الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التقرير ITU-R SM.2451-0

(2019/06)

تقييم أثر نقل الطاقة لاسلكياً من أجل شحن المركبات الكهربائية على خدمات الاتصالات الراديوية

السلسلة SM

إدارة الطيف

الاتحاد الدولي للاتصالات

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 http://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 http://www.itu.int/publ/R-REP/en)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2020

© ITU 2020
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التقرير ITU-R SM.2451-0

تقييم أثر نقل الطاقة لاسلكياً من أجل شحن المركبات الكهربائية على خدمات الاتصالات الراديوية

(2019)

جدول المحتويات

الصفحة

1 مقدمة 5

2 الخصائص التقنية ومتطلبات الحماية للخدمات الراديوية 5

3 خصائص الأنظمة لتطبيقات WPT-EV 6

1.3 الخصائص الراديوية لأنظمة WPT-EV 6

2.3 سيناريو استعمال نظام WPT-EV في الترددات 21-19 kHz/65-55 kHz 8

3.3 سيناريو استعمال نظام WPT-EV في مدى تردد 90-79 kHz 10

4.3 تقدير عامل النشاط لكل منصة شحن 12

4 ملخص الدراسات عن تأثير أنظمة WPT-EV على خدمات الاتصالات الراديوية 12

1.4 دراسات التأثير بشأن أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 21-19 kHz 12

2.4 دراسات تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 55-65 kHz 14

3.4 دراسات تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 79-90 kHz 15

4.4 حدود البث المشع من أنظمة WPT-EV لحماية الإذاعة AM 17

5.4 تأثير الإرسالات المشعة الهامشية والتوافقية في خدمة الهواة ومتطلبات الحماية ذات الصلة 20

5 تدابير التنسيق والتخفيف للحد من تأثير أنظمة WPT-EV في خدمات الاتصالات الراديوية 21

1.5 التنسيق العالمي 21

2.5 تدابير التخفيف 22

6 استنتاجات 23

الملحق 1 – الخصائص التقنية ومتطلبات حماية خدمات الاتصالات الراديوية لاستخدامها في دراسات تأثير أنظمة WPT-EV 25

1.A1 الخدمات البحرية 25

2.A1 خدمة الهواة 26

3.A1 خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت 27

4.A1 خدمة الإذاعة الصوتية 32

5.A1 خدمة الأرصاد الجوية 32

الملحق 2 – أمثلة على سويات الإرسال في أجهزة WPT-EV 33
1.A2 نظام WPT-EV في النطاقين 19-21 kHz/55-65 kHz 33
2.A2 نظام WPT-EV في النطاق 79-90 kHz 34
الملحق 3 – حدود البث المقترحة من منظمات وضع المعايير لأنظمة WPT-EV 37
1.A3 مشروع الحدود المقترحة من جانب اللجنة CISPR 37
الملحق 4 – دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت 39
1.A4 دراسة التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت في تردد 60 kHz 39
2.A4 دراسة التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت في التردد 77,5 kHz 50
الملحق 5 – دراسة من الصين عن تأثير أنظمة WPT-EV 58
1.A5 دراسة تأثير أنظمة WPT-EV على البث الإذاعي على الموجات MF 58
2.A5 دراسة تأثير نظام WPT-EV على نظام الملاحة Loran في الصين 77
3.A5 المراجع 86
الملحق 6 – دراسات التأثير في كوريا بالنسبة لنظام WPT-EV في الترددات 19-21 kHz/55-65 kHz 87
1.A6 دراسات عن تأثير أنظمة WPT-EV في الترددات 19-21 kHz/55-65 kHz على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) 87
2.A6 دراسات تأثير أنظمة WPT-EV في خدمات الإذاعة الصوتية AM في المدى 19-21 kHz/55-65 kHz 88
الملحق 7 – دراسات التأثير في اليابان لأنظمة WPT-EV العاملة في التردد 79-90 kHz 91
1.A7 مقدمة 91
2.A7 حدود البث في أنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية 91
3.A7 تقييس أنظمة WPT-EV 92
4.A7 دراسات التأثير على أنظمة WPT العاملة في النطاق 79-90 kHz 92
الملحق 8 – تحليل تأثير أنظمة نقل الطاقة لاسلكياً (WPT) في الخدمات الإذاعية 102
1.A8 خلفية 102
2.A8 العوامل التي تسهم في تأثير التداخل 103
3.A8 التعليق والتطبيق على أنظمة WPT ومستقبلات البث الإذاعي 103
4.A8 حدود شدة المجال المسموح بها 104
المرفق 1 بالملحق 8 – معلومات عن مرسلات البث في الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF الخاضعة للتأثير من أنظمة WPT-EV. 111
1.A1-A8 مقدمة 111
2.A1-A8 مصادر المعلومات المتاحة 111
الإضافة 1 للمرفق 1 بالملحق 8 112
الإضافة 2 للمرفق 1 بالملحق 8 – معلومات من موقع المعلمات التقنية لبث المرسلات الإذاعية (Ofcom UK) 115

المرفق 2 بالملحق 8 – تقرير عن البث على الموجات MF عبر أجزاء من الإقليم 2 116
1.A2-A8 لمحة موجزة..... 116
2.A2-A8 مقدمة 116
3.A2-A8 دراسة الأسواق..... 117
المرفق 3 بالملحق 8 – العوامل التي تؤثر في التداخل الضار..... 120
المرفق 4 بالملحق 8 – اشتقاق السوية القصوى من التداخل المسموح به في مستقبل AM..... 121
المرفق 5 بالملحق 8 – مسافة الفصل المتوقعة بين شاحن WPT-EV ومستقبل AM منزلي – مسح فوتوغرافي 126
المرفق 6 بالملحق 8 – أداء مستقبل بث إذاعي صوتي بالموجات MF بوجود تداخل من جهاز WPT-EV..... 128
المرفق 7 بالملحق 8 – مزيد من الدراسات باستخدام مستقبل متاح تجارياً..... 136
الملحق 9 – تحليل اتحاد الإذاعات الأوروبية لتوفيق نتائج دراسة التأثير الموصوفة في الملحق 5 مع الحدود المطلوبة للإرسال المشع من أنظمة WPT-EV لحماية البث الإذاعي AM في القسم 4.4..... 144
1.A9 ملخص 145
2.A9 تعاريف..... 145
3.A9 خلفية 147
4.A9 المراجع 151
الملحق 10 – دراسة عن تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في المدى 79-90 kHz على أنظمة الاتصالات الراديوية في خدمة الهواة... 152
1.A10 مقدمة..... 152
2.A10 خلفية 152
3.A10 موقع منشآت أنظمة WPT-EV 154
4.A10 سويات البث في المجال الهامشي 154
5.A10 السوية المناسبة من الحماية..... 157
6.A10 قياس الأنظمة القائمة..... 157
7.A10 ملخص 158
الملحق 11 – تحليل تأثير أنظمة WPT-EV على أنظمة T-Coil المساعدة على السمع 159
1.A11 المعلمات التشغيلية 159
2.A11 حدود التداخل..... 159
3.A11 مرسلات أنظمة T-Coil 159
4.A11 مستقبلات أنظمة T-Coil 160

المختصرات

AM تشكيل الاتساع *(Amplitude modulation)*

ATS أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات *(Automatic Train Stop Systems)*

BBC هيئة الإذاعة البريطانية *(British Broadcasting Corporation)*

CEPT المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات
(Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications)

CISPR اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي
(Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques)

EBU اتحاد الإذاعات الأوروبية *(European Broadcasting Union)*

ERC اللجنة الأوروبية للاتصالات الراديوية *(European Radiocommunications Committee)*

EV مركبة كهربائية *(Electric Vehicle)*

IEC اللجنة الكهرتقنية الدولية *(International Electrotechnical Commission)*

ITRS النظام الراديوي الحثي للقطارات *(Inductive Train Radio System)*

ITU-R قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات *(ITU Radiocommunication Sector)*

LF موجات كيلومترية *(Low Frequency)*

LORAN الملاحة بعيدة المدى *(Long-Range Navigation)*

MF موجات هكتومترية *(Medium Frequency)*

MF-WPT نقل الطاقة لاسلكياً بالمجال المغنطيسي *(Magnetic Field Wireless Power Transmission)*

PHEV مركبة كهربائية هجينة قابلة للشحن *(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)*

RR لوائح الراديو *(Radio Regulations)*

SAE جمعية مهندسي السيارات *(Society of Automotive Engineers)*

SDO منظمة لوضع المعايير *(Standards Development Organization)*

SFTS التردد المعياري وإشارة التوقيت *(Standard frequency and time signal)*

SRD جهاز قصير المدى *(Short Range Device)*

TC لجنة تقنية *(Technical Committee)*

WPT نقل الطاقة لاسلكياً *(Wireless Power Transmission)*

WPT-EV نقل الطاقة لاسلكياً من أجل شحن المركبات الكهربائية *(Wireless power transmission for electric vehicles)*

WRC المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية *(World Radiocommunication Conference)*

توصيات وتقارير الاتحاد ذات الصلة

التوصية ITU-R SM.1056

التوصية ITU-R SM.1896

التوصية ITU-R SM.2129-0

التقرير ITU-R SM.2153

التقرير ITU-R SM.2303

1 مقدمة

هناك العديد من تطبيقات نقل الطاقة لاسلكياً (WPT) قيد الاستخدام، في مرحلة تجريبية أو في مرحلة التنفيذ في جميع أنحاء العالم. والترددات المستخدمة في تكنولوجيا WPT لشحن المركبات الكهربائية (WPT-EV) تستخدمها أيضاً أنظمة أو خدمات الاتصالات الراديوية. ولم يكن تأثير تطبيقات WPT- EV على خدمات الاتصالات الراديوية القائمة معروفاً بما فيه الكفاية. ورغبة في دراسة هذا التأثير المحتمل لتكنولوجيا WPT-EV على خدمات الاتصالات الراديوية العاملة في نفس الترددات أو في الترددات المجاورة، وافق المؤتمر العالمي WRC-15، في الفقرتين *أ*) و*ب)* من *الملحق 1* في قراره **(WRC-15) 958**، على ضرورة أن يقوم قطاع الاتصالات الراديوية بدراسة هذا التأثير كواحدة من الدراسات العاجلة المطلوبة استعداداً للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2019 (WRC-19). ولهذا الغرض أُدرجت المسألة 6.1.9 في البند 1.9 من جدول أعمال المؤتمر WRC-19.

ويدعو القرار **(WRC-15) 958** أيضاً إلى دراسة أمداء التردد المنسقة المناسبة التي من شأنها أن تقلل إلى أدنى حد ممكن من تأثير تكنولوجيا WPT-EV على خدمات الاتصالات الراديوية. وعند النظر في نطاقات التردد المحتملة المرشحة، من الضروري إجراء دراسات التأثير على الخدمات التي لديها توزيعات بالفعل في نطاقات التردد هذه. وينبغي أن تأخذ هذه الدراسات في الحسبان الاستعمالات الحالية والمزمعة لهذه الترددات من جانب الخدمات القائمة إضافة إلى توفير الحماية اللازمة لها من إرسالات WPT-EV.

ويتناول هذا التقرير تقييم تأثير أنظمة WPT-EV على خدمات الاتصالات الراديوية العاملة في نفس الترددات أو في الترددات المجاورة من أجل توفير الحماية اللازمة لخدمات الاتصالات الراديوية. ويهدف أيضاً إلى توفير التوجيه للإدارات التي ترغب في السماح بتطبيق تكنولوجيا WPT-EV في الأمداء المقترحة من أجل تقليل التأثير المحتمل لهذه الأنظمة على خدمات الاتصالات الراديوية.

2 الخصائص التقنية ومتطلبات الحماية للخدمات الراديوية

من المحتمل وجود عدد كبير من الخدمات الراديوية التي قد تتأثر بتشغيل أنظمة WPT-EV. وقد يكون التأثير على نفس التردد أو الترددات المجاورة أو الترددات ذات الفواصل الأكبر. ويرد في الجدول 1 معلومات عن الخصائص التقنية ومتطلبات الحماية للخدمات الراديوية المستخدمة في دراسات التأثير.

الجدول 1

الخصائص التقنية لخدمات/أنظمة الاتصالات الراديوية
ومتطلبات الحماية لاستخدامها في دراسات التأثير

مدى التردد	الخدمة/النظام	التطبيق	الخصائص ومتطلبات الحماية (المرجع)
kHz 10-Hz 50	أنظمة T-Coil	مساعدات السمع	الملحق 11
kHz 200-5	مساعدات الأرصاد الراديوية	نظام الكشف عن الصواعق	
kHz 250-10 kHz 524-425	أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS)	سلامة السكك الحديدية	الملحق 7
kHz 19,5-14	الثابتة المتنقلة البحرية		
kHz 21-19,95 (kHz 20)	خدمة الترددات المعيارية وإشارة التوقيت		الملحق 1
kHz 70-20,5	الثابتة المتنقلة البحرية		
kHz 41-39 (kHz 40)	خدمة الترددات المعيارية وإشارة التوقيت	إشارة توقيت بمقدار kHz 40 مستخدمة في اليابان	الملحق 1

الجدول 1 *(تتمة)*

مدى التردد	الخدمة/النظام	التطبيق	الخصائص ومتطلبات الحماية (المرجع)
kHz 61-59 (kHz 60)	خدمة الترددات المعيارية وإشارة التوقيت	إشارة توقيت بمقدار kHz 60 مستخدمة في اليابان والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية	الملحق 1
kHz 68,75-68,25 (kHz 77,5)	خدمة الترددات المعيارية وإشارة التوقيت	إشارة توقيت بمقدار kHz 77,5 مستخدمة في ألمانيا	الملحق 1
kHz 110-90	**الملاحة الراديوية** الاتصالات الراديوية البحرية	نظام Loran-C	
kHz 102,5-99,75 (kHz 100)	خدمة الترددات المعيارية وإشارة التوقيت		الملحق 1
kHz 129,6-128,6	ثابتة	التحكم في التموجات الراديوية	
kHz 535-130	طيران	منارات غير توجيهية	
kHz 137,8-135,7	هواة		الملحق 10
kHz 166,5-157,5	خدمة الترددات المعيارية وإشارة التوقيت		الملحق 1
kHz 283,5-148,5	إذاعة	ترددات كيلومترية (LF) إذاعة صوتية بتشكيل الاتساع (AM)	الملحقان 1 و8
kHz 405-255	ملاحة راديوية للطيران		
424 و490 و518 kHz و505-495 kHz	بحرية		
kHz 479-472	هواة		الملحق 10
kHz 1 705-525	إذاعة	ترددات كيلومترية (LF) إذاعة صوتية بتشكيل الاتساع (AM)	الملحقان 1 و8
kHz 2 000 -1 800	هواة		الملحق 10
MHz 30 >	أشارت الخدمات إلى مخاوف بشأن سويات الإرسال غير المطلوب. على وجه الخصوص، الطيران والبحرية والإذاعية والهواة.		الملحق 1

3 خصائص الأنظمة لتطبيقات WPT-EV

1.3 الخصائص الراديوية لأنظمة WPT-EV

يلخص الجدول 2 الخصائص الراديوية لنظام WPT-EV نموذجي استناداً إلى المعلومات المتاحة في قطاع الاتصالات الراديوية، ويلخص الجدول 3 المعلمات العامة لنظام WPT-EV نموذجي، وقد استُخدمت في دراسات التأثير. ويمكن الاطلاع على تفاصيل سويات الإرسال، بما فيها الإرسالات غير المطلوبة في الملحق 2. ويمكن الاطلاع على تفاصيل مشروع الحدود التي تقترحها منظمات وضع المعايير في الملحق 3.

وقد استُخدمت الحدود قيد المناقشة في اللجنة الفرعية B لدى اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) في بعض دراسات التأثير وأدرجت في الجدولين A3-1 وA3-2 في الملحق 3. وتعمل اللجنة الفرعية CISPR/B على وضع حدود الإرسال وطرائق قياسها لشاحن WPT لمركبة كهربائية EV في الإصدار التالي (الإصدار 7) من المعيار CISPR 11.

كما يقدم الجدول A7-1.2 في الملحق 7 حدود البث لتطبيقات WPT-EV في اليابان، والتي تم الحصول عليها من نتائج دراسة التأثير المحلي في اليابان.

الجدول 2

الخصائص الراديوية لمثال لسويات البث من نظام WPT-EV في دراسات التأثير

نطاق التردد (kHz)	التردد المركزي (kHz)	قناع البث	استقرار التردد (Hz)	سوية الطاقة (kW)	سوية البث الأساسية عند m 10 (dBuA/m)	سوية بث التوافقية الثالثة عند m 10 (dBuA/m)	سويات البث غير المطلوبة	استعمال
21-19/ 157-55 65-63	21-19 (الملاحظة 1)	الملحق 3	الملاحظة 1	120-22	الملحق 2	الملحق 2	الملحق 2	قوي
90-79	90-79 (الملاحظة 1)	الملحق 3	الملاحظة 1	22-1	الملحق 2	الملحق 2	الملحق 2	خفيف

الملاحظة 1 – لم يتم تقييسها بعد. تعتمد على تصميم المنتج. الرجوع إلى منظمة وضع المعايير المناسبة لمتطلبات التردد.

الجدول 3

المعلمات العامة لنظام WPT-EV نموذجي

المعلمة/الدخل	kHz 65-55/kHz 21-19 WPT- EV	WPT- EV kHz 90-79
مجال التطبيق	مركبة كهربائية ثقيلة (حافلة، شاحنة، ...)	مركبة كهربائية خفيفة للركاب
سويات الطاقة	kW 120-22	kW 22-1
سوية الطاقة النموذجية	kW 100 لأنظمة الحافلات	kW 11 لمركبة ركاب
استعمال التردد ضمن نطاق تردد التشغيل	– توليف متغاير للبحث واختيار أكفأ تردد تشغيل – ترددات تشغيل منفصلة مكرسة – تردد تشغيل ثابت	
مصادر الإرسالات المشعة	– إلكترونيات كهربائية مولدة للطاقة المرسلة – كبلات تربط الطاقة بمنصة الشحن – عناصر مغنطيسية (هوائيات فرّيتية) في منصة الشحن	
آلية الاقتران	حثي رنيني	
حالة الاقتران (فجوة هوائية بين المركبة ومنصة الشحن)	مجال قريب 0,2 .. 0,35 متر	مجال قريب 0,08 ... 0,3 متر
كفاءة نظام الاقتران	%85 .. %80	%95 .. %80

1 مدى التردد هذا هو التوافقية الثالثة للتردد الأساسي في نطاق التردد 21-19 kHz. ويستخدم التردد الأساسي والتوافقية الثالثة معاً لتحقيق كفاءة أعلى في نقل الطاقة لبعض الأنظمة الحثية.

الجدول 3 *(تتمة)*

المعلمة/الدخل	kHz 65-55/kHz 21-19 WPT- EV	WPT- EV kHz 90-79
حالات الاستعمال	– مرآب حافلات – نهاية خط حافلات	موقف سيارات خاص – في البيت – في المكتب في مواقع عامة – مواقف مكشوفة – مواقف مكشوفة في الشارع – مواقف متعددة الطوابق – مواقف تحت الأرض
اتجاه الشحن	وحيد/ثنائي الاتجاه	
الكثافة المتوقعة لمنصات شحن WPT-EV	وحدة/100 m² – في مرآب حافلات – في نهاية خط حافلات	5 وحدات/100 m² في مرآب وقوف: نفس الكثافة في كل طابق

2.3 سيناريو استعمال نظام WPT-EV في الترددات kHz 65-55/kHz 21-19

السيناريو الرئيسي المتوخى لاستعمال نظام WPT-EV للمركبات الثقيلة في مديي التردد kHz 65-55/kHz 21-19 هو من أجل الحافلات. وتبدو سيناريوهات الاستخدام في الجدول 4.

الجدول 4

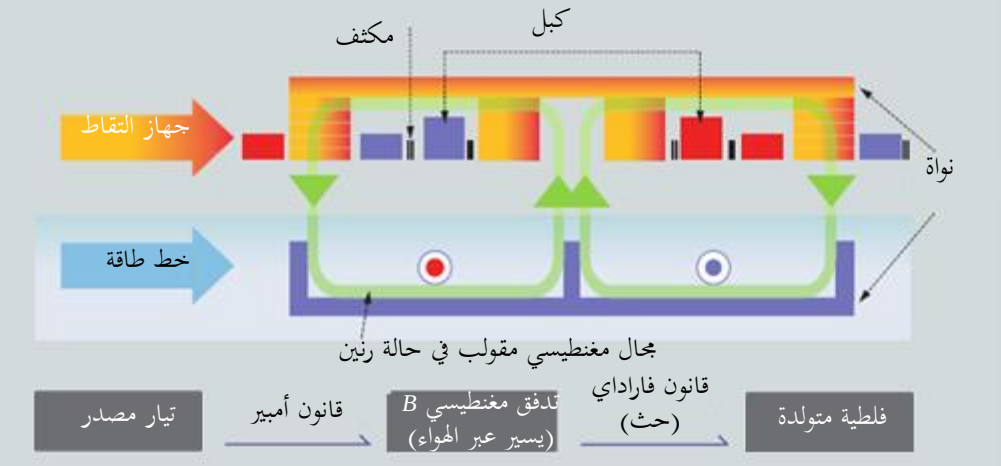
سيناريوهات استخدام WPT-EV لشحن الحافلات في المديين kHz 65-55/kHz 21-19

السيناريو	زمن الشحن لكل مركبة	عدد الحافلات في مسير ما	عدد المركبات التي يمكن شحنها في آن واحد	طاقة الشحن	الكفاءة
في مستودع WPT-EV للمركبات الثقيلة (محطة نهاية خط/مستودع/مرآب حافلات)	20-15 دقيقة	6 حافلات على الطريق، 45 دقيقة بين مطاريف WPT-EV، 90 دقيقة ذهاباً وإياباً	4 (2-1 نموذجياً)	100 kW	%85
WPT-EV في الشارع، للمركبات الثقيلة (مواقف الحافلات مثلاً)	غير منظور حالياً				
شحن دينامي (عندما تكون المركبة متحركة)	يعتبر غير ممكن وليس هناك من حالة استعمال				

ويظهر في الشكل 1 التشكيل الأساسي لنظام WPT-EV نموذجي. ولشحن المركبات، يمكن دفن نظام إمداد الطاقة (الجهاز الأساسي) تحت الأرض أو وضعه فوق الأرض لنقل الطاقة مغنطيسياً إلى المركبات التي تعمل بالبطاريات. ويمكن شحن الحافلة في مرآب الحافلات دون توقف.

الشكل 1

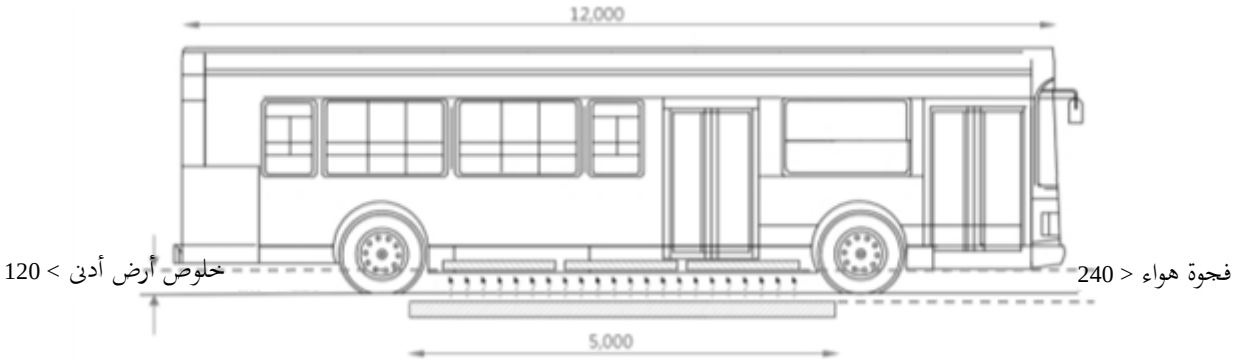
بنية نظام WPT-EV نموذجي



يعتمد نقل الطاقة لاسلكياً بين مصدر طاقة تيار متناوب ومركبة كهربائية على مبدأ نقل الطاقة عبر المجال المغنطيسي. ويُستخدم لهذا الغرض نظام تزويد الطاقة (من قبيل جهاز IEC TC69 أولي) وجهاز التقاط (من قبيل جهاز IEC TC69 ثانوي). وقد يشتمل نظام WPT-EV على وشيعة واحدة أو أكثر. ويقترن الجهازان بالرنين الحثي.

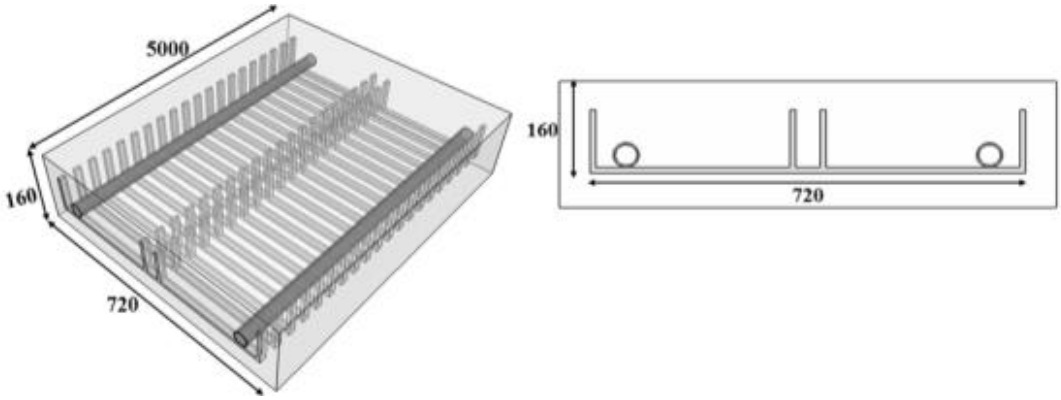
الشكل 2

حالات شحن نموذجية في نظام WPT-EV



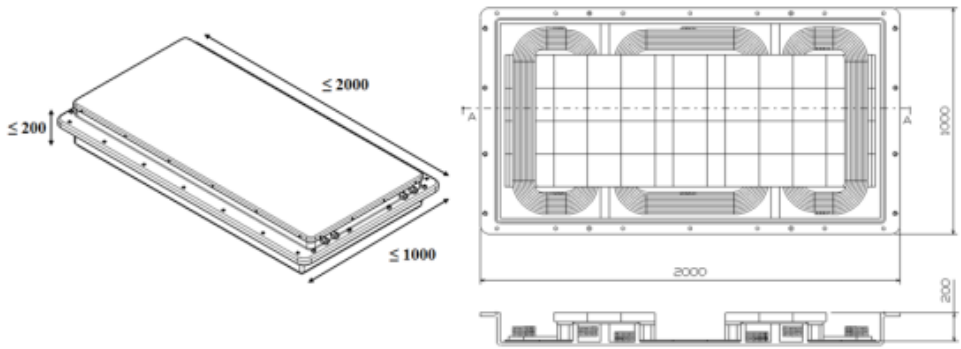
الشكل 3

نظام الإمداد بالطاقة (جهاز أولي)



الشكل 4

جهاز التقاط نموذجي (جهاز ثانوي)



3.3 سيناريو استعمال نظام WPT-EV في مدى تردد 79-90 kHz

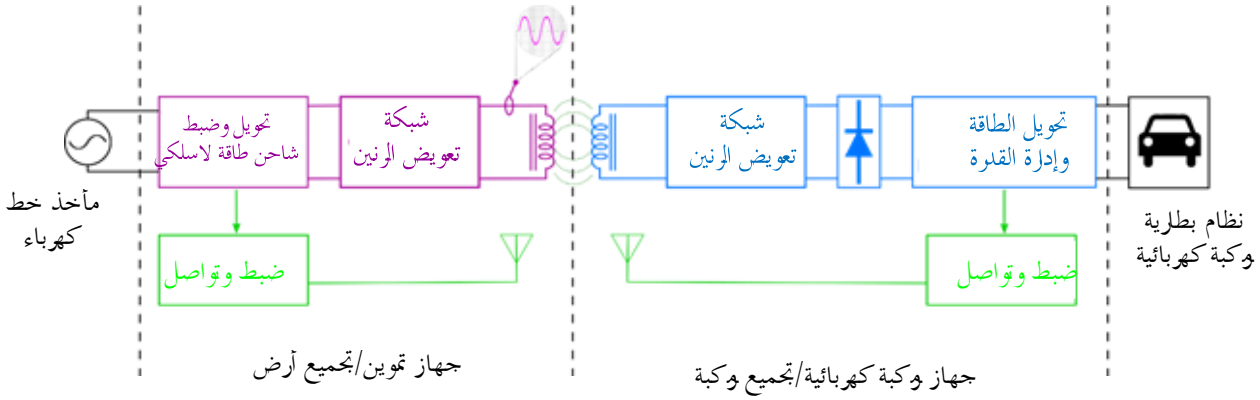
1.3.3 شرح موجز لأنظمة WPT التي يجري تقييمها من جانب منظمات وضع المعايير

تجري متابعة أنظمة WPT-EV بنشاط في شتى أنحاء العالم لدعم المبادرات العالمية لاستخدام المركبات الكهربائية. وتعتبر أنظمة WPT-EV جزءاً بالغ الأهمية من البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية. وهناك ثلاث منظمات أساسية لوضع المعايير تصدر منشورات عن أنظمة نقل الطاقة لاسلكياً من أجل شحن المركبات الكهربائية (WPT-EV). وهذه المعايير هي IEC/TC69/WG7 وISO/TC22/SC37/JPT19363 وSAE J2954. ومن خلال التنسيق، تعمل هذه المنظمات الثلاث على مواءمة متطلبات هذه الأنظمة للمساعدة في ضمان إمكانية التشغيل البيني على مستوى العالم.

وتصمم أنظمة WPT-EV لنقل الطاقة لاسلكياً بكفاءة من مجموعة وشائع على الأرض (الجهاز الأساسي) إلى مجموعة وشائع مثبتة تحت السيارة الكهربائية (جهاز ثانوي). ويحدث النقل اللاسلكي عبر مجال مغنطيسي يستخدم خصائص مغنطيسية المجال القريب والرنين. ويمثل الشكل 5 مخططاً بيانياً لهذا النظام.

الشكل 5

مخطط بياني نموذجي لنظام WPT-EV من منظمات وضع المعايير



هنالك، عموماً، نظامان فرعيان أساسيان في نظام WPT-EV، وهما جهاز الإمداد (من IEC وISO)/التجميع الأرضي (GA) (في SAE) وجهاز مركبة كهربائية EV (IEC & ISO)/تجميع المركبات (VA) (في SAE J2954). وتتمثل مسؤولية جهاز الإمداد في توليد مجال مغنطيسي عند تردد التشغيل المطلوب، بينما يحوّل جهاز المركبة الكهربائية المجال المغنطيسي بكفاءة إلى طاقة تيار مستمر يمكن أن تستخدمها المركبة الكهربائية.

وبناءً على بحث ومراجعة مسهبين، قررت الهيئات IEC وISO وSAE أن يكون تردد التشغيل الأساسي لنظام WPT-EV للتطبيقات الخفيفة في حدود 79-90 kHz. وفي إطار توفير نطاق تردد، من المتوقع بشكل عام أن يعمل نظام ما إسمياً في تردد ثابت ضمن هذا المدى وألا يعدّل تردده أثناء نقل الطاقة. ومن المتوقع أن تعمل هذه الأنظمة بكفاءة أعلى من 80% في جميع الظروف مع أن القياسات أظهرت أن الكفاءات النموذجية هي ~90% من دخل التيار المتناوب (AC) إلى خرج التيار المستمر (DC). ولا يحدث نقل الطاقة كلها إلا عند التردد الأساسي.

وأثناء التشغيل، تحرض الفلطية التي يولدها محوّل الطاقة شبكة التعويض التي تعمل باستخدام الرنين مع وشيعة الجهاز الأولي. ومن ثم يقوم تيار جيبي ناتج في وشيعة الجهاز الأولي باستحثاث مجال مغنطيسي نسبي. وتقترن الطاقة بين الجهاز الأولي والجهاز الثانوي من خلال هذا المجال المغنطيسي. ويمكن وصف كلتا الوشيعتين باستخدام نموذج بنية محوّل مقترن بشكل فضفاض. وبما أن التيار المتولد في وشيعة الجهاز الأولي جيبي، والناتج غير مشكّل أثناء نقل الطاقة، فإن المجال الناتج هو موجة مستمرة (CW).

وحتى يونيو 2019، جرى تقييس أنظمة WPT-EV لأصناف الطاقة حتى 11,1 kW من قبل منظمات وضع المعايير ذات الصلة. ومن المتوقع استخدام مدى التردد 79-90 kHz لجميع المركبات الخفيفة.

وأجرت الجمعية SAE J2954 دراسات على العديد من الأنظمة القابلة للتشغيل البيني ونشرت مجموعة فرعية من بياناتها في ورقة تقنية قدمت في المؤتمر العالمي لجمعية مهندسي السيارات (SAE) في أبريل 2019 بعنوان "إقرار نقل الطاقة لاسلكياً حتى 11 kW استناداً إلى المعيار SAE J2954 مع اختبار الورش والمركبات" (https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2019-01-0868/). وثمة اختبارات إضافية جارية.

2.3.3 تقديرات نمو عدد أنظمة WPT-EV

قدّر مشروع STILLE في ألمانيا أن هنالك 17,1 وحدة/km^2 للحالة الحقيقية في المناطق الحضرية وأن عدد أجهزة شحن WPT-EV يبلغ 0,7 وحدة/km^2 في المناطق الريفية.

والقيم المستقاة من مشروع STILLE تمتد حتى عام 2025. ويفضي استكمال هذه القيم حتى عام 2030 إلى حالة حقيقية بنسبة 64,2 وحدة/km^2 للمناطق الحضرية وبنسبة 2,5 وحدة/km^2 للمناطق الريفية.

وقد حدد مشروع STILLE زمن شحن واقعي لمدة ساعة واحدة في اليوم ومحطة شحن WPT-EV واحدة. ومن الجدير بالملاحظة أن هذه القيمة تبقى مستقرة على مر الزمن. والسبب هو أن العدد المتوقع من السيارات يزداد كل عام، ومن ناحية أخرى تبقى جانبية القيادة على حالها ويزداد عدد محطات الشحن WPT-EV بنفس النسبة.

وانطلاقاً من كل البيانات المستقاة من مشروع STILLE، من الممكن استكمال هذه البيانات وحساب إجمالي عدد المركبات التي سيتم فيها خيارياً تركيب نظام WPT-EV في عام 2030.

الجدول 5

استكمال العدد الإجمالي للمركبات المزودة بنظام WPT-EV خياري

السنة	مجموع المركبات الكهربائية في أوروبا (ملايين)	معدل نشر نظام WPT-EV لجميع المركبات مع معدل الإقبال	عدد المركبات المزودة بنظام WPT-EV في أوروبا مع معدل الإقبال (ملايين)
عدد المركبات في 2020	4	%0,71	0,03
زيادة 2021 <= 2025	24	%1,72	0,4
زيادة 2026 <= 2030	43	%2,83	1,2
مجموع عدد المركبات في 2030	71	%2,33	1,7

المصدر: "تقرير ECC 289 الصفحة 103" بعد استكمال القيم من "*STILLE – توقعات تطور سوق الاتحاد الأوروبي للأنظمة الحثية حتى 2025*"، أكتوبر 2018.

4.3 تقدير عامل النشاط لكل منصة شحن

يصف عامل النشاط، في الجدول 5، زمن التشغيل في منصة الشحن في اليوم.

الجدول 6

تقدير عامل النشاط لكل منصة شحن

نمط الشحن	الموقع	سوية الطاقة (kW)	شحن وحيد الاتجاه (ساعات)	عامل نشاط شحن وحيد الاتجاه	عامل نشاط شحن ثنائي الاتجاه
WPT-EV 21-19 kHz/55-65 kHz					
شحن طويل الأمد	مرآب حافلات	22 – 120	0,25 – 6	10-80%	لا ينطبق
WPT-EV 79-90 kHz					
شحن طويل الأمد	منزل	3,7-11	0,25 – 6	1 – 25%	10 – 80%
شحن طويل الأمد	مكان عمل	3,7-11	0,25 – 6	1 – 25%	5 – 40%
شحن انتهازي	مواقف عامة للسيارات	11-22	2 – 12	10 – 50%	20 – 70%

4 ملخص الدراسات عن تأثير أنظمة WPT-EV على خدمات الاتصالات الراديوية

يلخص هذا القسم نتائج دراسات التأثير بالنسبة لأنظمة WPT-EV التي تعمل في أمداء التردد 19-21 kHz و55-65 kHz و79-90 kHz. وخدمات وأنظمة الاتصالات الراديوية التي نُظر فيها هي خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت، والتحكم في التموجات، وأنظمة الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات، ونظام الاتصالات الراديوية البحرية (Loran-C)، والإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع (AM)، وراديو الهواة، وخدمة الطيران، وأنظمة الكشف عن الصواعق، والخدمة المتنقلة البحرية، وخدمة النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) التفاضلي، والمنارات غير الاتجاهية في خدمة الملاحة الراديوية. وبالإضافة إلى ذلك، تمت مناقشة وتلخيص الحدود المطلوبة للبث المشع من أنظمة WPT-EV لحماية الإذاعة AM وتأثير الإرسالات المشعة الهامشية والتوافقية على خدمة الهواة ومتطلبات الحماية ذات الصلة.

1.4 دراسات التأثير بشأن أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 19-21 kHz

في الدراسات المعروضة في الملحقات ذات الصلة، أُخذت قياسات على مسافة 10 أمتار بين الهوائي الحلقي والشاحن؛ وترد تفاصيل بيئات القياس في التقرير ITU-R SM.2303. وقد أخذت القياسات، ولكنها لم تقارن بالقيم التي قدمتها الخدمة التي تتطلب الحماية؛ وبناء عليه لا يمكن استخلاص أي استنتاج في هذا الشأن.

1.1.4 دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

يتضمن الملحق 6 دراسة عن خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) بتردد 20 kHz أجريت فيها قياسات ميدانية. والخدمة SFTS موضوع الدراسة هي أنظمة تعمل بتردد 20 kHz. ومع ذلك، لم يتم تحديد أي عمليات SFTS بتردد 20 kHz في هذه الدراسة. وأخذت القياسات، ولكنها لم تقارن بالقيم التي قدمتها الخدمة التي تتطلب الحماية؛ وبناء عليه لا يمكن استخلاص أي استنتاج في هذا الشأن.

2.1.4 دراسات التأثير على التحكم في التموجات

في الدراسات المعروضة في الملحق 7، أجريت دراسة على التحكم في التموجات بتردد 129,1 kHz و139 kHz بواسطة المحاكاة والقياسات الميدانية على السواء. وأخذت القياسات، ولكنها لم تقارن بالقيم التي قدمتها الخدمة التي تتطلب الحماية؛ وبناءً عليه لا يمكن استخلاص أي استنتاج في هذا الشأن.

3.1.4 دراسات التأثير على أنظمة الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات

تخلص هذه الدراسة، المعروضة في الملحق 7، إلى ضرورة مراعاة مسافة فصل قدرها 5أمتار لحماية أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS).

4.1.4 دراسات التأثير على الاتصالات الراديوية البحرية

اقتصرت الدراسات المعروضة في الملحق 5 على أنظمة الملاحة Loran-C. وفي دراسة هذه الأنظمة، يشير الإرسال وشدة المجال بمقدار 19-21 kHz، بما في ذلك توافقيات تطبيقات شحن WPT-EV، إلى الحدود المقترحة من اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR). ويشير معيار حماية النظام Loran-C إلى التوصيتين ITU-R M.589-3 وITU-R P.372-13. ووفقاً لدراسة التأثير، فإن عملية الشحن WPT-EV لا تشكل أي خطر تداخل على مستقبلات Loran في البحر في إطار التغطية البحرية.

5.1.4 دراسات التأثير على الإذاعة بتشكيل الاتساع (AM)

لا يتراكب مدى التردد 19-21 kHz مع أي نطاق إذاعي، ولذلك فإن البث التوافقي فقط من هذه الأنظمة هو الذي قد يكون له أي تأثير. ومن الممكن أيضاً أن تستخدم التوافقيات في عملية نقل الطاقة. فالتوافقيات بين الثامنة (21 kHz) والرابعة عشرة (19 kHz) تقع ضمن نطاق البث الإذاعي بالموجات الكيلومترية LF (148,5-283,5 kHz) بينما تقع التوافقيات ما بين الحادية والعشرين (21 kHz) والتاسعة والثمانين (19 kHz) ضمن نطاق البث الإذاعي بالموجات الهكتومترية MF (525-705 1 kHz). وترد الدراسات التفصيلية في الفقرة 4.4 وفي الملحق 8، وهي تصف التحليلات القائمة على معايير الحماية لاستقبال الإذاعة AM وعلى مسافات الفصل الممكنة بين أجهزة الشحن WPT-EV وأجهزة الاستقبال الراديوية. وفي حالة شواحن WPT-EV المستخدمة خصيصاً للمركبات الكهربائية الثقيلة (مثل الحافلات والشاحنات)، من المحتمل أن توضع أجهزة WPT-EV لهذه المركبات على مسافة فصل دنيا قدرها 10 أمتار من جهاز استقبال البث AM. ووجدت الدراسات أيضاً أن التخفيف سيكون مطلوباً لحماية الإذاعة AM في الحالات التي تدعو فيها الحاجة إلى خفض الإرسالات غير المطلوبة و/أو تشغيل أنظمة WPT-EV، باستقرار ونقاء معززين، في ترددات محددة بحيث تقع التوافقيات المقابلة ضمن الترددات التي تقلل من التأثير على استقبال الإذاعة AM، مع مراعاة ترتيب القنوات AM. لمزيد من المعلومات عن متطلبات الحماية للإذاعة الصوتية AM، يرجى الرجوع إلى الفقرة 4.4.

6.1.4 دراسات التأثير على خدمة راديو الهواة

في الدراسات المعروضة في الملحق 6، أجريت قياسات ميدانية لنطاقي التردد 135,7-137,8 kHz و472-479 kHz لراديو الهواة. ومن غير المحتمل أن تتأثر ترددات راديو الهواة هذه بالإرسالات عند تردد تشغيل أنظمة WPT-EV.

وتتوفر معلومات محدودة عن الإرسالات المشعة التوافقية من أنظمة WPT-EV العاملة في هذا التردد. وتتناول الفقرة 5.4 مسألة التداخل الضار الناجم عن الإرسالات المشعة التوافقية.

7.1.4 دراسة تأثير أنظمة WPT-EV على خدمة الطيران

في الدراسات المعروضة في الملحق 6 من بين نطاقات خدمة الطيران، أجريت القياسات الميدانية للنطاق 190-535 kHz (التوصية ITU-R SM.1535) والنطاق 800 2-000 22 kHz (التوصية ITU-R M.1458). وأخذت القياسات، ولكنها لم تقارن بالقيم التي قدمتها الخدمة التي تتطلب الحماية؛ وبناء عليه لا يمكن استخلاص أي استنتاج في هذا الشأن.

8.1.4 دراسة تأثير أنظمة WPT-EV على أنظمة الكشف عن الصواعق

في الدراسات المعروضة في الملحق 6، أخذت القياسات الميدانية لأنظمة الكشف عن الصواعق التي تعمل في النطاق 5-200 kHz. وأخذت القياسات، ولكنها لم تقارن بالقيم التي قدمتها الخدمة التي تتطلب الحماية، وبناء عليه لا يمكن استخلاص أي استنتاج في هذا الشأن.

9.1.4 دراسة تأثير أنظمة WPT-EV على الخدمة المتنقلة البحرية

يتطلب تأثير أنظمة WPT-EV على الخدمة المتنقلة البحرية إجراء دراسة.

2.4 دراسات تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 55-65 kHz

1.2.4 دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS)

في الدراسة المعروضة في الملحق 4، وُجد أن أنظمة WPT-EV التي تعمل في مدى التردد 55-65 kHz عند الحدود التي اقترحتها اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوية (CISPR) (انظر الملحق (3 تسبب تداخلاً ضاراً في خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) العاملة عند تردد 60 kHz. وتُظهر جميع السيناريوهات التي درست وجود هامش سلبي واسع ما بين −120 dB و−47 dB. وعند النظر في القياسات من نظام WPT-EV عند 34,18 dBµA/m عند 10 أمتار (انظر الملحق 2)، يُظهر التحليل الأساسي أن سيناريو استخدام WPT-EV في الشارع، مع مسافات فصل من 10 إلى 20 متراً، يسبب تداخلاً ضاراً في جميع الحالات المدروسة. وبالنسبة لسيناريوهات استخدام WPT-EV في المستودعات، قد يكون التعايش ممكناً لفواصل تردد أكبر من 4 kHz (خارج 56-64 kHz مثلاً) شريطة أن تكون مسافة الفصل أكبر من 50 متراً. وجدير بالذكر أن القياسات تستند إلى نظام WPT-EV معين وقد لا يمثل ذلك كل أنواع المعدات.

وتشغَّل محطات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) بتردد 60 kHz في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة حيث يستعمل الملايين هذه الخدمة.

واعتبرت الدراسة المعروضة في الملحق 6 أنه يمكن تخفيف التداخل على الخدمة SFTS في التردد 60 kHz إذا أمكن تحويل التردد الأساسي إلى 21 kHz والذي يحوّل بدوره التوافقية الثالثة إلى 63 kHz. ورأت الدراسة أن ذلك كافياً إذا لم يعمل النظام WPT-EV عند ±1,5 kHz (58,5 kHz إلى 61,5 kHz) من الخدمة SFTS في تردد 60 kHz. ولكن ذلك لا يستند إلى الحسابات لتحديد التوافق بين النظامين (تحليل التعايش).

2.2.4 دراسات التأثير على التحكم في التموجات

أجريت الدراسة المعروضة في الملحق 6 على التحكم في التموجات بتردد 129,1 kHz و139 kHz بواسطة المحاكاة والقياسات الميدانية على السواء. وأخذت القياسات، ولكنها لم تقارن بالقيم التي قدمتها الخدمة التي تتطلب الحماية، وبناء عليه لا يمكن استخلاص أي استنتاج في هذا الشأن.

3.2.4 دراسات التأثير على أنظمة الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات

تشير الدراسة المعروضة في الملحق 6 إلى ضرورة وجود مسافة فصل قدرها 5 أمتار لحماية أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS).

4.2.4 دراسات التأثير على الاتصالات الراديوية البحرية بما في ذلك نظام الملاحة

اقتصرت الدراسة المعروضة في الملحق 5على أنظمة الملاحة Loran-C. وفي دراسة هذه الأنظمة، يشير الإرسال وشدة المجال بمقدار 55-65 kHz، بما في ذلك توافقيات تطبيقات شحن WPT-EV، إلى الحدود المقترحة من اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR). ويشير معيار حماية نظام Loran-C إلى التوصيتين ITU-R M.589-3 وITU-R P.372-13. ووفقاً لدراسة التأثير، فإن عملية الشحن WPT-EV لا تشكل أي خطر تداخل على مستقبلات نظام Loran في البحر في إطار التغطية البحرية.

5.2.4 دراسات التأثير على الإذاعة الصوتية AM

لا يتراكب نطاق التردد 55-65 kHz مع أي نطاق إذاعي، ولذلك فإن البث التوافقي فقط من هذه الأنظمة هو الذي قد يكون له أي تأثير. ومن الممكن أيضاً أن تستخدم التوافقيات في عملية نقل الطاقة. فالتوافقيات بين الثالثة (55 kHz) والخامسة (55 kHz)

تقع ضمن نطاق البث الإذاعي بالموجات الكيلومترية LF (283,5-148,5 kHz) بينما تقع التوافقيات ما بين التاسعة (65 kHz) والحادية والثلاثين (55 kHz|) ضمن نطاق البث الإذاعي بالموجات الهكتومترية MF (525-705 1 kHz). وترد الدراسات التفصيلية في الفقرة 4.4 وفي الملحق 8، وهي تصف التحليلات القائمة على معايير الحماية لاستقبال الإذاعة AM وعلى مسافات الفصل الممكنة بين أجهزة الشحن WPT-EV وأجهزة الاستقبال الراديوية. وفي حالة شواحن WPT-EV المستخدمة خصيصاً للمركبات الكهربائية الثقيلة (مثل الحافلات والشاحنات)، من المحتمل أن توضع أجهزة WPT-EV لهذه المركبات على مسافة فصل دنيا قدرها 10 أمتار من جهاز استقبال البث AM. ووجدت الدراسات أيضاً أن التخفيف سيكون مطلوباً لحماية الإذاعة AM في الحالات التي تدعو فيها الحاجة إلى خفض الإرسالات غير المطلوبة و/أو تشغيل أنظمة WPT-EV، باستقرار ونقاء معززين، في ترددات محددة بحيث تقع التوافقيات المقابلة ضمن الترددات التي تقلل من التأثير على استقبال الإذاعة AM، مع مراعاة ترتيب القنوات AM. لمزيد من المعلومات عن متطلبات الحماية للإذاعة الصوتية AM، يرجى الرجوع إلى الفقرة 4.4.

6.2.4 دراسات التأثير على راديو الهواة

في الدراسات المعروضة في الملحق 6، أجريت قياسات ميدانية لنطاقي التردد 137,8-135,7 kHz و479-472 kHz لراديو الهواة.

وتتوفر معلومات محدودة حول الإرسالات المشعة التوافقية من أنظمة WPT-EV العاملة في هذا التردد. وتتناول الفقرة 5.4 مسألة التداخل الضار الناجم عن الإرسالات المشعة التوافقية.

3.4 دراسات تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 79-90 kHz

1.3.4 دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

1.1.3.4 دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت التي تستخدم الترددين 40 و60 kHz

استكملت الدراسة الواردة في الملحق 7 بشأن تأثير أنظمة WPT-EV على خدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) في النطاق 40-60 kHz.

وتم الاتفاق على مسافة فصل قدرها 10 أمتار واستخدمت لتقييم التأثير على تلك الأجهزة. وبالإضافة إلى ذلك، شمل التقييم مدى زمن تشغيل الجهاز لاستقبال خدمة SFTS التي لا تتراكب مع تشغيل نظام WPT-EV، وتنوع اتجاه انتشار موجات الخدمة SFTS، وتوقع تحسن أداء جهاز الاستقبال لهذه الأجهزة. وفي الختام أظهرت الدراسة أن أنظمة WPT لا تتسبب في تداخلات ضارة في الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً.

2.1.3.4 دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت التي تستخدم التردد 77,5 kHz

يتبين في الدراسات المعروضة بشأن نظام التوقيت DCF 77 (الملحق 4) أن نسبة حجب قصوى بمقدار 50% للمستقبلات الراديوية للميقاتية المعيارية قيد النظر والتي تستخدم التردد 77,5 kHz (DCF77) لن تحدث إلا ضمن مسافة 18 متراً من منشأة شحن WPT-EV، علماً بأن شدة مجال النظام WPT-EV تبلغ 68,5 dBµA/m على بعد 10 أمتار. وتحسّباً للزيادة المحتملة في شدة المجال إلى 82 dBµA/m كحد أقصى على بعد 10 أمتار، تمدَد هذه المسافة إلى 31 متراً. ويمكن خفض هذا التأثير بتقييد طاقة الإرسال في منشأة شحن WPT-EV واختيار ترددها المركزي بعناية ضمن نطاق 79-90 kHz وربما بتقنيات تخفيف أخرى (من قبيل وقف عملية الشحن دورياً).

2.3.4 التأثير على نظام محدد للاتصالات الراديوية الخاصة بالسكك الحديدية

نظرت الدراسات المعروضة في الملحق 7 وبحثت في التداخل الضار في أنظمة الاتصالات الخاصة بالسكك الحديدية في حالات الاستعمال التشغيلي الفعلي، وذلك من خلال عمليات المحاكاة والقياسات. وعلى وجه التحديد، دُرس نظام الإيقاف الأوتوماتي

للقطارات (ATS) المستعمل عالمياً في النطاق 10-250 kHz. وأثبتت نتائج الدراسة ضرورة ترك مسافة فصل لا تقل عن 5 أمتار لتجنب التسبب في تداخل ضار.

3.3.4 دراسات التأثير على الاتصالات الراديوية البحرية بما في ذلك نظام الملاحة

1.3.3.4 أنظمة الملاحة Loran-C في النطاق 79-90 kHz

في الدراسات المعروضة في الملحق 5 بين أنظمة Loran-C ونظام WPT-EV، يشير الإرسال وشدة المجال، ضمن مدى التردد المقترح 79-90 kHz، بما في ذلك التوافقية الثانية لتطبيقات WPT-EV، إلى الحدود المقترحة من اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR). ويشير معيار حماية نظام Loran-C إلى التوصيتين ITU-R M.589-3 وITU-R P.372-13.

ووفقاً لدراسة التعايش، بالنسبة لتطبيقات WPT-EV منفردة ومتعددة، لا تشكل إرسالات الشحن WPT-EV أي خطر تداخل على مستقبلات Loran في إطار التغطية البحرية. وتشير نتائج الدراسة إلى إمكانية التعايش بين أنظمة WPT-EV وأنظمة Loran-C، شريطة تحديد مدى التردد 79-90 kHz من أجل الإرسال WPT-EV متوسط الطاقة.

4.3.4 دراسات التأثير على الإذاعة الصوتية AM

لا يتراكب مدى التردد 79-90 kHz مع أي نطاق إذاعي، ولذلك فإن البث التوافقي فقط من هذه الأنظمة هو الذي قد يكون له أي تأثير. ومن الممكن أيضاً أن تستخدم التوافقيات في عملية نقل الطاقة. فالتوافقيات الثانية والثالثة لأي تردد بين 79 kHz و90 kHz تقع ضمن نطاق البث الإذاعي بالموجات الكيلومترية LF (148,5-283,5 kHz) بينما تقع التوافقيات ما بين السادسة (90 kHz) والحادية والعشرين (79 kHz) ضمن نطاق البث الإذاعي بالموجات الهكتومترية MF (525-705 1 kHz). وترد الدراسات التفصيلية في الفقرة 4.4 وفي الملحق 8، وهي تصف التحليلات القائمة على معايير الحماية لاستقبال الإذاعة AM وعلى مسافات الفصل الممكنة بين أجهزة الشحن WPT-EV وأجهزة الاستقبال الراديوية. وفي حالة شواحن WPT-EV المستخدمة للمركبات الكهربائية الخفيفة عموماً خلصت الدراسات إلى أن من المحتمل أن تتراوح مسافات الفصل الدنيا ما بين 1 و3 أمتار. ووجدت الدراسات أيضاً أن التخفيف مطلوب لحماية الإذاعة AM في الحالات التي تدعو فيها الحاجة إلى خفض الإرسالات غير المطلوبة و/أو تشغيل أنظمة WPT-EV، باستقرار ونقاء معززين، في ترددات محددة بحيث تقع التوافقيات المقابلة ضمن الترددات التي تقلل من التأثير على استقبال الإذاعة AM، مع مراعاة ترتيب القنوات AM. لمزيد من المعلومات عن متطلبات الحماية للإذاعة الصوتية AM، يرجى الرجوع إلى الفقرة 4.4.

