الاتحـاد الدولـي للاتصـالات
قطاع الاتصالات الراديوية

منشورات ITU

التقرير ITU-R SM.2449-1

(2024/06)

السلسلة SM: إدارة الطيف

تحليلات الأثر للأنظمة اللاحزمية المغنطيسية الحثية والأنظمة المغنطيسية الرنينية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في خدمات الاتصالات الراديوية

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل تقارير قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني https://www.itu.int/pub/R-REP/ar)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذا التقرير الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2025

التقرير ITU-R SM.2449-1

تحليلات الأثر للأنظمة اللاحزمية المغنطيسية الحثية والأنظمة المغنطيسية الرنينية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في خدمات الاتصالات الراديوية

(المسألة ITU-R 210-4/1)

(2024-2019)

جدول المحتويات

الصفحة

1 مقدمة[1]

مع زيادة الطلب على الأجهزة اللاسلكية والتنقلية العالمية، تطورت تكنولوجيات إرسال الطاقة لاسلكياً من أجل إمداد هذه الأجهزة بالطاقة وأصبح من السهل على المستهلكين من شتى أنحاء العالم الوصول إليها في الوقت الراهن. ويعتبر إرسال الطاقة لاسلكياً بواسطة محاثة مغنطيسية من التكنولوجيات المعروفة جيداً والمطبقة منذ زمن بعيد في المحوّلات التي يكون فيها الملفان الأولي والثانوي مقترنين بطريقة حثية، على سبيل المثال باستخدام قلب مغنطيسي ذو نفوذ مشترك. وتُعرف هذه التكنولوجيا أيضًا باسم تكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً ذات الاقتران الوثيق. ويعرف إرسال الطاقة لاسلكياً بواسطة الرنين المغنطيسي باسم تكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً ذات الاقتران الضعيف التي تستخدم مرنان مؤلف من ملف ومكثف، يتم فيه إرسال القدرة الكهربائية بواسطة الرنين الكهرمغنطيسي الذي ينشأ بين ملف المرسل وملف المستقبل. وبالمقارنة مع تكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً الحثية، تستخدم تكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً الرنينية تكنولوجيات الرنين، وتتمتع بحرية مكانية أكبر من التكنولوجيا الحثية.

وتوجد دراسات عامة في التقرير ITU-R SM.2303 تنطبق أيضًا على الشواحن المحمولة والمتنقلة التي تعمل بتكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً، ولا سيما في الفقرة 2.7 والملحق 3.

ويرمي هذا التقرير إلى دراسة أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المتنقلة والمحمولة اللاحزمية التي تستخدم التكنولوجيات الحثية والرنينية المغنطيسية، العاملة في مديات التردد 100-148,5 kHz و315-405 kHz و700 1-800 1 kHz و000 2-170 2 kHz و553 13-567 13 kHz لتقليل تأثيراتها على خدمات الاتصالات الراديوية الحالية. وتقع تكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً اللاحزمية في الأجهزة المتنقلة والمحمولة مثل شحن المركبات الكهربائية والأجهزة المنزلية خارج نطاق هذا التقرير.

2 تطبيقات للشحن المغنطيسي الحثي والرنيني في الأجهزة المتنقلة والمحمولة

طبقاً للتقرير ITU-R SM.2303-1، تستخدم التكنولوجيا الحثية والرنينية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة مثل الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية وأجهزة الحاسوب المحمولة. وبعد نشر هذا التقرير، استخدمت التكنولوجيا الحثية والرنينية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة التي يمكن ارتداؤها مثل الساعات الذكية والنظارات الذكية/ثلاثية الأبعاد وأجهزة تتبع اللياقة البدنية. وأصبحت الأنظمة اللاحزمية الحثية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة متاحة الآن ومرخص بها في العديد من البلدان حيث تعمل في مديات التردد 100-148,5 kHz و315-405 kHz و700 1-800 1 kHz و553 13-567 13 kHz. وعلاوةً على ذلك، يجري التخطيط أيضاً لاستخدام مدى التردد 000 2-170 2 kHz في المستقبل.

ويحتاج الشحن الحثي والرنيني اللاحزمي عادة إلى توصيل مباشر بين جهاز الشحن ومصدر الطاقة. وعند التوصيل المباشر وبدء الشحن، يفترض أن تكون الطاقة المنبعثة أقل من 30 Watts. ويتوقف الشحن بمجرد انفصال التوصيل؛ بين أنه يمكن للجهاز إصدار بعض الطاقة لأغراض الكشف فحسب. ويورد القسم 4 من هذا التقرير العمليات والخصائص التقنية لإرسال الطاقة لاسلكياً بواسطة المحاثة اللاحزمية والرنينية في الأجهزة المتنقلة والمحمولة بمزيد من التفصيل.

3 المعايير الدولية للتطبيقات اللاحزمية الحثية لإرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مدى التردد 100-148,5 kHz

ترد المعايير المتاحة الدولية لإرسال الطاقة لاسلكياً بشكل لاحزمي حثي في الأجهزة المتنقلة والمحمولة طبقاً للتقرير ITU-R SM.2303-1.

ويمكن اعتبار إرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة تطبيقات صناعية وعلمية وطبية (ISM) (انظر الرقمين **15.1** و**13.15** من لوائح الراديو) عادة، عندما لا تكون هناك اتصالات بيانات بين الشاحن وجهاز الشحن. ومع ذلك، ترخص إدارات

[1] يستخدم سيناريوهان في الدراسات الواردة في هذا التقرير خسارة اختراق المباني. وتفيد المعلومات الواردة من الفريق المسؤول بقطاع الاتصالات الراديوية بمحدودية تطبيق ذلك.

كثيرة في إطار لوائحها الوطنية الخاصة بالطيف إرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في إطار قواعد ترتبط بالأجهزة قصيرة المدى أو كتطبيقات معفاة من الترخيص، حيث تصنف على أنها أجهزة للإشعاع المعتمد.

4 الخصائص التقنية والتشغيلية للأنظمة اللاحزمية الحثية والرنينية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة

1.4 الخصائص التشغيلية

تُستخدم الأنظمة اللاحزمية الحثية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة المستعمل في شحن الأجهزة المتنقلة والمحمولة في الأساس داخل المباني، في المساحات المكتبية والمنازل، على سبيل المثال.

ولا يتحقق نشاط الشحن في معظمه إلا في حالة وجود توصيل مباشر بين جهاز الشحن ومصدر الطاقة. ولا يتحقق هذا النشاط إلا لفترات قصيرة تمتد حتى اكتمال شحن بطارية جهاز الشحن. وبمجرد اكتمال شحن البطارية، أو عند انفصال التوصيل المباشر، تنخفض الطاقة المنبعثة بشكل كبير.

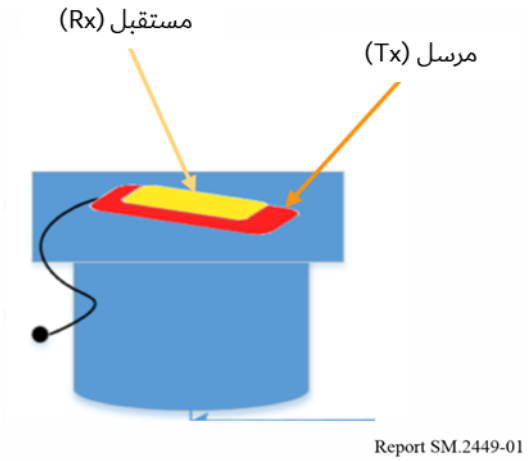
والتطبيقات الواردة في هذا التقرير متاحة في الأسواق ومعتمدة طبقاً لقواعد الإعفاء من الترخيص للجنة الاتصالات الفيدرالية (FCC)[2] حيث تعتبر أجهزة للإشعاع المعتمد لأغراض الاستخدام والبيع في الولايات المتحدة الأمريكية.

1.1.4 سيناريوهات الشحن

أجري الاختبار باستخدام جهاز شحن واحد (الشكل 1) وشحن مجمع باستخدام خمسة أجهزة للشحن (الشكل 2).

الشكل 1

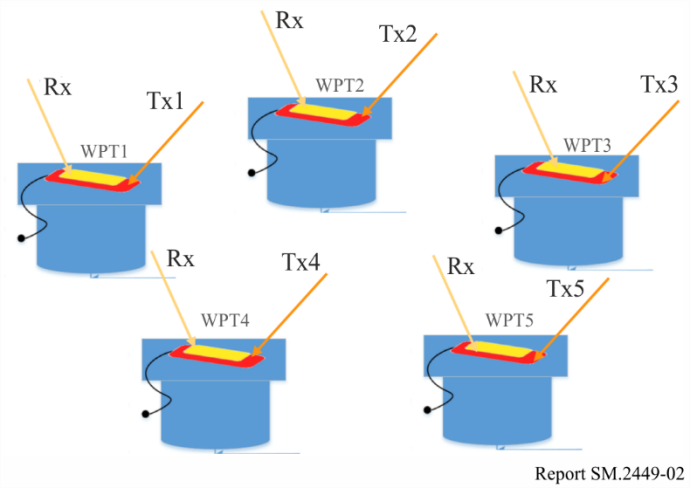
تصور لتمثيل نشر مصدر شحن وحيد في بيئة منزلية



[2] الفقرتان 15 و18 من مدونة اللوائح الفيدرالية 47 (2017).

الشكل 2

تصور لتمثيل نشر مجمع لبيئة مكتبية



2.1.4 الخصائص التقنية

للاطلاع على الخصائص التقنية للأجهزة المحمولة والمتنقلة، انظر القسم 1.3 في التقرير ITU-R SM.2303.

وترد الكثافات المتوقعة لكثافات إرسال الطاقة لاسلكياً في الجدول 1، وتستند إلى المعيار ETSI TR 103 493.

الجدول 1

الكثافات الحضرية المتوقعة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

مدى التردد (kHz)	الكثافة الحضرية (/km²)	تعليقات
148,5-100	5 000	الأجهزة المحمولة والمتنقلة
405-315	1 500	الأجهزة المحمولة والمتنقلة
1 800-1 600	500	الأجهزة التي يمكن ارتداؤها
2 150-1 950	500	الأجهزة التي يمكن ارتداؤها

يشمل المعيار ETSI TR 103 493 في الفقرة 2.2.1.7 الأجهزة المتنقلة والمحمولة. ويُعبّر عن الكثافة المتوقعة في الأجهزة المتنقلة العامة على أنها 5 000 جهاز/km² وللأجهزة القابلة للارتداء 500 جهاز/km². وقد ترجم ذلك في الجدول 1 أعلاه على افتراض أن 30 في المائة من الأجهزة المحمولة والمتنقلة قد تكون قادرةً أيضاً على استخدام مدى التردد الأعلى الذي يتوقع أن يشهد أرقاماً أقل نظراً لتعقيده الأعلى من الناحية التقنية. وبالنسبة للأجهزة التي يمكن ارتداؤها، تم استخدام الرقم الوارد في المعيار ETSI TR 103 493.

1.2.1.4 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المحمولة والمتنقلة في نطاق التردد 148,5-100 kHz

تعد شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المحمولة والمتنقلة في هذا النطاق، والتي تستخدم مواصفات Qi أساس الدراسات الواردة في هذا التقرير.

2.2.1.4 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المحمولة والمتنقلة فوق النطاق 315 kHz

يبين الجدول 2 الخصائص المتوخاة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً فوق النطاق 315 kHz المستخدمة في الدراسات الواردة في هذا التقرير.

الجدول 2

الخصائص التقنية وحالة الاستخدام لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً فوق النطاق 315 kHz

مدى التردد المسموح به للتشغيل (kHz)	حدود الانبعاثات المطلوبة على مسافة 10 أمتار (dBµA/m)	ملاحظات	النشاط
405-315	15–	اتصالات الإبراق بزحزحة التردد (حتى ± 20 kHz) زحزحة التردد أثناء الشحن لإدارة نقل الطاقة (الكفاءة) و/أو لتعويض التنظيم: حتى 15 kHz	ساعة–ساعتان/يوم
1 800-1 700	15–	اتصالات في النطاق 1 kHz أو اتصالات الإبراق بزحزحة التردد (حتى ± 20 kHz) زحزحة التردد أثناء الشحن لإدارة نقل الطاقة (الكفاءة) و/أو لتعويض التنظيم: حتى 15 kHz	ساعة–ساعتان/يوم
2 170-2 000	15–	اتصالات الإبراق بزحزحة التردد (حتى ± 20 kHz) زحزحة التردد أثناء الشحن لإدارة نقل الطاقة (الكفاءة) و/أو لتعويض التنظيم: حتى 15 kHz	ساعة–ساعتان/يوم

ملاحظة – يتم إنشاء كل جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً بحيث يصدر فقط الحد الأقصى المسموح به في أسوأ موضع محاذاة للملفين، أما بالنسبة للعديد من مواضع التنظيم، فيكون المستوى المشع الفعلي أقل بكثير. ويتم النظر في ذلك عن طريق اختيار مستوى الانبعاثات بشكل عشوائي بين أفضل وأسوأ تنظيم في دراسات مونت كارلو. ويقتصر مدى التأثير على 15 dB لغرض الدراسات. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن أثر سوء التنظيم في الملحق 4.1 من تقرير لجنة الاتصالات الإلكترونية رقم 333.

3.2.1.4 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المحمولة والمتنقلة في مدى التردد 553 13-567 13 kHz

مع الزيادة الكبيرة في الأجهزة الذكية التي يمكن ارتداؤها، شهد الطلب على الشحن اللاسلكي للمنتجات عالية التردد ومنخفضة الطاقة ظهوراً في السنوات الأخيرة. ومن المفهوم أيضاً أن نطاق التردد 13,56 MHz هو نطاق تردد للشحن اللاسلكي المحمول والمتنقل. ويبين الجدول 3 الخصائص التقنية التفصيلية.

الجدول 3

الخصائص التقنية لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في نطاق التردد 13,56 MHz

نطاقات تردد التشغيل	المعلمات الرئيسية	بيانات	حدود انبعاثات المجال المغناطيسي (10 أمتار، كشف شبه الذروة)
553 13-567 13 kHz	طاقة الشحن	1> W	42> dBµA/m (عرض نطاق القياس: 9 kHz)
	مسافة الشحن بين ملف الاستقبال وملف الإرسال	1> cm	
	مبدأ العمل	تكنولوجيا الرنين المغناطيسي	
	حالات الاستخدام	النظارات الذكية الأقلام التناسب الذكي	

5 بيئة الضوضاء الراديوية التي تقل عن 30 kHz

فيما يتعلق لبعض مديات التردد المدروسة، لم تكن هناك معلمات و/أو سيناريوهات نشر للخدمات الراديوية متاحة. وتوفيراً لبعض المعلومات عن التأثير المحتمل لإرسال الطاقة لاسلكياً على الخدمات الراديوية، تمت مقارنة مستوى انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً بمستوى الضوضاء.

وتخضع الضوضاء الراديوية التي تقل عن 30 MHz في المدن والمناطق السكنية في الغالب إلى هيمنة الضوضاء الاصطناعية (MMN). وهناك ثلاثة أنواع من الضوضاء موجودة في مدى التردد هذا (انظر التوصية ITU-R SM.1753): الضوضاء النبضية (IN) وضوضاء الموجة الحاملة الوحيدة (SCN) والضوضاء الغوسية البيضاء (WGN).

ويمكن أن تكون الضوضاء النبضية كبيرة جداً، ولكن تأثيرها على مستقبلات الخدمة الراديوية يعتمد إلى حد كبير على التصميم الفعلي للمستقبل ولا تستخدم عموماً كأساس للتحليل.

وغالباً ما تكون ضوضاء الموجة الحاملة الوحيدة موجودة أو حتى مهيمنة عندما تأتي من مصدر قريب من موقع القياس. وتوضح التوصية ITU-R SM.1753 أن ضوضاء الموجة الحاملة الوحيدة تنشأ من مجموعة من المصادر، بما في ذلك شبكات الحواسيب السلكية والحواسيب وإمدادات الطاقة بأسلوب مبدل. وتظهر مصادر الضوضاء هذه في الغالب داخل المباني. وتنص التوصية ITU-R SM.2093 في الفقرة *ب)* من "*إذ تضع في اعتبارها*" على أن ضوضاء الموجة الحاملة الوحيدة من مصادر وحيدة وقابلة للتحديد هي الشكل السائد للضوضاء الاصطناعية داخل المباني التي لا يمكن وصفها بمقاييس التوصية ITU-R P.372.

وتصف الضوضاء الغوسية البيضاء (WGN)، كما هي محددة في التوصية ITU-R P.372، ذلك الجزء من الضوضاء الاصطناعية الذي لا يمكن لأن يعزى إلى مصدر ضوضاء واحد ويستبعد على وجه التحديد الانبعاثات من مصادر وحيدة يمكن تحديدها (انظر التوصية ITU-R SM.2093) على الرغم من أن تجميع عدد من المصادر الفردية يقترب من الضوضاء الغوسية البيضاء ويرد أيضا في قيم الضوضاء الغوسية البيضاء الواردة في التوصية ITU-R P.372. ويؤدي ذلك إلى تقييد استخدام التوصية ITU-R P.372 لأن إمكانية تطبيقها تقتصر على المسافات من البيئة الداخلية حيث يمكن تقريب تجميع المصادر الفردية إلى الضوضاء الغوسية. وبالتالي، ينبغي عدم استخدام قيم الضوضاء الاصطناعية من التوصية ITU-R P.372 في أي تحليل للتوافق، سواء عندما يكون هوائي الاستقبال الخاص بالخدمة المتأثرة موجوداً في الداخل (مثل المستقبلات المحمولة ذات الهوائيات المدمجة) أو عندما يكون هوائي الاستقبال الخاص بالخدمة المتأثرة قريباً من مصادر الضوضاء داخل مبنى مجاور. ومع ذلك، هناك قياسات ضوضاء تنص على أن بعض هوائيات خدمة الهواة قد تكون قريبة بمسافة تبلغ 10 أمتار من الجدار الخارجي لمبنى يحتوي على إرسال الطاقة لاسلكياً [1].

وينبغي التعامل بحذر مع الاستنتاجات المستخلصة بشأن تأثير التداخل الناجم عن إرسال الطاقة لاسلكياً عندما يكون هوائي الخدمة الراديوية قريباً من مبنى لأنها قد تكون غير صالحة. وينبغي عدم تطبيق قيم الضوضاء الاصطناعية الواردة في التوصية ITU-R P.372 على تحليل مستقبلات الخدمة الراديوية الموجودة في الداخل.

إن الوضع الذي تواجهه هوائيات الخدمة الراديوية بالقرب من المبنى التالي ليس واضحاً جداً. والقيمة المتوسطة للضوضاء في الداخل أعلى بشكل عام من القيمة خارج المباني ولكن التباين بشكل عام أكبر بكثير [2]. وللجدار الخارجي تأثير محدود فقط لأنه لا يوجد سوى توهين محدود بسبب مواد البناء في المجال القريب، وبالتالي فإن المجال الخارجي يعتمد إلى حد كبير على توزيع المجال الداخلي.

وفيما يتعلق بالحالة التي يوجد فيها كل من المتأثر بالتداخل والمسبب له في الداخل، تتضمن التوصية ITU-R P.372 بعض المعلومات المحدودة عن شبكات الضوضاء الغوسية البيضاء الاصطناعية في الداخل، على الرغم من أن ذلك لا يمتد إلى الترددات التي تقل عن 200 MHz، فإن المعلومات الإضافية عن مستوى الضوضاء داخل المباني (المساكن أو مباني المكاتب) محدودة جداً أيضاً. وأشارت حملة قياس أجريت في إسبانيا [2] إلى أن متوسط مستويات الضوضاء في المباني أعلى بكثير مما تتوقعه التوصية ITU-R P.372 (المدينة)، مثل 30-35 dB عند 1,9 MHz، على الرغم من أن التباين حول القيمة المتوسطة كبير أيضاً. وتقر التوصية ITU-R SM.2093 بأن مستويات الضوضاء المستمدة من النسخة الحالية من التوصية ITU-R P.372 ليس لها معنى يذكر في البيئات الداخلية وأن المزيد من العمل جار لمراجعة التوصية ITU-R P.372 مع اعتماد سرد أكثر تفصيلاً للضوضاء

الاصطناعية في الأماكن المغلقة. ومع ذلك، لا يعرف سوى القليل حتى الآن، إذ لا توجد نتائج قياس موثقة أُخذت عقب التوصية ITU-R SM.2093.

وتشكل توصيلات خدمة الخط الرقمي للمشترك (DSL) واتصالات خطوط الطاقة عاملين للضوضاء لم يكونا موجودين عند ضبط خطوط الانحدار الحالية في التوصية ITU-R P.372. وتظهر الانبعاثات من خدمة الخط الرقمي للمشترك التي تستخدم مخطط الإرسال متعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) كضوضاء غاوسية بيضاء إضافية لمستقبلات الخدمة الراديوية. وتستخدم الانبعاثات من اتصالات خطوط الطاقة أيضاً مخطط الإرسال متعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد، ولكنها نشطة فقط عند إرسال حزم البيانات مما يجعل التداخل أشبه بالضوضاء النبضية. وبالإضافة إلى ذلك، عادةً ما تكون اتصالات خطوط الطاقة محززة في أجزاء من الطيف (مثل خدمة الهواة أو نطاقات الخدمة الإذاعية)، ومن ثم قد لا تضيف كثيراً إلى المستويات القائمة في هذه النطاقات. ويمكن أن ينطبق الشيء نفسه على التكنولوجيات مثل VDSL وGfast.

وأشارت القياسات التي أجريت مؤخراً في هولندا [1] و[3] إلى أن مستوى الضوضاء الفعلي في بعض المواقع أعلى بنحو 10 dB مما تنص عليه التوصية ITU-R P.372. وعلاوةً على ذلك، تمت المراعاة، بشكل صريح، للمسافات الواقعية بين المباني حيث توجد معظم مصادر الضوضاء ونقطة القياس. وتؤكد هذه النتيجة العمل السابق الذي قام به Iwama [4].

6 دراسة أثر الأنظمة الحثيثة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة على الخدمات الإذاعية لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مديي التردد 100-148,5 kHz و315-405 kHz

قد يحدث التداخل مع الإذاعة بتشكيل الاتساع (AM) في سيناريوهات قريبة جدا مثل سيناريوهات الأماكن المغلقة، وينبغي أن يكون اختبار تداخل الإذاعة AM عالمياً، ولا يقتصر على الحالات التي يكون فيها للتداخل أقل تأثير.

ويبين الشكل 1 في التوصية ITU-R BS.560 أن أعلى قيمة لنسبة الحماية النسبية هي 16 dB تقريباً، ما يقابل تخالفات تردد تبلغ نحو 1.6 kHz. وعندما يكون تخالف التردد بين التوافقيات والإشارة الإذاعية بتشكيل الاتساع 1,6 kHz، قد تزداد مسافة الحماية.

وإذا أمكن اختيار التردد الأساسي لتكنولوجيا إرسال الطاقة لاسلكياً اللاحزمية العامل في مدى التردد 315-405 kHz وتثبيته ليكون من مضاعفات 9 kHz أو 10 kHz، فإن أي توافقيات ستقع على شبكة الترددات الإذاعية، والتي يمكن أن تكون إحدى استراتيجيات التخفيف.

1.6 الدراسة 1 للإذاعة بتشكيل الاتساع (AM) لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مدى التردد 100-148,5 kHz

تعمل الخدمة الإذاعية في مديات التردد التالية:

- الإقليم 1: 148,5-283,5 kHz و526,5-606,5 kHz 1 [3]
- الإقليم 2: 525-625 kHz 1 (يخضع للرقم **89.5** من لوائح الراديو)[4]
- الإقليم 3: 526,5-606,5 kHz 1[3].

[3] تخضع الخدمة الإذاعية للخطة الموضوعة بموجب اتفاق جنيف الإقليمي لعام 1975 في النطاق 148,5-283,5 kHz للإقليم 1 وفي النطاق 526,5-606,5 kHz 1 للإقليمين 1 و3 (جنيف، 1975).

[4] الرقم **89.5** من لوائح الراديو: يخضع استعمال النطاق 605-705 kHz 1 من جانب محطات الخدمة الإذاعية في الإقليم 2، للخطة التي وضعها المؤتمر الإداري الإقليمي للراديو (ريو دي جانيرو، 1988).

وقد أجري الاختبار باستخدام إرسال الطاقة لاسلكياً بواسطة المحاثة اللاحزمية في الأجهزة المتنقلة والمحمولة العاملة في مدى التردد 100-148,5 kHz. وأجري الاختبار باستخدام القناة 810 kHz وهي التوافقية السابعة لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة العاملة. والقناة 810 kHz هي أكثر القنوات استيفاءً لاشتراطات الحد الأدنى لشدة الإشارة بالنسبة للإذاعة بتشكيل الاتساع في الولايات المتحدة الأمريكية.

1.1.6 تشكيلة الاختبار

تستخدم هذه الدراسة بيانات تم جمعها من خلال اختبار أجري في قائمة اختبار مؤمنة طول ضلعها 3 m. وقد تم اختبار ثمانية شواحن لأجهزة متنقلة حثية متوفرة تجارياً إزاء التداخل على مستقبلين للإذاعة بتشكيل الاتساع من تلك المتوفرة تجارياً. واستخدم في السيناريو المجمع خمسة أجهزة من أجهزة الشحن المتنقلة الثمانية لشحن الأجهزة آنياً.

وتم اختبار شدة المجال باستخدام هوائي حلقي مصفح. وتم القياس في حالتي الأجهزة المجمعة والجهاز الوحيد إزاء جهازي الراديو AM. وتعرض تشكيلة الجهاز الوحيد في الشكل 3.

الشكل 3

تشكيلة معمل الاختبار لحالة الجهاز الوحيد

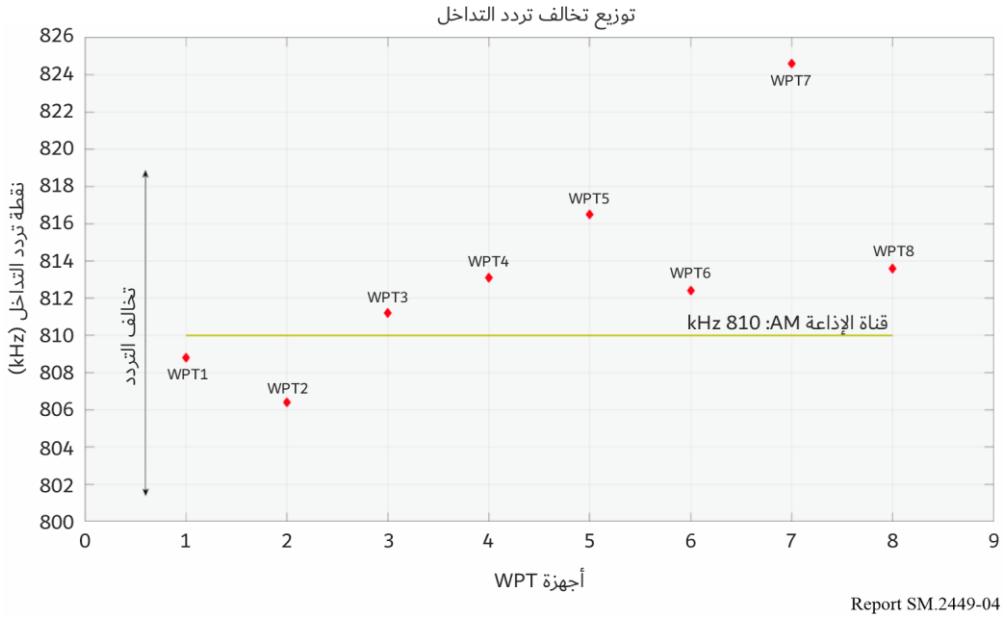
Report SM.2449-03

2.1.6 الاختبار السمعي الشخصي (جهاز واحد ومجموعة أجهزة)

يبين القسم بيانات ونتائج الاختبار السمعي الشخصي. ويبين الشكل 4 أن جميع التوافقيات السابعة لأجهزة الشحن اللاسلكية تقع داخل مدى تخالف تردد يتراوح بين –4 kHz و+14,6 kHz تقريباً. وبالنسبة للسيناريو المجمع، توضع أجهزة الشحن اللاسلكية على مسافة 0,6 m تقريباً من بعضها البعض حول مستقبل الإذاعية AM.

الشكل 4

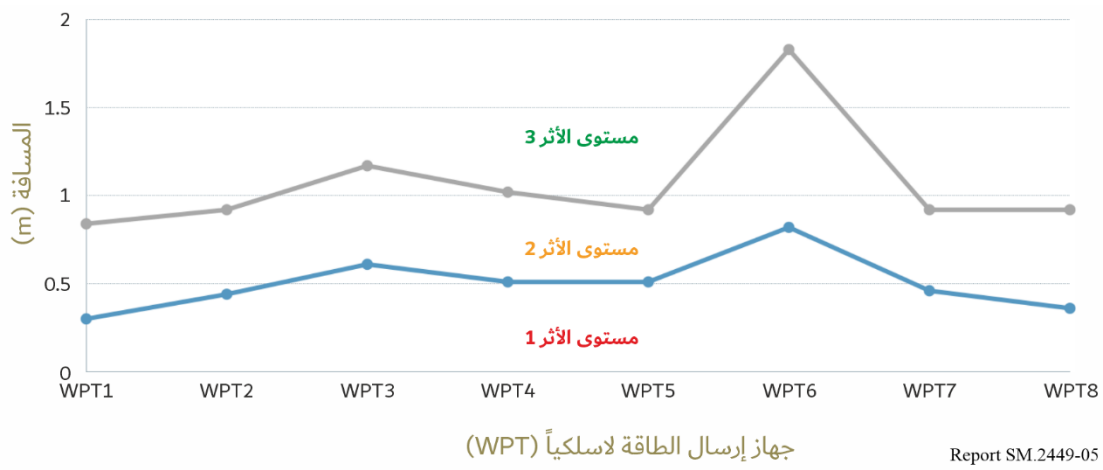
توزيع تردد التوافقية السابعة من أجهزة الشحن اللاسلكية



ويلخص الأثر المقاس على مستقبلي الإذاعية (AM1 وAM2) من كل جهاز شحن لاسلكي في الأشكال والجداول التالية. وتستخدم الأشكال ثلاثة مستويات للأثر (انظر الجدول 4) من أجل تقدير مستوى الضوضاء السمعية التي يسببها كل جهاز شحن لاسلكي على مستقبلي الإذاعة AM وذلك لعمل رسم بياني للتداخل السمعي الأفضل والأسوأ، بحيث يكون المستوى 1 هو المستوى غير المقبول والمستوى 3 هو المستوى المسموع. ويقل مستوى الأثر مع زيادة المسافة بين جهاز الشحن اللاسلكي ومستقبل الإذاعة AM.

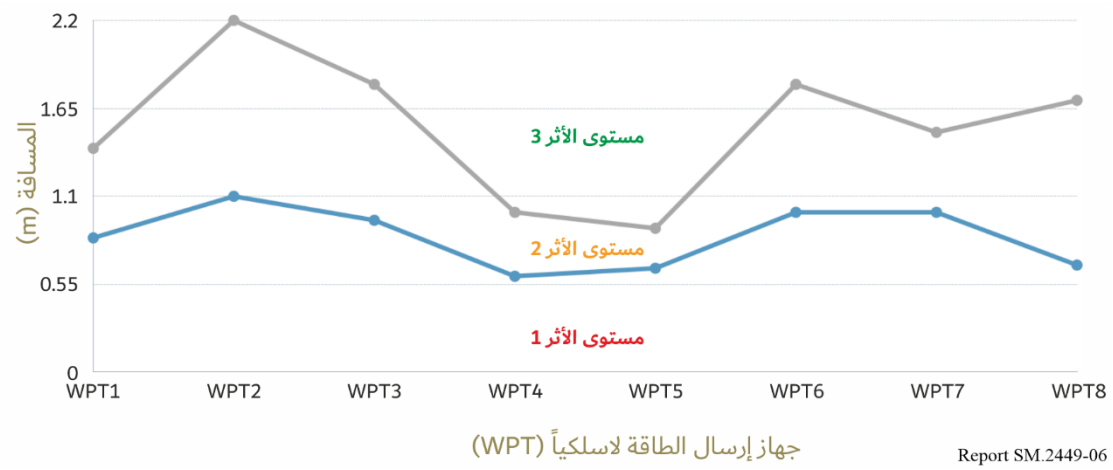
الشكل 5

ملخص الاختبار السمعي الشخصي للمستقبل AM1



الشكل 6

ملخص الاختبار السمعي الشخصي للمستقبل AM2



الجدول 4

وصف مستويات الأثر

مستوى الأثر	التعريف
1	ضوضاء غير مقبولة
2	ضوضاء مسموعة ولكن مقبولة
3	ضوضاء غير مسموعة

ويلخص الجدولان 5 و6 نتائج بيانات حالة الجهاز الوحيد مع المستقبلين AM1 وAM2. ويبين العمودان أقصى اليمين المسافات القابلة للشكلين 5 و6 أعلاه. وبالنسبة للمستقبل AM1، إذا وضع جهاز الشحن اللاسلكي على مسافة أبعد من 1,83 m، لن يكون هناك تداخل مسموع. وكذلك، بالنسبة للمستقبل AM2، فإن وضع جهاز الشحن اللاسلكي على مسافة أبعد من 1,8 m يقضي على التداخل المسموع.

الجدول 5

ملخص الاختبار السمعي الشخصي للمستقبل AM1 من جهاز وحيد

(أ)	(ب)	(ج)	(د)	(هـ)	(و)	(ز)	(ح)
نوع جهاز الشحن اللاسلكي	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة m 3**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة m 10**	**شدة إشارة الإذاعة السمعية AM (dBµA/m) (القناة kHz 810) (الإشارة المطلوبة)**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) عند حدود المستوى 3/2 الملاحظة 1**	**نسبة الإشارة المطلوبة إلى التداخل C/I (dB) الملاحظة 2**	**الحد بين المستويين 1 و2 (m)**	**الحد بين المستويين 2 و3 (m)**
WPT1	22,06–	53,36–	2,85	11,1	8,25–	0,3	0,84
WPT2	27,11–	58,41–	2,85	3,7	0,85–	0,44	0,92
WPT3	12,65–	43,95–	2,85	11,9	9,05–	0,61	1,17

الجدول 5 (*تتمة*)

(أ)	(ب)	(ج)	(د)	(هـ)	(و)	(ز)	(ح)
نوع جهاز الشحن اللاسلكي	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 3 m**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 10 m**	**شدة إشارة الإذاعة السمعية AM (dBµA/m) (القناة 810 kHz) (الإشارة المطلوبة)**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) عند حدود المستوى 3/2 الملاحظة 1**	**نسبة الإشارة المطلوبة إلى التداخل C/I (dB) الملاحظة 2**	**الحد بين المستويين 1 و2 (m)**	**الحد بين المستويين 2 و3 (m)**
WPT4	29,74–	61,04–	2,85	1,6	1,25	0,51	1,02
WPT5	16,02–	47,32–	2,85	14,78	11,93–	0,51	0,92
WPT6	28,8–	60,1–	2,85	15,9	18,75	0,82	1,83
WPT7	7.04–	38.34–	2.85	3.7	0.85–	0.46	0.92
WPT8	29.88–	61.18–	2.85	3.7	0.85–	0.36	0.92

ملاحظات على الجدول 5:

الملاحظة 1: هذا هو مستوى الانبعاثات المحسوب عند النقطة الحدية بين المستوى 2 والمستوى 3 من التدهور الذاتي استناداً إلى δ توهين في المجال القريب. والصيغة هي $\delta = 60 \log (d1 / d2)$ حيث d1 تساوي 3 m، وd2 هي نقطة الحد المعلنة بين المستويين 2 و3 (العمود (ز)) وδ هو عامل الضبط بوحدات dB للتعويض عن التغيير في مسافة القياس. وبعد ذلك يضاف عامل التعديل هذا إلى مستوى الانبعاثات في العمود (ب).

الملاحظة 2: عندما تظهر الأرقام بالخط العريض، تكون الإشارة المتداخلة أكبر من إشارة الإذاعة المطلوبة.

الجدول 6

ملخص الاختبار السمعي الشخصي للمستقبل AM2 من جهاز وحيد

(أ)	(ب)	(ج)	(د)	(هـ)	(و)	(ز)	(ح)
نوع جهاز الشحن اللاسلكي	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 3 m**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 10 m**	**شدة إشارة الإذاعة السمعية AM (dBµA/m) (القناة 810 kHz) (الإشارة المطلوبة)**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) عند حدود المستوى 3/2 الملاحظة 1**	**نسبة الإشارة المطلوبة إلى التداخل C/I (dB) الملاحظة 2**	**الحد بين المستويين 1 و2 (m)**	**الحد بين المستويين 2 و3 (m)**
WPT1	22,06–	53,36–	2,66	2,2–	4,86	0,84	1,4
WPT2	27,11–	58,41–	2,66	19–	21,66	1,1	2,2
WPT3	12,65–	43,95–	2,66	0,66	2	0,95	1,8
WPT4	29,74–	61,04–	2,66	1,1–	3,76	0,6	1
WPT5	16,02–	47,32–	2,66	15,35	12,69–	0,65	0,9
WPT6	28,8–	60,1–	2,66	15,5–	18,16	1	1,8
WPT7	7,04–	38,34–	2,66	11,0	8,34–	1	1,5
WPT8	29,88–	61,18–	2,66	15,1	12,44–	0,67	1,7

الملاحظة 1: هذا هو مستوى الانبعاثات المحسوب عند النقطة الحدية بين المستوى 2 والمستوى 3 من التدهور الذاتي استناداً إلى δ توهين في المجال القريب. والصيغة هي $\delta = 60 \log (d1 / d2)$ حيث d1 تساوي 3 m، وd2 هي نقطة الحد المعلنة بين المستويين 2 و3 (العمود (ز)) وδ هو عامل الضبط بوحدات dB للتعويض عن التغيير في مسافة القياس. وبعد ذلك يضاف عامل التعديل هذا إلى مستوى الانبعاثات في العمود (ب).

الملاحظة 2: عندما تظهر الأرقام بالخط العريض، تكون الإشارة المتداخلة أكبر من إشارة الإذاعة المطلوبة.

ويعرض الجدولان 7 و8 نتائج الاختبار المجمع. وتوضع أجهزة الشحن اللاسلكية الخمسة المستخدمة في هذا الاختبار على مسافة 0,6 m تقريباً من بعضها البعض حول المستقبل AM. وتبين النتائج المجمعة للمستقبل AM1 أن وضع أجهزة الشحن اللاسلكية على سافة أبعد من 2,2 m يمنع التداخل. وبالنسبة للمستقبل AM2، فإن وضع أجهزة الشحن اللاسلكية على مسافة أبعد من 2,3 m سيمنع التداخل المسموع على المستقبل.

الجدول 7

ملخص الاختبار السمعي الشخصي للمستقبل AM1 من مجموعة أجهزة

(أ)	(ب)	(ج)	(د)	(هـ)	(و)	(ز)
نوع جهاز الشحن اللاسلكي	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 3 m**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 10 m**	**شدة إشارة الإذاعة السمعية AM (dBµA/m) (القناة 810 kHz) (الإشارة المطلوبة)**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) عند حدود المستوى 2/3 الملاحظة 1**	**الحد بين المستويين 1 و2 (m)**	**الحد بين المستويين 2 و3 (m)**
WPT1	12,65–	43,95–	2,66	4,5–	1,2	2,2
WPT2	29,74–	61,04–	2,66	21,6–		
WPT3	28,8–	60,1–	2,66	20–		
WPT4	7,04–	38,34–	2,66	1,8+		
WPT5	29,88–	61,18–	2,66	21,9–		

الجدول 8

ملخص الاختبار السمعي الشخصي للمستقبل AM2 من مجموعة أجهزة

(أ)	(ب)	(ج)	(د)	(هـ)	(و)	(ز)
نوع جهاز الشحن اللاسلكي	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 3 m**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) على مسافة 10 m**	**شدة إشارة الإذاعة السمعية AM (dBµA/m) (القناة 810 kHz) (الإشارة المطلوبة)**	**شدة مجال التوافقية السابعة (dBµA/m) عند حدود المستوى 3/2 الملاحظة 1**	**الحد بين المستويين 1 و2 (m)**	**الحد بين المستويين 2 و3 (m)**
WPT1	12,65–	**43,95–**	2,66	5,7–	**1,1**	**2,3**
WPT2	29,74–	**61,04–**	2,66	22,84–		
WPT3	28,8–	**60,1–**	2,66	21,9–		
WPT4	7,04–	**38,34–**	2,66	0,15–		
WPT5	29,88–	**61,18–**	2,66	23,0–		

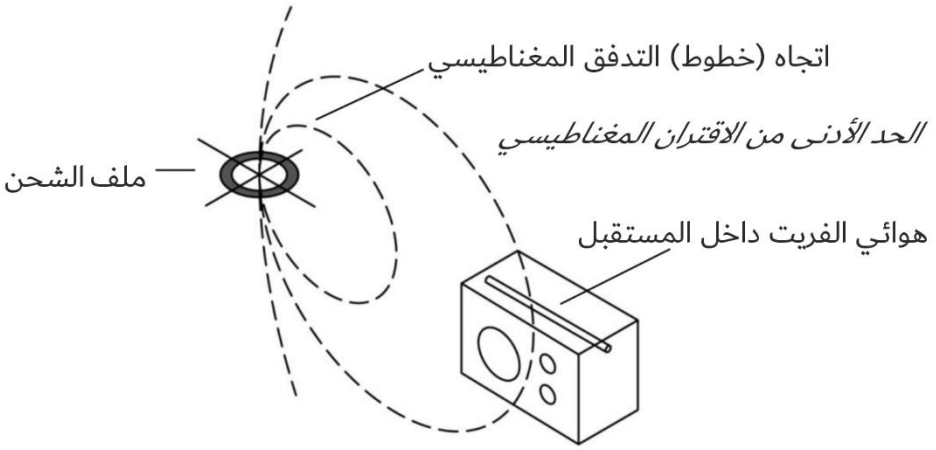
وتشير المسافات الحدودية المرصودة إلى وجود عامل مخفف لأن إشارة التداخل المقاسة تتجاوز، عند إعادة حسابها عند النقطة التي أجريت فيها اختبارات الاستماع، الإشارة المطلوبة في بعض الحالات. وينبغي التعامل مع نتائج هذه الدراسة بحذر. وهناك حاجة إلى مزيد من الدراسة لشرح النتائج.

