي الحد المرجعي عند التردد j

a = 610/f V/m (f بقيمة MHz) للتعرض المهني و87/$f^{1/2}$ V/m لتعرض عامة الناس

d = 1,6/f A/m (f بقيمة MHz) للتعرض المهني و0,73/f A/m لتعرض عامة الناس

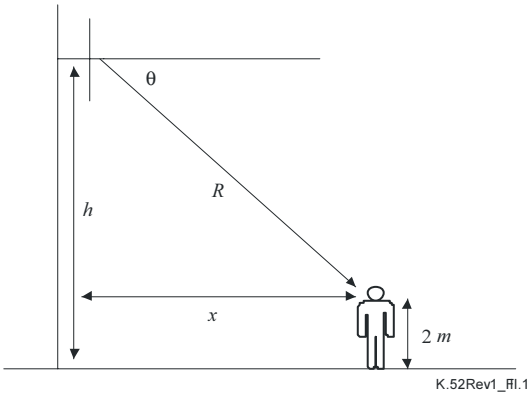
التذييل II

مثال على التقييم البسيط للتعرض للمجال الكهرمغنطيسي

يُقدم هذا التذييل مثالاً على استخدام منهج تنبؤ بسيط لتقييم التعرض للمجال الكهرمغنطيسي

1.II التعرض على مستوى الأرض

يوضح الشكل الهندسي لحساب التعرض على مستوى الأرض بالنظر إلى هوائي مرتفع في الشكل 1.II.



الشكل K.52/1.II – تشكيل نموذجي لحساب التعرض على مستوى الأرض

فقد رُكّب هوائي بحيث كان مركز الإشعاع على ارتفاع h فوق مستوى الأرض. وغاية الحساب هي تقييم كثافة القدرة عند النقطة 2 m فوق الأرض (مستوى الرأس تقريباً) على بعد x من البرج. والحزمة الرئيسية في هذا المثال موازية للأرض في حين أن كسب الهوائي متماثل قياساً بمحوره (شامل الاتجاهات).

وتوخياً لتبسيط ما سبق، حدد $h' = h - 2$ [m]. وباستخدام حساب المثلثات،

$$R^2 = h'^2 + x^2$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h'}{x}\right)$$

ومع أخذ الانعكاسات من الأرض بعين الاعتبار، تصبح كثافة القدرة كالتالي:

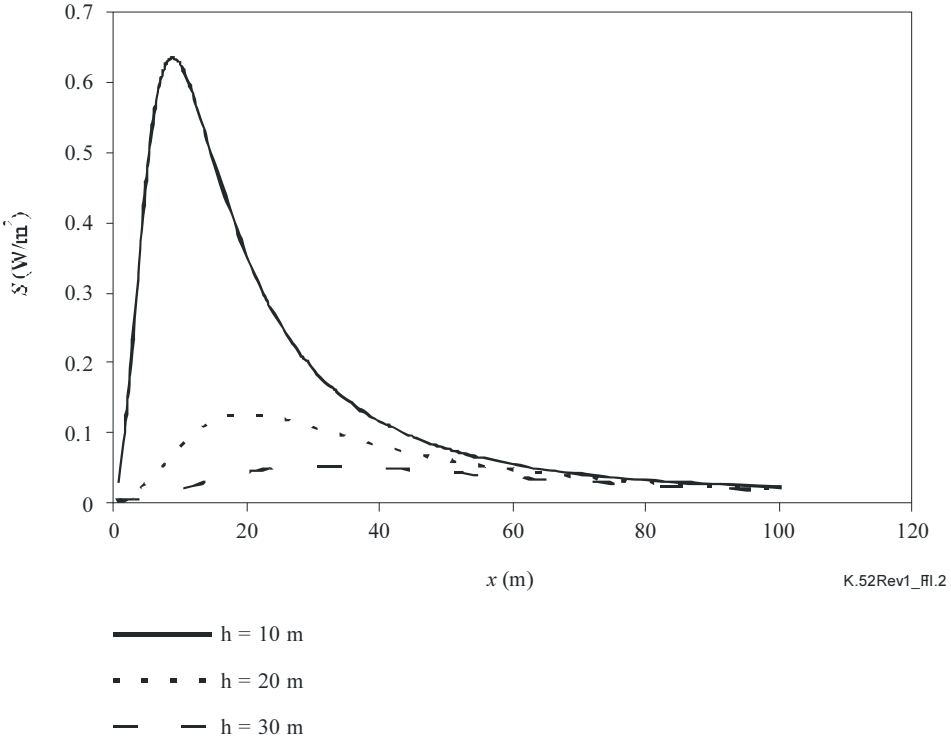
$$S = \frac{2.56}{4\pi} F(\theta) \frac{EIRP}{x^2 + h'^2}$$

ملاحظة – يمكن أن يستبدل العامل 2,56 بـــ 4 (أي أخذ عامل انعكاس بمقدار 1) إذا كانت الضرورة تستدعي اللجوء إلى منهج أكثر صرامة.