وثمة دراستان أخريان في الملحقين 5 و7.

فقد أجريت دراسة واردة في الملحق 5 – شملت اختبار تداخل ميداني وتحليل نظري ومحاكاة مونت كارلو – في بعض المناطق الحضرية ذات السويات العالية من الإشارة الإذاعية المطلوبة وعتبة ضوضاء البيئة. وأظهرت أن مستقبلات AM قادرة على تحمُّل سويات أعلى من إرسالات WPT-EV في هذه البيئات. وبالنسبة للسيناريوهات الأخرى، مثل المناطق الحضرية والريفية، يتطلب التخفيف من التداخل زيادة مسافات الفصل بين معدات WPT-EV ومستقبِل إذاعة AM. لمزيد من المعلومات عن متطلبات حماية الإذاعة الصوتية AM راجع الفقرة 4.4. انظر أيضاً الملحق 9 للاطلاع على التحليل بغية التوفيق بين نتائج بعض الدراسات والحدود المطلوبة في الفقرة 4.4.

وتناولت الدراسة الأخرى، الواردة في الملحق 7، التأثير القائم على سوية ضوضاء البيئة المستخرجة من التوصية ITU-R P.372-13. وبالحفاظ على مسافات الفصل المناسبة بين معدات WPT-EV ومستقبل البث AM، تبين أن سوية البث المشع من WPT-EV أقل من سوية ضوضاء البيئة؛ ومن ثم خلصت الدراسة إلى أن البث المشع من أنظمة WPT-EV لن يتسبب في تداخل ضار في مستقبلات البث AM.

5.3.4 دراسات التأثير على خدمة راديو الهواة

في الدراسات المعروضة في الملحق 7، أجريت قياسات ميدانية لنطاقي التردد 135,7-137,8 kHz و472-479 kHz لراديو الهواة. وتبين أن من غير المحتمل أن تتأثر ترددات راديو الهواة هذه بالإرسالات عند تردد تشغيل أنظمة WPT-EV.

وتتوفر معلومات محدودة عن الإرسالات المشعة التوافقية من أنظمة WPT-EV العاملة في هذا التردد، وتتناول الفقرة 5.4 مسألة التداخل الضار الناجم عن الإرسالات المشعة التوافقية.

6.3.4 دراسة التأثير على النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) التفاضلي

تتطلب معرفة التأثير من أنظمة WPT-EV على تطبيق نظام GPS التفاضلي في خدمة الملاحة الراديوية إجراء دراسة.

7.3.4 دراسة التأثير على المنارات غير الاتجاهية

تتطلب معرفة التأثير من أنظمة WPT-EV على المنارات غير الاتجاهية في خدمة الملاحة الراديوية إجراء دراسة.

4.4 حدود البث المشع من أنظمة WPT-EV لحماية الإذاعة AM

اقتُرحت حدود مختلفة للسويات القصوى المطلقة لشدة المجال الكهربائي والمغنطيسي للتطبيقات الحثية العاملة على أمداء قصيرة وفي سويات طاقة مفترضة ضمناً إن لم تكن محددة. وهناك مقترحات لتكييف أو توسيع هذه الحدود نفسها لتشمل تطبيقات نقل الطاقة الحثية المتوسطة/العالية، مثل أنظمة WPT-EV، التي تعمل بسويات طاقة من عشرات إلى مئات وحدة kW. ومع ذلك، يتضح من الدراسات أن الالتزام بحدود شدة المجال الحالية لن يوفر في الواقع الحماية الكافية للخدمات الراديوية. وبالفعل، فإن هذه الحدود تزيد عادةً بعشرات وحدة dB عن تلك المطلوبة لحماية مستقبل راديو إذاعي على مقربة من جهاز حثي لنقل الطاقة. فقد أظهر اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU)، متخذاً كمثال مستقبل بث يعمل بتردد 900 kHz في نطاق الموجات الهكتومترية (MF) على حافة منطقة تغطيته المحمية (انظر الفقرة 4.A8)، أن الحد الأقصى المقبول لتداخل شدة المجال المغنطيسي عند المستقبل هو –43,0 dBμA/m. وفي المقابل، وعلى سبيل المثال، تحدد التوصية CEPT/ERC 74-01 حد شدة المجال المغنطيسي للبث الهامشي من جهاز قصير المدى (SRD) عند هذا التردد بمقدار 7,0 dBμA/m على مسافة 10 أمتار من الجهاز؛ أي أعلى بمقدار 50,0 dB حتى لو تجاهلنا أن جهاز WPT-EV من المرجح أن يكون أقرب إلى جهاز الاستقبال "الضحية" بأقل من 10 أمتار. وبالنسبة لجهاز WPT-EV حثي يرسل هذه السوية من الإشعاع الشارد ولكي لا يتداخل مع مستقبل البث، يتعين أن تكون مسافة الفصل حوالي 90 متراً لتوفير الحماية.

ولا تتسبب الحدود الحالية للإرسالات المشعة عموماً في حدوث مشكلات للتطبيقات الحالية غير أنظمة WPT-EV. وفي ضوء الاعتبارات الإضافية، مثل تقطع التشغيل وخصائص الهوائي وغيره وكذلك موقع وكثافة الاستخدام، يُفهم أن حدوث التداخل كان منخفضاً بحيث يمكن تجاهله. وعلاوة على ذلك، لا يعني وجود حد لشدة المجال أن الجهاز الذي يغطيه يعمل بالفعل عند سوية تقترب من القيمة الحدية؛ وكانت الأجهزة قصيرة المدى (SRD) تعمل تقليدياً بالبطارية، لذا يجب مراعاة اعتبار التصميم للحفاظ على الإشعاع غير الضروري في أدنى حد ممكن. ولكن من المرجح أن تعمل أنظمة WPT-EV في سويات طاقة عالية، وبشكل متواصل (ربما طوال ساعات في كل مرة) وفي بيئات محلية حيث تكون قريبة من مستقبلات البث. ويشير المرفق 5 بالملحق 8 بهذا التقرير إلى أن مسافة 3 أمتار توقع معقول للفصل الأدنى بين نظام WPT-EV وجهاز استقبال البث. والعرف المتبع هو التعبير عن شدة المجالات المغنطيسية على مسافة 10 أمتار من المصدر، لذلك يتعين تطبيق عوامل تصحيح لضمان تطبيق شرط "عدم التداخل" في مختلف السيناريوهات. وفي الظروف قيد النظر (في حدود بضع عشرات الأمتار من مصدر التداخل)، تختلف شدة المجال المغنطيسي بدالة مكعب المسافة.

ويرد وصف نهجين للتوافق بين أنظمة WPT-EV وأنظمة الإذاعة الصوتية في التقرير ITU-R SM.2303 ومزيد من التفصيل في التقرير الحالي. ويستند النهج الأول إلى معايير الحماية القائمة في قطاع الاتصالات الراديوية للإشارة الإذاعية AM. ويستند

النهج الثاني إلى المعيار الذي يقضي بأن تبقى الإرسالات التوافقية لأنظمة WPT-EV، التي تقع في نطاقات الإذاعة بالموجات الكيلومترية (LF) أو الهكتومترية (MF)، دون سويات الضوضاء البيئية.

ملاحظة – أظهرت دراسة موصوفة في المرفق 7 بالملحق 8 أن مصدر التداخل وحيد النغمة يجب أن يكون دون 10 dB على الأقل من سوية ضوضاء الخلفية ليكون محجوباً/غير مسموع.

واستناداً إلى أحكام التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560، يستمد النهج الأول سويات تداخل مسموح بها قدرها –37 dBμA/m في نطاق الإذاعة بالموجات الكيلومترية (LF) (283,5-148,5 kHz) و–43 dBμA/m في نطاق الإذاعة بالموجات الهكتومترية (MF) (1 606,5-526,5 kHz) في الإقليمين 1 و3 في موقع المستقبِل.

واستناداً إلى سويات الضوضاء البيئية المستخرجة من التوصية ITU-R P.372-13، يستمد النهج الثاني سويات تداخل مسموح بها قدرها –25,5 dBμA/m في المدن، و–30,5 dBμA/m في المناطق السكنية، و–34,5 dBμA/m في المناطق الريفية و–48,5 dBμA/m قدرها في المناطق الريفية الهادئة، بتردد 500 kHz، في موقع المستقبِل (انظر الملحق 7). وتظهر نتائج بعض القياسات أن سويات الضوضاء البيئية في بعض المدن والمناطق السكنية أعلى بكثير من السويات المذكورة أعلاه.

ولا يأخذ النهج الثاني في الاعتبار أن مصدر التداخل ينبغي أن يكون أدنى من سوية ضوضاء الخلفية بمقدار 10 dB على الأقل ليكون محجوباً/غير مسموع.

وفي تقرير هيئة الإذاعة البريطانية WHP 332 (المرفق 6 بالملحق 8)، تبين أن النزعة الفعلية للتداخل تتوقف بشكل حاسم على تردد التشغيل الدقيق لنظام WPT-EV، وليس أقل أهمية على توافقياته ذات الشأن. فإذا كانت توافقية نظام WPT-EV المتداخل في حدود ±50 Hz من تردد الموجة حاملة البث المطلوب، عندئذ يمكن التساهل بشدة مجال الحماية –43,0 dBμA/m (للموجات الهكتومترية MF) عند المستقبل (أو على مسافة 3أمتار من شاحن WPT-EV) بتخفيضها إلى –13,0 dBμA/m؛ وهو تساهل كبير بمقدار 30 dB.

وعلى صعيد الواقع، تكاد تعمل جميع إرسالات الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF على شبكة تردد ثابتة. وفي الإقليمين 1 و3 في الاتحاد، تتمحور جميع القنوات حول (يكون تردد الموجة الحاملة لها عند) واحد من مضاعفات 9 kHz وفي الإقليم 2 تكون كل موجة حاملة عند واحد من مضاعفات 10 kHz (انظر أيضاً المرفقين 1 و2 بالملحق 8، اللذين يقدمان معلومات عن مرسلات البث LF وMF في أجزاء من الإقليمين 1 و2). ويتم ذلك لتخفيف التداخل الضار بين محطات الراديو نفسها ولتسهيل عملية تخطيط الشبكة. ومع ذلك، فإنه يؤثر على اختيار تردد التشغيل لنظام WPT-EV. واختيار 90 kHz، على سبيل المثال، بمثابة التردد لتشغيل نظام WPT-EV يضمن تلقائياً أن جميع التوافقيات ستكون متسقة مع ترددات الموجة الحاملة للبث في الأقاليم 1 و2 و3.

وخلاصة القول، إن تجنب التداخل الضار من أنظمة WPT-EV في إرسالات البث على الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF يتوقف على تصميم أنظمة WPT-EV بعناية وجودة تقنية عالية. والسبيل إلى ذلك هو الاختيار الحصيف لترددات التشغيل والتحكم الدقيق في كل من التردد والاستقرار والحفاظ على الإشعاع التوافقي عند أدنى السويات الممكنة.

وترد حدود السويات المسموح بها للإرسالات التوافقية لأنظمة WPT-EV في الجدولين 7 و8 أدناه.

الجدول 7

حدود الإرسالات المشعة من أنظمة WPT-EV لحماية خدمات الاتصالات الراديوية العاملة دون 30 MHz حيث لا يكون نظام WPT متطابقاً مع مصفوفة البث الإذاعي[1]

الخدمة	النطاق	طاقة جهاز WPT-EV[2]	متطلبات/حدود الحماية لتوافقيات WPT-EV (عند مسافة فاصلة دنيا أو عند هوائي الاستقبال)			مع تصحيح لمسافة قياس 10 أمتار[3]
			m 1	m 3	m 10	
بث إذاعي	موجات كيلومترية LF kHz 283,5-148,5	منخفضة/ضئيلة	dBµA/m 37–			**dBµA/m 97–**
		متوسطة		dBµA/m 37–		**dBµA/m 68–**
		عالية			dBµA/m 37–	**dBµA/m 37–**
	موجات هكتومترية MF kHz 1 606,5-526,5	منخفضة/ضئيلة	dBµA/m 43–			**dBµA/m 103–**
		متوسطة		dBµA/m 43–		**dBµA/m 74–**
		عالية			dBµA/m 43–	**dBµA/m 43–**
	موجات ديكامترية HF MHz 26,10-2,30[4]	منخفضة/ضئيلة	dBµA/m 63–			**dBµA/m 123–**
		متوسطة		dBµA/m 63–		**dBµA/m 94–**
		عالية			dBµA/m 63–	**dBµA/m 63–**

[1] عندما تكون توافقيات WPT-EV متواءمة مع مصفوفة تردد البث، يمكن التساهل بمقدار 30 dB في هذه القيم – الجدول 8.

[2] فئات الطاقة WPT-EV: عالية الطاقة أكثر من 22 kW؛ متوسطة الطاقة تتراوح بين 3,3 kW و22 kW؛ منخفضة الطاقة تتراوح بين 50 W و3,3 kW؛ منخفضة الطاقة أقل من 50 W.

[3] انظر المرفق 5 بالملحق 8.

[4] ينقسم نطاق البث بالموجات الديكامترية HF (النطاق 7) إلى 14 نطاقاً فرعياً: 2,495-2,30 و3,40-3,20 و4,00-3,90 و5,06-4,75 و6,20-5,80 و7,45-7,20 و9,90-9,40 و12,10-11,60 و13,87-13,57 و15,83-15,10 و17,90-17,48 و19,02-18,90 و21,85–21,45 و26,10-25,60 (كلها بوحدة MHz).

الجدول 8

حدود الإرسالات المشعة لأنظمة WPT-EV لحماية الخدمات الإذاعية العاملة دون 30 MHz حيث يكون نظام WPT متطابقاً مع مصفوفة البث الإذاعي

الخدمة	النطاق	طاقة جهاز WPT-EV[1]	متطلبات/حدود الحماية لتوافقيات WPT-EV (عند مسافة فاصلة دنيا أو عند هوائي الاستقبال)			مع تصحيح لمسافة قياس 10 أمتار[2]
			m 1	m 3	m 10	
بث إذاعي	موجات كيلومترية LF kHz 283,5-148,5	منخفضة/ضئيلة	dBµA/m 7–			**dBµA/m 67–**
		متوسطة		dBµA/m 7–		**dBµA/m 38–**
		عالية			dBµA/m 7–	**dBµA/m 7–**
	موجات هكتومترية MF kHz 1 606,5-526,5	منخفضة/ضئيلة	dBµA/m 13–			**dBµA/m 73 –**
		متوسطة		dBµA/m 13–		**dBµA/m 44–**
		عالية			dBµA/m 13–	**dBµA/m 13–**
	موجات ديكامترية HF MHz 26,10-2,30[3]	منخفضة/ضئيلة	dBµA/m 33–			**dBµA/m 93–**
		متوسطة		dBµA/m 33–		**dBµA/m 64–**
		عالية			dBµA/m 33–	**dBµA/m 33–**

[1] فئات الطاقة WPT-EV: عالية أكثر من 22 kW؛ متوسطة تتراوح بين 3,3 kW و22 kW؛ منخفضة تتراوح بين 50 W و3,3 kW؛ منخفضة أقل من 50 W.

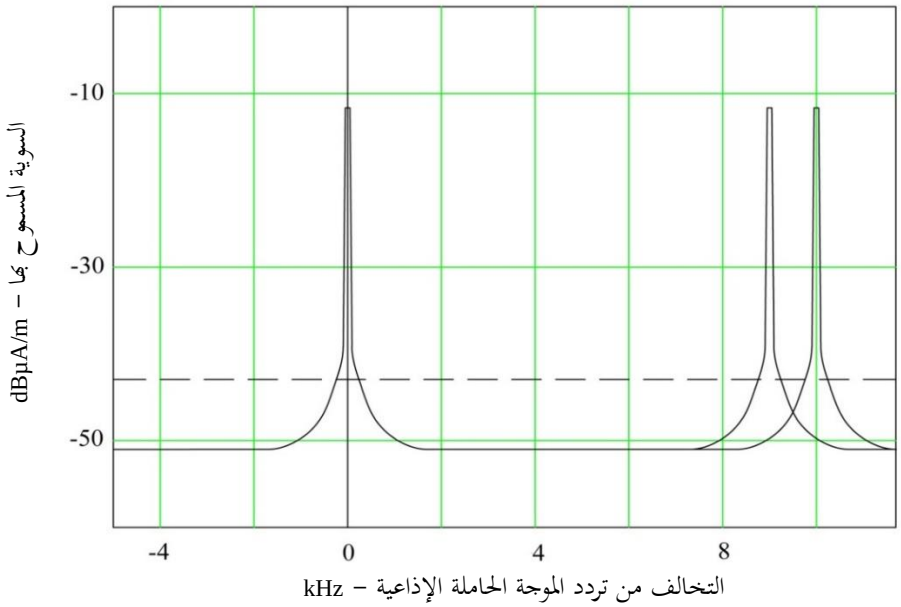
[2] انظر المرفق 5 بالملحق 8.

[3] ينقسم نطاق البث بالموجات الديكامترية HF (النطاق (7 إلى 14 نطاقاً فرعياً: 2,495-2,30 و3,40-3,20 و4,00-3,90 و5,06-4,75 و6,20-5,80 و7,45-7,20 و9,90-9,40 و12,10-11,60 و13,87-13,57 و15,83-15,10 و17,90-17,48 و19,02-18,90 و21,85-21,45 و26,10-25,60 (كلها بوحدة MHz).

يوضح الشكل 6 تأثير التشغيل 'داخل المصفوفة'.

الشكل 6

قناع طيف يمثل حدود البث المشع لنظام WPT-EV كدالة للتخالف من تردد الموجة الحاملة الإذاعية AM



يدل الخط المستمر، في الشكل 6، على السوية المسموح بها للتداخل من موجة جيبية غير مشكّلة في غياب حجب الضوضاء بينما يدل الخط المتقطع على تأثير حجب الضوضاء عند حد الاستقبال. وينطبق القناع فقط على التداخل من موجة جيبية واحدة (انظر أيضاً المرفق 7 بالملحق 8).

5.4 تأثير الإرسالات المشعة الهامشية والتوافقية في خدمة الهواة ومتطلبات الحماية ذات الصلة

لا تتراكب أمداء التردد الثلاثة قيد النظر بخصوص أنظمة WPT-EV مع نطاقي التردد 135,7-137,8 kHz و472 kHz لخدمة الهواة، وهي مفصولة عنها إلى حد معقول. لذلك، لا يعتبر حجب حساسية المستقبل (خارج النطاق) مشكلة.

وقد اقترحت حدود مختلفة للسويات القصوى المطلقة لشدة المجال الكهربائي والمغنطيسي للتطبيقات الحثية العاملة في أمداء قصيرة وفي سويات طاقة مفترضة ضمناً إن لم تكن محددة. وهناك مقترحات لتكييف أو توسيع هذه الحدود نفسها لتشمل تطبيقات نقل الطاقة الحثية المتوسطة/العالية، مثل أنظمة WPT-EV، التي تعمل بسويات طاقة من عشرات إلى مئات وحدة kW. ومع ذلك، يتضح من الدراسات أن الالتزام بحدود شدة المجال الحالية لن يوفر في الواقع الحماية الكافية للخدمات الراديوية.

ومن المحتمل أن تتأثر نطاقات التردد لخدمة الهواة من 472 kHz وما فوق بالإشعاع التوافقي من نظام WPT-EV يعمل في نطاق 79-90 kHz وربما من نظام WPT-EV يعمل عند الترددين 20 kHz و60 kHz.

ويذكر التقرير ITU-R SM.2303 أن التداخل في خدمات الهواة لم يخضع للدراسة. وأكدت الأوراق التي قدمت لاحقاً إلى قطاع الاتصالات الراديوية أن حدود البث المشع التوافقي، كما حددها قطاع الاتصالات الراديوية و/أو اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) للأجهزة الحثية الأخرى، قاصرة جداً عن توفير الحماية الكافية من التداخل الضار في خدمات الهواة من أنظمة WPT-EV في مدى التردد هذا.

ويمكن استخدام سويات حماية خدمة الهواة، المحددة في التوصيتين ITU-R F.240 وITU-R M.1044 والمستخدمة في الدراسات الواردة في الملحق 10، لتوجيه وضع حدود الإشعاع التوافقي المناسبة. ولم تخضع للدراسة مسائل الضوضاء عريضة النطاق من أنظمة WPT-EV، ولكن متطلبات الحماية الموضوعة تنطبق أيضاً على هذا الإشعاع.

ومن المرجح أن توفر مسافة الفصل من الأنظمة العاملة في تردد 20 kHz و60 kHz حماية معقولة من الإرسالات المشعة التوافقية من أنظمة WPT-EV، على الرغم من أنه لا يزال يتعين التحقق من ذلك.

وتبين دورة الخدمة العالية لأنظمة WPT-EV في النطاق 79-90 kHz، وموقعها المخطط له بالقرب من المساكن أو داخلها (وبالتالي قريبة من هوائيات خدمة الهواة) وكثافة النشر المتوقعة لها، أن البث المشع التوافقي من أنظمة WPT-EV في مدى التردد هذا يتعين التحكم فيه بعناية إذا أريد تجنب التداخل الضار. وعلى وجه التحديد، فإن اعتماد حدود الإرسالات المشعة من حدود الأجهزة الحثية للتطبيقات والأجهزة الأخرى لن يوفر السوية المطلوبة من الحماية. وسيكون التداخل الضار في خدمة الهواة محتوماً إذا كانت أنظمة WPT-EV تعمل عند هذه الحدود أو بالقرب منها.

وتقدم الدراسة الواردة في الملحق 10 نماذج للحماية اللازمة لخدمة الهواة وتبين الحاجة إلى حدود أكثر صرامة إلى حد كبير لأنظمة WPT-EV. وحد البث المشع المطلوب لتوفير الحماية المناسبة هو:

–45,5 dBµA/m عند 300 kHz ينخفض بمقدار 8 dB لكل عشرية تردد إلى –61,5 dBµA/m عند 30 MHz.
أجريت القياسات على مسافة 10 أمتار في عرض نطاق قدره 10 kHz

ومع ذلك، يمكن تخفيف الحدود اللازمة للبث المشع التوافقي من أنظمة WPT-EV من هذه السوية بنحو 20 dB شرط:

أ) أن تعتمد جميع أنظمة WPT-EV تردد تشغيل منسقاً ومقيداً بإحكام؛

ب) ألا تزيد ضوضاء الطور والنطاقات الجانبية للضوضاء من أجهزة WPT-EV عن الحد المذكور أعلاه.

وقد تم توفير بيانات البث الإشعاعي التوافقي المحدود لأنظمة WPT-EV العاملة في النطاق 79-90 kHz. ومع ذلك، تشير هذه البيانات إلى أن من المتوقع أن تعمل الأنظمة بالقرب من حدود البث المحددة في التوصية ITU-R SM.329. وبالتالي، تمثل مسائل التأثير الواردة في الملحق 10 تهديداً كبيراً للاتصالات الراديوية في خدمة الهواة.

5 تدابير التنسيق والتخفيف للحد من تأثير أنظمة WPT-EV في خدمات الاتصالات الراديوية

1.5 التنسيق العالمي

يشمل مصطلح التنسيق في هذا التقرير اعتبارين:

1 نطاقات التردد التي يتعين استعمالها في تجهيزات WPT-EV.

2 خصائص تجهيزات WPT-EV المتعلقة بحماية خدمات الاتصالات الراديوية الأخرى.

ويمكن لاعتباري التنسيق المذكورين أعلاه أن يساعدا على الإنتاج الضخم لأنظمة WPT-EV ونشرها مع الحفاظ على تشغيل خدمات الاتصالات الراديوية من أي تداخل محتمل من تجهيزات WPT-EV.

وفيما يتعلق بأمداء التردد المنسقة، تشير التوصية ITU-R SM.2110 إلى نطاقات التردد الموصى بها من أجل أنظمة WPT-EV.

وفيما يتعلق بخصائص تجهيزات WPT-EV، تقدم الفقرة 1.3 والملحق 2 من هذا التقرير حدود شدة المجال التي ينبغي ألا تتجاوزها تجهيزات WPT-EV في مختلف نطاقات التردد لمختلف خدمات الاتصالات الراديوية المعنية.

2.5 تدابير التخفيف

1.2.5 استراتيجيات التخفيف للحد من التأثير في الخدمة الإذاعية

تشمل لوائح الراديو تشغيل مرسلات البث بتشكيل الاتساع (AM). والصك ذو الصلة في الإقليمين 1 و3 هو خطة ترددات جنيف لعام 1975 (GE75) وفي الإقليم 2 هو خطة ترددات ريو دي جانيرو لعام 1981 (RJ81). وتحدد هذه الاتفاقات الدولية توزيع ترددات التشغيل لمرسلات الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF بحيث لا تتسبب في تداخل فيما بينها، وذلك بناءً على عوامل مثل الفصل الجغرافي وقدرة المرسل وخصائص الهوائي. والأساس الذي تقوم عليه الخطتان هو التوصيتان ITU-R BS.703 وITU-R BS.560. وجدير بالذكر أن خطط التخصيص الإقليمية تحدد ترددات تشغيل المرسلات في شبكة أو مصفوفة، وبموجب خطة جنيف GE75 يكون كل تردد (موجة حاملة) واحداً من مضاعفات 9 kHz وبموجب خطة ريو دي جانيرو RJ81 واحداً من مضاعفات 10 kHz.

ومن المزايا الهامة لإدراج جميع الموجات الحاملة في مصفوفة مشتركة هو أن التداخل في نفس القناة أقل بما يصل إلى 16 dB مما لو تم اختيار الترددات بشكل عشوائي. وهذا يبدو بوضوح في الشكل 1 من التوصية ITU-R BS.560.

ويمكن تطبيق نفس المبدأ على نظام WPT-EV إذا أمكن اختيار تردد التشغيل الخاص به وتثبيته ليكون من مضاعفات 9 kHz أو 10 kHz. فإذا تم اختيار تردد التشغيل بهذه الطريقة، فإن أي توافقية سوف تقع (تلقائياً) أيضاً في مصفوفة تردد البث. وقد عمدت هيئة الإذاعة البريطانية في نوفمبر 2017 إلى إجراء دراسات لتقصي الآثار الذاتية للتداخل من موجة حاملة غير مُشكّلة تقع داخل المصفوفة أو خارجها، وهي موصوفة في الورقة البيضاء للبحث والتطوير WHP 332، نوفمبر 2017 – نقل الطاقة لاسلكياً: تداخل الموجة الحاملة البسيط في استقبال الإذاعة AM، وهي مستنسخة في المرفق 6 بالملحق 8.

وتشير هذه الدراسة إلى أنه إذا كان تردد التشغيل WPT-EV وتوافقياته[2] عبارة عن موجات جيبية بسيطة وقريبة من ترددات البث في المصفوفة، فيمكن أن تكون أقوى بمقدار 22 dB (علاوة على مقدار 16 dB من التوصية ITU-R BS.560، أي أقوى بمقدار 38 dB في المجموع) دون أن يكون لها تأثير ضار مسموع على الصوت المزال تشكيله من المستقبل. ومن الواضح أن هذا المبدأ يمكن أن يشكل أساس تقنية تخفيف مفيدة. ويرد وصف التقنية وتطبيقها المحتمل بالتفصيل في الملحق 8.

وفيما يلي قيم السويات التي يمكن التسامح بها للإرسالات الدخيلة من أنظمة WPT-EV عند المستقبل (أو عند أدنى مسافة فصل متوقعة) عند التشغيل في مصفوفة قنوات البث:

(ج)

- النطاق 5 (LF): –7,0 dBµA/m؛
- النطاق 6 (MF): –13,0 dBµA/m؛
- النطاق 7 (HF): –34,0 dBµA/m.

أو على مسافة قياس قدرها 10 أمتار؛

(د)

- النطاق 5 (LF): –38,0 dBµA/m؛
- النطاق 6 (MF): –44,0 dBµA/m؛
- النطاق 7 (HF): –64,0 dBµA/m.

[2] إذا كانت ترددات تشغيل الأنظمة WPT-EV (لشواحن المركبات) مقيدة بالمدى 79-90 kHz، فإن التوافقيات فقط هي التي تؤثر على خدمة البث.

2.2.5 عوامل أخرى

1.2.2.5 تشكيل "مجال" الشحن

يُقترح إمكانية استخدام الشاحن WPT لنقل البيانات إلى الجهاز الذي يجري شحنه وذلك بتشكيل "مجال" الشاحن (المغنطيسي) بطريقة ما. وتحتاج الاتصالات بالاتجاه الآخر إلى نظام منفصل. وستظهر أي محاولة لتشكيل "مجال" الشاحن في شكل نطاقات جانبية. ويتعين وضع الحدود الخاصة بطاقة النطاق الجانبي هذا لأنه ينطوي على إمكانية التداخل مع الخدمات الإذاعية حتى لو كان التردد الأساسي مدرجاً بكل دقة في المصفوفة. ومن الضروري النظر في مخططات التشكيل المتوخاة. وفي حالة شاحن عالي الطاقة، من المنطق تصور وجود أساليب أيسر للتواصل عبر مسافات قصيرة جداً بدلاً من تشكيل "مجال" الشاحن عالي الطاقة.

2.2.2.5 التشويش في خدمة الهواة

جدير بالملاحظة أيضاً أن مواءمة تردد تشغيل نظام WPT مع مصفوفة البث الإذاعي له تأثير مفيد من حيث التشويش في خدمة الهواة، ذلك لأن جميع التوافقيات تكون على ترددات "بقعة" محددة، بدلاً من الانتشار عبر الطيف بأكمله.

وهذا يُبقي الجزء الأكبر من الطيف خالياً من التداخل الضار، ومن ثم يسمح بقدر كبير من التساهل في سويات الإرسالات المشعة التوافقية المطلوبة.

6 استنتاجات

تناول هذا التقرير تأثير الإشعاع المنبعث من المعدات والأنظمة المستخدمة في نقل الطاقة لاسلكياً لشحن المركبات الكهربائية (WPT-EV) في خدمات الاتصالات الراديوية العاملة دون 30 MHz.

ونظرت الدراسات في الخدمات التي تعمل عند ترددات تشغيل أنظمة WPT-EV المقترحة أو بالقرب منها وكذلك في الخدمات التي قد تتأثر بالإشعاع المنبعث عن أنظمة WPT-EV في ترددات أخرى، لا سيما تلك المتعلقة توافقياً مع تردد التشغيل الاسمي. ويخطط قطاع الاتصالات الراديوية لمزيد من البحث للنظر في حدود الإشعاع من أنظمة WPT-EV اللازمة لحماية خدمات الاتصالات الراديوية.

وكانت خدمات وتطبيقات الاتصالات الراديوية التي نُظر فيها هي الخدمة الإذاعية، وخدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS)، وخدمة الهواة، وخدمات الملاحة الراديوية البحرية (Loran-C)، وأنظمة الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات، وخدمة الطيران، والتحكم في التموجات، وأنظمة الكشف عن الصواعق.

وليس لأنظمة WPT-EV حالة محددة أو ضمنية تعطيها الأسبقية على خدمات الاتصالات الراديوية، وبالتأكيد فيما يتعلق بالتسبب في تداخل ضار (انظر الرقمين **12.15** و**13.15** من لوائح الراديو). لذلك ينبغي ضبط ترددات التشغيل وسويات القدرة والإشعاع الناتجة عن تشغيل أنظمة WPT-EV بحيث تتجنب التداخل الضار في خدمات الاتصالات الراديوية.

وفيما يتعلق بالتأثير على الخدمات التي تعمل عند تردد تشغيل أنظمة WPT-EV أو بالقرب منه، فإن مجال القلق الرئيسي هو التأثير على خدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) التي تعمل عند 60 kHz و77,5 kHz.

وتُظهر إحدى الدراسات بشأن خدمات SFTS في تردد 60 kHz أن أنظمة WPT-EV التي تعمل في أي مكان في النطاق 55-65 kHz عند الحدود التي اقترحتها اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) (انظر الملحق 3) سوف تسبب تداخلاً ضاراً في خدمات SFTS العاملة عند 60 kHz. وقد وُجد أيضاً، بالنسبة لسيناريو استخدام نظام WPT-EV في الشارع، بمسافات فصل من 10 أمتار إلى 20 متراً، أن أنظمة WPT-EV سوف تسبب تداخلاً ضاراً في جميع الحالات التي شملتها الدراسة. وبالنسبة لسيناريو استخدام نظام WPT-EV في المستودع، قد يكون التعايش ممكناً لمسافات مباعدة الترددات بأكثر من ±4 kHz شريطة أن تكون مسافة الفصل أكبر من 50 متراً وأن تكون شدة المجال 34 dBµA/m عند 10 أمتار. واعتبرت دراسة أخرى أنه

يمكن تخفيف التداخل عند التردد 60 kHz في خدمات SFTS إذا أمكن إزاحة التردد الأساسي إلى 21 kHz مما يزيح بدوره التوافقية الثالثة إلى 63 kHz، ولكن هذا لم يستند إلى تحليل للتعايش.

ومع ذلك، يُظهر التحليل أن فصل التردد مطلوب بمقدار ±4 kHz. وإذا أمكن ضمان مسافة فصل قدرها 100 متر بين أنظمة WPT-EV وخدمات SFTS، عندئذ يمكن تقليص مسافة فصل التردد إلى ±3 kHz ويمكن أن تكون شدة المجال 44 dBµA/m عند 10 أمتار.

وتُظهر إحدى الدراسات بشأن خدمات SFTS العاملة بتردد 77,5 kHz أن أنظمة WPT-EV العاملة في النطاق 79-90 kHz بحد قدره 68,5 dBµA/m للبث الرئيسي تؤثر على استقبال خدمات SFTS عند الحد الأدنى المطلوب لشدة المجال وهو 50 dBµV/m عند التشغيل ضمن مسافة 10 أمتار. وتتوقف مسافة الحماية لخدمات SFTS العاملة بتردد 77,5 kHz على شدة المجال المطلوبة وإشعاع التداخل وتخالف التردد.

وتشير الدراسات إلى أن تشغيل أنظمة WPT-EV في نطاقات التردد 19-21 kHz و55-65 kHz و79-90 kHz (انظر الجدول 9) يتطلب التحكم الشديد في الإشعاع من أنظمة WPT-EV لضمان توافقه مع خدمات الاتصالات الراديوية التي لها توزيعات في نطاقات التردد الأخرى ولا سيما في النطاقات ذات الصلة توافقياً. وأثير القلق في الدراسات بشأن تأثير الإشعاع المنبعث من أنظمة WPT-EV في الخدمة الإذاعية وخدمة الهواة. وتبين بعض الدراسات أن حدود البث الحالية لأنظمة WPT-EV يمكن أن تؤدي إلى تداخل ضار في خدمات الاتصالات الراديوية هذه. ويمكن الاطلاع على الأساس الذي استند إليه هذا الاستنتاج في فرادى الدراسات.

ولا يزال العديد من جوانب التقرير قيد المراجعة الناقدة، ولا سيما كيفية اقتباس حدود "التشويش المشع" المستخدمة في بعض الدراسات من الحدود الموضوعة لمجموعة متنوعة من التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية (ISM) وتطبيقات الأجهزة قصيرة المدى (SRD) التي كان لها، عندما وضعت أصلاً، فرصة ضئيلة للتداخل في الخدمات الراديوية. وقد أُقحمت هذه الحدود الآن في الخدمة كمرجع لحدود أنظمة WPT-EV عندما لم يعد من الممكن قبول الافتراضات والمنهجية الأصلية على أنها تمثل البيئة الكهرمغنطيسية التي يتم فيها استخدام غالبية المنتجات الإلكترونية والكهربائية المحلية في الوقت الحاضر، ناهيك عن كونها صالحة أم غير صالحة للاستخدام المتوقع (انظر القسم 2/6.1.9/6 من تقرير الاجتماع التحضيري للمؤتمر WRC-19) لشواحن أنظمة WPT-EV الأعلى طاقة بكثير.

وفي حالة خدمة الطيران والتحكم في التموجات وأنظمة الكشف عن الصواعق، لا يمكن استخلاص أي استنتاجات من البيانات المتاحة.

إن أفضل وسيلة لوضع حدود تقنيات الإشعاع والتخفيف، فضلاً عن المسائل الأخرى ذات الصلة، بما فيها التوجيهات للإدارات، هي من خلال إصدار تقارير وتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية، واستكمالها بدراسات ووثائق إضافية حسب الضرورة. وتتضمن الوثائق الحالية والمخطط لها ذات الصلة باستعمال تكنولوجيا WPT-EV ما يلي:

- الترددات المناسبة لأنظمة WPT-EV، وهي محددة في التوصية ITU R SM.2110؛
- حدود الإشعاع المنبعث من أنظمة WPT-EV في الترددات العاملة وغيرها من الترددات، بما فيها الترددات ذات الصلة توافقياً، المتوقع تحديدها في توصية جديدة لقطاع الاتصالات الراديوية؛
- نتائج الدراسات ذات الصلة وأمثلة على النُهُج الوطنية للتنظيم، الواردة في ملحقات هذا التقرير.

ويتعين على قطاع الاتصالات الراديوية أن يتعاون على نحو وثيق مع منظمات وضع المعايير لضمان إدراج نطاقات التردد المناسبة والحدود التقنية في المعايير حسب الضرورة لحماية خدمات الاتصالات الراديوية.

الجدول 9

نطاقات التردد وسويات الطاقة من أجل أنظمة WPT-EV

الفئات	سوية الطاقة	نطاق التردد	تطبيقات WPT
WPT-EV طاقة عالية	أكثر من 22 kW	21-19 kHz	مركبات كهربائية ثقيلة محددة (حافلات وشاحنات، مثلاً)
	أكثر من 22 kW	57-55 kHz[1]	مركبات كهربائية ثقيلة محددة (حافلات وشاحنات، مثلاً)
	أكثر من 22 kW	65-63 kHz[1]	مركبات كهربائية ثقيلة محددة (حافلات وشاحنات، مثلاً)
WPT-EV طاقة متوسطة	أكثر من 22 kW	90-79 kHz	مركبات كهربائية خفيفة عموماً

(1) ينبغي ألا تستخدم للتردد الأساسي لأنظمة WPT-EV. وبافتراض مسافة فصل دنيا قدرها 50 متراً بين أنظمة WPT-EV ومستقبلات SFTS، يجب أن تقع التوافقية الثالثة ضمن نطاقي التردد 64-65 kHz و55-56 kHz وأن يقتصر إرسال نظام WPT على 35 dBµA/m عند 10 أمتار. وعندما يمكن ضمان مسافة فصل أكبر من 100متر بين أنظمة WPT-EV ومستقبلات SFTS، قد تقع التوافقية الثالثة في نطاقي التردد 63-65 kHz و55-57 kHz ويقتصر إرسال نظام WPT على 44 dBµA/m عند 10 أمتار.

الملحق 1

الخصائص التقنية ومتطلبات حماية خدمات الاتصالات الراديوية لاستخدامها في دراسات تأثير أنظمة WPT-EV

1.A1 الخدمات البحرية

الخصائص التقنية لنطاقي التردد 190-535 kHz و285-325 kHz واردة في التذييل **12** من لوائح الراديو، بينما ترد الخصائص التقنية للترددات 22-2,8 MHz في التذييل **27** من لوائح الراديو.

الجدول 1-A1

الخصائص التقنية للخدمات البحرية

نطاقات التردد	التوصية	العنوان	الأقسام ذات الصلة
110-90 kHz[1]	ITU-R M.589	الخصائص التقنية لطرائق إرسال البيانات والحماية من التداخل في خدمات الملاحة الراديوية العاملة في نطاقات التردد بين 70 و130 kHz	الملحق 1 القسم 2
325-285 kHz[1]	ITU-R M.823	الخصائص التقنية للإرسال التفاضلي في الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) انطلاقاً من صوّات راديوية بحرية في نطاقي التردد 315-283,5 kHz في الإقليم 1 و325-285 kHz في الإقليمين 2 و3	الملحق 1 القسم 1
518-490 kHz[1]	ITU-R M.2010	خصائص نظام رقمي يسمى نظام بيانات ملاحية لإذاعة المعلومات المتعلقة بالسلامة البحرية والأمن من الساحل إلى السفن في النطاق 500 kHz	الملحق 3 الجدول 1

الجدول 1-A1 *(تتمة)*

نطاقات التردد	التوصية	العنوان	الأقسام ذات الصلة
[1]MHz 3,8-1,6	ITU-R M.1173	الخصائص التقنية للمرسلات ذات النطاق الجانبي الوحيد المستعملة في الخدمة المتنقلة البحرية للمهاتفة الراديوية في النطاقات الموجودة بين 1 606,5 kHz و1 605 kHz (في الإقليم 2) و4 000 kHz وبين 4 000 kHz و27 500 kHz	الملحق 1
	ITU-R M.1171	إجراءات المهاتفة الراديوية في الخدمة المتنقلة البحرية	الملحق 1 القسمان 2 و3
[1]، [2] MHz 27,5-4	ITU-R M.1173	الخصائص التقنية للمرسلات ذات النطاق الجانبي الوحيد المستعملة في الخدمة المتنقلة البحرية للمهاتفة الراديوية في النطاقات الموجودة بين 1 606,5 kHz و1 605 kHz (في الإقليم 2) و4 000 kHz وبين 4 000 kHz و27 500 kHz	الملحق 1
	ITU-R M.1171	إجراءات المهاتفة الراديوية في الخدمة المتنقلة البحرية	الملحق 1 القسمان 2 و3

[1] بنود تعتبر بمثابة خدمة أمان بموجب التوصية ITU-R SM.1535.

[2] بنود يتعين أن يُنظر فيها في الدراسات بشأن نطاق التردد 765 6-795 6 kHz.

الجدول 2-A1

الخصائص التقنية لخدمات الطيران

نطاقات التردد	التوصية	العنوان	الأقسام ذات الصلة
[1]kHz 535-190	ITU-R SM.1535	قاموس بيانات الاتصالات الراديوية	الملحق 4
[1]، [2]MHz 22-2,8	ITU-R M.1458	استعمال الخدمة المتنقلة للطيران (R) لنطاقات الترددات الواقعة بين 2,8 و22 MHz لأغراض إرسال البيانات في صنف البث J2D	الملحق 1

[1] بنود تعتبر بمثابة خدمة أمان بموجب التوصية ITU-R SM.1535.

[2] بنود يتعين أن يُنظر فيها في الدراسات بشأن نطاق التردد 765 6-795 6 kHz.

2.A1 خدمة الهواة

الجدول 3-A1

الخصائص التقنية لخدمة الهواة

نطاقات التردد	التوصية	العنوان	الأقسام ذات الصلة
كلها	ITU-R M.1732	خصائص الأنظمة العاملة في خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية لأغراض دراسات التقاسم	متن النص (*يوصي*) والجدول 1A
MHz 30 > F	ITU-R M.1044	معايير تقاسم الترددات في خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية	القسم 5
MHz 30 > F	ITU-R F.240	نسبة حماية الإشارة إلى التداخل لمختلف أصناف البث في الخدمة الثابتة على ترددات تقل عن حوالي 30 MHz	الجدول 1

3.A1 خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

الجدول 4-A1

محطات خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS)

المحطة (الرموز الدليلية للنداء)	الإحداثيات	التردد (kHz)	القدرة المشعة (kW)
DCF77	50O 01’ N 09O 00’ E	77,5	30
JJY40	37O 22’ N 140O 51’ E	40	10
JJY60	33O 28 N 130O 11’ E	60	20
MSF	54O 55’ N 03O 15’ W	60	16
WWVB	40O 40’ N 105O 03’ W	60	70

والنطاق 19,95-20,05 kHz موزع لخدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت على أساس أولي في جدول توزيع الترددات. ويفيد الرقم **56.5** من لوائح الراديو أنه يجوز لمحطات الخدمات التي وزع عليها النطاقان 14-19,95 kHz و20,05-70 kHz، وكذلك النطاقان 72-84 kHz و86-90 kHz في الإقليم 1، أن ترسل ترددات معيارية وإشارات توقيت. ويجب حماية هذه المحطات من التداخل الضار.

الجدول 5-A1

شدة المجال الدنيا القابلة للاستخدام من المحطات MSF وWWVB وDCF77
لخدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

	شدة المجال الدنيا القابلة للاستخدام
شدة المجال الكهربائي	40 dBµV/m (100 uV/m)
شدة المجال المغنطيسي	–11,50 dBµA/m

الجدول 6-A1

شدة المجال الدنيا القابلة للاستخدام من محطة JJY
لخدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

	شدة المجال الدنيا القابلة للاستخدام
شدة المجال الكهربائي	60 dBµV/m

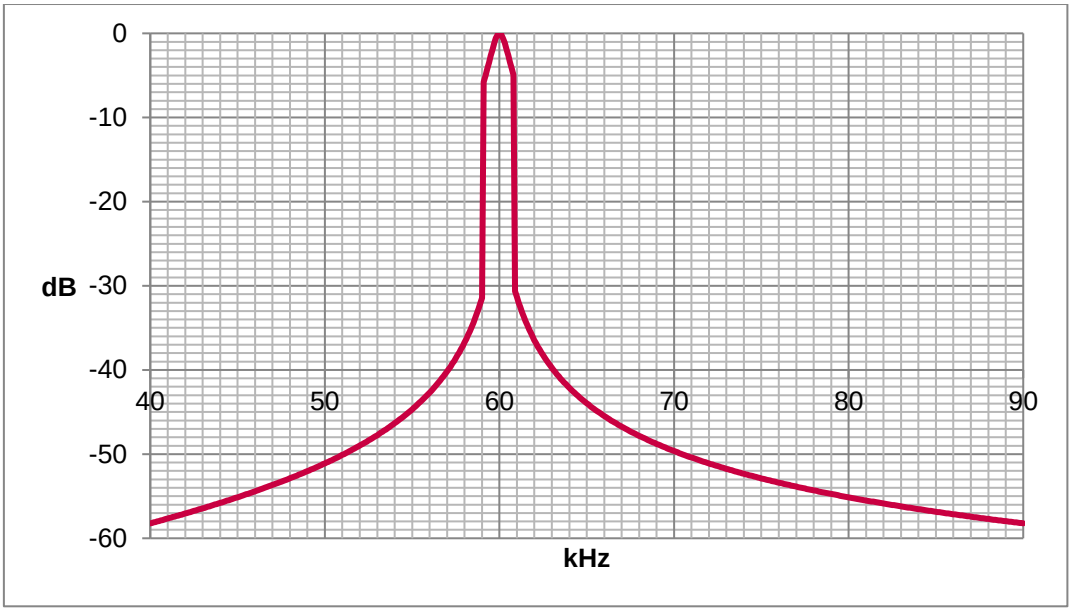
الجدول 7-A1

معايير الحماية في نفس التردد في محطات MSF وWWVB وDCF77 لخدمة SFTS

	نسبة الحماية	الحد الأقصى المسموح به لإشارة متداخلة من مجال قريب أو مجال بعيد (المجال E)	الحد الأقصى المسموح به لإشارة متداخلة من مجال قريب أو مجال بعيد (المجال H)
معايير الحماية الدنيا	25 dB	15 dBµV/m	–36,5 dBµA/m

الشكل 1-A1

منحنى انتقائية محطات MSF وWWVB لمعايير حماية خدمة SFTS



الجدول 8-A1

نسب الحماية الدنيا لمحطات JJY

مدى التردد الأساسي	معايير الحماية	تعليقات
10–79 kHz	حد البث المشع لجهاز WPT-EV هو 23,1 dBµA/m على مسافة 10 أمتار.[1*] ينبغي، بشأن أي جهاز WPT-EV، تقديم طلب منفرد إلى وزير الشؤون الداخلية والاتصالات [في اليابان] واستخدامه فقط إذا كان مصرحاً به.	مسموح به في تردد 40 kHz و60 kHz حيث يجري تشغيل خدمات SFTS (JJY)
79–90 kHz	حد البث المشع لجهاز WPT-EV (الخرج الأقصى للطاقة 7,7 kW) هو 68,4 dBµA/m مقيساً على مسافة 10 أمتار.	ينبغي الإشارة، في دليل جهاز WPT أو على المنتج WPT، إلى التعليمات التالية أو ما يعادلها: "احتمال تداخل كهرمغنطيسي ضار في أجهزة الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً والتي تستقبل خدمات SFTS."
90–150 kHz	حد البث المشع لجهاز WPT-EV هو 23,1 dBµA/m على مسافة 10 أمتار. ينبغي، بشأن أي جهاز WPT-EV، تقديم طلب منفرد إلى وزير الشؤون الداخلية والاتصالات [في اليابان] واستخدامه فقط إذا كان مصرحاً به.	

[1*] مستوى البث هذا هو نفسه من أجل 'المنشآت الصناعية التي تنبعث منها موجات راديوية' في اليابان.

ويكون استخدام أجهزة WPT-EV فيما يتعلق بالخدمة SFTS كما يلي:

يجب ألا تتسبب أجهزة WPT-EV بتداخل ضار معرَّف بنسبة *الموجة الحاملة إلى التداخل* المشتقة من الحساسية الدنيا لمستقبِل أجهزة الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً في حالات الاستخدام المتفق عليها. وقد استُخدمت مسافة فصل قدرها 10 أمتار كمعيار للتعايش. وأُخذت في الاعتبار تدابير أخرى بشأن وقت التشغيل غير المتراكب بين أجهزة WPT-EV وبين أجهزة الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً، وتغير اتجاه الانتشار الراديوي والتحسين الممكن للأداء.

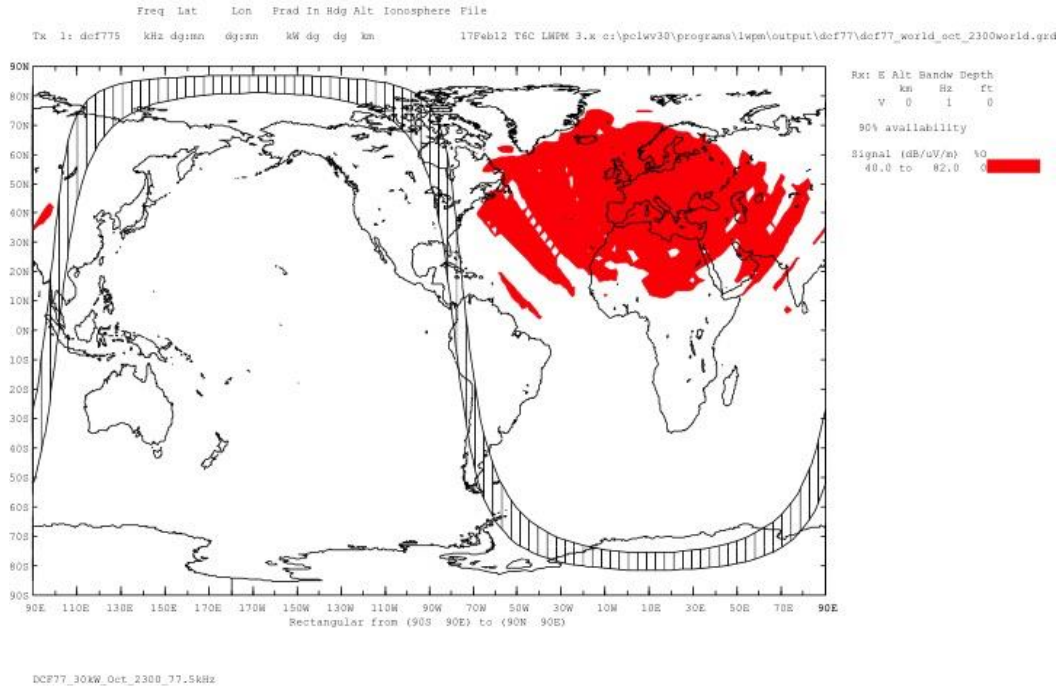
استخدام أنظمة WPT-EV

توفر محطات خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت خدمة قيّمة في نشر وقت ذري في منتهى الدقة فوق 3قارات. وغالباً ما تستخدم لتوفير معيار زمني دقيق في المراصد الفلكية. وبالإضافة إلى الاستخدامات العلمية لهذه الإشارات، تستخدم مستقبلات هذه المحطات على نطاق واسع في المنازل.

وتشغّل عدة إدارات اليوم خدمات للترددات المعيارية وإشارات التوقيت في نطاقات الموجات الكيلومترية LF هذه وقد تتأثر بإرسالات أنظمة WPT. وتظهر مناطق تغطية بعض عمليات الإرسال بالموجات LF هذه في الأشكال 2-A1 إلى 6-A1 أدناه. وتتجاوز سويات الإشارة في المناطق الحمراء 100 µv/m. وضمن هذه المناطق الحمراء، تستخدم عشرات ملايين الأجهزة هذه الإرسالات للتوقيت، بما فيها مختلف الساعات وغيرها من الأجهزة المضبوطة راديوياً، حيث يسعى الكثير منها إلى تتبع التوقيت القانوني.