التفسير المحتمل:

تشير النتائج الواردة في الجدولين 7 و8 إلى أن المستقبل أقل حساسية بكثير للتداخل الوارد مما هو متوقع. وهناك عدد من الأسباب التي قد تجعل هذا الأمر ممكناً، ومن أهمها درجة الاقتران بين الحادث المبلغ عنه وهوائي المستقبلات.

وتستخدم جميع أجهزة الاستقبال الراديوية المحمولة تقريباً هوائيات قضبان الفريت الحساسة مغناطيسياً للاستقبال الإذاعي LF وMF وAM. وغالباً ما تتميز هذه المستقبلات أيضاً بهوائي "سوطي" تلسكوبي حساس كهربائياً، ولكن هذا سيكون لاستقبال التردد الأعلى HF وVHF (FM). وعادةً ما يتم تركيب هوائي الفريت أفقياً داخل جهاز الاستقبال كما هو موضح في الشكل 1. وكما هو مذكور، فإن هوائيات الفريت حساسة للمجالات المغناطيسية مع حدوث أقصى حساسية عندما تكون خطوط التدفق المغناطيسي موازية لمحور قضيب الفريت. إن هوائيات الفريت اتجاهية بسبب هندستها مع حساسية صفرية حادة عندما تكون "قريبة جداً" من اتجاه الإشارة الواردة. ومن الممارسات الشائعة للمستمعين توجيه المستقبل بحيث يكون اتجاه الإشارة الواردة بزوايا قائمة على محور قضيب الفريت لتحسين الحساسية وبالتالي جودة الإشارة. ويوضح الشكل 7 طوبولوجيا يتم فيها تقليل احتمال التداخل لملف شحن لإرسال الطاقة لاسلكياً. ويمكن ملاحظة أن هذا الأمر مشابه جدا للطوبولوجيا الموضحة في الشكل 3. ويكون ملف الشحن أفقي. ويتم توجيه جهاز الاستقبال بحيث يتم العثور على شاحن لإرسال الطاقة لاسلكياً في اتجاه الحد الأدنى من الحساسية وتكون خطوط التدفق المغناطيسي متعامدة مع هوائي الفريت. وفي هذا التكوين يتم تقليل تأثير مسبب التداخل بشكل كبير.

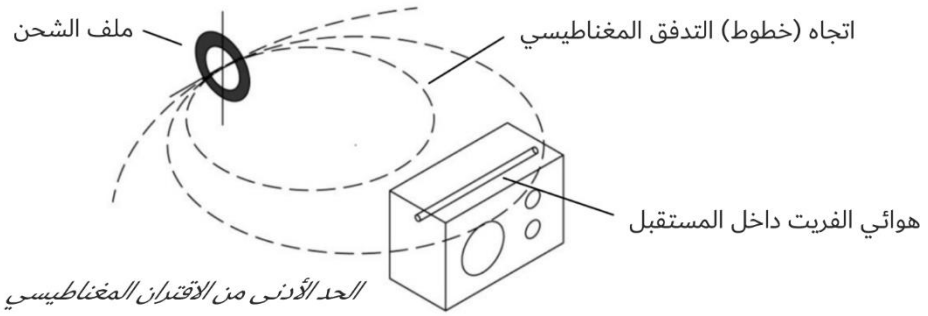
الشكل 7



Report SM.2449-07

وسيزداد الاقتران المغنطيسي، من خلال تدوير المستقبل عبر 90 درجة أفقياً، وتحويل ملف الشحن عبر 90 درجة عمودياً، كما هو مبين في الشكل 8، وبالتالي سيشهد مستوى التداخل زيادةً كبيرةً؛ وسيبلغ أقصاه في الواقع. وسيكون اتجاه التدفق المغناطيسي داخل المستقبل موازياً لمحور هوائي الفريت.

الشكل 8



Report SM.2449-08

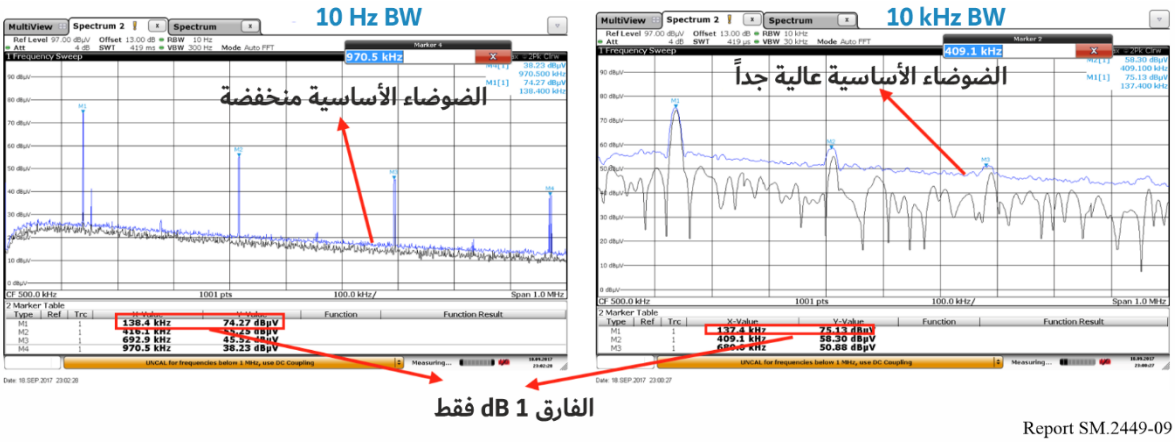
وفي ظل وجود قدرة على تحريك وتدوير كل من ملف الشحن والمستقبل في مساحة ثلاثية الأبعاد، فإن هناك مجالاً للاقتران المغناطيسي بين الملف والمستقبل ليكون أي شيء بين الحد الأقصى، مع وجود الاحتمال المتمثل في عدم الوجود إطلاقاً.

3.1.6 التقدير الكمي لشدة المجال المفتوح لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة والمستقبلات AM

يعرض الشكل 9 قيم ضبط عرض النطاق لقياسات توافقيات أنظمة إرسال الطاقة لاسلكياً والمسوغ المرئي لاستعمال عرض النطاق البالغ 10 Hz. وكما يتبين من الشكل، لا يزيد الفارق عن عرض النطاق 10 Hz وعرض النطاق 10 Hz عن 1 dB، ولكنه يقلل من الضوضاء الأساسية بصورة كبيرة جداً. وإلى جانب ذلك، يتفق استعمال عرض النطاق 10 Hz أكثر مع خصائص إشارة إرسال الطاقة لاسلكياً، حيث إن هذه الإشارة تشابه موجة جيبية وبالتالي، لا تؤثر في عرض النطاق إلا بالقدر اليسير. ويمكن التغيير إلى عرض النطاق 10 Hz من فهم المطلوب لإجراء القياسات بشكل أفضل.

الشكل 9

مسوغات عرض النطاق

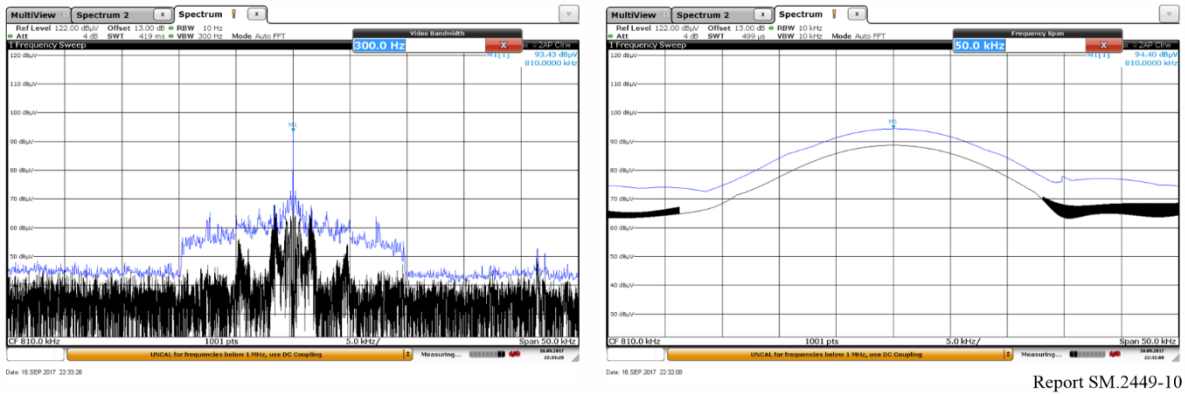


Report SM.2449-09

وتعرض قيم ضبط عرض النطاق للمستقبل AM في الشكل 10. ولما كان الفارق 1 dB، فإن عرض النطاق 10 Hz يستعمل أيضاً من أجل المستقبلات AM.

الشكل 10

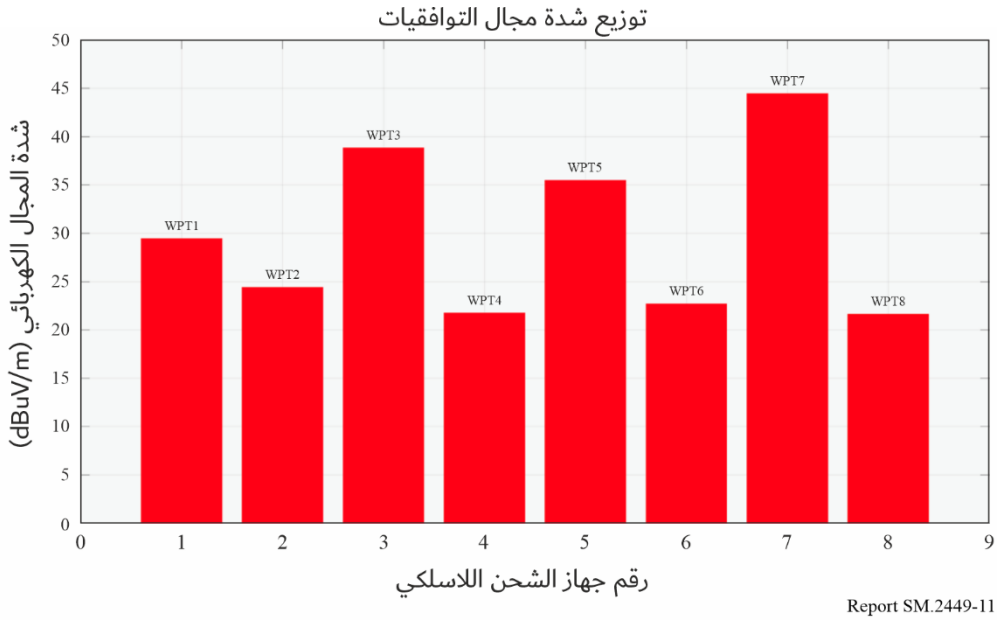
قيم عرض النطاق للمستقبل AM



Report SM.2449-10

الشكل 11

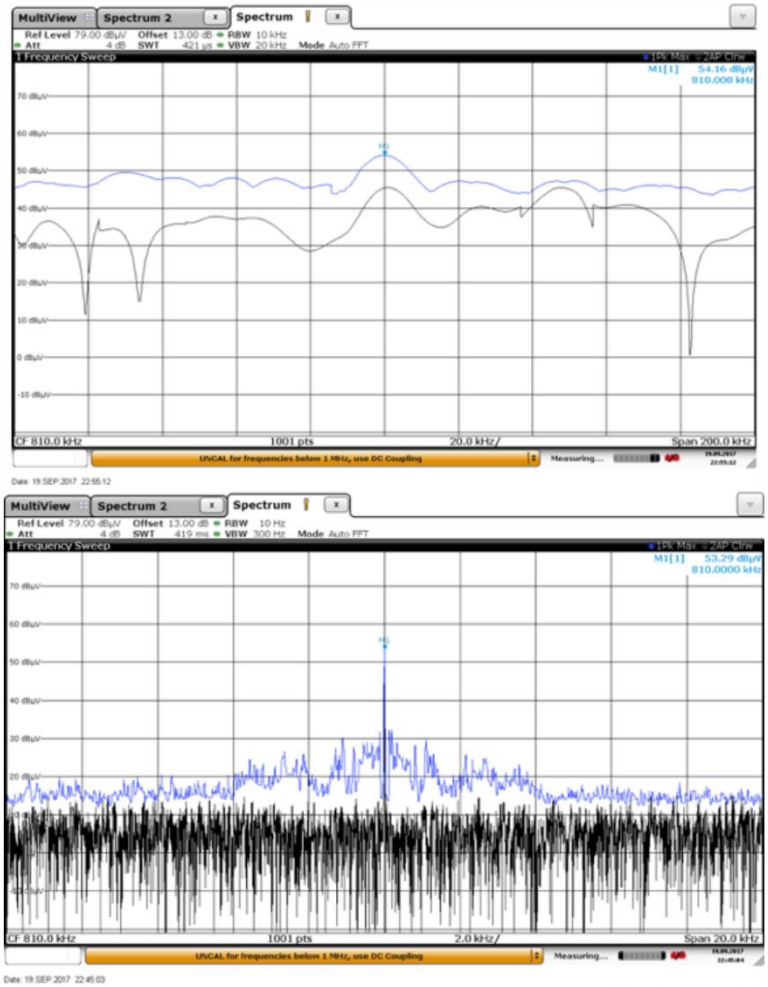
قياس شدة مجال التوافقية السابعة على مسافة 3 m



Report SM.2449-11

الشكل 12

شدة إشارة الإذاعة الراديوية AM، 54,16 dBµV/m (0,5 mV/m = 54 dBµV/m)



Report SM.2449-12

4.1.6 ملخص نتائج الاختبارات

تبين نتائج الاختبارات المعملية الملخصة في الجدول 9 أنه لا بد من وجود مسافة فصل مقدارها 2,3 m كحد أدنى لمنع التداخل المسموع على مستقبلات الإذاعة AM لاختبار التوافقية السابعة لأجهزة الشحن الخثية. ونظراً إلى أن أي جهاز متنقل يستعمل عادة في المكاتب والمنازل، فإن هذه المسافة يمكن تحقيقها وبالتالي ترى الدراسة أن الأثر على الخدمة الإذاعية مهمل.

الجدول 9

ملخص التجارب

مستقبل الإذاعة الصوتية AM	شدة إشارة الإذاعة الصوتية AM (dBµV/m) (المستهدف: 500 µV/m، 54 dBµV/m)	أثر مصدر وحيد في الحالة الأسوأ، 8 أجهزة شحن لاسلكية يختبر كل منها على حدة	الأثر المجمع في الحالة الأسوأ، 5 أجهزة لإرسال الطاقة لاسلكياً تعمل في آن واحد، على مسافة 0,6 m من بعضها البعض
AM1	54,35	<0,82 m، الضوضاء غير مقبولة <1,83 m، الضوضاء غير مسموعة	<1,2 m، الضوضاء غير مقبولة <2,2 m، الضوضاء غير مسموعة
AM2	54,16	<1,1 m، الضوضاء غير مقبولة <2,2 m، الضوضاء غير مسموعة	<1,1 m، الضوضاء غير مقبولة <2,3 m، الضوضاء غير مسموعة

وتشير هذه النتائج إلى وجود عامل مخفف لأن إشارة التداخل المقاسة تتجاوز، عند إعادة حسابها عند النقطة التي أجريت فيها اختبارات الاستماع، الإشارة المطلوبة في بعض الحالات. وينبغي التعامل مع نتائج هذه الدراسة بحذر. وهناك حاجة إلى مزيد من الدراسة لشرح النتائج.

2.6 الدراسة 2 للإذاعة AM بالنسبة إلى أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في مدى التردد 100-148,5 kHz

1.2.6 ملاحظات عامة

أجري في الأساس عدد قليل من الاختبارات الشخصية باستخدام جهاز شحن هاتف مجهل تماماً ومحاكي هاتف متنقل كحمل صناعي وهاتف ذكي.

كان واضحاً من البداية أن التكرار سيكون معضلة رئيسية. وكان من الصعوبة بمكان أيضاً شرح المشاهدات. وكان خرج جهاز الشحن يعتمد بشكل كبير على الموقع الفعلي للحمل (أو الهاتف) بالنسبة لجهاز الشحن وموقعه الفعلي من المستقبل واتجاهه. ليس فقط تردد التشغيل هو الذي يتغير بتغير هذه المعلمات، ولكن أيضاً طبيعة التداخل. وبوجه عام، يبدو أن "الخرج" يكون موجة مربعة نبضية ومرشحة (افتراضياً) بتردد متغير حتى ولو تم تثبيت الحمل بصرامة في مكان واحد بالنسبة لجهاز الشحن. وحتى في حالة عدم وجود توافقيات في "القناة" المؤلف عليها المستقبل[5]، قد تسمع تمورات تبديل قوية بشكل واضح في بعض الأحيان[6] (عند معدل تكرار النبضية عبر نطاق الترددات المتوسطة (MF). وعلاوةً على اعتماده إلى حد ما على الموقع الفعلي لجهاز الشحن بالنسبة إلى المستقبل، فإن الأثر الكلي يعتمد بوضوح على الاستقطاب النسبي (المفترض) لجهاز الشحن؛ ويمكن إزالة أثر التداخل بشكل أو بآخر بالتنظيم الدقيق. وفي حين كان يمكن توقع تأثيرات الموقع والاستقطاب، لم تكن هذه هي الحالة دائماً، وفي حالات كهذه كان من الصعب التفسير. وتشير عوامل التغير وعدم الاستقرار العامة للتشكيلية ككل إلى أنه ربما قد يكون من الصعب إجراء قياسات ذات مغزى.

ويختلف أداء جهاز الشحن عند شحن هاتف كثيراً عن الأداء مع الحمل الصناعي. ومن غير الواضح مدى اعتماد التغايرات على حالة شحن بطارية الهاتف. وكان الهاتف يشير على أنه مشحون بالكامل تقريباً إلى حد كبير.

ومع عدم وجود هواتف على جهاز الشحن، حالة "عدم التحميل" فعلياً، تنبعث نبضة بصورة متقطعة وبشكر متكرر إلى حد ما – كشكل من أسئلة "هل أنت هناك" لأي هاتف قد يكون على جهاز الشحن أو قريباً منه للبدء في تتابع شحن. وحتى في حالة عدم وجود هواتف على جهاز الشحن، فإن هذه النبضات تسمع بوضوح على أي مستقبل قريب.

ويبين التقييم الشخصي أنه باستخدام توليفة حمل مكون من ملفات وإشارة واردة مطلوبة مولدة اصطناعياً[7] بقيمة +18,5 dBμA/m (تعادل 70 dBμV/m – 10 dB فوق الحساسية الدنيا للمستقبل الموصوفة في التوصية ITU-R BS.703)، يمكن لمصدر التداخل الموجود على مسافة 2 m أن يكون غير مسموع بشكل أو بآخر ويمكن أن يكون مزعجاً إلى حد كبير بتغيير الاتجاه و/أو الموقع الفعلي لجهاز الشحن. ويحدث ذلك بوضوح عند قيم النتائج الواردة في الجدولين 5 و6 بهذا التقرير، مع الإشارة إلى أن الأثر في جميع أجهزة الشحن المختبرة يكون غير مسموع عندما تصل المسافة إلى 2 m (تكون أقل من هذه القيمة بكثير في بعض الأحيان) وتكون شدة الإشارة الواردة (المطلوبة) أقل بمقدار 16 dB.

2.2.6 ترتيبات الاختبار

أجري الاختبار في غرفة معزولة بأبعاد أقل قليلاً من 4 m طولاً. وقد فرض ذلك بعض التقييدات على الاختبارات، حيث لم يتسن في الغالب تحقيق مسافة فصل بين المستقبل وجهاز الشحن أطول من 2 m كحد أقصى. وتعرض التشكيلة المادية في الشكلين 13 و14.

---

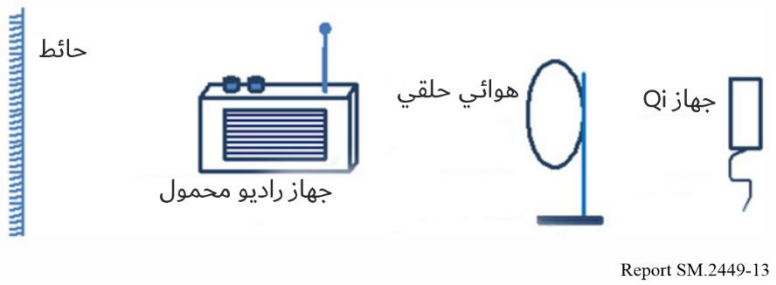
[5] يمكن لتغييرات طفيفة جداً في موقع الحمل بالنسبة إلى جهاز الشحن التسبب في قفز التوافقية على قناة مجاورة، وربما قناة أبعد.

[6] نكرر ثانية، تعتمد على موقع الحمل واتجاهه.

[7] أجري الاختبار في غرفة معزولة.

الشكل 13

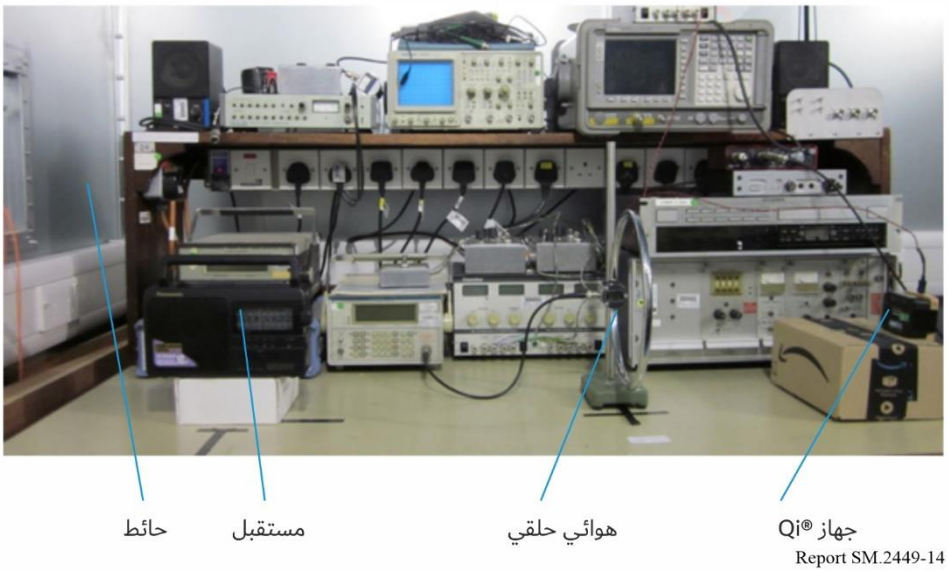
تشكيلة الاختبار (مخطط)



Report SM.2449-13

الشكل 14

تشكيلة الاختبار (صورة فوتوغرافية)



Report SM.2449-14

تم وضع الهوائي الفريتي في المستقبل وجهاز الشحن بحيث يكونان على المحور العمودي للهوائي الحلقي. ولأغراض الاختبارات، وضع المستقبل على مسافة 0,5 m من الحائط والهوائي الحلقي على مسافة 1,0 m وجهاز الشحن على مسافة 1,2 m.

واستخدم الهوائي الحلقي لتوليد إشارة محاكاة إذاعية. ومحاكاة الإشارة الإذاعية بهذه الطريقة يتيح مزايا أكثر من استخدام إشارة خارج الأثير.

ويمكن التحكم في مستوى الإشارة عند المستقبل بدقة.

ويمكن التحكم في تردد التشغيل بدقة؛ ولا يسمح هذا الأمر فقط بمواءمة تردد توليف المستقبل مع جهاز الشحن، ولكنه يعني أيضاً أن التوافقيات المختلفة لجهاز الشحن التي ستؤثر على ترددات الموجات الحاملة المختلفة (قنوات إذاعة مختلفة) يمكن تحليلها.

ملاحظة – يمكن "توليف" المستقبل/يتسنى "توليف" المستقبل مع جهاز الشحن وليس أي شيء آخر.

ويمكن استعمال نفس العينات السمعية (كلام وموسيقى) في جميع الاختبارات بما يقضي على أي مصدر محتمل لعدم اليقين.

والقدرة على التحكم في مستوى الإشارة عند المستقبل تعني أيضاً انه يمكن محاكاة أثر تحريك جهاز الشحن بحيث يكون أقرب أو أبعد من المستقبل دون تحريكه فعلياً. وكما تم شرحه من قبل، تفرض أبعاد الغرفة المعزولة قيداً خطيراً على مسافة الفصل الفعلية التي يمكن تحقيقها. وقد روعيت آثار انعكاسات الحائط وتم أخذها في الاعتبار، عند الاقتضاء (انظر الفقرة 1.6.2.6). ونظراً إلى

علاقة قانون التكعيب العكسي بين شدة المجال والمسافة، فإن زيادة بمقدار 18 dB في مستوى الإشارة المطلوبة (الإشارة الإذاعية) ستؤدي إلى مضاعفة مسافة الفصل بين المستقبل وجهاز الشحن. ومن الواضح أن المستقبل سيعمل بإشارة أقوى من 18 dB وأنه للحفاظ على نسبة الإشارة إلى ضوضاء السليمة للمستقبل، كان لا بد من حقن ضوضاء RF بقيمة 18 dB في المستقبل. وتيسر تحقيق ذلك بإضافة ضوضاء إلى الإشارة المطلوبة في الهوائي الحلقي.[8] وبهذه الطريقة، يمكن ضبط المسافة الفعلية بين المستقبل وجهاز الشحن على أي قيمة مرغوبة[9] وبالتالي خفض تأثير التداخل مع إمكانية قياس مسافة الفصل.

وضبطت زاوية جهاز الشحن للحصول على التأثير الأقصى على المستقبل (الحالة الأسوأ) وتوفير الاقتران الأقصى لملفات البحث. والاقتران الأدنى لجهاز الشحن تجاه المستقبل – مع عدم القدرة على سماع التداخل تقريباً في كثير من الحالات – يحدث عند إمالة توليفة الحمل الخاصة بجهاز الشحن بزاوية 10° تقريباً من الاتجاه الأفقي مع ابتعاد الحمل عن المستقبل. وتشير هندسة هذا الوضع إلى أن الاقتران الأدنى سيحدث عندما يكون ملف جهاز الشحن أفقياً لأن المجال المسبب للتداخل سيتطابق مع الحساسية الدنيا للهوائي الفريتي (على زوايا قائمة من الحساسية القصوى). وعملياً، يعتمد اتجاه الحساسية الدنيا على الموقع الفعلي للحمل على جهاز الشحن. ومن الواضح أنه يعتمد أيضاً على الإزاحة الرأسية والجانبية لجهاز الشحن من محور الهوائي الفريتي. والحساسية الدنيا حادة وواضحة بينما الحساسية القصوى أقل قيمة تحديداً. والاستجابة القطبية ’cos θ‘ لملف الشحن ستولد قيمة صفرية حادة كلحد أدنى وقائمة أوسع من القيم للحد الأقصى.

3.2.6 قياسات أداء المستقبل

ترد في التوصية ITU-R BS.703 "خصائص المستقبلات المرجعية للإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع لأغراض التخطيط". وفيما يلي المعلمات ذات الصلة:

– استجابة التشكيل السمعي (التردد) –3 dB عند 2 kHz و–24 dB عند 5 kHz

– النسبة *S/N* للإشارة الصوتية مع شدة المجال 60 dB dBµV/m تشكيل 26 dB قي مة مرجعية غير مرجحة مع 30%.

وكان في المتناول مستقبلان محمولان، المستقبل 1 والمستقبل 2 وتم قياسهما لتحديد إلى أي مدى هما متطابقان مع المستقبل المرجعي. وكان المستقبل 1 من ثمانينات القرن الماضي بتوليف باستخدام أزرار الكيس مع إطار خشبي. وكان المستقبل 2 أحدث من سابقه؛ ليس باهظ الثمن ولكن يتسم بأداء معقول. وتعرض النتائج في الشكلين 15 و16 – لاحظ تأثير ضوابط النغمات.

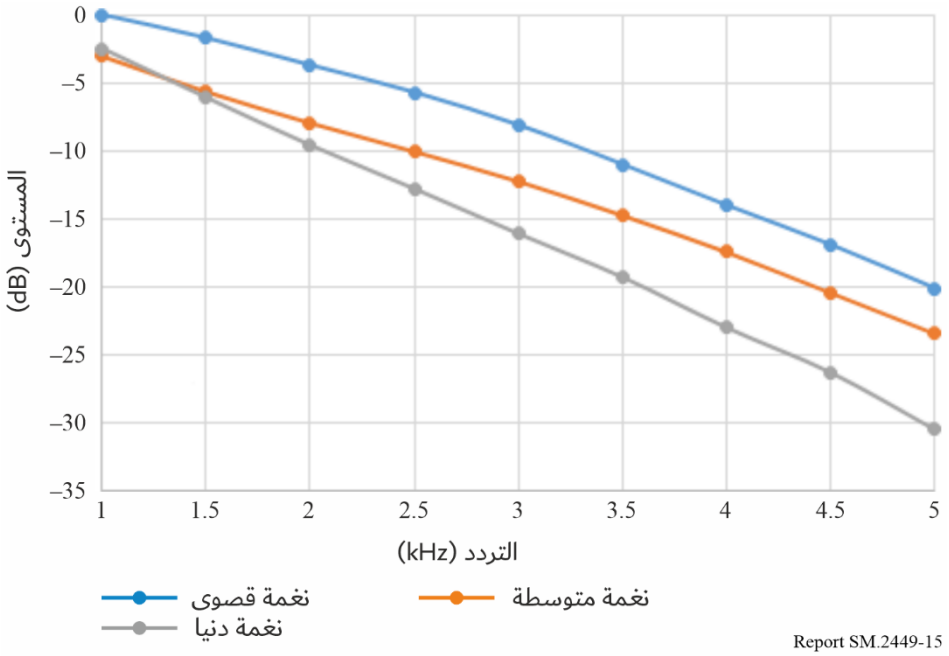
---

8 عملياً، تولد ضوضاء شبه عشوائية وتضاف إلى الإشارة السمعية في الحاسوب.

9 حتى النقطة التي يحدث عندها فرط حمل للحافة الأمامية للتردد RF في المستقبل من جراء شدة الإشارة الزائدة.

الشكل 15

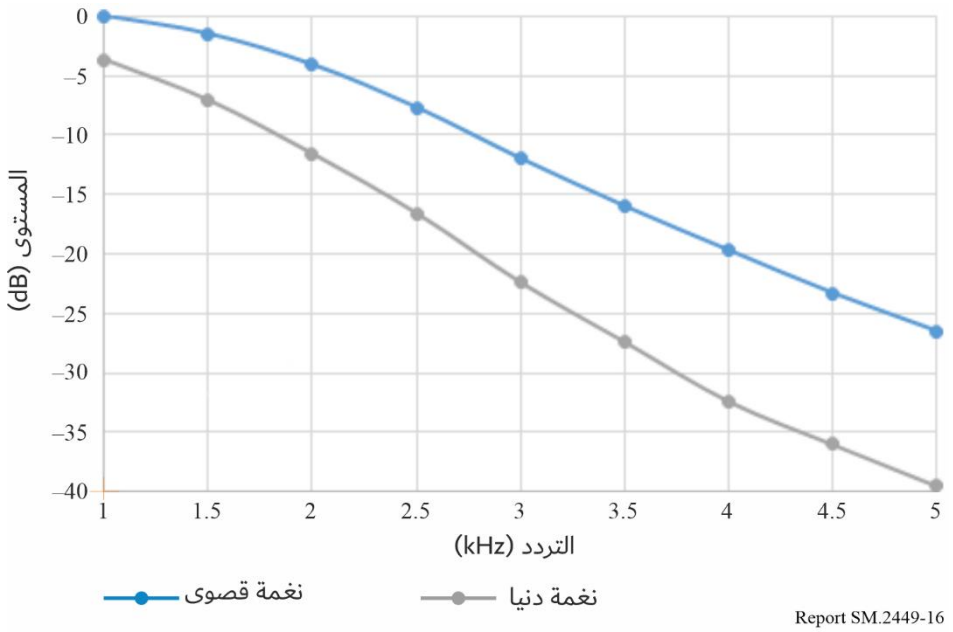
استجابة التشكيل للمستقبل 1



وسلوك التحكم في نغمة المستقبل 1 غريب إلى حد كبير، إذ يبدو أن له أثراً أكبر على المستوى الإجمالي منه على استجابة التردد العالي، والذي يتحدد بشكل كبير (افتراضياً) بالمرشحات IF. ولأغراض اختبارات التداخل، ينبغي ضبط قيمة التحكم على الحد الأقصى للحفاظ على الاستجابة عند المستوى المأمول تقريباً عند 2 kHz. والاستجابة عند 5 kHz أقل أهمية، نظراً إلى أن مصدر التداخل سيوضع عن قصد على فاصل ترددي مقداره 2 kHz تقريباً من الموجة الحاملة المطلوبة لتمثيل الحالة الأسوأ.

الشكل 16

استجابة التشكيل للمستقبل 2

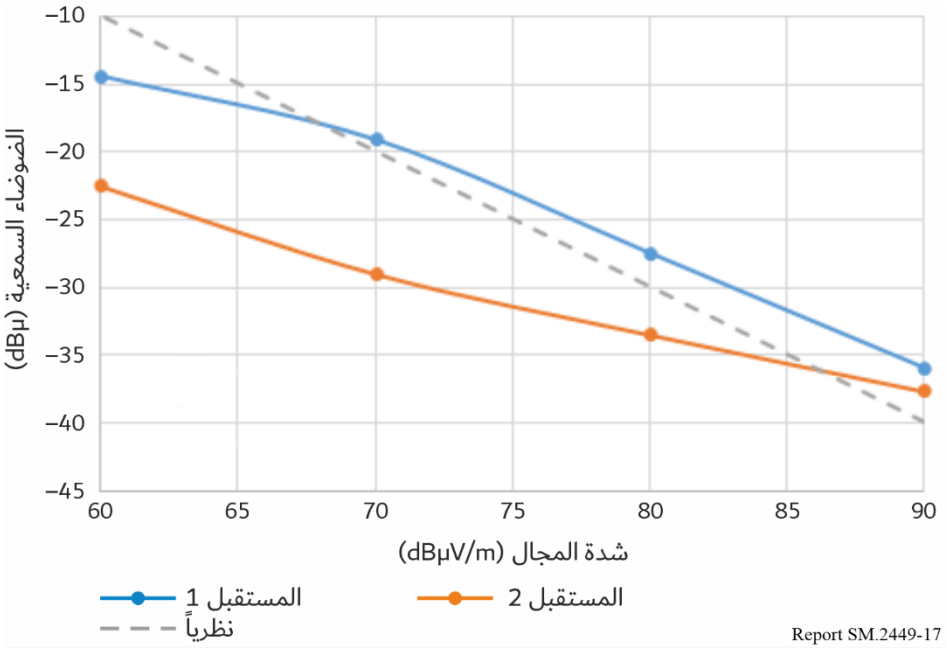


وسلوك التحكم في النغمة (المفتاح) حاد في الواقع. فمن الواضح أن أي اختبار ينبغي إجراؤه مع وضع المفتاح على الوضع "عالية" حيث لا يوجد وسط بين "العالية" و"المنخفضة" – حيث تتواءم استجابة التشكيل جيداً مع الاستجابة الخاصة بالمستقبل المرجعي للتوصية ITU-R BS.703.

وتقاس مستويات الضوضاء السمعية بدلالة شدة المجال ويعرض في الشكل 17 مخطط بياني لها.

الشكل 17

مستويات الضوضاء السمعية للمستقبلين



وترسم مستويات الضوضاء نسبة إلى عمق تشكيل AM مقداره 30%، كما تشترط التوصية ITU-R BS.703. ("الضوضاء السمعية" التي تبلغ قيمتها –30 dB تقابل قيمة قدرها 30 dB للنسبة *S/N*). ونظرياً، يتوقع أن تزيد النسبة *S/N* على خطوات قيمة كل منها 1 dB مع زيادة الإشارة المطلوبة، وذلك طبقاً للخط المتقطع في الشكل. وعملياً، تعطى الضوضاء "الداعمة عند الحافة الخلفية" (في المراحل الأخيرة للمستقبل) حداً علوياً، في حين يعمل التحكم الأوتوماتي في الكسب (AGC) عند مستويات الإشارة المنخفضة خارج المدى. وعند شدة إشارة قيمتها 60 dBµV/m، يبدو أن أداء المستقبل 1 أفضل مما هو متوقع. بيد أن هذا الأمر مثير للبس لأن مستوى الإشارة المطلوبة تعرض للانخفاض بسبب الضوضاء.

ولذلك، يبدو أن المستقبل 2 هو المستقبل الأفضل للاستخدام في الاختبار لأنه يتطابق أكثر مع المرجع الخاص بالتوصية ITU-R BS.703. فهو ينخفض بمقدار 5 dB في النسبة *S/N* السمعية، ولكن هذا ليس بالأمر الخطير لأن المسافات الكبيرة ليست عملية عند تقييم آثار التداخل. وقد استخدمت مسافات فصل أقصر وقيم أكبر لشدة المجال المرجعية، على النحو الموضح في الفقرة 1.6.2.6.

ويلاحظ أن تردد الموجة الحاملة المختار للاختبارات كان القيمة 999 kHz "القياسية". وفي حالة استعمال تردد آخر، يرجح أن تختلف حساسية المستقبل.

4.2.6 مستويات الانبعاث من جهاز الشحن

قيست مستويات الانبعاث من جهاز الشحن. وتتفق النتائج بشكل كبير مع تلك الواردة في الجداول من 5 إلى 8 من هذا التقرير.

وقد استخدم كاشف "مصنع محلياً"، حيث يضم عشر لفات من السلك الملفوف حول قطعة صغيرة من أنبوب لتصريف المياه، وكان قطر الملف يبلغ 68 mm. وقد ركب بعد الكاشف مكبر ضوضاء منخفضة 30 dB (اسمياً).

الشكل 18

كاشف مصنع محلياً (على اليسار) وجهاز شحن Qi® (مع حمل)

Report SM.2449-18

وكان المستوى المقاس على مسافة 1 m على محلل الطيف –34 dBm. وبما أن كسب المكبر الأولي 29 dB (مقاس)، بلغ خرج الملف –63 dBm. و0 dBm يعادل 224 mV، وبالتالي –63 dBm تعادل 0,159 mV.[10]

من شأن مرور مجال مغنطيسي H في ملف مساحة مقطعه A وعدد لفاته N أن يحقق زيادة في المجال الكهرمغنطيسي E بمقدار $\mu_0 H A N \omega$، حيث μ_0 هي نفاذية الفضاء الحر (تحدد بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}$) وω التردد الزاوي. وبإعادة ترتيب هذه الصيغة نحصل على المعادلة:

$$H = E / \mu_0 A N \omega \qquad (1)$$

وبالتعويض بالأرقام:

$$H = 0{,}159 \times 10^{-3} / \{ (4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0{,}034^2) \times 10 \times (2\pi \times 115 \times 10^3) \}$$

فإن H = 0,0048 A/m، على مسافة 1 m.

ويعادل ذلك 73,6 dBµA/m (أو 125,1 dBµV/m من أجل المجال الكهربي المكافئ في الفضاء الحر). وعلى مسافة 300 m ستنخفض هذه القيمة إلى 300 log 60 dB أو 148,6 dB بحيث تعطى –23,5 dBµV/m. ويعطى القسم 1.6 قيمة تساوي –15 dBµV/m. وهذا أمر معقول نظراً لعوامل عدم اليقين المختلفة.