فمثلاً، إذا كان الهوائي ثنائي القطب نصف موجي، يكون الكسب الرقمي النسبي على الشكل التالي:

$$F(\theta, \phi) = \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\sin\theta\right)}{\cos\theta}\right]^2$$

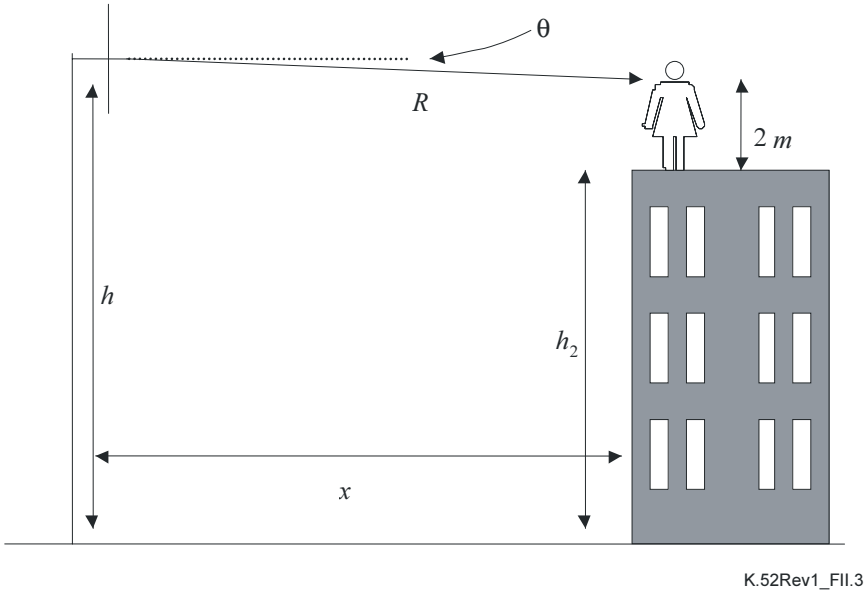
ومن ثم، فإن قدرة التعرض كدالة x لمصدر تكون قيمة *EIRP* فيه 1000 W، تبين في الشكل 2.II لثلاثة ارتفاعات مختلفة.



الشكل K.52/2.II – كثافة القدرة على مستوى الأرض مقابل المسافة عن البرج المحسوبة للمثال الوارد في الشكل 1.II

2.II التعرض في مبنى مجاور

يبين الشكل الهندسي لحساب التعرض في مبنى مجاور لبرج هوائي في الشكل 3.II.



الشكل K.52/3.II – تشكيل نموذجي لحساب التعرض في مبنى مجاور

يوضع هوائي بحيث يكون مركز الإشعاع على ارتفاع h فوق الأرض. وغاية الحساب هي تقييم كثافة القدرة عند نقطة 2 m فوق مستوى سطح مبنى مجاور (على مستوى الرأس تقريباً). وارتفاع المبنى هو h_2 وهو يقع على مسافة x من البرج. ويتوقع أن يكون التعرض الأكثر صرامة على حافة السطح الأقرب للهوائي. ومن المفترض أن تكون الحزمة الرئيسية موازية للأرض وأن يكون كسب الهوائي مماثلاً مقارنة بمحوره (شامل الاتجاهات).

ومن جديد، فإنه توخياً لتبسيط ما سبق، تعرف $h' = h - h_2 - 2$. وباستخدام حساب المثلثات:

$$R^2 = h'^2 + x^2$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h'}{x}\right)$$