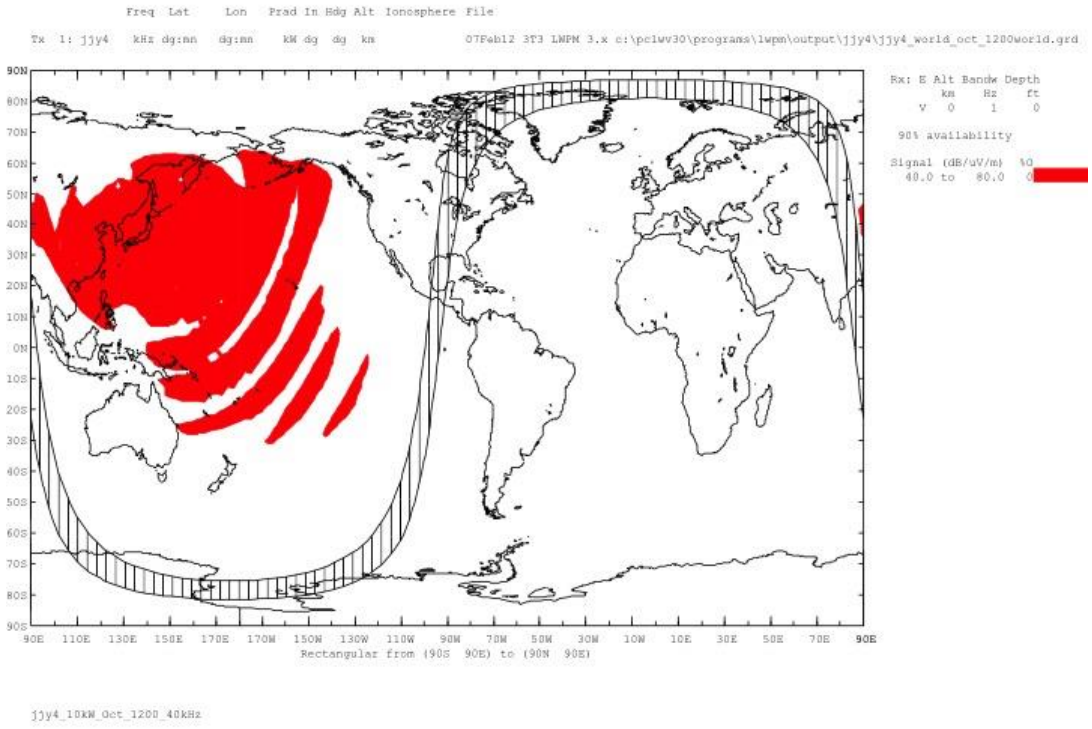
الشكل 2-A1

محطة راديو DCF77 تعمل بتردد 77,5 kHz



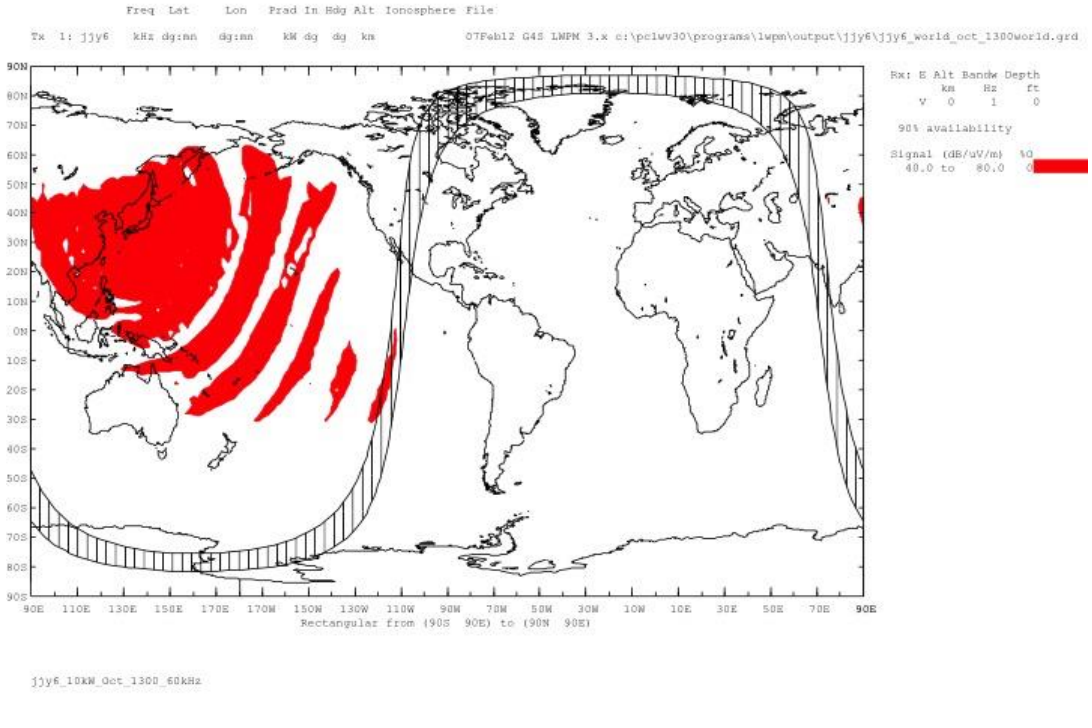
الشكل 3-A1

محطة راديو JJY تعمل بتردد 40 kHz



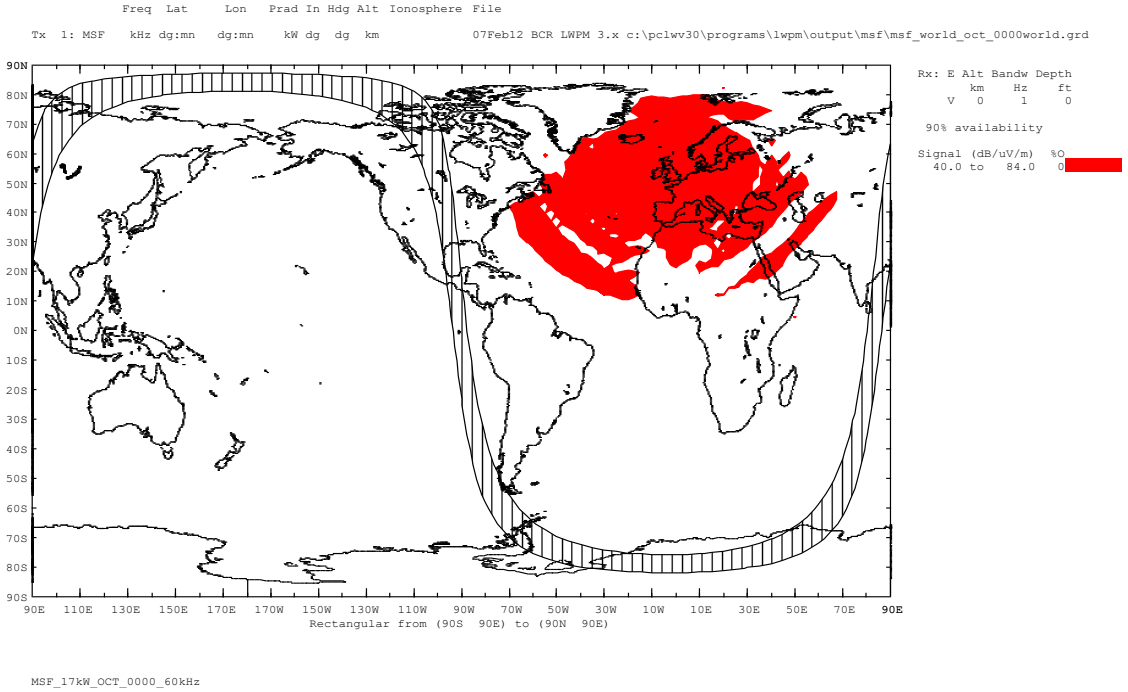
الشكل 4-A1

محطة راديو JJY تعمل بتردد 60 KHZ



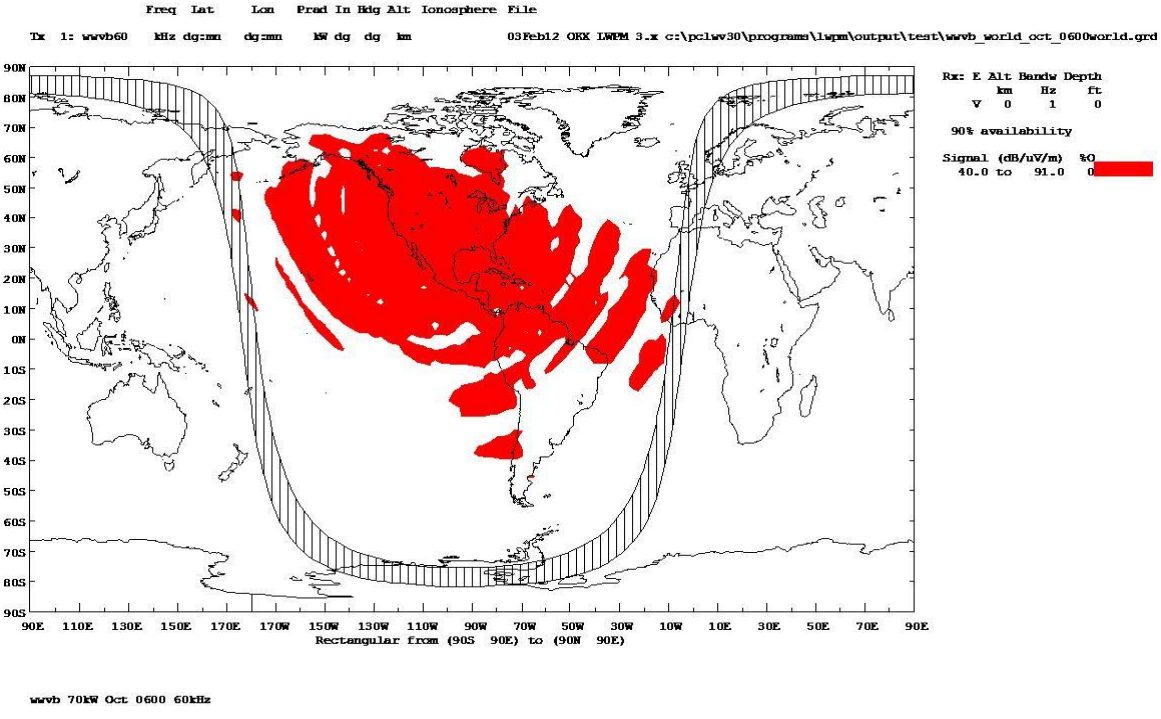
الشكل 5-A1

محطة راديو MSF تعمل بتردد 60 kHz



الشكل 6-A1

محطة راديو WWVB تعمل بتردد 60 kHz



4.A1 خدمة الإذاعة الصوتية

من المتوقع أن ينبعث من أجهزة WPT-EV توافقيات في النطاقات 148,5 إلى 283,5 kHz و525 إلى 1 705 kHz و2 300-100 26 kHz ويمكن أن تتداخل مع استقبال الإذاعة الصوتية في الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF والديكامترية HF. وتعتبر نواتج قطاع الاتصالات الراديوية التالية (التوصيات والتقارير واتفاقات التخطيط) ذات صلة بدراسات التأثير.

الجدول 9-A1

الخصائص التقنية لخدمة الإذاعة الصوتية

نطاقات التردد	الوثيقة	العنوان	الأقسام ذات الصلة
LF MF HF	ITU-R BS.703	خصائص المستقبلات المرجعية الخاصة بالإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع (AM) لأغراض التخطيط	كلها
LF MF HF	ITU-R BS.560	نسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة على الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) الديكامترية (HF)	كلها
كلها	ITU-R BS./BT.1895	معايير الحماية للأنظمة الإذاعية للأرض	كلها
	ITU-R BS.216-2	نسبة الحماية للإذاعة الصوتية في المنطقة المدارية	كلها
LF MF	ITU-R BS.415-2	مواصفات الجودة الدنيا لمستقبلات الإذاعة الصوتية منخفضة التكلفة	2 و3
LF MF HF	ITU-R BS.559-2	القياس الموضوعي لنسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة على الموجات LF وMF وHF	كلها
MF	ITU-R BS.598-1	العوامل التي تؤثر في حدود تغطية الإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع في النطاق 6 (MF)	كلها
كلها	ITU-R P.372-13	الضوضاء الراديوية	
كلها	ITU-R SM.2303	إرسال الطاقة لاسلكياً باستعمال تكنولوجيات غير حزم التردد الراديوي	القسم 1.2.7 والملحق 6
LF MF	اتفاق جنيف GE75	خطة تخصيص للإذاعة MF في الإقليمين 1و 3والإذاعة LF في الإقليم 1 (جنيف 1975)	كلها
MF	اتفاق ريو دي جانيرو RJ81	خطة التخصيص للإذاعة MF في الإقليم 2 (ريو دي جانيرو 1981)	كلها
MF	اتفاق ريو دي جانيرو RJ88	خطة التخصيص للإذاعة MF في الإقليم 2 (ريو دي جانيرو 1988)	كلها

ويرد في الملحق 8 معلومات عن الوضع الحالي للمرسلات الإذاعية في نطاقي الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF.

وترد معايير الحماية لخدمات الإذاعة الصوتية على الموجات LF وMF وHF في الجدول 6 (التشغيل خارج المصفوفة) والجدول 7 (التشغيل داخل المصفوفة) في الفقرة 4.4.

5.A1 خدمة الأرصاد الجوية

يمكن أن يكون لأنظمة WPT-EV تأثير على شبكات الكشف عن الصواعق التي تعمل في المدى 20-50 kHz والتي يتعين حمايتها.

الملحق 2

أمثلة على سويات الإرسال في أجهزة WPT-EV

يتضمن هذا الملحق تفاصيل عن سويات الإرسال المقيسة في أنظمة مثل أنظمة WPT-EV المستخدمة في بعض دراسات التأثير. وهو يحتوي فقط على عينة محدودة للغاية من المعدات. ويلاحظ أن بعض هذه المعدات قد تكون معدات ما قبل الإنتاج.

1.A2 نظام WPT-EV في النطاقين 19-21 kHz/55-65 kHz

أجريت القياسات على حافلات ثقيلة مجهزة بنظام WPT-EV في مدينة غومي، كوريا. ويعمل النظام بتوافقيته الأساسية في مدى التردد 19-21 kHz وله توافقية ثالثة في مدى التردد 55-65 kHz وهو يستخدم كجزء من نقل الطاقة. وترد تفاصيل قياسات الإرسال في الجدول 1-A2.

الجدول 1-A2

سويات الإرسال المقيسة لنظام WPT-EV في حافلات ثقيلة بقدرة 100 Kw في دراسات التأثير

خدمات وأنظمة الاتصالات الراديوية	نطاقات التردد		نتائج الاختبار (dBuA/m) على مسافة 10 m
الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	19,95 kHz – 20,05 kHz (20 kHz، عالمياً)		85,30 (20,28 kHz)
	39 kHz – 41 kHz (40 kHz، اليابان)		22,02 (39,31 kHz)
	49,25 kHz – 50,75 kHz (50 kHz، روسيا)		17,29 (49,66 kHz)
	59 kHz – 61 kHz (60 kHz، المملكة المتحدة والولايات المتحدة واليابان)		34,18 (60,23 kHz)
	65,85 kHz – 67,35 kHz (66,6 kHz، روسيا)		21,88 (65,87 kHz)
	68,25 kHz -68,75 kHz (68,5 kHz، الصين)		21,55 (68,69 kHz)
	77,25 kHz – 77,75 kHz (77,5 kHz، ألمانيا)		19,45 (77,62 kHz)
	99,75 kHz – 102,5 kHz (100 kHz، الصين)		26,73 (100,2 kHz)
	157,5 kHz -166,5kHz(162 kHz، فرنسا)		5,8– (166 kHz)
التحكم في التموجات	128,6 kHz – 129,6 kHz(129,1 kHz، أوروبا)		9,554 (129,3 kHz)
	138,5 kHz – 139,5 kHz(139 kHz، أوروبا)		6,886 (138,7 kHz)
نظام الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات	أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS)	10 kHz – 250 kHz (اليابان)	85,30 (20,28 kHz)
		425 kHz – 524 kHz (اليابان)	10,1– (441 kHz)
	أنظمة الراديو الحثية للقطارات (ITRS)	100 kHz – 250 kHz (اليابان)	26,73 (100,2 kHz)
		80 kHz، 92 kHz (اليابان، طريق واحدة فقط)	15,8 (79,97 kHz)
			14,77 (92,19 kHz)
راديو الهواة	135,7 kHz – 137,8 kHz		4,659 (136,6 kHz)
	472 kHz – 479 kHz		10,6– (476 kHz)
الملاحة الراديوية البحرية	90 kHz – 110 kHz (LORAN)		26,73 (100,2 kHz)
	424 kHz، 490 kHz، 518 kHz (NAVTEX)		10,7– (423 kHz)
			10,8– (488 kHz)
			11,3– (518 kHz)
	495 kHz – 505 kHz (NAVDAT)		11,5– (500 kHz)
البث الإذاعي AM	148,5 kHz – 283,5 kHz (الإقليم 1)		5– (148,5 kHz)
	525 kHz – 526.5 kHz (الإقليم 2)		11– (525-526,5 kHz)
	526,5 kHz – 1 606,5 kHz (عالمياً)		10,1– (548 kHz)
	1 605,5 kHz – 1 705 kHz (الإقليم 2)		13,2– (1 646 kHz)

2.A2 نظام WPT-EV في النطاق 79-90 kHz

جرى قياس الإرسالات المشعة لنظام WPT-EV باستخدام نطاق تردد 85 kHz من عام 2011 إلى عام 2014. وترد تفاصيل تجهيزات النظام WPT وطريقة القياس والبيانات المقيسة بالفعل في الملحق 3 من التقرير ITU-R SM.2303. ويبين الجدول 2-A2 سويات الإرسال المقيسة لنظام WPT-EV باستخدام نطاق 85 kHz. ويرد في هذا الجدول وصف لسوية البث المشع في كل مدى تردد لخدمات ونظام الاتصالات الراديوية ذات الصلة. وفي بعض نطاقات التردد هذه، تكون سويات البث المشع أقل من سوية الضوضاء لمستقبل القياس الذي يتم فيه تسوية عرض نطاق الاستبانة المعياري الذي لا يمثل ضوضاء الخلفية.

ويرد وصف الإرسالات المقيسة لنظام WPT الذي يستخدم 85 kHz في الشكلين 2-A2 و3-A2. ويبين الشكل 1-A2 تشكيل وشائع الإرسال والاستقبال لنظام WPT. وتختلف تجهيزات نظام WPT عن التجهيزات المقيسة في الملحق 3 أعلاه، التقرير ITU-R SM.2303. وفي الجدول 2-A2 والشكلين 2-A2 و3-A2، تكون سوية البث المشع في منطقة البث الهامشي −40 dB أو أقل من سوية البث لتردد نظام WPT.

الجدول 2-A2

سويات الإرسال المقيسة لنظام WPT-EV بقدرة 3 kW يستخدم النطاق 85 kHz

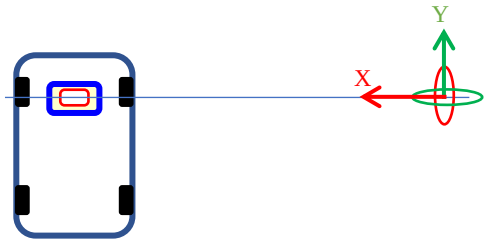
خدمات وأنظمة الاتصالات الراديوية		نطاقات التردد	نتائج الاختبار (dBuA/m) على مسافة 10 m
الترددات المعيارية وإشارات التوقيت		19,95 kHz – 20,05 kHz (20 kHz، عالمياً)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–15)
		39 kHz – 41 kHz (40 kHz، اليابان)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–23)
		49,25 kHz – 50,75 kHz (50 kHz، روسيا)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–25)
		59 kHz – 61 kHz (60 kHz، المملكة المتحدة والولايات المتحدة واليابان)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–27)
		65,85 kHz – 67,35 kHz (66,6 kHz، روسيا)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–27)
		68,25 kHz- 68,75 kHz (68,5 kHz، الصين)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–25)
		77,25 kHz – 77,75 kHz (77,5 kHz، ألمانيا)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–30)
		99,75 kHz – 102,5 kHz (100 kHz، الصين)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–33)
		157,5 kHz- 166,5 kHz (162 kHz، فرنسا)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–18)
التحكم في التموجات		128,6 kHz – 129,6 kHz (129,1 kHz، أوروبا)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–33)
		138,5 kHz – 139,5 kHz (139 kHz، أوروبا)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–34)
أنظمة الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات	أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS)	10 kHz – 250 kHz (اليابان)	71,3 (85,1 kHz، تردد WPT) 14,4 (176,2 kHz؛ التوافقية الثانية) أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (نطاق تردد آخر)
	أنظمة الراديو الحثية للقطارات (ITRS)	100 kHz – 250 kHz (اليابان)	14,4 (176,2 kHz؛ التوافقية الثانية)
		80 kHz، 92 kHz (اليابان، طريق واحدة فقط)	71,3 (85,1 kHz؛ تردد WPT)
راديو الهواة		135,7 kHz– 137,8 kHz	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–33)
		472 kHz – 479 kHz	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–28)

الجدول 2-A2 *(تتمة)*

خدمات وأنظمة الاتصالات الراديوية	نطاقات التردد	نتائج الاختبار (dBuA/m) على مسافة 10 m
الملاحة الراديوية البحرية	(LORAN) kHz 110 – kHz 90	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–33)
	(NAVTEX) kHz 518 ،kHz 490 ،kHz 424	–11,8 (kHz 425,5؛ التوافقية الخامسة) أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (نطاق تردد آخر)
	kHz 505 – kHz 495 (NAVDAT)	أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (<–28)
البث الإذاعي AM	kHz 283,5 – kHz 148,5 (الإقليم 1) kHz 526,5 – kHz 525 (الإقليم 2) kHz 1 606,5 – kHz 526,5 (عالمياً) kHz 1 705 – kHz 1 605,5 (الإقليم 2)	14,4 (kHz 176,2؛ التوافقية الثانية) –15,6 (kHz 595,7؛ التوافقية السابعة) * لا يمكن الكشف عن أكثر من التوافقية الثامنة. أقل من قياس سوية ضوضاء المستقبل (نطاق تردد آخر)

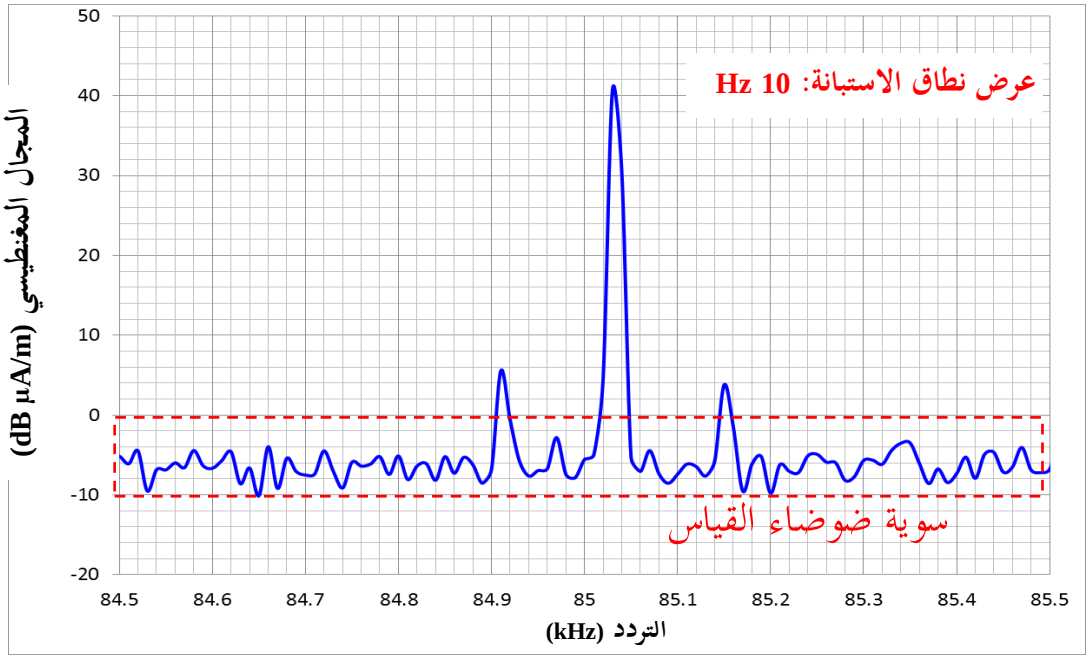
الشكل 1-A2

تشكيل وشائع الإرسال والاستقبال في نظام WPT



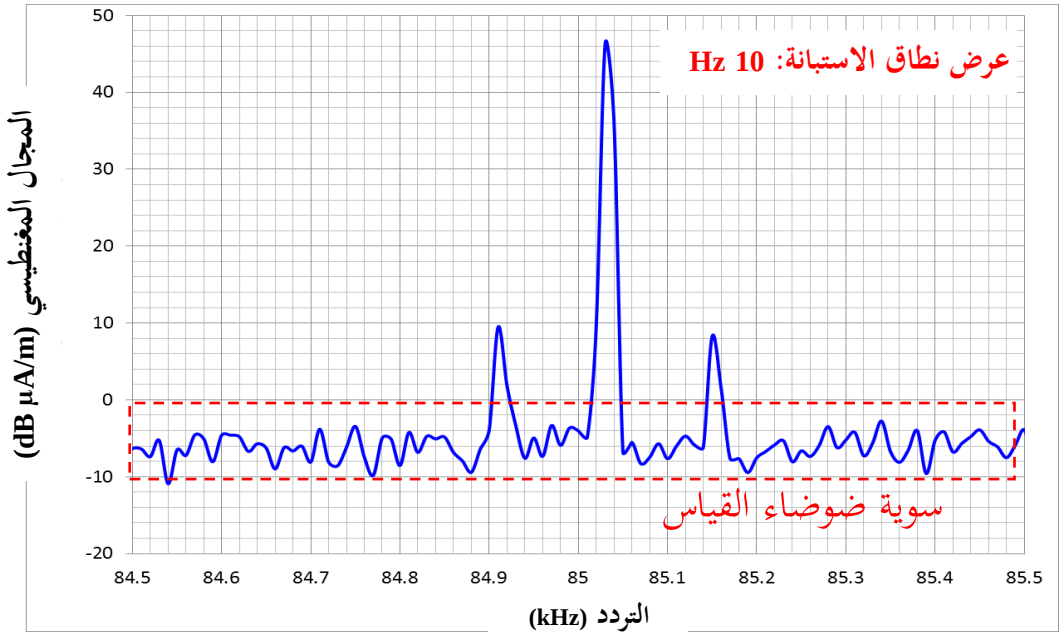
الشكل 2-A2

البث المقيس لنظام WPT يستخدم تردد 85 kHz (اتجاه هوائي حلقي: X)



الشكل 3-A2

البث المقيس لنظام WPT يستخدم تردد 85 kHz (اتجاه هوائي حلقي: Y)



الملحق 3

حدود البث المقترحة من منظمات وضع المعايير لأنظمة WPT-EV

1.A3 مشروع الحدود المقترحة من جانب اللجنة CISPR

عكفت اللجنة الفرعية B التابعة للجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR/B)، خلال عام 2017، على وضع حدود للبث المشع لأنظمة WPT-EV. وقد أدى ذلك إلى النظر في إدخال تعديلات على المعيار CISPR 11 Ed. 6 الوارد في وثيقة مشروع اللجنة للتصويت CISPR/B687/CDV: "المعدات الصناعية والعلمية والطبية – خصائص تشوش الترددات الراديوية – حدود وطرائق القياس – متطلبات نقل الطاقة لاسلكياً عبر فجوة هوائية (WPT)". وأسفر التصويت عن رفض التعديل في ديسمبر 2017. وثمة تعديل جديد على المشروع CISPR 11 قيد الدراسة حالياً، وقد وضعت وثيقة مشروع اللجنة في اجتماع الفريق المخصص AHG4 في أبريل 2019 وسوف يجري تعميم وثيقة مشروع اللجنة للتصويت في ربيع عام 2019. وسوف تعلن نتيجة التصويت بحلول نهاية 2019. والنقاط المعدلة في الحدود في وثيقة اللجنة CISPR/B/710/CD هي كما يلي:

- تم اختيار مسافة القياس على بعد 10 أمتار فقط من حجم المعدات قيد الاختبار وذلك من أجل الحفاظ على نطاق قياس دينامي أوسع ولتجنب أي تضارب يأتي من القياس في مدى الانتقال بين المجال البعيد والمجال القريب.
- تم تبسيط أصناف الطاقة الفرعية للصنف B إلى "(kW 1 ≥)" و"(kW 1 >)"، واقتصرت القيم الحدية للترددات الأساسية للصنف الفرعي > kW 1 في WPT في المدى 79-90 kHz على 67,8 dBµA/m.
- أعيد النظر في القيم الحدية لأمداء التوافقيات من خلال تقييم الحساب باستخدام CISPR TR16-4-4 على النحو التالي:
- 150 kHz – 5,62 MHz: 14,5 dBµA/m تتناقص خطياً مع لوغاريتم التردد إلى 10 dBµA/m؛
- 5,62 MHz – 30: –10 dBµA/m.

واستخدمت الحدود قيد المناقشة في اللجنة الفرعية CISPR/B وقت نشر هذا التقرير في بعض دراسات التأثير وهي واردة في الجدولين 1-A3 و2-A3.

الجدول 1-A3

حدود تشويش الإشعاع الكهرمغنطيسي لتجهيزات المجموعة 2 من الصنف B في أنظمة WPT-EV مقيسة في موقع اختبار

مدى الترددات (kHz)	الحدود لمسافة قياس D = 10 m	
	الصنف B (≥ 1 kW)[أ]	الصنف B (< 1 kW)[أ]
	شبه ذروة المجال المغنطيسي (dB(µA/m))	شبه ذروة المجال المغنطيسي (dB(µA/m))
19-9	23,8-27	23,8-27
25-19	57	72
36-25	21,1-22,6	21,1-22,6
40-36[ب]	56,2	71,2
55-40	19,3-20,6	19,3-20,6
65-55[ب]	54,4	69,4

الجدول 1-A3 *(تتمة)*

مدى الترددات (kHz)	الحدود لمسافة قياس D = 10 m	
	الصنف B (≥ 1 kW)[أ]	الصنف B (< 1 kW)[أ]
	شبه ذروة المجال المغنطيسي (dB(µA/m))	شبه ذروة المجال المغنطيسي (dB(µA/m))
79-65	17,7-18,6	17,7-18,6
90-79	52,8	[ج]67,8
150-90	15-17,2	17,2-15

يطبق الحد الأكثر صرامة عند التردد الانتقالي. وحيثما يتغير الحدّ مع التردد، فإنه يتناقص خطياً مع لوغاريتم التردد المتزايد.

في موقع الاختبار، ينبغي قياس معدات الصنف B على مسافة اسمية قدرها 10 أمتار.

قد تطلب السلطات الوطنية كبتاً إضافياً للبث ضمن نطاقات تردد محددة لخدمات راديوية حساسة في منشآت معينة، بفرض الحدود الواردة في الجدول 2.E مثلاً.

(أ) يجب أن يستند اختيار المجموعة المناسبة من الحدود إلى طاقة التيار المتناوب المحددة من قبل المصنّع.

(ب) هذه النطاقات غير متاحة في بعض البلدان.

(ج) أنظمة WPT العاملة بطاقة التيار المتناوب بقيمة > 3,6 kW، إذا لم تستوف الحد المسموح به للتيار المتناوب بقيمة > 1 kW المحددة في هذا الجدول، يجب على الأقل أن تفي بحد التسامح بمقدار 15 dB. وفي هذه الحالة، يجب أن تحتوي وثائق المستخدم وتعليمات الاستخدام المصاحبة للجهاز على ملاحظة التحذير التالية:

تنبيه: هذا الجهاز غير مخصص للاستخدام في البيئات التي تستخدم فيها الأجهزة الحساسة و/أو أجهزة الاتصالات الراديوية، مثل الأجهزة قصيرة المدى (SRD) المستخدمة مثلاً في تطبيقات إشارات السكك الحديدية الموزعة والعاملة على مسافة أقل من 10 أمتار من الجهاز. وفي هذه الظروف، قد لا تتوفر الحماية الكافية للاستقبال الراديوي.

الجدول 2-A3

حدود تشويش الإشعاع الكهرمغنطيسي لتجهيزات المجموعة 2من الصنف B في أنظمة WPT، مقيسة في موقع اختبار

مدى التردد (MHz)	الحدود لمسافة قياس D = 10 m
	المجال المغنطيسي
	شبه الذروة (dB(µA/m))
5,62-0,15	14,5 تتناقص خطياً مع لوغاريتم التردد إلى 10–
30-5,62	10–

الملحق 4

دراسات التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

1.A4 دراسة التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت في تردد 60 kHz

يقدم هذا الملحق دراسة عن تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في مدى التردد 55-65 kHz على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) العاملة في تردد 60 kHz.

1.1.A4 معايير الحماية الأساسية لخدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

تُستخدم في هذه الدراسة شدة المجال الدنيا القابلة للاستخدام (MUFS) الواردة في الملحق 1 بقيمة 100 µV/m (40 dBµV/m). ويعطي الجدول 1-A4 الحد الأدنى من شدة المجال الكهربائي والمغنطيسي القابل للاستخدام. ويلاحظ أن هذه القيم موجودة في المجال البعيد لإرسالات خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) ولكنها تكون عادة في المجال القريب لمصادر الأنظمة WPT لأن طول الموجة عند التوافقية الأساسية بتردد 60 kHz هو 5 000 m.

الجدول 1-A4

الحد الأدنى الأساسي لشدة المجال البعيد القابل للاستعمال في خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

	الحد الأدنى لشدة المجال القابل للاستعمال
شدة المجال الكهربائي (dBµV/m)	40
شدة المجال المغنطيسي (dBµV/m)	11,50–

1.1.1.A4 معايير الحماية لخدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

يرد في الملحق 1 معايير الحماية لخدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) وهي تشمل نسبة حماية قدرها 25+ dB ومنحنى انتقائية المستقبل.

وقد أجريت القياسات في المملكة المتحدة على مستقبل خدمة SFTS بتردد 60 kHz للتحقق من الافتراضات النظرية السابقة بشأن متطلبات حماية الخدمة SFTS. وبناءً على هذه القياسات، استخدم في هذه الدراسة معيار حماية بمقدار 24+ dB (انظر الجدول 2-A4) علماً بأنه أكثر تساهلاً بمقدار 1 dB من معيار الحماية الوارد في الملحق 1.

الجدول 2-A4

معايير الحماية في نفس التردد للخدمة SFTS المستخدمة في هذه الدراسة[3]

	نسبة الحماية	الحد الأقصى المسموح به لإشارة تداخل المجال القريب أو البعيد (المجال E)	الحد الأقصى المسموح به لإشارة تداخل المجال القريب أو البعيد (المجال H)
معايير الحماية المستخدمة في هذه الدراسة	24 dB	16 dBµV/m	35,5– dBµA/m

[3] لا بد من الإشارة إلى أن 60 kHz هو طول موجة إشارة التردد الراديوي بمقدار 5 000 m.

الجدول 3-A4

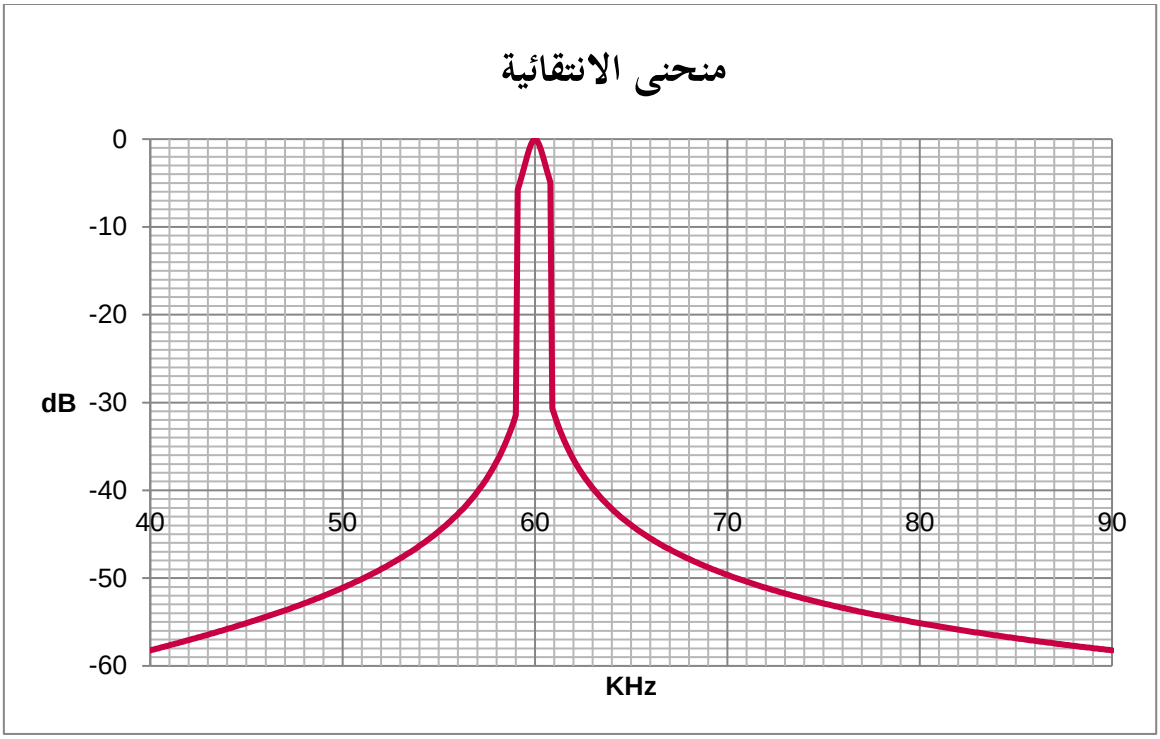
معايير الحماية للترددات المجاورة للخدمة SFTS

مباعدة/تخالف التردد (kHz)	الانتقائية النسبية (dB)	معايير الحماية بناء على القياسات		
		نسبة حماية SFTS الأساسية (dB)	الحد الأقصى المسموح به من إشارة التداخل (dBµV/m) عند مستقبل SFTS	الحد الأقصى المسموح به من إشارة التداخل (dBµA/m) عند مستقبل SFTS
معايير الحماية لتشكيل تشغيل/إيقاف الإبراق بنسبة 100%				
10–	51,1–	27,1–	67,1	15,6
9–	50,1–	26,1–	66,1	14,6
8–	48,99–	24,99–	64,99	13,49
7–	47,74–	23,74–	63,74	12,24
6–	46,33–	22,33–	62,33	10,83
5–	44,68–	20,68–	60,68	9,18
4–	42,69–	18,69–	58,69	7,19
3–	40,17–	16,17–	56,17	4,67
2–	36,74–	12,74–	52,74	1,24
1–	31,45–	7,45–	47,45	4,05–
معايير الحماية لتشكيل تشغيل/إيقاف الإبراق بنسبة 100%				
1	31,34–	7,34–	47,34	4,16–
2	36,47–	12,47–	52,47	0,97
3	39,75–	15,75–	55,75	4,25
4	42,12–	18,12–	58,12	6,62
5	43,96–	19,96–	59,96	8,46
6	45,46–	21,46–	61,46	9,96
7	46,73–	22,73–	62,73	11,23
8	47,82–	23,82–	63,82	12,32
9	48,78–	24,78–	64,78	13,28
10	49,64–	25,64–	65,64	14,14

يتم تحديد انتقائية مستقبل الخدمة SFTS بواسطة هوائي قضيب فرّيت (قيمة Q) ومرشاح كريستال ضيق النطاق. فإذا وضع مرشاح الكريستال بعد المضخم المسبق الأول، فقد تؤدي الإشارات القوية بشكل خاص إلى زيادة الحمل على المضخم المسبق. غير أن هذه الدراسة لا تنظر في التحميل الزائد وإنما تقتصر على الانتقائية الإجمالية.

الشكل 1-A4

منحنى الانتقائية لمستقبل خدمة SFTS



2.1.A4 ضوضاء الخلفية

توفر التوصية ITU-R P.372-13 خلفية بخصوص الضوضاء الراديوية. وتهيمن ضوضاء الغلاف الجوي عادة في أسوأ حالة، وهو ما يرتبط ارتباطاً وثيقاً بنشاط العواصف الرعدية/الصواعق، ولذلك قد تكون سويات الضوضاء في مختلف المناطق الجغرافية حول العالم أقل بكثير وسطياً في بعض المناطق مما هي في مناطق أخرى. وتقع المملكة المتحدة في منطقة معتدلة تتسم بسويات منخفضة نسبياً من نشاط العواصف الرعدية على مدار السنة.

وتكون سوية إشارة ضوضاء الخلفية لنسبة 99,5% من الزمن، بحسب التوصية ITU-R P.372، حوالي –13 dBµV/m (–64 dBµV/m). وهذا أقل بكثير من الحد الأقصى المسموح به من سويات إشارة التداخل الواردة في معايير الحماية. وهذا يوفر هامشاً لا بأس به لمستخدمي الإشارة لوضع المستقبلات مع السماح بخسارة اقتران التوجيه وخسارة اختراق المباني، كما يوفر مجالاً للمصنعين لاستخدام تقنيات فعالة من حيث التكلفة في تصميم منتجاتهم.

3.1.A4 سيناريوهات استخدام الأنظمة WPT-EV في النطاق 55-65 kHz

إن استخدام نطاق التردد 55-65 kHz (بالاقتران مع 19-21 kHz بمثابة توافقية ثالثة) مخصص للمركبات الثقيلة والشاحنات والحافلات. ومن المتوقع أن تكون محطات شحن أنظمة WPT-EV في المستودعات، ويمكن أن تكون في المستقبل عند إشارات المرور ومحطات الحافلات. وقد أُبرز استخدام WPT-EV في الطرق الدينامية كسيناريو استخدام محتمل ولكن ذلك لم يخضع للتحليل. وباستخدام مثال وسط لندن وضواحيها، من المحتمل أن يكون من الممكن استخدام WPT-EV على مقربة من استخدام SFTS. ويقدّر أن تكون مسافات الفصل بين مستقبلات WPT-EV وSFTS في حدود 10-20 متراً في أنظمة WPT-EV في الشارع و20-50 متراً بالنسبة لأنظمة WPT-EV في المستودعات. وسيكون لأنظمة WPT-EV أيضاً دورة تشغيل عالية بنسبة 100% عند الشحن. وهذا يعني أن نظام WPT-EV يجب ألا يتسبب في أي تداخل ضمن هذه المسافات. ويرد وصف هذين السيناريوهين في الجدول 4-A4.

الجدول 4A-4

سيناريوها الاستخدام ومسافات الفصل لنظام WPT-EV في نطاق 55–65 kHz

سيناريو الاستخدام	مسافة الفصل من مستقبلات SFTS
WPT-EV في الشارع للمركبات الثقيلة (مواقف الحافلات مثلاً)	10-20 متراً
WPT-EV في المستودع للمركبات الثقيلة (مستودعات/نهاية خط الحافلات مثلاً)	20-50 متراً

4.1.A4 تحليل تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في نطاق 55-65 kHz فيما يتعلق باستقبال خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

يبحث تحليل هذا التأثير في فواصل المسافة والتردد اللازمة بين أنظمة WPT-EV وخدمة SFTS لتجنب حدوث أي تداخل ضار. ويستخدم التحليل القياسات الواردة في الملحق 2 والحدود المقترحة من اللجنة CISPR 11 في الملحق 3. ويلاحظ أن القياسات تتعلق بنوع معين واحد من أنظمة WPT-EV في تردد معين قد لا يكون تمثيلياً أو نموذجياً لجميع أنظمة WPT-EV العاملة في النطاق. ويفترض هذا التحليل أن نفس قيمة السوية المقيسة تنطبق على مختلف تخالفات التردد. ويلاحظ أيضاً أن هناك قياسات مختلفة قدمت بشأن أنظمة WPT-EV تظهر سويات شدة مجال أعلى من تلك المستخدمة في هذه الدراسة. وتفترض الدراسة أيضاً أن أنظمة WPT-EV ليس لديها إرسالات غير مطلوبة. ولكن القياسات المعروضة تشير إلى وجود إرسالات غير مطلوبة ونطاقات جانبية. وفي هذه الحالة يحتاج الأمر إلى فواصل أكبر من حيث التردد والمسافة مما هو محسوب في هذا التحليل.

ويطبق التحليل معايير الحماية الواردة في الجدولين 2-A4 و3-A4 لحساب فواصل التردد والمسافة. ويكون حساب تخالفات التردد لحافة إرسال WPT-EV وحافة عرض نطاق مستقبل SFTS. ونتائج هذا التحليل واردة أدناه.

الجدول 5A-4

الحدود والقيم المقيسة المستخدمة في التحليل

الحد المقترح من اللجنة CISPR عند 10 m	السوية المقيسة لنظام WPT-EV عند 10 m
dBµA/m 84,4	dBµA/m 34,18

1.4.1.A4 تحليل تأثير الحدود المقترحة من اللجنة CISPR بشأن أنظمة WPT-EV العاملة في التردد 55-65 kHz على الخدمة SFTS

الجدول 6A-4

تحليل فصل التردد والمسافة بشأن الحدود المقترحة من اللجنة CISPR لأنظمة WPT-EV في النطاق 55-65 kHz

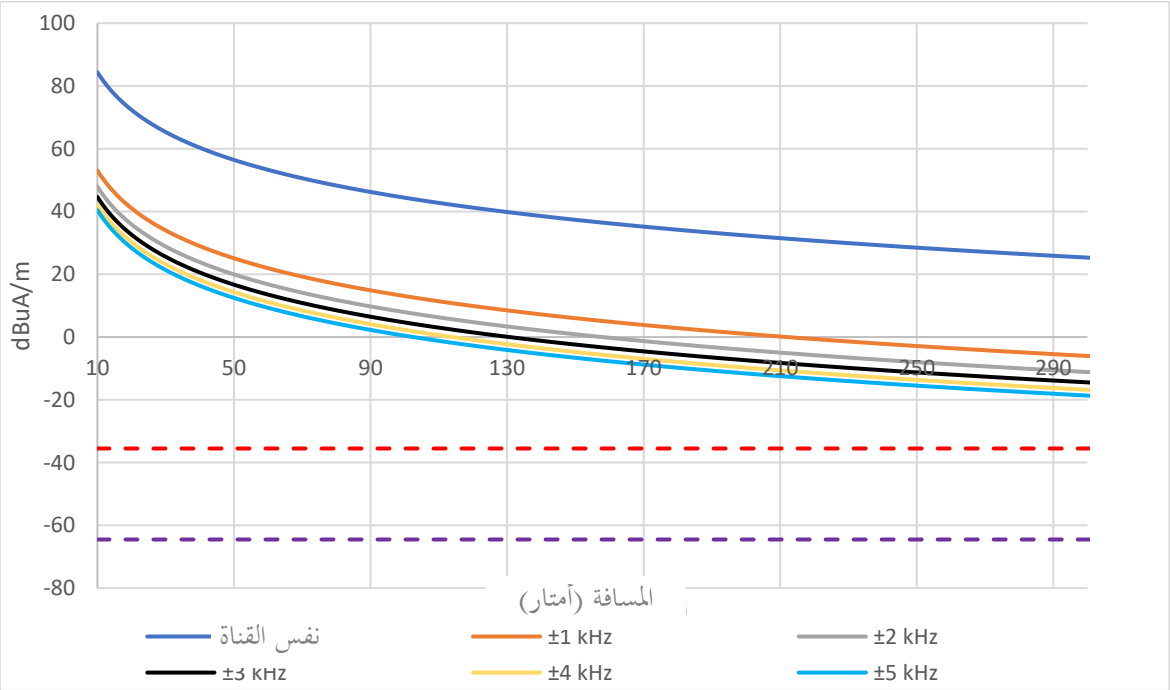
تخالف التردد (kHz)	الحد الأقصى من تداخل الإشارة المسموح به عند مستقبل SFTS (dBµA/m)	مسافة الفصل 10 m		مسافة الفصل 20 m		مسافة الفصل 50 m	
		شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)
5–	9,18	84,40	75,22–	72,36	63,18–	56,44	47,26–
4–	7,19	84,40	77,21–	72,36	65,17–	56,44	49,25–
3–	4,67	84,40	79,73–	72,36	67,69–	56,44	51,77–

الجدول 6-A4 (تتمة)

مسافة الفصل m 50		مسافة الفصل m 20		مسافة الفصل m 10		الحد الأقصى من تداخل الإشارة المسموح به عند مستقبل SFTS (dBµA/m)	تخالف التردد (kHz)
الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)		
55,20–	56,44	71,12–	72,36	83,16–	84,40	1,24	2–
60,49–	56,44	76,41–	72,36	88,45–	84,40	4,05–	1–
91,94–	56,44	107,86–	72,36	119,90–	84,40	35,50–	نفس التردد
60,60–	56,44	76,52–	72,36	88,56–	84,40	4,16–	1
55,47–	56,44	71,39–	72,36	83,43–	84,40	0,97	2
52,19–	56,44	68,11–	72,36	80,15–	84,40	4,25	3
49,82–	56,44	65,74–	72,36	77,78–	84,40	6,62	4
47,98–	56,44	63,90–	72,36	75,94–	84,40	8,46	5

الشكل 2-A4

تحليل فصل التردد والمسافة بشأن الحدود المقترحة من اللجنة CISPR لأنظمة WPT-EV بالنسبة لخدمة SFTS في تردد 60 kHz



يتبين من التحليل أن الخدمة SFTS بتردد 60 kHz تتلقى تداخلاً ضاراً من أنظمة WPT-EV العاملة في حدود 55-65 kHz المقترحة من اللجنة CISPR لجميع فواصل التردد والمسافة التي تم تحليلها. وبالنسبة لكل من سيناريوهي استخدام أنظمة WPT-EV في الشارع والمستودع (الواردين في الجدول 4-A4)، تنطوي جميع فواصل التردد والمسافة على هامش سلبي كبير.

2.4.1.A4 تحليل تأثير نظام WPT-EV مقيس في تردد 55-65 kHz على خدمة SFTS

يستخدم هذا التحليل نتائج القياسات الواردة حالياً في الملحق 2. وتنطبق قيود هذه القياسات المذكورة في الفقرة 4.A4 في هذا التحليل.

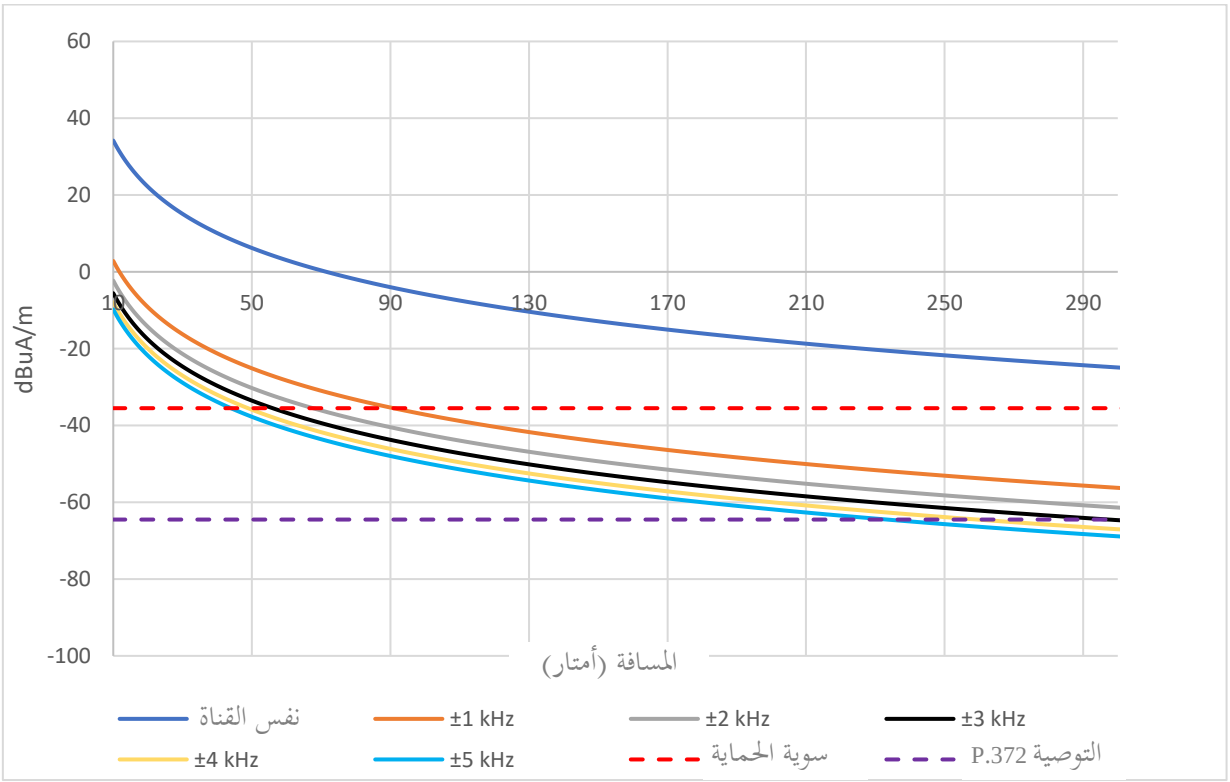
الجدول 7-A4

تحليل فصل التردد والمسافة بشأن نظام WPT-EV مقيس في النطاق 55-65 kHz

مسافة الفصل 50 m		مسافة الفصل 20 m		مسافة الفصل 10 m		الحد الأقصى من تداخل الإشارة المسموح به عند مستقبل SFTS (dBµA/m)	تخالف التردد (kHz)
الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)		
2,96	6,22	12,96–	22,14	25–	34,18	9,18	5–
0,97	6,22	14,95–	22,14	26,99–	34,18	7,19	4–
1,55–	6,22	17,47–	22,14	29,51–	34,18	4,67	3–
4,98–	6,22	20,90–	22,14	32,94–	34,18	1,24	2–
10,27–	6,22	26,19–	22,14	38,23–	34,18	4,05–	1–
41,72–	6,22	57,64–	22,14	69,68–	34,18	35,5–	نفس التردد
10,38–	6,22	26,30–	22,14	38,34–	34,18	4,16–	1+
5,25–	6,22	21,17–	22,14	33,21–	34,18	0,97	2+
1,97–	6,22	17,89–	22,14	29,93–	34,18	4,25	3+
0,40	6,22	15,52–	22,14	27,56–	34,18	6,62	4+
2,24	6,22	13,68–	22,14	25,72–	34,18	8,46	5+

الشكل 3-A4

تحليل فصل التردد والمسافة في نظام WPT-EV مقيس بالنسبة لخدمة SFTS في تردد 60 kHz



يبين التحليل أن خدمة SFTS في تردد 60 kHz تتلقى تداخلاً ضاراً من نظام WPT-EV مقيس يعمل في مدى التردد 55-65 kHz لسيناريو الاستخدام في الشارع (الوارد في الجدول 4-A4). وتُظهر جميع فواصل التردد والمسافة هامشاً سلبياً كبيراً. وبالنسبة لسيناريو استخدام WPT-EV في المستودع فإن فواصل تردد بمقدار 4 kHz أو أكثر (أي أقل من 56 kHz وأكثر من 64 kHz) مع مسافة فصل 50 متراً توضح أن التعايش قد يكون ممكناً.

3.4.1.A4 تحليل الحساسية

أجري تحليل للحساسية للنظر في الحالات التي قد تكون فيها شدة المجال أعلى من الحد الأدنى لشدة المجال القابلة للاستخدام في الجدول 1-A4. وتتناول هذه الحالة وسط لندن حيث يستخدم العديد من مستقبلات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) وقد يكون هناك استخدام مقبل لأنظمة WPT-EV. ويُستخدم حساب أساسي لتقدير شدة المجال المستقبلة في لندن من مرسل إشارة MSF في أنثورن (خط عرض 54° 55' N، خط طول 3° 15' W)، وهو مبين في الجدول 6-A4. ولا بد من الإشارة إلى أن شدة المجال هذه من المحتمل أن تبالغ في تقدير الإشارة المستقبلة، نظراً لوجود العديد من المباني والمنشآت في لندن التي تضعف الإشارة. وقد يعمل العديد من المستقبلات عند الحد الأدنى لشدة المجال القابلة للاستخدام أو بالقرب منها بين المباني الخرسانية المحاطة أو المسلحة بالصلب.