5.2.6 مستويات انبعاث التوافقيات من جهاز الشحن

اشتمل العمل الموصوف في الدراسة 2 حتى الآن على جهازين فقط. وقد تكون هناك اختلافات بين النماذج المتاحة في السوق، وبالتالي تم تقييم مجموعة من الأجهزة.

وكانت طريقة الاختبار بسيطة للغاية. وتم وضع جهاز Qi المعني على منضدة وتزويده بما قيمته +5 فولت من مصدر إمداد بالطاقة موضوع على منضدة. وتم تحميل الجهاز بواسطة حمل Qi الصناعي الموضح في الشكل 18، وضبطه للعمل بما قيمته 2 watts (الحد الأقصى المقدر). وتم دعم ملف بحث ثلاثي الأدوار على ارتفاع 300 mm مباشرة فوق جهاز Qi، وتم توصيل الخرج بمحلل الطيف.

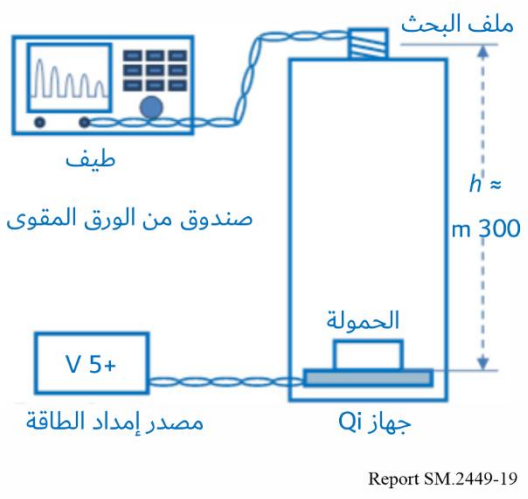
وتم ضبط محلل الطيف للقيام بالمسح من 0 إلى 2 MHz، ثم استخدام مرفق الواسمات لقراءة مستويات التوافقيات الثلاثة عشر الأولى – التوافقيات الفردية فقط لأن التوافقيات الزوجية كانت عادةً ذات مستوى أقل بكثير.

[10] تحديداً، dBm هي وحدات القدرة في نظام المعاوقة الثابتة. وفي هذه الحالة، يحول الملف الفولطية بالفعل إلى معاوقة عالية.

وتم استبدال جهاز Qi بملف حلزوني مسطح مدفوع بنغمة 1 MHz. وكان الملف مشابها لذلك المستخدم في أجهزة Qi، ويمكن حساب مجاله المغناطيسي بسهولة. وتمت مقارنة نتيجة ملف البحث بالمستوى المحسوب لضمان التوافق بين النتائج المقاسة والمتوقعة.

الشكل 19

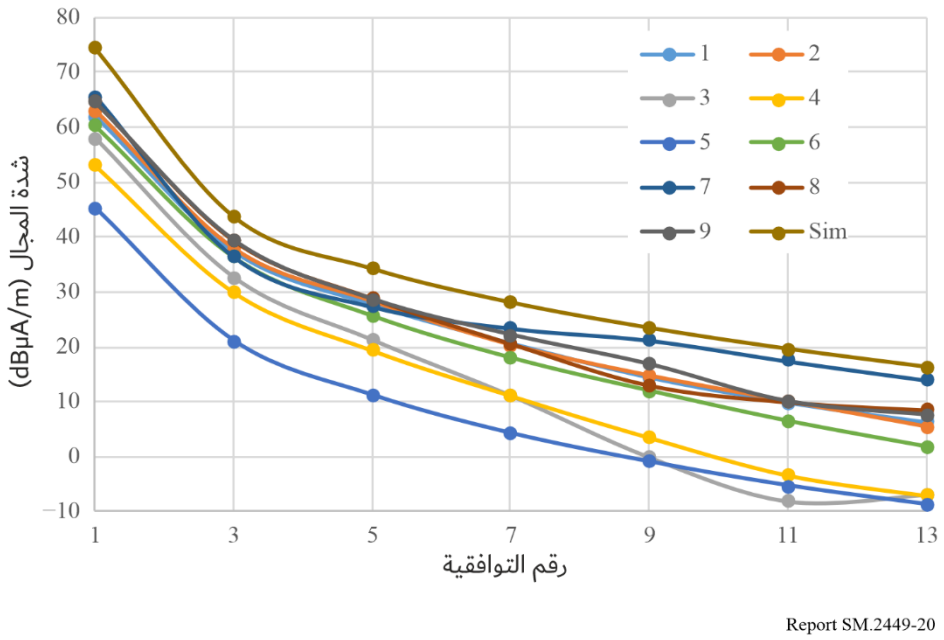
إعداد الاختبار



وترد النتائج أدناه. وجرت معايرة هذه النتائج لمسافة تبلغ 1 m.

الشكل 20

المستويات التوافقية للأجهزة التي تم اختبارها



وبشكل عام، يخضع مستوى التوافقية n لكل جهاز للقانون (1/*n*) المتوقع. و(تعمل المخططات بالتوازي مع أرقام "Sim" المثالية.) وهذا يؤكد أن الدائرة المضبوطة تحركها بالفعل موجة مربعة. وكما هو موضح في القسم 4، لا تنطبق العلاقة 1/*n* على المكون الأساسي لأن الدائرة المضبوطة التي تتضمن محث الاقتران تكون قريبة من الرنين.

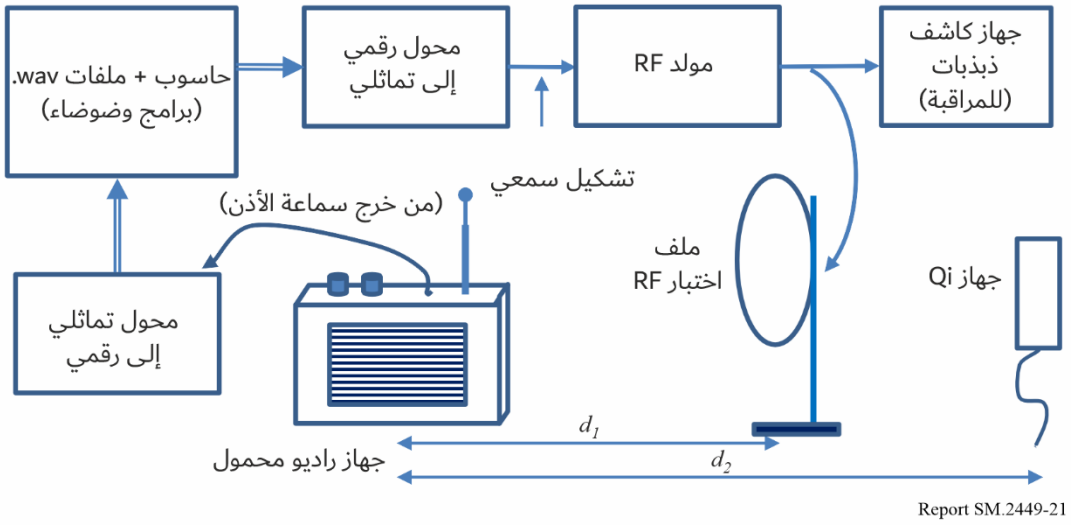
ونظرا لأن المحاكاة لا تأخذ في الاعتبار أي عوامل مخففة، مثل الفحص المغناطيسي المحتمل، فليس من المستغرب أن تكون الانبعاثات من الأجهزة الحقيقية أقل إلى حد ما. إن أداء الجهاز 5 أفضل من المحاكاة بحوالي 25 dB.

6.2.6 تقييم مستويات التداخل

قيست تأثيرات التداخل المتولد من توليفة من جهاز شحن/حمل موضوعياً وشخصياً على الخرج السمعي للمستقبل باستخدام التشكيلة الموضحة في الشكل 21.

الشكل 21

تشكيلة لتقييم تداخل الجهاز Qi



ويشرح الشكل نفسه في الغالب. وتخزن مادة البرنامج في الحاسوب في شكل ملفات Wav. وهي مماثلة للمستخدمة في اختبارات إرسال الطاقة لاسلكياً السابقة.[11] (وهي مقدمة من استوديوهات المحطة الإذاعية رقم 5 لإذاعة BBC وتم ضغطها لأغراض الإرسال). وهي تشغل عبر محول من رقمي إلى تماثلي (DAC) عالي الجودة "مرجعي"، يستخدم لتشكيل مولد RF. ويوجه المولد RF بعد ذلك هوائي اختبار حلقي. واصطلاحياً، يوضع الهوائي الحلقي على مسافة 600 mm من العنصر قيد الاختبار (جهاز الراديو)، وهي الحالة التي يكون فيها المجال الكهربي المكافئ بالوحدات V/m مساوياً عددياً لعشر (1/10) المجال الكهرمغنطيسي لمصدر المولد بوحدات V.[12] وفي النهائية، يحول خرج الراديو مضافاً إليه التداخل إلى إشارة رقمية تخزن في الحاسوب كملفات Wav.

وإلى جانب ذلك، أضيفت ضوضاء شبه عشوائية إلى مادة البرنامج بواسطة الحاسوب *Audacity*. وساعد ذلك على السماح بضبط النسبة S/N السمعية عند خرج المستقبل على القيمة المرجعية البالغة 26 dB مع عمق تشكيل يبلغ 30% لتشكيل الاتساع بغض النظر عن القيمة الفعلية لشدة المجال.[13] وعند تنفيذ الاختبارات الشخصية بشأن التداخل، يعد تأثير التقنيع والضوضاء الأساسية من العوامل الهامة.

وفي النهاية، يجري فحص سلامة لمعايرة النظام. يضبط المولد على –3 dBm، لقيمة تبلغ 317 mV لشدة المجال الكهرمغنطيسي للمصدر وشدة مجال اسمية تساوي 31,7 mV/m (90 dBµV/m). وينبغي أن تكون شدة المجال هذه بعد ذلك 377/31,7 mA/m

---

11 كمثال كما هو موصوف في الورقة البيضاء WHP 322 لإذاعة BBC.

12 لا يوجد تأثير من أن يولد الهوائي الحلقي بالفعل مجالاً كهربائياً – وفي الواقع، يتم عزل الهوائي الحلقي لمنعه من القيام بذلك. ويحسب المجال الكهربائي المكافئ باستخدام العلاقة القياسية للمجال البعيد E/H = 377 Ω.

13 بافتراض أن شدة المجال كافية لتجاوز النسبة *S/N* السمعية للتداخل.

أو 38,5 dBµA/m. ويستخدم الملف المكون من 4 لفات ثانية لقياس شدة المجال الفعلية ويعطى قراءة تبلغ –92 dBm على محلل الطيف.

وبالرجوع إلى المعادلة (1) أعلاه:

$$H = E / \mu_0 A N \omega$$

مع التعويض بالأرقام $H = (5{,}63 \times 2 \times 10^{-6}) / \{ (4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0{,}034^2) \times 4 \times (2\pi \times 999 \times 10^3)\}$

حيث $5{,}63 \times 10^{-6}$ تساوي –92 dBm بوحدات الفولت والرقم 2 من أجل الانتهائية.

$H = 9{,}818 \times 10^{-5}$ A/m، أو 39,8 dBµA/m

ويتوافق ذلك بشكل معقول مع شدة المجال الاسمية.

1.6.2.6 مضاعف المسافة وتأثير الغرفة المعزولة

كما ذكر آنفاً، قد تكون المستويات المتزايدة للإشارة "المطلوبة" عند المستقبل المعني مفيدة في تقييم التداخل الناجم عن جهاز على مسافات تزيد عن تلك المتاحة في الغرفة المعزولة. ويفترض أن المستقبل المرجعي يعمل على 60 dBµV/m، وأن جهاز الشحن المسبب للتداخل على بعد مترين. ومن قانون التكعيب العكسي، يمكن للتداخل أن يزيد بمقدار 18 dB إذا قصرت المسافة إلى النصف أي إلى 1 m. ويستتبع ذلك أن التأثير إذا خرج المستقبل سيكون هو نفسه إذا تمت زيادة الإشارة المطلوبة هي الأخرى بمقدار 18 dB وهناك شرطان: الأول، يتعين إبقاء أي ضوضاء تتولد في أي مكان آخر داخل النظام عند نفس المستوى (–26 dBu، التشكيل بالاتساع المرجعي 30%)؛ والثاني، يجب أن يُبقى التحكم الأتوماتيكي في الكسب داخل المستقبل مستوى الخرج (المطلوب) ثابتاً بصورة مناسبة.

ويعرض الجدول 10 مستويات مولد الإشارة المناسبة لعوامل التضعيف 1-4. ويفترض استعمال هوائي حلقي وأن المستقبل المتعرض للتداخل على مسافة 600 mm منه.

الجدول 10

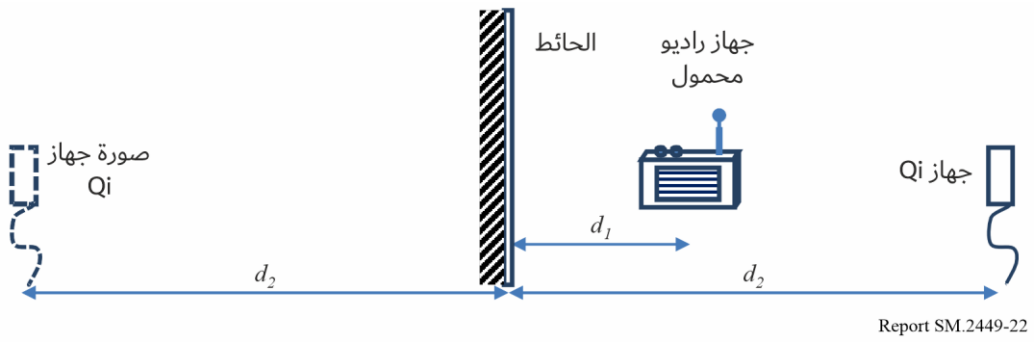
مستويات المولد لعوامل تضعيف معينة

مستوى المولد (dBm)	–33	–15	–4,4	+3	العامل 4 يعني أن أي مصدر تداخل يوضع على مسافة 600 mm يكون له نفس تأثير المصدر الموضوع على مسافة 2,4 m
عامل التضعيف	1	2	3	4	

والمسافات العملية المتاحة في الغرفة المعزولة أكثر تقييداً مما هو متوقع. ويرجع ذلك إلى أن الغرفة مصنوعة من المعدن وأن المعدن يتصرف كعاكس شبه نموذجي. وبالرغم من أن الغرفة تقترب من 4 m طولاً، يلزم إبقاء مصدر التداخل في حدود 1,2 m من المستقبل. ويعرض هذا الوضع في الشكل 22.

الشكل 22

تأثير أي انعكاس



وكما قيس عند جهاز الراديو، فإن قيمتي شدة المجال المعايرة من أجل الجهاز Qi® وانعكاساته هما $1 / (d_2 - d_1)^3$ و$1 / (d_2 + d_1)^3$، على التوالي. وللحصول على شدة المجال الناتجة، يتعين طرح الإشارة المنعكسة من الإشارة المباشرة.[14]

شدة المجال الناتجة $1 / (d_2 - d_1)^3 - 1 / (d_2 + d_1)^3$

نسبة الناتج إلى قيمتي شدة المجال $\{ 1 / (d_2 - d_1)^3 - 1 / (d_2 + d_1)^3\} / 1 / (d_2 - d_1)^3$
$= 1 - \{(d_2 - d_1) / (d_2 + d_1) \}^3$

وبالتعويض بالقيم الفعلية للمسافتين (d_1 = 0,5 m وd_2 = 1,2 m) نصل إلى نسبة تساوي 0,93 مطروحاً منها قيمة خطأ تساوي 0,6 dB. وفي هذه الحالة، يكون التأثير ضئيلاً جداً لكي يؤخذ في الاعتبار ويمكن تصويبه بخفض المسافة d_2 قليلاً. ومع ذلك، يتزايد الخطأ سريعاً من زيادة المسافة d_2.

2.6.2.6 العينات السمعية

تم عمل بعض التسجيلات التمهيدية لمدة 30 ثانية كلام و30 ثانية موسيقى "لإرسالها" إلى جهاز راديو محمول. وكانت هذه المادة هي نفسها التي استخدمت من قبل في اختبارات إرسال الطاقة لاسلكياً وكانت مأخوذة من كليب "القدس" المقدم في المحطة الإذاعية Radio 5. وقد تمت معالجته لتوزيعه لمحطات الإرسال بتشكيل التردد (FM) للمحطة الإذاعية Radio 5.

وكانت التسجيلات التي أعدت حتى الآن، مع بعض التعليقات، كالتالي في جميع الحالات، اختيرت التوافقية السابعة لمصدر التداخل، وتراوح التردد نمطياً حول 1 MHz ولكنه تغير.

الجدول 11

التسجيلات

معرف الهوية	وصف مختصر	تعليقات
as_clean	كلام، بدون انحطاطات خلاف ضوضاء النظام بقيمة –26 dBu	ضجيج الخلفية مسموع ولكنه غير معترض عليه
bs_wp0_l2_2-4_onc	كالأعلى، إضافة إلى تداخل على القناة من حشية الشحن غير المطابقة	التداخل عند المسافة الفعّالة البالغة 2,4 m واضح جداً
cs_wp0_l2_2-4_offc	كالأعلى ولكن مع وجود التداخل خارج القناة	لن يكون التداخل ملحوظاً في العادة على الأرجح

[14] في المقابل، قد يكون من الأسهل التفكير من منظور الشحنات الكهربائية. ويجب أن تكون الفولطية صفراً عند الحائط (الموصول بالأرضي). ولا يتسنى تحقيق ذلك إلا إذا تساوت الشحنتان الحقيقية والتخيلية وكانتا متضادتين وعلى نفس المسافة من الحائط.

الجدول 11 (*تتمة*)

معرف الهوية	وصف مختصر	تعليقات
ds_wp0_l2_2-4_idle	كالأعلى ولكن مع إبعاد الحمل من على حشية الشحن	ثانية، لن يكون التداخل ملحوظاً في العادة على الأرجح
em_clean	موسيقى، بدون انحطاطات خلاف ضوضاء النظام بقيمة –26 dBu	ضجيج الخلفية مسموع ولكنه غير معترض عليه
fm_wp0_l2_2-4_onc	كالأعلى، إضافة إلى تداخل على القناة من حشية الشحن غير المطابقة	التداخل عند المسافة الفعالة البالغة 2,4 m واضح جداً
gm_wp0_l2_2-4_offc	كالأعلى ولكن مع وجود التداخل خارج القناة	لن يكون التداخل ملحوظاً في العادة على الأرجح
hm_wp0_l2_2-4_idle	كالأعلى ولكن مع إبعاد الحمل من على حشية الشحن	ثانية، لن يكون التداخل ملحوظاً في العادة على الأرجح
is_wp7_s7_2-4_onc	هاتف ذكي يولد تداخلاً على القناة على "الكلام"	نفس النتائج إلى حد كبير مثل حاشية الشحن غير المطابقة
jm_wp7_s7_2-4_onc	كالأعلى بالنسبة لبرنامج "موسيقي"	كالأعلى

كان من الصعب الحصول على نتائج متسقة لأن مصدر التداخل كانت لديه القدرة على القفز إلى قناة مختلفة بدون إنذار. وحتى أثناء استقراره، فإنه يبدل بين ترددين ثابتين، أحدهما فقط سيتم توليف جهاز الراديو عليه. وكان معدل التبديل نحو مرة في الثانية، وهو ما يفضي إلى تحديد "البصمة" المسموعة بسهولة. وقد كان التداخل خارج القناة غير مسموع في العادة تقريباً، ولكن هذا الأمر يعتمد على الكيفية التي يكون عليها خارج القناة.

ويعني غياب الحرفية في هذه التأثيرات أن سلم الانحطاطات المكون من خمس نقاط الاعتيادي للاتحاد لن يكون ضرورياً بالمرة: سواء كان التداخل كبيراً أو كان غير مسموع.

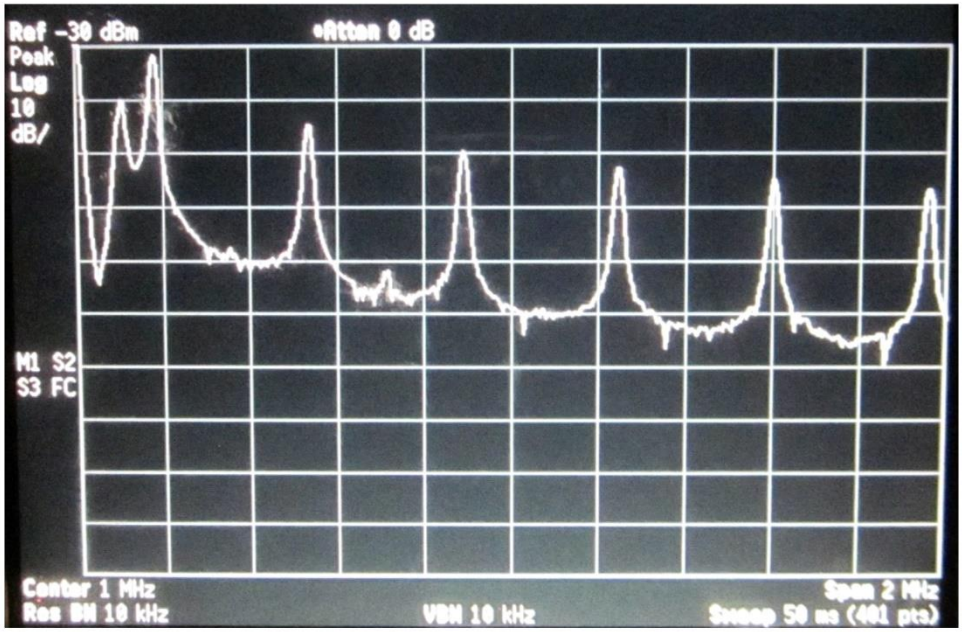
7.2.6 شاحن لإرسال الطاقة لاسلكياً في وضع الخمول

افترض العمل السابق أن الجهاز في وضع الخدمة النشطة. وقد يبدو هذا معقولاً، ولكن من الناحية العملية قد يتم ترك الجهاز يعمل بالطاقة عندما لا يكون قيد الاستخدام. وفي ظل هذه الظروف، يصدر إشارة دورية أو إشارة استجابة "ping". ولمعرفة ذلك، تم تكرار الاختبارات السابقة، ولكن هذه المرة دون الحمل الصناعي. والفرق الآخر الوحيد هو أن ملف البحث اقترب إلى 175 mm لزيادة مستوى الإشارة المقدم إلى محلل الطيف. كما تم الاستماع إلى التداخل على راديو محمول.

وأعطت جميع الأجهزة، عند تفريغها، رشقات نارية منتظمة بتردد أساسي يبلغ 175 kHz. وتراوح معدل التكرار بين 0,5 و4 مرات في الثانية. ويبدو أن هذه الإشارة لا تسبب سوى تداخل راديوي شديد بسبب التوافقيات؛ وكان النطاق "هادئاً" إلى حد ما في الفراغات بين التوافقيات. ويظهر مخطط طيف نموذجي في الشكل 23. وتم وضع المخطط باستخدام مرفق "تعليق الذروة" على محلل الطيف، بحيث سمح لمحتوى النطاق الجانبي بالتراكم بمرور الوقت – وبدت التوافقيات "نظيفة" في لمحة. إن الامتداد هو 0-2 MHz، والمقياس الرأسي 10 dB/تقسيم. ويلاحظ أن ملف البحث له استجابة متناسبة مع التردد.

الشكل 23

طيف نموذجي (للجهاز 2)



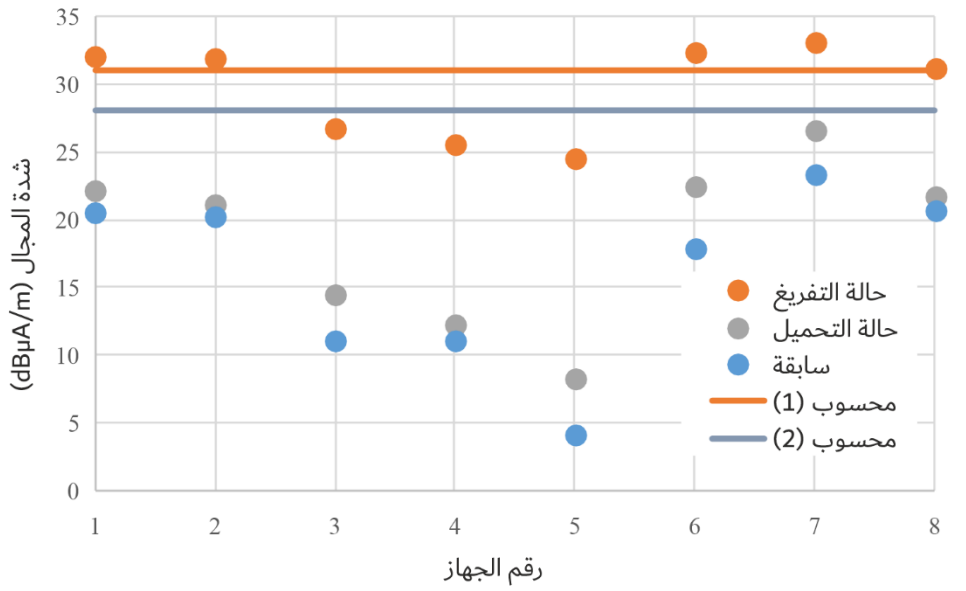
Report SM.2449-23

ويتمثل تفسير ما للطيف في أن الجهاز يقضي معظم وقته عند 175 kHz، ولكنه يحاول مؤقتاً عند 100 kHz (تردد التشغيل العادي). ويتمثل التأثير المسموع على مستقبل AM في "إشارة مسموعة مزدوجة" تتوافق مع بداية الاندفاع ونهايته. وهو ما متوقع: تؤدي التغييرات المفاجئة في مستوى الموجة الحاملة إلى ظهور نغمات عابرة منخفضي التردد.

ويتم رسم شدة المجال للتوافقية الخامسة أدناه، باللون البرتقالي، وتتناقض مع تلك الخاصة بالتوافقية السابعة عندما يكون حمولة الاختبار في مكانها (ويتم ضبطها على 2 W). ويلاحظ أن مجموعتي التوافقيات متناسبتان في التردد نفسه تقريباً.

الشكل 24

المستويات التوافقية للأجهزة التي تم اختبارها



Report SM.2449-24

وفيما يلي التعليقات:

– جرت معايرة هذه المستويات لمسافة تبلغ 1 m.

– النتائج "السابقة" (لحالة التحميل) هي المستويات التوافقية السابعة الموضحة في الشكل 24.

– لم يتم تضمين الجهاز 9 لأنه أعطى نتائج غير منتظمة للغاية.

– "المحسوب 2" هو المستوى التوافقي الذي تنبأت به محاكاة الفقرة 4، في حين أن "المحسوب 1" أكبر بمقدار 2,9 dB، وذلك للسماح بأن تكون التوافقية الخامسة لتوسع Fourier 7/5 أضعاف مستوى التوافقية السابعة.

وبشكل عام، هناك اتفاق جيد بين المستويات التوافقية المحسوبة والفعلية لحالة "التفريغ" – متوسط القيم الفعلية يختلف فقط 1,2 dB عن الحساب. وقصة حالة "التحميل" أقل سعادة، إذ يبلغ متوسط النتائج المقاسة 11 dB أقل من القيمة المحسوبة. وهناك اتفاق معقول بين النتائج الحالية والسابقة لحالة "التحميل" للتوافقية 7، مما يشير إلى أن هذا النقص حقيقي.

وجرت محاولة لمعرفة سبب هذا النقص. وتمت تجربة "فحص السلامة" باستخدام ملف حلزوني مسطح مرة أخرى، مع وضع حمولة الاختبار مباشرة فوق الملف في هذه المرة. ومع ملامسة حمولة الاختبار للملف، انخفض المستوى بمقدار 13 dB. وأدى رفع الحمولة بمقدار 10 mm فقط إلى تقليل الخسارة إلى حوالي 4 dB. وأظهرت بعض التجارب العرضية أن الخسارة تعتمد بشكل كبير على الموقع، وبدرجة أقل على التردد. ومن الواضح أن شاشة الفريت والملف داخل الحمل الصناعي لهما تأثير كبير. وأدى استخدام شاحن Qi كشاشة بدلا من حمولة الاختبار إلى بعض الخسارة، ولكن ليس بشكل دراماتيكي كما كان من قبل.

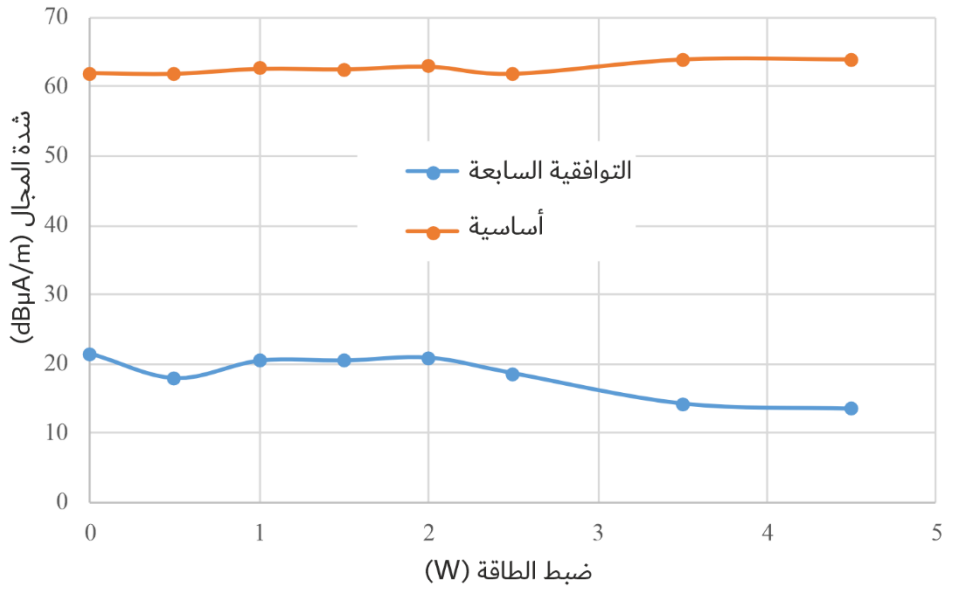
ويشير العمل أعلاه إلى أن انبعاثات "وضع الخمول" تشكل مصدر إزعاج أكبر لأنه لا يوجد شيء لفحصها. ونظرا لوجود اتفاق جيد بين الحساب والممارسة، فإن الاستنتاج الذي تم التوصل إليه في الفقرة 5 بأن الشاحن يمكن أن يسبب تداخلاً على مستقبلات AM على مسافات تصل إلى 10 أمتار.

8.2.6 مستويات طاقة عالية

حتى الآن، تم إجراء الاختبار بقوة 2 W، وهو الحد الذي تفرضه المقاومات الداخلية في الحمل الصناعي. ومع ذلك، فإن الحمولة تسمح بتوصيل المقاومات الخارجية، وبالتالي رفع القدرة إلى 5 W. ويستشعر الحمل الصناعي هذه المقاومات ويقوم بتكوين النظام وفقاً لذلك. وتم قياس المستويات الأساسية والتوافقية السابعة للشاحن "2" بما يتجاوز 2 W، وكانت النتائج على النحو التالي.

الشكل 25

شدة المجال عند مستويات الطاقة الأعلى



Report SM.2449-25

واقتصرت الطاقة على 4,5 W، إذ كان النظام يظهر علامات الاستغاثة عند مستوى 5 W الكامل.

وحتى 2 W، على الأقل، يظل المستوى التوافقي ثابتاً. وفوق ذلك، ينخفض المستوى إلى حد ما، ربما بسبب تغيير الوضع عند استخدام المقاومات الخارجية. والأمر الأكثر إثارة للدهشة هو أن المستوى الأساسي يظل ثابتاً أيضاً. وقد يكون هذا جزئياً بسبب تحسن كفاءة النظام مع زيادة الطاقة، مما يؤدي إلى مجال أقل شروداً.

3.6 الدراسة 3 للإذاعة بتشكيل الاتساع (AM) لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مدى التردد 315-405 kHz

1.3.6 قياسات تقارن تأثير الترددات المختلفة

أجريت هذه الدراسة لاستكشاف ما إذا كانت التوافقيات لجهاز شحن لاسلكي يعمل في مدى تردد 315-405 kHz ستحدث تداخلاً ضاراً على مستقبلات الإذاعة AM التي تعمل في مدى تردد 526,5-1 700 kHz في الممارسة العملية.

2.3.6 اختيار قناة الإذاعة بتشكيل الاتساع AM

أجريت هذه الدراسة على أجهزة حثية لاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً تعمل حول التردد 360 kHz. إن أجهزة الشحن إما هي متوافقة مع مواصفات Qi2 للاتحاد بشأن القدرة اللاسلكية أو مشابهة جدا لمواصفات Qi2، وكلها متوفرة وجاهزة للاستخدام. وتحدد مواصفات Qi2 عمليات إرسال الطاقة لاسلكياً حول التردد 360 kHz مع طاقة أعلى وكفاءة أعلى بكثير من Qi1.

ومن الناحية النظرية، ستقع التوافقيات 2 و3 و4 في 526,5-700 1 kHz. ومع ذلك، يتم استبعاد التوافقيات بشكل جيد من خلال تصميم دائرة الشحن.

وعليه، تركز الدراسة على التوافقية الثالثة الصادرة عن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً. وقد أجريت على التوالي على مستقبلات الإذاعة AM للقناتين 080 1 kHz و098 1 kHz في الصين. وتتداخل القناة 080 1 مع القناة التوافقية الثالثة بينما القناة 098 1 هي أقرب قناة مجاورة موجودة في الحياة الواقعية أثناء دراسة التوافقية الثالثة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً التي تعمل حول التردد 360 kHz.

وتجمع الدراسة بيانات من غرفة اختبار بطول 3 m ومبنى يضم مكاتب وفندق في منطقة حضرية. وتم اختبار ثلاث علامات تجارية مختلفة من أجهزة الشحن اللاسلكية من السوق المفتوح فيما يتعلق بالتداخل على ثلاثة مستقبلات إذاعية AM تجارية من جانب مصنعين مختلفين.

3.3.6 الاختبار السمعي الشخصي

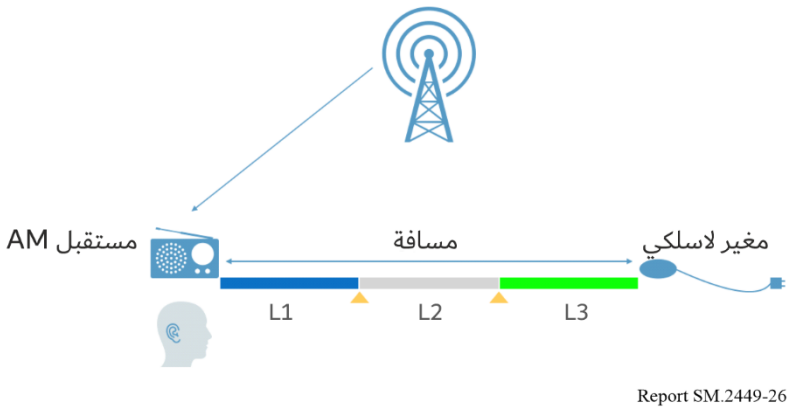
أجري الاختبار السمعي الشخصي داخل مبنى، حيث تكون قوة إشارة الإذاعة AM قريبة جداً من الحد الأدنى لمستوى الإشارة المذكور في التوصية ITU-R BS.703. وبعد ذلك، يمكن الحصول على جودة إشارة مقبولة عن طريق ضبط موضع مستقبلات الإذاعة AM واتجاهها. ويراقب المشغل التداخل المسموع عن طريق تحريك أجهزة الشحن اللاسلكية تدريجياً نحو مستقبلات AM. وبالنظر إلى الاختلافات في السمع بين أشخاص مختلفين، شارك خمسة أشخاص في تقييم الاختبار الشخصي. وقد صمم الاختبار السمعي الشخصي بالإشارة إلى التوصية ITU-R BS.1284-2، ولكنه يهدف إلى التركيز بشكل أكبر على تجربة المستعملين الفعليين.

ويمكن تعريف تقييم الاختبار السمعي بثلاثة مستويات: [15]

- المستوى 1 لا يطاق،
- المستوى 2 هو تداخل مسموع، ولكنه مقبول،
- المستوى 3 هو التداخل غير مسموع.

الشكل 26

مبدأ الاختبار السمعي الشخصي



[15] تم تبسيط المستويات القدمة من التوصية BS.1284 إلى: المستوى 1 = 1 (مزعج للغاية) و2 (مزعج)، والمستوى 2 = 3 (مزعج قليلاً) و4 (يمكن إدراكه، ولكنه غير مزعج)، والمستوى 3 = 5 (غير مدرك).

الشكل 27

إعداد الاختبار السمعي الشخصي

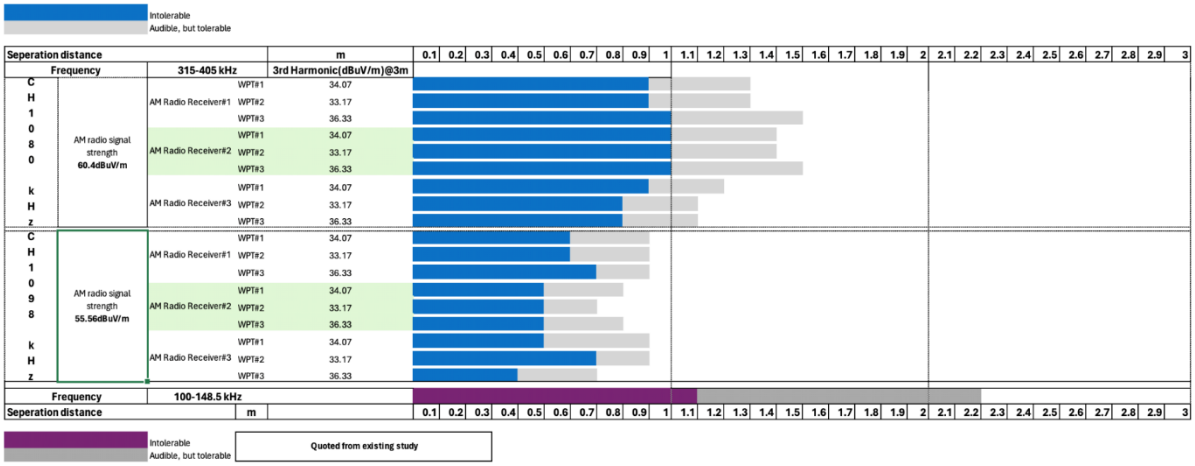
Report SM.2449-27

4.3.6 ملخص النتائج

يبين الشكل 28 النتائج المتعلقة بمستقبل AM 1 ومستقبل AM 2 ومستقبل AM 3 الذي يعمل عند القناة AM 1 080 kHz، والذي يتداخل مع التوافقية الثالثة لجميع شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً في الجزء العلوي. وفي الجزء السفلي يتم عرض القناة AM1 098 kHz.

الشكل 28

نتائج الاختبار السمعي الشخصي



Report SM.2449-28

وعندما يتداخل التداخل التوافقي مع قناة الإذاعة AM، يمكن لمسافة فصل تبلغ 1,5 متر أن تُجنب بشكل فعال التداخل السمعي في أسوأ الحالات.

ومع ذلك، يمكن لمسافة فصل تبلغ 0,9 متر، عندما تكون مجاورة لقناة الإذاعة AM، أن تُجنب مستقبلات الإذاعة AM التداخل السمعي في الحالة الأسوأ.

وهذه المسافات قابلة للتحقيق، ومن ثم ترى الدراسة أن التأثير على الخدمة الإذاعية يمكن تجنبه.

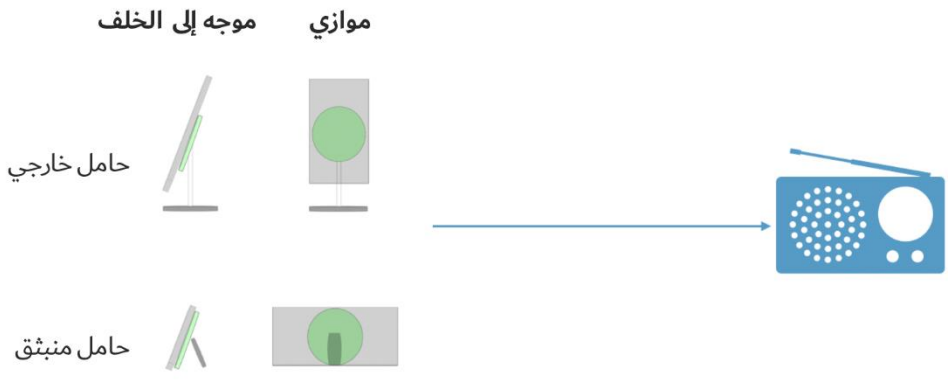
وعند مقارنة المسافات الموجودة في الدراسة 1 للإذاعة AM (الفقرة 1.6) مع إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في 100-148,5 kHz، يمكن ملاحظة أن مسافات إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في 315-405 kHz أقل بكثير وأن التأثير محدود للغاية.