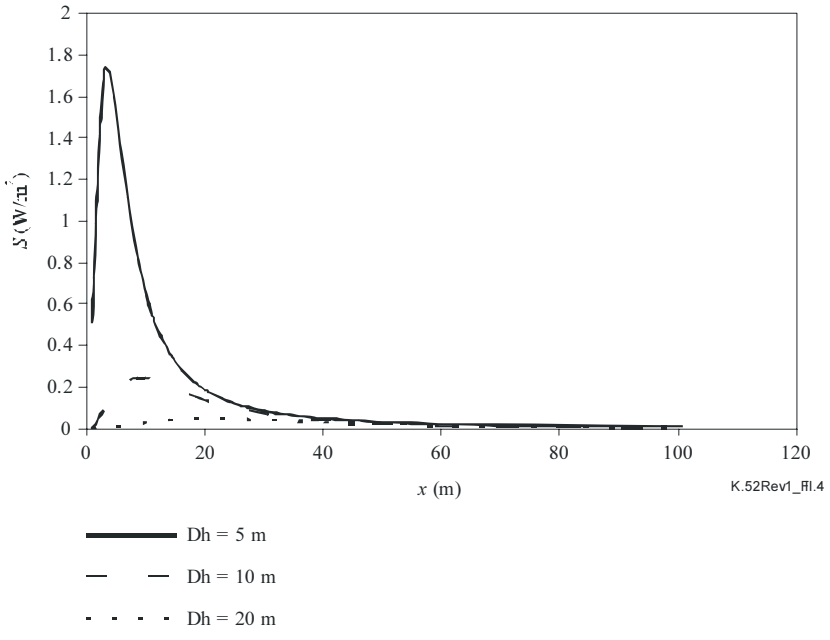
وفي هذا الوضع، يمكن أن تهمل الانعكاسات من الأرض نظراً لأنه يرجح أن يوهن المبنى الموجة المعكوسة على الأغلب بحيث تصبح كثافة القدرة كالتالي:

$$S = \frac{F(\theta)}{4\pi}\frac{EIRP}{x^2 + h'^2}$$

فإذا كان الهوائي مثلاً ثنائي القطب نصف موجي، يكون الكسب الرقمي النسبي على الشكل التالي:

$$F(\theta,\phi) = \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\sin\theta\right)}{\cos\theta}\right]^2$$

وبالتالي، تُبيّن قدرة التعرض كدالة x بالنسبة لمصدر قيمة *EIRP* فيه 1000 W، في الشكل 4.II لثلاثة ارتفاعات نسبية مختلفة $Dh = (h - h_2)$.



الشكل K.52/4.II – كثافة القدرة على مستوى الأرض مقابل المسافة عن البرج المحسوبة للمثال الوارد في الشكل 2.II

التذييل III

مثال على حساب $EIRP_{th}$

1.III قيم عتبة $EIRP_{th}$

تبين الجداول 1.III إلى 3.III تعابير قيم عتبة $EIRP_{th}$ بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لنطاقات التردد المختلفة ولشروط القابلية للنفاذ وفئات اتجاهية الهوائي.

ومن الضروري الإشارة إلى أن قدرة الكثافة الإشعاعية يمكن أن تستخدم في حالات المجال البعيد فقط حين تكون ممثِّلة للمجالات الكهربائية والمغنطيسية. ويمثل ذلك حدّ صلاحية إجراء التقييم المقترح للمنشآت المتقيدة عادة. وحيث لا يطبق هذا الإجراء (كما هو الحال بالنسبة للترددات المنخفضة أو التعرض في حالات المجالات القريبة مثلاً)، يجب اعتبار المنشأة متقيدة مؤقتاً.

وتعرف المبادئ التوجيهية للجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين ثلاثة نطاقات تردد تناظرها ثلاثة قيم تحديدية مختلفة لكثافة القدرة المتكافئة للموجات المستوية. وبالنسبة للترددات التي تزيد عن **100 MHz** تكون الحدود كالتالي:

f (MHz)	$S_{lim}(f)$ (W/m^2)	
	عامة الناس	المستخدمون المهنيون
400–100	2	10
2 000–400	f/200	f/40
10^3…300–10^3…2	10	50

وتعطى قيم $EIRP_{th}$ كدالات ارتفاع الهوائي وغير ذلك من المعلمات ذات الصلة (قابلية النفاذ والاتجاهية والتردد) المعرَّفة في الملحق B.

ويقدم التذييل IV عرضاً مبسطاً لقيم العتبة $EIRP_{th}$.