الجدول 8-A4

شدة المجال التقريبية المستقبلة في وسط لندن دون خسائر بسبب المباني وما إلى ذلك

الموقع	المسافة من المرسل	شدة المجال (المجال E) (dBµV/m)	شدة المجال (المجال H) (dBµA/m)
وسط لندن	km 450	53,87	2,37

ويستخدم هذا التحليل نتائج القياسات الواردة حالياً في الملحق 2. وتنطبق في هذا التحليل قيود هذه القياسات المذكورة في الفقرة 4.

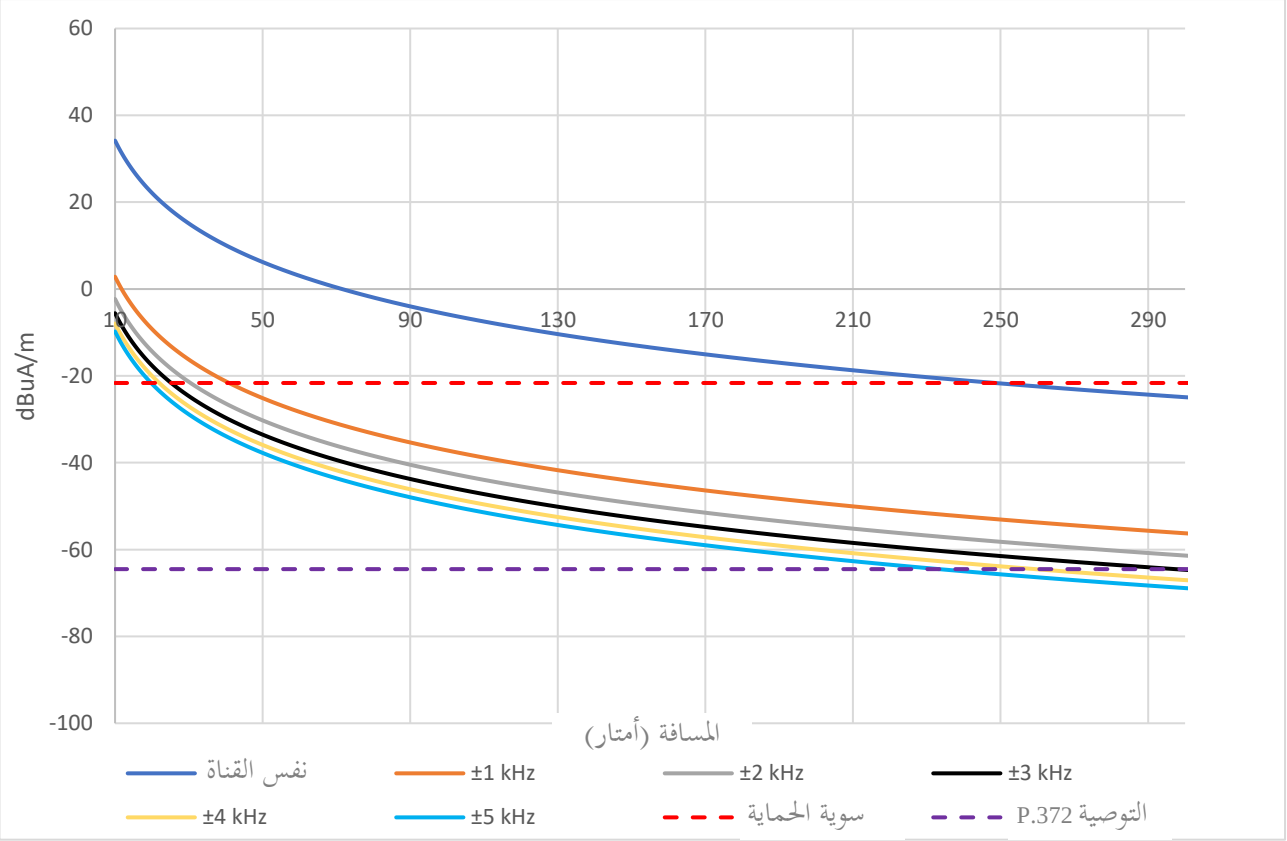
الجدول 9-A4

تحليل فصل التردد والمسافة في نظام WPT-EV مقيس يعمل في النطاق 55-65 kHz ويستخدم السويات الأعلى لشدة المجال المقدّرة في خدمة SFTS

تخالف التردد (kHz)	الحد الأقصى من تداخل الإشارة المسموح به عند مستقبل SFTS (dBµA/m)	مسافة الفصل 10 m		مسافة الفصل 20 m		مسافة الفصل 50 m	
		شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة مجال WPT-EV (dBµA/m)	الهامش (dB)
5–	23,05	34,18	11,13–	22,14	0,91	6,22	16,83
4–	21,06	34,18	13,12–	22,14	1,08–	6,22	14,84
3–	18,54	34,18	15,64–	22,14	3,60–	6,22	12,32
2–	15,11	34,18	19,07–	22,14	7,03–	6,22	8,89
1–	9,82	34,18	24,36–	22,14	12,32–	6,22	3,60
نفس التردد	21,63–	34,18	55,81–	22,14	43,77–	6,22	27,85–
1+	9,71	34,18	24,47–	22,14	12,43–	6,22	3,49
2+	14,84	34,18	19,34–	22,14	7,30–	6,22	8,62
3+	18,12	34,18	16,06–	22,14	4,02–	6,22	11,90
4+	20,49	34,18	13,69–	22,14	1,65–	6,22	14,27
5+	22,33	34,18	11,85–	22,14	0,19	6,22	16,11

الشكل 4-A4

تحليل فصل التردد والمسافة في نظام WPT-EV مقيس إزاء خدمة SFTS في تردد 60 kHz بافتراض شدة مجال مطلوبة أعلى في الخدمة SFTS



ويُظهر التحليل بالنسبة لسيناريو استخدام WPT-EV في الشارع (الوارد في الجدول 4-A4)، بفواصل تردد بمقدار 5 kHz أو أكثر (أي أقل من 55 kHz وأكثر من 65 kHz) مع فواصل مسافة 20 متراً، أن التعايش قد يكون ممكناً. وبالنسبة لسيناريو استخدام WPT-EV في المستودع، تظهر فواصل التردد التي تزيد عن 1 kHz (أي أقل من 59 kHz وأكثر من 61 kHz)، مع فواصل مسافة تبلغ 50 متراً، أن التعايش قد يكون ممكناً. ومع ذلك، يلاحظ أن هذا التحليل مفرط في التفاؤل مع مراعاة جميع سيناريوهات الحالة الأفضل.

4.4.1.A4 التداخل الكلي

من المحتمل أن يتسبب تشغيل محطات شحن WPT-EV متعددة في نفس الوقت في مواقع قريبة في تداخل كلي. إذ يمكن مثلاً تشغيل ما يصل إلى أربعة أنظمة WPT-EV لشحن الحافلات في محطات مواقف أو مستودعات الحافلات في وقت واحد، مما يعني أن سويات التداخل سوف تزداد بمقدار 6 dB. وترد نتائج هذا التحليل في الجدول 10-A4 والشكل 5-A4.

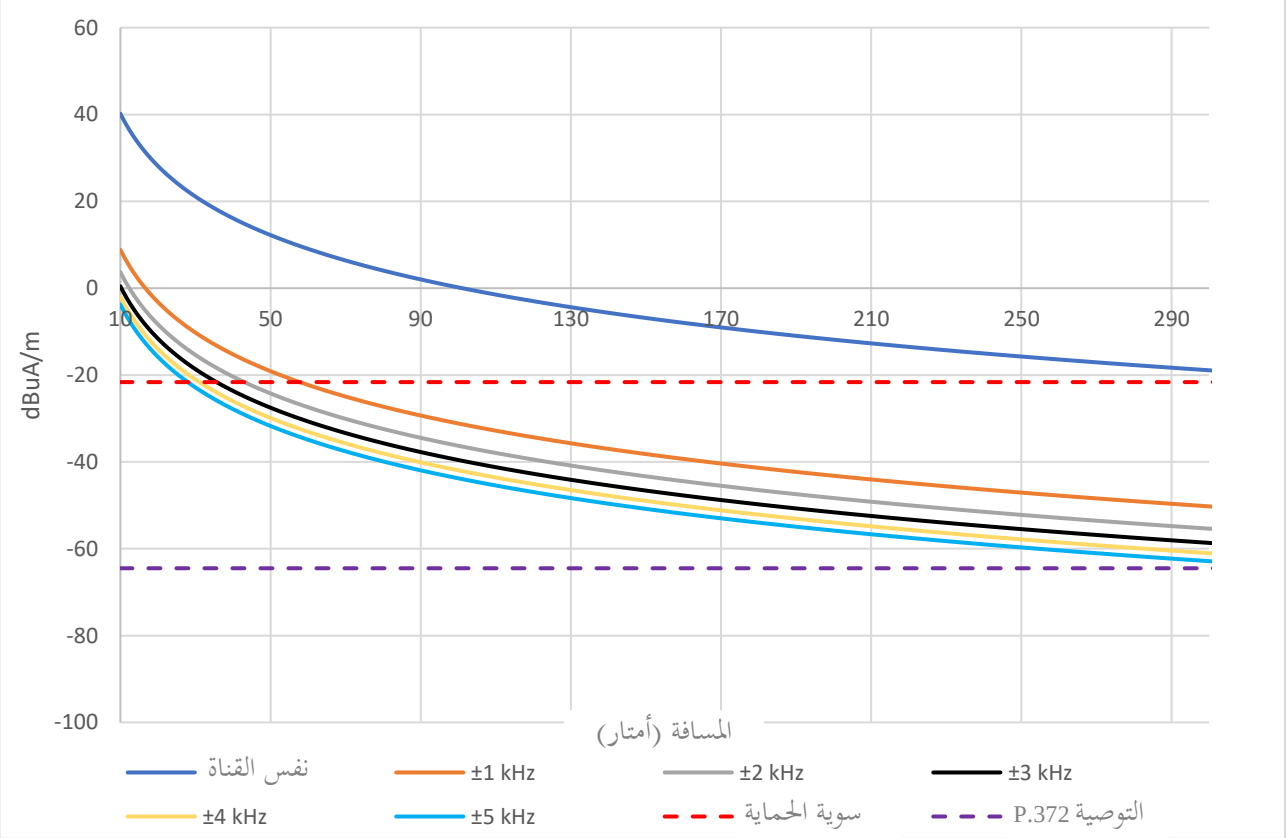
الجدول 10-A4

تحليل فصل التردد والمسافة في نظام WPT-EV مقيس يعمل في النطاق 55-65 kHz ويستخدم سويات شدة مجال مقدّرة أعلى في خدمة SFTS بسبب التداخل الكلي

تخالف التردد (kHz)	الحد الأقصى من تداخل الإشارة المسموح به (dBµA/m)	مسافة الفصل 10 m		مسافة الفصل 20 m		مسافة الفصل 50 m	
		شدة المجال (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة المجال (dBµA/m)	الهامش (dB)	شدة المجال (dBµA/m)	الهامش (dB)
5–	23,1	40,18	17,13–	28,14	5,09–	12,22	10,83
4–	21,1	40,18	19,12–	28,14	7,08–	12,22	8,84
3–	18,5	40,18	21,64–	28,14	9,60–	12,22	6,32
2–	15,1	40,18	25,07–	28,14	13,03–	12,22	2,89
1–	9,8	40,18	30,36–	28,14	18,32–	12,22	2,40–
نفس التردد	21,6–	40,18	61,81–	28,14	49,77–	12,22	33,85–
1+	9,7	40,18	30,47–	28,14	18,43–	12,22	2,51–
2+	14,8	40,18	25,34–	28,14	13,30–	12,22	2,62
3+	18,1	40,18	22,06–	28,14	10,02–	12,22	5,90
4+	20,5	40,18	19,69–	28,14	7,65–	12,22	8,27
5+	22,3	40,18	17,85–	28,14	5,81–	12,22	10,11

الشكل 5-A4

تحليل فصل التردد والمسافة في نظام WPT-EV مقيس إزاء خدمة SFTS في تردد 60 kHz بافتراض شدة مجال مطلوبة أعلى في خدمة SFTS بسبب التداخل الكلي



يُظهر التحليل أن خدمة SFTS في تردد 60 kHz تتلقى تداخلاً ضاراً من نظام WPT-EV مقيس يعمل في مدى التردد 55-65 kHz لسيناريو الاستخدام في الشارع (الوارد في الجدول A4-4). وتُظهر جميع فواصل التردد والمسافة هامشاً سلبياً كبيراً. وبالنسبة لسيناريو استخدام WPT-EV في المستودع بفواصل تردد بمقدار 2 kHz أو أكبر (أي أقل من 58 kHz وأكثر من 62 kHz) مع مسافة فصل 50 متراً يتبين أن التعايش قد يكون ممكناً.

5.4.1.A4 عمليات التخفيف

قد تكون عمليات التخفيف مطلوبة لاستخدام مدى التردد 55-65 kHz من أجل أنظمة WPT-EV، حيث يكشف العديد من السيناريوهات التي تم تحليلها عن تداخل ضار، ولم يتم تحليل الإرسالات غير المطلوبة. وتتوقف سوية التخفيف المطلوبة على سيناريو فصل التردد والاستخدام لنظام WPT-EV (أي إذا كان النظام WPT-EV في الشارع أو المستودع، كما يبدو في الجدول A4-4). وسوف يحتاج الأمر إلى إجراء التخفيف هذا لضمان استمرار حماية الخدمة SFTS. وترد الحدود المقترحة في الجدول A4-11 والشكل A4-6.

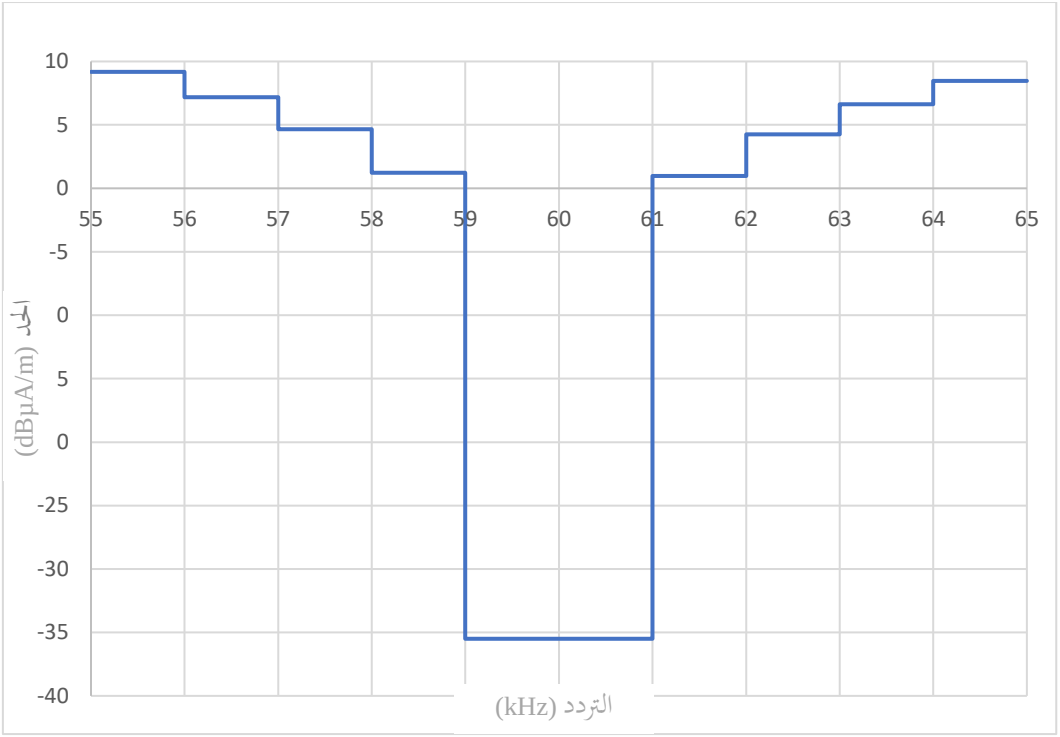
الجدول A4-11

حدود حماية الخدمة SFTS من أنظمة WPT-EV العاملة في المدى 55-65 kHz

مدى التردد	الحد المطلوب للحماية عند مستقبل SFTS
55 إلى 56 kHz	9,18 dBµA/m على مسافة 10 m
56 إلى 57 kHz	7,19 dBµA/m على مسافة 10 m
57 إلى 58 kHz	4,67 dBµA/m على مسافة 10 m
58 إلى 59 kHz	1,24 dBµA/m على مسافة 10 m
59 إلى 61 kHz	35,5– dBµA/m على مسافة 10 m
61 إلى 62 kHz	0,97 dBµA/m على مسافة 10 m
62 إلى 63 kHz	4,25 dBµA/m على مسافة 10 m
63 إلى 64 kHz	6,62 dBµA/m على مسافة 10 m
64 إلى 65 kHz	8,46 dBµA/m على مسافة 10 m

الشكل 6-A4

حدود حماية الخدمة SFTS من نظام WPT-EV في المدى 55-65 kHz



5.1.A4 استنتاجات

يمكن أن يؤدي استخدام مدى التردد 55-65 kHz لأنظمة WPT-EV إلى حدوث تداخل ضار في خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) ما لم تُضمن فواصل معينة للتردد والمسافة.

ومن شأن تشغيل نظام WPT-EV عند الحدود المقترحة من اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) أن يؤدي إلى تداخل ضار في جميع الحالات التي خضعت للتحليل. وبالنسبة لكل من سيناريو استخدام أنظمة WPT-EV في الشارع وفي المستودع اللذين خضعا للتحليل (كما جاء في الجدول 4)، تظهر جميع فواصل التردد والمسافة هامشاً سلبياً كبيراً ما بين –120 dB و–47 dB. وتكون فواصل المسافة المطلوبة لحماية خدمة SFTS كبيرة لدرجة غير عملية، وجميع تخالفات التردد ضمن نطاق التردد 55-65 kHz لا توفر التخفيف المطلوب.

وعند النظر في القياسات من نظام WPT-EV، يُظهر التحليل الأساسي أن سيناريو استخدام WPT-EV في الشارع، بمسافات فصل من 10 إلى 20 متراً يسبب تداخلاً ضاراً في جميع الحالات التي خضعت للدراسة. وبالنسبة لسيناريو استخدام النظام في المستودع قد يكون من الممكن التعايش بفواصل تردد أكبر من 4 kHz (خارج النطاق 56-64 kHz مثلاً) شريطة أن تكون مسافة الفصل أكبر من 50 متراً. ويلاحظ أن القياسات تستند إلى نظام WPT-EV معين قد لا يمثل جميع أنواع المعدات. وقد أشارت القياسات التي توفرت في مساهمات سابقة إلى سويات أعلى. كما لم ينظر هذا التحليل في الإرسالات غير المطلوبة من أنظمة WPT-EV، والتي تشير القياسات الخاصة بها إلى وجود إرسالات غير مطلوبة ونطاقات جانبية.

وتظهر الدراسة أن الحدود المقترحة من اللجنة CISPR وسيناريوهات استخدام الشوارع سوف تتسبب في تداخل ضار في الخدمة SFTS. كما أشارت الدراسة إلى ضرورة التحكم في الإرسالات غير المطلوبة. ولذلك، ولضمان تشغيل أنظمة WPT-EV في مدى التردد 55-65 kHz، يحتاج الأمر إلى قدر كبير من التخفيف. ويمكن أن يكون ذلك من خلال فرض الحدود على شدة المجال القصوى عند 10 و50 متراً تبعاً لسيناريو الاستخدام.

2.A4 دراسة التأثير على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت في التردد 77,5 kHz

1.2.A4 مقدمة

يلاحظ أن أحد نطاقات التردد المعينة لشحن المركبات الكهربائية (EV) لاسلكياً هو النطاق 79-90 kHz. وهو قريب جداً من إشارة التوقيت المعياري التردد 77,5 kHz (المعروفة بالمختصر DCF77) المرسلة من Mainflingen الواقعة بالقرب من فرانكفورت/ ماين في وسط ألمانيا. وموضوع هذه الدراسة هو التحقق مما إذا كانت إشارة الشحن الرئيسية، 85 kHz مثلاً، التي تشعها محطات نقل الطاقة لاسلكياً (WPT) قد تحجب استقبال الميقاتيات المضبوطة راديوياً في الجوار. وقد أجريت قياسات لتحديد قيم شدة المجال المسموح بها لمحطات WPT ولتقدير الحد الأدنى من المسافة المطلوبة نحو مستقبلات الإشارة DCF77.

الشكل 7-A4

منظر بياني لمدى تغطية إرسال الإشارة DCF77

"لقد أمكن، بفضل المرسل DCF77 بالموجة الطويلة ... بتردد 77,5 kHz، توفير مرسل إشارة توقيت موثوقة تردد معياري طوال سنوات عديدة، يمكن استقبالها في أجزاء عديدة في أوروبا. ويمكن تصنيع ميقاتيات DCF77 المضبوطة راديوياً بتكلفة منخفضة، وثمة الملايين منها قيد الاستعمال. واليوم، فإن ما يقرب من نصف جميع "الساعات الكهربائية الكبيرة" (ساعات الطاولة، والساعات المعلقة، وساعات الحائط، وساعات التنبيه) المباعة في القطاع الخاص هي ساعات مضبوطة راديوياً. وبالإضافة إلى ذلك، هناك أكثر من نصف مليون ساعة صناعية مضبوطة راديوياً قيد الاستخدام ... ويقدر عدد مستقبلات DCF77 المنتجة من عام 2000 إلى عام 2008 بنحو 100 مليون، حيث الغالبية العظمى منها في فئة الساعات المضبوطة راديوياً "الموجهة للمستهلك"... ويُستخدم تردد الموجة الحاملة لنظام DCF77 لمعايرة أو تصحيح مولدات التردد المعياري تلقائياً. ويؤدي نظام DCF77 دوراً هاماً في حركة المرور وتسيير السكك الحديدية ومراقبة الحركة الجوية مثلاً. وتجري مزامنة عدادات وقوف السيارات وإشارات المرور بواسطة النظام DCF77. وفي عدد متزايد من المباني، يتم التحكم في أنظمة التدفئة والتهوية بواسطة DCF77، ويتم إغلاق أو فتح الستائر الخارجية بواسطة DCF77. وفي صناعات الاتصالات والإمداد بالطاقة، تُستخدم الساعات المضبوطة بواسطة DCF77 لفوترة رسوم الاستهلاك المرتبطة بالتوقيت بشكل صحيح. ويقوم العديد من مخدمات بروتوكول توقيت الشبكة (NTP) بتمرير التوقيت المستقبل من DCF77 نحو شبكات الحاسوب، وتتلقى جميع محطات الراديو والتلفزيون التوقيت الصحيح من محطة DCF77. وهذه مجرد

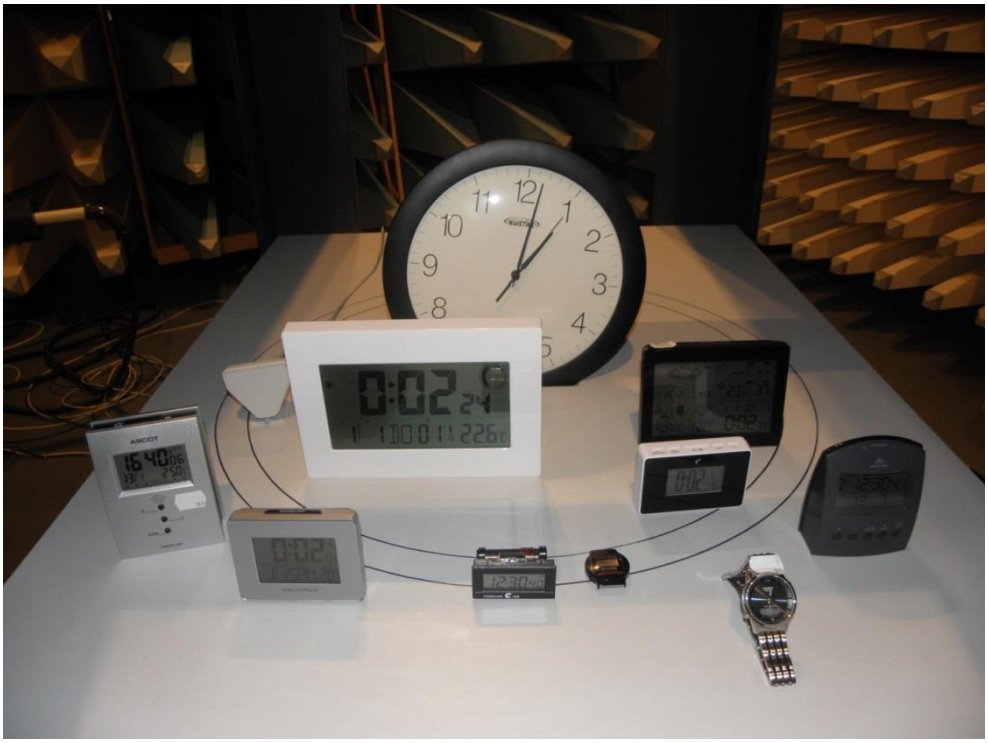
أمثلة قليلة لتطبيق DCF77، لكنها توضح التطور الكبير الذي تحقق في السنوات الخمسين الماضية – كذلك في التقنية "القديمة" وفي نشر التوقيت على الموجة الطويلة. ولا تزال الساعات المضبوطة راديوياً تستخدم بوتيرة متزايدة."

ويحدد الإصدار الحالي من المعيار ETSI EN 300 330 شدة مجال مغنطيسي قصوى قدرها 68,5 dBµA/m على مسافة 10 أمتار، ولكن شدة بمقدار 72 dBµA/m قيد المناقشة حالياً (في مشروع EN 303 417)، وقد أظهرت قياسات لنظام WPT في عام 2015 أن البث الفعلي قد يبلغ شدة مجال تصل إلى 74 dBµA/m.

وقد جرى اختبار ما مجموعه 11 ساعة مضبوطة راديوياً بنظام DCF77 من تصميمات مختلفة في القياسات المعروضة هنا لوضع معايير لأنظمة WPT العاملة في النطاق 79-90 kHz. وأجريت القياسات في غرفة كبيرة مدرعة عديمة الصدى في مختبر Kolberg التابع لوكالة الشبكة الفيدرالية (BNetzA)، ألمانيا، يومي 23 و24 نوفمبر 2017.

الشكل A4-8

الأجهزة قيد الاختبار



2.2.A4 إشارة DCF77 (المطلوبة)

أنتجت إشارة DCF77 بواسطة مولد إشارة (R&S SMU200). وأرسلت متوالية طويلة من النبضات لمدة 10 دقائق مبرمجة بشكل متكرر عبر هوائي حلقة مغنطيسية (EMCO 6511) وضع على مسافة 10 أمتار من الأجهزة قيد الاختبار.

وبالنسبة لغالبية القياسات، جرى تعديل شدة المجال لإشارة DCF77 في موقع الأجهزة قيد الاختبار إلى 50 dBµV/m. ويقابل ذلك الحد الأدنى لشدة المجال في الهواء الطلق لمرسل DCF77 الفعلي على مسافة 000 1 كيلومتر.

وللوقوف على طبيعة تأثير التداخل، أجريت قياسات إضافية بشدة المجال المطلوبة بمقدار 70 dBµV/m.

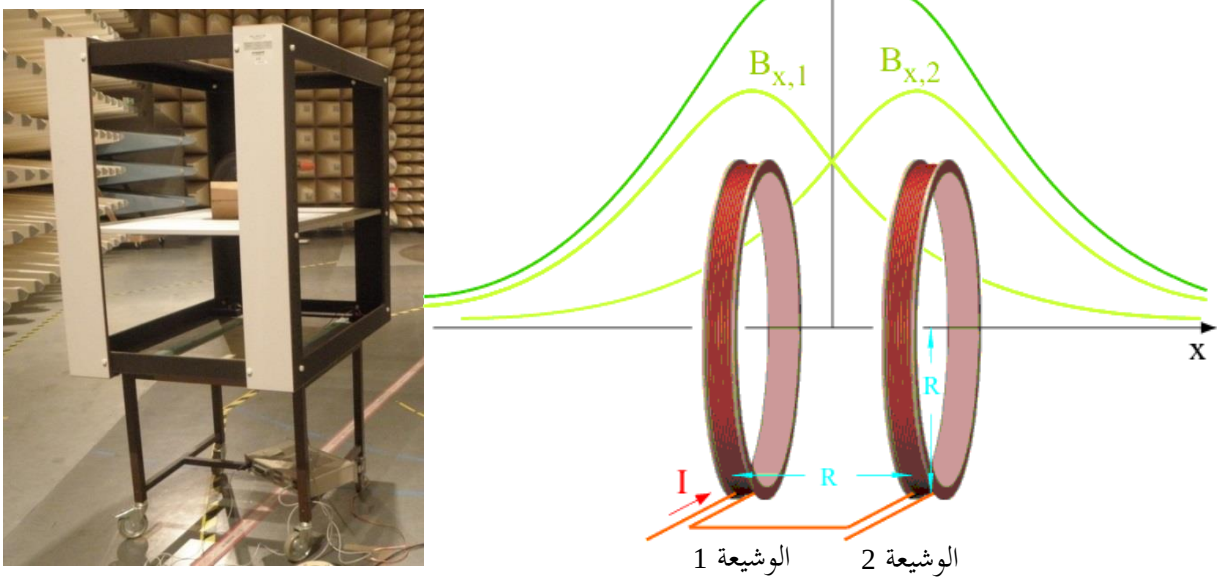
وأثبت قياس الحساسية أنه باستثناء المستقبل Rx9، كانت جميع الساعات قادرة على المزامنة عند أدنى شدة مجال مطلوبة قدرها 50 dBµV/m تم اختيارها لقياسات التداخل التالية. واستبعد المستقبل Rx9 من القياسات التالية لأنها غير قادرة على المزامنة عند شدة المجال المطلوبة.

3.2.A4 الإشارة WPT (غير المطلوبة)

جرت محاكاة الإشارة غير المطلوبة في نقل الطاقة لاسلكياً (WPT) بواسطة موجة حاملة غير مشكّلة من مولد إشارة (HP 8648C) وأرسلت بواسطة "وشيعة Helmholtz". وتتكون هذه الوشيعة من حلقتين مغنطيسيتين مثبتتين بالتوازي على إطار خشبي. وتم داخل الإطار توليد مجال مغنطيسي متجانس. ووضعت الأجهزة قيد الاختبار في مركز الإطار (بين الوشيعتين).

الشكل 9-A4

وشيعتا Helmholtz والمبدأ



التأثير الوحيد الممكن للتداخل في هذه القياسات هو الحجب/إزالة التحسس أو التحميل الزائد لمستقبل DCF77.

1.3.2.A4 معيار الفشل

دون أي تداخل، أنهت جميع الساعات عملية المزامنة في غضون ثلاث دقائق بعد بدئها.

كان معيار الفشل المستخدم في هذه القياسات أيٌّ من التأثيرات التالية:

1 لا مؤشر على استقبال النبضات (للساعات ذات مؤشر النبض).

2 فشل المزامنة مع التاريخ والتوقيت المرسل للإشارة المطلوبة.

3 استمرار التزامن مع التوقيت المرسل لإشارة DCF77 المطلوبة لأكثر من دقيقة واحدة كما في حالة دون تداخل.

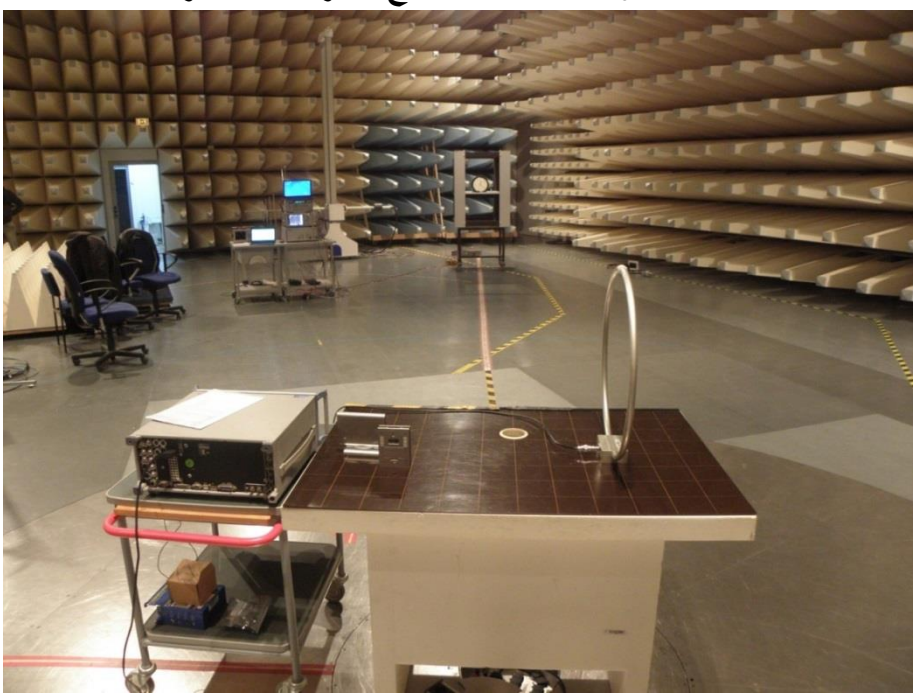
2.3.2.A4 إعداد عملية القياس

للتأكد من أن الأجهزة قيد الاختبار لا تستقبل أي شيء سوى الإشارات المستخدمة لهذا القياس، فقد وضعت في غرفة مدرعة عديمة الصدى. ومن المهم بشكل خاص عدم تمكن الأجهزة قيد الاختبار من استقبال إشارة DCF77 "الحقيقية" من Mainflingen. وتم ضمان ذلك بإجراء القياس باستخدام هوائي حلقة مغنطيسية (R&S HFH2-Z2) في مركز وشيعة Helmholtz ومحلل طيف (R&S ESU).

ووضعت الأجهزة قيد الاختبار في مركز الإطار الخشبي مع وشيعة Helmholtz. وأرسلت إشارة DCF77 المطلوبة من مسافة 10 أمتار. وتم تعديل اتجاه الأجهزة قيد الاختبار لتلقي أقصى قدر من الإشارة المطلوبة والإشارة غير المطلوبة.

الشكل 10-A4

إعداد عملية القياس – الواجهة: توليد إشارة DCF77 المطلوبة، الخلفية: وشيعتا Helmholtz مع جهاز قيد الاختبار

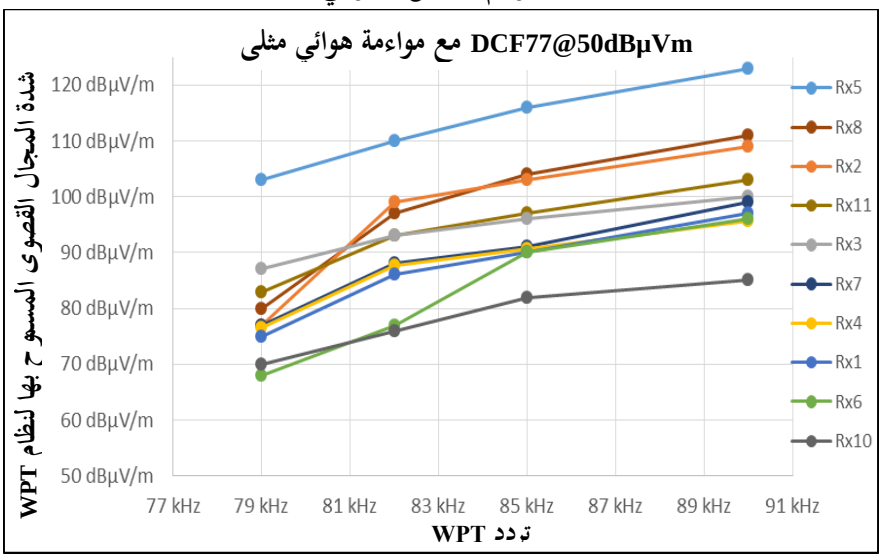


3.3.2.A4 قياسات التداخل

تم تعديل سوية إشارة DCF77 المطلوبة إلى 50 dBµV/m في موقع الأجهزة قيد الاختبار. ورُفعت سوية إشارة WPT غير المطلوبة في تدرجات قدرها 3 dB. ولكل قياس، بدأت عملية المزامنة في جميع الأجهزة وتم تحديد القدرة على التزامن لكل جهاز حتى الفشل.

الشكل 11-A4

نتائج القياس لمقدار 50 dBµV/m من شدة المجال المطلوبة والتواؤم الأمثل للهوائي

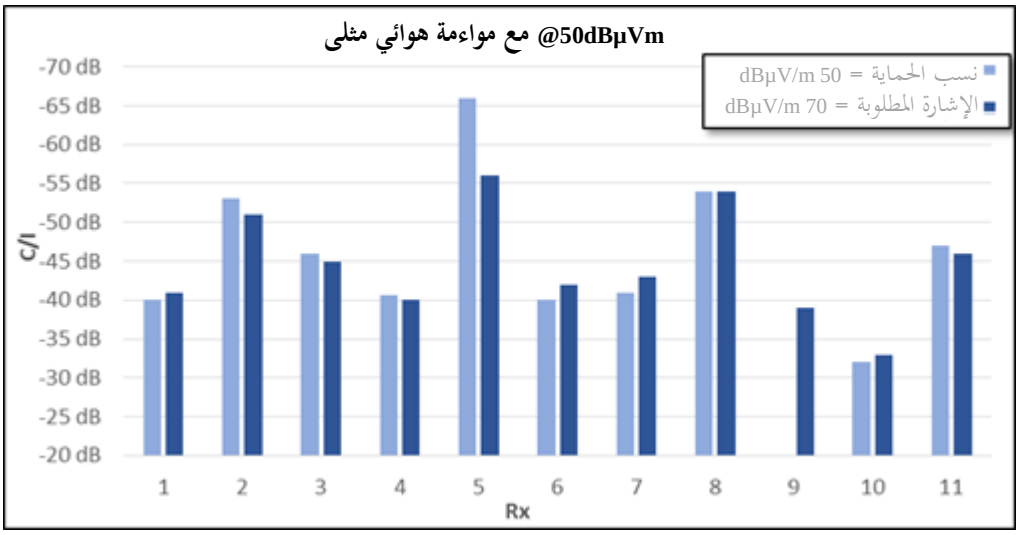


وأظهرت النتائج اختلافاً كبيراً في المناعة إزاء إشارات WPT بين مختلف الساعات. ولا يزال مستقبل الساعة Rx5 الأكثر مناعة يعمل مع سوية WPT أعلى بحوالي 35 dB شأن مستقبل الساعة Rx10 الأقل حصانةً.

وأجري قياس إضافي مع شدة مجال DCF77 مطلوبة بمقدار 70 dBµV/m. ويقارن الشكل 12-A4 نسبة الموجة الحاملة المقيسة إلى التداخل (*C/I*)، الفرق بين شدة المجال المطلوبة وغير المطلوبة) لكلا القياسين.

الشكل 12-A4

نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (*C/I*) المقيسة لشدة مجال مطلوبة مختلفة



ويلاحظ أن نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (*C/I*) تكاد تكون مستقلة عن السوية المطلوبة لجميع المستقبلات باستثناء Rx5. لذلك يمكن عموماً تعويض تأثير شدة مجال WPT العالية بزيادة شدة مجال DCF77. وهذا يعني أن التأثير المهيمن هو انتقائية المستقبِل غير الكافية أو إزالة التحسس (الحجب). ويبدو أن المستقبل Rx5 فقط مُثقل أكثر من غيره.

4.3.2.A4 قياسات بتوجيه هوائي مختلف

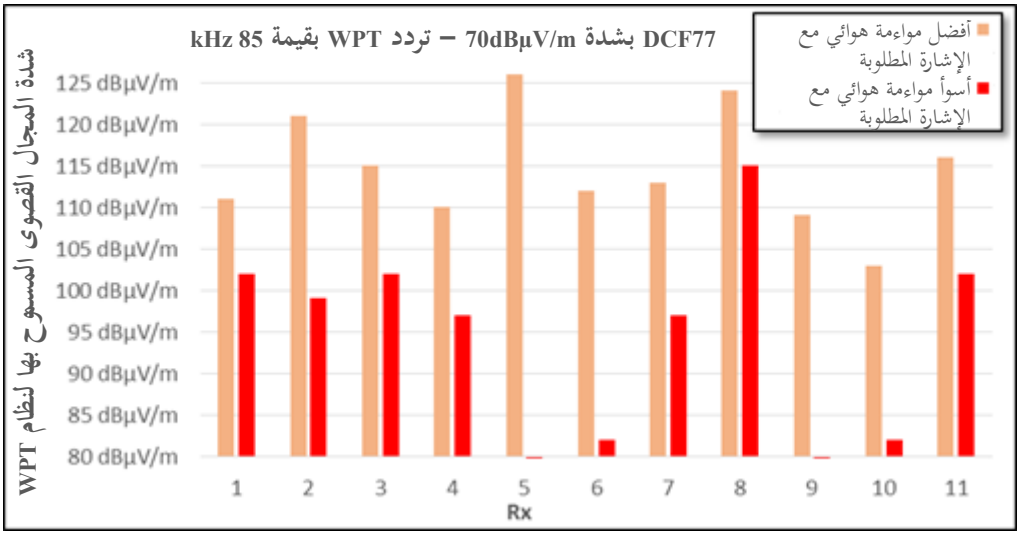
في جميع القياسات السابقة، تم توجيه هوائيات الاستقبال مع كل من الإشارات المطلوبة وغير المطلوبة. ولتقييم تأثير توجيه الهوائي غير الأمثل، أجريت قياسات إضافية، حيث بقيت إشارة WPT غير المطلوبة تصل في اتجاه الاستقبال الأمثل، ولكن إشارة DCF77 المطلوبة تصل من اتجاه يكون فيه هوائي الجهاز قيد الاختبار الأقل حساسيةً (تخالف 90 درجة). وعليه، يمكن اعتبار هذا الإعداد بمثابة سيناريو "أسوأ حالة".

وباستخدام هذا الإعداد، كان بإمكان المستقبلين Rx1 وRx2 فقط مزامنة شدة المجال المطلوبة عند 50 dBµV/m (بدون مصدر تداخل)، ولكن جميع المستقبلات تمكنت من المزامنة عند 70 dBµV/m.

ويقارن الرسم البياني التالي بين القياسين: قياس مع توجيه هوائي أمثل يسمى "الأمثل"، وقياس مع توجيه متقاطع من هذا القسم يسمى "الأسوأ".

الشكل 13-A4

مقارنة النتائج مع توجيه هوائي مختلف لقيم شدة مجال عالية مطلوبة



ويلاحظ من هذا القياس أن اتجاهية الهوائيات المستقبِلة تختلف اختلافاً كبيراً: فبينما اتجاهية المستقبل Rx1 هي 9 dB فقط فهي تبلغ 30 dB للمستقبل Rx6. ومع ذلك، لا بد من الإشارة إلى أن الحد الأدنى من الاستقبال في هوائيات Rx الاتجاهية، في مجال متجانس تماماً، قد يكون منخفضاً للغاية ويحتاج إلى توجيه دقيق. وربما لم يتحقق هذا الحد الأدنى من التوجيه لجميع الأجهزة قيد الاختبار.

4.2.A4 تقييم التأثير

تسمح النتائج بتقييم المسافة المطلوبة بين أنظمة WPT وساعات DCF77 إلى حد معين لضمان عدم حدوث أي تأثير ضار لأنظمة WPT على نظام DCF77. ومن شأن الجداول والأشكال التالية أن تساعد على تقدير هذه المسافات من أجل تخالفات التردد المقيسة الثلاثة. وبالنسبة للحسابات الأساسية، وضعت الافتراضات التالية:

تؤخذ جميع قيم النسبة *C/I* من النتائج في شروط توجيه هوائي مثلى:

1 تكون شدة مجال WPT القصوى في التردد الرئيسي من المعيار ETSI EN 300330 هي 68,5 dBµA/m على مسافة 10 أمتار، وهي تقابل شدة مجال كهربائي قدرها 120 dBµV/m؛

2 يُفترض أن تتبع شدة مجال WPT في المجال القريب انخفاضاً قدره 60 dB/عشرية بانخفاض المسافة؛

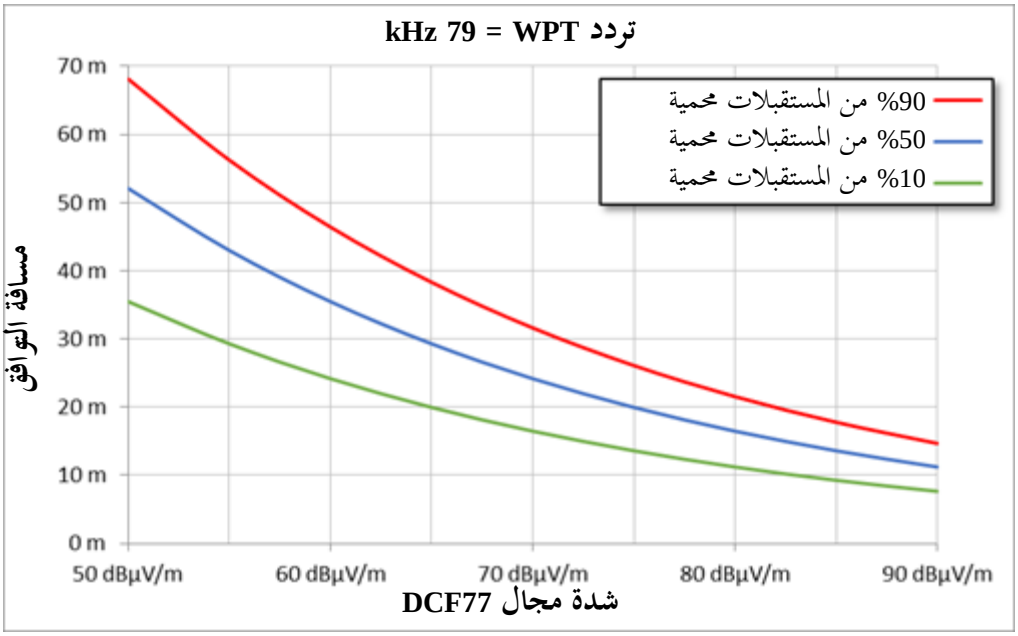
3 يُشتق المنحنى بنسبة 90% و10% من ثاني أفضل وثاني أسوأ قيمة لنتائج القياس.

عندئذ يتم تقدير مسافة التوافق الناتجة وفقاً للصيغة التالية:

$$d\left(E_{DCF},\frac{C}{I}\right) = 10^{\left(\frac{120\frac{dB\mu V}{m}-E_{DCF}+\frac{C}{I}}{60\frac{dB}{dec}}+1\right)}$$

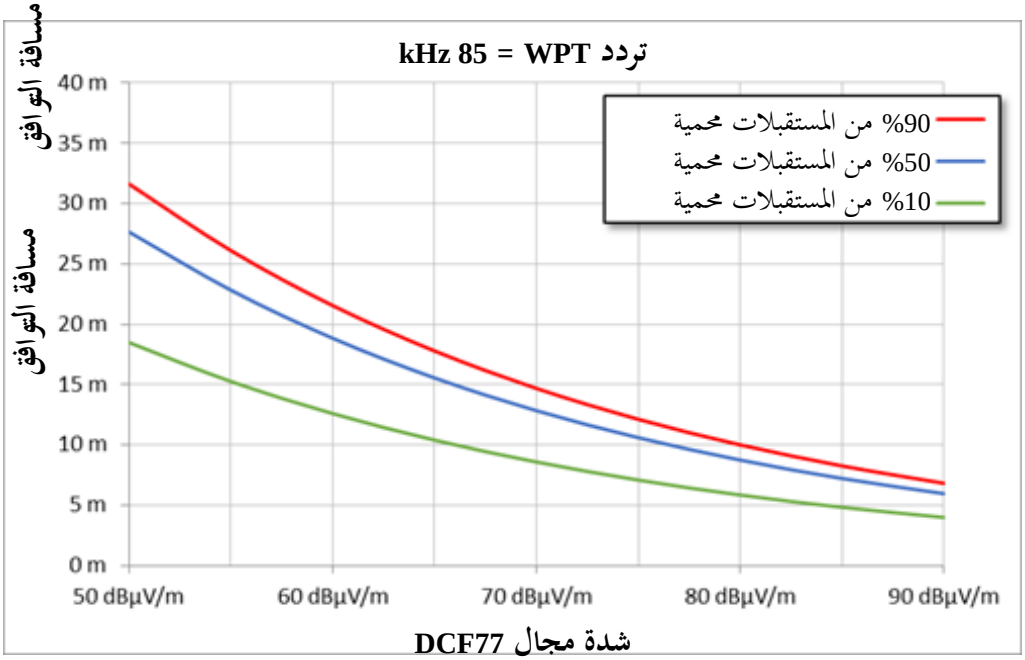
الشكل A4-14

مسافات الحماية عند قيم شدة مجال DCF77 مطلوبة مختلفة من أجل WPT عند 79 kHz



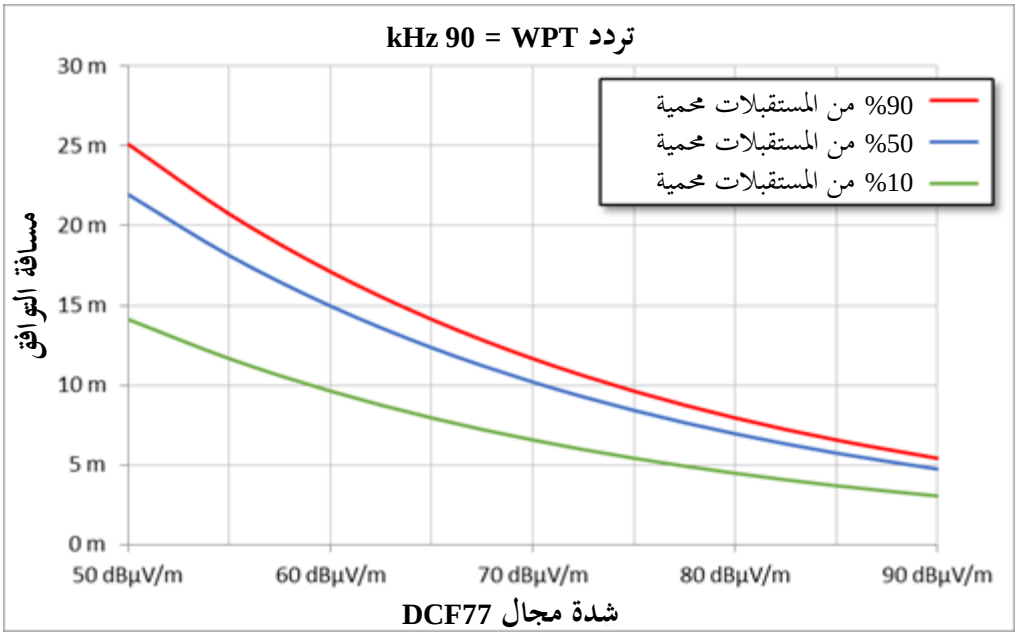
الشكل A4-15

مسافات الحماية عند قيم شدة مجال DCF77 مطلوبة مختلفة من أجل WPT عند 85 kHz



الشكل 16-A4

مسافات الحماية عند قيم شدة مجال DCF77 مطلوبة مختلفة من أجل WPT عند 90 kHz



5.2.A4 استنتاج بشأن قياس نظام التوقيت المعياري DCF

يلاحظ، حتى في حالة استيفاء الحد الحالي لأجهزة WPT (الأجهزة قصيرة المدى SRD الحثية) الواردة في الملحق 9 من المعيار ERC/REC 70-03 بقيمة 68,5 dBµA/m لبث WPT الرئيسي، أن كل أجهزة نظام التوقيت المعياري DCF التي خضعت للاختبار لا تعمل على مسافة 10 أمتار عندما لا تستقبل سوى الحد الأدنى من شدة المجال المطلوبة 50 dBµV/m.

وتتوقف مسافة الحماية الفعلية على شدة المجال المطلوبة (DCF77) التي تستقبلها الساعة الراديوية وإشعاع التداخل من نظام WPT وتخالف التردد. مثال ذلك، عندما تكون سوية DCF77 هي 60 dBµV/m (التي يمكن افتراضها في جميع أنحاء ألمانيا)، تكون سوية WPT هي 68,5 dBµV/m على مسافة 10 أمتار ويكون تردد WPT في منتصف النطاق عند 85 kHz، أي أن 50% من مستقبلات DCF يجب أن تكون على مسافة أبعد من 18 متراً من محطة WPT لتجنب الحجب. ومن شأن زيادة سوية WPT إلى 82 dBµV/m بمقدار 13,5 dB أن تؤدي إلى زيادة هذه المسافة إلى 31 متراً.

وينبغي التمييز بين مستقبلات DCF الحرجة ومستقبلات DCF غير الحرجة.

وكذلك ينبغي أن تكون مستقبلات DCF المتنقلة غير الحرجة (ساعات اليد مثلاً) قادرة على المزامنة عموماً. وبالنسبة إلى مستقبلات DCF الثابتة غير الحرجة (الميقاتيات الشخصية)، يمكن الافتراض بأن محطة شحن WPT واحدة على مسافة 31 متراً لن تتسبب في تداخل ضار، لأن الشحن ينبغي ألا يستمر لمدة 24 ساعة. لذا ينبغي أن يكون جهاز DCF قادراً على المزامنة عدة مرات في اليوم. ومن شأن تجميع عدة شواحن على مسافة 31 متراً أن يقلل من إمكانية المزامنة. ويكون التخفيف المحتمل هو الحد الأدنى للمسافة بين محطات الشحن.

وبالنسبة لمستقبلات DCF الحرجة (التحكم في حركة المرور والرسوم المرتبطة بالوقت والأغراض العسكرية، مثلاً) يتوقف الاستنتاج على وصف الأنظمة. والتحول من/إلى توقيت الصيف واحد من الأحداث الهامة التي ينبغي الانتباه إليها. ولعل أحد عوامل التخفيف هو إيقاف الشحن لفترة من الزمن. وبالنسبة إلى مستقبلات DCF الحرجة، سيكون من المفيد مراعاة حد أدنى من المسافة بين محطات الشحن.

ولا بد من الإشارة إلى أن ليس هنالك من وثائق تقنية منسقة لمستقبلات نظام DCF. ولعل من عوامل التخفيف في المستقبَل هو تحسين خصائص أجهزة الاستقبال وإخضاعها للتقييس.

الملحق 5

دراسة من الصين عن تأثير أنظمة WPT-EV

1.A5 دراسة تأثير أنظمة WPT-EV على البث الإذاعي على الموجات MF

تناولت هذه الدراسة التأثير المحتمل لأنظمة WPT-EV على استقبال البث في نطاق الموجات الهكتومترية (MF). ويُستخدم البث MF في الصين ونطاق التردد هو 606,5-526,5 kHz 1. والغرض هو استبانة وتحديد كمية مخاطر التداخل ومسافة الفصل اللازمة لتجنب التداخل الضار. وقد تم تحليل التوافقية المشعة من أنظمة WPT-EV وتأثيرها على مستقبلات الراديو AM في نطاق التردد 606,5-526,5 kHz 1.