5.3.6 تحليل الحساسية – اتجاه مختلف لملف الشاحن وأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً الإضافية

بالإضافة إلى سيناريوهات الاستخدام المعتادة التي يتم فيها وضع ملف الشاحن أفقياً، أجرت الدراسة أيضا بحثاً بشأن بعض سيناريوهات الاستخدام التي يتم فيها وضع ملف الشاحن عمودياً بمساعدة حامل منبثق أو حامل خارجي. وبالنسبة لهذه الدراسة، تم قياس شاحنين إضافيين متاحين فقط كشاحنين من فئة الشواحن الواقفة. وتقدر الدراسة التأثير في الممارسة العملية عن طريق ضبط ترتيب ملف الشاحن بالنسبة إلى مستقبلات راديو AM، مثل الواجهة الخلفية والموازية.

الشكل 29

توجيه ملفات الشاحن المرتبة عمودياً

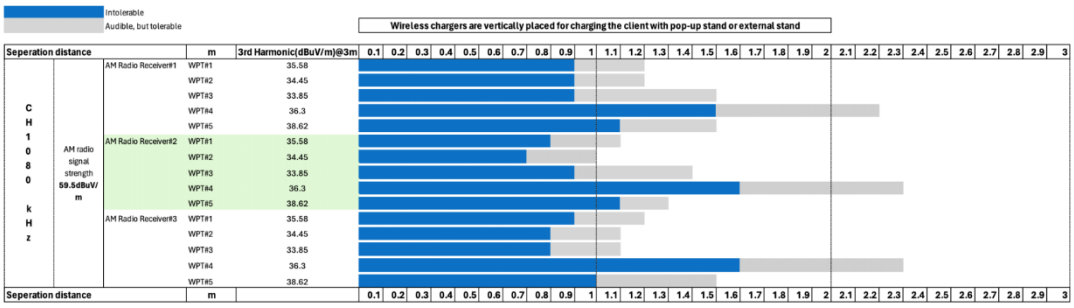


Report SM.2449-29

ويبين الشكل 30 نتائج المستقبل AM 1 والمستقبل AM 2 والمستقبل AM 3 العاملة عند القناة AM 1 080 kHz.

الشكل 30

ملخص نتائج توافقيات إرسال الطاقة لاسلكياً لقناة AM 1 080 kHz (ترتيب عمودي)



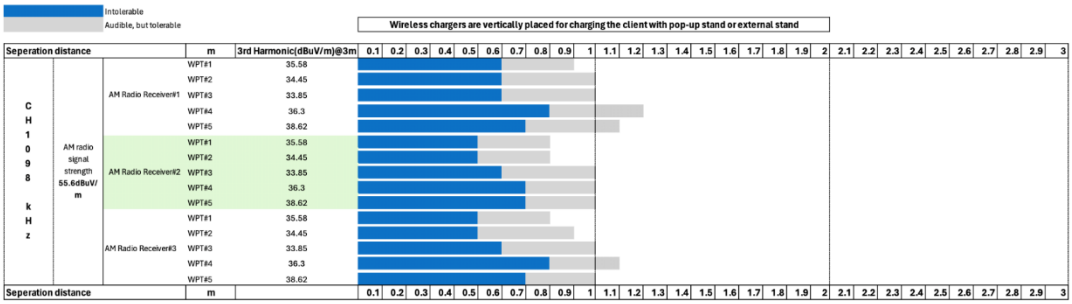
Report SM.2449-30

وتجدر الإشارة إلى أن شاحن واحد لإرسال الطاقة لاسلكياً يتطلب مسافة حماية أكبر من غيره من الشواحن. وتحتوي التوافقية الثالثة لهذا الشاحن اللاسلكي على تخالف يقدر بحوالي 500 Hz من مركز قناة الإذاعة AM. ويبين الشكل 1 في التوصية ITU-R BS.560 أن أعلى قيمة لنسبة الحماية هي 16 dB تقريباً، ما يقابل تخالفات تردد تبلغ نحو 1,6 kHz. وعندما يكون تخالف التردد بين التوافقيات والإشارة الإذاعية 1,6 kHz AM بدلاً من 500 Hz، تزداد مسافة الحماية بمعامل 1,17.

ويبين الشكل 31 نتائج المستقبلات AM 1 وAM 2 وAM 3 العاملة عند القناة AM 1 098 kHz.

الشكل 31

ملخص نتائج توافقيات إرسال الطاقة لاسلكياً لقناة AM 1 098 kHz (ترتيب عمودي)



Report SM.2449-31

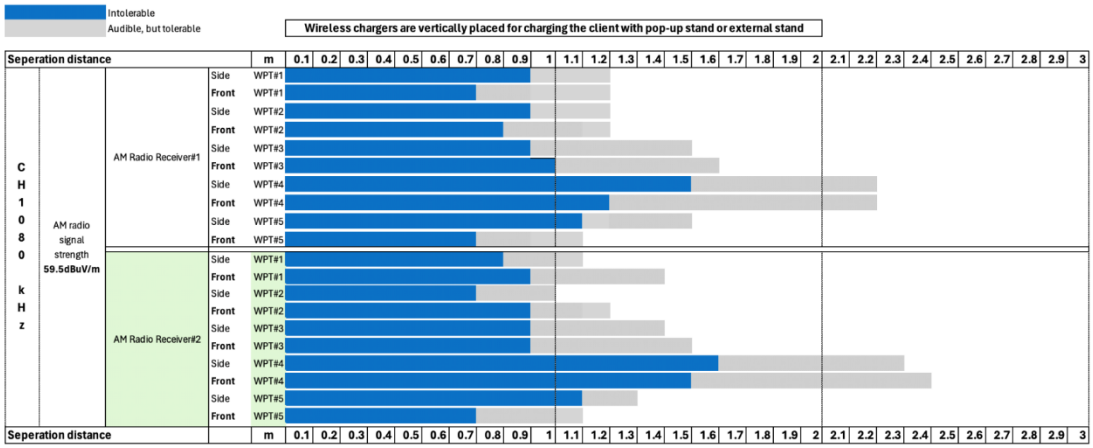
وأظهرت نتائج الدراسة أن التأثير يمكن مقارنته بالترتيب الأفقي لملف الشاحن اللاسلكي.

6.3.6 تحليل الحساسية – اتجاه مختلف للمستقبل الإذاعي AM

أجري تحليل آخر للحساسية لتحليل اتجاهية مستقبل الإذاعة AM.

الشكل 32

تحليل الحساسية – اتجاه مختلف للمستقبلات الإذاعية AM



Report SM.2449-32

وأوضحت الدراسة أيضاً الحساسية لاقتران التداخل في اتجاه مختلف لمستقبلات الإذاعة الراديوية. وتقترب أجهزة الشحن اللاسلكية من مستقبلات الإذاعة الراديوية من اتجاهات مختلفة، ثم تحدد كمية مسافة الفصل المطلوبة لتجنب التداخل. وبشكل عام، هناك فرق من 10 إلى 40 cm من حيث طلب مسافة الفصل في اتجاهات مختلفة كما هو موضح في الشكل 32، والذي يمكن أن يكون ناجماً عن طابع اقتران الهوائي في المجال القريب أو اختبار عدم اليقين.

7.3.6 مقارنة المستوى التوافقي الموضوعي

بالمقارنة مع نطاق التردد 148,5-100 kHz، فإن اللائحة الحالية، مثل المعيار ETSI EN300 330 تتطلب تلبية –15 dBuA/m عند 360 kHz، مقارنة بـ 66 dBuA/m عند 119 kHz، وتتمتع بحد أكثر صرامة على البث المشع الأساسي عند 405-315 kHz. وهذا يجعل التوافقيات الناجمة عن النطاق 405-315 kHz أكثر ملاءمة لخدمات الإذاعة AM من النطاق 148,5-100 kHz.

وتم قياس 5 أجهزة إضافية لإرسال الطاقة لاسلكياً تعمل في النطاق 148,5-100 kHz لأغراض هذه المقارنة.

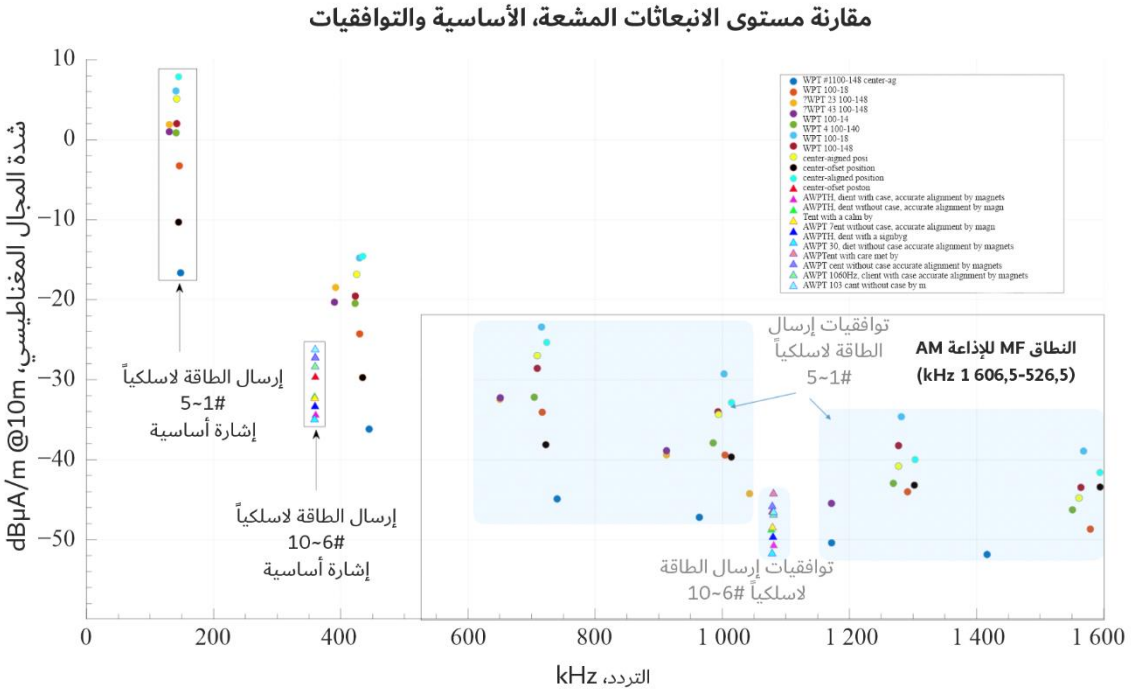
وبعد ذلك تمت مقارنة مستويات انبعاثاتها بمستويات انبعاث أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً الخمسة العاملة في النطاق 405-315 kHz والمستخدمة في هذه الدراسة.

ويبين الشكل 33 مقارنة المستوى التوافقي على التوالي من مختلف مديات التردد لإرسال الطاقة لاسلكياً. ويشير بوضوح إلى أن المستوى التوافقي المشع من أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في النطاق 405-315 kHz أقل بكثير من المستوى المشع من أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في النطاق 148,5-100 kHz. وعلاوةً على ذلك، وبما أن تردد الشحن الذي يعمل عند النطاق 405-315 kHz أعلى، فإن عددا أقل من التوافقيات يقع داخل نطاق MF للإذاعة AM أيضاً (2 مقابل 6 توافقيات فردية).

وباختصار، فإن تأثير التوافقيات من نطاق التردد 405-315 kHz على الإذاعة المتوسطة AM أقل بكثير من تأثير النطاق 148,5-100 kHz.

الشكل 33

مقارنة المستوى التوافقي على أساس القياسات



وتجدر الإشارة إلى أن خطر التداخل من أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً للأجهزة المحمولة والمتنقلة العاملة في 148,5-100 kHz يبدو محدوداً جداً أو غير موجود. وهناك ملايين من الأجهزة التي تعمل في مدى التردد هذا ولم يتم تسجيل أي حالة تداخل. وبما أن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المحمولة والمتنقلة العاملة في التردد 405-315 kHz لها تأثير تداخل أقل على الإذاعة، فقد يقل احتمال أن يلاحظ مستمعو راديو AM التداخل.

7 دراسة أثر الأنظمة الحثيثة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة على خدمة الهواة

1.7 المعلمات المستخدمة في المحاكاة

تحدد الفقرة (2) من الجزء 31.15 من الباب 47 من مدونة اللوائح الفيدرالية في الولايات المتحدة متطلبات القياس لأجهزة التردد الراديوي العاملة في المجال القريب. وبعد تطبيق عامل الاستكمال الخارجي المطلوب طبقاً لمدونة اللوائح الفيدرالية البالغ 40 dB لكل عقد على القيمة –15 dBµV/m على مسافة 300 m، فإن الحد على الأجهزة غير الحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً يكون 44,08 على مسافة 10 m. واستخدمت النمذجة من أجل الانتشار في المجال القريب.

وتؤخذ المعلمات الخاصة بمستقبلات خدمة الهواة من التوصية ITU-R M.1732 وهي كالمبينة في الجدول 12. ولا تحتوي هذه التوصية على معايير حماية من التداخل لعمليات الهواة في مدى التردد هذا. ويفترض معيار الحماية الخاص بالنسبة تداخل إلى ضوضاء (*I*/*N*) البالغ قيمتها –6 dB لأغراض هذه الدراسة.

الجدول 12

المعلمات المفترضة لمستقبل خدمة الهواة

المعلمات	القيمة
التردد المركزي (kHz)	136,75
عرض النطاق (kHz)	0,4
مخطط الهوائي	شامل الاتجاهات
المستوى الدنى للضوضاء (DbµV/m)	31,6
معيار الحماية (Db) (*I*/*N*)	–6
مستوى التداخل المسموح به (DbµV/m)	25,6

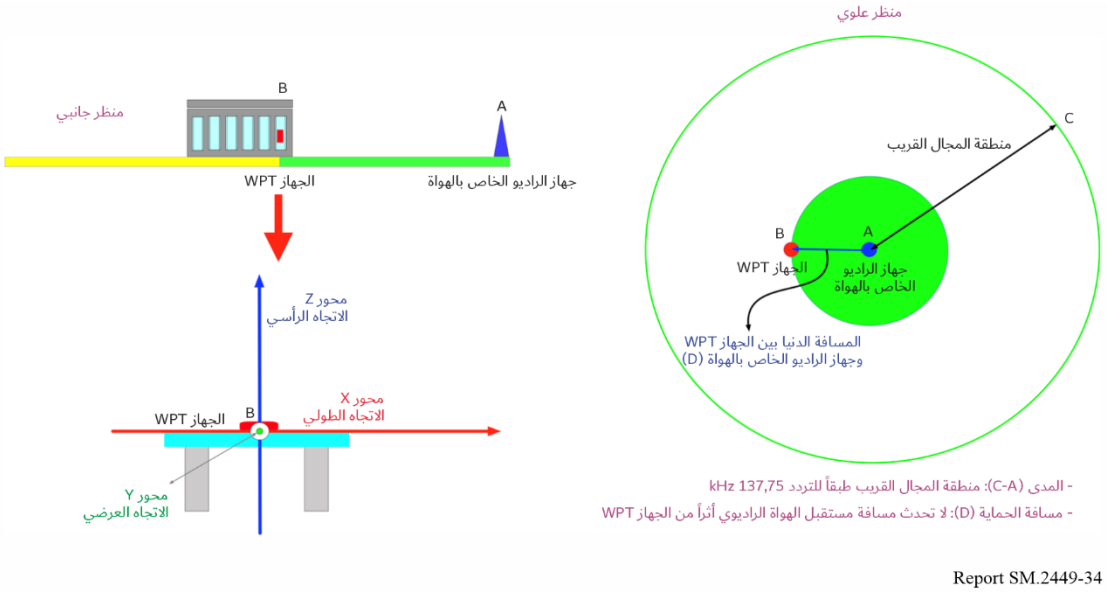
2.7 تحليل المحاكاة ونتائجها

1.2.7 سيناريوهات مصدر التداخل الوحيد

تضع سيناريوهات مصدر التداخل الوحيد جهازاً واحداً لإرسال الطاقة لاسلكياً داخل مبنى مع وضع مستقبل الهواة بعيداً عن الأبواب الخارجية للمبنى. وتستخدم المحاكاة الأولى قيمة لخسارة اختراق المباني تساوي 10 dB والثانية 0 dB لمراعاة مواد البناء المختلفة.

الشكل 34

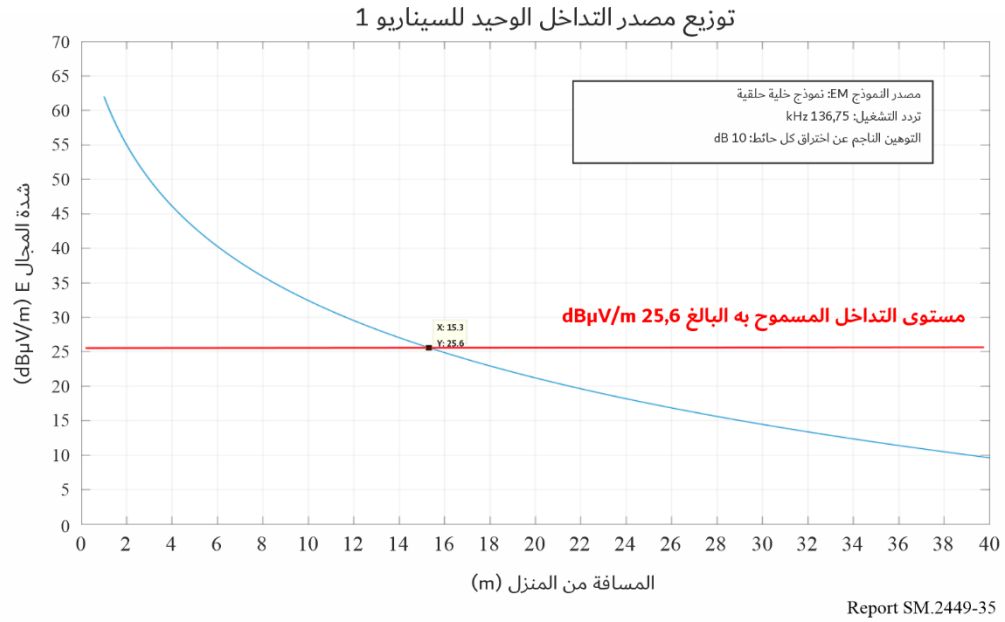
سيناريوهات مصدر التداخل الوحيد



Report SM.2449-34

الشكل 35

توزيع مصدر التداخل الوحيد للسيناريو 1



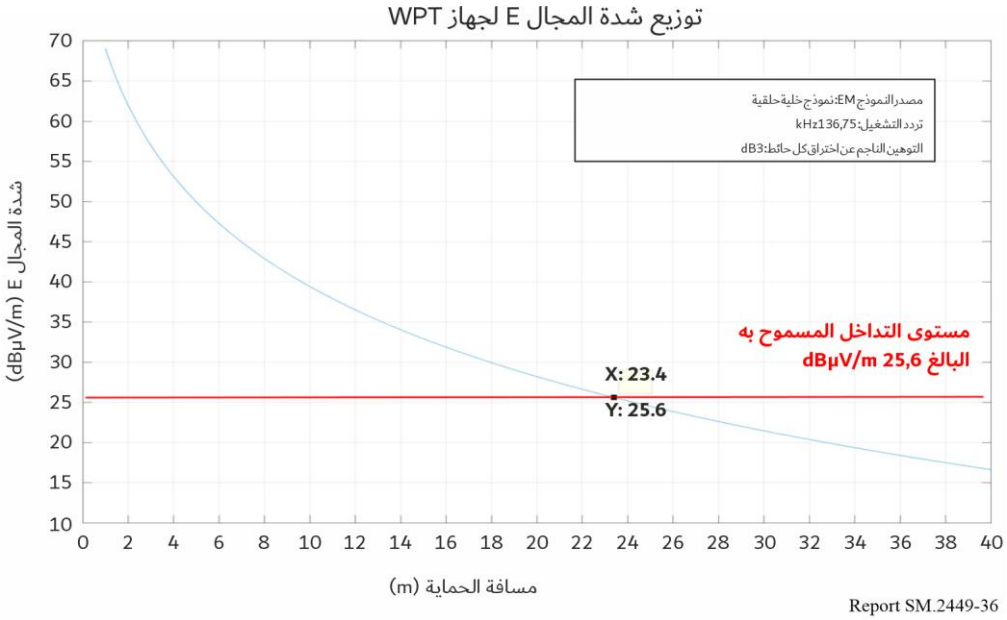
Report SM.2449-35

الاستنتاجات من السيناريو 1 لمصدر التداخل الوحيد

نتائج السيناريو 1 لمصدر التداخل الوحيد باستعمال توهين بقيمة 10 dB لمحاكاة مبنى خرساني تبين أن الجهاز WPT ينبغي وضعه على مسافة أبعد من 15,3 m من مستقبل الهواة الراديوي.

الشكل 36

توزيع مصدر التداخل الوحيد للسيناريو 2



الاستنتاجات من السيناريو 2

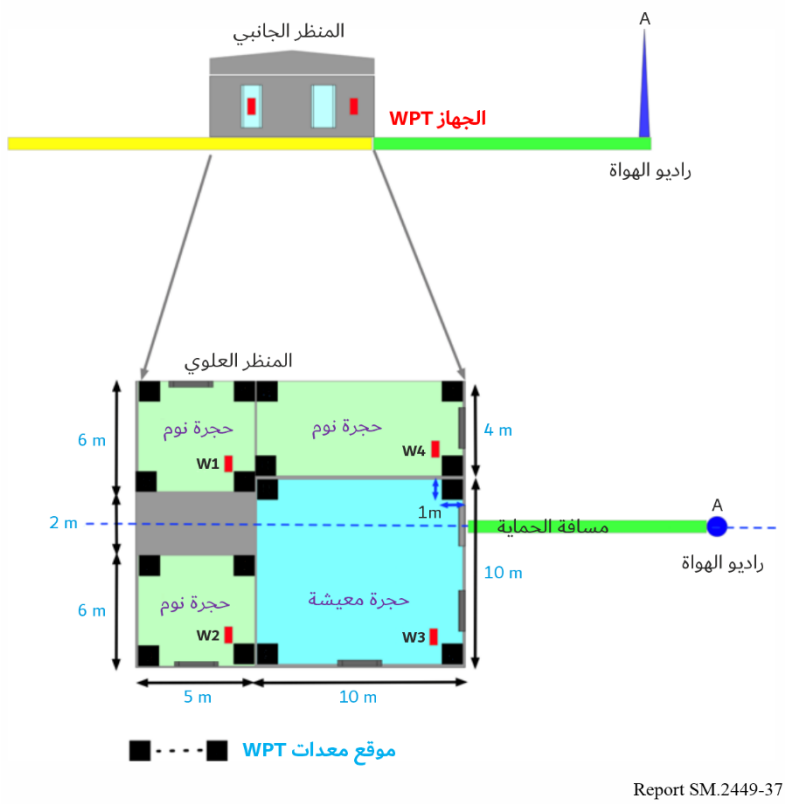
نتائج السيناريو 2 لمصدر التداخل الوحيد باستعمال توهين بقيمة 0 dB لمحاكاة مبنى خشبي تبين أن الجهاز WPT ينبغي وضعه على مسافة أبعد من 28,1 m من مستقبل الهواة الراديوي.

2.2.7 السيناريوهات التجميعية

تستخدم السيناريوهات التجميعية أربعة أجهزة WPT موضوعة داخل منزل. ويوضع كل جهاز WPT على مسافة m1 من الحائط وتوزع الأجهزة عشوائياً في الأركان المختلفة للغرف. ويستعمل السيناريو الأول خسارة اختراق للمباني بقيمة 10 dB لمحاكاة تأثيرات الحوائط الخرسانية (التي تكون بشكل عام خرسانة مسلحة بالفولاذ)، بينما يستعمل السيناريو الثاني القيمة 0 dB من أجل المنشآت الخشبية أو حوائط القرميد (ظروف انتشار مثالية).

الشكل 37

تصور النموذج رقم 1 للسيناريو التجميعي



لمحاكاة مواد البناء المختلفة، تم تقدير قيمة خسارة اختراق المبنى للحوائط الخشبية والخرسانية لتحديد مسافة الحماية. وترد القيم في الجدول 13.

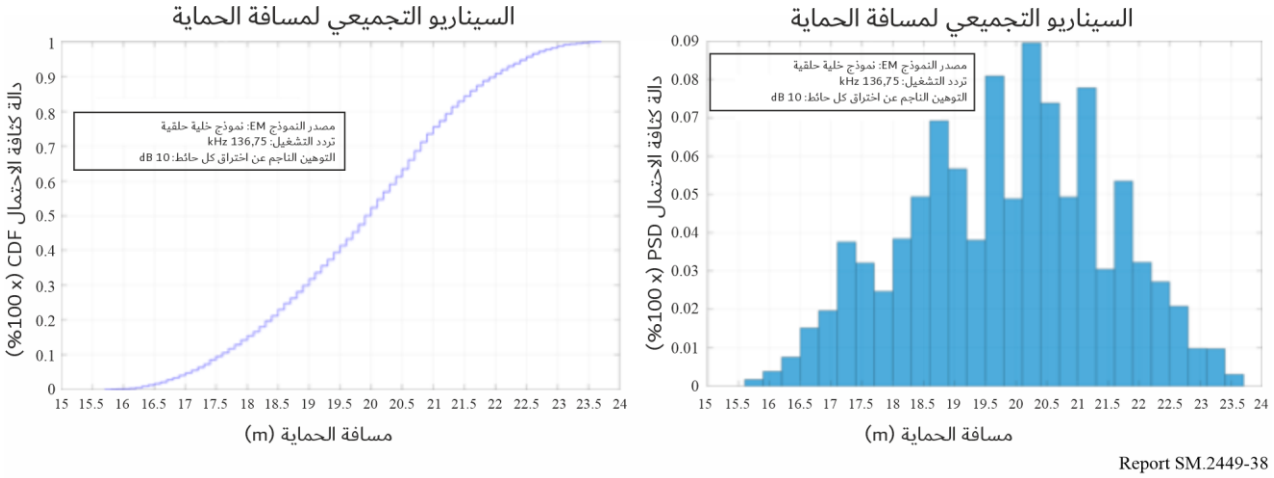
الجدول 13

القيم المستخدمة لخسارة اختراق المبنى

المعلمة	عدد الحوائط	خسارة اختراق المبنى للحوائط الخشبية (dB)	خسارة اختراق المبنى للحوائط الخرسانية (dB)
WPT1	2	0	20
WPT2	2	0	20
WPT3	1	0	10
WPT4	1	0	10

الشكل 38

نتائج المحاكاة باستعمال قيمة لخسارة اختراق المبنى تساوي 10 dB

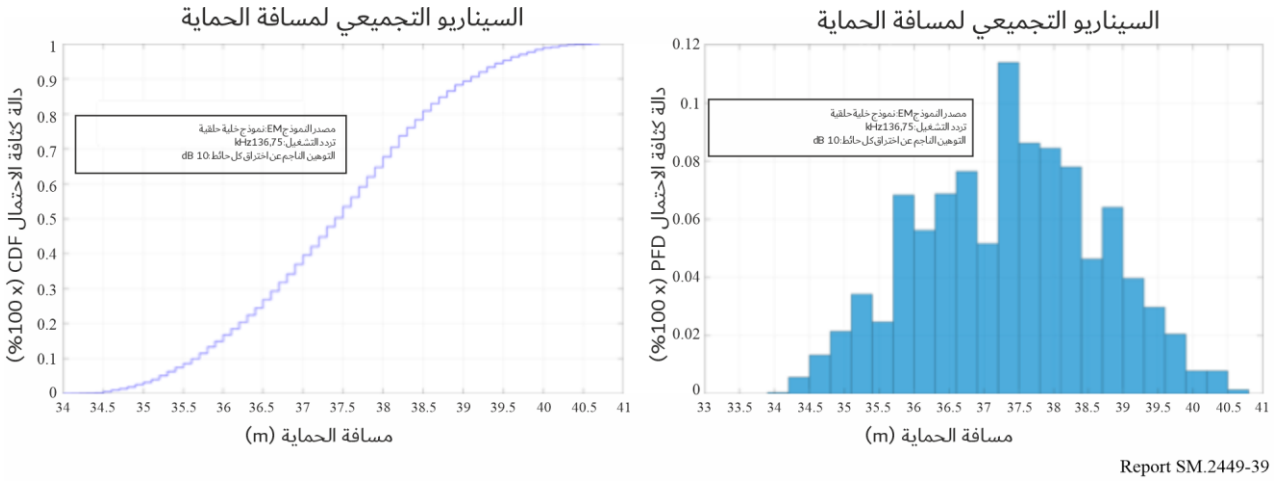


استنتاجات المحاكاة 1 للسيناريو التجميعي

تبلغ مسافة الحماية المتوسطة 17,1 m والقصوى 23,2 m استناداً إلى قيمة لخسارة اختراق المبنى تساوي 10 dB من الحوائط الخرسانية. ومدى القيم ناجم عن وضع الأجهزة WPT بالقرب من النوافذ. وتكون المسافة القصوى البالغة 23,2 m عندما يوضع الجهاز WPT بالقرب من الحوائط الخارجية وتتداخل مراحل الإشارة بشكل بناء، وتكون المسافة الدنيا التي تصل إلى 2,5 m هي الحالة عندما يوضع الجهاز WPT بالقرب من الحوائط الداخلية و/أو مراحل الإشارة تتداخل بشكل مدمر.

الشكل 39

نتائج المحاكاة باستعمال قيمة لخسارة اختراق المبنى تساوي 0 dB



استنتاجات المحاكاة 2 للسيناريو التجميعي

تبلغ مسافة الحماية المتوسطة 42,0 m والقصوى 51,3 m استناداً إلى قيمة لخسارة اختراق المبنى تساوي 0 dB من الحوائط الخشبية/القرميد. ومدى القيم ناجم عن وضع الأجهزة WPT بالقرب من النوافذ. وتسجل المسافة القصوى عندما يوضع الجهاز WPT بالقرب من حائط داخلي. وتكون المسافة القصوى البالغة 51,3 m عندما يوضع الجهاز WPT بالقرب من الحوائط الخارجية وتتداخل مراحل الإشارة بشكل بناء، وتكون المسافة الدنيا التي تصل إلى 17,2 m هي الحالة عندما يوضع الجهاز WPT بالقرب من الحوائط الداخلية و/أو مراحل الإشارة تتداخل بشكل مدمر.

3.7 ملخص النتائج

ملخص الجدول 14 أدناه نتائج عمليات المحاكاة. وطبقاً لنتائج عمليات المحاكاة، يمكن استنتاج أن أجهزة الشحن المتنقلة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً تؤثر على مستقبلات خدمة الهواة عندما تكون الأجهزة على بعد أقل من 51,3 m من المستقبل.

الجدول 14

ملخص النتائج

السيناريو	مستوى التداخل المسموح به (dBµV/m)	مسافة الفصل (m)
السيناريو 1 لمصدر التداخل الوحيد	25,6	15,3
السيناريو 2 لمصدر التداخل الوحيد	25,6	28,1
السيناريو 1 التجميعي	25,6	23,2
السيناريو 2 التجميعي	25,6	51,3

ويمكن للموقع الدقيق (مثل فرق الارتفاع) لهوائي استقبال خدمة الهواة أن يخفف من تأثير التداخل. كما أنه من غير المحتمل أن تعمل جميع شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً على التردد نفسه مما قد يقلل من تأثير التداخل. ومع ذلك، من المحتمل أن تكون هناك أجهزة متعددة لإرسال الطاقة لاسلكياً ضمن مدى المستقبل الوحيد لأن مسافات الحماية كبيرة بالنسبة لمنطقة حضرية.

8 دراسة أثر الأنظمة الحثيثة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة على خدمة الملاحة الراديوية في النطاق 90-110 kHz

يفترض مستقبل Loran-C كنظام قائم يتعرض للتداخل، حيث يعمل في النطاق 90-110 kHz وبعرض نطاق 20 kHz. وتؤخذ خصائص النظام Loran-C من التوصية ITU-R M.583 كما قدمتها فرقة العمل 5B.

وعموماً، تقام محطة النظام Loran-C في منطقة غير سكنية. ويعرض الشكل 40 أمثلة كمرجع. والمستقبل Loran-C موجود على متن السفينة.

الشكل 40

محطات النظام Loran-C في منطقة غير سكنية

Report SM.2449-40

1.8 معلمات من أجل المحاكاة

ترد في الجدولين 15 و16 المعلمات التي استخدمت أثناء المحاكاة لكل من المرجع والمستقبل المتعرض للتداخل على التوالي.

وتحدد الفقرة (2) من الجزء 31.15 من الباب 47 من مدونة اللوائح الفيدرالية في الولايات المتحدة متطلبات القياس لأجهزة التردد الراديوي العاملة في المجال القريب. وبعد تطبيق عامل الاستكمال الخارجي المطلوب طبقاً للجنة الفيدرالية للاتصالات والبالغ 40 dB لكل عقد على القيمة –15 dBµV/m على مسافة 300 m، فإن الحد على هذه الأجهزة يكون 44,08 dBµV/m على مسافة 10 m.

ويرد نموذج الانتشار المستعمل لكل من المجال القريب والمجال البعيد في التوصية ITU-R SM.2028.

وفي سيناريوهات التداخل التي تمت محاكاتها، وضع جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً على منضدة داخل مبنى على مسافة 50 m من أقصر خط واصل بين المرسل والمستقبل الموضوع متن سفينة قبالة الساحل. ويوضع مرسل النظام Loran-C على مسافة 5 km في البر من الساحل.

الجدول 15

المعلمات المفترضة لجهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً يتسبب في التداخل على مستقبل Loran-C

المعلمات	التفاصيل
نوع الجهاز	جهاز متنقل لإرسال الطاقة لاسلكياً
تردد التشغيل (kHz)	148,5-100
شدة المجال E المشع (dBµV/m على مسافة 10 m)	44,08
نوع الهوائي	شامل الاتجاهات
الارتفاع (m)	0,7
أدنى مسافة من الشاطئ (m)	50
خسارة اختراق المبنى (dB)[16]	10
نموذج الانتشار	نموذج انتشار المجال القريب والفضاء الحر

الجدول 16

المعلمات المفترضة لمستقبل Loran-C يتعرض للتداخل

المعلمات	التفاصيل
النظام المعرض للتداخل	مستقبل Loran-C
تردد التشغيل (kHz)	100
عرض النطاق (kHz)	20
مخطط الهوائي	هوائي قضيبي
قدرة خرج مرسل المحطة Loran-C (kW)	40
شدة المجال الدنيا للإشارة Loran-C المحمية (dBµV/m)	45
معيار الحماية (I/S)	–20 dB

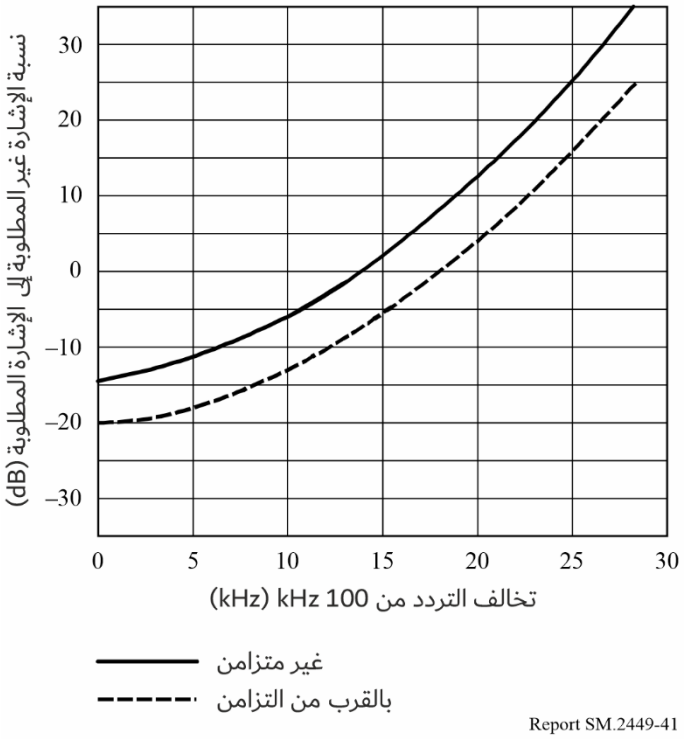
[16] تعني خسارة اختراق المباني في هذه الحالة خسارة الخروج من المبنى بالنسبة إلى إشارة إرسال الطاقة لاسلكياً. وهو أمر قابل للتطبيق بشكل كامل هنا، إذ أن تأثير التوهين لمواد البناء ينطبق على المجال البعيد.

وترد معايير الحماية المستخدمة في الشكل 1 والمأخوذة من التوصية ITU-R M.589. وطبقاً لهذا المرجع، وينبغي لمعايير الحماية من التداخل داخل النطاق وخارج النطاق أن تتبع المنحنى المبين في الشكل 41. ويستخدم أسوأ منحنى (بالقرب من التزامن) لتقدير مخاطر التداخل.

ويفترض أن تكون الحالة الأسوأ –20 dB من حالة القرب من التزامن عند 100 kHz (تخالف 0 kHz من 100 kHz)؛ وبالتالي، تعتبر القيمة 25 dBµV/m مقبولة بالنسبة للضوضاء عن المستقبل Loran-C. وإضافة إلى ذلك، يفترض أن الحالة الأسوأ –13 dB من حالة القرب من التزامن عند 110 kHz؛ وبالتالي، تعتبر القيمة 32 dBµV/m مستوى مقبول للضوضاء عن المستقبل Loran-C. وبناءً على هذين الافتراضين، تستخدم القيمة 25 dBµV/m عند 100 kHz كمستوى أقصى مقبول للضوضاء عند المستقبل Loran-C في هذا التقييم. ويصور الشكل 41 أدناه معايير الحماية من التداخل المأخوذة من التوصية ITU-R M.589، ويلخص الجدول 17 أدناه معلمات التداخل المستخدمة أدناه.

الشكل 41

معايير الحماية Loran-C/CWI



الجدول 17

المعلمات المفترضة لجهاز Loran-C يتعرض للتداخل

تردد مصدر التداخل	شدة المجال الدنيا للإشارة المطلوبة	معايير الحماية Loran-C/CWI (بالقرب من التزامن)	المستوى المقبول من الضوضاء عند المستقبل Loran-C (dBµV/m)
100 kHz	45	–20	25
110 kHz	45	–13	32

الجدول 18

النسبة E/H المستخدمة في حساب شدة المجال E للمجال القريب من جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً

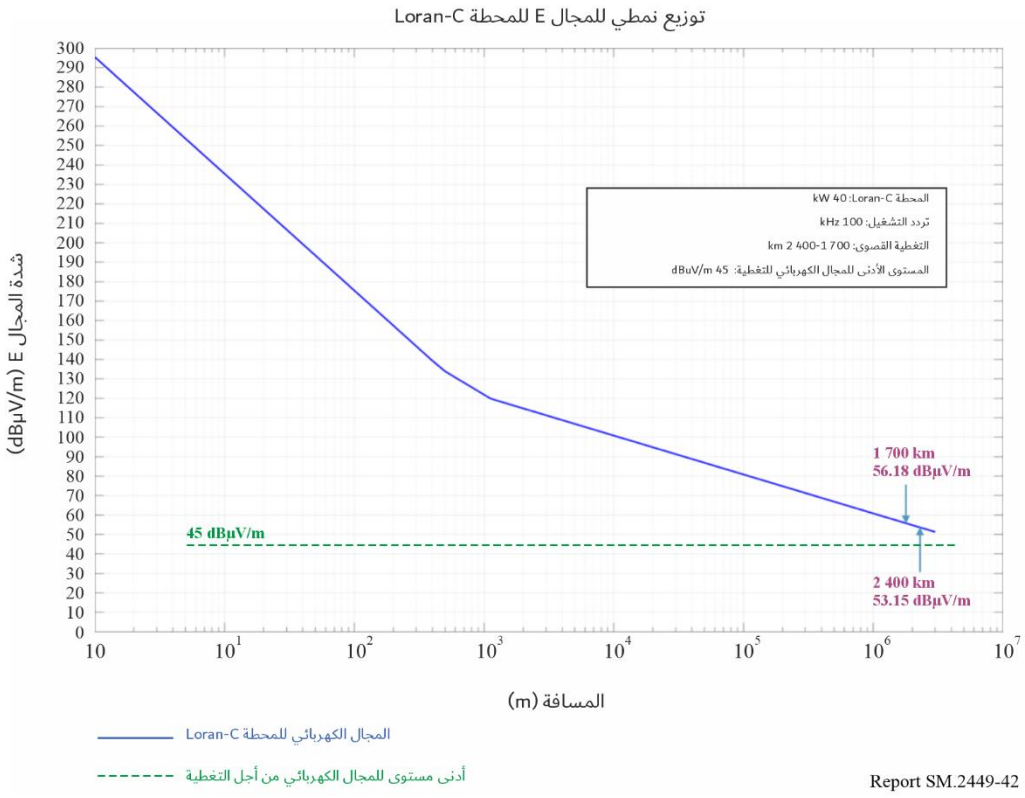
المسافة (m)	النسبة E/H (dB-ohms)
10	17,95
100	38,32
1 000	53,26
2 000	52,01
5 000	51,61
10 000	51,55

توزيع شدة الإشارة Loran-C

استناداً إلى قدرة قيمتها 40 kW من المحطة Loran-C، يصور الشكل 42 توزيع شدة المجال E للإشارة Loran-C مقابل المسافة. وداخل التغطية المستهدفة 700 1-400 2 km، تكون شدة الإشارة Loran-C أقوى بكثير من المستوى الأدنى المطلوب للإشارة.