ملاحظة – تكون a وd وh وh' في الجداول التالية بالأمتار:

الجدول K.52/1.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى حدود اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 100-400 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
1	1	$8\pi(h-2)^2$	$40\pi(h-2)^2$
	2	الأقل من: $8\pi(h-2)^2$ أو $2\pi d^2$	الأقل من: $40\pi(h-2)^2$ أو $10\pi d^2$
	3	الأقل من: $8\pi(h-2)^2$ أو $2\pi\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $40\pi(h-2)^2$ أو $10\pi\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$

الجدول K.52/1.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى حدود اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 100-400 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
1	4	الأقل من: $8\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$} or $2\pi\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$	الأقل من: $40\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$} or $10\pi\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$
2	1	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $2\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
	2 (يحدد عن طريق: $h' > h - d\ \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $2\pi d^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $10\pi d^2$
	3 (يحدد عن طريق: $h' < h - d\ \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{2\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $2\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	1	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $2\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$

الجدول K.52/1.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى حدود اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 100-400 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
3	2	N/A (اتجاه التسديد مطلوب عادة)	N/A (اتجاه التسديد مطلوب عادة)
	3 (يحدد عن طريق: $h' < h - d\ \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw}))$	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{\pi}{2A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{2.5\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	الأقل من: $\frac{2\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $2\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$

جدول K.52/2.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 400-2000 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
1	1	$\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$	$\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$
	2	الأقل من: $\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{200}d^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{40}d^2$
	3	الأقل من: $\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$

جدول K.52/2.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 400-2000 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
1	4	الأقل من: $\frac{f\pi}{50}(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$} أو $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{10}(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$} أو $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$
2	1	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
	2 (يحدد عن طريق: $h' > h - d\ \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{200}d^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{40}d^2$
	3 (يحدد عن طريق: $h' < h - d\ \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{200A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{40A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	1	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$

جدول K.52/2.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 400-2000 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
3	2	N/A (اتجاه التسديد مطلوب عادة)	N/A (اتجاه التسديد مطلوب عادة)
	3 (يحدد عن طريق: $h' < h - d\ \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw}))$	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{50A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{f\pi}{10A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	الأقل من: $\frac{f\pi}{200A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $\frac{f\pi}{200}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{f\pi}{40A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $\frac{f\pi}{40}\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$

جدول K.52/3.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 2000-000 300 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
1	1	$40\pi(h-2)^2$	$200\pi(h-2)^2$
	2	الأقل من: $40\pi(h-2)^2$ أو $10\pi d^2$	الأقل من: $200\pi(h-2)^2$ أو $50\pi d^2$
	3	الأقل من: $40\pi(h-2)^2$ أو $10\pi\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $200\pi(h-2)^2$ أو $50\pi\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$

جدول K.52/3.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 2000-300 000 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
1	4	الأقل من: $40\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$} أو $10\pi\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$	الأقل من: $200\pi(h-2)^2$ {If $a < (h-2)$} أو $50\pi\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$
2	1	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
	2 (يحدد عن طريق: $h' > h - d\ \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $10\pi d^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $50\pi d^2$
	3 (يحدد عن طريق: $h' < h - d\ \tan(\alpha+1.129\theta_{bw})$)	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{50\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$
3	1	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$

جدول K.52/3.III – شروط التقيّد العادي للمنشآت بالاستناد إلى الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لمدى التردد 2000-000 300 MHz

فئة الاتجاهية	فئة قابلية النفاذ	$EIRP_{th}$ (W)	
		عامة الناس	العاملون المهنيون
3	2	N/A (اتجاه التسديد مطلوب عادة)	N/A (اتجاه التسديد مطلوب عادة)
	3 (يحدد عن طريق: $< h - d\ \tan(\alpha + 1.129\theta_{bw}))$	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{2.5\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}(h-2)^2$ أو $\frac{12.5\pi}{A_{sl}}\left[\frac{d^2+(h-h')^2}{d}\right]^2$
	4	الأقل من: $\frac{10\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $10\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$	الأقل من: $\frac{50\pi}{A_{sl}}\left[\frac{a^2+(h-2)^2}{a}\right]^2$ أو $50\pi\left[\frac{h-2}{\sin(\alpha+1.129\theta_{bw})}\right]^2$

الملاحظة 1 – f مقدرة بقيمة MHz.

الملاحظة 2 – يجب أن يعبر عن جميع هذه الزوايا بزوايا نقِّية.

الملاحظة 3 – يجب أن يعبر عن A_{sl} كعامل رقمي. بيد أنه يقدم في العادة بقيمة dB مقارنة بالحد الأقصى. ولغايات التحويل: $A_{sl} = 10^{A_{sl}[dB]/10}$.