وفيما يتعلق بمعايير حماية البث، فهي نشير إلى المعيار الوطني الصيني GB 2017-80، والتوصيتين ITU-R BS.560-4 وITU-R BS.703. وقد أجري الاختبار الميداني لدراسة معايير الحماية الدنيا والتحقق منها في منطقة حضرية.

وفيما يتعلق بسوية البث لأنظمة WPT-EV، يُفترض أن الإرسالات التوافقية في مدى التردد 606,5-526,5 kHz تمثل لحدود البث الهامشي المحددة في المعيار ETSI EN 303 417. ويجري التحويل من المجال H إلى المجال E بنسبة E/H حقيقية بناءً على نموذج الحلقة الصغيرة على مسافة مناسبة.

وإلى جانب التحليل العددي، أجري الاختبار الميداني لمراقبة التجربة الصوتية الذاتية في مختلف مسافات الفصل. وتم قياس شدة مجال WPT-EV وشدة مجال إشارة البث. وتم التحقق من نسبة الحماية وفقاً لتجربة الصوت الذاتية.

ويعرض القسم 1.1.A5 الخصائص التقنية للبث الإذاعي على الموجات الهكتومترية (MF) ومعايير الحماية وفقاً لتوصيات قطاع الاتصالات الراديوية.

ويتناول القسم 2.1.A5 التحليل العددي للتداخل في مستقبل البث الناجم عن توافقيات تشغيل WPT-EV والبث الهامشي.

ويبحث القسم 4.1.A5 التأثير على التجربة الصوتية الذاتية عن طريق الاختبار الميداني والتجربة في منطقة حضرية، وهو سيناريو نشر نموذجي لأنظمة WPT-EV. وأجريت محاكاة مونت كارلو لتقييم التداخل الكلي من محطات WPT-EV متعددة يتم فيها الشحن في آن واحد.

وتمت دراسة التداخل في استقبال البث MF من التوافقيات من محطة WPT-EV تعمل في نطاق التردد 79 – 90 kHz بالتحليل النظري والاختبار الميداني والمحاكاة في مناطق حضرية نموذجية. ويمكن إجراء المزيد من الاختبارات الميدانية لمزيد من السيناريوهات إذا لزم الأمر.

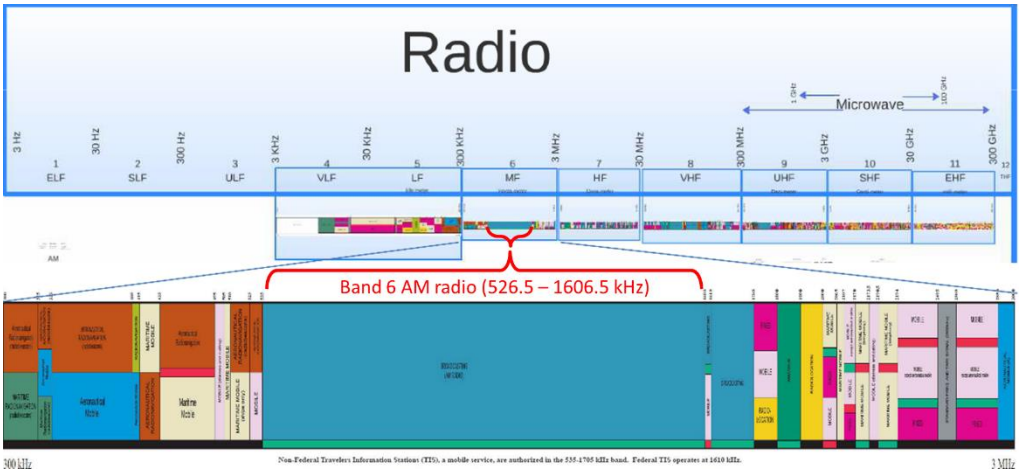
1.1.A5 الخصائص التقنية ومعايير الحماية للبث على الموجات MF

1.1.1.A5 الخصائص التقنية للبث AM على الموجات MF

كما هو مبين في الشكل 1-A5، فإن مدى التردد لنظام البث بتشكيل الاتساع (AM) على الموجات الهكتومترية (MF) هو 606,5-526,5 kHz 1. وهو أساساً للتغطية الواسعة لبث الخدمة الصوتية AM.

الشكل 1-A5

تردد البث بتشكيل الاتساع AM في نطاق الموجات الهكتومترية MF



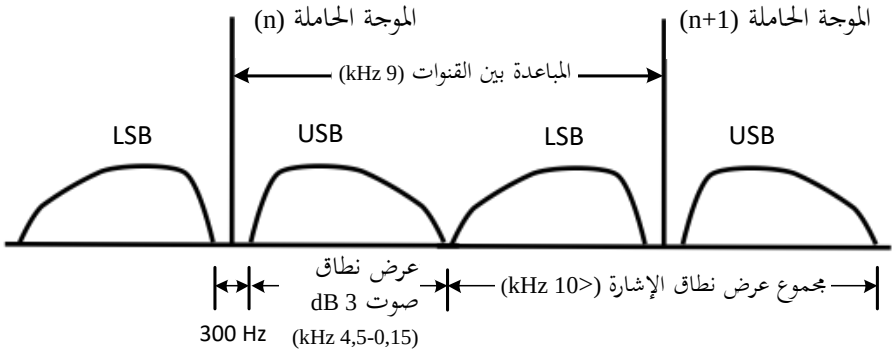
الخصائص التقنية الرئيسية التالية للإذاعة الصوتية الرقمية (DSB) بتشكيل الاتساع (AM) على الموجات الهكتومترية (MF) محددة بمعيار القناة النموذجية.

- مباعدة القنوات: 9 kHz
- فتحة صوت مع موجة حاملة بين النطاق الجانبي السفلي (LSB) والنطاق الجانبي العلوي (USB)
- ITU: 300 Hz
- عرض نطاق قناة المرسل/المستقبل: < 10 kHz
- نطاق عريض سمعي: 4,5 kHz.

ويظهر الشكل 2-A5 خصائص مجال تشكيل التردد لإذاعة صوتية رقمية (DSB).

الشكل 2-A5

رسم توضيحي لإشارة إذاعة صوتية رقمية (DSB) في مجال التردد



وينبغي تمثيل الحساسية بمثابة رقم متوسط وحيد لكل نطاق إذاعي، يمكن منه حساب الحد الأدنى لشدة المجال القابلة للاستخدام مع مراعاة التأثيرات الأخرى (مثل الضوضاء التي من صنع الإنسان). والقيم التالية مقترحة للحد الأدنى من الحساسية لمستقبل متوسط:

- النطاق 5 (LF): 66 dB(μV/m)

– النطاق 6 (MF): dB(μV/m) 60

– النطاق 7 (HF): dB(μV/m) 40

وفي هذه الدراسة، تؤخذ قيمة dB(μV/m) 60 كحد أدنى من حساسية إشارة البث على الموجات الهكتومترية MF وقد أوصي بها في التوصية ITU-R BS.703 في عام 1990. وقد ازدادت الضوضاء البيئية إلى حد كبير بعد 28 عاماً، لا سيما في المناطق الحضرية. وتكون شدة مجال إشارة البث MF في منطقة حضرية عادةً أكبر بكثير من سوية الحساسية dB(μV/m) 60 المحددة في التوصية ITU-R BS.703 للتكيف مع ضوضاء البيئة الحالية، لا سيما في المناطق الحضرية. ويتم التحقق منها في القياس الميداني.

2.1.1.A5 معايير حماية البث الإذاعي على الموجات الهكتومترية MF

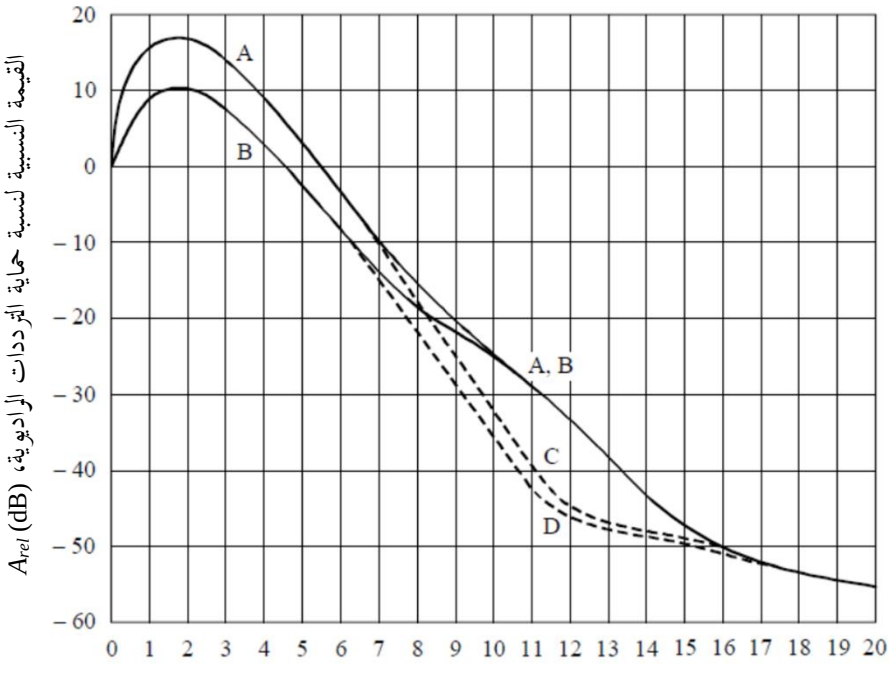
توصي التوصية ITU-R M.560-40 بنسب حماية التردد الراديوي للإذاعة الصوتية في النطاقات 5 (LF) و6 (MF) و7 (HF). وقد استخدمت نسبة الحماية في نفس القناة بقيمة 26 dB من قبل المؤتمر الإداري الإقليمي لإذاعات الموجات الهكتومترية MF (الإقليم 2) (ريو دي جانيرو، 1981) لكل من خدمات الموجات الأرضية والموجات السماوية. واستخدمت نسبة الحماية في نفس القناة بقيمة 30 و27 dB من قبل المؤتمر الإداري الإقليمي لإذاعات الموجات الكيلومترية/الهكتومترية (LF/MF) (الإقليمان 1 و3) (جنيف، 1975) لخدمات الموجات الأرضية والموجات السماوية على التوالي. ويعتمد المعيار الوطني الصيني نسبة حماية في نفس القناة بقيمة 26 dB.

ونسبة الحماية RF النسبية هي الفرق (dB) بين نسبة الحماية عندما يكون لدى حاملات المرسلات المطلوبة وغير المطلوبة فرق تردد Δf (Hz أو kHz) ونسبة الحماية عندما يكون لدى حاملات هذه المرسلات نفس التردد.

وبعد تحديد قيمة نسبة حماية الترددات الراديوية في نفس القناة (التي تساوي نسبة حماية الترددات السمعية)، تكون نسبة حماية الترددات الراديوية، المعبر عنها كدالة لتباعد تردد الموجة الحاملة، كما هو موضح في منحنيات الشكل 3-A5.

الشكل 3-A5

القيمة النسبية لنسبة حماية الترددات الراديوية كدالة لمباعدة تردد الموجة الحاملة



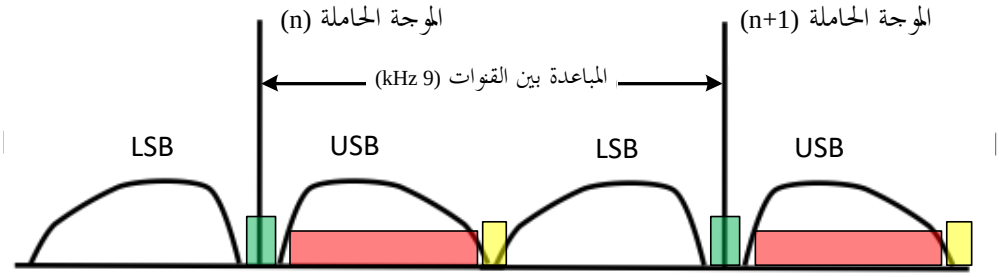
وفيما يتعلق بنسبة الحماية في التوصية ITU-R M.560-4، فإن الغرض من نسبة حماية التردد الراديوي النسبية (مقابل الموجة الحاملة) هو الحماية من التداخل من محطات AM الأخرى. لذلك، افترض أن الإشارة غير المطلوبة هي في شكل موجة تشكيل صوتي AM.

ووفقاً للمعيار الوطني الصيني، حُددت نسبة الحماية لموجة تشكيل صوتي AM بقيمة 26 dB. فإذا كانت الإشارة غير المطلوبة نغمة مفردة أو ضوضاء نطاق ضيق للغاية، فإن نسبة الحماية 26 dB كافية أيضاً. وقد تم التحقق من ذلك بالاختبار الميداني كما في الجدول 4-A5.

ونظراً للخصائص التقنية لتشكيل الإذاعة السمعية الرقمية (DSB) ووجود الفجوة المركزية بين النطاق الجانبي السفلي (LSB) والنطاق الجانبي العلوي (USB)، فإن النغمة المفردة أو تداخل النطاق الضيق جداً الذي يقع في الفجوة المركزية (موضح في الجزء الأخضر في الشكل 4-A5) لن يتسبب نظرياً في أي تداخل ضار في استقبال الصوت. وبالنسبة للجزء الأصفر في الشكل 4-A5، تكون النغمة على حافة الموجة الحاملة للصوت. وقد لا تكون معايير الحماية الخاصة بها منخفضة مثل الجزء الأخضر المركزي، ولكن لا يزال من الممكن التساهل بمعايير حمايتها مقارنة بالجزء المركزي من النطاقين LSB وUSB.

الشكل 4-A5

تداخل نغمة وحيدة لإشارة إذاعة سمعية رقمية (DSB)



2.1.A5 تحليل التداخل الرقمي

1.2.1.A5 توافقيات أنظمة WPT-EV مع تردد التشغيل والبث

يتم تحليل وتصنيف مخاطر تداخل التعايش جراء توافقيات أنظمة WPT-EV على النحو التالي.

- خطر منخفض: التوافقيات داخل فتحة الموجة الحاملة (الجزء الأخضر في الشكل 4-A5) وخارج النطاق السمعي. تقع توافقيات تردد تشغيل النظام WPT-EV بقيمة 90/81 kHz في الفجوة المركزية بين النطاقين الجانبيين LSB وUSB للموجات الحاملة AM.
- خطر متوسط: التوافقيات في الفتحة بين القنوات المجاورة (الجزء الأصفر في الشكل 4-A5). يقع نصف التوافقيات في الفجوة المركزية بين النطاقين الجانبيين USB وLSB. ويقع نصف التوافقيات عند حافة النطاق USB أو LSB، حيث يمكن أن تكون نسبة الحماية أقل مما هي في التوافقيات التي تقع في الجزء المركزي من النطاقين الجانبيين USB/LSB.
- خطر مرتفع: التوافقيات في النطاقات الصوتية، مثل LSB أو USB. يكون تردد تشغيل النظام WPT-EV في المدى 79-90 kHz، باستثناء 85,5 kHz و90 kHz.

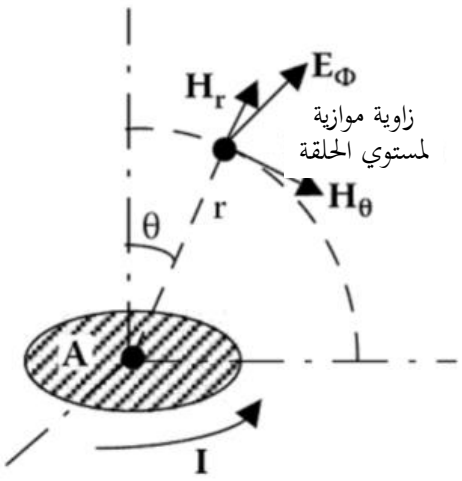
2.2.1.A5 التحويل من المجال H إلى المجال E

بما أن مصدر البث من أجهزة WPT-EV هو الوشيعة، فإن المجال H يهيمن على البث في المجال القريب. وتتناقص المجالات H بوتيرة مختلفة تبعاً للتضاريس، مثل الأرض مقابل الماء وتفاوت المسافة. وبالنسبة لتقييم بسيط، فإن حالة الفضاء الحر هي أسوأ الحالات. ويمكن التدليل على أن مجالات H سوف تتناقص من 60 dB/عشرية في منطقة المجال القريب المحددة بمقدار $\lambda/2\pi$ تدريجياً إلى 20 dB/عشرية في منطقة المجال البعيد.

ويجري تقييم نسبة E/H والإرسال بناءً على نموذج الحلقة في الفضاء الحر. ويتم التحقق من النموذج بالقياس والمحاكاة. وهوائي الحلقة الصغيرة عبارة عن حلقة مغلقة كما هو موضح في الشكل 5-A5.

الشكل 5-A5

إشعاع حلقة صغيرة



وبالنسبة للإشعاعات من نموذج حلقة صغيرة، يمكن وصف المجالين E وH تقريباً كما يلي.

$$E_\phi(V/m) = \pi Z_0 \frac{IA}{\lambda^2 r}\sqrt{1+\left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2}\sin\theta \quad (1)$$

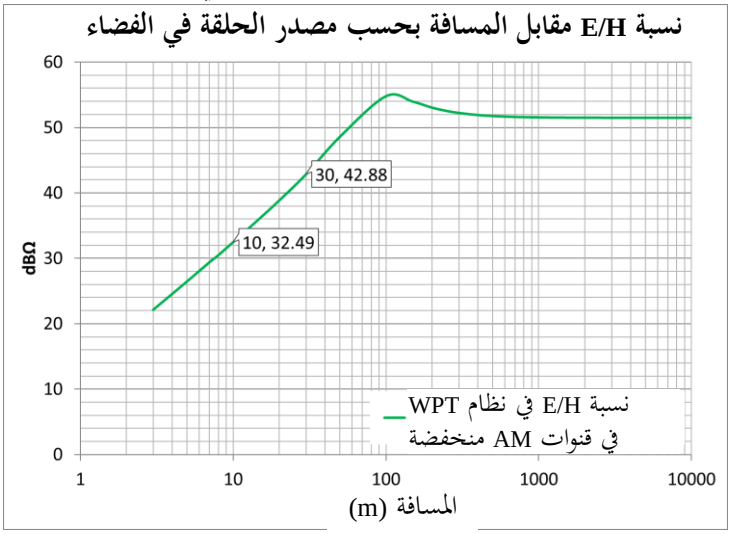
$$H_\theta(A/m) = \pi \frac{IA}{\lambda^2 r}\sqrt{1-\left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2+\left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^4}\sin\theta \quad (2)$$

حيث، I هو تيار الحلقة (A، أمبير)؛ A هي مساحة الحلقة (m^2)؛ λ هو الطول الموجي (m)، λ = 300/f، f هو التردد (MHz)؛ r هي المسافة إلى نقطة المراقبة (m)؛ Z_0 هي معاوقة الفضاء الحر، 377 Ω.

وفي كل منطقة، يتم تحويل شدة المجال E من محطة WPT-EV بنسبة E/H كما هو موضح في الشكل 6-A5 (القناة الأدنى للنطاق MF)، والشكل 7-A5 (القناة الوسطى للنطاق MF)، والشكل 8-A5 (القناة الأعلى للنطاق MF).

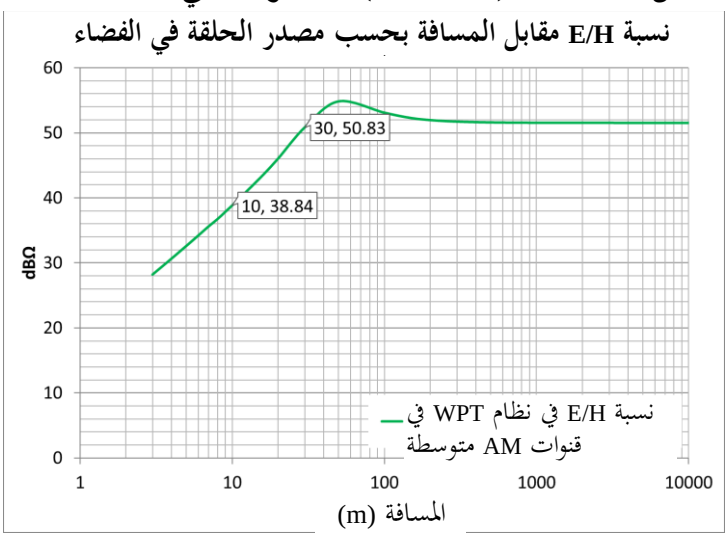
الشكل 6-A5

E/H مقابل المسافة بحسب مصدر الحلقة في الفضاء الحر عند الطرف الأدنى من نطاق MF (kHz 530) قناة منخفضة في النطاق MF



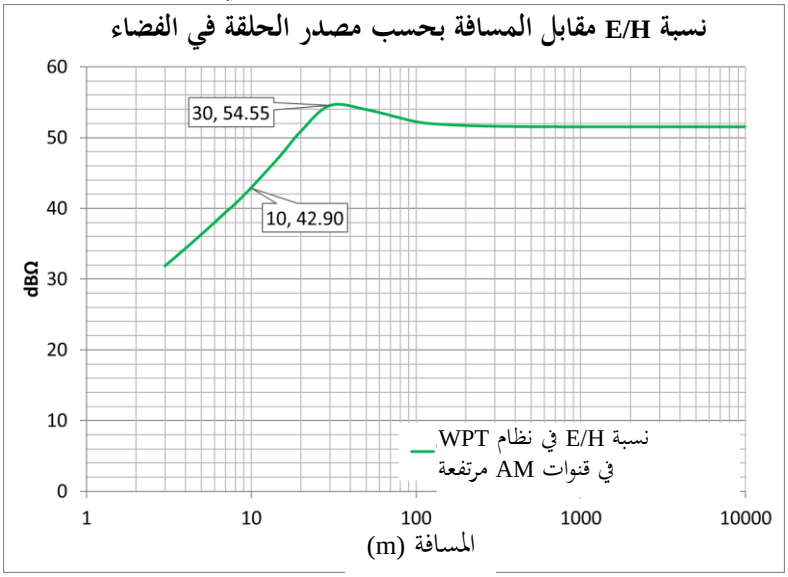
الشكل 7-A5

E/H مقابل المسافة بحسب مصدر الحلقة في الفضاء الحر عند الطرف الأوسط من النطاق MF (kHz 1 062) قناة متوسطة في النطاق MF



الشكل 8-A5

النسبة *E/H* مقابل المسافة بحسب مصدر الحلقة في الفضاء الحر عند الطرف الأعلى من النطاق MF (kHz 1 602) قناة مرتفعة في النطاق MF



3.2.1.A5 التحليل الرقمي

يُفترض أن تفي التوافقيات في أنظمة WPT-EV بحدود المعيار ESTI EN 303 417 المحددة ويفترض أن 0 هو الحد الأقصى للبث من نظام WPT-EV. ويتعين استخدام المجال E المحول لتقييم التداخل مع البث AM. وفي الجدول 1-A5، يُفترض أن يكون تردد تشغيل WPT-EV ضمن مدى التردد 79-90 kHz. وتُعرّف الفجوة بحسب المعادلة (3).

الفجوة = نسبة الحماية 26 dB – (الحساسية الدنيا لمستقبل AM – شدة المجال E لتوافقية WPT-EV) (3)

الجدول 1-A5

تحليل المجال E وتحليل فجوة الحماية بمسافة 10 أمتار في الفضاء الحر

التردد (MHz)	الحد الهامشي بموجب EN 303 417 (dBµA/m @ 10 m)	*E/H* (dBΩ)	حد المجال E المحوّل (dBµV/m @ 10 m)	الحساسية الدنيا لمستقبل AM (dBµV/m)	الفجوة (dB)
0,531	9,29	32,51	41,80	60,00	7,80
1,062	6,28	38,84	45,12	60,00	11,12
1,602	4,50	42,90	47,40	60,00	13,40

ووفقاً للتحليل الوارد في الجدول 1-A5، لا تزال هناك فجوة (7,80 dB إلى 13,4 dB) لتلبية متطلبات الحماية الصارمة التي تبلغ 26 dB عند مستوى الحساسية الدنيا. أولاً، في عملية الإنتاج التجاري، سيكون هناك قدر من الهامش لتلبية الحد الأدنى من المتطلبات القياسية. لذلك، ستكون سوية شدة التوافقيات للمنتجات التجارية أقل من المتطلبات القياسية. ثانياً، ستكون سوية إشارة البث أعلى بكثير من الحد الأدنى من سوية الحساسية في المنطقة الحضرية، ذلك لأن ضوضاء البيئة تكون عالية عادة في المناطق الحضرية، ويمكن أن يقاوم المستقبل الراديوي قدراً من التداخل أكبر بكثير في منطقة تغطية جيدة. ثالثاً، هنالك عادةً جدران بين المرائب تحت الأرض والمباني السكنية. وستؤدي خسارة اختراق الجدار إلى توهين إضافي قدره 17 dB لسوية إشارة النظام WPT-EV. وقد تم قياسه والتحقق منه بالاختبار الميداني. وبما أن أكبر فجوة للوفاء بمعايير الحماية تقل عن 17 dB، فإن التعايش ممكن بين البث الإذاعي وشحن الأنظمة WPT-EV.

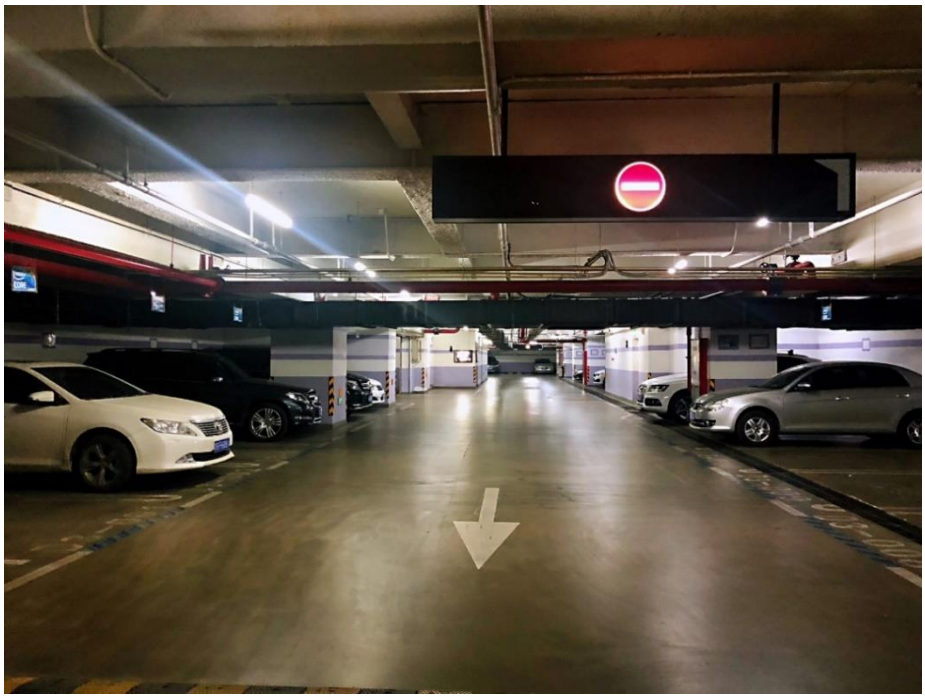
3.1.A5 التقييم بالقياس الميداني

1.3.1.A5 سيناريوهات نموذجية لنشر أنظمة WPT-EV في الصين

تحظى مرائب السيارات تحت الأرض بشعبية كبيرة في المناطق الحضرية في الصين، كما يبدو في الشكل 9-A5. ويكون الارتفاع العام لطابق واحد من مرائب السيارات تحت الأرض عادة في حدود 4~4,5 أمتار. وتُستخدم المستقبلات الراديوية AM عادة في الطابق الأرضي، ويكون ارتفاعها عن الأرض متراً واحداً على الأقل.

الشكل 9-A5

صورة لمرآب سيارات تحت الأرض في الصين



2.3.1.A5 التقييم الذاتي

تستخدم التوصية ITU-R BS.1284-1 لمعايير التقييم الذاتي لجودة الصوت. وتستخدم مقاييس من خمس درجات للتقييم الذاتي لجودة الصوت، كما يبدو في الجدول 2-A5.

الجدول 2-A5

جدارة التقييم الذاتي بموجب التوصية ITU-R BS.1284-1

جودة الصوت	التشويش
5 ممتاز	5 لا يلاحظ
4 جيد	4 يلاحظ، لكنه غير مزعج
3 مقبول	3 مزعج قليلاً
2 سيئ	2 مزعج
1 رديء	1 مزعج جداً

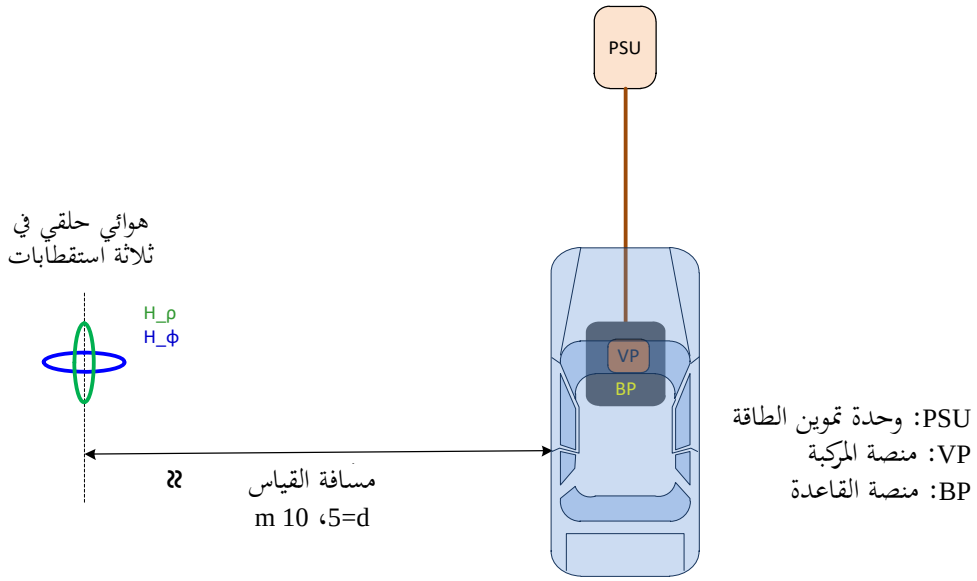
3.3.1.A5 إعداد القياس الراديوي

أجري اختبار ميداني في منطقة شنغهاي الحضرية في الصين. وإعداد القياس موضح في الشكل 10-A5. وتلخص شروط القياس على النحو التالي:

- استخدم هوائي حلقة وهوائي قضيب لقياس المجال H؛
- حُددت مسافة القياس بمقدار 5 m و10 m. وبالنسبة لحالة متطرفة، أجري الاختبار لمسافة 3,4 m؛
- حُدد تردد الشحن بمقدار 85,5 kHz و85,68 kHz و85,2 kHz على التوالي؛
- قدرة شحن البطارية هي 6,6 kW؛
- جهاز الراديو المستخدم في الاختبار هو Tecsun PL-380؛
- قورنت الجودة الذاتية للبث الراديوي عند المسافة المختارة مع/بدون شحن WPT-EV.

الشكل 10-A5

وصف الإعداد الراديوي للاختبار الميداني



4.3.1.A5 نتائج القياس والتحليل

هناك ما مجموعه 9 قنوات بتشكيل الاتساع (AM) في شنغهاي. وعرض نطاق الإشارة لكل قناة هو 9 kHz. وقد تم اختيار قناتين بالموجات الهكتومترية (MF) بعناية لمعالجة اختبار التداخل التوافقي، وهما القناتان اللتان يمكن أن تقع فيهما توافقيات اختبار نظام WPT-EV. وتم قياس سويات الإشارات الراديوية الإذاعية وجودة الصوت لقنوات الموجات الهكتومترية (MF) دون أي تداخل من أجهزة WPT-EV كما هو موضح في الجدول 3-A5.

الجدول 3-A5

سويات الإشارة الميدانية لقنوات الموجات الهكتومترية MF في شنغهاي

قناة MF (kHz)	سوية الإشارة	درجة جودة الصوت
855	قوية (dBµV/m 94)	5
1197	قوية (dBµV/m 86,4)	4

ونتيجة قياس ضوضاء بيئة المجال H هي نحو –17 ~ –13 dBµA/m/15 Hz حوالي 850 kHz في منطقة حضرية في شنغهاي. وتبلغ شدة المجال H لسوية ضوضاء البيئة في 9 kHz حوالي 10,8 ~ 14,8 dBµA/m. وتحوّل شدة المجال H إلى شدة المجال E مع نسبة E/H بقيمة 51,5 dBΩ. وتبلغ شدة المجال E لسوية ضوضاء البيئة في 9 kHz حوالي 62,3 ~ 66,3 dBµV/m.

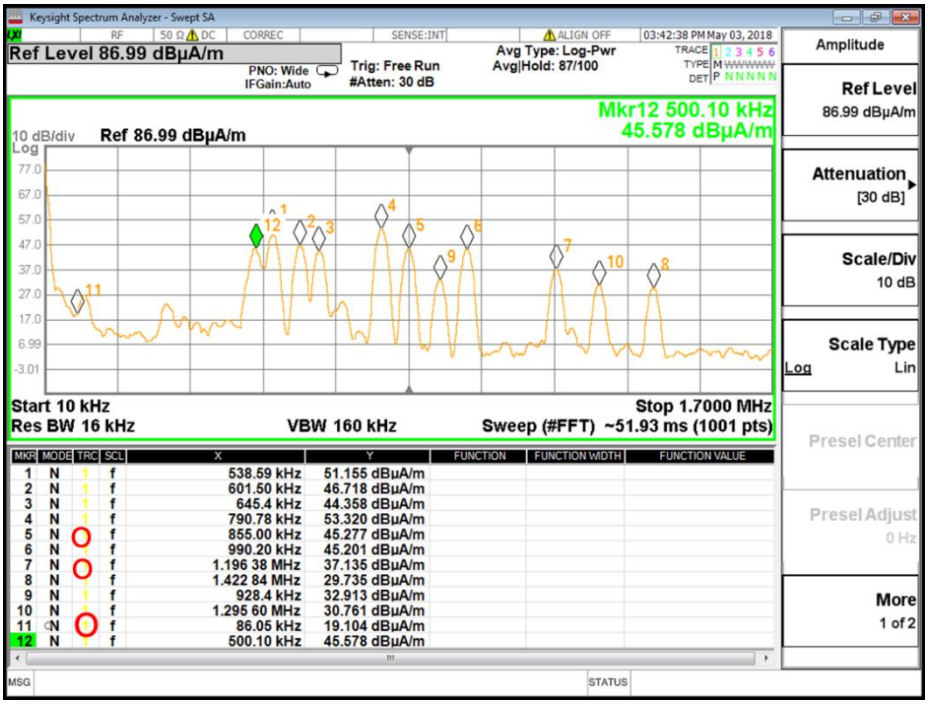
وفيما يتعلق بشدة مجال البث AM في المناطق الحضرية، فقد اختبرت في شنغهاي. ووفقاً للاختبار الميداني، ينبغي أن تكون شدة مجال البث AM أعلى من 80 dBµV/m على الأقل للحفاظ على درجة جودة صوت راديوي أعلى من 3 في المناطق الحضرية عموماً. وبما أن سوية الإشارة البالغة 855 kHz قيست بحوالي 94 dBµV/m، فإن نسبة الإشارة إلى التداخل (SIR) في مستقبل راديو في قناة 855 kHz في الميدان مع ضوضاء البيئة تقدر بحوالي 27,7 dB ~ 31,7 dB.

وقيست إشارة WPT-EV على بعد 1 متر من منصة القاعدة. وشكل الموجة هو موجة مستمرة (CW) مع شدة مجال حوالي 74,4 dµA/m. وضُبط التردد المركزي عند 85,5 kHz أو 85,68 kHz أو 85,2 kHz على التوالي. ويبلغ عرض النطاق الترددي للإشارة 6 dB حوالي 1 Hz، وهو مقيد بحكم استبانة معدات الاختبار. وجميع التوافقيات هي من نوع الموجة المستمرة بضوضاء نطاق ضيق جداً.

وتظهر أشكال موجة القناة AM المقيسة عند إيقاف الشاحن WPT-EV في الشكلين A5-11 وA5-12. وأشكال موجة القناة AM المقيسة عند تشغيل الشاحن WPT-EV موضحة في الشكل A5-13 (التركيز على نتيجة قياس قنوات AM (kHz 850) دون توافقيات WPT-EV) والشكل A5-14 (التركيز على نتيجة قياس قنوات AM (kHz 1 197) مع توافقيات WPT-EV (تشغيل WPT-EV بتردد 85,68 kHz) على مسافة 10 أمتار). يشير الخط البرتقالي إلى الخرج باستعمال كاشف ذروة محلل الطيف. ويشير الخط الأزرق إلى الخرج باستعمال كاشف متوسط محلل الطيف. وتكون شدة مجال إشارة البث أقوى بكثير من توافقيات النظام WPT-EV. وسوية ضوضاء البيئة في المناطق الحضرية عالية. ولم يلاحظ أي تأثير هام جراء الشحن من نظام WPT-EV على عتبة الضوضاء البيئية.

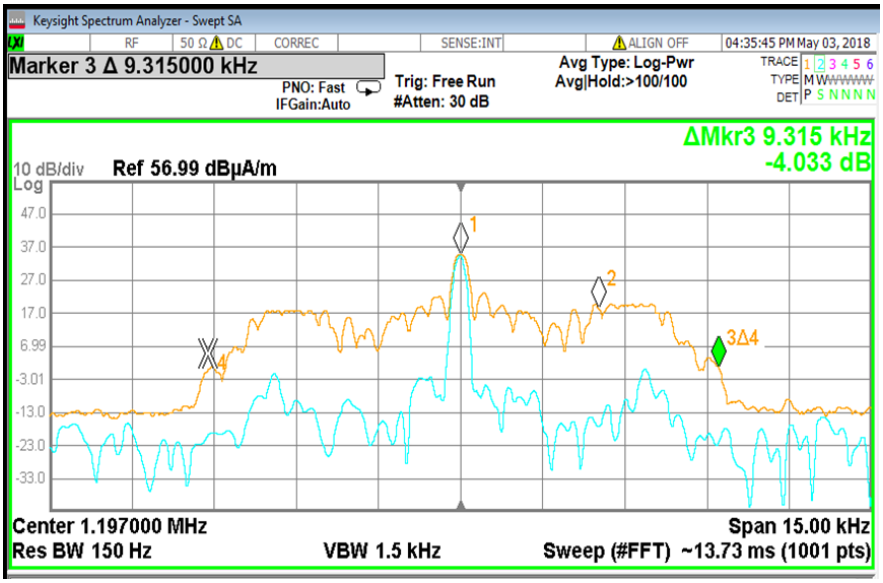
الشكل A5-11

نتيجة قياس القنوات AM دون توافقيات WPT-EV



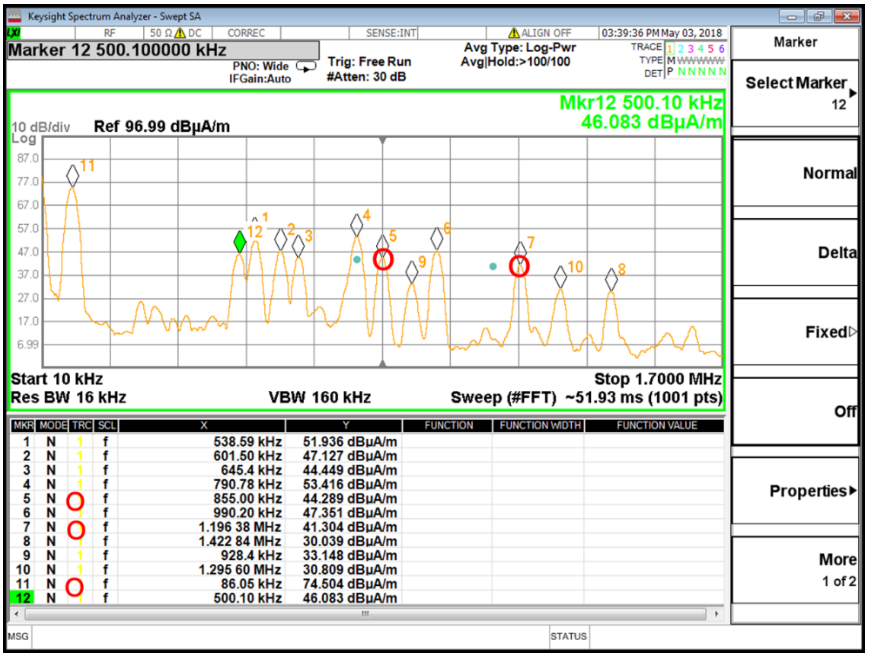
الشكل 12-A5

التركيز على نتيجة قياس القنوات AM (855 kHz) دون توافقيات WPT-EV



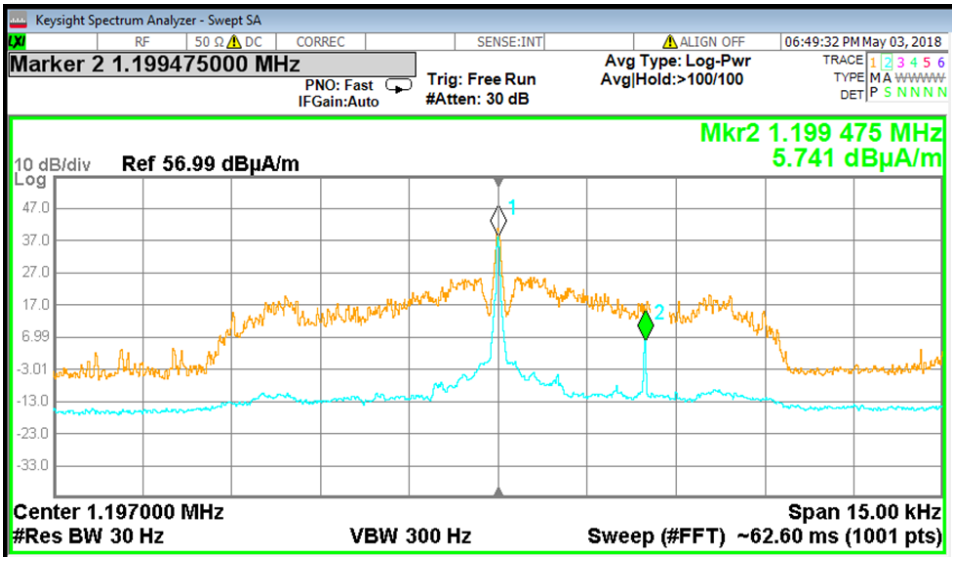
الشكل 13-A5

نتيجة قياس القناة AM (855 kHz) مع توافقيات WPT-EV
(تشغيل WPT-EV بتردد 85,68 kHz) على مسافة 10 أمتار



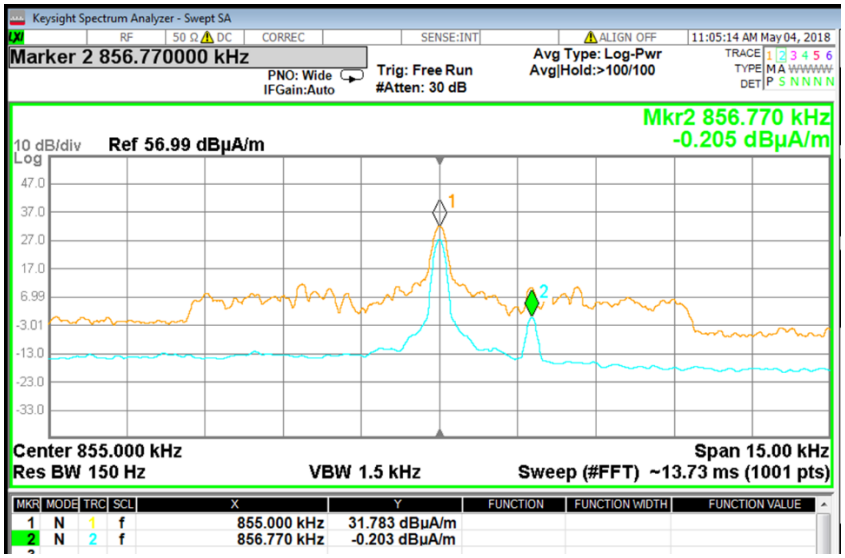
الشكل A5-14

التركيز على نتيجة قياس القناة AM (1 197 kHz) مع توافقيات WPT-EV
(تشغيل WPT-EV بتردد 85,68 kHz) على مسافة 10 أمتار



الشكل A5-15

نتيجة قياس القناة AM (855 kHz) مع توافقيات WPT-EV
(تشغيل WPT-EV بتردد 85,68 kHz) على مسافة 4,3 أمتار

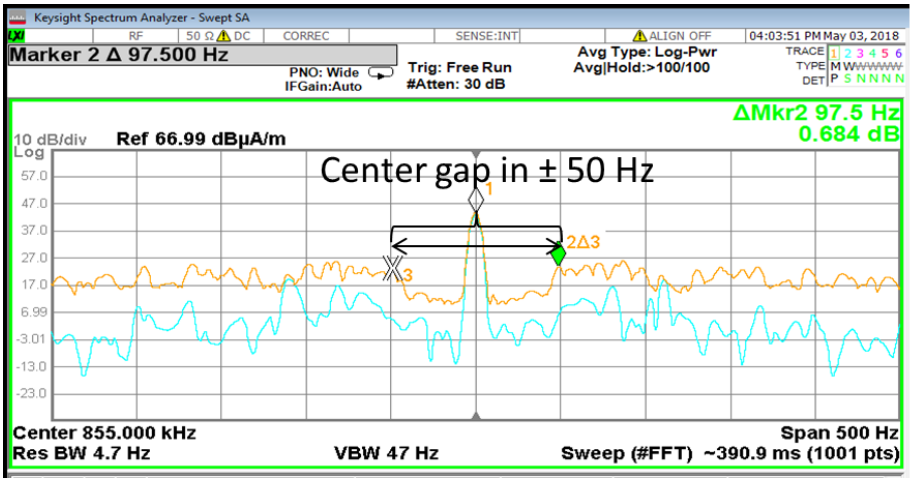


وعند ضبط تردد تشغيل الشاحن WPT-EV بقيمة 85,5 kHz، يكون تردد التوافقية العاشرة 855 kHz وتقع في الفجوة المركزية بين النطاقين الجانبيين LSB وUSB لقناة البث AM بتردد 855 kHz. ووفقاً للشكل A5-16، يبلغ عرض الفجوة المركزية لقناة 9 kHz حوالي 100 Hz (±50 kHz من التردد المركزي). ويشير الخط البرتقالي إلى الخرج باستعمال كاشف ذروة محلل الطيف. ويشير الخط الأزرق إلى الخرج باستعمال كاشف متوسط محلل الطيف.

وقيس الشكل الموجي لقناة البث 855 kHz عند تشغيل الشاحن WPT-EV في الشكل A5-17 وهو رقم التركيز لمحلل الطيف. وعلى نفس المنوال، يشير الخط البرتقالي إلى الخرج باستعمال كاشف ذروة محلل الطيف. ويشير الخط الأزرق إلى الخرج باستعمال كاشف متوسط محلل الطيف. ويظهر أن التوافقيات التي تقع في الفجوة المركزية لم يكن لها تأثير على إزالة تشكيل الإشارة الصوتية في النطاق الجانبي LSB أو USB. ولم تتأثر جودة الصوت وفقاً للاختبار الذاتي.

الشكل 16-A5

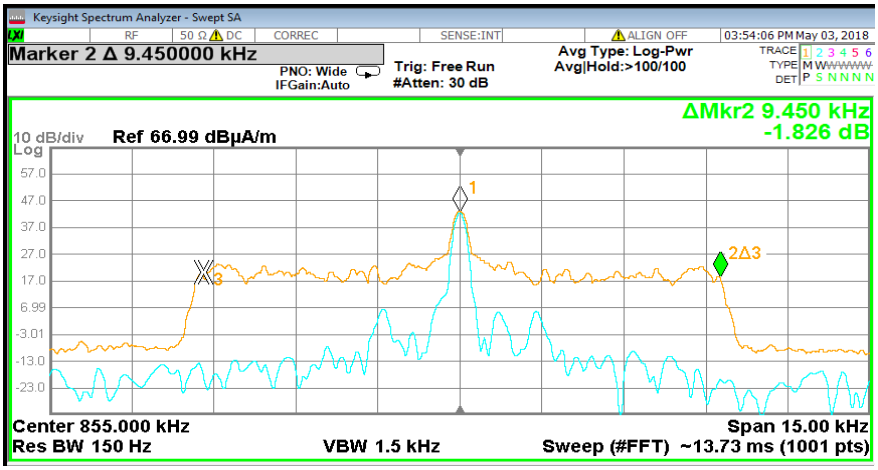
نتيجة قياس القناة AM (855 kHz) دون توافقيات WPT-EV



الشكل 17-A5

نتيجة قياس القناة AM (855 kHz) مع توافقيات WPT-EV

(تشغيل WPT-EV بتردد 85,5 kHz)



يلخص الجدول 4-A5 نتائج الاختبار الذاتي لتشكيلات مختلفة بمسافات مختلفة وقنوات مختلفة. وتوافقية WPT-EV هي ضوضاء نطاق ضيق ويمكن أن يكون تداخلها ملحوظاً عندما تكون التوافقيات عالية بما فيه الكفاية في قناة البث، عندما يكون الراديو قريباً جداً مثلاً من مركبة تُشحن بالطاقة (أقل من 3,4 أمتار في الاختبار). وبما أن إشارة البث قوية في المناطق الحضرية، لم تتسبب التوافقيات في تردي جودة الصوت طالما كانت المسافة أكبر من 3,4 أمتار. وبالنسبة لتردد التشغيل 85,68 kHz، تقع التوافقية العاشرة في النطاق الجانبي USB للقناة 855 kHz مع تخالف 1,8 kHz من مركز القناة 855 kHz، وتقع التوافقية الرابعة عشرة في النطاق الجانبي USB للقناة 1 197 kHz مع تخالف 2,52 kHz من مركز القناة 1 197 kHz.

وبالنسبة لأسوأ حالة في الاختبار، كان تردد التشغيل 85,68 kHz والقناة AM قيد النظر 1 197 kHz (المجال E بقيمة 86,6 dBµV/m). وكان الجهاز الراديوي على بعد 3,4 أمتار من المركبة قيد الشحن وكانت النسبة S/N لإشارة AM إلى التوافقية حوالي 23,9 dB. ولم يلاحظ أي تردي في جودة الصوت. وبالنسبة لتشغيل جهاز WPT-EV بتردد 85,5 kHz، حتى عندما كانت المسافة 3 أمتار، لم يلاحظ أي تردي في جودة الصوت نظراً لأن التوافقيات تقع في الفجوة المركزية لقنوات AM.

الجدول 4-A5

ملخص نتائج الاختبار الميداني

معلومات التردد					أداء الراديو قبل الشحن			أداء الراديو أثناء الشحن		
المسافة (m)	تردد WPT (kHz)	رقم القناة	تردد القناة (kHz)	تخالف من مركز تردد القناة AM (kHz)	المجال E AM (dBµV/m)	المجال H AM (dBµA/m)	جودة صوت الراديو	توافقية المجال H (dBµA/m) جودة صوت الراديو نسبة *S/N* في المجال H (dB)		
10	85,2	37	855	3–	94,2	42,7	5	2 >	5	40,0
10	85,5	37	855	0	94,2	42,7	5	داخل الحاملة AM	5	لا يمكن التحديد
3	85,5	37	855	0	94,2	42,7	5	داخل الحاملة AM	5	لا يمكن التحديد
10	85,5	75	1197	0	86,6	35,1	4	داخل الحاملة AM	4	لا يمكن التحديد
3	85,5	75	1197	0	86,6	35,1	4	داخل الحاملة AM	4	لا يمكن التحديد
10	85,68	37	855	1,8	94,2	42,7	5	6,3	5	36,4
5	85,68	37	855	1,8	94,2	42,7	5	14,0	5	28,7
4,3	85,68	37	855	1,8	83,3	31,8	5	5,3	5	26,5
10	85,68	75	1197	2,52	86,6	35,1	4	3,0	4	32,1
5	85,68	75	1197	2,52	86,6	35,1	4	6,2	4	28,9
4,6	85,68	75	1197	2,52	86,6	35,1	4	6,8	4	28,3
3,4	85,68	75	1197	2,52	86,6	35,1	4	11,2	4	23,9

لوحظت شدة مجال AM أثناء الاختبار الميداني، وينبغي أن تكون أعلى من 80 dBµV/m للحفاظ على درجة جودة صوت الراديو أعلى من 3 في منطقة حضرية نموذجية. ويتعين أن تكون إشارات AM أعلى في المناطق الحضرية مما هي في المناطق الريفية بسبب الضوضاء البيئية العالية وخسارة الانتشار.

- إشارات AM في المناطق الحضرية تزيد عادةً عن 80 dBµV/m.
- إشارات AM في المناطق شبه الحضرية تمتد عادةً من 70 dBµV/m إلى 80 dBµV/m.
- إشارات AM في المناطق الريفية تمتد عادةً من 60 dBµV/m إلى 70 dBµV/m.

ويجري التحليل النظري بسوية إشارة AM المعدلة، وهو أكثر واقعية من حيث سويات ضوضاء البيئة في المناطق الحضرية وشبه الحضرية والريفية. وتظهر النتائج في الجدول 5-A5. ويكون تعريف الهامش بحسب المعادلة (4)، وهو سالب تعريف "الفجوة" في المعادلة (3).

الهامش = شدة المجال الدنيا لمستقبل AM مع جودة صوت مقبولة –

شدة المجال E لتوافقية WPT-EV – 26 dB (4)

الجدول 5-A5

المجال E وتحليل هامش الحماية بمسافة 10 أمتار في الفضاء الحر في تغطيات نموذجية في المناطق الحضرية وشبه الحضرية والريفية

التردد (MHz)	الحد الهامشي بمعيار EN 303 417 (dBµA/m @ 10 m)	نسبة E/H (dBΩ)	حد المجال E المحوّل (dBµV/m @ 10 m)	شدة المجال الدنيا لمستقبل AM مع جودة صوت مقبولة (dBµV/m)	الهامش (dB)
0,531	9,29	32,51	41,80	80,00 (حضرية)	12,20
1,062	6,28	38,84	45,12		8,88
1,602	4,50	42,9	47,40		6,6
0,531	9,29	32,51	41,80	70,00 (شبه حضرية)	2,2
1,062	6,28	38,84	45,12		1,12–
1,602	4,50	42,9	47,40		3,4–
0,531	9,29	32,51	41,80	60,00 (ريفية)	7,8–
1,062	6,28	38,84	45,12		11,12–
1,602	4,50	42,9	47,40		13,40–

وبما أن جميع قيم الهامش، في ظروف المناطق الحضرية، أكبر من 0، فذلك يعني أن توافقية WPT-EV التي تفي بحد المعيار ESTI EN 303 417 لن تتداخل مع راديو AM في المناطق الحضرية. وبالنسبة لسيناريوهات المناطق شبه الحضرية والريفية، لم يتم إجراء الاختبار الميداني، وجرى التحليل وفقاً لسوية إشارة AM المتوقعة. وفي المناطق شبه الحضرية والريفية، وبما أن قيمة الهامش في بعض القنوات أقل من 0، فقد يحتاج الأمر إلى مزيد من التوهين، وقد يتطلب مزيداً من التوهين بحد أقصى قدره 13,4 dB. وقد يعزى ذلك إلى خسارة اختراق الجدار في المرآب. وقد يكون توهين الجدار حوالي 17 dB وفقاً للاختبار الميداني في شنغهاي.