الشكل 42

توزيع نمطي للمجال E للمحطة Loran-C

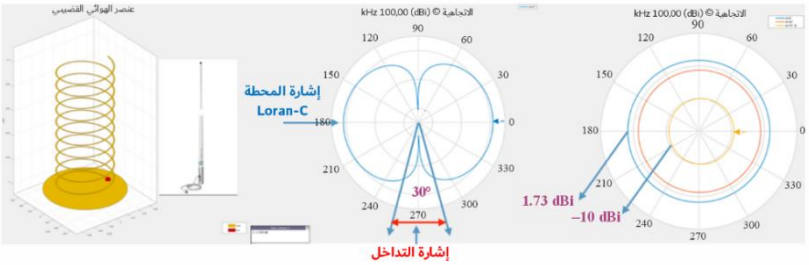


نموذج الهوائي للمستقبل Loran-C

في هذا التقييم، يفترض هوائي قضيبي كهوائي للمستقبل Loran-C يثبت أعلى السفينة. وطبقاً لنتائج المحاكاة المبنية في الشكل 43، تكون دلتا الكسب بين نسبة كسب الإشارة غير المطلوبة إلى كسب الإشارة المطلوبة –11,73 dB.

الشكل 43

كسب هوائي المستقبل Loran-C



Report SM.2449-31

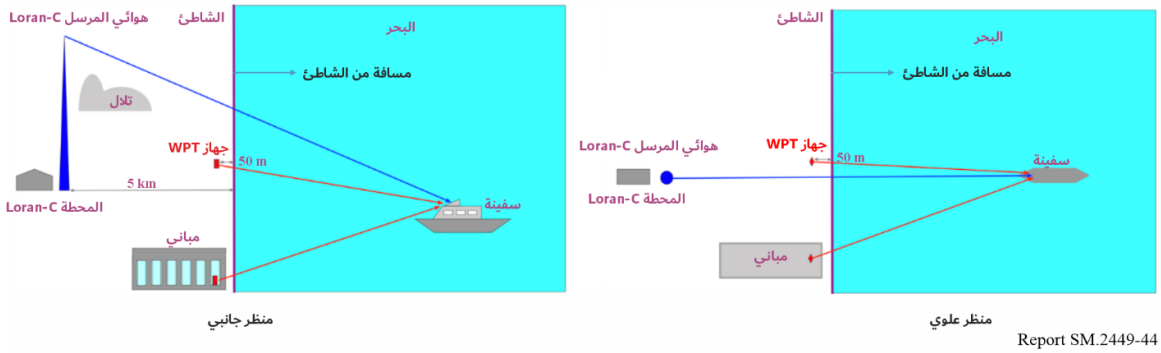
2.8 سيناريوهات ونتائج المحاكاة

1.2.8 نموذج المحاكاة رقم 1

يفترض النموذج رقم 1 أن الجهاز WPT موجود في مبنى أو بالقرب من مبنى على مسافة 50 m من الشاطئ. والجهاز المعرض للتداخل هو المستقبل Loran-C والمثبت على متن السفينة.

الشكل 44

النموذج رقم 1 لدراسة الأثر للمستقبل Loran-C



Report SM.2449-44

والشكل 45 عبارة عن نتائج البيانات المجمعة للنموذج رقم 1 – سيناريو مصدر التداخل الوحيد. وعندما يعمل الجهاز WPT على 100 kHz، يكون هناك هامش مقداره 80 dB بين الإشارة الواجب حمايتها (26,21 dBµV/m) وشدة المجال E للمرسل Loran-C والتي تزيد عن 110 dBµV/m على الشاطئ.

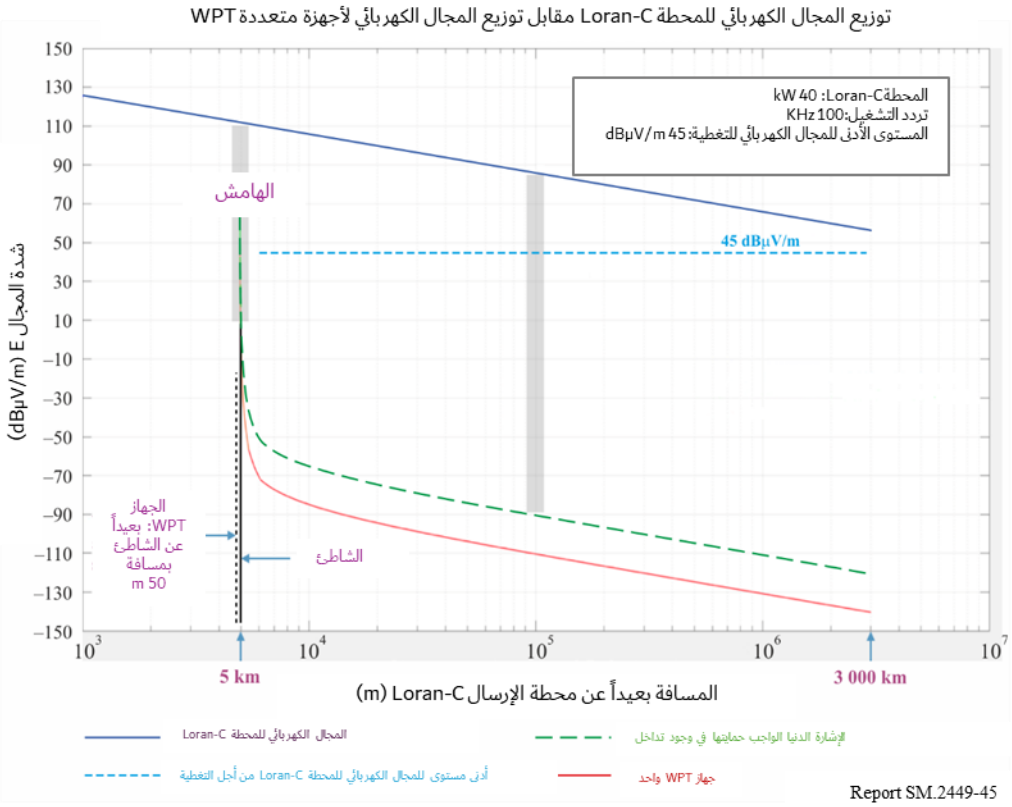
الجدول 19

النموذج رقم 1 للمستقبل Loran-C – مصدر تداخل وحيد

المعلمات	القيمة
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 300 m (dBµV/m)	15–
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 10 m (dBµV/m)	44,08
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 50 m (dBµV/m) (بعيداً عن الشاطئ)	16,12
خسارة اختراق المبنى (dB)	10
نسبة الحماية (dB)	20
مستوى الإشارة الواجب حمايتها (dBµV/m) على أساس مسافة حماية 50 m	26,12
شدة الإشارة Loran-C (dBµV/m) على الشاطئ	110<
الهامش (dB)	80<

الشكل 45

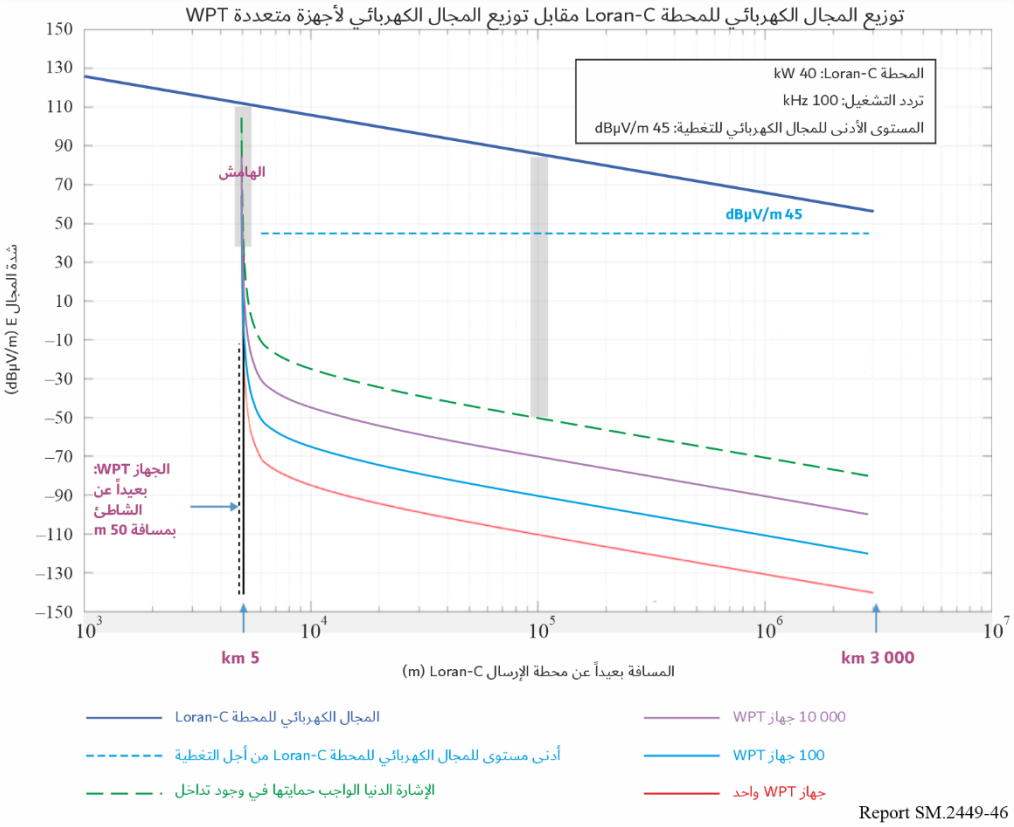
النموذج رقم 1 للمستقبل Loran-C – مصدر تداخل وحيد



الشكل 46 عبارة عن البيانات المجمعة لحالات مجمعة مختلفة. ويصور الشكل مستويات لشدة المجال لعدد 100 و10 000 جهاز WPT نشط يعمل في آن واحد. وعندما يعمل 10 000 جهاز WPT نشط على 100 kHz في آن واحد، يكون هناك هامش بمقدار 3,88 dB بين الإشارة الواجب حمايتها (66 dBµV/m لعدد 100 جهاز و106,12 dBµV/m لعدد 10 000جهاز) وشدة المجال E للمرسل Loran-C، والتي تزيد عن 100 dBµV/m على الشاطئ.

الشكل 46

النموذج رقم 1 للمستقبل Loran-C – السيناريو المجمع



2.2.8 نموذج المحاكاة رقم 2

يفترض النموذج الثاني رقم 2 أن المرسل Loran-C الموجود على الشاطئ موضوع على مسافة 5 km من خط الساحل، مع وجود الجهاز WPT المتنقل أسفل سطح السفينة وهوائي المستقبل Loran-C أعلى السفينة. وبافتراض قيمة لخسارة اختراق المبنى تساوي 10 dB وقيمة تساوي 17,95 dB للنسبة E/H من الجدول 18، فإن شدة المجال E للتداخل المسموح بها على مسافة 10 m ستكون 34,08 dBµV/m. وكما هو مدرج في الجدول 16، يلزم وجود قيمة للنسبة I/S تساوي –20 dB. والمستوى الأقصى لإشارة التداخل المقبول سيكون 42,35 dBµV/m طبقاً للمعادلة أدناه، عندما يكون هناك جهاز WPT متنقل يعمل على مسافة 10 m بعيداً عن هوائي المستقبل Loran-C.

معادلة الحد الأقصى للضوضاء المقبولة عند المستقبل Loran-C:

$$\text{مستوى التداخل} - \text{دلتا الكسب} + \text{مستوى الحماية} = 34{,}08 - 11{,}73 + 20 = 42{,}35 \text{ dBµV/m}$$

النموذج رقم 2 – سيناريو مصدر التداخل الوحيد

يتضمن الجدول 20 معلمات الدخل ونتائج المحاكاة لسيناريو مصدر التداخل الوحيد للنموذج رقم 2. وتظهر نتائج المحاكاة أمد الجهاز WPT الذي تبلغ شدة مجاله E القيمة 34,08 dBµV/m، ينبغي وضعه على مسافة أبعد من 5,37 m من هوائي المستقبل Loran-C للحفاظ على المستوى الأدنى للإشارة على مسافة التغطية القصوى البالغة 2 400 km.

الجدول 20

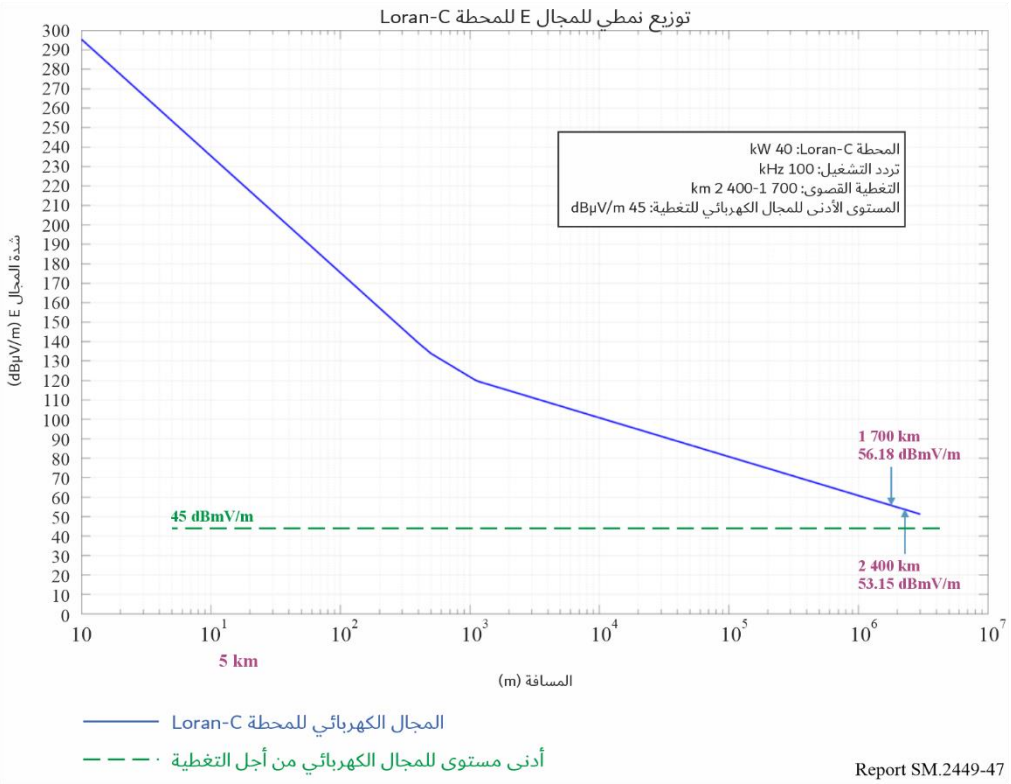
النموذج رقم 2 للمستقبل Loran-C – مصدر تداخل وحيد

المعلمات	القيمة
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 300 m (dBµV/m)	15–
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 10 m (dBµV/m)	44,08
خسارة اختراق المبنى (dB)	10
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 10 m (dBµV/m) مع خسارة اختراق المبنى	34,08
التغير، دلتا، في كسب الهوائي للإشارة المطلوبة والجهاز WPT المسبب للتداخل (dB)	11,73–
نسبة الحماية (dB)	20
مستوى الإشارة الواجب حمايتها (dBµV/m) على أساس مسافة حماية 10 m	42,35
التغطية لمستوى الإشارة الواجب حمايتها (km) على أساس مسافة حماية 10 m	8 355
مسافة الحماية (m) – على أساس مسافة تساوي 1 700 km	4,51
مسافة الحماية (m) – على أساس مسافة تساوي 2 400 km	5,37

والشكل 47 عبارة عن البيانات المجمعة لسيناريو مصدر التداخل الوحيد للنموذج رقم 2. ويصور الشكل نتائج مسافات الحماية الواردة في الجدول 20.

الشكل 47

النموذج رقم 2 لدراسة الأثر للمستقبل Loran-C – مصدر تداخل وحيد

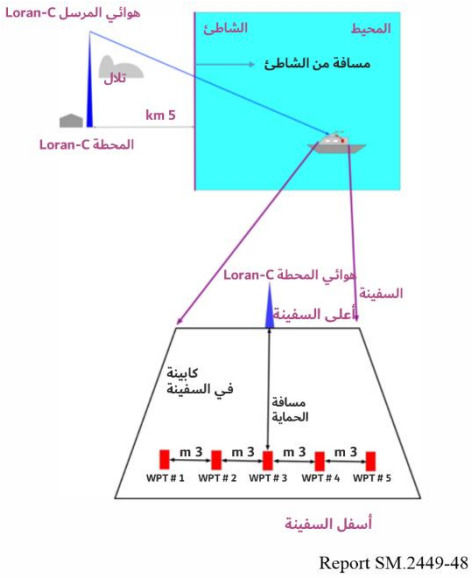


النموذج رقم 2 – السيناريو المجمع

يفترض في هذا السيناريو، أن هناك 5 أجهزة WPT متنقلة تعمل في نفس الوقت تحت سطح السفينة على مسافة فصل فيما بينها تساوي 3 m، كما هو مبين في الشكل 48. وترد في الجدول 21 معلمات الدخل للسيناريو المجمع هذا.

الشكل 48

النموذج رقم 2 للمستقبل Loran-C – السيناريو المجمع



الجدول 21

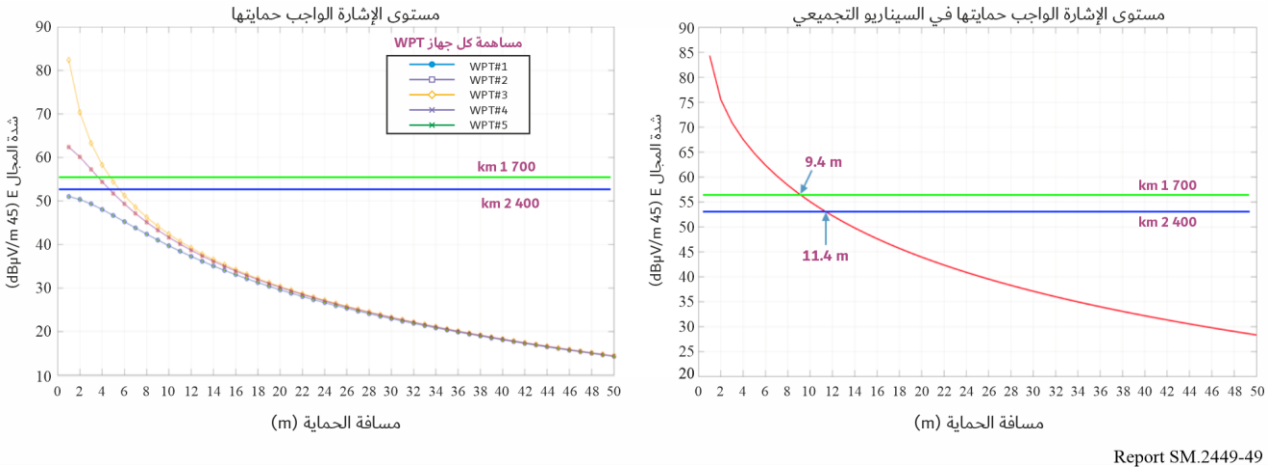
النموذج رقم 2 للمستقبل Loran-C – السيناريو المجمع

المعلمات	القيمة
عدد أجهزة WPT النشيطة	5
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 300 m (dBµV/m)	15–
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 10 m (dBµV/m)	44,08
خسارة اختراق المبنى (dB)	10
شدة المجال E للجهاز WPT على مسافة 10 m (dBµV/m) مع خسارة اختراق المبنى	34,08
التغير، دلتا، في كسب الهوائي للإشارة المطلوبة والجهاز WPT المسبب للتداخل (dB)	11,73–
نسبة الحماية (dB)	20
التغطية لمستوى الإشارة الواجب حمايتها (km) على أساس مسافة حماية 10 m	8 355
مستوى الإشارة الواجب حمايتها على مسافة 1 700 km (dBµV/m)	56,18
مسافة الحماية المطلوبة (m) لتغطية 1 700 km	9,4
مستوى الإشارة الواجب حمايتها على مسافة 2 400 km (dBµV/m)	53,13
مسافة الحماية المطلوبة (m) لتغطية 2 400 km	11,4

الشكل 49 عبارة عن البيانات المجمعة للسيناريو المجمع للنموذج رقم 2. ولعدم التأثير على المستقبل Loran-C عند التغطية القصوى 2 400 km، ينبغي إبقاء أقرب جهاز WPT من هوائي المستقبل Loran-C على مسافة 11,4 m من المستقبل.

الشكل 49

النموذج رقم 2 لدراسة الأثر للمستقبل Loran-C – مستوى الإشارة المجمعة



3.8 ملخص النتائج

لا يتأثر المستقبل Loran-C في سيناريو النموذج رقم 1 عندما تكون أجهزة الشحن المتنقلة WPT على الشاطئ على البر.

وبالنسبة لسيناريو مصدر التداخل الوحيد للنموذج رقم 2، لا يتأثر المستقبل Loran-C بجهاز شحن الجهاز المتنقل WPT الموجود على متن السفينة عند وضع الجهاز بعيداً عن هوائي المستقبل Loran-C بمسافة 4,51 m عند المدى الأقصى لتغطيته البالغ 1 700 km، وبمسافة 5,37 m عندما تبلغ مسافة التغطية القصوى المرغوبة 2 400 km.

وفي السيناريو المجمع للنموذج رقم 2، لا يتأثر المستقبل Loran-C بالأجهزة WPT المتنقلة الموجودة على متن السفينة عندما يكون أقرب جهاز على مسافة 9,4 m من هوائي المستقبل Loran-C عند المدى الأقصى لتغطيته البالغ 1 700 km، وعلى مسافة 11,4 m عندما تبلغ مسافة التغطية القصوى المرغوبة 2 400 km.

9 دراسة أثر الأنظمة الحثيثة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة على خدمة الملاحة الراديوية للطيران بالنسبة إلى أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في المديين 148,5-100 kHz و405-315 kHz

1.9 معلمات المحاكاة

تجرى المحاكاة على ترددين تمثيليين: 130 kHz يتعلق بأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في 148,5-100 kHz و400 kHz فيما يتعلق بأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في 405-315 kHz.

وفيما يتعلق بالتردد 130 kHz، تحدد الفقرة (2) من الجزء 31.15 من الباب 47 من مدونة اللوائح الفيدرالية في الولايات المتحدة متطلبات القياس لأجهزة التردد الراديوي العاملة في المجال القريب. وبعد تطبيق عامل الاستكمال الخارجي المطلوب طبقاً للجنة الفيدرالية للاتصالات والبالغ 40 dB لكل عقد على القيمة –15 dBµV/m على مسافة 300 m، فإن الحد على الأجهزة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً يكون 44,08 على مسافة 10 m. وقد استخدمت النمذجة من أجل الانتشار في المجال القريب.

وفيما يتعلق بالتردد 400 kHz، نظرت الدراسة في القيمة المقترحة البالغة 15 A/m dBµA كأقصى قدر منال انبعاثات لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً. واستخدمت النمذجة للانتشار في المجال القريب. وافتُرِض أن جميع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً موضع

الدراسة تستخدم التردد نفسه (400 kHz)، بينما يمكن في الحياة الواقعية ملاحظة انتشار كبير لترددات الشحن الفعلية اعتماداً على التنفيذ الفعلي وحالة الشحن وما إلى ذلك.

ووفر الفريق المسؤول بقطاع الاتصالات الراديوية الأساس لتحليل الأثر، على النحو الوارد في الجدول 22 أدناه.

الجدول 22

حد التداخل المسموح به في أجهزة التحديد الأوتوماتي للاتجاه (ADF)/المنارات غير الاتجاهية (NDB)

الخدمات	مدى التردد (kHz)	عرض نطاق المستقبل NDB/ADF (kHz)	حد التداخل المسموح به (dBµV/m)
الملاحة الراديوية للطيران	535-130	2,7	21,9

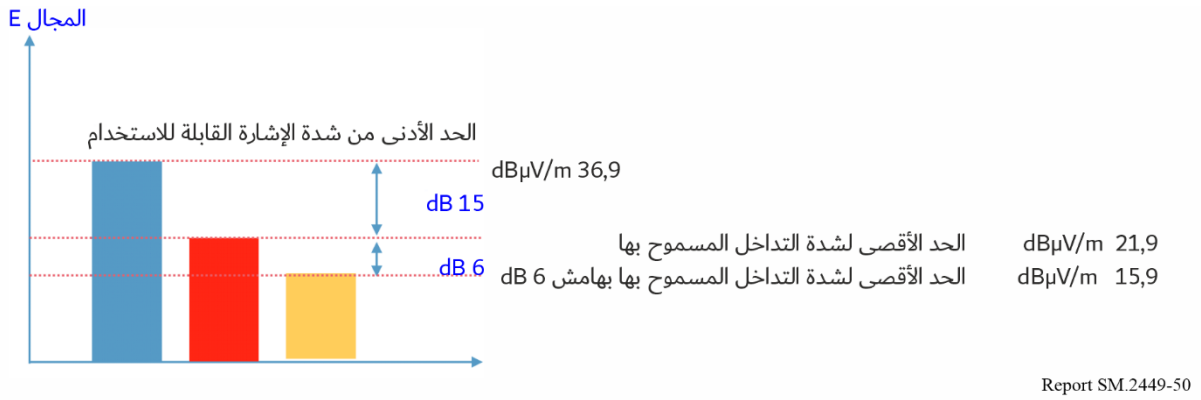
ويراعى الأثر الكلي في عمليات المحاكاة من خلال إضافة جميع انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً من كل جهاز.

وكتحليل للحساسية، تظهر النتائج أيضا بهامش إضافي قدره 6 dB.

وتظهر المستويات المختلفة في الشكل 50.

الشكل 50

مستويات شدة المجال ذات الصلة

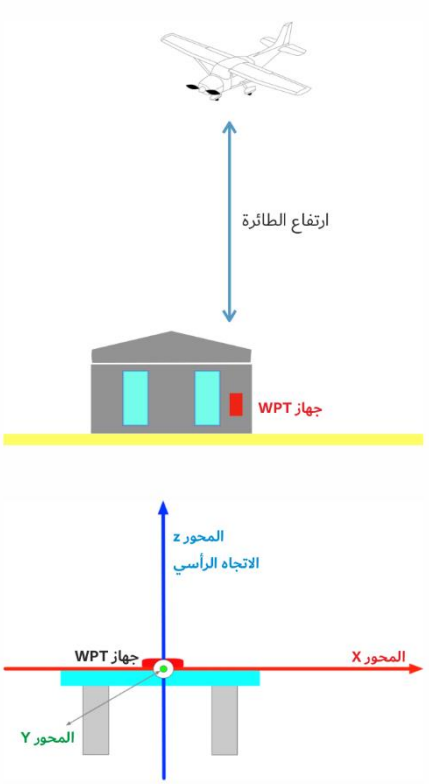


2.9 سيناريو مصدر التداخل الوحيد

في سيناريو مصدر التداخل الوحيد، يوضع جهاز WPT وحيد داخل مبنى مع وضع طائرة أعلى المنطقة خارج المبنى مباشرةً.

الشكل 51

سيناريو مصدر التداخل الوحيد

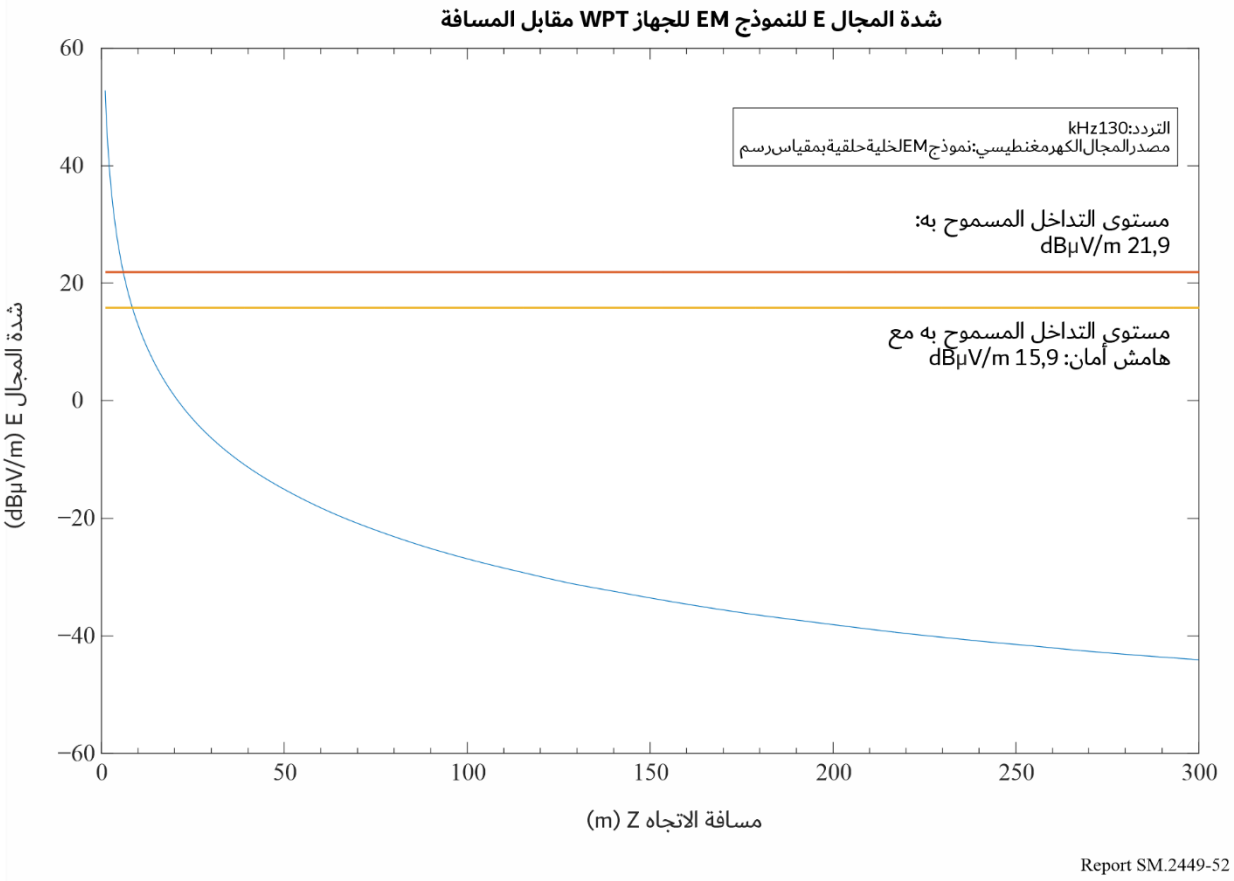


Report SM.2449-51

1.2.9 نتائج مصدر التداخل الوحيد

الشكل 52

أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 130 kHz:
شدة المجال E لمصدر التداخل الوحيد مقابل الارتفاع فوق مستوى سطح الأرض (m)

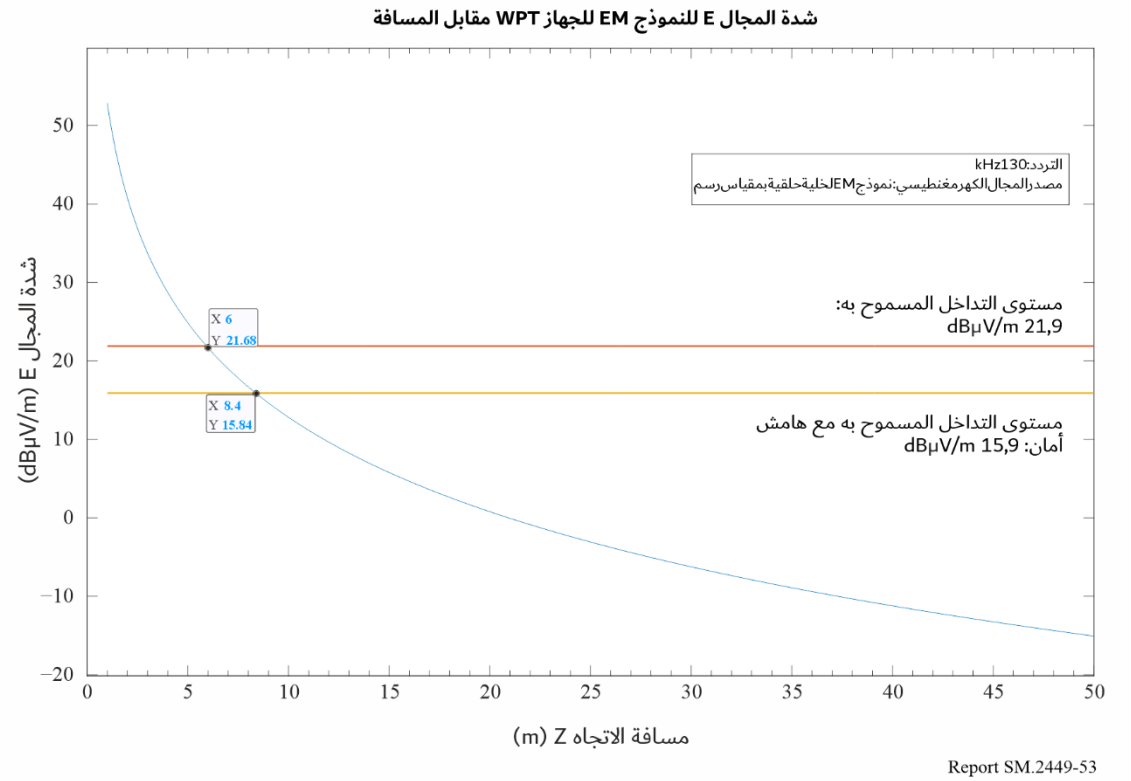


Report SM.2449-52

الشكل 53

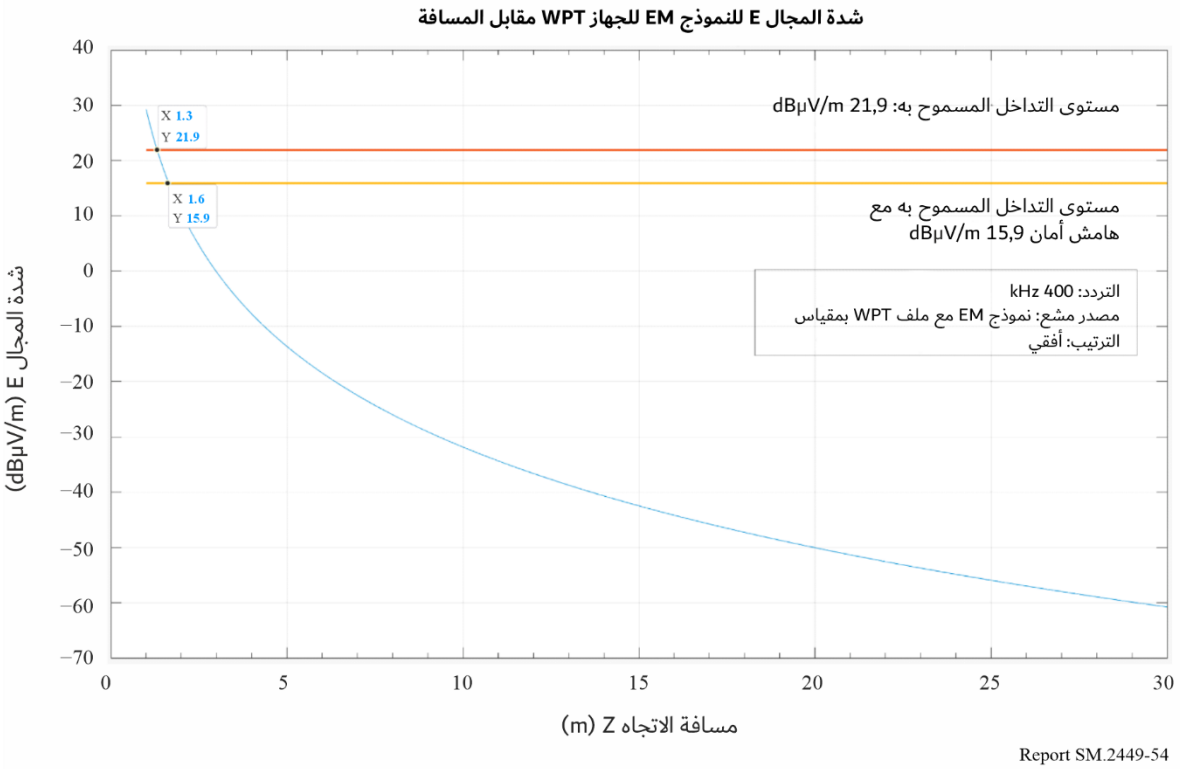
أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 130 kHz:

شدة المجال E لمصدر التداخل الوحيد مقابل الارتفاع فوق مستوى سطح الأرض (m) (مع التكبير)



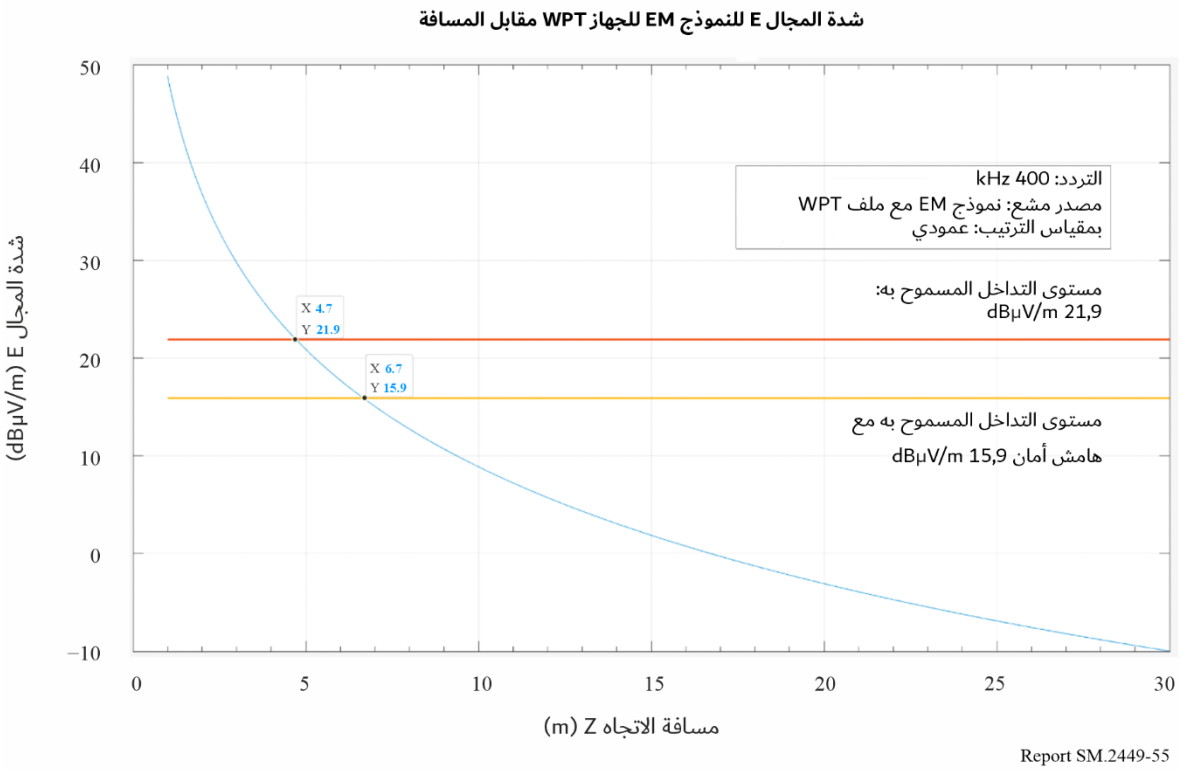
الشكل 54

أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 400 kHz:
شدة المجال E لمصدر التداخل الوحيد مقابل الارتفاع فوق مستوى سطح الأرض (m)
لملف إرسال الطاقة لاسلكياً الأفقي



الشكل 55

أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 400 kHz:
شدة المجال E لمصدر التداخل الوحيد مقابل الارتفاع فوق مستوى سطح الأرض (m)
لملف إرسال الطاقة لاسلكياً العمودي



2.2.9 الخلاصة لسيناريو مصدر التداخل الوحيد

تشير النتائج الخاصة بسيناريو مصدر التداخل الوحيد إلى أن الأثر على مستقبل جهاز التحديد الأوتوماتي للاتجاه أقل من العتبة لمسافة تزيد عن 6 m. وبالنظر إلى هامش الأمان، فإن المسافة تزيد عن 8,4 m، ولم تؤخذ في الاعتبار في الحسابات خسارة الأسقف والأرضيات. ومن شأن مراعاة هذه الخسارة أن يخفض أكثر من أثر التداخل الناجم عن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على مستقبل جهاز التحديد الأوتوماتي للاتجاه.