التذييل IV

توضيح قيم عتبة $EIRP_{th}$ الواردة في جداول التذييل III

يقدم هذا التذييل توضيحاً لقيم عتبة $EIRP_{th}$ الواردة في التذييل III. ويستند هذا التوضيح إلى حسابات تستخدم فيها تعابير المجال البعيد في جميع الأحوال. ولذا، فإن مدى الترددات التي تطبق عليها هذه التوضيحات مقصورة على الترددات التي تتعدى 100 MHz.

1.IV المصادر المتقيدة بطبيعتها

معيار المصدر المتقيد بطبيعته هو EIRP بقيمة 2 W أو أقل، باستثناء الهوائيات الصغيرة قليلة الكسب ذات الفتحات المشعة أو ذات الموجات الصغرية أو المليمترية حيث يمكن النظر إلى مجموع القدرة الإشعاعية، وهي 100 mW أو أقل، على أنها متقيدة بطبيعتها. وتوازي قيمة EIRP هذه كثافة قدرة بقيمة $0{,}16\ W/m^2$ على بعد 1 m، في حين أن الحد الأدنى الذي وضعته اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع غير المؤين (ICNIRP) لكثافة القدرة لعامة الناس هو $2\ W/m^2$.

2.IV المنشآت المتقيدة عادة

تشتق المعايير للمنشآت المتقيدة عادة من خلال دراسة التعرض على مستوى الأرض وعلى مستوى البيانات أو الهياكل المتاخمة. وقد قُدمّ إجراء أساسي لعمل هذا الحساب في البند 2.1.9. والعاملان الحاسمان هما نمط الهوائي وظروف القابلية للنفاذ. وتوخياً لاشتقاق معايير التصنيف، توضع الافتراضات المتواضعة الإضافية التالية:

- يفترض معامل انعكاس بقيمة 1 للتعرض على مستوى الأرض.
- يفترض أن يجري كل تعرض بالقيمة القصوى لنمط الهوائي في المستوى الأفقي.

وتبرز البنود الفرعية التالية اشتقاق الفئات المختلفة لاتجاهية الهوائي.

1.2.IV فئة الاتجاهية 1

يعطي الكسب الرقمي النسبي لثنائي القطب متناهي الصغر قيمة تقريبية لدالة كسب الهوائي.

$$F(\theta,\phi) = \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\sin\theta\right)}{\cos\theta}\right]^2 \approx \cos^2\theta$$

ويتمتع ثنائي القطب متناهي الصغر دالة الكسب العمودية الأوسع لمصدر شامل الاتجاهات. ولذا، فإن هذا يمثل حالة التعرض الأكثر شدة على مستوى الأرض مع محور الحزمة الأساسية الموازي للأرض أو أعلى منها.

وباستخدام هذا الكسب، يمكن الحصول على قدرة التعرض بطريقة تحليلية على شكل x، كالتالي:

$$S(x) = \frac{EIRP}{4\pi}\left(\frac{x}{x^2 + {h_d}^2} + \frac{x}{x^2 + {h_s}^2}\right)^2$$

حيث تكون h_d هي الفارق بين ارتفاع مركز طور الهوائي، h، وارتفاع نقطة الرصد، وتمثل h_s مجموع الكميات. وارتفاع نقطة الرصد هو 2 m للتعرض على مستوى الأرض وh' للتعرض في الهياكل المجاورة. ويتسم حساب التعرض الأقصى بالتعقيد، بيد أنه يمكن الحصول على تقدير متواضع من خلال افتراض $h_d = h_s$. ويجب أن تكون هذه القيمة التقريبية دقيقة على نحو معقول قرب السطح، غير أنها تؤدي إلى إفراط كبير في التقدير عند النقاط التي ترتفع عن السطح إلى حد كبير. وبهذه القيمة التقريبية يحدث التعرض عند $h_d = x$ وهو مساوٍ للتالي:

$$S_{max}(h) = \frac{1}{4\pi}\frac{EIRP}{{h_d}^2}$$

ولحد معين من كثافة القدرة المكافئة للموجات المستوية، أي S_{lim} وارتفاع معين للهوائي، يمكن حساب القيمة القصوى لـــEIRP التي تتيح التقيّد على النحو التالي:

$$EIRP_{th} = 4\pi {h_d}^2 S_{lim}$$

2.2.IV فئة الاتجاهية 2

وفي هذه الحالة، يتشكل نمط الهوائي المفترض من عنصرين؛ الحزمة الأساسية وغلاف الفص الجانبي للاتساع الثابت. ويمكن التعبير عن نمط الهوائي على الشكل التالي:

$$F(\theta) = \begin{cases} \left[\dfrac{\sin[c\,\sin(\theta-\alpha)]}{c\,\sin(\theta-\alpha)}\right]^2 & \text{الحزمة الرئيسية} \\ A_{sl} & \text{غلاف الفص الجانبي} \end{cases}$$