4.1.A5 محطات WPT-EV متعددة

أجريت محاكاة مونت كارلو لتقييم تداخل التوافقيات الكلي لأنظمة WPT-EV الناجم عن محطات WPT-EV متعددة، والتي تقوم بعملية الشحن في آن واحد.

1.4.1.A5 الطوبولوجيا والافتراضات

بالنسبة للتداخل الكلي، يجري تقييم سيناريو المنطقة الحضرية باعتباره السيناريو النموذجي. أما المناطق شبه الحضرية والريفية، ونظراً لانخفاض كثافة النشر للعديد من أنظمة WPT-EV فيها، فلا ضرورة لدراستها.

والمرآب تحت الأرض في الطابق السفلي هو السيناريو النموذجي في منطقة حضرية في الصين. حيث يوضع المستقبل الراديوي في الطابق الأرضي. وتجري محاكاة محطات WPT-EV المتعددة التي تقوم بعملية الشحن في آن واحد. وهنالك في الشكل 18-A5 صفان من السيارات تحيطان بالسيارة المركزية (تظهر في الدائرة الحمراء، أسفل الراديو مباشرة)، مجموعها 25 سيارة. وتجري محاكاة أربعة صفوف كحد أقصى حول السيارة المركزية، ما مجموعه 81 سيارة.

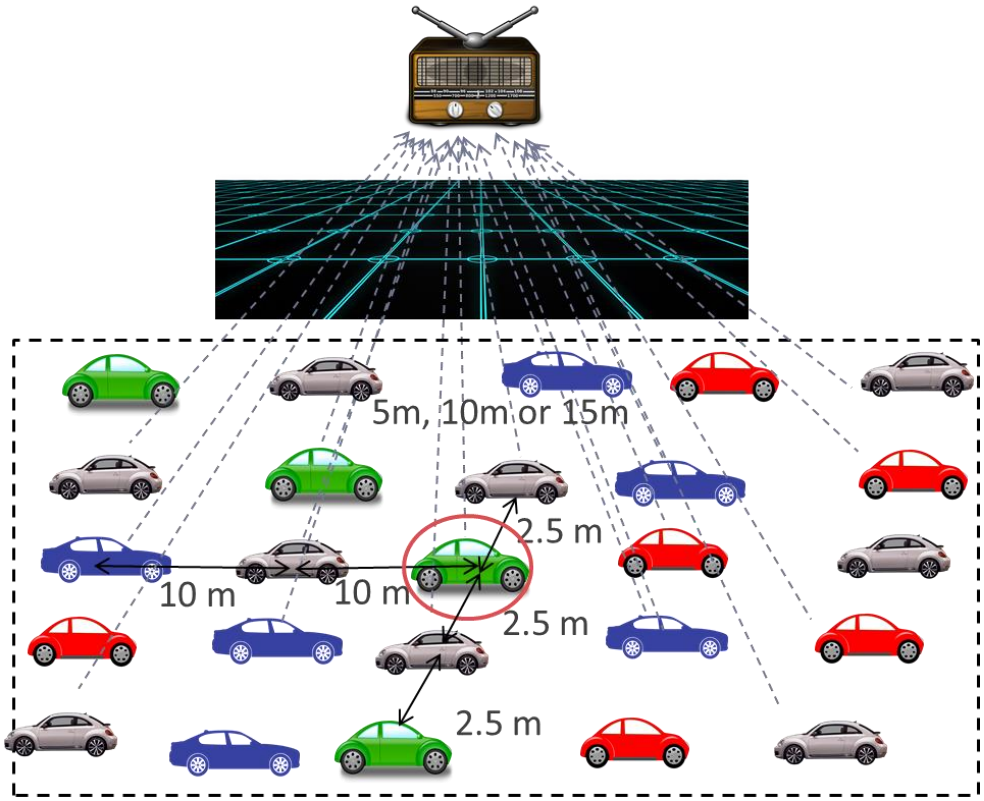
ويفترض أن يكون عرض مكان وقوف السيارة 2,5 متر. ويفترض أن يكون عرض الممر 5 أمتار. ويفترض أن يكون طول السيارة 5 أمتار. والمسافة الدنيا بين منصات WPT-EV عبر الممر هي 10 أمتار. ويبلغ الارتفاع بين الراديو والطابق السفلي الأول 5 أمتار. ويبلغ الارتفاع بين الراديو والطابق السفلي الثاني 10 أمتار. والارتفاع بين الراديو والطابق السفلي الثالث هو 15 متراً.

ونظراً لأن أرضيات المرآب تحت الأرض إسمنتية، فيتعين مراعاة عامل اختراق أرضية الإسمنت. وخسارة الاختراق هي قيمة عشوائية موزعة لوغاريتمياً عادياً $N(\mu, \sigma^2)$، حيث μ هي القيمة المتوسطة ويُفترض أنها 17 dB طبقاً للقياس الميداني، وσ هو الانحراف المعياري ويُفترض أن يكون 4 dB وفقاً لدراسة أكاديمية في نطاقات تردد أخرى. وتضاف خسارة الاختراق لكل طابق بشكل منفصل.

ويفترض، في عملية المحاكاة، وجود كثافة نشر عالية للغاية حيث يفترض أن كل فسحة لوقوف السيارات تدعم نظام WPT-EV وتقوم بالشحن في وقت واحد. وبالنظر إلى معدل الاختراق وفرق وقت الشحن، ينبغي أن تكون كثافة محطات WPT-EV للشحن المتزامن أقل من افتراض المحاكاة. أي ينبغي أن يكون التداخل أقل في الواقع.

الشكل 18-A5

طوبولوجيا تداخل التوافقيات الكلي لأجهزة WPT-EV متعددة في محاكاة مونت كارلو



2.4.1.A5 منهجية محاكاة مونت كارلو

تتكون المحاكاة من العديد من اللقطات. وتتوفر الخطوات لكل لقطة بالتفصيل على النحو التالي:

الخطوة 1: تضبط شدة المجال E للسيارة المركزية على الحد وفقاً للجدول 1-A5. على سبيل المثال، تكون 41,8 dBµV/m على بعد 10 أمتار بتردد 531 kHz ويشار إليها بمثابة E_1 وتكون في المجال الخطي. لذلك،

$$E_1 = 10^{\frac{41.8}{20}} \quad (5)$$

بالنسبة إلى 1,062 MHz، تكون $E_1 = 10^{45,12/20}$. وبالنسبة إلى 1,602 MHz، تكون $E_1 = 10^{47,4/20}$. حيث E_1 هي شدة المجال E المرجعية.

الخطوة 2: بالنسبة لكل محطة WPT-EV، تحسب المسافة d_n إلى مستقبل الراديو طبقاً لطوبولوجيا معينة، بينما n هي المحطة WPT-EV ذات الترتيب n. تُضبط المسافة $d_1 = 10$ m وهي المسافة المرجعية.

الخطوة 3: تحسب شدة المجال E لكل محطة E_n في نظام WPT-EV وفقاً للمسافة والمجال E للسيارة المركزية (بمسافة دنيا). وبما أن المجال E هو متجه، يضاف إليه طور عشوائي. وتكون φ قيمة عشوائية موزعة بشكل منتظم بين 0 درجة و360 درجة.

$$E_n = \frac{\sqrt{1+\left(\frac{\lambda}{2\pi d_n}\right)^2}}{\frac{d_n}{\sqrt{1+\left(\frac{\lambda}{2\pi d_1}\right)^2}}} \times E_1 \times \left(cos(\varphi) + jsin(\varphi)\right) \quad (6)$$

$$\frac{d_1}{}$$

حيث λ = 300/f، وf هي التردد (MHz)؛

الخطوة 4: تخفض، لكل وصلة، خسارة اختراق الأرضيات.

$$E_n = E_n * 10^{(-\,penertrationLoss_dB)/20} \quad (7)$$

الخطوة 5: يحسب التداخل الكلي للّقطة ذات الترتيب m.

$$E_{aggregate,m_{th_}snapshot} = \sum_n E_n \quad (8)$$

$$E_{aggregate_{dB\mu V},m_{th_}snapshot} = 20 \times log10(|\sum_n E_n|) \quad (9)$$

الخطوة 6: يحسب المتوسط $E_{avergae_aggreate_dB\mu V}$. يلاحظ أنه ينبغي إضافته في المجال الخطي للمتوسط الحسابي ثم تحويله إلى مجال لوغاريتمي.

$$E_{average_aggreate_dB\mu V} = 20 \times \log10\left(\frac{\sum m\left[E_{aggregate,m_{th_}snapshot}\right]}{total_snapshot_num}\right) \quad (10)$$

حيث *total_snapshot_num* هو رقم مجموع لقطات المحاكاة.

3.4.1.A5 نتائج المحاكاة

تجري محاكاة التداخل الكلي لمحطات WPT-EV متعددة عندما تكون في الطوابق B1 وB2 وB3 تحت الأرض بشكل منفصل. ونتائج المحاكاة ملخصة في الجداول 6-A5 و7-A5 و8-A5.

الجدول 6-A5

نتائج محاكاة المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV في منطقة حضرية للطابق B1

تردد التوافقية (MHz)	عدد محطات شحن WPT-EV	المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV عند مستقبل الراديو (dBµV/m)	شدة المجال الدنيا لمستقبل AM مع جودة صوت مقبولة (dBµV/m)	نسبة الإشارة إلى التداخل (شدة المجال الدنيا لمستقبل AM – شدة المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV) (dB)
0,531	25	30,6	80,00 (حضرية)	49,4
	49	31,3		48,7
	81	31,6		48,4
1,062	25	33,9	80,00 (حضرية)	46,1
	49	34,7		45,3
	81	35,0		45,0
1,602	25	36,3	80,00 (حضرية)	43,7
	49	37,0		43,0
	81	37,4		42,6

الجدول 7-A5

نتائج محاكاة المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV في منطقة حضرية للطابق B2

تردد التوافقية (MHz)	عدد محطات شحن WPT-EV	المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV عند مستقبل الراديو (dBµV/m)	شدة المجال الدنيا لمستقبل AM مع جودة صوت مقبولة (dBµV/m)	نسبة الإشارة إلى التداخل (شدة المجال الدنيا لمستقبل AM – شدة المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV) (dB)
0,531	25	18,6	80,00 (حضرية)	61,4
	49	20,3		59,7
	81	21,2		58,8
1,062	25	22,0	80,00 (حضرية)	58,0
	49	23,8		56,2
	81	24,7		55,3
1,602	25	24,4	80,00 (حضرية)	55,6
	49	26,3		53,7
	81	27,2		52,8

الجدول 8-A5

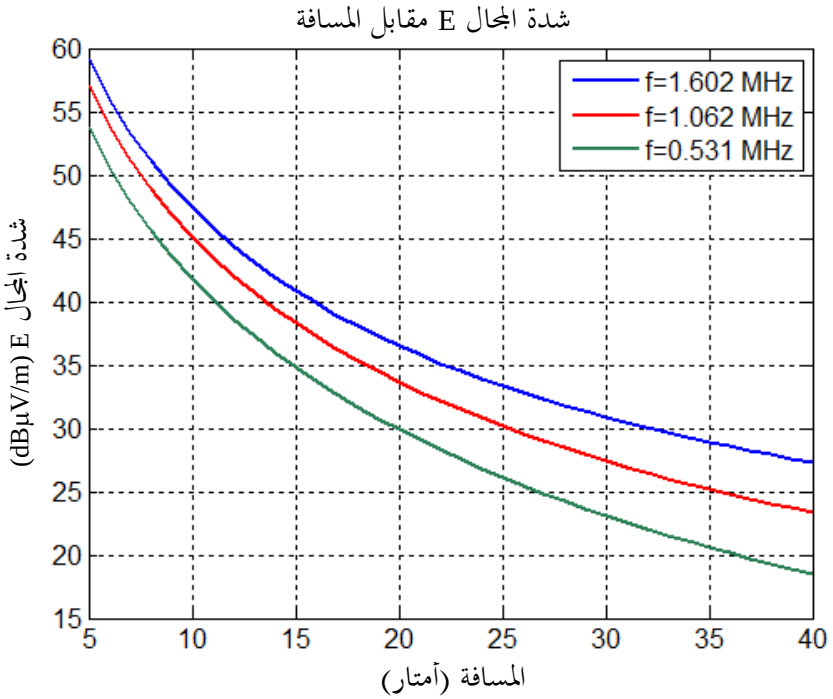
نتائج محاكاة المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV في منطقة حضرية للطابق B3

تردد التوافقية (MHz)	عدد محطات شحن WPT-EV	المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV عند مستقبل الراديو (dBµV/m)	شدة المجال الدنيا لمستقبل AM مع جودة صوت مقبولة (dBµV/m)	نسبة الإشارة إلى التداخل (شدة المجال الدنيا لمستقبل AM – شدة المجال E الكلي لتوافقيات WPT-EV) (dB)
0,531	25	5,2	80,00 (حضرية)	74,8
	49	7,4		72,6
	81	8,7		71,3
1,062	25	8,7	80,00 (حضرية)	71,3
	49	10,9		69,1
	81	12,2		67,8
1,602	25	11,1	80,00 (حضرية)	68,9
	49	13,5		66,5
	81	14,8		65,2

في البداية، عندما تكون محطة WPT-EV بعيدة عن المستقبل الراديوي، فإن شدة المجال E للتوافقية سوف تتوهن بشكل طبيعي بحكم خسارة المسير الأطول وفقاً للشكل 19-A5.

الشكل 19-A5

توهين شدة المجال E بتزايد المسافة في المجال القريب



ثانياً، أدت خسارة اختراق الأرضية إلى المزيد من التوهين. ونظراً لخسارة اختراق الأرضيات الإسمنتية، فإن التداخل الكلي في الطوابق الأعلى يهيمن على مجموع التداخل الكلي. مثال ذلك، إذا كانت هناك مرائب في الطوابق B1/B2/B3 تحت الأرض في مبنى ما، فإن التداخل الكلي لمرآب الطابق B1 في نظام WPT-EV يكون أعلى بحوالي 12 dB مما هو في الطابق B2 وحوالي 22 dB أعلى مما هو في الطابق B3. وفي هذه الحالة، يهيمن التداخل الكلي من الطابق B1.

وباتخاذ 1,602 MHz كمثال، فإن:

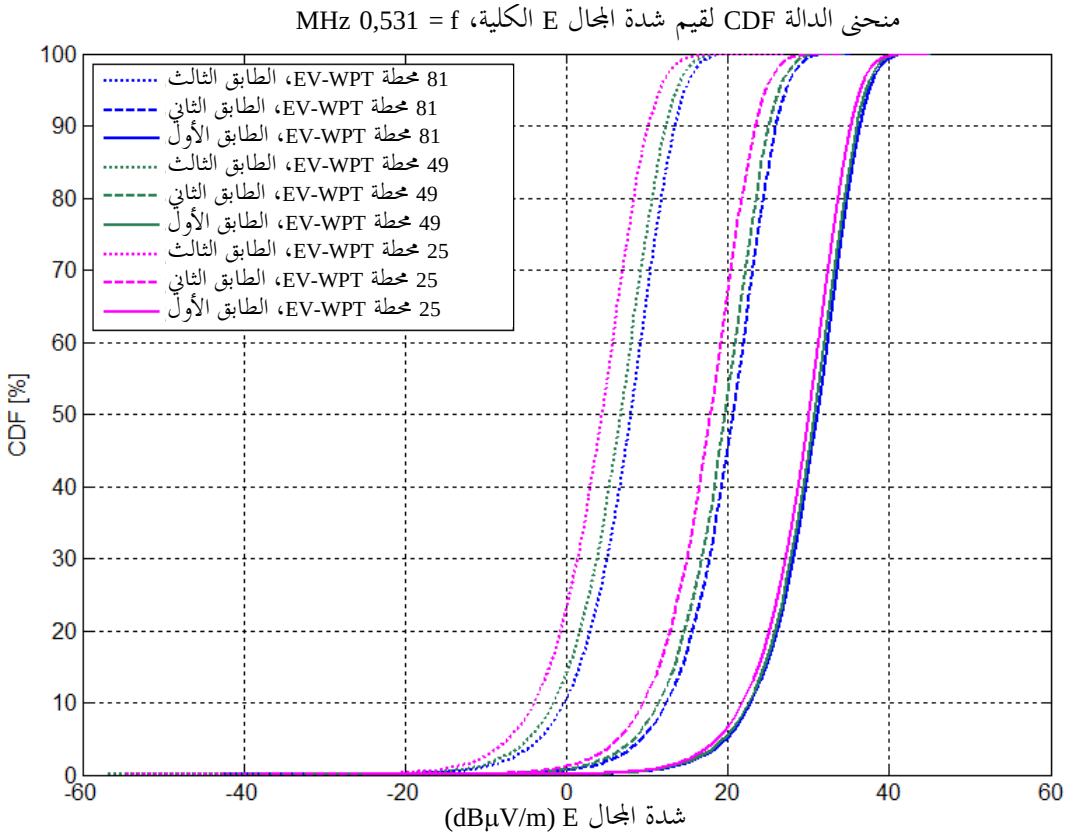
- التداخل الكلي B1 مع 81 محطة WPT-EV يكون 37,4 dBµV/m.
- مجموع التداخل الكلي B1 وB2 مع 182 محطة WPT-EV يكون 39,7 dBµV/m.
- مجموع التداخل الكلي B1 وB2 وB3 مع 243 محطة WPT-EV يكون 40,2 dBµV/m.

ونبلغ نسبة الإشارة إلى التداخل (SIR) عند مستقبل الراديو في الطوابق B1/B2/B3 حوالي 39,8 dB وهي أعلى بكثير من 26 dB. وإذا كانت المرائب تحت الأرض تبدأ من B2 والطوابق الأدنى، على أساس 1,602 MHz و81 محطة WPT-EV لكل طابق، فإن التداخل الكلي B2 وB3 مع 182 محطة WPT-EV هو 29,1 dBµV/m. وتبلغ النسبة SIR عند مستقبل الراديو في الطابقين B3/B2 حوالي 50,9 dB وهي أعلى بكثير من 26 dB.

ويبين الشكل 20-A5 منحنى دالة التوزيع التراكمي (CDF) لتداخل التوافقيات الكلي من نظام WPT-EV ويعرض المزيد من الإحصاءات للتداخلات الكلية. وحتى في أسوأ حالة (81 محطة WPT-EV في الطابق B1)، فإن 99% من التداخل الكلي تبقى أقل من 40 dBµV/m ولا تزال النسبة SIR أعلى من 40 dB في المناطق الحضرية.

الشكل 20-A5

منحنى دالة التوزيع التراكمي (CDF) لتداخل التوافقيات الكلي من محطات WPT-EV متعددة



لذلك، يمكن الاستنتاج أن التداخل الكلي لتوافقيات WPT-EV المتعددة لن يسبب تداخلاً ضاراً في مستقبل راديوي في المناطق الحضرية.

2.A5 دراسة تأثير نظام WPT-EV على نظام الملاحة Loran في الصين

تناولت هذه الدراسة تحليل إرسال أنظمة EV-WPT في المركبات الخفيفة والتعايش مع نظام الملاحة Loran-C بتردد 90-110 kHz. كما حددت وقدرت مخاطر التداخل مع الخدمة القائمة على أساس نظام Loran-C المستخدم في الصين.

وأشار فريق العمل CCSA TC5 WG8 إلى ضرورة أن تستند الخصائص التقنية ومعايير الحماية لنظام Loran-C/Chayka إلى التوصية ITU-R M.589-3 [8] [9] [10]. وفي الوقت نفسه، أشار المرجع [9] إلى أن أبحاث eLoran قيد النظر في الصين. ويفترض أن تنظر هذه المساهمة بشكل أساسي في التعايش بين نظامي EV-WPT وLoran-C (أو أي أنظمة أخرى لها معايير حماية مماثلة).

وتم تطبيق نهج التقييم المتحفظ للاستكمال الخارجي من المجال H إلى المجال E على مسافة بعيدة باستخدام تناقص المجال *E/H* + H بمقدار 60 dB/عشرية. ويستخدم نهج التقييم هذا ويعتمد على نطاق واسع.

وتناولت الدراسة عدداً من العوامل الرئيسية. وسوف يُنظر في نطاق تردد الشحن 79-90 kHz بما في ذلك التوافقيات الثانية فيه. واستخدمت المواصفات التقنية الواردة في التوصيتين ITU-R M.589-3 [8] وITU-R P.372-13 [10] ومساهمة الرابطة الصينية لتقييس الاتصالات (CCSA) بخصوص النظامين Locan-C وeLoran [9]، وسواهما. ويتعين استخدام السوية الدنيا للإشارة (45 dBuV/m) عند حدود التغطية حيث يحتاج الأمر إلى مستقبل Loran.

وخلصت الدراسة إلى عدم وجود خطر تداخل من محطات EV-WPT في مستقبلات Loran داخل التغطية البحرية، سواء مفردة أو متعددة، عندما تعمل المحطات في نطاق التردد 79-90 kHz. ويجب أن تكون محطات EV-WPT في نطاق الطاقة المحدد بالمعيار CIS/B/687/CDV وأن تفي بحدود البث المشع في المجال H المحددة لذلك.

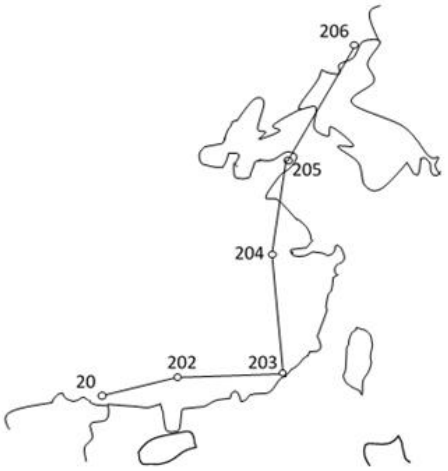
1.2.A5 نظام الملاحة Loran في الصين ومعايير حماية المستقبِل

1.1.2.A5 نظرة عامة على نظام الملاحة Loran

يوضح الشكل 21-A5 [9] مواقع مرسلات أنظمة الملاحة Loran-C. وهناك ستة مرسلات Loran على طول الخطوط الساحلية الشرقية والجنوبية. وهناك ثلاث سلاسل لتغطية البحار الشمالية والشرقية والجنوبية. ويبلغ متوسط طاقة المرسل 40 kW (5 كم على اليابسة). ونطاق التغطية هو في حدود 900-300 1 ميل بحري.

الشكل 21-A5

مواقع محطات نظام الملاحة Loran-C في الصين

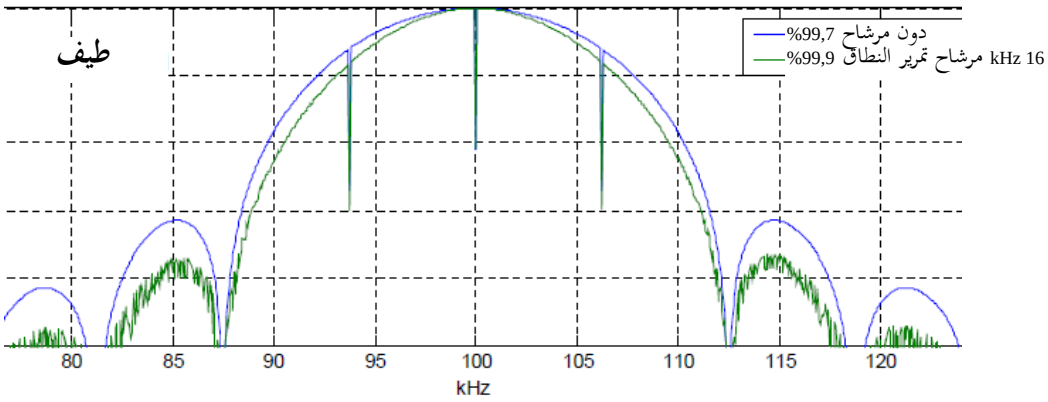


وتبدو الخصائص التقنية لإشارة النظام Loran-C في الشكل 22-A5. وتتمركز الإشارة (>99%) عند 100 kHz مع عرض نطاق 20 kHz. ولا يزال بإمكانها العمل بوجود ضوضاء محيطة بمقدار 10 dB فوق الإشارة.

وهي تتطلب نسبة إشارة إلى ضوضاء *(S/N)* داخل النطاق بمقدار 20 dB للحفاظ على جودة إزالة التشكيل.

الشكل 22-A5

بيان شكل موجة إشارة النظام Loran-C



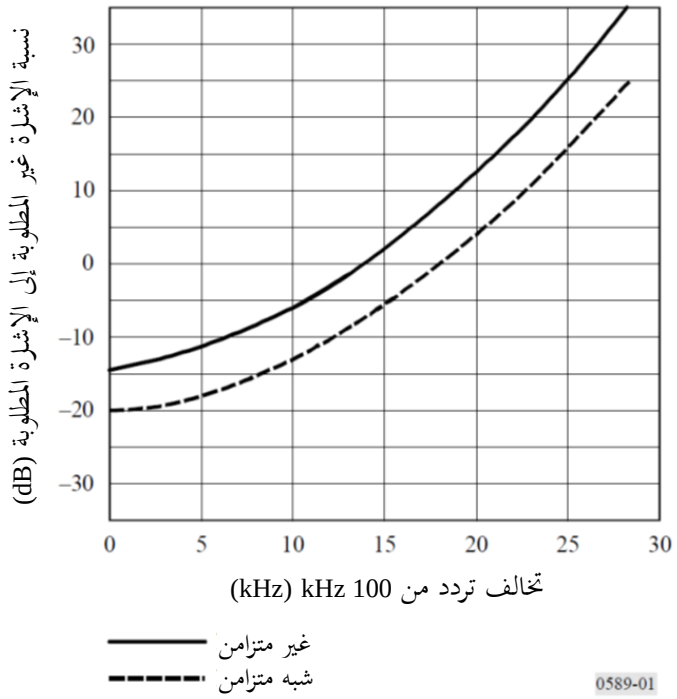
2.1.2.A5 معايير الحماية

تظهر معايير حماية التداخل ضمن النطاق وخارجه في الشكلين 23-A5 و24-A5 [8].

ويُستخدم أسوأ منحنى (شبه تزامن) لتقدير مخاطر التداخل.

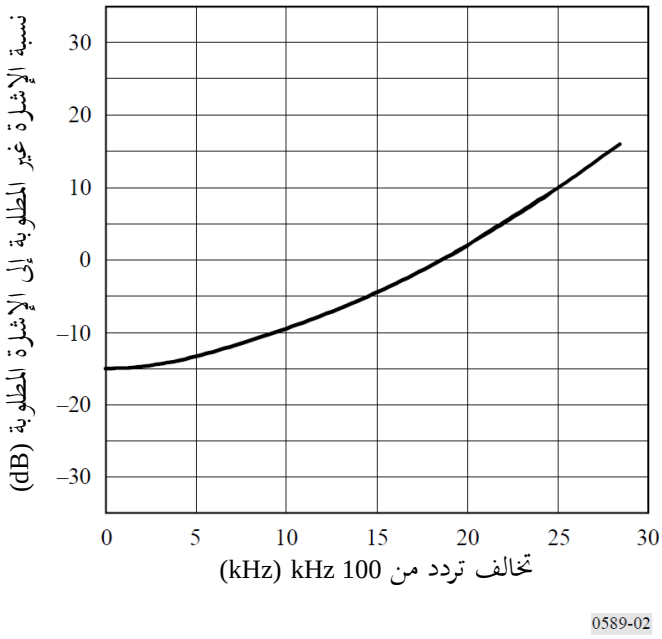
الشكل 23-A5

معايير الحماية من تداخل الموجة المستمرة Loran-C /CWI



الشكل 24-A5

معايير الحماية في التشكيل بزحزحة التردد Loran-C /FSK



2.2.A5 دراسة التعايش

1.2.2.A5 الخصائص التقنية للنظام EV-WPT

أجرت هيئة كهرباء الصين (CEC) استقصاءً بشأن استخدام التردد في أنظمة WPT لشحن سيارات الركاب والمركبات الخفيفة. ونتيجة لذلك، خلصت الهيئة إلى أن النطاق 79-90 kHz هو الخيار الأنسب لهذه التطبيقات في الصين.

ونظام EV-WPT ليس خدمة راديوية وإنما ينقل الطاقة الكهربائية أساساً من محطة الشحن إلى المركبة بالاقتران المغنطيسي المحلي عبر مسافة قصيرة جداً. ولذا ينبغي ألا تنطبق لوائح الأجهزة قصيرة المدى (SRD) أو أي لوائح راديوية أخرى للخدمات الراديوية على أنظمة WPT نظراً لعدم حدوث اتصالات أو نقل بيانات في عملية الشحن WPT.

وفي دراسة التعايش قيد النظر، يتم تطبيق الحد المقترح من اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) وهو 82,8 dBµA/m بمثابة ذروة شدة المجال عند تردد التشغيل. ووفقاً لنتائج القياس، تشتق ذروة تخالف التردد الآخر. وينبغي أن تكون سوية إرسال التنفيذ الحقيقي أقل من الحد الذي وضعته اللجنة CISPR. لذلك، تناولت الدراسة أسوأ حالة من حيث الإرسال.

2.2.2.A5 توهين إشارة نظام الملاحة Loran عبر المسافة

طبقت الدراسة نموذج الإرسال المتناحي. وطاقة المرسل لإشارة النظام Loran قوية جداً والنظام قادر على تغطية آلاف الكيلومترات. ووفقاً للتوصية ITU-R M.589-3 [8]، ينبغي على الأقل تحقيق 45 dBµV/m عند حدود التغطية في النطاق 90-110 kHz.

وفي النطاق 79-90 kHz، يتعين أن يكون إرسال أجهزة WPT أقل من قوة إشارة النظام Loran وأن يلبي معايير الحماية من التداخل الواردة في المرجع [12].

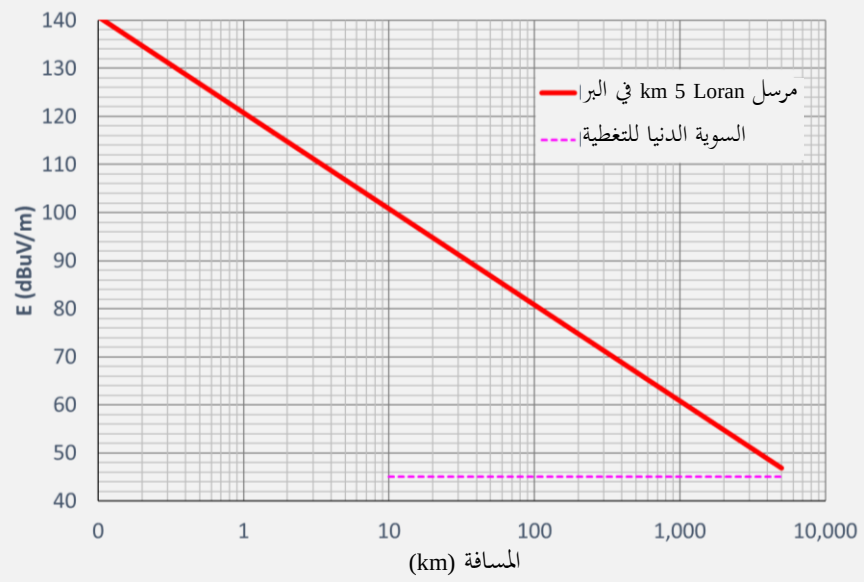
الجدول 9-A5

سوية طاقة الحماية لقوة إشارة النظام Loran عند ترددات مختلفة

التردد (kHz)	التغطية الدنيا للمجال E (dBµV/m)	معايير الحماية Loran-C/CWI (شبه تزامن N/S)	سوية الضوضاء المقبولة في مستقبل Loran-C/CWI (dBµV/m)
81,38	45	4	49
81	45	2	47
85	45	5–	40
88	45	10–	35
90	45	13–	32

الشكل 25-A5

شدة المجال النموذجية (40 kW) في نظام الملاحة Loran في الصين

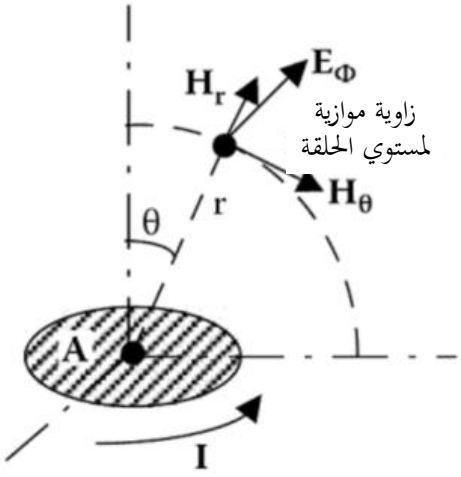


3.2.2.A5 تحليل البيانات

بما أن مصدر البث من أجهزة EV-WPT هو الوشيعة، فإن المجال H يهيمن على البث في المجال القريب. وتتناقص المجالات H بشكل مختلف تبعاً للتضاريس، مثل الأرض مقابل الماء. ولتقييم بسيط، فإن حالة الفضاء الحر هي أسوأ الحالات. ويمكن التدليل على أن مجالات H سوف تتناقص من 60 dB/عشرية في منطقة المجال القريب المحددة بمقدار $\lambda/2\pi$ تدريجياً إلى 20 dB/عشرية في منطقة المجال البعيد. وفي كل منطقة، يجري تحويل شدة المجال E من محطة EV-WPT بنسبة *E/H* كما يبدو في الشكل 7-A5. ويجري تقييم النسبة *E/H* والإرسال بناءً على نموذج الحلقة في الفضاء الحر. ويتم التحقق من النموذج بالقياس والمحاكاة. وهوائي الحلقة الصغيرة عبارة عن حلقة مغلقة كما هو موضح في الشكل 25-A5.

الشكل 26-A5

إشعاع حلقة صغيرة



بالنسبة للإشعاعات بنموذج الحلقة الصغيرة، يمكن وصف المجالين E وH تقريباً على النحو التالي [14]:

$$E_\phi(V/m) = \pi Z_0 \frac{IA}{\lambda^2 r}\sqrt{1+\left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2}\sin\theta \quad (11)$$

$$H_\theta(A/m) = \pi \frac{IA}{\lambda^2 r}\sqrt{1-\left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^2+\left(\frac{\lambda}{2\pi r}\right)^4}\sin\theta \quad (12)$$

حيث:

I: تيار الحلقة (A، أمبير)

A: مساحة الحلقة (m^2)

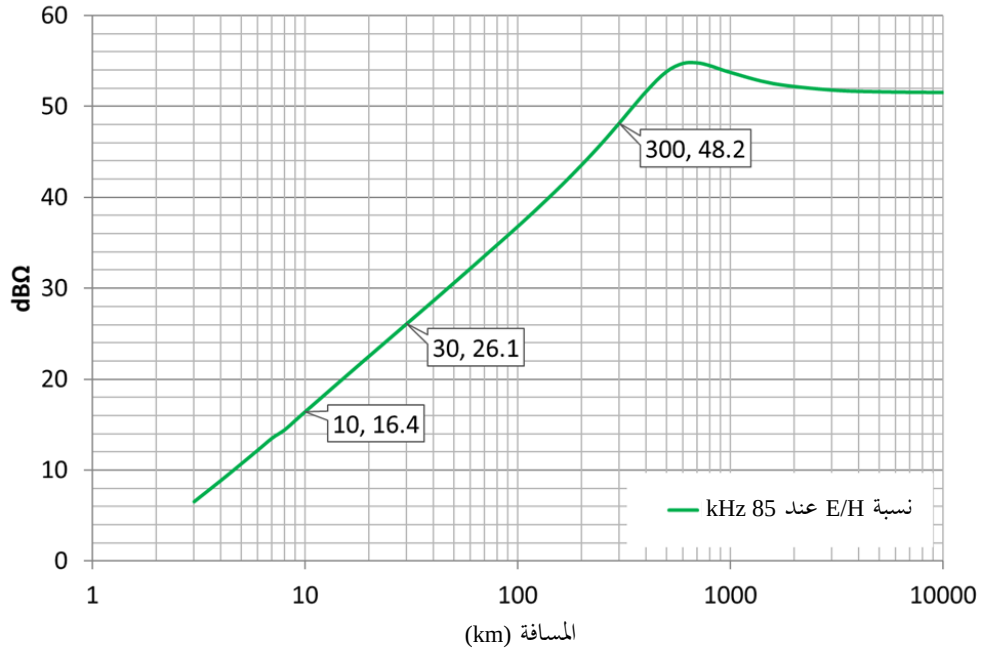
λ: الطول الموجي (m)، λ = 300/f، f: التردد (MHz)

r: المسافة إلى نقطة المراقبة (m)

Z_0: معاوقة الفضاء الحر، 377 Ω.

الشكل A5-27

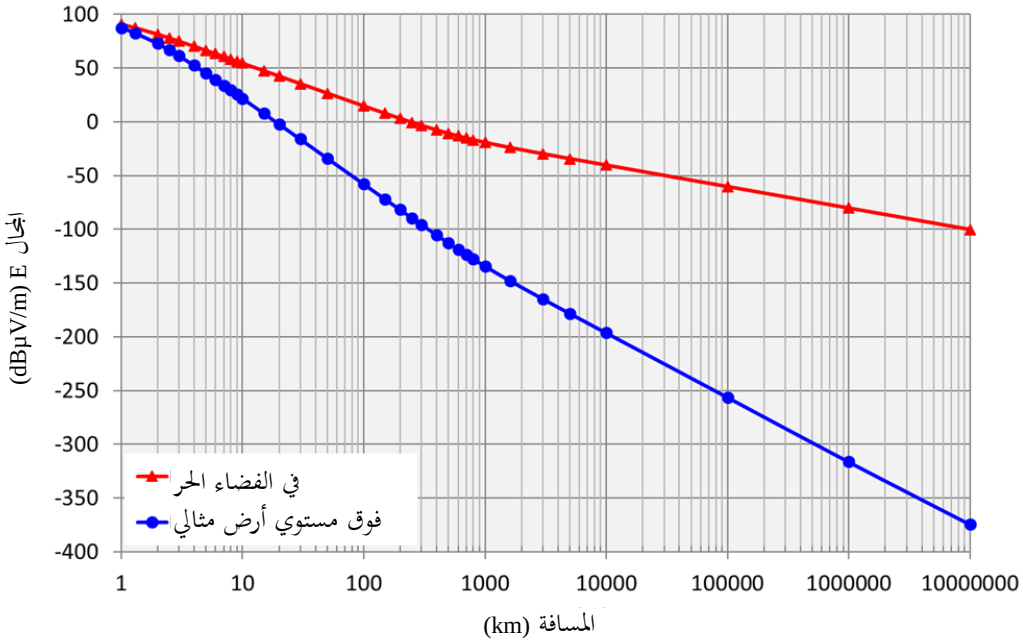
النسبة E/H مقابل المسافة بحسب مصدر الحلقة في الفضاء الحر



انطلاقاً من هذا النموذج، يمكن الاستنتاج أن المجال H، الذي يهيمن عليه النظام WPT، يتناقص لكل 60 dB/عشرية حتى تنتهي منطقة المجال القريب بالقرب من $\pi\,\lambda/2$، ثم من خلال المنطقة الانتقالية، يصبح التناقص تدريجياً 20 dB/عشرية في منطقة المجال البعيد. وبما أنه يمكن اعتبار مياه البحر شبه موصلة، فإن تأثيرها يكون بين موصل كهربائي كامل (PEC) والفضاء الحر، لذا فإن التناقص العام للمجال H والمجال E أسرع مما هو في نموذج الفضاء الحر النقي، مما يؤدي إلى التناقص بين الفضاء الحر والموصل PEC، كما هو موضح في الشكل A5-28.

الشكل A5-28

المجال E لكل وحدة AT (أمبير – لفة) من مصدر الحلقة



الجدول 10-A5

قوة الإشارة EV-WPT في تردد مختلف على مسافة مختلفة

معلمات نظام الملاحة Loran				coex@10m			
التردد (kHz)	التغطية الدنيا للمجال E (dBµV/m)	معايير حماية Loran-C/CWI (شبه تزامن N/S)	مجال E المقبول عند مستقبل Loran-C/CWI	نسبة E/H @10m لكل نموذج حلقة	H@10m (dBµA/m) (EV@7kW)	تحويل E @10m (dBµV/m)	الهامش @10m (dB)
81,38	45	2	47	16,00	22	38,0	9,00
85	45	5–	40	16,42	22	38,4	1,58
88	45	10–	35	16,72	22	38,7	**3,72–**
90	**45**	**13–**	**32**	16,92	82	98,9	**66,92–**
95	**45**	**18–**	**27**	17,39	22	39,4	**12,39–**
100	**45**	**20–**	**25**	17,83	22	39,8	**14,83–**
170	45	60	105	22,45	52	74,5	30,55

معلمات نظام الملاحة Loran				coex@100m			
التردد (kHz)	التغطية الدنيا للمجال E (dBµV/m)	معايير حماية Loran-C/CWI (شبه تزامن N/S)	مجال E المقبول عند مستقبل Loran-C/CWI	نسبة E/H @100m لكل نموذج حلقة	H@100m (dBµA/m) (EV@7kW)	تحويل E @100m (dBµV/m)	الهامش @100m (dB)
81,38	45	2	47	36,4	38–	1,60–	48,60
85	45	5–	40	36,8	38–	1,20–	41,20
88	45	10–	35	37,1	38–	0,90–	35,90
90	**45**	**13–**	**32**	37,3	22	59,30	**27,30–**
95	**45**	**18–**	**27**	37,8	38–	0,20–	27,20
100	**45**	**20–**	**25**	38,3	38–	0,30	24,70
170	45	60	105	43,6	8–	35,60	69,40

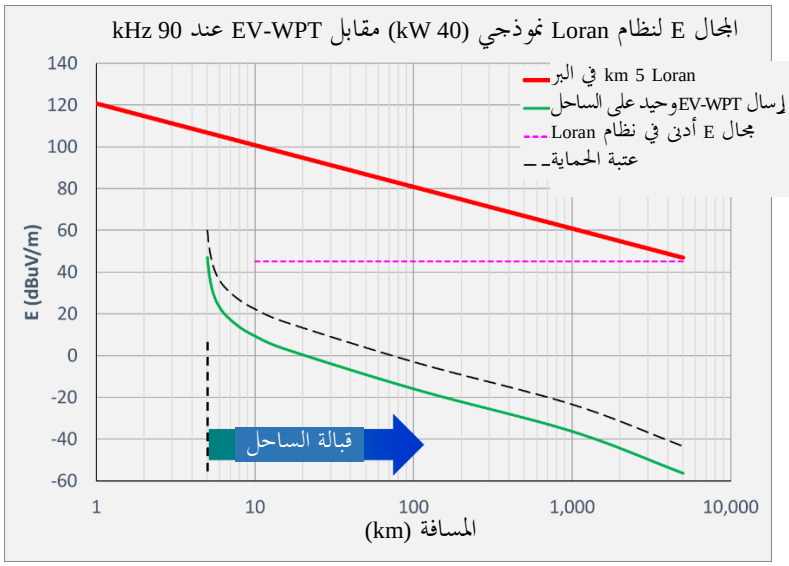
معلمات نظام الملاحة Loran				coex@1km			
التردد (kHz)	التغطية الدنيا للمجال E (dBµV/m)	معايير حماية Loran-C/CWI (شبه تزامن N/S)	مجال E المقبول عند مستقبل Loran-C/CWI	نسبة E/H @1km لكل نموذج حلقة	H@1km (dBµA/m) (EV@7kW)	تحويل E @1km (dBµV/m)	الهامش @1km (dB)
81,38	45	2	47	53,4	98–	44,60–	91,60
85	45	5–	40	53,7	98–	44,30–	84,30
88	45	10–	35	53,7	98–	44,30–	79,30
90	**45**	**13–**	**32**	53,6	38–	15,60	16,40
95	**45**	**18–**	**27**	53,4	98–	44,60–	71,60
100	**45**	**20–**	**25**	53,3	98–	44,70–	69,70
170	45	60	105	53,2	68–	14,80–	119,80

1.3.3.2.A5 نظام EV-WPT وحيد

إن إشارة نظام الملاحة Loran (الخط الأحمر في الشكل) أعلى بكثير من إشارة نظام WPT في النطاق 79-90 kHz (الخط الأخضر) قبالة الساحل بأكمله. والبث الهامشي وتوافقيات إشارة النظام WPT أقل بمقدار 40 dB على الأقل من إشارة WPT التي تفي بأسوأ معايير الحماية عند 90 kHz، ومن ثم لن يكون هناك خطر من التداخل مع مستقبلات نظام Loran قبالة الساحل. وحتى إشارة Loran الدنيا عند حدود التغطية أعلى بكثير من معايير الحماية من البث الموهن من أنظمة EV-WPT، كما هو موضح في الشكل A5-29.

الشكل A5-29

شدة المجال النموذجية لنظام الملاحة Loran في الصين
وإرسال نظام EV-WPT وحيد

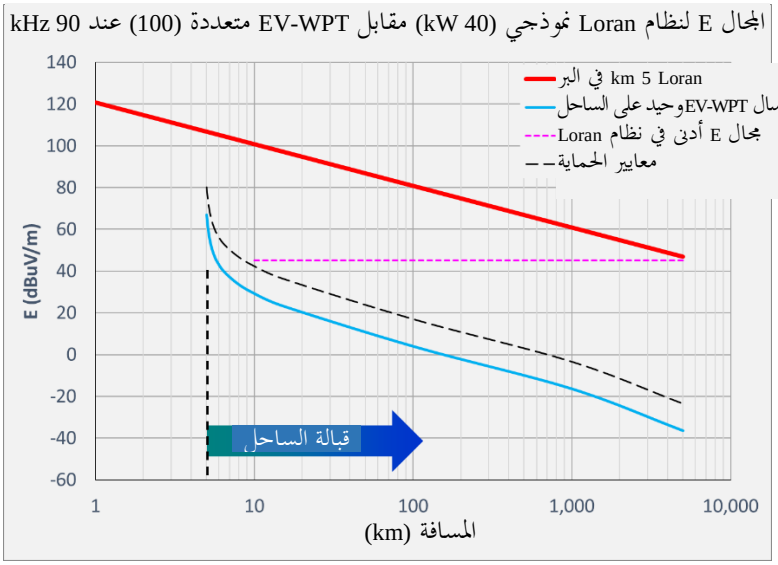


2.3.3.2.A5 أنظمة EV-WPT متعددة

يفترض، بالنسبة لأسوأ حالة، أن هنالك 100 من أنظمة EV-WPT قيد التشغيل في نفس الموقع. ويتم تجميع كل الإرسالات من جميع أنظمة WPT (وينبغي أن يكون التجميع الفعلي أقل بكثير بسبب الاختلاف في المسافة والطور والتوقيت من كل جهاز WPT). وكما هو موضح في الشكل A5-29، تكون إشارة Loran (المنحنى الأحمر في الشكل) أعلى بكثير (~70 dB) من مجموع الإرسالات من أجهزة WPTs المتعددة عند 79-90 kHz (المنحنى الأزرق الفاتح) في جميع المسافات سوى بالقرب من جهاز WPT. وبالإضافة إلى ذلك، فإن مجموع البث الهامشي والتوافقيات في النطاق 79-90 kHz من أنظمة EV-WPT المتعددة أقل بمقدار 40 dB على الأقل من مجموع إشارات WPT، ومن ثم لن يكون هناك خطر حدوث تداخل مع مستقبلات Loran قبالة الساحل.

الشكل 30-A5

شدة المجال النموذجية لنظام الملاحة Loran في الصين وإرسالات EV-WPT متعددة



3.2.A5 الخلاصة

تناولت هذه الدراسة البحث في الإرسال وشدة المجال لعملية الشحن في نطاق التردد 79-90 kHz بما في ذلك التوافقيات الثانية لنظام EV-WPT. وتشير معايير حماية نظام الملاحة Loran-C إلى التوصيتين ITU-R M.589-3 وITU-R P.372-13. وقد استخدمت أدنى سوية إشارة (45 dBµV/m) عند حدود التغطية حيث يستخدم مستقبل نظام Loran. وأفضت الدراسة إلى الاستنتاجات التالية:

في حالة جهاز EV-WPT وحيد، لا خطر من التداخل مع مستقبلات نظام Loran تحت التغطية البحرية من إشارة الشحن المرسلة من نظام EV-WPT.

في حالة أجهزة EV-WPT متعددة، لا خطر من التداخل مع مستقبلات نظام Loran تحت التغطية البحرية من أجهزة EV-WPT متعددة في موقع واحد أو مواقع متعددة على اليابسة.

في حالة محطة EV-WPT وحيدة، يكون البث الهامشي وتوافقيات إشارة WPT الهامشية أقل بمقدار 40 dB على الأقل من إشارة WPT، ومن ثم لا خطر من التداخل مع مستقبلات Loran البحرية من البث الهامشي وتوافقيات نظام EV-WPT.

في حالة محطات EV-WPT متعددة، يكون مجموع البث الهامشي والتوافقيات من إشارة WPT أقل بمقدار 40 dB على الأقل من مجموع إشارات WPT، ومن ثم لا خطر من التداخل مع مستقبلات Loran البحرية من مجموع البث الهامشي والتوافقيات من نظام EV-WPT. وتنطبق الاستنتاجات المذكورة أعلاه على محطات EV-WPT متعددة تعمل في نطاق التردد 79-90 kHz في مدى القدرة المحددة في المعيار CIS/B/687/CDV وتفي بحدود البث المشع في المجال H المحددة فيه.

3.A5 المراجع

[1] التوصية ITU-R BS.560-4 – نسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة على الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) والديكامترية (HF).

[2] التوصية ITU-R BS.703-0 – خصائص المستقبلات المرجعية الخاصة بالإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع (AM) لأغراض التخطيط.

[3] China national standard, GB 2017-80, “MF broadcast network coverage technology”.

[4] ESTI EN 303 417 V1.1.1 (2017) “Wireless power transmission systems, using technologies other than radio frequency beam, in the 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz, 6 765-6 795 kHz ranges; Harmonized Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU”.

[5] Xingcun Colin Tong, “Advanced Materials and Design for Electromagnetic Interference Shielding”.

[6] التوصية ITU-R BS.1284-1 – طرائق التقدير الذاتي لجودة الصوت.

[7] SCHWENGLER, T.; GILBERT, M., “Propagation Models at 5.8 GHz – Path Loss & Building Penetration”, Radio and Wireless Conference, 2000. RAWCON 2000. 2000 IEEE.

[8] التوصية ITU-R M.589-3 – الخصائص التقنية لطرائق إرسال المعطيات والحماية من التداخل في خدمات الملاحة الراديوية العاملة في نطاقات التردد بين 70 و130 kHz.

[9] TC5_WG8_2017_080, “Loran-C and e-Loran”.

[10] التوصية ITU-R P.372-13 – الضوضاء الراديوية.

[11] التقرير ITU-R SM.2303 – إرسال القدرة لاسلكياً باستعمال تكنولوجيات غير حزم التردد الراديوي.

[12] CISPR 11, “Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement”.

[13] CIS/B/687/CDV, “Supplement of CISPR 11 with requirements for air-gap wireless power transfer (WPT) – Comments on the limit values for Class B equipment in frequency ranges of 9 kHz to 150 kHz”.

[14] COLIN TONG, X., “Advanced Materials and Design for Electromagnetic Interference Shielding”.

الملحق 6

دراسات التأثير في كوريا بالنسبة لنظام WPT-EV في الترددات 21-19 kHz/65-55 kHz

1.A6 دراسات عن تأثير أنظمة WPT-EV في الترددات 21-19 kHz/65-55 kHz على خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS)

1.1.A6 مقدمة

قامت جمهورية كوريا بقياس قدرة إرسال معدات WPT العاملة في النطاق 20/60 kHz في مدى التردد من 9 kHz إلى 30 MHz وقدمت نتيجة القياس في مساهمة في اجتماع سابق لفريق العمل ITU-R WP 1B (WG 1B-1).

ويبين الجدول 2-6.1.9/6 (انظر القسم 6) نطاق التردد لكل من تطبيقات WPT. وهنالك أيضاً ملاحظة محرر [6. استنتاجات] تتطلب المزيد من دراسات التأثير من أجل الترددات 55-5X kHz و65-6Y kHz من أجل تحديد قيم X و Y.

2.1.A6 عملية تخفيف من أجل حماية خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) في تردد 60 kHz

وفقاً للجدول 9 في التوصية ERC 70-03، يَستخدم نطاق التردد 60 kHz لخدمة SFTS في المملكة المتحدة عرض نطاق 250 Hz (60,25 kHz ~ 59,75 kHz) والحد الأقصى لشدة المجال عند 10 أمتار هو 42 dBµA/m.

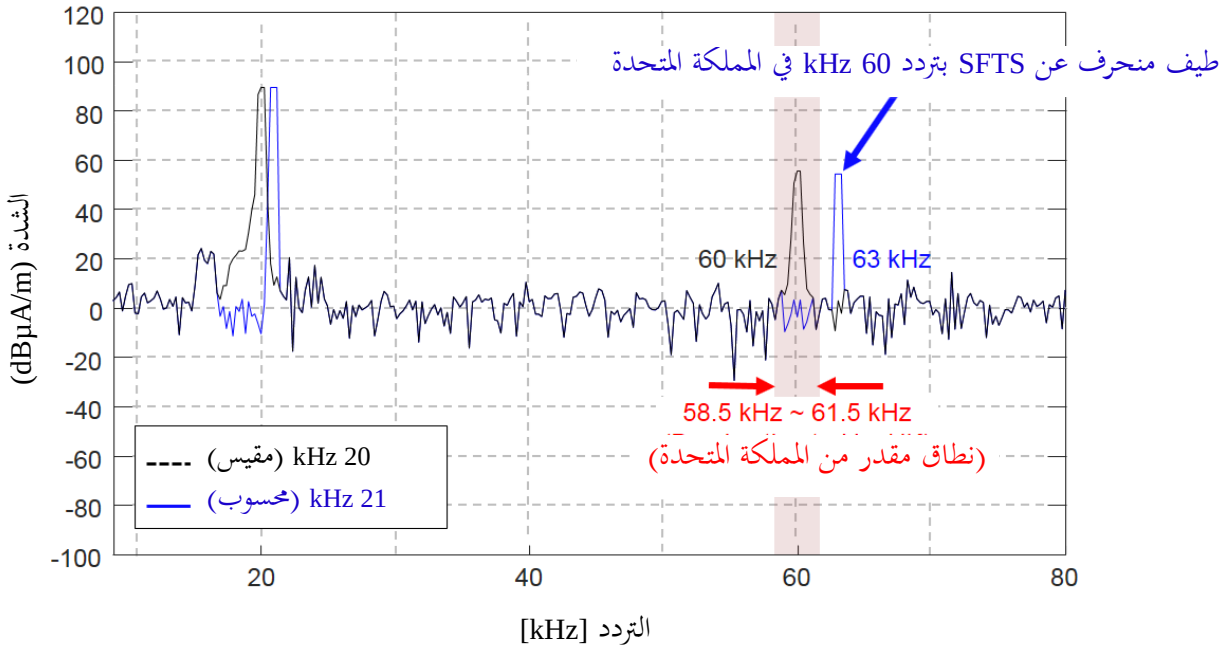
ونظراً لأن عرض نطاق الحماية للخدمة SFTS هو الأوسع فإن حالة الحماية أفضل، لذا يتعين أن يكون الحد الأدنى لنطاق الحماية ما لا يقل عن خمس إلى ست مرات عرض نطاق 250 Hz نظراً للتعايش مع نظام WPT للمركبات الثقيلة وذلك بمثابة عامل الأمان.