3.9 السيناريو المجمع

السيناريو المجمع هو 5 000 جهاز/km² لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 130 kHz و5 001 جهاز/km² عند النطاق 400 kHz استناداً إلى الجدول 1.

يقدم هذا السيناريو افتراضات أسوأ الحالات، إذ تقوم جميع الأجهزة بالإرسال في الوقت نفسه وعلى التردد ذاته بالضبط. وفي الواقع، يختلف التردد الأساسي لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً.

1.3.9 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 130 kHz

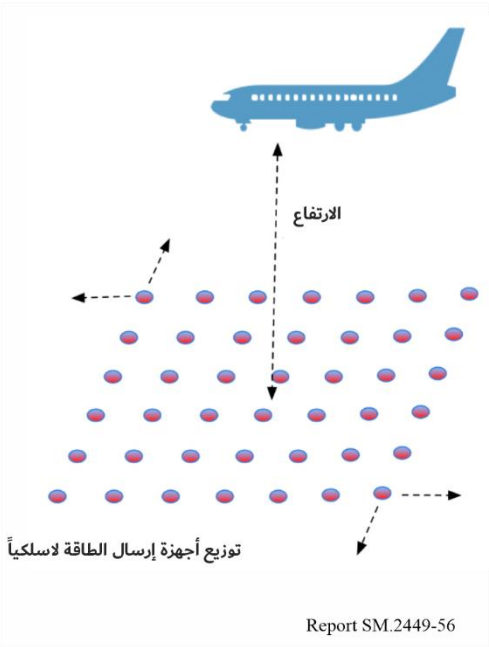
1.1.3.9 السيناريو عند النطاق 130 kHz

يفترض السيناريو المجمع وجود أجهزة WPT موزعة بالتساوي داخل مربع. ويتم استخدام مساحات مختلفة للمنطقة من 1 km × 1 km إلى 8 km × 8 km. وتحاكي مستويات النشاط المختلفة. وتتم محاكاة ارتفاعي طائرتين 100 m و300 m.

وكمرجع، يبلغ الارتفاع الأدنى الآمن في الولايات المتحدة 500 قدم (150 m تقريباً) فوق كتل مائية مفتوحة أو مناطق كثيفة السكان و1 000 قدم (و300 m تقريباً) فوق المناطق الحضرية، على التوالي، ويوضع هوائي مستقبل جهاز التحديد الأوتوماتي للاتجاه الخاص بالطائرة فوق مركز المربع. وتجمع المجالات المشعة باستخدام التجميع الاتجاهي.

الشكل 56

مثال عن تصور السيناريو المجمع



الجدول 23 يعرض النتائج لارتفاع للطائرة يبلغ 100 m.

الجدول 23

المجال E المجمع للأجهزة WPT (ارتفاع الطائرة 100 m)

المنطقة (km × km)	المجال E الأقصى (dBµV/m)	المتوسط (dBµV/m)	التداخل الأقصى المسموح به (dBµV/m)	الهامش/الفجوة (dB)	
				بدون هامش الأمان	مع هامش الأمان
1 × 1	6,3–	16,7	21,9	28,2	22,2
2 × 2	5,5–	15,9–	21,9	27,4	21,4
4 × 4	4,8–	15,3–	21,9	26,7	20,7
8 × 8	5–	14,6–	21,9	26,9	20,9

2.1.3.9 الخلاصة لارتفاع الطائرة البالغ 100 m

أظهرت المحاكاة أن شدة المجال القصوى المحسوبة أقل من التداخل الأقصى المسموح به بمقدار أكبر من 26 dB. وبالنظر إلى هامش الأمان، فإن ذلك أقل من الحد الأقصى المسموح به للتداخل بأكثر من 20 dB. ولم تدرج خسارة اختراق الأسطح أو الأرضيات في المحاكاة، بيد أنها ستخفض أكثر من تأثير التداخل الناجم عن الأجهزة WPT على أجهزة التمديد الراديوي للاتجاه

ويعرض الجدول 24 النتائج لارتفاع للطائرة يبلغ 300 m.

الجدول 24

المجال E المجمع من الأجهزة WPT (ارتفاع الطائرة 300 m)

المنطقة (km × km)	المجال E الأقصى (dBµV/m)	المتوسط (dBµV/m)	التداخل الأقصى المسموح به (dBµV/m)	الهامش/الفجوة (dB)	
				بدون هامش الأمان	مع هامش الأمان
1 × 1	16,5−	25,5−	21,9	38,4	32,4
2 × 2	13,4−	22,2−	21,9	35,3	29,3
4 × 4	11,0−	20,1−	21,9	32,9	26,9
8 × 8	10,4−	18,6−	21,9	32,3	26,9

3.1.3.9 الخلاصة لارتفاع الطائرة البالغ 300 m

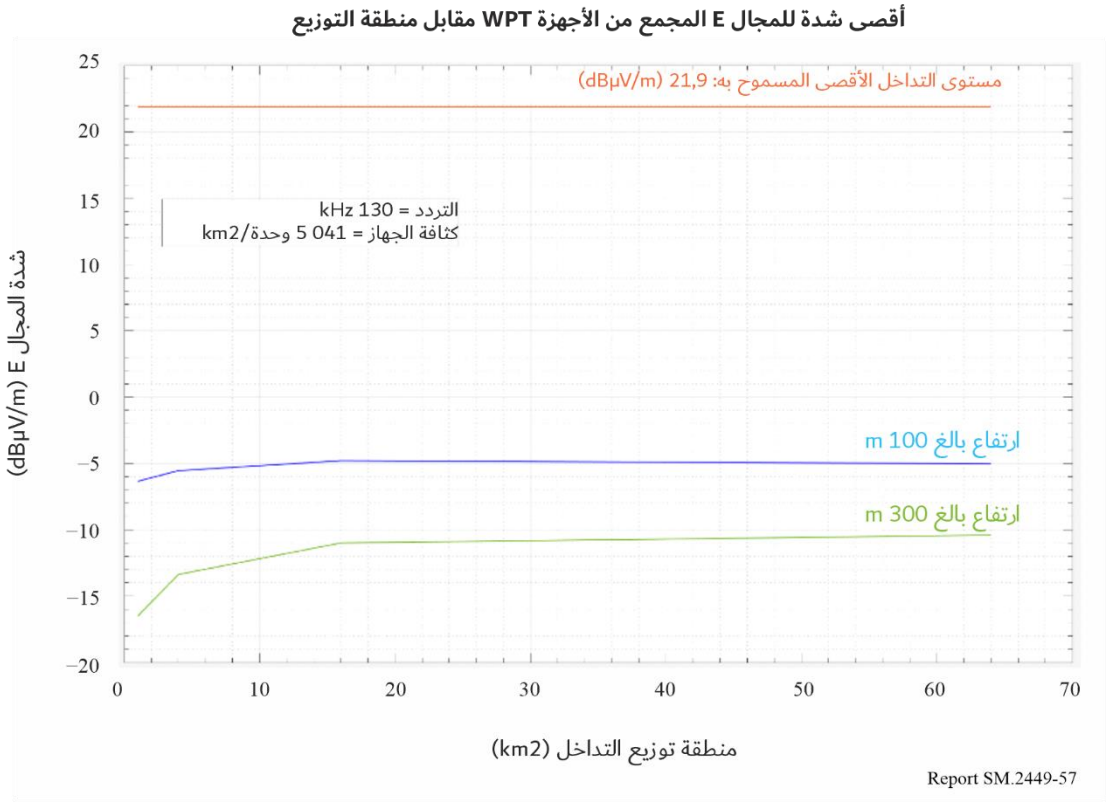
أظهرت المحاكاة أن شدة المجال القصوى المحسوبة أقل من التداخل الأقصى المسموح به بمقدار أكبر من 32 dB. وبالنظر إلى هامش الأمان، فإن ذلك أقل من الحد الأقصى المسموح به للتداخل بأكثر من 26 dB. ولم تدرج خسارة اختراق الأسطح أو الأرضيات في المحاكاة، بيد أنها ستخفض أكثر من تأثير التداخل الناجم عن الأجهزة WPT على أجهزة التمديد الأوتوماتي للاتجاه.

4.1.3.9 تأثير حجم المنطقة على منطقة التداخل المستقبلة

تظهر زيادة منطقة الحساب أن مستوى التداخل الذي يتجاوز 15 km^2 لارتفاع 100 m و30 km^2 لارتفاع 300 m يظل كما هو موضح في الشكل 57.

الشكل 57

شدة المجال مقابل منطقة توزيع التداخل



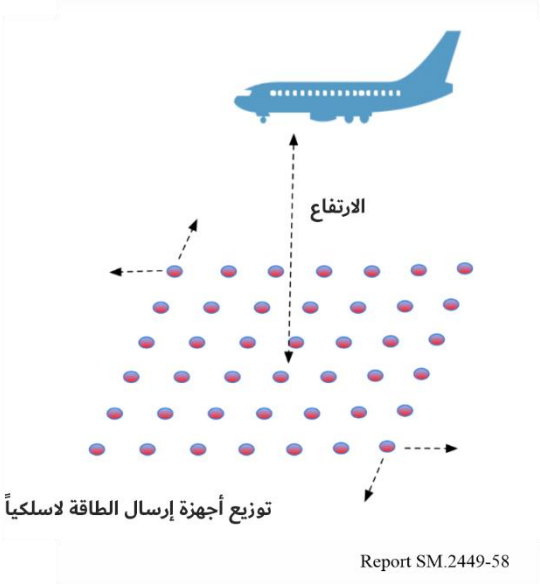
2.3.9 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 400 kHz

1.2.3.9 السيناريو عند النطاق 400 kHz

يفترض السيناريو المجمع وجود أجهزة WPT موزعة بالتساوي داخل مربع. ويتم استخدام مساحات مختلفة للمنطقة من 1 km × 1 km إلى 16 km × 16 km. وتحاكي مستويات النشاط المختلفة. وتتم محاكاة ارتفاعي طائرتين 100 m و300 m. وكمرجع، يبلغ الارتفاع الأدنى الآمن في المملكة المتحدة 500 قدم (150 m تقريباً) فوق كتل مائية مفتوحة أو مناطق كثيفة السكان و1 000 قدم (و300 m تقريباً) فوق المناطق الحضرية، على التوالي، ويوضع هوائي مستقبل جهاز التحديد الأوتوماتي للاتجاه الخاص بالطائرة فوق مركز المربع. وتجمع المجالات المشعة باستخدام التجميع الاتجاهي.

الشكل 58

مثال عن تصور السيناريو المجمع



ويعرض الجدول 25 النتائج لارتفاع للطائرة يبلغ 100 m.

الجدول 25

توزيع المجال المجمع من الأجهزة WPT (ارتفاع الطائرة 100 m)

المنطقة (km × km)	المجال E الأقصى (dBµV/m)	المتوسط (dBµV/m)	التداخل الأقصى المسموح به (dBµV/m)	الهامش/الفجوة (dB)	
				بدون هامش الأمان	مع هامش الأمان
1 × 1	5,5–	14,4–	21,9	27,4	21,4
2 × 2	3,9–	12,7–	21,9	25,8	19,8
4 × 4	3,2–	11,7–	21,9	25,1	19,1
8 × 8	3,5–	11,7–	21,9	25,4	19,4

2.2.3.9 الخلاصة لارتفاع الطائرة البالغ 100 m عند النطاق 400 kHz

أظهرت المحاكاة المجمعة أن شدة المجال القصوى المحسوبة أقل من التداخل الأقصى المسموح به بمقدار أكبر من 25 dB. وبالنظر إلى هامش الأمان، فإن ذلك أقل من الحد الأقصى المسموح به للتداخل بأكثر من 19 dB. ولم تدرج خسارة اختراق المباني (السطح/الأسقف) في المحاكاة، بيد أنها ستخفض أكثر من تأثير التداخل الناجم عن الأجهزة WPT على أجهزة التمديد الراديوي للاتجاه.

ويعرض الجدول 26 النتائج لارتفاع للطائرة يبلغ 300 m.

الجدول 26

توزيع المجال المجمع من الأجهزة WPT (ارتفاع الطائرة 300 m)

المنطقة (km × km)	المجال E الأقصى (dBµV/m)	المتوسط (dBµV/m)	التداخل الأقصى المسموح به (dBµV/m)	الهامش/الفجوة (dB)	
				بدون هامش الأمان	مع هامش الأمان
1 × 1	−11,5	−20,3	21,9	33,4	27,4
2 × 2	−8,1	−16,6	21,9	30,0	24,0
4 × 4	−6,2	−14,2	21,9	28,1	22,1
8 × 8	−4,2	−12,6	21,9	26,1	20,1
16 × 16	−3,9	−11,5	21,9	25,8	19,8

3.2.3.9 الخلاصة لارتفاع الطائرة البالغ 300 m عند النطاق 400 kHz

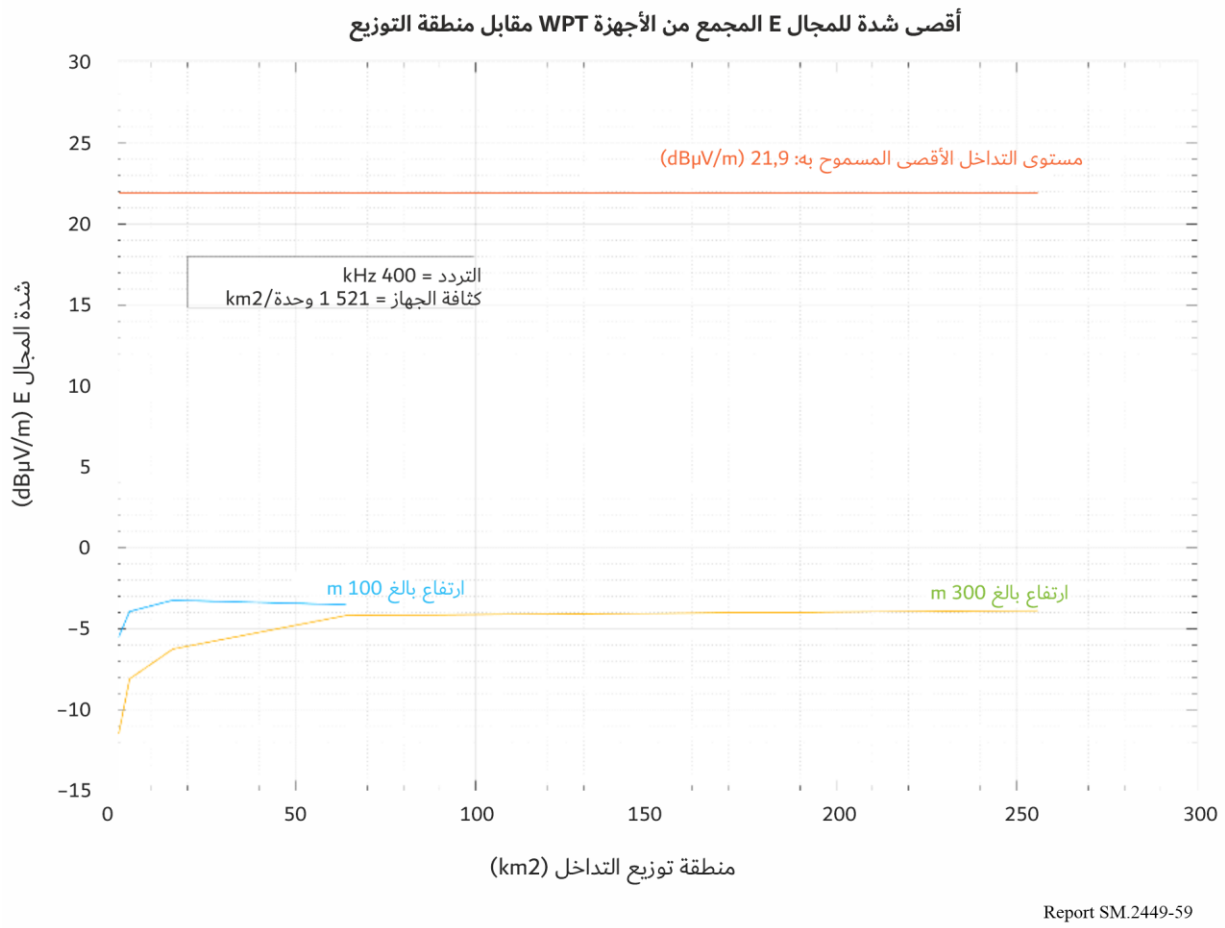
أظهرت المحاكاة المجمعة أن شدة المجال القصوى المحسوبة أقل من التداخل الأقصى المسموح به بمقدار أكبر من 25 dB. وبالنظر إلى هامش الأمان، فإن ذلك أقل من الحد الأقصى المسموح به للتداخل بأكثر من 19 dB. ولم تدرج خسارة اختراق المباني (السطح/الأسقف) في المحاكاة، بيد أنها ستخفض أكثر من تأثير التداخل الناجم عن الأجهزة WPT على أجهزة التمديد الراديوي للاتجاه.

4.2.3.9 تأثير حجم المنطقة على منطقة التداخل المستقبلة عند النطاق 400 kHz

تظهر زيادة منطقة الحساب أن مستوى التداخل الذي يتجاوز 20 km^2 لارتفاع 100 m و60 km^2 لارتفاع 300 m يظل كما هو موضح في الشكل 59.

الشكل 59

شدة المجال مقابل منطقة توزيع التداخل



4.9 ملخص النتائج

أظهرت عملية المحاكاة تلك أن المجال E لأجهزة الشحن WPT في الأجهزة المتنقلة والمحمولة لا تؤثر على استقبال إشارات الأجهزة ADF/المنارات NDB. ولم تدرج في الحسابات/المحاكاة خسارة اختراق الأسطح أو الأرضيات، بيد أنها ستخفض أكثر من تأثير التداخل الناجم عن الأجهزة WPT على الأجهزة ADF.

10 تحليلات عامة لأثر أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على خدمات الاتصالات الراديوية (مثل الخدمة الثابتة والخدمة المتنقلة)

1.10 دراسة مونت كارلو للقناة المشتركة من مصدر التداخل الوحيد بشأن أثر أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في مديات التردد (315-405 kHz و700 1-800 1 kHz و000 2-170 2 kHz) على الخدمات الراديوية

تحلل هذه الدراسة مستوى جهاز وحيد لإرسال الطاقة لاسلكياً الذي يتمتع بقناة مشتركة مع مستقبل خدمة اتصالات راديوية مثل الخدمة المتنقلة أو الثابتة. ولا تنطبق على المستقبلات الموجودة داخل المباني مثل الإذاعة الراديوية AM، إذ يلزم مقارنة تأثير التداخل بضوضاء موجة حاملة واحدة. إن مستوى المستقبلات أعلى من الضوضاء الغاوسية البيضاء المستخدمة للمقارنة هنا، ولكن من غير الواضح بكم هو أعلى بالضبط.

1.1.10 المعلمات

1.1.1.10 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

1.1.1.1.10 انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

ترد انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المستخدمة في هذه الدراسة في الجدول 27.

الجدول 27

انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

المعلمة	القيمة
الانبعاثات القصوى لإرسال الطاقة لاسلكياً، أسوأ تنظيم (dBµA/m على مسافة 10 أمتار)	−15
الانبعاثات الدنيا لإرسال الطاقة لاسلكياً، أحسن تنظيم (dBµA/m على مسافة 10 أمتار)	−30
تردد التشغيل لإرسال الطاقة لاسلكياً 1 (kHz)	400
تردد التشغيل لإرسال الطاقة لاسلكياً 2 (kHz)	1 650
تردد التشغيل لإرسال الطاقة لاسلكياً 3 (kHz)	2 000

ويتم إنشاء كل جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً بحيث يصدر فقط الحد الأقصى المسموح به في أسوأ موضع تنظيم للملفين، أما بالنسبة للعديد من مواضع التنظيم، فيكون المستوى المشع الفعلي أقل بكثير. ويتم النظر في تأثير التنظيم عن طريق اختيار مستوى الانبعاثات عشوائياً بين أفضل وأسوأ تنظيم.

ولأغراض هذه الدراسة، يتم تحليل تأثير القناة المشتركة لجهاز إرسال الطاقة لاسلكياً.

2.1.1.1.10 معلمات الخدمة الراديوية

يقدم الجدول 28 معلمات الخدمات الراديوية المستخدمة في التحليلات.

الجدول 28

معلمات الخدمات الراديوية

المعلمة	القيمة
عرض النطاق Rx (kHz)	2,7[1]
تردد Rx (kHz)	400، 1 650، 2 000
ضوضاء RX	الضوضاء الاصطناعية (انظر الفقرة 3.3.2.1.10)
هوائي	متعدد الاتجاهات
الارتفاع a.g.l. (m)	1,5

[1] لم تؤخذ القناة المجاورة في الاعتبار، واعتبرت القنوات المتداخلة قنوات مشتركة بالكامل.

ويتم تحليل تأثير التداخل عن طريق حساب متوسط مستوى التداخل مقابل المسافة.

3.1.1.1.10 الانتشار

1.3.1.1.1.10 نموذج الانتشار

انظر الملحق 3.

2.3.1.1.1.10 خسائر الانتشار الإضافية

في المدن، يفترض أن 30 في المائة من المسارات تحتوي على جسم معدني بين المتداخل ومستقبل الخدمة الراديوية (أي النوافذ المعدنية، والجدران/الأرضيات الخرسانية المسلحة الفولاذية، والأبواب/البوابات، والأسوار) بينما في المناطق السكنية، من غير المحتمل أن يظهر ذلك. ويمكن أيضا فهم هذه القيم على أنها النسبة المئوية للمباني ذات الكفاءة الحرارية التي تصفها التوصية ITU-R P.2109 بأنها تستخدم الزجاج المعدني أو الألواح المدعومة بالرقائق. وترد في الجدول 29 المعلمات المستخدمة في المحاكاة.

ولا يؤدي الانتشار من خلال الخشب أو الطوب إلى خسارة إضافية.

الجدول 29

خسائر الانتشار الإضافية

المعلمة	النسبة المئوية القابلة للتطبيق	القيمة (dB)
خسارة الانتشار في المناطق الحضرية	%30	10
بيئات أخرى	–	–

وحيثما لا تنطبق الخسارة، تطبق القيمة المتمثلة في عدم وجود خسارة، أي 0 dB.

3.3.1.1.1.10 بيئة الضوضاء

غالباً ما تهيمن الضوضاء الاصطناعية على نطاق التردد قيد النظر. ويستخدم التحليل التوصية ITU-R P.372 كخط أساس. وبالإضافة إلى ذلك، تستخدم قياسات الضوضاء الاصطناعية التي أجريت في هولندا (MN) أيضا للتحليلين [1]، و[3]. وتم إجراء هذه القياسات على مسافة لا تقل عن 10 أمتار من أقرب جدار مبنى. وفي التحليل [3] تم توضيح أن القياسات تهدف إلى وصف تجربة الضوضاء الاصطناعية من منظور مستخدمي الخدمة الراديوية، مثل هواة الراديو.

ويبين الجدولان 30 و31 مستويات الضوضاء المتوسطة المستمدة من التوصية ITU-R P.372 ومن قياسات الضوضاء الاصطناعية في هولندا (MN) المحولة إلى مجال مغنطيسي باستخدام عامل تصحيح قدره 51,5 dB.

الجدول 30

مستويات الضوضاء في التوصية ITU-R P.372

المعلمة	المستوى (dBµA /m)	الانحراف المعياري (dB)
kHz 400		
ضوضاء المدينة	32,82–	8,4
ضوضاء سكنية	37,12–	5,8

الجدول 30 (*تتمة*)

المعلمة	المستوى (dBµA /m)	الانحراف المعياري (dB)
kHz 1 650		
ضوضاء المدينة	–37,56	8,4
ضوضاء سكنية	–41,86	5,8
kHz 2 000		
ضوضاء المدينة	–38,20	8,4
ضوضاء سكنية	–42,50	5,8

الجدول 31

مستويات الضوضاء المستمدة من القياسات في هولندا (MN)

المعلمة	المستوى (dBµA /m)	الانحراف المعياري (dB)
kHz 400		
ضوضاء المدينة	–18,47	5,6
ضوضاء سكنية	–23,97	9,5
kHz 1 650		
ضوضاء المدينة	–26,23	6,4
ضوضاء سكنية	–32,34	5,5
kHz 2 000		
ضوضاء المدينة	–27,28	6,4
ضوضاء سكنية	–33,84	5,5

4.3.1.1.1.10 خسارة التمييز

إن تنظيم هوائي مستقبلات الخدمة الراديوية مع المجال الناتج عن شاحن لإرسال الطاقة لاسلكياً غير ثابت. ويتم توليد خسارة التمييز العشوائي عن طريق توليد زاوية عدم تطابق عشوائية، θ، موزعة بشكل منتظم من 0 إلى 360 درجة. ومن ثم تعطى خسارة التمييز بوحدات dB بواسطة:

$$Discrimination\ Loss = \min\left(-10\log_{10}(\cos^2\theta), 35\right)$$

ويبلغ الحد الأقصى للخسارة 35 dB عند التجويف لمراعاة العيوب في تصميم الهوائي والملف.

2.1.10 المنهجية

تُجرى محاكاة مونت كارلو من مصدر التداخل الوحيد من أجل تحليل الأثر الإحصائي لشحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً عند 400 kHz و1 650 kHz و2 000 kHz. وتهيمن الضوضاء الاصطناعية على حالة التداخل في هذه النطاقات في الغالب، وهي تتميز بمتوسط وانحراف معياري (التوزيع المكاني). وستواجه أي خدمة إذاعية تعمل في هذه النطاقات هذا المستوى من الضوضاء الاصطناعية. ونظرا للطابع الإحصائي للتحليل، فقد تم إجراءه لتحليل الفرق في حالة وجود أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً وعدم وجودها على المتوسط.

وفيما يلي عملية إعداد المحاكاة:

– وضع مستقبل خدمة راديوية واحد على مسافة 5 أمتار من جهاز راديوي لإرسال الطاقة لاسلكياً؛

– عروة تتضمن 20 000 حدثاً:

- يتم تعيين مستوى انبعاث لجهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً (يختلف عشوائيا من أفضل إلى أسوأ تنظيم)؛
- حساب مستوى التداخل المستقبل (المجموع) من إرسال الطاقة لاسلكياً (بما في ذلك خسارة الانتشار والتمييز)؛
- تخزين مستوى التداخل؛
- حساب متوسط مستويات التداخل؛

– زيادة المسافة بين مستقبل الخدمة الراديوية الوحيد وجهاز إرسال الطاقة لاسلكياً بمقدار 0,1 متر؛

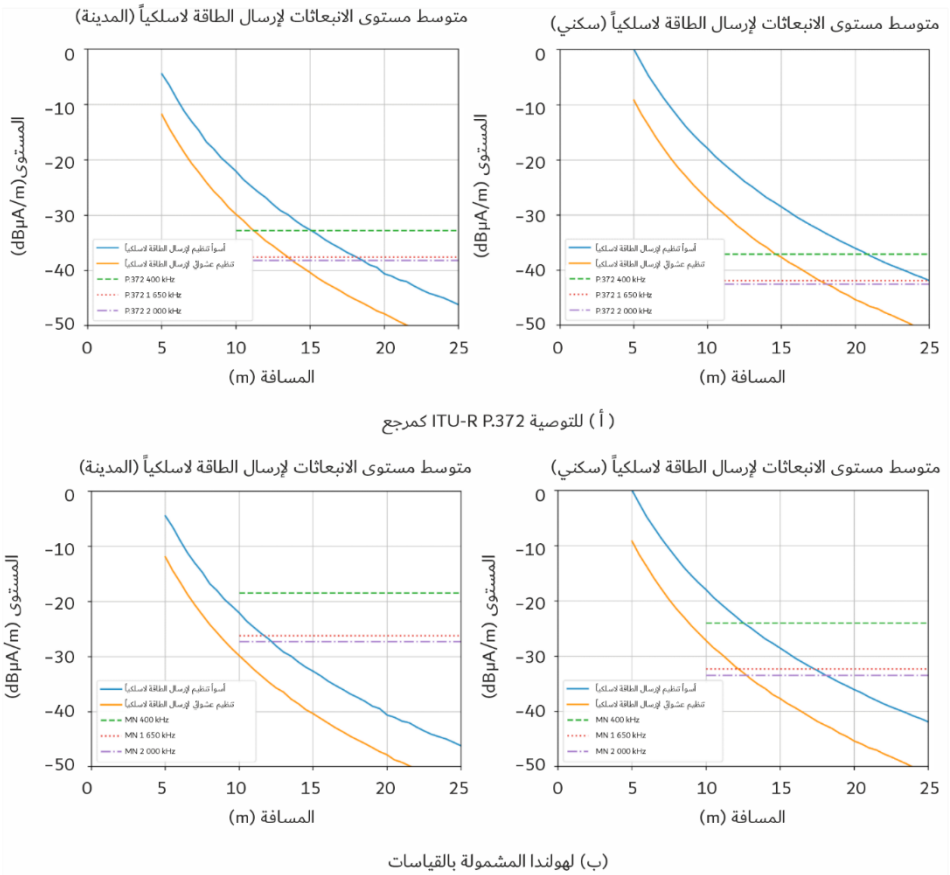
– إظهار كيف يتغير متوسط مستوى البث من جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً مع المسافة من مستقبل الخدمة الراديوية.

3.1.10 ملخص النتائج

يبين الشكل 60 النتائج المفصلة. يعتمد المنحنى الأزرق على جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً يحتوي دائماً على أسوأ تنظيم بين شاحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً وملفات الاستقبال فقط (وبالتالي يكون الحد الأعلى)، بينما يعتمد المنحنى البرتقالي على تنظيم عشوائي بين الملفات (أي يختلف من أفضل إلى أسوأ تنظيم وهو ما يؤثر أيضاً على الانبعاثات). وتمثل الخطوط الأفقية متوسط مستويات الضوضاء الاصطناعية عند النطاقات 400 kHz و1 650 kHz و2 000 kHz.

الشكل 60

نتائج مفصلة



(أ) للتوصية ITU-R P.372 كمرجع

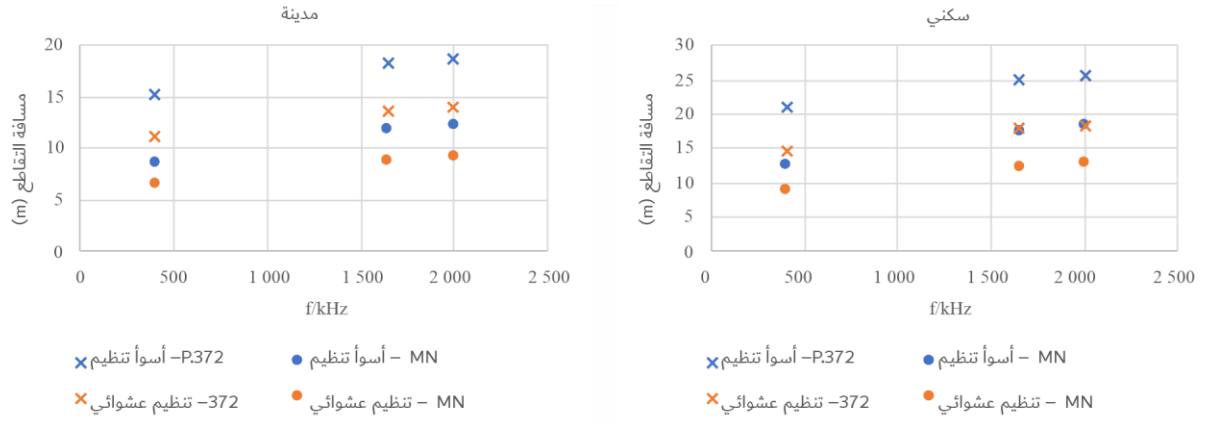
(ب) لهولندا المشمولة بالقياسات

Report SM.2449-60

ويبين الشكل 61 المسافة التي ينخفض عندها متوسط مستوى التداخل من جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً إلى ما دون متوسط الضوضاء الأساسية.

الشكل 61

نتائج مفصلة



Report SM.2449-61

يبين الجدول 32 ملخصا للمسافة التي تنخفض فيها الانبعاثات من جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً إلى ما دون متوسط مستوى الضوضاء الاصطناعية في دراسة من مصدر التداخل الوحيد.

الجدول 32

المسافات المقاسة بالمتر التي تنخفض فيها الانبعاثات من جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً إلى ما دون متوسط مستوى الضوضاء الاصطناعية في دراسة من مصدر التداخل الوحيد

	مستوى الضوضاء	أسوأ تنظيم للمسافة (m)	تنظيم عشوائي للمسافة (m)
المدن	ITU-R P.372	15 إلى 19	11 إلى 14
	هولندا المشمولة بالقياسات	9 إلى 13	7 إلى 9
المناطق السكنية	ITU-R P.372	21 إلى 26	15 إلى 18
	هولندا المشمولة بالقياسات	13 إلى 18	9 إلى 13

تتمثل هذه الدراسة من مصدر التداخل الوحيد في تحليل لأسوأ الحالات، لأنها تفترض أن انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً هي دائماً قناة مشتركة مع مستقبل الخدمة الراديوية.

2.10 دراسة مونت كارلو المجمعة بشأن أثر أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في مديات التردد (315-405 kHz و 700 1-800 1 و000 2-170 2 kHz) على الخدمات الراديوية

تحلل هذه الدراسة مستوى أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً الذي يتمتع بقناة مشتركة مع مستقبل خدمة اتصالات راديوية مثل الخدمة المتنقلة أو الثابتة. ولا تنطبق على المستقبلات الموجودة داخل المباني مثل الإذاعة الراديوية AM، إذ يلزم مقارنة تأثير التداخل بضوضاء موجة حاملة واحدة. إن مستوى المستقبلات أعلى من الضوضاء الغاوسية البيضاء المستخدمة للمقارنة هنا، ولكن من غير الواضح بكم هو أعلى بالضبط.

1.2.10 المعلمات

1.1.2.10 أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

1.1.1.2.10 انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

ترد انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المستخدمة في هذه الدراسة في الجدول 33.

الجدول 33

انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

المعلمة	القيمة
انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً القصوى، أسوأ تنظيم (dBµA/m على مسافة 10 أمتار)	15–
انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً الدنيا، أحسن تنظيم (dBµA/m على مسافة 10 أمتار)	30–
تردد التشغيل لإرسال الطاقة لاسلكياً 1 (kHz)	400-350
تردد التشغيل لإرسال الطاقة لاسلكياً 2 (kHz)	1 800-1 750
تردد التشغيل لإرسال الطاقة لاسلكياً 3 (kHz)	2 050-2 000
عرض نطاق إرسال الطاقة لاسلكياً	kHz 1>

ويتم إنشاء كل جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً بحيث يصدر فقط الحد الأقصى المسموح به في أسوأ موضع تنظيم للملفين، أما بالنسبة للعديد من مواضع التنظيم، فيكون المستوى المشع الفعلي أقل بكثير. ويتم النظر في هذا الأمر عن طريق اختيار مستوى الانبعاثات عشوائياً بين أفضل وأسوأ تنظيم.

وعادة ما تكون الانبعاثات الصادرة عن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً ضيقةً جداً، أي أصغر بكثير من عرض نطاق مستقبل الخدمة الراديوية. وإشارة الشحن مشابهة جداً لإشارة الموجة المستمرة (CW)، وبالتالي لم يتم النظر في أثر القناة المجاورة.

2.1.1.2.10 توزيع ارتفاع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

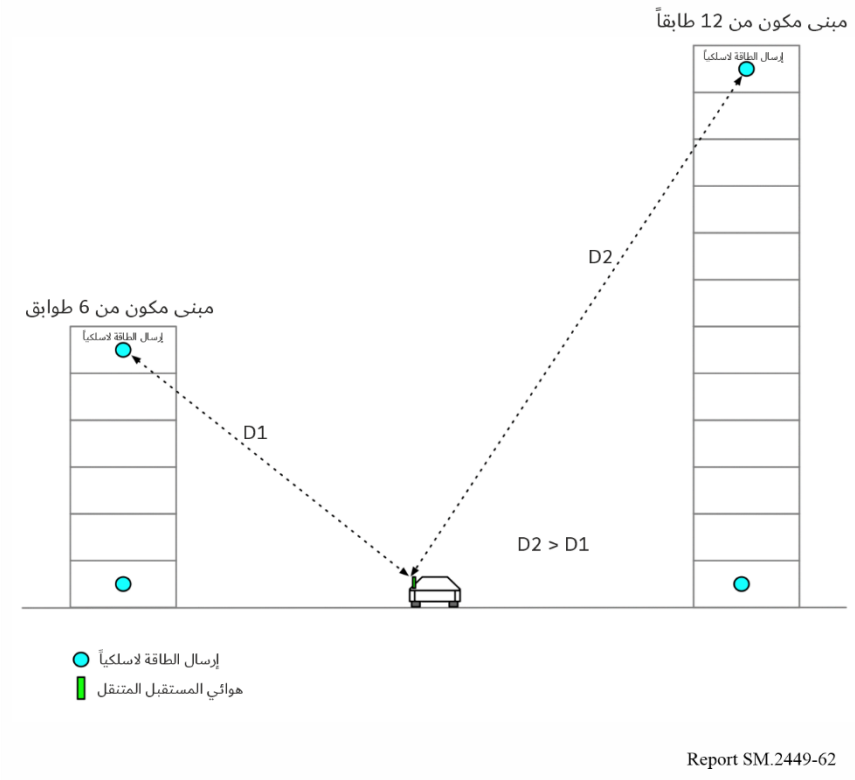
يتم توزيع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً بالتساوي على جميع طوابق مبنى ما. ويفترض أن يكون ارتفاع كل طابق 3 أمتار. ويفترض أن تكون الأجهزة الموجودة في الطابق السفلي على ارتفاع 1,5 متر فوق سطح الأرض. ويرد توزيع الارتفاع في الجدول 34.

الجدول 34

توزيع ارتفاع إرسال الطاقة لاسلكياً

البيئة	عدد الطوابق
منطقة المدينة (حضرية كثيفة: 20 000 pop/km^2)	6
منطقة المدينة (حضرية: 25 000 pop/km^2)	4
منطقة سكنية (2 000 pop/km^2)	2

الشكل 62



وقد تحتوي المباني في مناطق المدينة على أكثر من ستة طوابق. وبالنسبة لهذه الدراسة، يفترض أن تكون كثافة الجهاز على منطقة ما ثابتة. وبالتالي فإن استخدام طوابق أعلى في الحسابات سيؤدي إلى تأثير أقل. وستساهم أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في الطوابق العليا في تأثير أقل لأن المسافة المعرَّضة للتداخل أكبر. وقد لا تنطبق المعلمات المستخدمة في هذه الدراسة على جميع البيئات.

3.1.1.2.10 الكثافة/النشر

تقدم الجداول 35 و36 و37 كثافة أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً للخدمات الراديوية المستخدمة في التحليلات استناداً إلى الجدول 1.

الجدول 35

كثافة تردد التشغيل 1 لإرسال الطاقة لاسلكياً (400 kHz)

المعلمة	القيمة
كثافة الجهاز في مناطق المدن (حضرية كثيفة: 20 000 pop/km^2)	1 500 km^2
كثافة الجهاز في مناطق المدن (حضرية: 25 000 pop/km^2)	375 km^2
كثافة الجهاز في منطقة سكنية (2 000 pop/km^2)	150 km^2
مدة الشحن النموذجية	ساعة–ساعتان
الأجهزة التي يتم شحنها خلال ساعات الذروة (الليل: 07:00-00:00)	100%
الأجهزة التي يتم شحنها خلال الساعات التي لا يكون فيها ازدحام (النهار: 21:30-09:00)	1/4

الجدول 36

كثافة تردد التشغيل 2 لإرسال الطاقة لاسلكياً (kHz 1 800)

المعلمة	القيمة
كثافة الجهاز في مناطق المدن (حضرية كثيفة: 20 000 pop/km^2)	km^2/500
كثافة الجهاز في مناطق المدن (حضرية: 25 000 pop/km^2)	km^2/125
كثافة الجهاز في منطقة سكنية (2 000 pop/km^2)	km^2/50
مدة الشحن النموذجية	ساعة–ساعتان
الأجهزة التي يتم شحنها خلال ساعات الذروة (الليل: 07:00-23:00)	%100
الأجهزة التي يتم شحنها خلال الساعات التي لا يكون فيها ازدحام (النهار: 20:00-11:00)	1/3

الجدول 37

كثافة تردد التشغيل 3 لإرسال الطاقة لاسلكياً (kHz 2 000)

المعلمة	القيمة
كثافة الجهاز في مناطق المدن (حضرية كثيفة: 20 000 pop/km^2)	km^2/500
كثافة الجهاز في مناطق المدن (حضرية: 25 000 pop/km^2)	km^2/125
كثافة الجهاز في منطقة سكنية (2 000 pop/km^2)	km^2/50
مدة الشحن النموذجية	ساعة–ساعتان
الأجهزة التي يتم شحنها خلال ساعات الذروة (الليل: 07:00-23:00)	%100
الأجهزة التي يتم شحنها خلال الساعات التي لا يكون فيها ازدحام (النهار: 20:00-11:00)	1/3

وتفترض هذه الدراسة أن جميع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً تعمل خلال ساعات الذروة. وهذا ليس هو الحال في الواقع. ولذلك، من المرجح أن يكون مستوى الأثر مبالغاً فيه.