وتحدد المعلمة c عرض الحزمة عند منتصف القدرة كما يلي:

$$c = \frac{1.392}{\sin(\theta_{bw}/2)}$$

ومن الصعب تقييم النقلة من الحزمة الرئيسية إلى منطقة الفص الجانبي بشكل تحليلي. بيد أن الصفر الأول لدالة الحزمة الرئيسية يمكن أن يعطي قيمة تقريبية لذلك. وتحدث الأصفار الأولى عند:

$$\theta_{n1,n2} = \alpha \pm \sin^{-1}\left[\frac{\pi}{1.392}\sin\left(\frac{\theta_{bw}}{2}\right)\right] \approx \alpha \pm 2.257\frac{\theta_{bw}}{2}$$

ويحسب التعرض خارج الحزمة الرئيسية عن طريق استخدام المغلف الثابت بحيث يطرأ التعرض الأقصى تحت الهوائي مباشرة. وفي الكثير من الحالات يكون هذا افتراضاً متواضعاً، إذ يمكن أن يكون لنمط الهوائي صفر عند هذه النقطة. وعلى كل حال، يستخدم الافتراض الأكثر تواضعاً عند عدم وجود معلومات إضافية عن الأنماط. وفي بعض الحالات، يمكن أن يعاد تشكيل المغلف الثابت عن طريق عامل ثنائي القطب (cosθ) مثلاً حين يطرأ تعرض الفص الجانبي بعيداً عن قاعدة الهوائي.

وفضلاً عن ذلك، وتوخياً لتسهيل الحسابات، تفترض القدرة الثابتة في الحزمة الرئيسية ($F(\theta) = 1$). ويصبح الشرط بالنسبة لوجود (x، y) ضمن الحزمة كالتالي:

$$h - xtg\theta_{n1} \le y \le h - xtg\theta_{n2}$$

3.2.IV فئة الاتجاهية 3

الفرق الرئيسي ما بين حساب التعرض الخاص بفئة الاتجاهية 3 مقارنة بفئة الاتجاهية 2 هو معالجة المجال المنعكس. وتستخدم الهوائيات في فئة الاتجاهية 3 للوصلات من نقطة إلى نقطة بحيث لا يكون من الضروري دراسة الأمواج المنعكسة للتعرض في الحزمة الأساسية.

ببليوغرافيا

[1] ICNIRP, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic field (up to 300 GHz).*

[2] FCC, 96-326*, Guidelines for Evaluating the Environmental Effects of Radiofrequency Radiation.*

[3] ANSI/IEEE C95.1, *Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz.*

[4] The Council of The European Union, *Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).*

[5] The European Parliament and the Council of the European Union, *Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)*.

[6] Health Canada Safety Code 6, *Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz.*

[7] ANSI/IEEE C95.3, *Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields – RF and Microwave.*

[8] IEEE 291, *Standard Methods for Measuring Electromagnetic Field Strengths of Sinusoidal Continuous Waves, 30 Hz to 30 GHz.*

[9] IEEE C63.2, *Standard Electromagnetic Noise and Field Strengths Instrumentation, 10 Hz to 40 GHz – Specifications.*

[10] OET Bulletin 65, *Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields.*

[11] IEEE 644, *Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from a.c. power lines.*

[12] IEEE 473*, IEEE recommended practice for an electromagnetic site survey (10 kHz to 10 GHz).*

[13] ITU-R draft Recommendation BS.6/BL/25 (2005), *Evaluating fields from terrestrial broadcasting transmitting systems operating in any frequency band for assessing exposure to non-ionizing radiation.*

[14] IEEE 1528, *IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques.*

[15] ETSI TR 101 870, *Fixed radio transmitter sites; Exposure to non-ionizing electromagnetic fields; Guidelines for working conditions.*

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	المبادئ العامة للتعريفة
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	أنظمة الإرسال ووسائطه، الأنظمة والشبكات الرقمية
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية وتعدد الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	**الحماية من التداخلات**
السلسلة L	إنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات (TMN) وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التلماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات المعطيات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات المعطيات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة والأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات وملامح بروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي
السلسلة Z	لغات البرمجة والخصائص العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبع في سويسرا
جنيف، 2005