وقد يكون ما يقرب من 1 500 Hz بمثابة ست مرات عامل الأمان.

لذلك، تقترح جمهورية كوريا أن تكون قيمة X هي 58,5 kHz وأن تكون قيمة Y هي 61,5 kHz.

الشكل 1-A6

نهج تخفيف



وبصرف النظر عن الاقتراح الوارد أعلاه، ورغبة في تجنب تأثير التداخل بأمان بين نظام WPT وتردد 60 kHz في خدمة SFTS في المملكة المتحدة، من الأفضل استخدام تردد أبعد مثل 63 kHz في بلد يستخدم 60 kHz في خدمة SFTS.

ويوضح الشكل 1-A6 نتيجة نهج تخفيف مع إزاحة التردد بقيمة 63 kHz.

2.A6 دراسات تأثير أنظمة WPT-EV في خدمات الإذاعة الصوتية AM في المدى 19-21 kHz/55-65 kHz

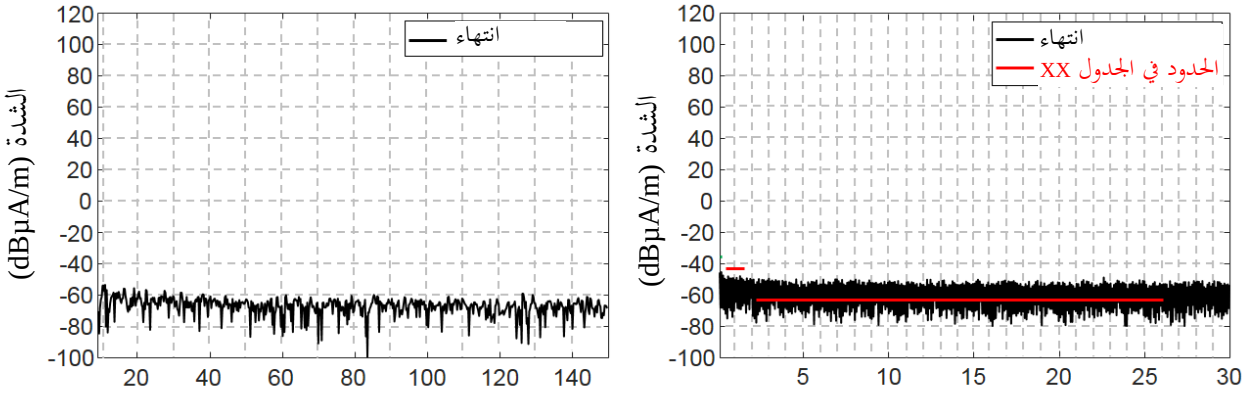
1.2.A6 مقدمة

بما أن اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) اقترح تقييد الإذاعة الصوتية بقيمة –47,5 dBuA/m، فقد درست جمهورية كوريا تحليل التداخل بين البث الإذاعي AM ونظام WPT-EV للمركبات الثقيلة.

2.2.A6 تحليل التداخل بين البث الإذاعي AM ونظام WPT-EV

الشكل 2-A6

تحليل التداخل بين البث الإذاعي AM ونظام WPT-EV للمركبات الثقيلة
(انتهاء المعدات)



<البيانات المقيسة: 9 kHz ~ 150 kHz>
<البيانات المقيسة: 150 kHz ~ 30 MHz>

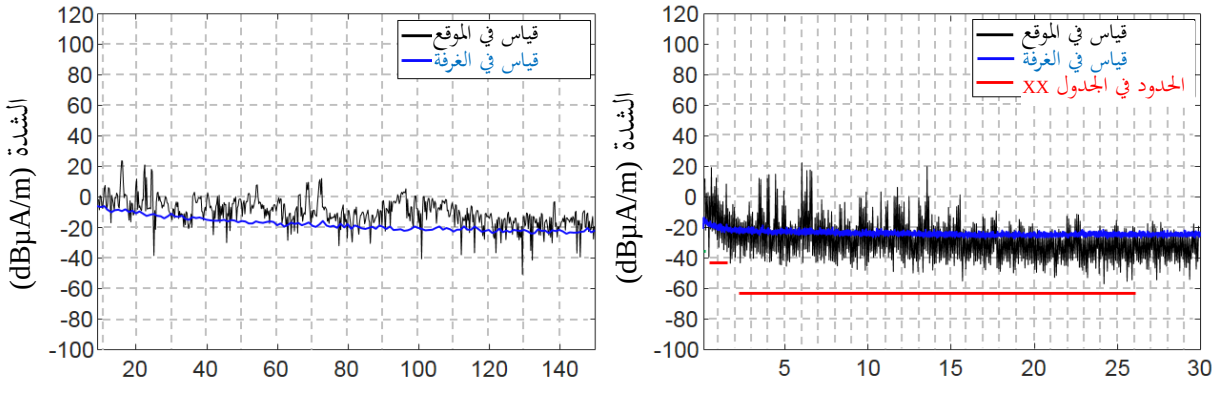
ولدى رسم التداخل بين البث الإذاعي AM ونظام WPT-EV للمركبات الثقيلة، يكون انتهاء مستقبل EMI (Keysight E4440A) بقيمة 50 [Ω] ولا يؤخذ في الاعتبار عامل الهوائي بسبب عدم التوصيل بهوائي حلقي.

ووفقاً للجدول 6، فإن حدود توافقيات النظام WPT عند طاقة عالية هي –37 dBµA/m على مسافة 10 أمتار.

وعلى الرغم من انتهاء مستقبل EMI، يبدو أن القيم مشابهة لقيمتي –56 dBµA و–60 dBµA. وهذا يعني أن الحد يكاد يكون مماثلاً للضوضاء الخاصة بمستقبل EMI.

الشكل 3-A6

تحليل التداخل بين البث الإذاعي AM ونظام WPT-EV للمركبات الثقيلة
(محيط)



<البيانات المقيسة: 9 kHz ~ 150 kHz>
<البيانات المقيسة: 150 kHz ~ 30 MHz>

وعند توصيل مستقبل EMI (Keysight E4440A) بهوائي حلقي، يعتبر عامل الهوائي بأنه حوالي 20 dB. ووفقاً للجدول 8، فإن حدود توافقيات النظام WPT عند طاقة عالية هي –7 dBµA/m على مسافة 10 أمتار.

ويبدو أن القيم مماثلة لقيمتي 0 dBµA و–20 dBµA في ضوضاء بيئة حقيقية. ولذلك، فإن نتائج القياس أعلى بكثير من الحد، بغض النظر عن عملية شحن نظام WPT للمركبات الثقيلة. وتبين أن الحد في الجدول 8 لا يلبي حتى ضوضاء بيئة حقيقية.

3.2.A6 تحليل التخفيف للإذاعة الصوتية AM

ينبغي حماية الإذاعة الصوتية AM بشكل آمن. ومنهجيات التخفيف هي كما يلي.

1.3.2.A6 تأثير التداخل بين نظام WPT والإذاعة الصوتية AM

يشير أحد الأعمال المنشورة حديثاً بخصوص الاقتران المغنطيسي، وهو تحليل فوريه للإشارات التوافقية في أنظمة الطاقة الكهربائية[4]، إلى أن التوافقية الثالثة تمثل 20% من الطاقة المتاحة، والتوافقية الخامسة تمثل 10%. وكذلك تمثل التوافقية السابعة 6%، والتوافقية التاسعة 3%.

ويستخدم نظام WPT للمركبات الثقيلة مقدار 20 kHz كتردد أساسي. والتوافقية السابعة لتردد 20 kHz هي 140 kHz. وأدنى نطاق للبث بالموجات الكيلومترية LF هو 148,5-283,5 kHz. لذلك، يبدو أن تأثير التداخل سيكون قليلاً جداً.

2.3.2.A6 مسافة المباعدة الدنيا بين نظام WPT والإذاعة الصوتية AM

وفقاً للجدول 8، تبلغ مسافة المباعدة الدنيا 10 أمتار والحد هو –7 dBµA/m.

وفي حالة نظام WPT للمركبات الثقيلة، يُقترح أن تكون مسافة المباعدة الدنيا 30 متراً أو أكثر لتجنب تأثير التداخل بأمان بين نظام WPT والإذاعة الصوتية AM.

والبث الإذاعي AM غير شائع في الوقت الحالي، نظراً لوجود قدر من الضوضاء المختلطة على الإشارات الصوتية. وعلاوة على ذلك، نادراً ما يستخدم نطاق الموجات الكيلومترية LF باستثناء حالة الطوارئ. ولذلك من شأن الاحتفاظ بمسافة مباعدة كافية أن يقلل من تأثير التداخل.

4.2.A6 الخلاصة

ينبغي حماية الإذاعة الصوتية AM بشكل آمن. والحد الأدنى لمسافة المباعدة المطلوبة هو 30 متراً أو أكثر لتجنب تأثير التداخل بأمان بين نظام WPT والإذاعة الصوتية AM.

ويبدو من الحكمة اعتماد بديل آخر ينطوي على اتباع نهج سياسة تنظيم وطنية على أساس منهجيات التخفيف الموصوفة أعلاه.

---

4 المؤلفون: Emmanuel Hernández Mayoral، Miguel Angel Hernández López، Edwin Román Hernández، Hugo Jorge Cortina Marrero، José Rafael Dorrego Portela، Victor Ivan Moreno Oliva. النشر: 8 فبراير 2017 بواسطة IntechOpen.

الملحق 7

دراسات التأثير في اليابان لأنظمة WPT-EV العاملة في التردد 79-90 kHz

1.A7 مقدمة

يقدم هذا الملحق دراسات التأثير التي أجريت في عملية وضع القواعد الجديدة في اليابان لأنظمة WPT-EV العاملة في النطاق 79-90 kHz. وقد أُجريت الدراسة من قبل فريق عمل معني بوضع قواعد لأنظمة WPT في وزارة الشؤون الداخلية والاتصالات، اليابان. ويتألف فريق العمل من خبراء في التكنولوجيا وممثلين في المجالات ذات الصلة بما في ذلك صناعات WPT، والأنظمة الراديوية الحالية قيد النظر، والتوافق الكهرمغنطيسي (EMC)، والتعرض للموجات الراديوية، والأوساط الأكاديمية. وقد أدرجت نتائج الدراسة في لوائح الراديو والمبادئ التوجيهية اليابانية لتشغيل تكنولوجيا WPT؛ ثم أصبحت اللائحة الجديدة سارية المفعول في مارس 2016.

2.A7 حدود البث في أنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية

يبين الجدول 1-A7 حدود البث لتطبيقات WPT-EV في لوائح الراديو اليابانية وفقاً لأمداء التردد المعينة.

وعند وضع حدود البث الموصلة والمشعة في إطار فريق العمل، أشير إلى معايير اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) في ضوء التنسيق التنظيمي الدولي. وبالنسبة لبعض حالات الاستخدام المحددة في عمليات النظام الراديوي الحالي في الطيف المعني، تم تحديد شروط ومتطلبات تعايش محلي إضافية مستمدة من دراسات التأثير وأدرجت في حدود البث بناء على موافقة أصحاب المصلحة.

وتعرّف حدود البث شدة طاقة التردد الراديوي المسموح بها من تجهيزات WPT في القواعد الجديدة المسماة "مواصفات النمط"، التي تعفي طلب إذن تركيب فرادى المعدات من أجل نظام WPT.

الجدول 1-A7

حدود البث WPT لشحن المركبات الكهربائية في اليابان

التطبيق WPT المستهدَف	حدود البث الموصل		حدود البث المشع للموجة الأساسية	حدود البث المشع في نطاقات أخرى			
	kHz 150-9	MHz 30- kHz 150	kHz 90-79	kHz 150-9	MHz 30- kHz 150	GHz 1- MHz 30	GHz 6-1
نظام WPT لشحن المركبات الكهربائية	غير محددة	MHz 0,50-0,15: شبه الذروة dBµV 66-56 (تتناقص خطياً مع log(f)) المتوسط dBµV 56-46 (تتناقص خطياً مع log(f)) MHz 5-0,50: شبه الذروة dBµV 56، المتوسط dBµV 46 MHz 30-5: شبه الذروة dBµV 60، المتوسط dBµV 50، عدا نطاقات ISM	dBµA/m 68,4 على مسافة 10 m (شبه الذروة)	dBµA/m 2 3,1 على مسافة 10 m (شبه الذروة) عدا kHz 90-79	استناداً إلى CISPR 11، الطبعة 5.1، تحوَّل القيم إلى ما يقابلها على مسافة 10 m، وتتناقص حدود البث خطياً مع log(f) من dBµA/m 39 عند MHz 0,15 إلى dBµA/m 3 عند MHz 30 (1) الاستثناء 1-: في النطاقات kHz 180 وMHz 270-237 وkHz 3 965-450، حدوث البث أعلى من (1) أعلاه بنسبة dB 10 الاستثناء 2-: kHz 1 606,5-526,5: dBµA/m 2,0- (شبه الذروة)	استناداً إلى CISPR 11، الطبعة 5.1، يطبَّق ما يلي: MHz 80,872-30: dBµV/m 30؛ MHz 81,88-80,872: dBµV/m 50؛ MHz 134,786-81,88: dBµV/m 30؛ MHz136,414-134,786: dBµV/m 50؛ MHz 136,786-230: dBµV/m 30؛ MHz 1 000-230: dBµV/m 37	غير محددة

3.A7 تقييس أنظمة WPT-EV

يتولى فريق العمل المعني بإرسال الطاقة لاسلكياً، التابع لمنتدى النطاق العريض اللاسلكي (BWF) في اليابان، مسؤولية وضع المعايير التقنية لأنظمة WPT باستخدام بروتوكولات الصياغة الخاصة برابطة الصناعات والأعمال التجارية في مجال الاتصالات الراديوية (ARIB). ويفترض أن يشمل معيار ARIB STD-T113 "أنظمة نقل الطاقة لاسلكياً" تقنيات WPT-EV من خلال عملية صوغ المعايير للمنتدى BWF في أعقاب تقييس مواصفات WPT لتطبيقات المركبات الكهربائية على أساس عالمي في المعيارين IEC 61980 وISO 19363.

4.A7 دراسات التأثير على أنظمة WPT العاملة في النطاق kHz 90-79

1.4.A7 عملية تقييم التأثير وخدمات/أنظمة الاتصالات الراديوية الحالية المتوخاة في الدراسة

اتبعت في الدراسات الخطوات التالية:

1 الخطوة الأولى: استقصاء استخدام الطيف وتحديد نطاقات التردد المرشحة.

استقصاء استعمال الطيف من جانب خدمات الاتصالات الراديوية الحالية في أمداء تردد تشغيل أنظمة WPT المقترحة، والنطاقات المجاورة، وأمداء التردد الأخرى التي قد تقع فيها توافقيات أنظمة WPT. وقد تنطوي هذه الخدمات على احتمال أي تردي في جودة الخدمة ناجم عن أنظمة WPT. وتحديد النطاقات المرشحة لأنظمة WPT من طيف شاغر نسبياً.

2 الخطوة الثانية: اختيار أنظمة تفضيلية للاتصالات الراديوية القائمة الواجب حمايتها.

انتقاء أنظمة الاتصالات الراديوية الحالية التي قد تعاني من أنظمة WPT في النطاق (النطاقات) المرشحة. إيلاء الأولوية للأنظمة الواجب حمايتها من خلال توضيح نعوت الخدمات وفقاً للظروف و/أو حالات الاستخدام التالية:

- فئة مدى التردد في لوائح الراديو
- مسوغات الحماية من نظام WPT
- آلية تجنب التداخل الضار من أنظمة WPT

تؤدي الاعتبارات المذكورة أعلاه إلى انتقاء أنظمة الاتصالات الراديوية التفضيلية الحالية.

3 الخطوة الثالثة: تقييم تأثير إرسال أنظمة WPT على خدمات الاتصالات الراديوية الحالية.

يتم تقييم تأثير أنظمة WPT على كل خدمة مختارة من خدمات الاتصالات الراديوية الحالية عن طريق المحاكاة و/أو القياس. ويجب في هذه الخطوة توضيح النقاط التالية.

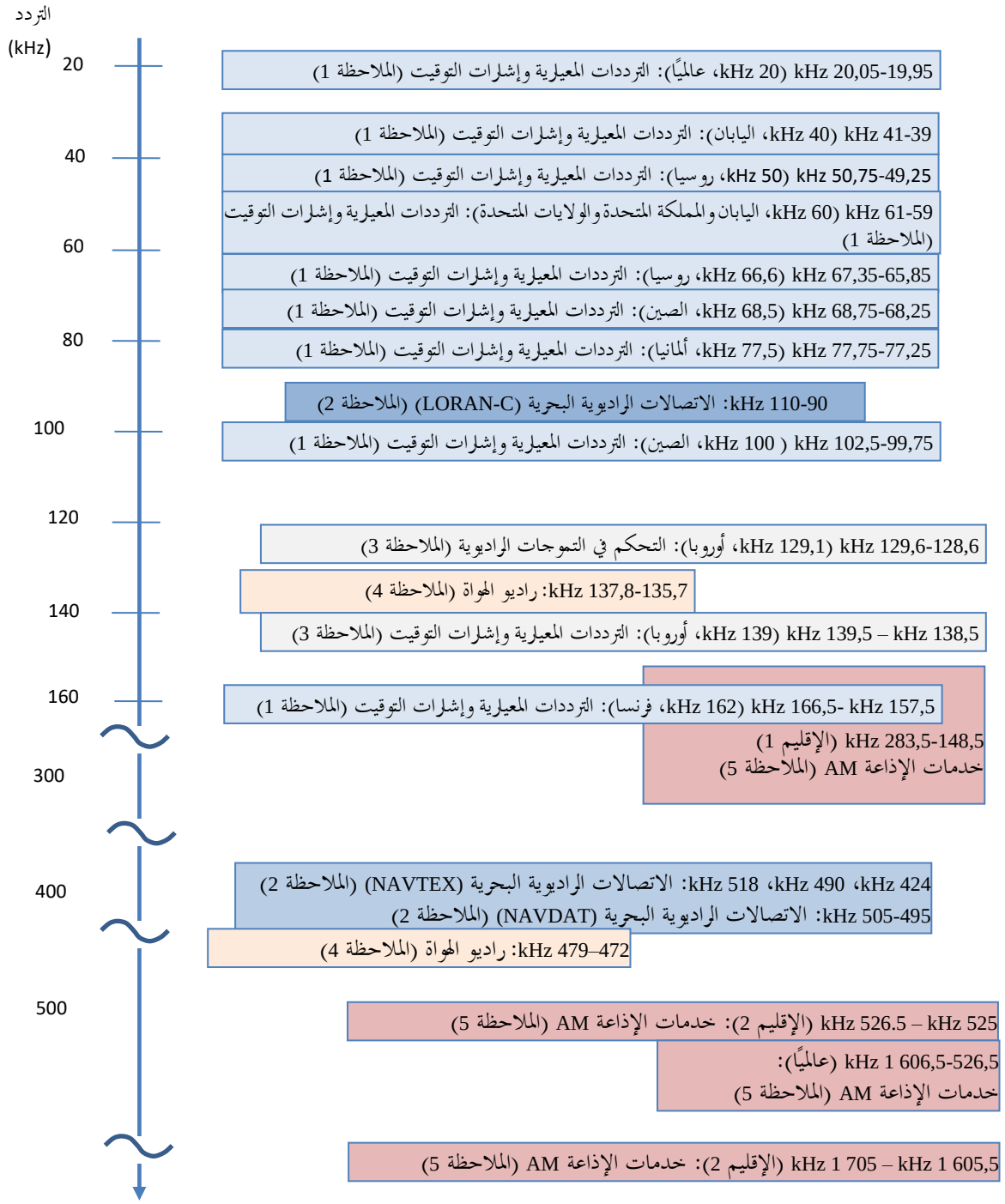
- نطاقات التردد لنقل الطاقة وسوية الطاقة وأي معلمات أو خصائص أخرى قد تؤثر على خدمات الاتصالات الراديوية الحالية.
- حالات استخدام الأنظمة القائمة ذات المعلمات المحددة بما في ذلك فترة/توقيت التشغيل (ولا سيما الفترة المتراكبة المستخدمة مع أنظمة WPT) ومسافة الفصل المادي أو تحديد الموقع.
- قوة الإرسال من أنظمة WPT: ينبغي تحديد الحد الأقصى لقوة الإرسال على النحو المناسب للتقييم بالإشارة إلى اللوائح المتاحة أو مشروع الوثيقة التي يضعها فريق العمل CISPR/B.
- الاختبار والتحقق: ينبغي ألا تتجاوز قوة البث غير المطلوب المحسوبة أو المقيسة عند المستقبل المعني حساسية المستقبل أو ينبغي ألا تتسبب في أي خلل تشغيلي. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي مراعاة شروط حالة الاستخدام مثل توزيع وقت الاستخدام، والتراكب الزمني للعمليات، ومواقع الأجهزة العملية.

وينبغي مناقشة مدى استصواب التخفيف من التأثير والحكم عليه من خلال الخطوات المذكورة أعلاه. ويمكن التوصية باعتماد أمداء التردد مع تخفيف مناسب للتأثير الذي تم التحقق منه والتأكد منه في الخطوات المذكورة وذلك باعتبارها أمداء التردد المرشحة لأنظمة WPT غير ذات الحزمة من أجل المركبات الكهربائية.

ويُفترض أن تكون أمداء التردد لأنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية في مدى التردد دون 150 kHz، مع مراعاة المناقشات حول وضع معايير تقنية WPT على صعيد العالم في المعايير IEC TC 69/PT61980 وISO TC22/PAS 19363 وSAE J2954TF. وكذلك، أخذت في الاعتبار نطاقات تردد التوافقيات لدى النظر في اختيار مدى التردد. وشمل هذا الاستقصاء أمداء التردد دون 1 MHz. ونتيجة استقصاء استخدام الطيف موضحة في الشكل 1.4-A7 ومدرجة في الجدول 1.4-A7.

الشكل 1-A7

طيف خدمات الاتصالات الراديوية من 9 kHz إلى 3 MHz



الملاحظة 1: تشكيل الاتساع (نظام عشري مشفر إثنينياً، BCD). الميقاتيات والساعات التي تستقبل دورياً إشارات التوقيت المعياري الرقمية المرسلة من محطات إرسال إشارات التوقيت المعياري لمزامنة التوقيت الخاص بها وضبطه.

الملاحظة 2: النبض (Pulse) والإبراق بزحزحة التردد (FSK) وغيرهما. نظام راديوي يضمن سلامة تشغيل السفن ويستخدم في المرافئ والموانئ أو في البحر.

الملاحظة 3: نظام راديو يستخدم للتحكم في الحمل/الطلب على الكهرباء، والذي يتواصل عبر شبكة توزيع الكهرباء.

الملاحظة 4: خدمة راديوية تستخدم فيها أجهزة الإرسال والاستقبال في بحوث التكنولوجيا وفي تدريب مشغلي راديو الهواة.

الملاحظة 5: تشكيل الاتساع: خدمة إذاعية صوتية مع أجهزة استقبال تستخدم نطاق موجات طويلة أو متوسطة.

الجدول 2-A7

طيف خدمات الاتصالات الراديوية من 9 kHz إلى 3 MHz

خدمات وأنظمة الاتصالات الراديوية		نطاقات التردد	التشكيل	ملاحظات
الترددات المعيارية وإشارات التوقيت		19,95 kHz – 20,05 kHz (20 kHz، عالمياً) 39 kHz – 41 kHz (40 kHz، اليابان) 49,25 kHz – 50,75 kHz (50 kHz، روسيا) 59 kHz – 61 kHz (60 kHz، المملكة المتحدة والولايات المتحدة واليابان) 65,85 kHz – 67,35 kHz (66,6 kHz، روسيا) 68,25 kHz- 68,75 kHz (68,5 kHz، الصين) 77,25 kHz – 77,75 kHz (77,5 kHz، ألمانيا) 99,75 kHz – 102,5 kHz (100 kHz، الصين) 157,5 kHz -166,5 kHz (162 kHz، فرنسا)	اتساعي (BCD)	الميقاتيات والساعات التي تستقبل دورياً الإشارات الرقمية المرسلة من محطات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت لمزامنة التوقيت الخاص بها وضبطه.
التحكم في التموجات		128,6 kHz – 129,6 kHz (129,1 kHz، أوروبا) 138,5 kHz – 139,5 kHz (139 kHz، أوروبا)	–	الأنظمة الراديوية المستخدمة للتحكم في الحمل/الطلب على الكهرباء، والتي تتواصل عبر شبكة توزيع الكهرباء.
نظام الإنذار الأوتوماتي لحماية القطارات	أنظمة التوقف الآلي للقطارات (ATS)	10 kHz – 250 kHz (اليابان)	–	نظام اتصالات يسلط تياراً كهربائياً على وشائع مركّبة على طول السكة الحديدية ويكشف التيار الكهربائي المستحث في الوشائع المركّبة على عربات القطار على السكة من أجل التحكم بالقطارات.
		425 kHz – 524 kHz (اليابان)	–	
	أنظمة الراديو الحثية للقطارات (ITRS)	100 kHz – 250 kHz (اليابان)	–	أنظمة إرسال للإشارات تستخدم الاقتران الحثي بين خط نقل مركّب على طول السكة الحديدية والهوائيات المركّبة على عربات القطار.
		80 kHz، 92 kHz (اليابان، طريق واحدة فقط)	–	
راديو الهواة		135,7 kHz –137,8 kHz	اتساعي، ترددي، إرسال بنطاق جانبي وحيد، وما إلى ذلك	أنظمة لخدمة راديو الهواة على النحو المحدد في الرقم **56.1** من لوائح الراديو لغرض التدريب الذاتي على الاتصالات البينية والتحريات التقنية التي يقوم بها الهواة
		472 kHz – 479 kHz		
أجهزة راديوية بحرية		90 kHz – 110 kHz (LORAN)	نبضي، إبراق بزحزحة التردد، وما إلى ذلك	أنظمة راديوية تستخدم في المرافئ والموانئ أو في البحر لضمان سلامة تشغيل السفن، وما إلى ذلك
		424 kHz، 490 kHz، 518 kHz (NAVTEX)		
		495 kHz – 505 kHz (NAVDAT)		
إذاعة صوتية AM		148,5 kHz – 283,5 kHz (الإقليم 1) 525 kHz – 526.5 kHz (الإقليم 2) 526,5 kHz – 1 606,5 kHz (عالمياً) 1 605,5 kHz – 1 705 kHz (الإقليم 2)	اتساعي	أنظمة لخدمات الإذاعة الصوتية مع مستقبلات تستخدم في نطاق الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF.

وخلصت الدراسة الاستقصائية بشأن أنظمة الاتصالات الراديوية الحالية إلى ضرورة اختيار الأنظمة/الخدمات الأربع التالية لتقييم تأثير أنظمة WPT على المركبات الكهربائية الخفيفة باستخدام النطاق 79-90 kHz:

– خدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS).

- الأنظمة الراديوية للقطارات (kHz 10 – kHz 250).
- خدمات راديو الهواة (kHz 135,7 – kHz 137,8).
- خدمات الإذاعة بالموجات الهكتومترية MF (kHz 526,5 – kHz 1 606,5).

ويجري تشغيل الأنظمة الراديوية للقطارات في بيئة فريدة في اليابان. وهي ليست مصنفة بشكل واضح في لوائح الراديو اليابانية. ومع ذلك، قرر فريق العمل (انظر الفقرة 1-A7) تقييم الأنظمة الراديوية للقطارات لأنها مسألة تتعلق بالسلامة لحماية مستخدمي القطارات من أي حادث.

2.4.A7 التأثير في الخدمات الإذاعية

1.2.4.A7 دراسات التأثير الموثّقة في التقرير ITU-R SM.2303

يرد وصف النهجين التاليين لدراسة التأثير في خدمات الإذاعة الصوتية بالموجات الهكتومترية (MF) في القسم 2.7 من التقرير ITU-R SM.2303.

1 نهج اقترحه خبراء اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) وقطاع الاتصالات الراديوية: يستند هذا النهج إلى معايير الحماية لخدمات الإذاعة المحددة في التوصيتين ITU-R BS.560 وITU-R BS.703. وقد ركزت دراسة التأثير على البيئة الراديوية حيث يتم تطبيق الحد الأدنى من الحساسية لمستقبل البث الصوتي AM لأغراض التخطيط. ويمكن افتراض أن المناطق المقابلة لها شدة مجال منخفضة لإشارات الإذاعة الراديوية. وتم اشتقاق قيم المجالات المغنطيسية القصوى المسموح بها في مستقبلات الإذاعة في نطاقات الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF باستخدام معايير الحماية للخدمات الإذاعية المبينة في توصيات وتقارير قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة. ويمكن الاطلاع على التفاصيل في الفقرة 1.2.7 من التقرير ITU-R SM.2303.

2 نهج اقترحته اليابان: تركز دراسة التأثير التي أجرتها اليابان في البيئة الراديوية في المناطق الحضرية المماثلة للفئة البيئية "المدينة" في التوصية ITU-R P.372-13، حيث يمكن افتراض الضوضاء البيئية العالية والمتوسطة وشدة المجال العالية والمتوسطة لإشارات الإذاعة الصوتية. والشرط الأساسي للتعايش في دراسة التأثير هذه هو ضمان أن تكون شدة مجال البث المشع المتداخل من أنظمة WPT أقل من سوية ضوضاء البيئة الموصوفة في التوصية ITU-R P.372-13. وقد تم تحديد حد البث المشع في النهاية ليكون –2,0 dBµA/m على مسافة 10 أمتار من أنظمة WPT في لوائح اليابان، على أساس مسافة فصل عملية وخسارة انتشار بسبب جدران المنازل والمباني وميزانية عدم اليقين في تصميم الصناعات ومرحلة الاختبار. وصودق على هذا النهج من خلال دراسة لتحليل البث وقياسه واختبار إمكانية السمع باستخدام معدات اختبار WPT ومستقبلات الإذاعة MF. ويمكن الاطلاع على التفاصيل في الفقرة 2.2.7 من التقرير ITU-R SM.2303.

2.2.4.A7 شروط التعايش بين أنظمة WPT-EV وخدمات الإذاعة الصوتية بالموجات الهكتومترية (MF)

ينبغي مراعاة النقطتين التاليتين بعناية لتحديد شروط التعايش.

- ينبغي أن تكون شدة مجال البث المشع المتداخل من أنظمة WPT أقل من سوية ضوضاء البيئة المستمدة من التوصية ITU-R P.372-13، لفئات مختلفة من البيئة الراديوية، عند دخل هوائي مستقبل راديوي.
- ينبغي لكل إدارة أن تحدد حدود البث المشع عند تحديد مسافة (مسافات) الفصل الدنيا المطلوبة بين أنظمة WPT ومستقبلات الإذاعة، مع مراعاة خسارة الانتشار بسبب جدران المنازل والمباني وعوامل أخرى، بما فيها ميزانية عدم اليقين في تصميم الصناعات ومرحلة الاختبار.

وفيما يلي وصف الأسباب المذكورة أعلاه.

يتضمن الجدول 3-A7 مثالاً لفئات مختلفة من البيئة الراديوية مع شروط التعايش بين أنظمة WPT وخدمات الإذاعة الصوتية MF، والتي تتميز بمسافة الفصل وخسارة الانتشار عبر جدران المنازل أو المباني وميزانية عدم اليقين في الاختبار والتصميم، وشدة المجال H

من أنظمة WPT وسويات الضوضاء البيئية. وقد حُسبت سويات الضوضاء البيئية في الصف السفلي في الجدول 3-A7 بالرجوع إلى التوصية ITU R P.372-13 التي تصنف البيئة الراديوية على أساس "المدينة" والمناطق "السكنية" والمناطق "الريفية" والمناطق "الريفية الهادئة".

واستخدم فريق العمل "المدينة" في دراسة التأثير بافتراض تعايش في المستقبَل القريب مع أنظمة WPT-EV في بيئة الخدمة الإذاعية بالموجات الهكتومترية (MF)، حيث جرى حساب سوية الضوضاء البيئية عند –25,5 dBµA/m. ومن ناحية أخرى، حُسبت سوية ضوضاء البيئة في "الريف الهادئ" على أنها –48,5 dBµA/m، وهي تكاد تكون نفس سوية البث بمقدار –47,5 dBµA/m الذي اقترحه خبراء البث في اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) والقطاع ITU-R، حسبما هو مبين في الفقرة 1.2.7 من التقرير ITU-R SM.2303. وعلى الرغم من اختلاف النهجين من منظور الاتحاد EBU واليابان، فإن حدود الإرسالات المشعة الناتجة عن النهجين تعتبر متسقة في البيئة الريفية الهادئة.

ويمكن اشتقاق مسافة المباعدة الدنيا المطلوبة لكل بيئة راديوية بحيث لا تقل شدة المجال H للبث من أنظمة WPT في المستقبل الراديوي عن سوية ضوضاء البيئة. وفي دراسة اليابان، افترضت الشروط التالية لوضع اللوائح الوطنية لأنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية على النحو الموصوف في الفقرة 2.2.7 من التقرير ITU-R SM.2303.

- التداخل الذاتي يقع خارج نطاق دراسة التأثير هذه. ويعني التداخل الذاتي أن مصادر التداخل في أنظمة WPT لدى مالك ما تتداخل في مستقبِل البثّ الإذاعي MF الخاص بالمالك نفسه.
- تقع مستقبِلات البثّ الإذاعي MF داخل المنازل أو المباني. بينما يقع نظام WPT لشحن المركبات الكهربائية خارج المنازل أو المباني. ولذلك ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار خسارة الانتشار الناجمة عن جدران المنازل، التي تقدر بأنها 10 dB من نتائج الدراسة اليابانية.
- إن مسافة المباعدة بين نظام WPT ومستقبِل إذاعي بالموجات MF هي 10 أمتار، بافتراض أن أقرب منزل في الجوار يبعد أكثر من 10 أمتار عن منزل مالك النظام WPT في منطقة "المدينة".
- أخذت في الاعتبار ميزانية عدم اليقين في مرحلة التصميم والاختبار لدى المصنّعين. وقد دعمت هذه القيمة لأن الشركات المصنعة تراعي بشكل معقول ميزانية عدم اليقين بمقدار 10 dB أو أكثر لضمان أداء البث لديها في مراحل التصميم والاختبار الخاصة بها لكي تفي منتجاتها بحدود التنظيم بنسبة 100%. وميزانية عدم اليقين المقدرة هنا هي 14 dB من نتائج قياس أنظمة WPT المطورة.

وتبعاً لذلك، وضعت حدود البث المشع في اللوائح اليابانية الجديدة لأنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية على أنها –2,0 dBµA/m على مسافة 10 أمتار في مدى التردد لخدمات البث الصوتي بالموجات MF.

ويمكن تطبيق هذا التنظيم على البيئة الراديوية عدا منطقة "المدينة" باتخاذ مسافة فصل مناسبة في الاعتبار. وينبغي لصناعات WPT أن تتخذ باستمرار تدابير مناسبة لتخفيف التداخل بهدف خفض سويته دون السوية المسموح بها، وذلك لتجنب التشويش الضار في الخدمات الإذاعية في المناطق شبه الحضرية والمناطق الريفية. فإذا تسبب نظام WPT ما بتداخل غير مقبول في المستقبِلات، عندئذ يجب على إدارات الاتصالات الراديوية أن توفر تدابير/أوامر تنظيمية لوقف تشغيل أنظمة WPT التي تتسبب في تداخل ضار في الأنظمة الراديوية القائمة الأخرى.

وعند اعتماد اللائحة اليابانية بقيمة –2,0 dBµA/m على مسافة 10 أمتار والعوامل الأخرى، بما فيها خسارة الانتشار وميزانية عدم اليقين، يمكن تحقيق التعايش بين أنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية وخدمات البث بتحديد مسافات الفصل المناسبة التي تبلغ 13 متراً و16 متراً و35 متراً للبيئات الراديوية "السكنية" و"الريفية" و"الريفية الهادئة"، على التوالي.

وتُظهر نتائج الدراسة أنه يمكن تحقيق التعايش في أي بيئات راديوية بتحديد مسافات مباعدة مناسبة بين أنظمة WPT-EV ومستقبلات الإذاعة الصوتية بالموجات MF.

الجدول 3-A7

مثال لشرط التعايش بين أنظمة WPT والخدمات الإذاعية

فئات البيئة الراديوية في التقرير ITU R P.372-13	A (مدينة)	B (سكنية)	C (ريفية)	D (ريفية هادئة)	ملاحظات
(1) حدود البث المشع عند m 10 (dBµA/m)	2,0–	2,0–	2,0–	2,0–	حدود البث المشع في مدى التردد MF في اللوائح اليابانية لأنظمة WPT-EV
مسافة المباعدة (m)	10	13	16	35	مسافة المباعدة m 10 محددة كشرط دراسة التأثير في المناطق الحضرية. مسافة المباعدة في المناطق السكنية والريفية والريفية الهادئة موصوفة كمرجع فقط.
(2) انحطاط بسبب مسافة المباعدة (dB)	0	4,8	8,6	22,9	في قانون راديو اليابان، عامل تحويل المسافة من m 10 إلى m 20 هو 1/10 (= dB 20) في مدى ترددات الخدمة الإذاعية MF. من هذه العلاقة (قاعدة القوة 2,1)، العامل من m 10 إلى m 15 هو 1/2,3 (= dB 7,2)، والعامل من m 10 إلى m 20 هو 1/4,3 (= dB 12,7)
(3) خسارة الانتشار بسبب جدران المنازل والمباني (dB)	10	10	10	10	مرجع من نتائج تقرير اليابان في مؤتمر المائدة المستديرة لوزارة الشؤون الداخلية والاتصالات (MIC) بخصوص التأكيد المسبق للإذاعة MF (ديسمبر 1983).
(4) ميزانية عدم اليقين في مرحلة التصميم والاختبار لدى المصنعين (dB)	14	14	14	14	مقدرة بالنتائج المقيسة لوضع أنظمة WPT-EV في اليابان.
(5) شدة المجال H للبث المحقق عند مستقبل الراديو AM (dBµA/m)	26,0–	30,8–	34,6–	48,9–	محسوبة بموجب (5) = (1) – (2) –(3) –(4)
سوية ضوضاء البيئة (dBµA/m)	**25,5–**	**30,5–**	**34,5–**	**48,5–**	**محسوبة بقيمة kHz 500 في المعادلة (7) والشكل 10 في التوصية ITU-R P.372-13.**

3.4.A7 التأثير في خدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS)

لن تتسبب أجهزة WPT التي يكون إرسالها المشع أقل من حدود الإرسال الموصوفة في الجدول 4-A7 في حدوث تداخل ضار، وهو ما تحدده النسبة *C/I* المستمدة من الحد الأدنى لحساسية المستقبِل في الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً والتي تستخدم خدمات SFTS في الحالات المتفق عليها. وقد تم الاتفاق على مسافة فصل قدرها 10 أمتار واستخدامها لتقييم التأثير في تلك الأجهزة. وبالإضافة إلى ذلك، أخذ في حساب التقييم مدى زمن تشغيل الجهاز لاستقبال خدمة SFTS التي لا تتراكب مع تشغيل أنظمة WPT، وتنوع اتجاه انتشار موجة الخدمة SFTS، وتوقع تحسن أداء المستقبلات في هذه الأجهزة في المستقبَل. وتبعاً لذلك، تأكد أن تأثير أنظمة WPT في الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً ضئيل بما فيه الكفاية لعدم التسبب في تداخل ضار. والتفاصيل موصوفة في الفقرات (أ) – (د) الواردة أدناه.

الجدول 4-A7

حدود البث المشع من أنظمة WPT-EV في المدى 79-90 kHz في دراسة اليابان

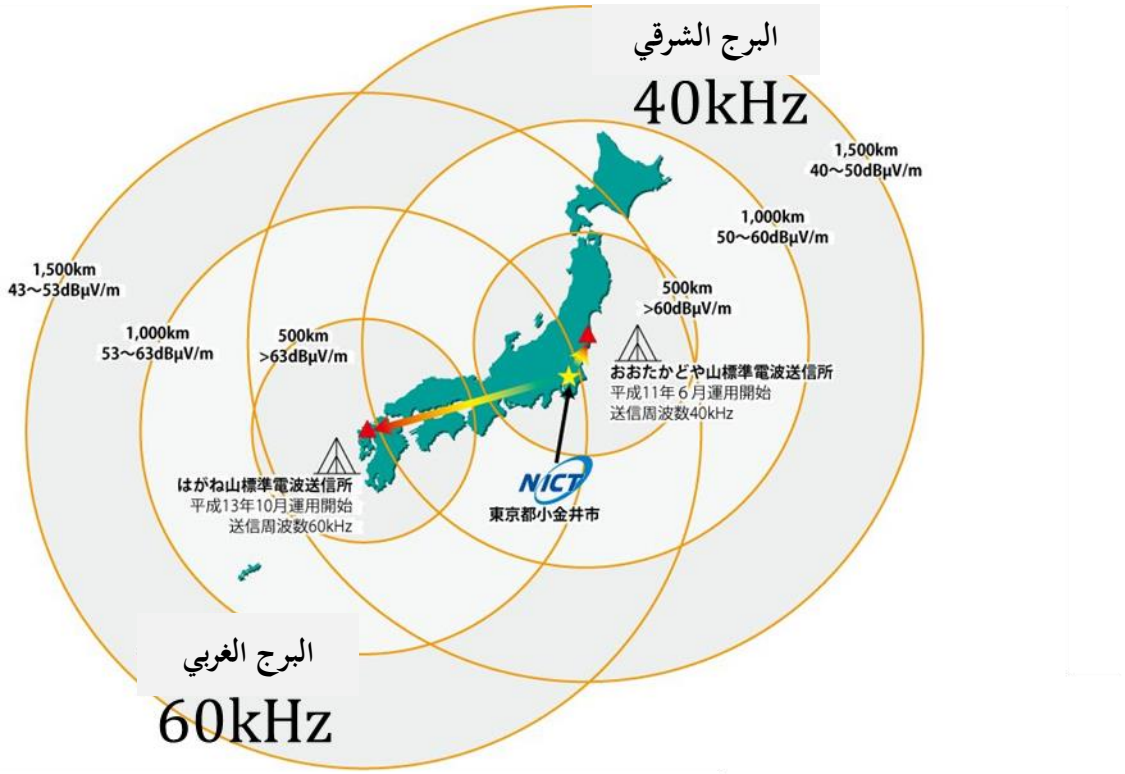
	حدود البث المشع
مدى تردد WPT (المستخدم لنقل الطاقة)، 79-90 kHz	68,4 dBµA/m مسافة 10 m لمرسل طاقة 3 kW 72,5 dBµA/m مسافة 10 m لمرسل طاقة 7,7 kW
مدى التردد 526,5-606,5 kHz 1 (للخدمات الإذاعية MF)	2,0− dBµA/m مسافة 10 m
أمداء التردد الأخرى دون 3 MHz المتوقعة للنطاق 526,5-606,5 kHz-1	23,1 dBµA/m مسافة 10 m

أ) إرسالات خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTS) في اليابان

يوضح الشكل 2-A7 تغطية إرسال الخدمة SFTS بقوة إشارة مرسلة من برجي إرسال يقعان في شرق اليابان (البرج الشرقي في محافظة فوكوشيما) وغربها (البرج الغربي في محافظة ساغا). ويرسل البرج الشرقي بتردد 40 kHz والبرج الغربي بتردد 60 kHz. ويمكن استقبال الخدمة SFTS في أي مكان في الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً في أي مكان في البلد، حتى في الجزر النائية في المحيط، بقوة إشارة أعلى من 50 dBµV/m، وهو الحد الأدنى لشدة المجال الكهربائي.

الشكل 2-A7

إرسالات الخدمة SFTS تغطي جميع أنحاء اليابان



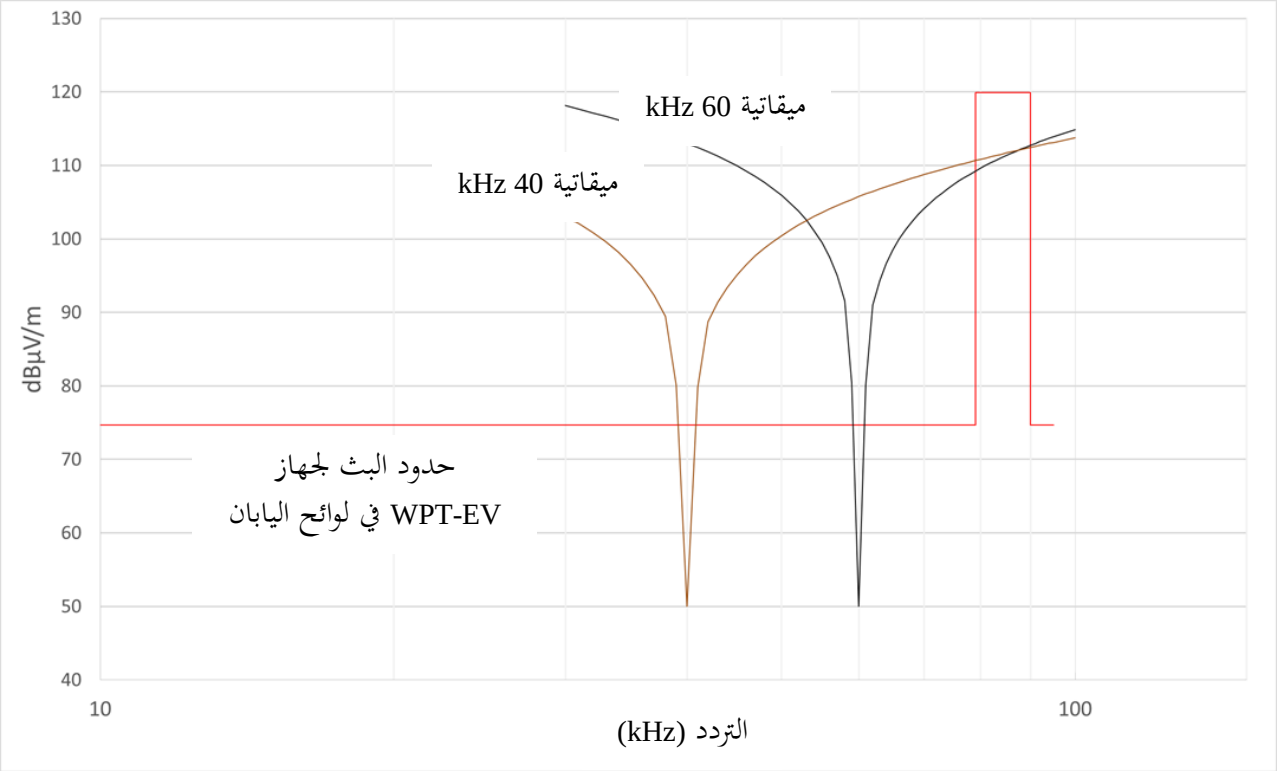
– مقتطف من المعهد الوطني للمعلومات والاتصالات (NICT)
<http://jjy.nict.go.jp/mission/page4.html#hyojun>

ب) التداخل من أنظمة WPT في الساعات/الميقاتيات الراديوية التي تستقبل خدمة SFTS

يرسم الشكل 3-A7 حدود إرسال أنظمة WPT-EV وشدة مجال التداخل المسموح بها لمستقبل SFTS في مدى التردد موضع الاهتمام. وهنا يُفترض أن المستقبل يتلقى إشارة SFTS عند شدة مجال 50 dBuV/m (أي الحد الأدنى من حساسية المستقبِل) عندما يشتق أداء المستقبل من نتائج قياس الساعات/الميقاتيات الراديوية التجارية التي تستقبل 60/40 kHz من أشكال الموجة SFTS المرسلة. ومن هذا الشكل، من المتوقع أن تُحجب أشكال موجة SFTS عند 60/40 kHz، التي تتلقى أقل من 50 dBuV/m، جراء إرسالات أنظمة WPT-EV في مدى 79-90 kHz المستقبَلة عند شدة مجال أعلى من 110 dBuV/m. وقد تواجه بعض أنواع الساعات/الميقاتيات التجارية المضبوطة راديوياً على نطاق واسع مشكلة ناجمة عن انخفاض المناعة من التداخل وضعف انتقائية التردد في المستقبلات.

الشكل 3-A7

حد الإرسال لأنظمة WPT-EV وشدة مجال التداخل المسموح بها لمستقبل SFTS

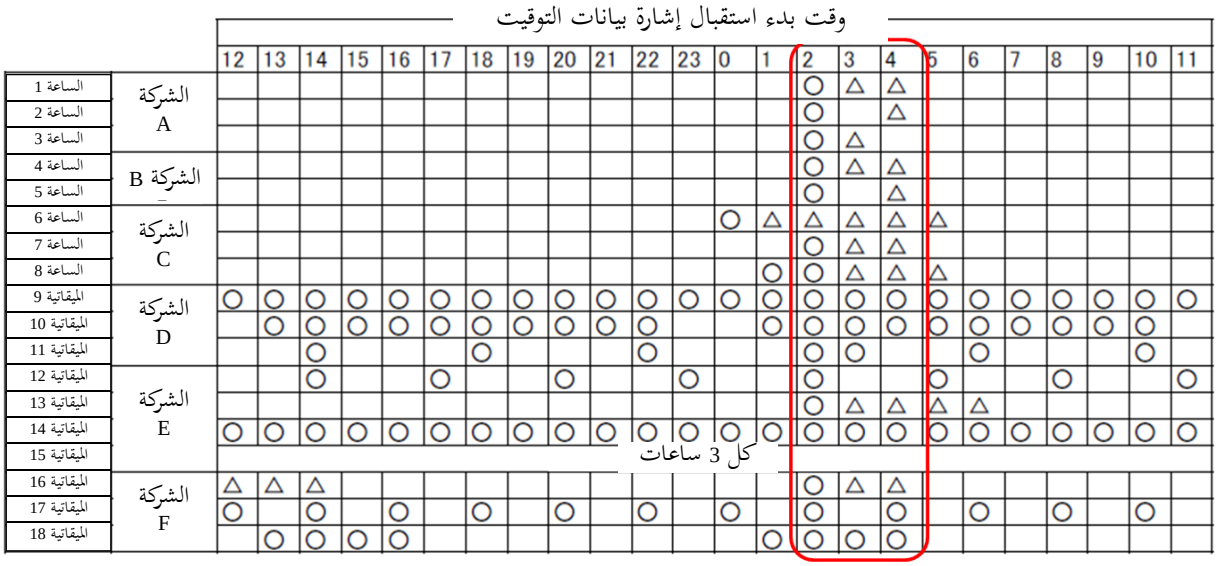


ج) توزيع توقيت استقبال إشارة SFTS لضبط الوقت

تتلقى الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً بيانات SFTS تلقائياً للحفاظ على ضبط الوقت فيها إزاء التوقيت المرجعي. ويوضح الجدول 5-A7 توزيع التوقيت المحدد لضبط الوقت تلقائياً في العديد من المنتجات التجارية. ولتلقي البيانات على وجه التأكيد كل يوم، تتلقى كل ساعات/ميقاتيات الشركات البيانات خلال الفترة 2:00 – 5:00 صباحاً.

الجدول 5-A7

توزيع التوقيت المبرمج زمنياً لضبط الوقت أوتوماتياً



ملاحظة: "الدائرة" تعني "توقيت التعديل المبرمج الأولي" ويعني "المثلث" "توقيت التعديل الثانوي لغرض الاحتياط".

د) اعتبارات بشأن تأثير WPT-EV في خدمات SFTS

التأثير المحتمل في أداء مستقبل SFTS وتدابير التخفيف

قد يتراجع أداء المستقبِل في الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً والتي تستقبل SFTS وذلك بسبب حجب المستقبل الناتج عن بث نظام WPT في مدى تردد تشغيله بسبب عدم كفاية الحساسيات في أجهزة استقبال SFTS. ولا بد من الإشارة إلى أنه لا يمكن ملاحظة الحدث إلا عندما يقع توقيت استقبال SFTS المخطط له في فترة شحن المركبة الكهربائية لاسلكياً. وهكذا، قد لا يستمر حدث التداخل الضار بعد الفترة المتراكبة. ويجب أن تعتمد برامج مواءمة توقيت الشحن في أنظمة WPT على ضبط التوقيت لحل مشكلات حجب مستقبلات SFTS.

إطار التوافق المتفق عليه بين أنظمة WPT-EV الساعات/والميقاتيات المضبوطة راديوياً

في إطار فريق العمل (انظر الفقرة 1.A7)، توصل قادةٌ من دعاة أنظمة WPT-EV وممثلو صناعة الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً إلى إجماع حول إطار التوافق بشأن التقنيتين. وكان الأساس هو إمكانية استخدام أنظمة WPT-EV في حدود dBuA/m 68,4 عند تردد kHz 85 (kHz 90-79) أثناء استخدام الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً لتردد kHz 60/40 عملياً في جميع أنحاء اليابان. ونُظر في النقاط التالية بعناية وتم الاتفاق عليها.

- يمكن التساهل بحوالي dB 10 بالنسبة لشدة المجال الدنيا المستقبلة بقيمة dBuV/m 50،
- لا تتراكب فترة الشحن اللاسلكي للمركبات الكهربائية دوماً مع توقيت استقبال SFTS للساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً،
- قد لا يكون اتجاه وصول إشارة SFTS بشدة مجال قصوى في جهاز الاستقبال هو نفس الاتجاه الرئيسي لجهاز WPT،
- ينبغي الإشارة، في دليل استخدام جهاز WPT أو على منتج WPT، إلى التوجيه التالي أو ما يعادله: "احتمال تداخل كهرمغنطيسي ضار في أجهزة الساعات/الميقاتيات المضبوطة راديوياً التي تستقبل إشارة SFTS."