وهناك ارتباط بين مستويات الضوضاء الاصطناعية والكثافة السكانية [3]، ولذلك تعتبر كثافات إرسال الطاقة لاسلكياً المختلفة مرتبطة بمستويات الضوضاء المقابلة.

2.1.2.10 معلمات الخدمة الراديوية

يقدم الجدول 38 معلمات الخدمات الراديوية المستخدمة في التحليلات.

الجدول 38

معلمات الخدمات الراديوية

المعلمة	القيمة
عرض النطاق Rx (kHz)	2,7[1]
تردد Rx (kHz)	400، 1 800، 2 000
ضوضاء RX	ضوضاء اصطناعية في عرض نطاق 2,7 kHz (انظر الفقرة 3.3.1.2.10)

الجدول 38 (*تتمة*)

المعلمة	القيمة
هوائي	متعدد الاتجاهات
الارتفاع (m) a.g.l .	1,5

(1) عرض نطاق مستقبل الخدمة الراديوية المستخدم هو 2,7 kHz. ومع ذلك، ومن أجل اعتبار أن مستقبل الخدمة الراديوية وجهاز إرسال الطاقة لاسلكياً قد لا يكونان مثاليين، زاد عرض النطاق الفعلي المعتبر بمقدار 1 kHz إلى 3,7 kHz مما يؤدي إلى قدر أكبر من الضوضاء المقدرة في عرض نطاق المستقبل. وبالتالي، يجب اعتبار النتائج المقدمة بأنها نتائج الحالة الأسوأ.

ويفترض وجود مسافة دنيا بين جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً ومستقبل الخدمة الراديوية. وفي مناطق المدينة، تبلغ هذه المسافة 5 أمتار وفي المناطق السكنية يتم ضبطها على 10 أمتار. وهذه المسافات هي إما المسافة الدنيا النموذجية بين الخدمات الراديوية أو تمثل المدى التشغيلي لمشغل مستقبل الخدمة الراديوية. ويستخدم التحليل [3] مسافة لا تقل عن 10 أمتار مسقطة من أقرب جدار خارجي للمبنى كمسافة نموذجية بين المباني ومواقع استقبال هوائيات خدمة راديو الهواة لنطاقي MF وHF. ويتم تحليل تأثير التداخل من خلال الزيادة في مستوى الضوضاء.

وتمثل هذه الزيادة في مستوى الضوضاء مستوى التداخل الذي يصل ضمن عرض النطاق 2,7 kHz الذي يلخص ويضاف إلى هامش الضوضاء الاصطناعية ضمن عرض النطاق هذا. وبتفاعل هذا الأمر مع التداخل من إرسال الطاقة لاسلكياً فقط على أنه مساهمة في قدرة الضوضاء وليس كموجة حاملة واحدة ضيقة للغاية. وعليه، فإن النتيجة لا تنطبق إلا على الأنظمة التي ينطبق فيها افتراض أن التداخل يمكن معاملته كضوضاء، أي بالنسبة لأنظمة الاتصالات الرقمية.

3.1.2.10 الانتشار

1.3.1.2.10 نموذج الانتشار

انظر الملحق 3.

2.3.1.2.10 خسائر الانتشار الإضافية

في المدن، يفترض أن 30 في المائة من المسارات تحتوي على جسم معدني بين المتداخل ومستقبل الخدمة الراديوية (النوافذ المعدنية، والجدران/الأرضيات الخرسانية المسلحة الفولاذية، والأبواب/البوابات، والأسوار) بينما في المناطق السكنية، من غير المحتمل أن يظهر ذلك. ويمكن أيضاً فهم هذه القيم على أنها النسبة المئوية للمباني ذات الكفاءة الحرارية التي تصفها التوصية ITU-R P.2109 بأنها تستخدم الزجاج المعدني أو الألواح المدعومة بالرقائق. وترد في الجدول 39 المعلمات المستخدمة في المحاكاة.

ولا يؤدي الانتشار من خلال الخشب أو الطوب إلى خسارة إضافية.

الجدول 39

خسائر الانتشار الإضافية

المعلمة	النسبة المئوية القابلة للتطبيق	القيمة (dB)
خسارة الانتشار في المناطق الحضرية	%30	10
بيئات أخرى	–	–

وحيثما لا تنطبق الخسارة، تطبق القيمة المتمثلة في عدم وجود خسارة، أي 0 dB.

3.3.1.2.10 بيئة الضوضاء

غالباً ما تهيمن الضوضاء الاصطناعية على نطاق التردد قيد النظر. ويستخدم التحليل التوصية ITU-R P.372 كخط أساس. وبالإضافة إلى ذلك، تستخدم قياسات الضوضاء الاصطناعية التي أجريت في هولندا (MN) أيضا للتحليلين [1]، و[3]. وتم إجراء هذه القياسات على مسافة لا تقل عن 10 أمتار من أقرب جدار مبنى. وفي التحليل [3] تم توضيح أن القياسات تهدف إلى وصف تجربة الضوضاء الاصطناعية من منظور مستخدمي الخدمة الراديوية، مثل هواة الراديو.

ويبين الجدولان 40 و41 مستويات الضوضاء المتوسطة المستمدة من التوصية ITU-R P.372 ومن قياسات الضوضاء الاصطناعية في هولندا (MN) المحولة إلى مجال مغنطيسي باستخدام عامل تصحيح قدره 51,5 dB.

الجدول 40

مستويات الضوضاء في التوصية ITU-R P.372

المعلمة	المستوى (dBµA /m)	الانحراف المعياري (dB)
400 kHz		
ضوضاء المدينة	–32,82	8,4
ضوضاء سكنية	–37,12	5,8
1 650 kHz		
ضوضاء المدينة	–37,85	8,4
ضوضاء سكنية	–42,15	5,8
2 000 kHz		
ضوضاء المدينة	–38,20	8,4
ضوضاء سكنية	–42,50	5,8

الجدول 41

مستويات الضوضاء من القياسات في هولندا (MN)

المعلمة	المستوى (dBµA/m)	الانحراف المعياري (dB)
400 kHz		
ضوضاء المدينة	–18,47	5,6
ضوضاء سكنية	–23,97	9,5
1 650 kHz		
ضوضاء المدينة	–26,7	6,4
ضوضاء سكنية	–32,86	5,5
2 000 kHz		
ضوضاء المدينة	–27,28	6,4
ضوضاء سكنية	–33,84	5,5

ويتم تحليل تباين الضوضاء على الموقع فقط (التوزيع المكاني). ومع ذلك، وبما أن التوصية ITU-R P.372 تنص بوضوح على أن الضوضاء تختلف أيضا بمرور الوقت وقد تكون هذه الاختلافات أكبر، انظر الجدول 42.

الجدول 42

قيم الانحرافات العشرية للضوضاء الاصطناعية، مستمدة من التوصية ITU-R P.372

الفئة	الحد العشري	التغير مع الزمن (dB)	التغير مع الموقع (dB)
مدينة	أعلى	11,0	8,4
	أدنى	6,7	8,4
سكني	أعلى	10,6	5,8
	أدنى	5,3	5,8
ريفي	أعلى	9,2	6,8
	أدنى	4,6	6,8

4.3.1.2.10 خسارة التمييز

إن تنظيم هوائي مستقبلات الخدمة الراديوية مع المجال الناتج عن شاحن لإرسال الطاقة لاسلكياً غير ثابت. ويتم توليد خسارة التمييز العشوائي عن طريق توليد زاوية عدم تطابق عشوائية، θ، موزعة بشكل منتظم من 0 إلى 360 درجة. ومن ثم تعطى خسارة الاستقطاب بوحدات dB بواسطة:

$$Discrimination\ Loss = \min\left(-10\log_{10}(\cos^2\theta), 35\right)$$

ويبلغ الحد الأقصى للخسارة 35 dB عند التجويف لمراعاة العيوب في تصميم الهوائي.

2.2.10 المنهجية

تُجرى محاكاة مونت كارلو من أجل تحليل الأثر الإحصائي لشحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً عند 315–405 kHz و700 1–800 1 kHz و000 2–170 2 kHz. وتهيمن الضوضاء الاصطناعية على حالة التداخل في هذه النطاقات، وهي تتميز بمتوسط وانحراف معياري (التوزيع المكاني). وستواجه أي خدمة إذاعية تعمل في هذه النطاقات هذا المستوى من الضوضاء الاصطناعية. ونظرا للطابع الإحصائي للتحليل، فقد تم إجراءه لتحليل الفرق في حالة وجود أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً وعدم وجودها على المتوسط.

وفيما يلي عملية إعداد المحاكاة:

– وضع مستقبل خدمة راديوية واحد في مركز المحاكاة؛

– عروة تتضمن 000 10 حدثاً:

- حوالي 700 جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً منتشرة عشوائياً عبر منطقة ما كمسببات للتداخل (الملاحظة 1)؛
- يتم تعيين مستوى انبعاث كل جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً (عشوائياً بين أفضل وأسوأ تنظيم)؛
- تعيين مستوى ضوضاء مطابق لتوزيع الضوضاء الاصطناعية على مستقبل الخدمة الراديوية؛
- تخصيص تردد تشغيل عشوائي لكل جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً؛
- حساب مستوى التداخل المستقبلة (المجموع) من جميع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً ذات القناة المشتركة (أي خسارة الانتشار وتمييز الاستقطاب) (الملاحظة 2)؛
- تخزين الضوضاء + مستوى التداخل

– إنشاء دالة التوزيع التراكمي (CDF) لمستويات الضوضاء والضوضاء + مستويات التداخل؛

– حساب الزيادة في متوسط مستويات الضوضاء.

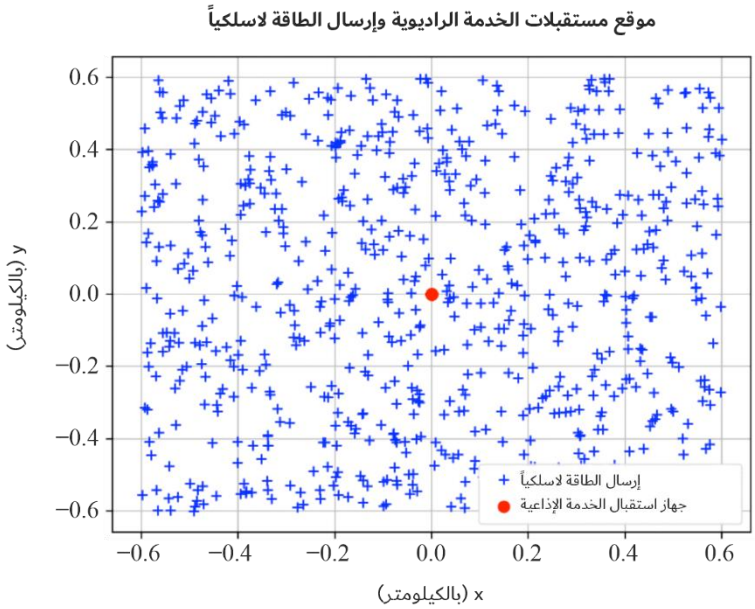
الملاحظة 1 – يجب أن تكون منطقة المحاكاة كبيرة بما يكفي بحيث يُعبّر عن عينات إحصائية كافية (مستويات القدرة والتشكيلات المكانية) في المحاكاة.

الملاحظة 2 – يتم تلخيص مستويات شدة المجال وليس مستويات الطاقة

ويوضح الشكل 63 تخطيط لقطة محاكاة واحدة بكثافة إرسال الطاقة لاسلكياً تبلغ 500 جهاز لكل km^2.

الشكل 63

مثال على تشكيلة المحاكاة



1.2.2.10 النتائج

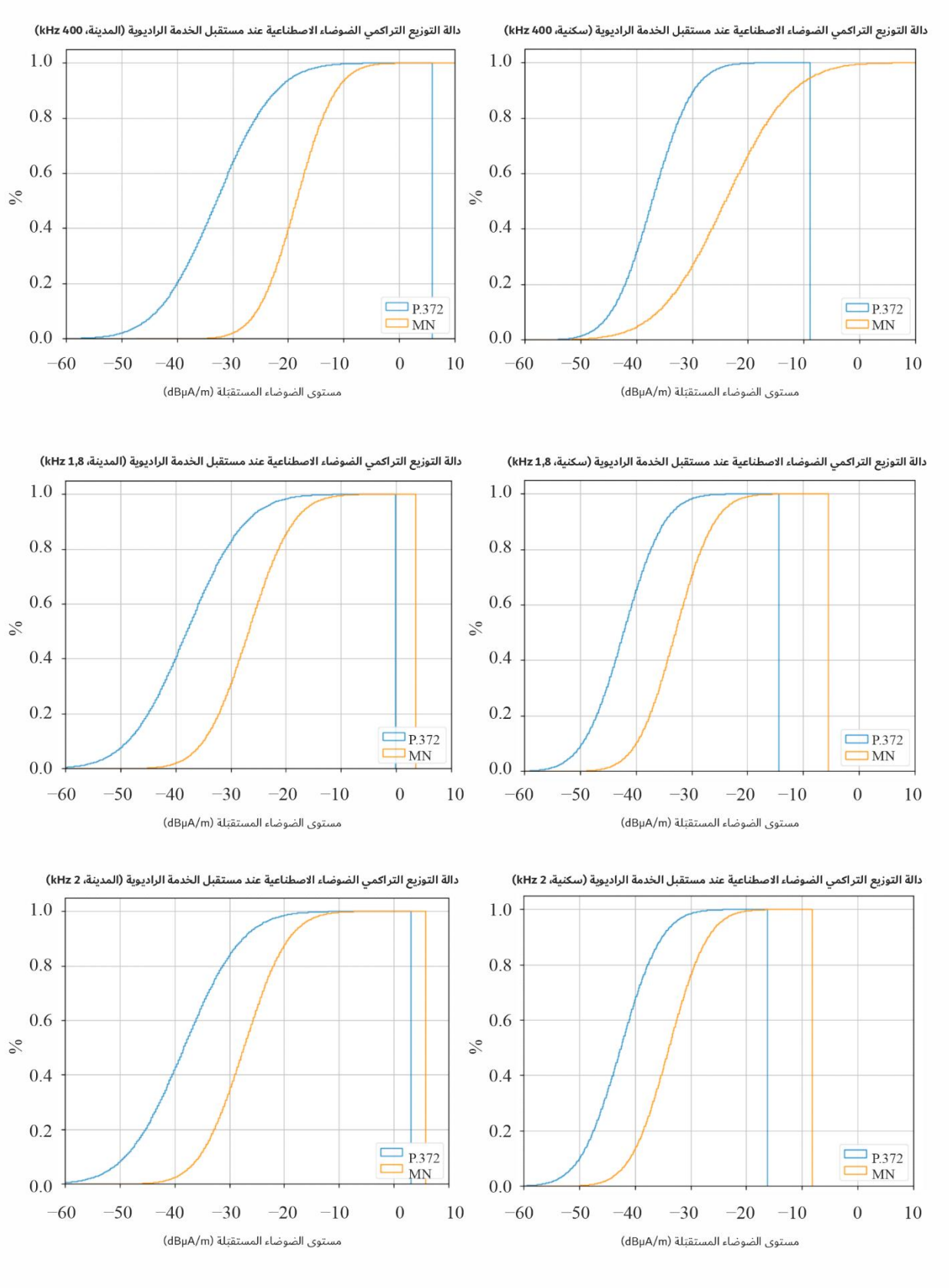
1.1.2.2.10 تفسير النتائج

تواجه الخدمات الراديوية العاملة في مديات التردد 315-405 kHz و606,5-1 800 kHz و000 2-170 2 kHz بيئة تكتنفها الضوضاء في بعض المواقع. وبخلاف نطاقات تردد الموجات الديسيمترية (UHF) أو أعلى، يمكن أن تهيمن الضوضاء الاصطناعية على الضوضاء خارج جهاز الاستقبال، بدلًا من الضوضاء الحرارية أو الضوضاء الطبيعية.

ويبين الشكل 64 بيئات الضوضاء الحالية لمستقبلات الخدمة الراديوية في نطاقات التردد التي تم تحليلها. ويتم عرض كلا المصدرين لمستويات الضوضاء، والتوصية ITU-R P.372 وقياسات الضوضاء الاصطناعية من هولندا (MN) استناداً إلى المستويات المتوسطة والانحرافات المعيارية المرتبطة بها.

الشكل 64

مثال على مستويات الضوضاء الاصطناعية عند مستقبل الخدمة الراديوية



Report SM.2449-64

ويعتمد استقبال خدمة راديوية في هذه النطاقات اعتماداً كبيراً على ضمان أن يكون للمستقبل موقع أقرب إلى الجانب الأيسر من المنحنيات. ويمكن أن يكون هذا إما بسبب حركة المستقبل في الفضاء و/أو في بعض الحالات بسبب التردد.

فعلى سبيل المثال، تطبق بعض مستقبلات الخدمة المتنقلة مخططاً للقفز الترددي، بحيث يؤدي الاختلاف في مستويات الضوضاء إلى توصيل أكثر موثوقية.

2.1.2.2.10 النتائج بالنسبة للنطاق 400 kHz

الجدول 43

زيادة في مستوى الضوضاء (تردد إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 400 kHz)

البيئة	النهار/الليل	الكثافة (/km²)	مستوى الضوضاء	زيادة متوسط الضوضاء (dB)
المدينة (حضرية كثيفة)	الليل	1 500	P.372	1,2
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,3
	النهار	375	P.372	0,3
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1
المدينة (حضرية)	الليل	375	P.372	0,4
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1
	النهار	94	P.372	0,1
			هولندا المشمولة بالقياسات	0
سكنية	الليل	150	P.372	0,2
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1
	النهار	38	P.372	0,1
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,0

3.1.2.2.10 النتائج بالنسبة للنطاق 800 1 kHz

الجدول 44

زيادة في مستوى الضوضاء (تردد إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 800 1-750 1 kHz)

البيئة	النهار/الليل	الكثافة (/km²)	مستوى الضوضاء	زيادة متوسط الضوضاء (dB)
المدينة (حضرية كثيفة)	الليل	500	P.372	1,8
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,6
	النهار	167	P.372	0,8
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,2
المدينة (حضرية)	الليل	125	P.372	0,6
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,2
	النهار	42	P.372	0,3
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1
سكنية	الليل	50	P.372	0,4
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,2
	النهار	17	P.372	0,2
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1

4.1.2.2.10 النتائج بالنسبة للنطاق 000 2 kHz

الجدول 45

زيادة في مستوى الضوضاء (تردد إرسال الطاقة لاسلكياً عند النطاق 000 2 kHz)

البيئة	النهار/الليل	الكثافة (/km²)	مستوى الضوضاء	زيادة متوسط الضوضاء (dB)
المدينة (حضرية كثيفة)	الليل	500	P.372	2,1
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,7
	النهار	167	P.372	1
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,3
المدينة (حضرية)	الليل	125	P.372	0,8
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,2
	النهار	42	P.372	0,3
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1
سكنية	الليل	50	P.372	0,6
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,2
	النهار	17	P.372	0,2
			هولندا المشمولة بالقياسات	0,1

5.1.2.2.10 ملخص النتائج

تبين الدراسة أن كثافة النشر المتوخاة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في النطاق 315-405 kHz تؤدي، في المناطق الحضرية شديدة الكثافة، إلى زيادة الضوضاء بمقدار 1,2 dB فوق المستوى المتوسط المتوقع في التوصية ITU-R P.372. وعند استخدام القياسات الفعلية للضوضاء الراديوية في هولندا، تقل الزيادة في متوسط الضوضاء عن 0,3 dB. وبالنسبة لجميع البيئات الأخرى (الحضرية والسكنية)، لوحظ أن متوسط الضوضاء قدره 0,4 dB أو أقل في النطاق 700 1-800 1 kHz، مما يؤدي إلى زيادة الضوضاء بمقدار 1,8 dB فوق المستوى المتوسط المتوقع في التوصية ITU-R P.372. وعند استخدام القياسات الفعلية للضوضاء الراديوية في هولندا، تقل الزيادة في متوسط الضوضاء عن 0,6 dB. وبالنسبة لجميع البيئات الأخرى (الحضرية والسكنية)، تم العثور على زيادة في متوسط الضوضاء بمقدار 0,6 dB أو أقل.

وفي النطاق 000 2-170 2 kHz، يؤدي ذلك إلى زيادة الضوضاء بمقدار 2,1 dB فوق المستوى المتوسط المتوقع في التوصية ITU-R P.372. وعند استخدام القياسات الفعلية للضوضاء الراديوية في هولندا، تقل الزيادة في متوسط الضوضاء عن 0,7 dB. وبالنسبة لجميع البيئات الأخرى (الحضرية والسكنية)، تم العثور على زيادة في متوسط الضوضاء بمقدار 0.8 dB أو أقل.

وتمثل هذه المستويات أوقات ذروة الشحن التي تحدث في الليل. وخلال النهار، تبيَّن أن متوسط الزيادة في الضوضاء أقل.

ويمكن أن تكون بيئة الضوضاء الفعلية على مسافة أقل من 10 أمتار من جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً أعلى أو أقل من مستويات الضوضاء الاصطناعية التي تم استخدامها في هذه الدراسة. ولا يمكن تقييم التأثير الفعلي لإرسال الطاقة لاسلكياً على بيئة الضوضاء على هذه المسافات القريبة من المباني أو داخل المباني بسبب عدم وجود مصادر لمستويات الضوضاء الاصطناعية في هذه الحالة.

11 دراسة أثر الأنظمة الحثيثة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة على خدمة الملاحة الراديوية البحرية/الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (DGNSS) دون 325 kHz

1.11 مقدّمة

يوزع نطاق التردد 315-325 kHz لخدمة الملاحة الراديوية البحرية، ويستخدم للإرسالات التفاضلية للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (DGNSS). وترد المعلمات المفصلة في التوصية ITU-R M.823-3. وتتداخل الأنظمة الحثيثة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في النطاق 315-405 kHz مع الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية في النطاق 315-325 kHz في الإقليمين 2 و3. ووفقاً لتوجيهات فرقة العمل 5B، تتراوح قوة الإشارة الدنيا المطلوبة للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (على حافة التغطية) من 40 إلى 100 µV/m ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل في الجدول 45A. وتُطبق الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية أيضاً على الممرات المائية الداخلية في بعض الأماكن (أي أوروبا وكندا) لتوفير معلومات دقيقة عن الموقع. وفي الإقليم 1، يقل استخدام هذه الأنظمة فيما دون التردد 315 kHz.

وعليه، فإن الدراسة لا تحلل سوى أثر إرسال الطاقة لاسلكياً فوق التردد 315 kHz. وهذا يعني أنه يتم النظر فقط في سيناريو البحر المفتوح.

وافتُرِض أن جميع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً موضع الدراسة تستخدم التردد نفسه (315 kHz)، بينما يمكن في الحياة الواقعية ملاحظة انتشار كبير لترددات الشحن الفعلية اعتماداً على التنفيذ الفعلي وحالة الشحن وما إلى ذلك.

2.11 معلمات المحاكاة

نظرت الدراسة في القيمة المقترحة البالغة 15 A/m dBµA كأقصى قدر منال انبعاثات لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً. وافتُرِض أن جميع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً موضع الدراسة تستخدم التردد نفسه (315 kHz)، بينما يمكن في الحياة الواقعية ملاحظة انتشار كبير لترددات الشحن الفعلية اعتماداً على التنفيذ الفعلي وحالة الشحن وما إلى ذلك.

وترد في الجدول 46 معلمات الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية.

الجدول 46

معلمات الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية

المعلمات	القيمة	المرجع
الحد الأدنى لشدة الإشارة المطلوبة عند الحافة (uV/m)	100/75/40 بين 40 و100 µV/m	بلدان مختارة من الإقليم 3 IALA information, Table of DGNSS stations, Edition 1.8 2021
نسبة الحماية C/I (dB)	15، قناة مشتركة	الجدول 5 من التوصية ITU-R M.823-3
الحدّ الأقصى لشدة إشارة التداخل المسموح بها عند الحافة (dBuV/m)	25/22,5/17,04	R3
التغطية	بين 50 و500 km	IALA information, Table of DGNSS stations, Edition 1.8 2021
الحدّ الأقصى لشدة إشارة التداخل المسموح بها عند الحافة (dBuV/m)	17,04/11,02/18,89	R3/R2/R1
توافر الإشارة (الملاحة في المحيطات)	% 99,8	IMO Resolution A.1046 (27) Appendix 2.5

3.11 السيناريوهات والنتائج

والمحمولة، تم اختيار ثلاثة سيناريوهات لدراسة المحاكاة هذه. ويتمثل سيناريو من السناريوهات في كونه من مصدر التداخل الوحيد بشكل عام، وآخر في جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً على الشاطئ، وآخر في جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً على السفينة.

1.3.11 الدراسة من مصدر التداخل الوحيد 1: دراسة أثر الأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة على الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (DGNSS)

أجريت دراسة للأثر باستخدام المعلمات المدرجة في الجدول 46 وطبق نموذج الانتشار الوارد في التوصية ITU-R SM.2028.

الجدول 47

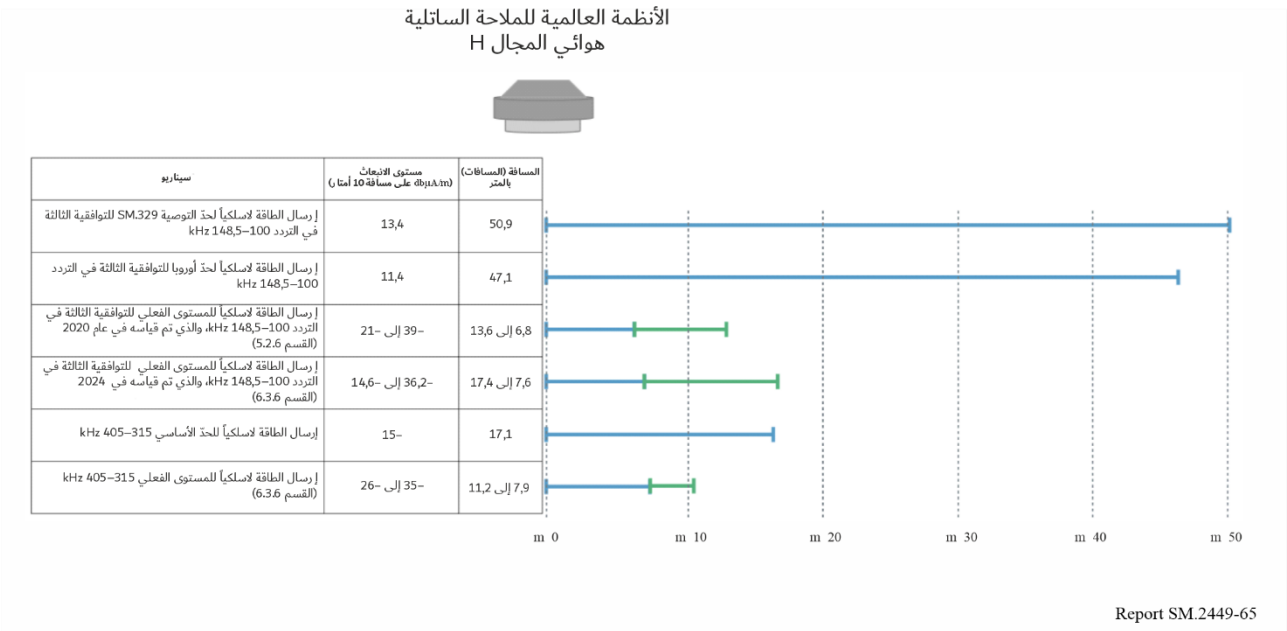
معلمات الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية

المعلمة	القيمة
شدة المجال الدنيا المطلوبة للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (µV/m)	75 (القيمة النمطية)
شدة المجال الدنيا المطلوبة للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (dBµV/m)	37,5
نسبة الحماية (dB) لقناة مشتركة	15
عتبة شدة مجال التداخل (dBµV / m)	22,5
نموذج الانتشار	التوصية ITU-R SM.2028
التردد المطلوب للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية	315 kHz

ويبين الشكل 65 الفصل المطلوب عن هوائي المجال H الخاص بالأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً ذات المستويات المختلفة من حيث الإرسال والترددات.

الشكل 65

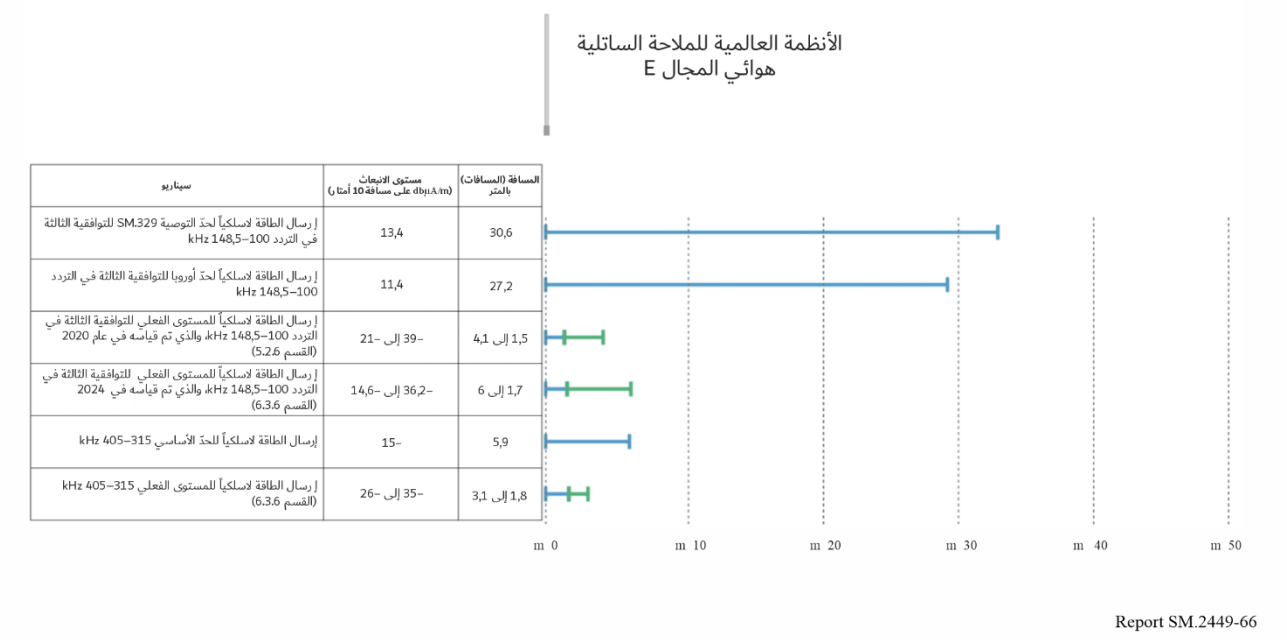
مسافات الفصل لمختلف مستويات انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً (المجال H)



ويبين الشكل 66 الفصل المطلوب عن هوائي المجال E الخاص بالأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً ذات المستويات المختلفة من حيث الإرسال والترددات.

الشكل 66

مسافات الفصل لمختلف مستويات انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً (المجال E)



وتبين المقارنة بين مستويات الانبعاث المختلفة هذه في الشكلين 65 و66 أن مسافات الفصل الموجودة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في التردد 315-405 kHz كانت أقل من مسافات التوافقيات الثالثة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في التردد 100-148,5 kHz. وهناك ملايين من الأجهزة التي تعمل في مدى تردد أقل، ولم يتم تسجيل أي حالة تداخل. وبما أن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً للأجهزة المحمولة والمتنقلة العاملة في التردد 315-405 kHz لها تأثير تداخل أقل على الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية، فقد يقل احتمال حدوث تداخل.

وعلاوةً على ذلك، وفي حالة هوائي المجال E، يتم تقليل التداخل بشكل كبير.

وافترضت هذه الدراسة حدوث اقتران مثالي بين الهوائيين يتطلب محاذاة مثالية بين جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً وهوائي الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية.

2.3.11 دراسة الأثر 2: دراسة أثر الأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في النطاق 315–405 kHz على الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية

أجريت دراسة للأثر باستخدام المعلمات المدرجة في الجدول 47 وطبق نموذج الانتشار الوارد في التوصية ITU-R SM.2028.

وعندما يكون جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً قريباً من مستقبل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية، قد تكون مسافة الحماية r ضمن المجال القريب، ثم يمكن حسابها بالمعادلة التالية على النحو الوارد في المعادلة (13) في الملحق 1 بالتوصية ITU-R SM.2028:

$$r = \sqrt[3]{\frac{m}{2\pi H_{limit}}}$$

ويرد وصف m في المعادلتين (1) و(2) في الملحق 1 بالتوصية ITU-R SM.2028، ويمكن الحصول على حد شدة المجال المغنطيسي H_{limit} (A/m) من المعادلة (8). وتم اختيار m لتكون القيمة الأكبر من m1 وm2. ويفترض في هذه الحالة أن الهوائي

المستخدم في الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية هو هوائي حلقي حساس مغنطيسي، وأن تحويل المجال E إلى المجال H، E/H = 51,5 dB يتم دون النظر في عوامل التحويل الأخرى بسبب المسافة الطويلة بين مرسل ومستقبل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية. وعادة ما يتم تشغيل إرسال الطاقة لاسلكياً في عرض نطاق ضيق للغاية، وهو أصغر من عرض النطاق الترددي للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية، وبالتالي فإن نسبة عرض النطاق هي 0. وفي إطار عملية الحساب، لا يتم النظر في العوامل المخففة التي من شأنها أن تقلل من التأثير على المتلقي.

وتبين النتيجة الواردة في الجدول 48 أنه بالنسبة للأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة من مصدر التداخل الوحيد، تبلغ مسافة الحماية للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية 21 متراً، أي ينبغي أن تكون أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على بعد 21 متراً من مستقبل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية.

وقد تنتج نماذج الانتشار المختلفة نتائج مختلفة، وقد تنخفض مسافة التداخل الفعلية بسبب عوامل أخرى. وقد توفر الاختبارات الميدانية مزيداً من المعلومات عن سيناريو التداخل هذا.

الجدول 48

معلمات الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (DGNSS)

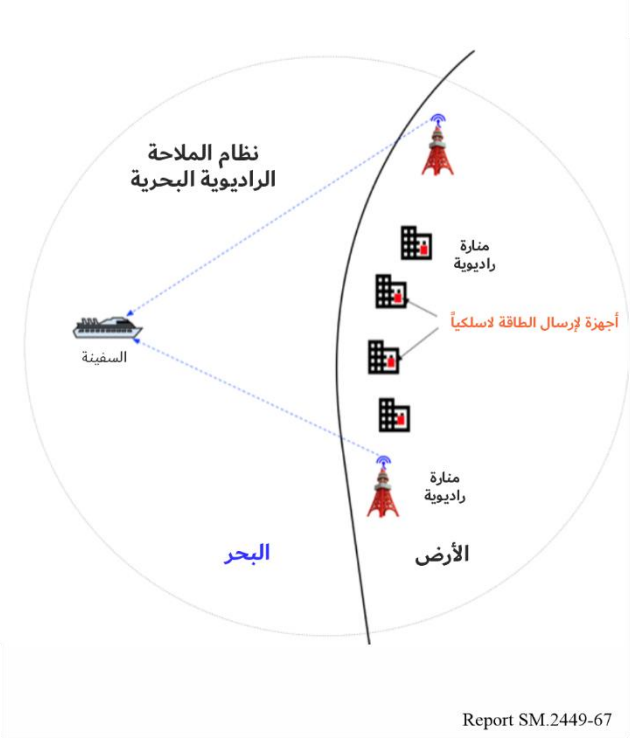
المعلمة	القيمة
شدة المجال الدنيا المطلوبة للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (dBµV/m)	75 (القيمة النمطية)
شدة المجال الدنيا المطلوبة للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية (dBµV/m)	37,5
نسبة الحماية (dB) لقناة مشتركة	15
عتبة شدة مجال التداخل (dBµV/m)	22,5
الانبعاثات القصوى لإرسال الطاقة لاسلكياً (dBµA/m عند 10 أمتار)	–15
نموذج الانتشار	التوصية ITU-R SM.2028
مسافة الحماية من جهاز وحيد لإرسال الطاقة لاسلكياً (m)	21

3.3.11 الدراسة المجمعة 1: سيناريو جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً على الشاطئ

تتضاءل شدة الإشارة التي ترسلها محطات المنارات الراديوية تدريجياً مع ابتعاد المسافة عن الشاطئ. وترد مستويات شدة الإشارة فيما يتعلق بالتغطية في وثيقة المعلومات 8 لهيئات المساعدات البحرية للملاحة والمنارات (IALA)، وذلك بالنسبة إلى محطات الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية المصنفة حسب البلدان. ويكون المستقبل المتأثر بالتداخل على متن السفينة. وتعتبر السفينة التي تقع على حافة التغطية أسوأ حالة في هذه الدراسة. ويظهر هذا السيناريو في الشكل 67.

الشكل 67

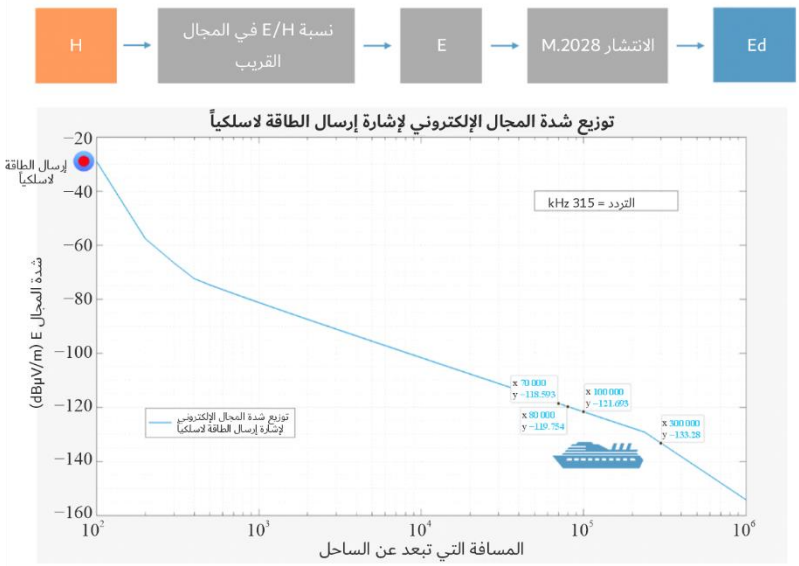
سيناريو أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على الشاطئ



ويوضح الشكل 68 توزيع شدة المجال الكهربائي من جهاز وحيد لإرسال الطاقة لاسلكياً. وتتوافق شدة إشارة إرسال الطاقة لاسلكي المستقبلة في السفينة مع التغطية. ويستند نموذج الانتشار المستخدم إلى التوصية ITU-R SM.2028.

الشكل 68

توزيع المجال E لجهاز إرسال الطاقة لاسلكياً



المسافة (km)	شدة إشارة إرسال الطاقة لاسلكياً Ed -(dBμV/m)
70	−118.59
80	−119.75
185	−127.04
220	−128.54
225	−128.74
300	−133.28
370	−136.92
400	−138.28
500	−142.16

Report SM.2449-68

وفيما يتعلق بكل من السيناريو من مصدر التداخل الوحيد والسيناريو المجمع، أجريت محاكاة لميزانية وصلة النظام بافتراضات متحفظة. وتمت مراعاة محطات الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية للصين وجمهورية كوريا والهند وماليزيا وفيتنام والبرازيل وكندا في هذه الدراسة وفي السيناريو من مصدر التداخل الوحيد، يظهر أن هناك أكثر من الهامش البالغ 140 dB. وبالنسبة للسيناريو المجمع، كما هو مبين في الجدول 49، قدمت المحاكاة خلاصة بشأن عدد أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً التي يتم تجميعها في وقت واحد في التردد نفسه وفي الطور ذاته، والتي يمكن أن تسبب تداخلاً ضاراً على مستقبل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية. وعلاوةً على ذلك، وبالنظر إلى كثافة جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً في المناطق الحضرية والحضرية الكثيفة، يتم الانتهاء من مناطق توزيع المنطقة على التوالي. إن المنطقة الموزعة الحضرية الكثيفة أو الحضرية المستمدة من المحاكاة أكبر بكثير من المدينة الساحلية في الواقع. وهذا يعني أن التداخل المجمع لا يمكن أن يصل إلى المستوى الضار في الممارسة العملية.

الجدول 49

محاكاة ميزانية النظام للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية

معلمات الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية	الصين	الهند	فيتنام	جمهورية كوريا	البرازيل	كندا
شدة الإشارة الاسمية (uV/m)	75	100	100	100	20	75
التغطية (km)	300	185	500	80	370	150
نسبة الحماية (dB)	15	15	15	15	15	15
الحد الأقصى المقبول لمستوى التسبب في التداخل (dBuV/m)	22,50	25,00	25,00	25,00	11,02	22.5
شدة إشارة إرسال الطاقة لاسلكياً عند التغطية (dBuV/m)	–133,28	–127,04	–142,15	–119,75	–136,92	–125,22
هامش إرسال الطاقة لاسلكياً من مصدر التداخل الوحيد (dB)	155,78	152,04	167,15	144,75	147,94	147,72
عدد أجهزة (وحدات) إرسال الطاقة لاسلكياً المجمعة للوصول إلى الهامش	61 526 366	39 994 475	227 771 824	17 278 260	24 947 671	24 325 471
المنطقة الحضرية الكثيفة المكافئة (km^2)	47 476	30 861	175 958	13 332	1 999 581	16 217
المنطقة الحضرية المكافئة (km^2)	189 902	12 3444	70 382	53 330	498 953	64 868
المساحة (km^2)/المدينة الساحلية	6 340 (شنغهاي)	603 (مومباي)	2 061 (مدينة هو تشي منه)	770 (بوسان)	1 521 (ساو باولو)	115 (فانكوفر)

نتائج أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على الشاطئ

تبين الدراسة أن كلا من السيناريو من مصدر التداخل الوحيد والسيناريو المجمع لا يحدثان أي تداخل ضار على نظام DGNSS البحري العامل في الإقليمين 2 و3. وفي الإقليم 1، لا يوجد تداخل بين ترددات إرسال الطاقة لاسلكياً والأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية.

وفي السيناريو من مصدر التداخل الوحيد، هناك هامش أدنى يبلغ 144 dB لنظام DGNSS الخاص بكوريا وهوامش أكبر للنظام في البلدان الأخرى.

وفي السيناريو المجمع، يفترض أن جميع أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً تعمل بالتردد نفسه وفي الطور المتجه ذاته (أسوأ الحالات). وفي الواقع، يختلف تردد الشحن، وينبغي أن تكون الأجهزة ذات أطوار متجهة عشوائية. ومن شأن النتائج أن تؤدي إلى تداخل أقل. كما لم يطبق تمييز الهوائي. وتم استنتاج أن المساحة الموزعة للمناطق الحضرية أو الحضرية الكثيفة من المحاكاة أكبر بكثير من المدينة الساحلية في الواقع، مما يعني أن التداخل المجمع لا يمكن أن يصل إلى مستوى ضار في الممارسة العملية.

4.3.11 الدراسة المجمعة 2: سيناريو جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً على متن السفينة

يتناول هذا السيناريو بشكل أساسي أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على متن السفن، مثل السفن السياحية. ويتم شحن هذه الأجهزة داخل المقصورات وتوزيعها بالتساوي داخل المنطقة المستطيلة. واستخدمت النمذجة EM للانتشار في المجال القريب. ويطبق جمع المتجهات لتقييم التداخل المجمع باستخدام منهجية مونت كارلو.

ويتم حساب عدد الأجهزة النشطة كما هو موضح في الجدول 50.

الجدول 50

عامل نشاط أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

السيناريو	اختراق التردد (%)[1]	نسبة طريقة الشحن اللاسلكي (%)[2]	فترة الشحن (%)[3]	عامل النشاط (%) أثناء الشحن وقت الشحن الذروة [4]
استخدام لاسلكي عالي	30	60	25	4,5
استخدام لاسلكي منخفض	30	15	25	1,13

[1] يهيمن النطاق 100-148,5 kHz على استخدام التردد الآن. ومن المتوقع أن يستحوذ النطاق 315-400 kHz على حصة من السوق وهو ما ينطلق على النطاق 100-148,5 kHz في المستقبل. يُتوقع حدوث معدل اختراق بنسبة 30%.

[2] من المتوقع أن يصل انتشار الشحن اللاسلكي إلى 34% في عام 2025.

[3] فترة الشحن تساوي تقريبا 8 ساعات. ويتم الشحن لمرة واحدة في غضون ساعتين.

[4] وقت الشحن الرئيسي بين الساعة 11 مساءً و7 صباحاً (على مدى 8 ساعات).

ويتم استخدام سفينة سياحية كبيرة كأساس للتحليل. وتم اختيار سفينة AIDA Nova كما هو موضح في الشكل 69.

الشكل 69

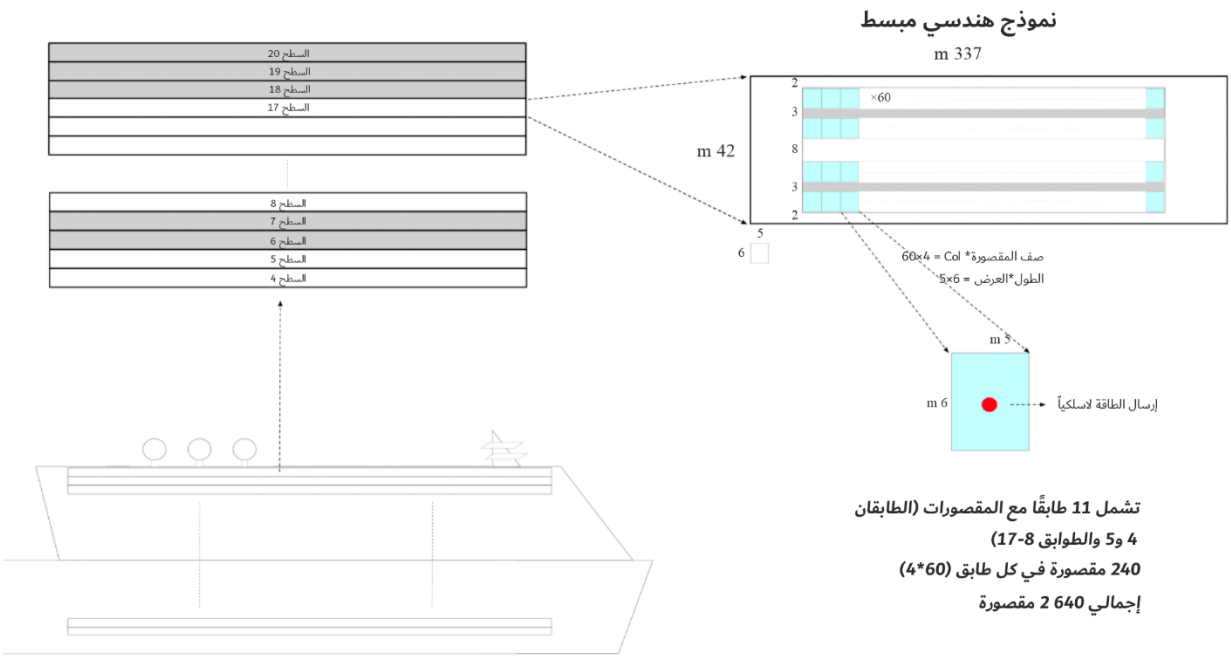
سفينة AIDA Nova (https://en.wikipedia.org/wiki/AIDAnova)

Report SM.2449-69

وتم وضع نموذج على أساس تشكيلة السفينة. انظر الشكلين 70 و71.

الشكل 70

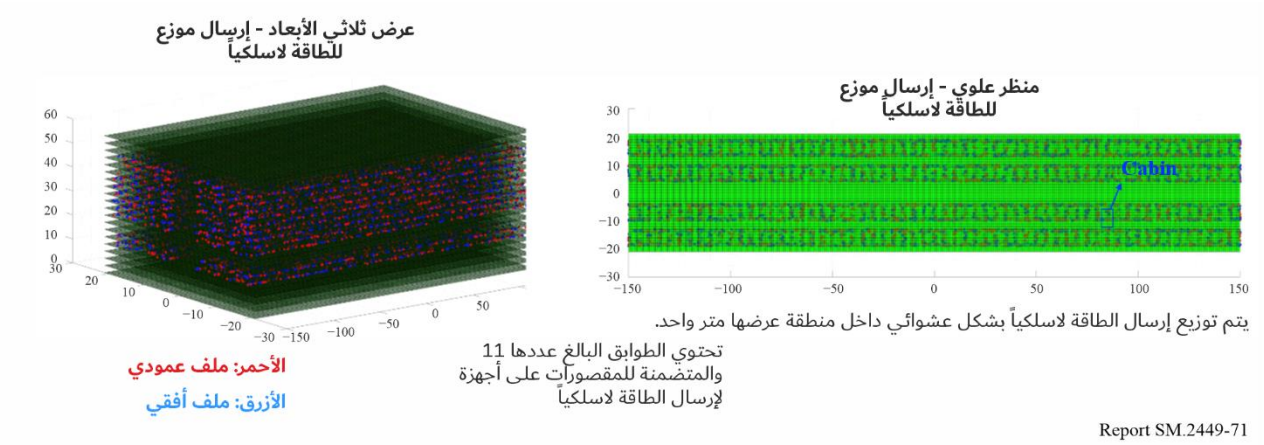
النموذج الهندسي للسفينة (الجزء 1)



Report SM.2449-70

الشكل 71

النموذج الهندسي للسفينة (الجزء 2)



وتمت دراسة سيناريوهين مختلفين يغطيان إما جهازاً واحداً أو جهازين لإرسال الطاقة لاسلكياً لكل مقصورة.

وتصنع سفن الرحلات البحرية إلى حد كبير من الهياكل المعدنية التي لها تأثير كبير على المجالات المغناطيسية التي تشكلها شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً. وتشير القياسات كما هو موضح في الجدول 51 إلى أن مستوى التأثير التالي يمكن أن يحدث (إطار برتقالي).

الجدول 51

توهين المجال الناجم عن مواد (بناء) مختلفة

المرجع	الجسم	التباعد (mm)	الخسارة (dB)	مزيد من التفاصيل
1	باب خشبي لغرفة البريد	500	0	
2	جدار من الطوب لغرفة البريد بسمك 280 mm	300	0	
3	لوح خشبي بتركيبة ذات سمك مضاعف (اللوح) (50 mm)	500	0	
4	لوح فولاذي، 600 × 1 000 mm	475	2	لوح 100 mm خلف المولد
5		475	10	لوح بين المولد وجهاز الاستقبال
6	لوح ألومنيوم، 480 × 2 000 mm	500	11	لوح أفقي
7		500	15	لوح عمودي
8	GTEM-cell عبر الجدار	500	34<	يجب أن يكون الباب مغلقًا بالكامل.

يؤدي توهين المجال بسبب الهياكل المعدنية إلى تقليل المجال بأكثر من 10 dB. تعتبر قيمة التوهين كمتغير عشوائي، وتتراوح بين 10 و30 dB.

وبالنظر إلى اختلاف نوع هوائي الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية وهوائي المجال E وهوائي المجال H، أجريت الدراسات، على التوالي. ويلخص الجدولان 52 و53 النتائج المجمعة.

الجدول 52

ملخص نتائج أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على هوائي DGNSS للمجال H
(باستخدام عامل E/H ثابت)

المقصورات	المساحة (m*m)	إرسال الطاقة لاسلكياً لكل مقصورة	كثافة إرسال الطاقة لاسلكياً (/km²)	المجال E المجمع (احتمال بنسبة 99,8%)		الحد الأقصى المسموح به لمستوى التداخل (dBµV/m) (R3/R2/R1)
				AF %1,1	AF %4,5	
11×60×4	337*42	1	186 520	13,83–	6,53–	17,04/11,02/18,89
11×60×4	337*42	2	373 039	11,23–	2,08–	17,04/11,02/18,89

الجدول 53

ملخص نتائج أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على هوائي DGNSS للمجال E
(باستخدام عامل E/H يعتمد على المسافة)

المقصورات	المساحة (m*m)	إرسال الطاقة لاسلكياً لكل مقصورة	كثافة إرسال الطاقة لاسلكياً (/km²)	المجال E المجمع (احتمال بنسبة 99,8%)		الحد الأقصى المسموح به لمستوى التداخل (dBµV/m) (R3/R2/R1)
				AF %1,1	AF %4,5	
11×60×4	337*42	1	186 520	27,65–	17,96–	17,04/11,02/18,89
11×60×4	337*42	2	373 039	23,61–	12,93–	17,04/11,02/18,89

نتائج أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على متن السفينة

تخلص المحاكاة إلى أن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على متن السفينة لا تتسبب في التداخل الضار على مستقبل DGNSS البحري المثبت على السفينة. وبالنظر إلى الحد الأقصى للتداخل الفعلي المسموح به، لا يزال هناك هامش يزيد عن 13 dB في جميع الأقاليم وفي جميع الحالات.

ولا تؤخذ في الاعتبار عوامل مخففة أخرى من شأنها أن تقلل من الأثر مثل أثر هيكل القاعدة المعدنية للسفينة الذي قد يقلل من الهامش المبلغ عنه بما يصل إلى 40 dB ونمط هوائي مستقبل الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية. وستكون أعلى مستويات إرسال الطاقة لاسلكياً أقل من هوائي الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية بينما ستصل الإشارة المفيدة أفقياً.

4.11 الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية لأغراض نهج الموانئ

تتمثل إحدى حالات الاستخدام المتبقية للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية التي لم تدرس صراحة في تحسن الدقة عند دخول سفينة إلى الميناء أو مغادرته. وبالنسبة لأكبر ميناء في البلدان التي شملتها الدراسة أعلاه، تم التحقق من مواقع أقرب محطات للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية. وفي كل حالة، توجد محطات الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية على مقربة مباشرة من تلك الموانئ وبمستوى شدة مجال أعلى بكثير من الحد الأدنى.

5.11 ملخص النتائج

أظهرت المحاكاة أن المجال E لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة لا يؤثر على استقبال الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية.

وبالنسبة للسيناريو الذي توجد فيه أجهزة لإرسال الطاقة لاسلكياً على الشاطئ، يتم حساب عدد الأجهزة المجمعة بحيث تتم مقارنة التداخل المجمع بمستوى التداخل المسموح به. إن العدد الناتج لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً بالنسبة غلى المدن الساحلية المختلفة، أكبر بكثير مما هو متوقع نشره في الواقع.

وبالنسبة للسيناريو الذي توجد فيه أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على متن السفينة، يوجد هامش 13 dB على الأقل في جميع الأقاليم بالنسبة للتداخل المجمع. وعلاوةً على ذلك، لا تأخذ الدراسة في الاعتبار الخسائر الإضافية الناجمة عن التصميم واختيار المواد لهيكل السفينة. ولا يطبق أيضا تمييز الهوائي في الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية مما يقلل بشكل أكبر من مستوى التداخل المجمع.

وبالنسبة لسيناريو الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية المستخدم لأغراض نهج الموانئ، يتم اختيار موقع مرسل هذه الأنظمة لتوفير هامش كبير من أجل تجنب أي خطر تداخل صادر عن إرسال الطاقة لاسلكياً.

12 الخدمة المتنقلة البحرية فيما يتعلق بالنظام العالمي للاستغاثة والسلامة في البحر

ثمة حاجة إلى ضمان حماية الخدمات المتنقلة البحرية من أجل خدمات سلامة الأرواح على النحو الوارد في التذييل **15** من لوائح الراديو وهي على وجه الخصوص الترددات 490 kHz و518 kHz و187,5 2 kHz. ولا تتداخل أنظمة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مديات التردد 315-405 kHz و700 1-800 1 kHz و000 2-170 2 kHz مع مديات التردد هذه أو لها توافقيات غير متساوية عليها.

13 خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت في مدى التردد 995 3-005 4 kHz في الإقليم 3

لم يتم إجراء أي دراسات. ويتمثل أحد الحلول الممكنة في تقييد إرسال الطاقة لاسلكياً بترددات أعلى من 005 2 kHz وتجنب وقوع توافقية ثانية محتملة في المدى الذي تستخدمه خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت في 995 3-005 4 kHz

14 دراسة أثر الأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في النطاق 700 1-800 1 kHz على أنظمة خدمة التحديد الراديوي للموقع

لم يتم إجراء أي دراسات.

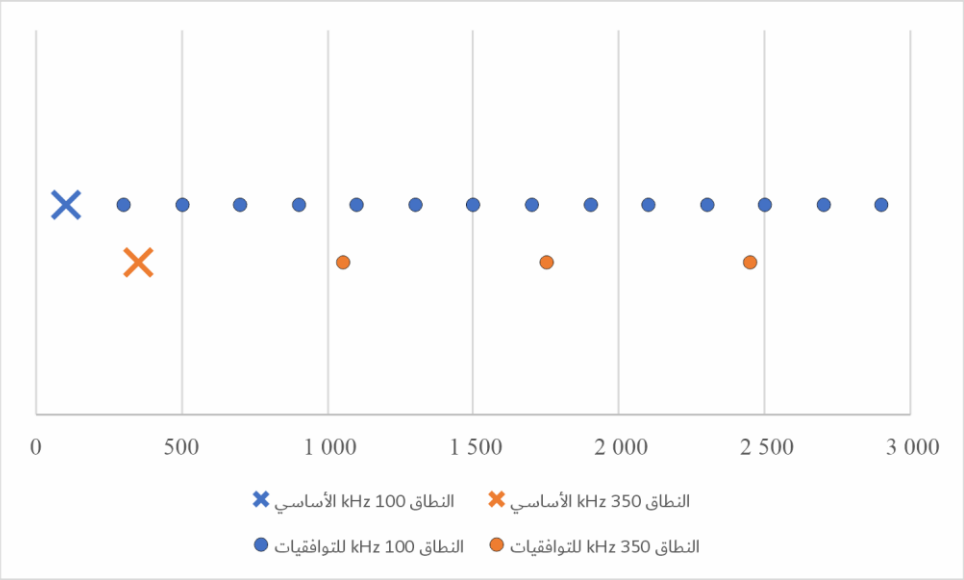
15 مقارنة أثر شحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً بين 100-148,5 kHz و315-405 kHz

هناك عنصران مهمان هنا: أولا الفرق في "تردد" التوافقيات وثانياً الفرق في المستويات الفعلية للانبعاثات.

ويعرض الشكل 72 مقارنة بين مثال لجهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً يعمل على النطاق 100 kHz وجهاز يعمل على النطاق 350 kHz مما يخلق توافقيات فردية. ويحتوي جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً الذي يعمل على النطاق 100 kHz على 14 توافقية أقل تحت 3 MHz، بينما يحتوي الجهاز الذي يعمل عند النطاق 375 kHz على ثلاثة توافقيات فقط. وفي مثل هذه الحالة، يزيد احتمال تأثر الخدمة الراديوية بأربعة إلى خمسة أضعاف عندما يعمل جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً في المدى الأدنى.

الشكل 72

"تردد" حدوث التوافقيات تحت 3 MHz



Report SM.2449-72

ويمكن أن يصل الحد الأساسي لانبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في المدى 100-148,5 kHz إلى 37,7-42 dBµA/m في حين أن انبعاثات هذه أجهزة في المدى 315-405 kHz لن تتجاوز –15 dBµA/m (على مسافة 10 أمتار).

وعلى أرض الواقع، قد لا تصل أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المعدة للشحن المحمول والمتنقل إلى المستويات المقترحة في الشكل 72 أعلاه. ومع ذلك، يمكن أن تكون مهمة للغاية. وكما هو مبين في الفقرة 7.3.6، تتجاوز المستويات الفعلية لبعض أجهزة الشحن العاملة في المدى 100-148,5 kHz، القيمة البالغة –15 dBµV/m عند توافقيتها الثالثة.

وتمتثل هذه المستويات للإطار التنظيمي القائم في العديد من البلدان ولكنها تظهر توافقيات أعلى بكثير من تلك الواردة من شاحن لإرسال الطاقة لاسلكياً يعمل بحد أساسي يبلغ –15 dBµA/m.

وتشكل شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً في المدى 315-405 kHz خطرا أقل بكثير على الخدمات الراديوية. وبشكل عام، يكون حدوث التوافقيات أقل بكثير. ولكن ذلك يكون بشكل خاص بسبب انخفاض مستوى الانبعاثات على المستوى الأساسي، فضلاً عن أن توافقيات هذه الشواحن أقل بكثير أيضاً.

16 الخلاصة

استخدمت النمذجة والقياسات للانبعاثات لتحليل الأثر من الأجهزة WPT الخاصة بشحن الأجهزة المتنقلة والمحمولة على خدمات الاتصالات الراديوية. ويحلل التقرير أثر التداخل على الإذاعة AM والأجهزة الراديوية والملاحة الراديوية للطيران (الأجهزة ADF/المنارات NDB) ودراسة مستقلة للخدمة تحلل أثار إرسال الطاقة لاسلكياً على ضوضاء الخلفية الاصطناعية.

1.16 الإذاعة بتشكيل الاتساع (AM) في مدى التردد 525-700 1 kHz

تتطلب أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً لشحن الأجهزة المتنقلة والمحمولة مسافة فصل كافية عن مستقبلات خدمة الاتصالات الراديوية حتى لا تسبب تداخلاً.

وفيما يتعلق بأجهزة الإذاعة AM وأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مدى التردد 148,5-100 kHz، وجدت إحدى الدراسات أن مسافة الفصل المطلوبة هي 2,3 متر بينما أشارت الدراسة الأخرى إلى أن مسافة الفصل المطلوبة قد تكون أكبر بكثير.

وفيما يتعلق بالإذاعة AM وأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مدى التردد 405-315 kHz، وجدت إحدى الدراسات أن مسافة الفصل المطلوبة كانت 1,5 متر في معظم الحالات عندما يتم اختيار تردد تشغيل جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً ليكون 360 kHz ويكون مستوى الانبعاث الأساسي بين –25 إلى –35 dBµA/m على مسافة 10 m (–15 dBµA/m في المعيار ETSI EN300 330)، وهو ما يعتبر أقل بكثير من مدى التردد 148,5-100 kHz. وشملت الدراسة تحليل الحساسية بشأن الاتجاهات المختلفة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً وأجهزة استقبال الإذاعة AM. ووجد أحد القياسات شاحناً واحداً يتطلب مسافة فصل تبلغ 2,3 متر، مما يدل على أن مسافة الفصل ستزداد بسبب تخالف التردد البالغ 500 Hz بين التوافقي ومركز قناة الإذاعة AM. وتبلغ أسوأ حالة تخالف للتردد من مركز القناة، 1,6 kHz. وتبين الحسابات الإضافية أنه عندما يكون تخالف التردد 1,6 kHz بدلاً من 500 Hz، تزداد مسافة الحماية إلى 2,7 متر. ومع ذلك، قد تكون هناك حاجة إلى مزيد من القياسات للتحقق من هذا الحساب من أجل تجنب التداخل الضار المحتمل على أنظمة الإذاعة AM بسبب إرسال الطاقة لاسلكياً.

إن الإذاعة AM أقل تأثراً بكثير بأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في المدى 405-315 kHz مقارنة بالمدى 148,5-100 kHz. وتنصح الإدارات بالتحقق من أن الوضع مرض وفقاً لمتطلباتها الوطنية.

2.16 خدمة هواة الراديو في مدى التردد 137,8-135,7 kHz

والأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً المستخدمة في شحن الأجهزة المتنقلة والمحمولة العاملة في مدى التردد 148,5-100 kHz، يحتاج إلى مسافة فصل مناسبة من مستقبلات خدمات الاتصالات الراديوية من أجل تفادي التسبب في تداخلات. وبالنسبة لخدمة الهواة تتراوح هذه المسافة بين 15,3 و51,3 m حسب السيناريو المفترض. ومع ذلك، من المحتمل أن تكون هناك أجهزة متعددة لإرسال الطاقة لاسلكياً ضمن مدى المستقبل الوحيد لأن مسافات الحماية كبيرة بالنسبة لمنطقة حضرية.

3.16 خدمة الملاحة الراديوية للطيران المتعلقة بإرسال الطاقة لاسلكياً في مديي التردد 148,5-100 kHz و405-315 kHz

بينت الدراسات بالنسبة لخدمة الملاحة الراديوية للطيران (الأجهزة ADF/المنارات NDB) أن مسافة الفصل المطلوبة أقل بكثير من ارتفاعات الطيران الآمن الدنيا.

4.16 تحليلات عامة لأثر إرسال الطاقة لاسلكياً على خدمات الاتصالات الراديوية (مثل الخدمة الثابتة والخدمة المتنقلة) الصادرة عن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في مديات التردد 405-315 kHz و700 1-800 1 kHz و000 2-170 2 kHz

1.4.16 دراسة مونت كارلو المجمعة

حللت دراسة مونت كارلو مقدار التداخل الذي يقع داخل عرض النطاق الترددي للمستقبل من خلال مقارنته بمستوى الضوضاء الاصطناعية. وتبين أن كثافة النشر المتوخاة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في كلا مديي التردد (أي في 405-315 kHz و700 1-800 1 kHz و000 2-170 2 kHz) لا تؤدي إلا إلى زيادة الضوضاء فوق المستوى المتوسط المتوقع في التوصية ITU-R P.372 بين 1,2 و2,1 dB حسب التردد. وعند استخدام القياسات الفعلية للضوضاء الراديوية في هولندا، تقل الزيادة في متوسط الضوضاء عن 0,3 dB إلى 0,7 dB، على التوالي، لمديات التردد الثلاثة. وبالنسبة لجميع البيئات الأخرى (الحضرية والسكنية)، تقل الزيادة في متوسط الضوضاء عن 4 dB أو 0,6 dB أو 0,8 dB، حسب التردد.

وتمثل هذه المستويات أوقات ذروة الشحن التي تحدث عادةً في الليل. وخلال النهار، تبيَّن أن متوسط الزيادة في الضوضاء أقل.

ويمكن أن تكون بيئة الضوضاء الفعلية على مسافة أقل من 10 أمتار من جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً أعلى أو أقل من مستويات الضوضاء الاصطناعية التي تم استخدامها في هذه الدراسة. ولا يمكن تقييم التأثير الفعلي لإرسال الطاقة لاسلكياً على بيئة الضوضاء على هذه المسافات القريبة من المباني أو داخل المباني بسبب عدم وجود معلومات عن مستويات الضوضاء الاصطناعية في هذه الحالة.

2.4.16 دراسة مونت كارلو من مصدر التداخل الوحيد

تقارن الدراسة متوسط مستوى التداخل بمتوسط مستوى الضوضاء الاصطناعية، وتحدد النقطة التي يتجاوز التداخل دونها مستوى الضوضاء من الاصطناعية. وتبيّن أنه عند نمذجة التنظيم المتغير لشاحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً من ملفات الاستقبال (التي تتراوح من الأفضل إلى الأسوأ من حيث الانبعاثات)، تنخفض المسافات التي تنخفض فيها انبعاثات شاحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً إلى ما دون متوسط مستوى الضوضاء الاصطناعية اعتماداً على مدى التردد:

– في المدن بين 11 m و14 m مقارنة بالمستوى المتوسط المتوقع في التوصية ITU-R P.372 وبين 7 و9 m مقارنة بالمستوى من القياسات الفعلية للضوضاء الراديوية في هولندا.

– في المناطق السكنية بين 15 m و18 m مقارنة بالمستوى المتوسط المتوقع في التوصية ITU-R P.372 وبين 9 m و13 m مقارنة بالمستوى من القياسات الفعلية للضوضاء الراديوية في هولندا.

وهذه الدراسة من مصدر التداخل الوحيد هي تحليل لأسوأ الحالات، لأنها تفترض أن انبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً هي دائما قناة مشتركة مع مستقبل الخدمة الراديوية وأن هناك تنظيم مثالي لهوائي الاستقبال مع المجال الذي أنشأه جهاز إرسال الطاقة لاسلكياً.

ويمكن أن تكون بيئة الضوضاء الفعلية على مسافة أقل من 10 أمتار من جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً أعلى أو أقل من مستويات الضوضاء الاصطناعية التي تم استخدامها في هذه الدراسة. ولا يمكن تقييم التأثير الفعلي لإرسال الطاقة لاسلكياً على بيئة الضوضاء على هذه المسافات القريبة من المباني أو داخل المباني بسبب عدم وجود معلومات عن مستويات الضوضاء الاصطناعية في هذه الحالة.

5.16 أثر الأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة في مديي التردد 148,5-100 kHz و315-405 kHz على الملاحة الراديوية البحرية/الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية

تبين نتيجة الدراسة الأولى من مصدر التداخل الوحيد أنه بالنسبة للأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة من مصدر التداخل الوحيد، يمكن أن تصل مسافة الحماية للأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية إلى 47-51 m للتوافقية الثالثة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في المدى 100-148,5 kHz عند حدود الانبعاثات غير المطلوبة و17 m للانبعاثات الأساسية للأجهزة العاملة في المدى 315-405 kHz عند الحد الأساسي.

وتبين أيضاً المسافة من 7 m إلى 17 m للتوافقية الثالثة لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في المدى 100-148,5 kHz، و8 m إلى 11 m للانبعاثات الأساسية لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في المدى 315-405 kHz عند مستويات الانبعاثات المقاسة الفعلية. وتتسم أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً للأجهزة المحمولة والمتنقلة العاملة في المدى 315-405 kHz بأثر تداخل أقل على الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية مقارنة بالتوافقيات الصادرة عن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً في المدى 100-148,5 kHz.

وتبين الدراسة الثانية من مصدر التداخل الوحيد أنه بالنسبة للأنظمة اللاحزمية لإرسال الطاقة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة من مصدر التداخل الوحيد، تبلغ مسافة الحماية للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية 21 متراً من دون النظر في عوامل التخفيف، أي ينبغي أن تكون أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على بعد 21 متراً من مستقبل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية.

وينبغي للإدارات أن تراعي مسافات الفصل المطلوبة عند التخطيط لاستخدام المدى 100-148,5 kHz والمدى 315-405 kHz بالنسبة إلى إرسال الطاقة لاسلكياً ولا سيما تجنب التداخل الذي تسببه أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً لمستقبلات الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية على الشاطئ وعلى متن السفينة على السواء.

وقد أظهرت الدراسة المجمعة الأولى أن أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على الشاطئ لا تؤثر على استقبال الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية على متن السفينة.

وأظهرت الدراسة المجمعة الثانية أن المجالين H وE لأجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً على متن سفينة سياحية كبيرة تعمل في المدى 315-325 kHz لا يؤثران على استقبال الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية.

6.16 الخدمة المتنقلة البحرية فيما يتعلق بالنظام العالمي للاستغاثة والسلامة في البحر

تُكفل حماية الخدمات المتنقلة البحرية من أجل خدمات سلامة الأرواح على النحو الوارد في التذييل **15** من لوائح الراديو. وهذه النطاقات هي، على وجه الخصوص، 490 kHz و518 kHz و187,5 2 kHz. ولا تتداخل أنظمة إرسال الطاقة لاسلكياً العاملة في مديات التردد 315-405 kHz و700 1-800 1 kHz و000 2-170 2 kHz مع مديات التردد هذه أو لها توافقيات غير متساوية عليها.

7.16 مقارنة أثر شحن جهاز لإرسال الطاقة لاسلكياً بين 100-148,5 kHz و315-405 kHz

تمثل شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً في المدى 315-405 kHz بالمقارنة مع شواحن إرسال الطاقة لاسلكياً في المدى 100-148,5 kHz، خطراً أقل على الخدمات الراديوية. وبشكل عام، هناك عدد أقل من التوافقيات. ولكن ذلك يكون بشكل خاص بسبب انخفاض مستوى الانبعاثات على المستوى الأساسي، فضلاً عن أن الانبعاثات التوافقية أقل بكثير أيضاً.

الملحق 1

المراجع

وثيقة قطاع الاتصالات الراديوية ورقمها	عنوان وثيقة قطاع الاتصالات الراديوية
اتفاق الخطة الإقليمية GE75	
التوصية ITU-R P.368-7	منحنيات انتشار الموجة الأرضية للترددات ما بين 10 kHz و30 MHz
التوصية ITU-R P.372	الضوضاء الراديوية
التوصية ITU-R BS.468	قياس سوية توتر ضوضاء التردد السمعي في الإذاعة الصوتية
التوصية ITU-R BS.498	التشكيل المتعارض الأيونوسفيري في الإذاعة بالموجات الكيلومترية (LF) والموجات الهكتومترية (MF)
التوصية ITU-R P.532	التأثيرات الأيونوسفيرية ومشاكل التشغيل المرتبطة بالتعديل الصنعي للأيونوسفير وقناة الموجات الراديوية
التوصية ITU-R BS.559	القياس الموضوعي لنسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة على الترددات LF وMF وHF
التوصية ITU-R BS.560	نسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة على الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) الديكامترية (HF)
التوصية ITU-R BS.561	تعريفات الإشعاع في الإذاعة على الترددات LF وMF وHF
التوصية ITU-R M.589	الخصائص التقنية لطرائق إرسال المعطيات والحماية من التداخل في خدمات الملاحة الراديوية العاملة في نطاقات التردد بين 70 و130 kHz
التوصية ITU-R BS.638	المفردات والتعريفات المستعملة في تخطيط الترددات من أجل الإذاعة الصوتية
التوصية ITU-R BS.639	عرض النطاق الضروري للإرسال في الإذاعة بالموجات الكيلومترية والهكتومترية والديكامترية

وثيقة قطاع الاتصالات الراديوية ورقمها	عنوان وثيقة قطاع الاتصالات الراديوية
التوصية ITU-R BS.703	خصائص المستقبلات المرجعية الخاصة بالإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع (AM) لأغراض التخطيط
التوصية ITU-R M.823	الخصائص التقنية للإرسال التفاضلي في الأنظمة العالمية التفاضلية للملاحة الساتلية انطلاقاً من منارات راديوية بحرية في نطاقي التردد 283,5-315 kHz (الإقليم 1) و285-325 kHz (الإقليمان 2 و3)
التوصية ITU-R SM.1056	تقييد الإشعاع الصادر عن التجهيزات الصناعية والعلمية والطبية (ISM)
التوصية ITU-R P.1147	التنبؤ بشدة مجال الموجة الأيونوسفيرية عند ترددات بين 150 و700 1 kHz تقريباً
التوصية ITU-R P.1321	عوامل الانتشار التي تؤثر في الأنظمة التي تستعمل تقنيات التشكيل الرقمي في نطاقات الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF)
التوصية ITU-R BS.1348	متطلبات الخدمة للإذاعة الصوتية الرقمية عند ترددات تحت 30 MHz
التوصية ITU-R BS.1386	خصائص ومخططات هوائيات الإرسال على الموجات الكيلومترية (LF) والموجات الهكتومترية (MF)
التوصية ITU-R BS.1387	طريقة القياسات الموضوعية لنوعية الصوت المسموع
التوصية ITU-R BS.1514	نظام للإذاعة الصوتية الرقمية في نطاقات الإذاعة تحت 30 MHz
التوصية ITU-R M.1732-2	خصائص الأنظمة العاملة في خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية لأغراض دراسات التقاسم
التوصية ITU-R BS.1895	معايير الحماية من أجل الأنظمة الإذاعية للأرض
التوصية ITU-R SM.1896	مَدَيَات الترددات الموصى باستخدامها لتنسيق تشغيل أجهزة الاتصال الراديوي قصيرة المدى على أساس عالمي أو إقليمي
التوصية ITU-R SM.2028	حساب مسافة الحماية بين الأنظمة الحثية وخدمات الاتصالات الراديوية التي تستعمل ترددات تحت 30 MHz
التوصية ITU-R SM.2103	التنسيق العالمي لفئات الأجهزة قصيرة المدى (SRD)
التوصية ITU-R P.2109	التنبؤ بالخسارة الناجمة عن الدخول إلى المباني
التوصية ITU-R SM.2110	مديات التردد من أجل تشغيل إرسال الطاقة اللاحزمية لاسلكياً للمركبات الكهربائية
التوصية ITU-R SM.2129	إرشادات بشأن مديات التردد من أجل تشغيل الأنظمة اللاحزمية لإرسال القدرة لاسلكياً في الأجهزة المتنقلة والمحمولة
التقرير ITU-R BS.401	هوائيات الإرسال في الإذاعة على الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) والديكامترية (HF)
التقرير ITU-R BS.458	خصائص الأنظمة في الإذاعة على الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) والديكامترية (HF)
التقرير ITU-R SM.2057	الدراسات المتعلقة بتأثير الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا النطاق فائق العرض على خدمات الاتصالات الراديوية.
التقرير ITU-R SM.2153	المعلمات التقنية والتشغيلية واستعمال الطيف لأجهزة الاتصال الراديوي قصيرة المدى
التقرير ITU-R SM.2154	تقنيات قياس الدرجة التي تشغل بها أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى الطيف الترددي
التقرير ITU-R SM.2179	قياس أجهزة الاتصالات الراديوية قصيرة المدى
التقرير ITU-R SM.2180	تأثير التجهيزات الصناعية والعلمية والطبية (ISM) على خدمات الاتصالات الراديوية
التقرير ITU-R SM.2210	أثر الإرسالات من الأجهزة قصيرة المدى على خدمات الاتصالات الراديوية
التقرير ITU-R SM.2303	إرسال القدرة لاسلكياً باستعمال تكنولوجيات غير حزم التردد الراديوي

مراجع أخرى

[1] Measurement Methodology and Results of Measurements of Man-Made Noise Floor on HF in The Netherlands, T.W.H. Fockens, A.P.M. Zwamborn, F. Leverink, IEEE Transactions on EMC, Vol 61, No. 2, April 2019

[2] I. Landa, A. Arrinda, I. Eizmendi, M. M. Velez and I. Fernandez, "Man-made noise measurements in indoor locations in Medium Wave band," Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation, Barcelona, 2010, pp. 1-5.

[3] K. Fockens and F. Leferink, "Correlation Between Measured Man-Made Noise Levels and the Density of Habitation," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, doi: 10.1109/TEMC.2020.3001979.

[4] M. Iwama, "Estimation of Background Noise in HF-Band," 2008 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility and 19th International Zurich Symposium on Electro- magnetic Compatibility, May 2008, Singapore, pp. 478-481.

[5] ERC Recommendation 70-03: https://docdb.cept.org/document/845

[6] ERC Recommendation 74-01: https://docdb.cept.org/document/1001

[7] ERC Report 69: https://docdb.cept.org/document/637

[8] ECC Report 67: https://docdb.cept.org/document/177

الملحق 2

المختصرات

المصطلح	الشرح
ADC	محول من تماثلي لرقمي *(Analogue digital converter)*
ADF	جهاز التحديد الأوتوماتي للاتجاه *(Automatic direction finder)*
AM	تشكيل الاتساع *(Amplitude modulation)*
BBC	هيئة الإذاعة البريطانية *(British Broadcasting Corporation)*
BW	عرض النطاق *(Bandwidth)*
ETSI	المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات *(European Telecommunications Standards Institute)*
FCC	اللجنة الفيدرالية للاتصالات *(Federal Communications Commission)*
ISM	التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية *(Industrial, scientific, and medical (applications))*
LF	التردد المنخفض *(Low frequency)*
NDB	منار غير اتجاهي *(Non-directional beacon)*
RR	لوائح الراديو *(Radio Regulations)*

SCN ضوضاء الموجة الحاملة الوحيدة *(Single carrier noise)*.

TR تقرير تقني *(Technical report)*

WGN الضوضاء الغوسية البيضاء *(White gaussian noise)*

WPT إرسال الطاقة لاسلكياً *(Wireless power transmission)*

الملحق 3

نموذج الانتشار لانبعاثات أجهزة إرسال الطاقة لاسلكياً

تستند خسارة الانتشار إلى نموذج الانتشار المستخدم وفقا للتوصية ITU R SM.2028 مع النمط الأرضي 9. وهو يجمع بين تأثير الاقتران المغناطيسي على مسافات قريبة (60 dB لكل عقد) مع فقدان الفضاء الحر (20 dB لكل عقد) في المجال البعيد. وتم نمذجة الانتقال بين المجال القريب والبعيد على أنه 40 dB لكل عقد. وبعد المجال البعيد، يفترض انتشار الموجة الأرضية. وتمت برمجة النموذج لعرض النتيجة dBµA/m مباشرة. ويتم ضبط النموذج لعرض النتيجة –15 dBµA/m على مسافة 10 أمتار مباشرة.

الشكل 73

مثال على خسارة الانتشار عند 2 MHz