4.4.A7 التأثير في خدمات راديو الهواة

لا يتراكب مدى التردد 79-90 kHz لأنظمة WPT-EV مع مدى التردد المتوخى لخدمات راديو الهواة وله مسافة فصل كافية في التردد. لذلك، لا يؤخذ في الاعتبار كبت حساسية المستقبل (خارج النطاق) بسبب التداخل. وقد يلزم أن تؤخذ في الحسبان قوة البث المشع للتوافقيات (البث الهامشي) من أنظمة WPT في حال وقوعها في أمداء التردد لخدمات راديو الهواة. وتُظهر افتراضات أنظمة WPT-EV في مدى التردد المرشح معلمات وأداء النظام المقبولين للتدليل على التداخل غير الضار المحتمل في خدمة راديو الهواة. وترد تفاصيل دراسة التأثير في الفقرة 1.1.7 من التقرير ITU-R SM.2303.

5.4.A7 التأثير في الأجهزة الراديوية للتحكم في السكك الحديدية

نُظر، في إطار الدراسات التي تناولت تأثير الأنظمة الراديوية للقطارات، في التداخل الضار في حالات الاستخدام الفعلي في التشغيل ونوقش من خلال المحاكاة والقياسات. وكانت شروط المناقشة كما يلي:

- ينبغي ألا يتراكب مدى التردد لأنظمة WPT مع الأمداء المستخدمة للأنظمة الراديوية للقطارات، بما في ذلك أنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS) وأنظمة الراديو الحثية للقطارات (ITRS).
- ينبغي أن تكون مسافة الفصل بين أجهزة ATS/ITRS، التي لا يتسبب فيها نظام WPT في حدوث تداخل ضار، أقل من العتبة الحرجة (حوالي 1,5 متر) المحددة في معايير بناء شبكات السكك الحديدية.

ونتيجة لنتائج دراسة التأثير هذه، كانت مسافة الفصل المطلوبة لتلبية الشرط أكثر من 5 أمتار لأنظمة الإيقاف الأوتوماتي للقطارات (ATS)، وأكثر من 45 متراً بالنسبة لأنظمة الراديو الحثية للقطارات (ITRS)، على التوالي. ومع ذلك، فإن النظام ITRS الذي يستخدم نفس نطاق التردد المستخدم في أنظمة WPT-EV يعمل في مناطق محددة للغاية ومحدودة محلياً. ويمكن تخفيف تأثير أنظمة ITRS بالتعاون بين صناعات أنظمة WPT ومشغل شبكة السكك الحديدية. لذلك، قرر فريق العمل المعني بوضع قواعد أنظمة WPT في وزارة الشؤون الداخلية والاتصالات (اليابان) ضرورة عدم تطبيق مسافة الفصل المذكورة أعلاه على لوائح اليابان الجديدة المتعلقة بأنظمة WPT. وتمخضت المناقشات عن شرط مفاده أن أنظمة WPT لشحن المركبات الكهربائية ينبغي أن تقع على مسافة تزيد عن 5 أمتار من مسارات القطارات، وقد وصف هذا الشرط بوضوح في لوائح اليابان المتعلقة بأنظمة WPT. وترد تفاصيل دراسة التأثير في الفقرة 1.1.7 من التقرير ITU-R SM.2303.

الملحق 8

تحليل تأثير أنظمة نقل الطاقة لاسلكياً (WPT) في الخدمات الإذاعية

1.A8 خلفية

من المرتقب أن تصبح نقاط الشحن لنقل الطاقة الحثي، التي تعمل بقيم طاقة تصل إلى عشرات أو مئات وحدة kW، متاحة على نطاق واسع. ومن المتوقع أن يعمل العديد من هذه النقاط أو يولّد توافقيات في نطاق البث بالموجات الكيلومترية LF في النطاق من 148,5 إلى 283,5 kHz، ونطاق البث بالموجات الهكتومترية MF من 526,5 إلى 1 606,5 kHz، ونطاق البث بالموجات المترية HF من 2,3 إلى 26,1 MHz. وعمليات شحن الطاقة بهذه المقادير على مقربة من مستخدمي هذه النطاقات في المنزل أو أثناء التنقل تمثل تهديداً محتملاً كبيراً لاستقبال البث على الموجات LF وMF. ويمكن الاطلاع على معلومات عن مرسلات البث LF وMF في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط في المرفق 1 بالملحق 8، وعن مرسلات البث MF عبر أجزاء من الإقليم 2 في المرفق 2 بالملحق 8.

ومن المهم ألا تتسبب أنظمة WPT في تداخل ضار بالخدمات الراديوية العاملة في النطاقات الموزعة لها. وهذا المبدأ مكرس في المادتين **12.15** و**13.15** من لوائح الراديو.

ومن الواضح جداً ومن المعقول أن تخضع للترخيص الخدمات الراديوية التي تعمل وفقاً للوائح الراديو في النطاقات الموزعة لها، وهي تخضع عادة للتنظيم بعناية. وعلى هذا النحو، ينبغي ألا تتعرض هذه الخدمات للتداخل الضار من أجهزة WPT التي تعمل دون أي صفة تنظيمية محددة. وينبغي احترام هذا المبدأ لدى تصميم أنظمة WPT وتشغيلها.

2.A8 العوامل التي تسهم في تأثير التداخل

قبل النظر في الأساليب التي يمكن فيها أن تتسبب أجهزة WPT بالتداخل، ومن ثم التحكم فيها، لعل من المفيد النظر بإيجاز فيما قد يشكل "تداخلاً ضاراً". فالبث التماثلي بتشكيل الاتساع AM، على سبيل المثال، لا يتمتع بالحماية الكافية ويمكن أن تؤدي سويات منخفضة جداً من التداخل إلى انحطاط إمكانية السمع إلى سويات لا تطاق. ويتوقف مدى "ضرر" هذا التداخل على عدد من العوامل النفسية الصوتية بالإضافة إلى قوة الإشارة المستقبلة، وهو يختلف من مستمع لآخر. ولكن العمل المنجز في الاتحاد الدولي للاتصالات وضع حدوداً لسويات التداخل المقبولة. وتعمل بعض الخدمات الراديوية الأخرى، وفي حالات كثيرة تكون مصممة لذلك، في ظروف انتشار معاكسة. وهذه الأنظمة محمية عموماً على الأقل من أنواع معينة من التداخل.

ومن المحتمل أن يتسرب بعض من طاقة الترددات الراديوية التي يولدها أي جهاز WPT وينتج عنها إشعاع المجالات الكهرمغنطيسية (EM) الشاردة مع إمكانية التداخل في الخدمات الراديوية. ويمكن أن تكون مجالات التداخل الكهرمغنطيسي المشعة المتداخلة عند تردد (ترددات) الرنين المغنطيسي لتشغيل جهاز WPT أو قريبة منه، أو على تردد آخر، ومن المحتمل جداً أن تكون مترابطة توافقياً. وبغض النظر عن قدرة النظام أو المستقبل على حماية نفسه من التداخل، هناك عدد من العوامل التي تملي ما إذا كان التداخل شديداً بما فيه الكفاية لاعتباره ضاراً أم لا. والتأثيرات الرئيسية، التي أدرج بعضها من قبيل الاكتمال بقدر ما هي ذات صلة بأنظمة WPT، هي:

- خرج الطاقة من جهاز WPT؛
- مسافة المباعدة؛
- التقطع؛
- اتجاهية الهوائي؛
- خسارة دخول المبنى؛
- مواءمة الاستقطاب.

ويرد شرح موجز لكل من هذه العوامل في المرفق 3 بالملحق 8.

3.A8 التعليق والتطبيق على أنظمة WPT ومستقبلات البث الإذاعي

بالنظر إلى الحالة المحددة لمستقبل بث AM (على الموجات LF أو MF أو HF) يعاني من تداخل من جهاز WPT، فإن العوامل ذات الصلة هي شدة المجالات الكهرمغنطيسية الشاردة ضمن نطاق تردد التشغيل للمستقبل (الذي يتكون عادةً من مزيج من الإشعاع في تردد تشغيل WPT الاسمي، بالإضافة إلى توافقياته، وربما إشعاع شبيه بالضوضاء أيضاً) والفصل المادي بين المستقبل ونظام WPT-EV.

وفي حالة معدات WPT المصممة لشحن المركبات الكهربائية، يستمر الاستخدام التشغيلي عادةً لفترات طويلة في كل مرة؛ لذلك ينبغي اعتبار التداخل مستمراً ومن ثم لا يمكن السماح بأي تساهل في متطلبات الحماية على أساس التقطع.[5] ومن غير المحتمل

[5] قلما تستغرق نشرات BBC الإخبارية أكثر من دقيقتين، وبرنامج مصلحة عامة يستغرق عادة نصف ساعة. ومن المرجح ألا يتجاوز تحمل المستمع لصفير خلفية مستمر أكثر من بضع ثوانٍ، وبعد ذلك يكون رد الفعل هو الانتقال إلى محطة (منافسة) أخرى.

إمكانية التحكم في اتجاهية الإشعاع من أنظمة WPT-EV (خاصة على الترددات غير الأساسية)، حتى الأقل توجيهاً عن موقع أي مستقبل بث قريب، ولذا لا يمكن التساهل في هذه الحالة. وكذلك، من غير المحتمل إمكانية التحكم في استقطاب الإشعاع من أنظمة WPT-EV (ومرة أخرى التوافقيات بشكل خاص) ومن ثم يجب اعتبارها أيضاً بمثابة "أسوأ حالة".

وغالبية أمداء التشغيل لأنظمة WPT ليست متطابقة مع أي نطاق إذاعي[6]، ولذلك من غير المحتمل أن يسبب الإشعاع عند ترددات التشغيل هذه تداخلاً ضاراً في الخدمات الإذاعية. بيد أنه من الممكن أن يكون الإشعاع على الترددات المترابطة توافقياً ضمن نطاقات البث الكيلومترية LF (148,5 kHz إلى 283,5 kHz) أو الهكتومترية MF (526,5 إلى 1 606,5 kHz) أو المترية HF (عدة نطاقات بين 3,2 MHz و26,1 MHz).

4.A8 حدود شدة المجال المسموح بها

ثمة حدود مقترحة بشأن المجالات المغنطيسية من الأجهزة الحثية منخفضة الطاقة العاملة في أمداء قصيرة في أماكن مختلفة (مثل توصية مجلس البحوث الأوروبي ERC REC 70-03 لحدود البث داخل النطاق والتوصية ERC REC 74-01 لحدود البث في المجال الهامشي، والمعيار CISPR11، وغيرها). ويبدو أن أياً من هذه الحدود المقترحة لا يحمي الخدمات الراديوية في جميع الظروف. بل من الواضح أنها غير كافية نظراً لحدوث حالات تداخل ضار معروفة. وإذا كانت هذه الحالات نادرة فهي نتيجة لمختلف عوامل التخفيف، مثل تقطع الاستخدام وكثافة النشر ومسافات الفصل بين المصادر وضحايا التداخل، الفعالة حتى الآن في الحد من مدى وشدة التداخل وخفضها إلى سويات "مقبولة". وليس هنالك من دليل يدعم الادعاء القائل بأن تكييف الحدود الموضوعة للتطبيقات الحثية منخفضة الطاقة ومتقطعة الاستخدام سيكون مناسباً لتطبيقات نقل الطاقة الحثية العالية مثل أنظمة WPT-EV.

اشتقاق أقصى سوية مسموح بها من التداخل في مستقبل AM

من الضروري إذاً اشتقاق حدود مناسبة من المبادئ الأولى للتوافق الكهرمغنطيسي. والخطوة الأولى في اشتقاق حدود شدة المجال المقبولة هي النظر في شدة المجال المطلوبة وشدة المجال المتداخلة عند مستقبل البث، مهما كانت المسافة من مصدر التداخل.

ولكي يستمر مستقبل البث AM في العمل على النحو المنشود على السويات المحددة للحفاظ على سوية مرضية من جودة الإشارة وإمكانية السمع عبر منطقة الخدمة المخطط لها، يمكن حساب السوية القصوى المسموح بها لأي مجال مغنطيسي متداخل من التوصيتين ITU R BS.703 وITU-R BS.560 على النحو التالي:

- النطاق 5 (LF) (148,5-283,5 kHz): 45,0– dBµA/m
- النطاق 6 (MF) (526,5-1 606,5 kHz): 51,0– dBµA/m (A)
- النطاق 7 (HF) (3,2-26,1 MHz)[7]: 71,0– dBµA/m

وترد تفاصيل الحساب في المرفق 4 بالملحق 8.

حجب الضوضاء

تكشف الدراسات الإضافية التي أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية، والمفصلة في المرفق 7 بالملحق 8، أن ضوضاء النظام – وهي مزيج من الضوضاء البيئية (الطبيعية والتي من صنع الإنسان) وضوضاء المستقبل – يمكن أن تحجب تأثير مصدر التداخل الجيبي المستقر. وبالنسبة لجهاز استقبال له نفس الأداء المنصوص عليه في التوصية ITU-R BS.703 [15] فإن من شأن تأثير حجب ضوضاء النظام أن يرفع السوية المسموح بها لأي مجال مغنطيسي متداخل بمقدار 8 dB. وتصبح قيم المجموعة (A) أعلاه كما يلي:

---

6 ما لم تؤد توافقيات تردد التشغيل دوراً في عملية نقل الطاقة.

7 ينقسم نطاق البث بالموجات الديكامترية HF (النطاق 7) إلى 14 نطاقاً فرعياً: 2,30-2,495 و3,20-3,40 و3,90-4,00 و4,75-5,06 و5,80-6,20 و7,20-7,45 و9,40-9,90 و11,60-12,10 و13,57-13,87 و15,10-15,83 و17,48-17,90 و18,90-19,02 و21,85-21,45 و25,60-26,10 (كلها بوحدة MHz).

- النطاق 5 (LF): –37,0 dBµA/m
- النطاق 6 (MF): –43,0 dBµA/m
- النطاق 7 (HF)[3]: –63,0 dBµA/m

مسافة الفصل بين المستقبل ومصدر التداخل

الخطوة التالية في عملية تحديد ما إذا كان التعايش ممكناً أم لا هي النظر في الافتراضات الضرورية بشأن مسافة الفصل المستخدمة لتحديد حد البث ومدى مسافات الفصل التي من المحتمل مصادفتها على صعيد الواقع، إلى جانب العوامل التي تؤثر على الانتشار بين مصدر التداخل ومستقبل البث. وتتوقف هذه العوامل على سيناريوهات استخدام أنظمة WPT-EV.

ويمكن، بهذه الوسائل، تقييم حدود شدة المجال المقبولة في موقع المستقبل إزاء حدود البث المقترحة عند المسافة المرجعية من مصدر التداخل. وتقضي نظرية الكهرمغنطيسية بأن شدة المجال المسبب للتداخل تختلف باختلاف مكعب المسافة من المصدر. وتؤدي زيادة المسافة بمقدار عشرة أضعاف إلى انخفاض قدره 60 dB في شدة المجال. وجرت العادة على تحديد شدة المجال المغنطيسي من الأجهزة الحثية على مسافة 10 أمتار مرجعية أو مسافة قياس، ولكن لا يمكن توقع أن تكون مسافة الفصل بين مستقبل البث وجهاز WPT فعلياً 10 أمتار. وفي حالة شاحن سيارة كهربائية منزلي، على سبيل المثال، فإن مسافة الفصل الأقرب إلى الواقع لتقييم التوافق هي 3 أمتار، ويمكن حقاً أن تكون أقل من ذلك. ويرد تبرير لهذه القيمة في المرفق 5 بالملحق 8.

لذلك من الضروري أن تسود الحدود المستمدة سابقاً للحد الأقصى المسموح به من شدة المجال المغنطيسي المتداخل في المستقبل عند مسافة 3 أمتار من نظام WPT-EV. ومن شأن تنسيب هذه المسافة إلى مسافة القياس المرجعية وهي 10 أمتار من الشاحن (أي 7 أمتار أخرى من المستقبل على الجانب الآخر من الشاحن) أن يخفض الحد بحوالي 31 dB لأن شدة المجال المغنطيسي في هذه المسافات تتناقص بتناقص مكعب المسافة (60 dB لكل عشرية).

ولدى طرح 31 dB من القيم الواردة في المجموعة (A) نتوصل إلى حد للإشعاع من جهاز WPT-EV مقيس على مسافة 10 أمتار كما يلي:

- النطاق 5 (LF): (31,0 – 45,0–) = –76,0 dBµA/m
- النطاق 6 (MF): (31,0 – 51,0–) = –82,0 dBµA/m (B)
- النطاق 7 (HF): (31,0 – 71,0–) = –102,0 dBµA/m

أو، إذا أخذ في الاعتبار التساهل بمقدار 8 dB بسبب حجب الضوضاء:

- النطاق 5 (LF): –68,0 dBµA/m
- النطاق 6 (MF): –74,0 dBµA/m (B مكرراً)
- النطاق 7 (HF): –94,0 dBµA/m

ومن الواضح أن 'من الصعب' قياس شدة مجال بهذا القدر بشكل مباشر، ومن ثم يجب قياسها على مسافة أقرب و'تصحيحها' مرة أخرى باستخدام قاعدة 60 dB لكل عشرية (مسافة).

الموقع الجغرافي

يخضع تشغيل مرسلات البث AM للتنظيم من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات. والصك ذو الصلة في الإقليمين 1 و3 هو خطة جنيف للترددات لعام 1975 (GE75) وفي الإقليم 2 خطة ريو دي جانيرو للترددات لعام 1981 (RJ81). ولا بد من التأكيد على أن جميع القيم المذكورة أعلاه تحسب لمستقبل يعمل في أي مكان في منطقة الخدمة المخطط لها والمحمية بموجب هذين الاتفاقين. وحيثما أمكن، تخطط هيئات الإذاعة لخدماتها بحيث تحصل المراكز السكانية على إشارة أقوى من الحد الأدنى من رقم التخطيط. ولكن، على النقيض من ذلك، قد يكون من الممكن أيضاً دمج هذا الهدف بوجود الحد الأدنى من شدة المجال، على حافة منطقة

الخدمة المخطط لها، في المناطق الريفية ذات الكثافة السكانية المنخفضة إلى حد ما والتي تكون عادة أكثر هدوءاً من حيث الضوضاء المشعة. وعلاوة على ذلك قد يكون هناك، في أي موقع بعينه، مزيج من الإشارات القوية من أجهزة الإرسال القريبة نسبياً وإشارات أضعف من أجهزة الإرسال البعيدة. ويُفترض أن يكون نظام WPT، خاصةً لشحن المركبات الكهربائية WPT-EV، مناسباً للاستخدام في أي مكان، ومن ثم عليه أن يحترم معايير الحماية لأضعف الإشارات القابلة للاستخدام.

مزيد من الدراسات وتقنيات التخفيف

تعمل اتفاقات خطة GE75 وRJ81 على توزيع ترددات التشغيل لمرسلات الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF بحيث لا تتسبب في تداخل فيما بينها، وذلك بناءً على عوامل من قبيل الفصل الجغرافي وطاقة المرسل وخصائص الهوائي. والأساس الذي تقوم عليه هذه الخطط هو التوصيتان ITU R BS.703 وITU R BS.560 المذكورتان أعلاه. ومن الأهمية أن خطط التخصيص الإقليمية تحدد ترددات تشغيل المرسلات في شكل شبكة أو مصفوفة؛ وبموجب الخطة GE75 يكون كل تردد (موجة حاملة) من مضاعفات 9 kHz وبموجب الخطة RJ81 من مضاعفات 10 kHz؛ وتنقسم النطاقات إلى قنوات.[8] وهذا يعني أن أي تداخل يعانيه مرسل من آخر يكون دوماً على نفس تردد الموجة الحاملة أو مفصولاً عنه على الأقل بمقدار (واحد من مضاعفات) 9 kHz أو 10 kHz. كما يتم تنظيم إعادة استخدام الترددات مع مراعاة الفصل الجغرافي بحيث يتم توهين الإشارة من مصدر تداخل في نفس القناة أو في القناة المجاورة بحكم المسافة من منطقة الخدمة للإشارة المطلوبة.

ومن الفوائد الهامة لإدراج جميع الموجات الحاملة في مصفوفة واحدة هو أنه عند حدوث تداخل في نفس القناة فإنه أقل تدخّلاً بما يصل إلى 16 dB مما لو تم اختيار الترددات عشوائياً. ويلاحظ من الشكل 1 من التوصية ITU-R BS.560[9] أن قيمة نسبة الحماية بين مختلف المحطات تكون دوماً صفراً أو أفضل من ذلك؛ ويكون تأثير التداخل أقل ضرراً.

ويمكن تطبيق نفس المبدأ على نظام WPT إذا أمكن اختيار تردد التشغيل الخاص به وتثبيته ليكون من مضاعفات 9 kHz أو 10 kHz. فإذا تم اختيار تردد التشغيل على هذا النحو، فإن أي توافقية سوف تقع (تلقائياً) أيضاً في مصفوفة تردد البث. وقد عمدت هيئة الإذاعة البريطانية في نوفمبر 2017 إلى إجراء اختبارات ذاتية لتقصي الآثار الذاتية للتداخل من موجة حاملة غير مُشكّلة تقع داخل المصفوفة أو خارجها. ويرد وصف هذه الاختبارات في الورقة البيضاء للبحث والتطوير WHP 332، نوفمبر 2017 – نقل الطاقة لاسلكياً: تداخل الموجة الحاملة البسيط في استقبال الإذاعة AM، وهي مستنسخة في المرفق 6 بالملحق 8.

والرسم البياني ذو الصلة من تقرير هيئة الإذاعة البريطانية مستنسخ هنا في الشكل A8-1.

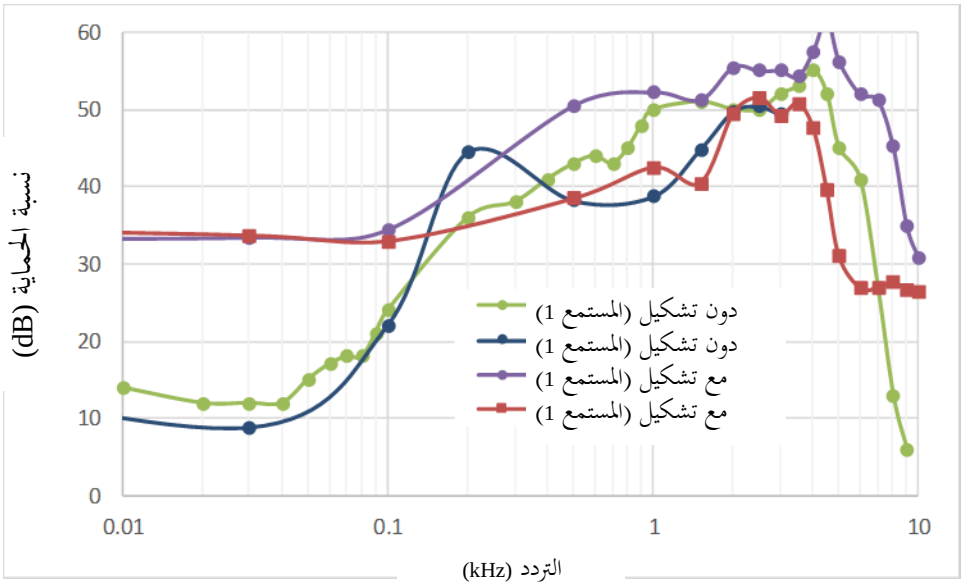
---

8 تحتوي القناة 'السفلية' في النطاق LF على تردد موجة حاملة قدره 153 kHz وتمتد من 148,5 kHz إلى 157,5 kHz. وتحتوي القناة التالية على تردد موجة حاملة قدره 162 kHz وتمتد من 157,5 kHz إلى 166,5 kHz، وهكذا.

9 مستنسخة في المرفق 4 بالملحق 8.

الشكل 1-A8

نسب الحماية المطلوبة مع مصادر التداخل المشكّلة وغير المشكّلة



وفضلاً عن دعم الحسابات السابقة لشدة المجال المسموح بها، تُظهر الدراسة أنه إذا كان تردد تشغيل أنظمة WPT وتوافقياتها[10] عبارة عن إشارة جيبية عادية (غير مشكّلة) وقريبة من ترددات البث في المصفوفة، فقد تكون أقوى بمقدار 22 dB (علاوة على مقدار 16 dB من التوصية ITU-R BS.560، أي أقوى بمقدار 38 dB في المجموع) دون أن يكون لها تأثير ضار سمعياً على الصوت المزال تشكيله من المستقبِل. ومع ذلك، إذا لم يكن مصدر التداخل قريباً بما فيه الكفاية من التردد المدرج في المصفوفة، تبقى أحكام التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560 سارية.

ويتعين أن يكون التخالف بين كل توافقية هامة والتردد المقابل لها في المصفوفة أقل من حوالي +/–50 Hz. فإذا كانت أعلى توافقية هامة هي الثانية عشرة مثلاً، فيتعين ضبط التردد الأساسي والتحكم فيه في حدود 4 Hz تقريباً. وفي حالة جهاز WPT متوسط الطاقة يعمل في المدى من 79 kHz إلى 90 kHz، وإذا كان يتعين أن تكون جميع التوافقيات من مضاعفات 9 kHz (الإقليمان 1 و3) فإن هذا يحد من اختيار التردد الأساسي ويقصره على 81 kHz أو 90 kHz. وكذلك، بالنسبة إلى مضاعفات 10 kHz (الإقليم 2)، يقتصر الاختيار على 80 kHz أو 90 kHz.

وبالنظر خصوصاً إلى الإقليمين 1 و3 في الاتحاد الدولي للاتصالات[11]، هنالك عبر نطاقات البث 15 قناة بالموجات الكيلومترية LF و120 قناة بالموجات الهكتومترية MF. وبافتراض اختيار تردد تشغيل نظام WPT بما يحترم مسافة تخطيط البث في المصفوفة بمقدار 9 kHz، فإن المحطات الراديوية الوحيدة التي تتأثر هي تلك التي تكون فيها توافقية نظام WPT-EV متزامنة مع الموجة الحاملة لمحطة بث مستقبلة. وبالنظر إلى توافقيات نظام WPT-EV حتى التوافقية التاسعة عشرة (التوافقية الثامنة عشرة بتردد 90 kHz والتوافقية العشرين بتردد 81 kHz تقعان خارج نطاق البث MF وفوقه) فإن 4 (من أصل 15) قنوات LF ستتأثر إلى جانب 25 (من أصل 120) قناة MF. فإذا أمكن التحكم في الإشعاع الشارد عند التوافقيات ذات المرتبة الأعلى، فقد يتأثر عدد أقل بكثير من قنوات الموجة MF. وفي بعض الأحوال، حيث من المعروف أن هناك إشارة واردة ضعيفة بشكل خاص ولكن يمكن استقبالها من محطة معينة، قد يكون من الممكن اختيار تردد تشغيل WPT-EV بحيث يتجنب أي تعارض. ومع ذلك، يلاحظ أن التوافقية

---

10 إذا كانت ترددات تشغيل الأنظمة WPT-EV (لشواحن المركبات مثلاً) مقصورة على المدى 79-90 kHz، فإن التوافقيات فقط هي التي تؤثر على خدمة البث.

11 يمكن إجراء تقييم مماثل للإقليم 2 ولكنه حذف هنا للإيجاز.

العاشرة بتردد 81 kHz والتوافقية التاسعة بتردد 90 kHz متطابقتان مع قناة البث بتردد 810 kHz. وتراعى اعتبارات مماثلة عند تخطيط شبكات البث بحيث لا تتداخل المرسلات فيما بينها.

وانطلاقاً من العمليات (A) أعلاه، فإن القيم المنقحة لسويات الإشعاع المسموح بها من أنظمة WPT-EV عند المستقبِل (أو عند أدنى مسافة فصل متوقعة) عندما تعمل عند قنوات البث في المصفوفة هي:

- النطاق 5 (LF): (38,0 + 45,0–) dBµA/m 7,0–
- النطاق 6 (MF): (38,0 + 51,0–) dBµA/m 13,0– (C)
- النطاق 7 (HF): (38,0 + 71,0–) dBµA/m 33,0–

أو، مع مراعاة العمليات (B)، على مسافة 10 أمتار:

- النطاق 5 (LF): (38,0 + 76,0–) dBµA/m 38,0–
- النطاق 6 (MF): (38,0 + 82,0–) dBµA/m 44,0– (D)
- النطاق 7 (HF): (38,0 + 102,0–) dBµA/m 64,0–

الدراسات التي أجريت باستخدام مستقبل متاح تجارياً

أجرت هيئة الإذاعة البريطانية دراسة أخرى في يونيو 2018 باستخدام 'مستقبل متاح تجارياً'. وهذه الدراسة موصوفة في المرفق 7 بالملحق 8.

وثمة استنتاج هام من تقرير الدراسة وهو أن ضوضاء النظام – وهي مزيج من الضوضاء البيئية وضوضاء المستقبل – يمكن أن يكون لها تأثير حجب مصدر تداخل وحيد النغمة. ومن شأن التأثير النفسي الصوتي لهذا الحجب أن يفضي إلى تخفيض القيم المدرجة في المجموعتين (A) و(B) أعلاه بمقدار 8 dB.

عند المستقبل:

- النطاق 5 (LF): dBµA/m 37,0–
- النطاق 6 (MF): dBµA/m 43,0– (A مكرراً)
- النطاق 7 (HF): dBµA/m 63,0–

وعند مسافة 10 أمتار:

- النطاق 5 (LF): dBµA/m 68,0–
- النطاق 6 (MF): dBµA/m 74,0– (B مكرراً)
- النطاق 7 (HF): dBµA/m 94,0–

وهذه القيم مدرجة في الجدول 8A-1.

الجدول 1-A8

الحدود المفروضة على البث المشع من أنظمة WPT-EV لحماية خدمات الاتصالات الراديوية العاملة دون 30 MHz

حيث لا يكون نظام WPT-EV مقترناً بمصفوفة البث الإذاعي[1]

الخدمة	النطاق	طاقة الجهاز WPT-EV[2]	متطلبات/حدود الحماية من توافقيات WPT-EV (على مسافة فصل دنيا أو عند هوائي الاستقبال)			مصحح لمسافة 10 m[3]
			1 m	3 m	10 m	
بث إذاعي	LF 283,5-148,5 kHz	منخفضة/ضئيلة	–37 dBµA/m			**–97 dBµA/m**
		متوسطة		–37 dBµA/m		**–68 dBµA/m**
		عالية			–37 dBµA/m	**–37 dBµA/m**
	MF 1 606,5-526,5 kHz	منخفضة/ضئيلة	–43 dBµA/m			**–103 dBµA/m**
		متوسطة		–43 dBµA/m		**–74 dBµA/m**
		عالية			–43 dBµA/m	**–43 dBµA/m**
	HF 26,10-2,30 MHz[4]	منخفضة/ضئيلة	–63 dBµA/m			**–123 dBµA/m**
		متوسطة		–63 dBµA/m		**–94 dBµA/m**
		عالية			–63 dBµA/m	**–63 dBµA/m**

[1] عندما **تكون** توافقيات WPT-EV متوائمة مع مصفوفة تردد البث، يمكن التساهل بمقدار 30 dB في هذه القيم – الجدول 2-A8.

[2] فئات الطاقة WPT-EV: عالية أكثر من 22 kW؛ متوسطة تتراوح بين 3,3 kW و22 kW؛ منخفضة تتراوح بين 50 W و3,3 kW؛ منخفضة أقل من 50 W.

[3] انظر المرفق 5 بالملحق 8.

[4] ينقسم نطاق البث بالموجات الديكامترية HF (النطاق 7) إلى 14 نطاقاً فرعياً: 2,495-2,30 و3,40-3,20 و4,00-3,90 و5,06-4,75 و6,20-5,80 و7,45-7,20 و9,90-9,40 و12,10-11,60 و13,87-13,57 و15,83-15,10 و17,90-17,48 و19,02-18,90 و21,85-21,45 و26,10-25,60 (كلها بوحدة MHz).

الجدول 2-A8

الحدود المفروضة على البث المشع من أنظمة WPT-EV لحماية الخدمات الإذاعية العاملة دون 30 MHz

حيث يكون نظام WPT-EV مقترناً بمصفوفة البث الإذاعي

الخدمة	النطاق	طاقة الجهاز WPT-EV[1]	متطلبات/حدود الحماية من توافقيات WPT-EV (على مسافة فصل دنيا أو عند هوائي الاستقبال)			مصحح لمسافة 10 m[2]
			1 m	3 m	10 m	
بث إذاعي	LF 283,5-148,5 kHz	منخفضة/ضئيلة	–7 dBµA/m			**–67 dBµA/m**
		متوسطة		–7 dBµA/m		**–38 dBµA/m**
		عالية			–7 dBµA/m	**–7 dBµA/m**
	MF 1 606,5-526,5 kHz	منخفضة/ضئيلة	–13 dBµA/m			**–73 dBµA/m**
		متوسطة		–13 dBµA/m		**–44 dBµA/m**
		عالية			–13 dBµA/m	**–13 dBµA/m**
	HF 26,10-2,30 MHz[3]	منخفضة/ضئيلة	–33 dBµA/m			**–93 dBµA/m**
		متوسطة		–33 dBµA/m		**–64 dBµA/m**
		عالية			–33 dBµA/m	**–33 dBµA/m**

[1] فئات الطاقة WPT-EV: عالية أكثر من 22 kW؛ متوسطة تتراوح بين 3,3 kW و22 kW؛ منخفضة تتراوح بين 50 W و3,3 kW؛ منخفضة أقل من 50 W.

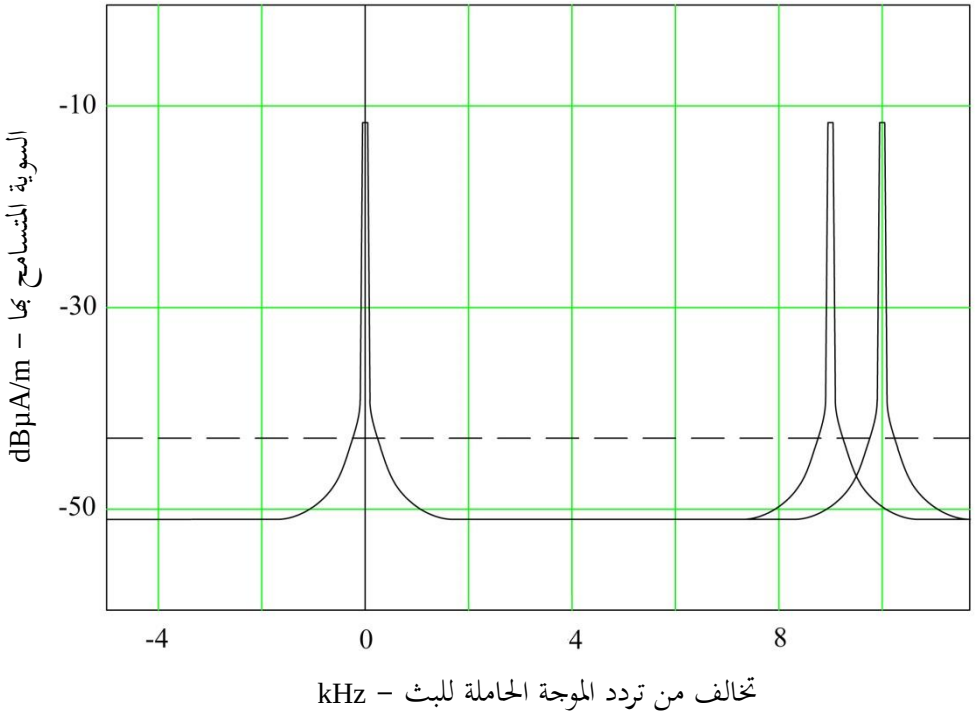
[2] انظر المرفق 5 بالملحق 8.

[3] ينقسم نطاق البث بالموجات الديكامترية HF (النطاق 7) إلى 14 نطاقاً فرعياً: 2,495-2,30 و3,40-3,20 و4,00-3,90 و5,06-4,75 و6,20-5,80 و7,45-7,20 و9,90-9,40 و12,10-11,60 و13,87-13,57 و15,83-15,10 و17,90-17,48 و19,02-18,90 و21,85-21,45 و26,10-25,60 (كلها بوحدة MHz).

ويوضح الشكل 2-A8 أدناه تأثير التشغيل 'داخل المصفوفة'.

الشكل 2-A8

قناع الطيف الذي يمثل حدود البث المشع من أنظمة WPT-EV
كدالة التخالف من تردد الموجة الحاملة للبث AM



يدل الخط المستمر، في الشكل 2-A8، على سوية التداخل المسموح به من مصدر تداخل موجة جيبية غير مشكّلة في غياب حجب الضوضاء، بينما يدل الخط المتقطع على تأثير حجب الضوضاء عند حد الاستقبال. والقناع قابل للتطبيق فقط على مصدر تداخل موجة جيبية واحدة.

المرفق 1
بالملحق 8

معلومات عن مرسلات البث في الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF الخاضعة للتأثير من أنظمة WPT-EV

1.A1-A8 مقدمة

يوفر هذا المرفق قائمة بمصادر المعلومات إلى جانب نظرة عامة على مرسلات البث بالموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط. وتُستخدم هذه المرسلات لخدمات البث الوطنية والدولية ومعظمها تماثلية، على الرغم من إدخال الخدمات الرقمية.

2.A1-A8 مصادر المعلومات المتاحة

المعلومات الواردة في المصادر أدناه صالحة في التواريخ الموضحة في الجداول والرسوم البيانية أدناه، وربما تغيرت بعد ذلك التاريخ.

1.2.A1-A8 استعلام السجل الأساسي MIFR (خدمات الأرض) على الخط (إصدار BETA)

الرابط: https://www.itu.int/ITU-R/terrestrial/eTerraQuery/eQry.aspx.

يمكن الاستخراج والتحليل الإحصائي للمعلومات المتعلقة بمرسلات الموجات LF وMF المدرجة في السجل الأساسي الدولي للترددات (MIFR) حسب الاقتضاء.

2.2.A1-A8 MWLIST – قاعدة البيانات الراديوية للموجات الطويلة والمتوسطة والنطاقات المدارية والموجات القصيرة

الرابط: http://www.mwlist.org/mwlist_quick_and_easy.php?area=1&kHz=530.

للوقوف على مثال للمعلومات التي يمكن الحصول عليها من هذا المصدر، انظر التذييل 1.

3.2.A1-A8 المرسلات على الموجة المتوسطة (MF) في المملكة المتحدة (تكملة للمعلومات الواردة في الفقرة 2.2)

معلمات تقنية لمرسلات البث الإذاعية:

الرابط: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/excel_doc/0017/91304/TechParams.xlsx

للوقوف على مثال للمعلومات التي يمكن الحصول عليها من هذا المصدر، انظر التذييل 2.

4.2.A1-A8 تشغيل الراديو الرقمي العالمي (DRM) في الموجة المتوسطة (MF)

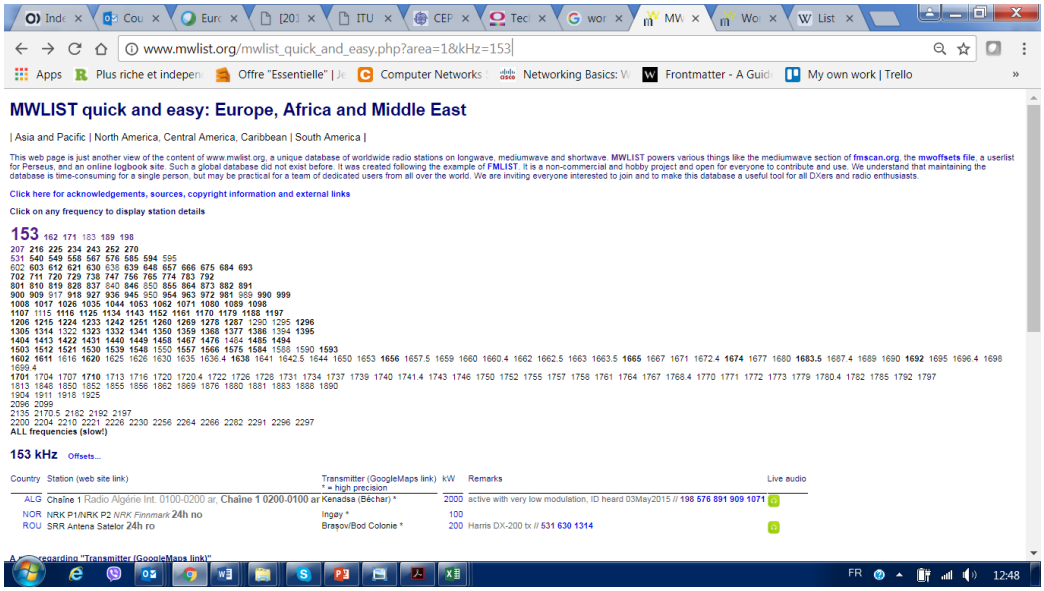
الراديو الرقمي العالمي: http://www.drm.org/

راديو عموم الهند، الراديو الرقمي العالمي بالموجة المتوسطة:

http://allindiaradio.gov.in/Oppurtunities/Tenders/Documents/DRM%20Medium%20Wave%20update%2004042016.pdf

الإضافة 1
للمرفق 1
بالملحق 8

لقطة شاشة من "MWLIST – قاعدة البيانات الراديوية للموجات الطويلة والمتوسطة والنطاقات المدارية والموجات القصيرة": http://www.mwlist.org/mwlist_quick_and_easy.php?area=1&kHz=530



يسرد الجدول 3-A8 أدناه مرسلات الموجة الطويلة LF في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط على النحو الوارد في الموقع www.mwlist.org، البيانات مستخرجة في سبتمبر 2017.

الجدول 3-A8

مرسلات الموجة الطويلة LF في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط على النحو الوارد في الموقع www.mwlist.org، البيانات مستخرجة في سبتمبر 2017

kW	المرسل	المحطة	البلد	التردد (kHz)
2 000	Kenadsa (Béchar) *	Chaîne 1 Radio Algérie Int.	ALG	153
100	Ingøy *	NRK P1/NRK P2 NRK Finnmark	NOR	153
200	Brașov/Bod Colonie *	SRR Antena Satelor	ROU	153
1 100	Allouis *	TDF time signal	F	162
1 600	Nador (LW) *	Médi 1	MRC	171
1 500	Felsberg/Zum Sender (Sauberg) *	Europe 1	D	183
300	Gufuskálar (Hellissandur) *	RÚV Rás 1/RÚV Rás 2	ISL	189
2 000	Berkaoui (Ouargla) *	Chaîne 1	ALG	198
500	Droitwich/Mast A-B *	BBC Radio 4	G	198
50	Westerglen *	BBC Radio 4	G	198

الجدول 3-A8 *(تتمة)*

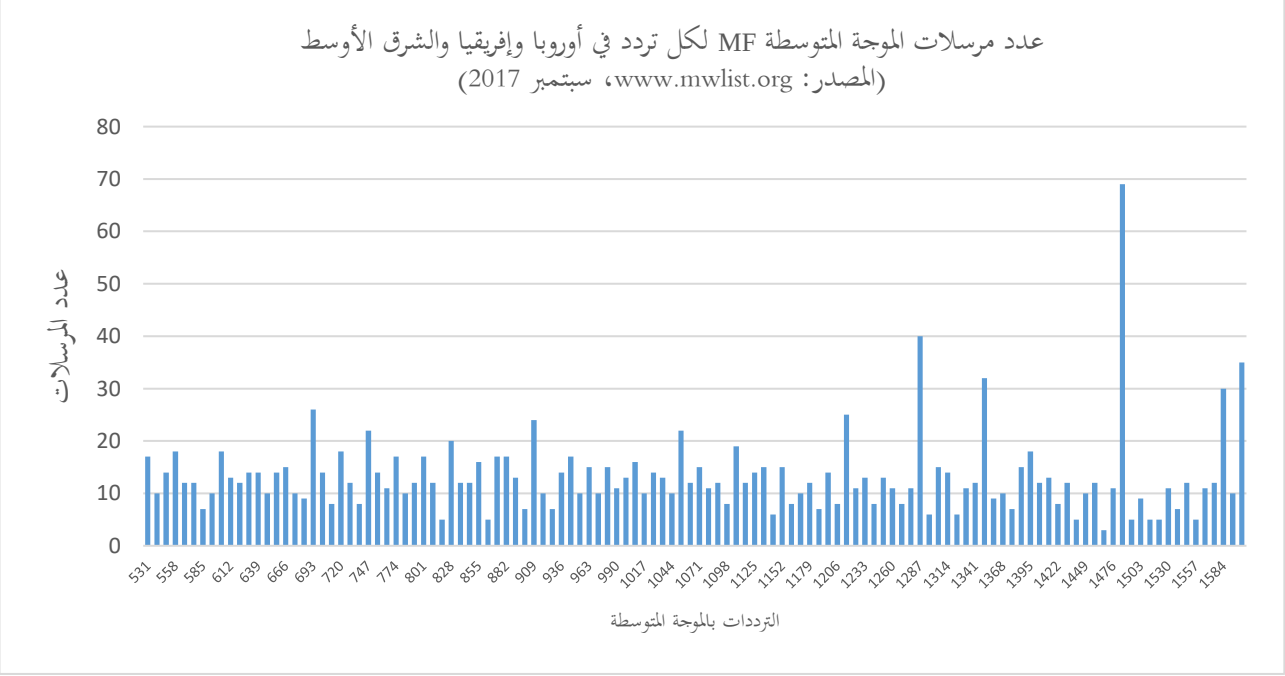
kW	المرسل	المحطة	البلد	التردد (kHz)
50	Burghead *	BBC Radio 4	G	198
0,004	Dartford Tunnel *	BBC Radio 4	G	198
100	Eiðar *	RÚV Rás 1/RÚV Rás 2	ISL	207
400	Azilal Demnate *	SNRT Al Idaâ Al-Watania	MRC	207
1 400/700	Roumoules *	RMC Info	F	216
1 000	Solec Kujawski/Kabat *	Polskie Radio Jedynka	POL	225
1 500	Beidweiler *	RTL	LUX	234
50	Kalundborg/Radiovej *	DR Langbølge	DNK	243
1 500/750	Tipaza *	Chaîne 3	ALG	252
150/60	Clarkestown/Summerhill *	RTÉ Radio 1	IRL	252
50	Topolná *	ČRo Radiožurnál	CZE	270

يبين الشكلان 3-A8 و4-A8 أدناه توزيع مرسلات الموجة MF لكل تردد ولكل بلد في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط على النحو الوارد في الموقع www.mwlist.org، البيانات مستخرجة في سبتمبر 2017

الشكل 3-A8

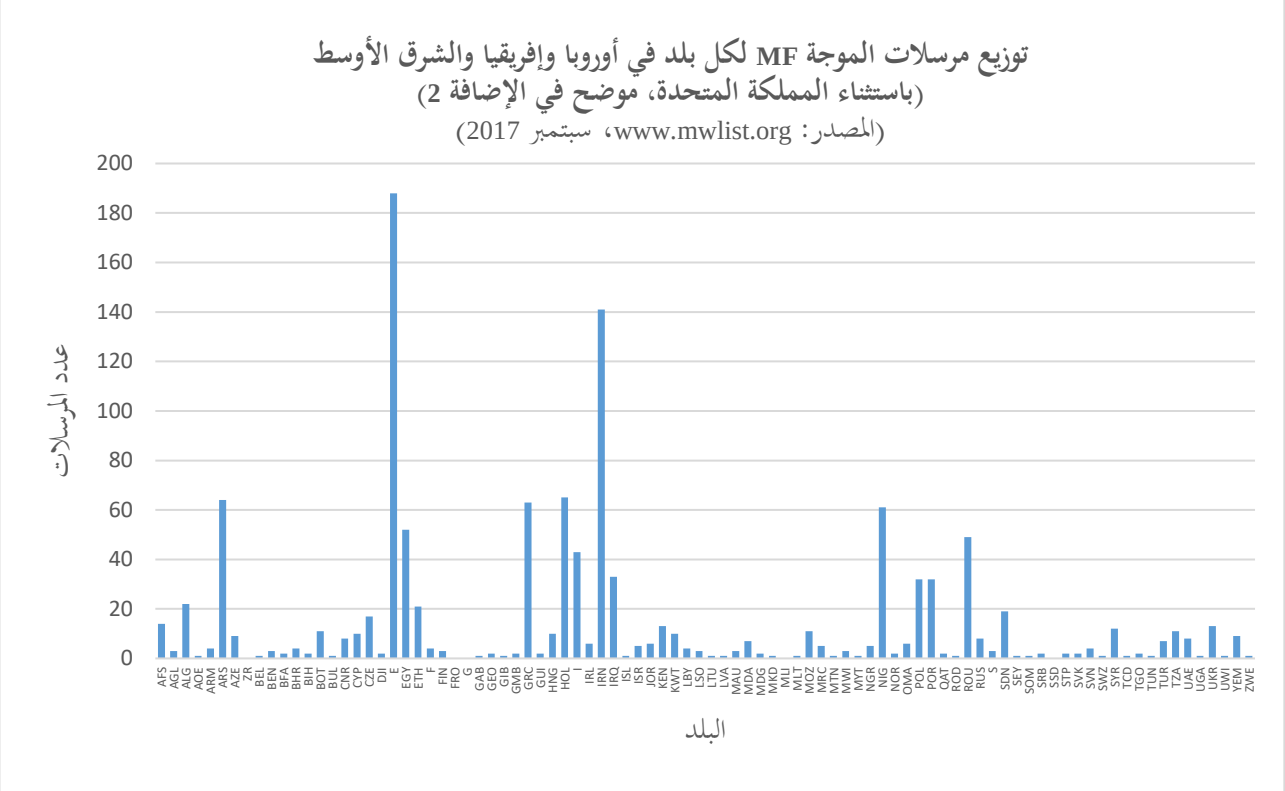
عدد مرسلات الموجة المتوسطة MF لكل تردد في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط

(المصدر: www.mwlist.org، سبتمبر 2017)



الشكل 4-A8

توزيع مرسلات الموجة MF لكل بلد في أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط
(باستثناء المملكة المتحدة، موضح في الإضافة 2)
(المصدر: www.mwlist.org، سبتمبر 2017)

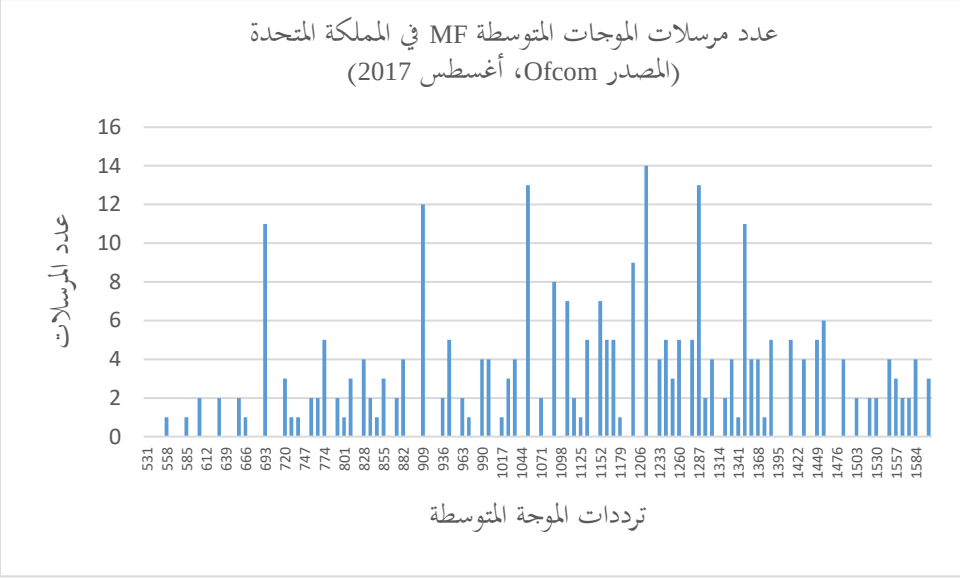


الإضافة 2
للمرفق 1
بالملحق 8

معلومات من موقع المعلمات التقنية لبث المرسلات الإذاعية (Ofcom UK)

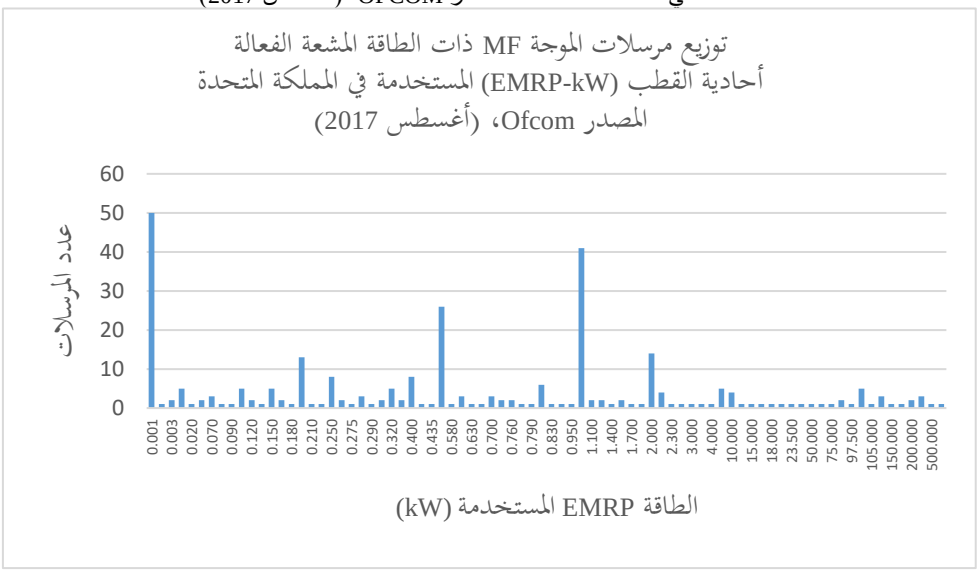
الشكل 5-A8

عدد مرسلات الموجات المتوسطة MF في المملكة المتحدة
(المصدر Ofcom، أغسطس 2017)



الشكل 6-A8

توزيع مرسلات الموجة MF ذات الطاقة المشعة الفعالة أحادية القطب (EMRP - KW)
المستخدمة في المملكة المتحدة - المصدر OFCOM، (أغسطس 2017)



ملاحظة تتعلق بالشكلين 5-A8 و6-A8 – تشير قاعدة بيانات Ofcom على الخط إلى وجود 294 مرسلاً بالموجة MF في المملكة المتحدة تعمل على 75 تردداً مختلفاً. وتتراوح هذه المرسلات ذات الطاقة المشعة الفعالة أحادية القطب (EMRP) من 1 W (لمحطات الراديو الصغيرة في المستشفيات أو المحطات المحلية أو في حرم الجامعات) إلى عدة مئات kW لبعض المحطات التجارية الوطنية الكبرى. ويمكن تنزيل قاعدة البيانات هذه من موقع Ofcom على الويب:

https://www.ofcom.org.uk/spectrum/information/radio-tech-parameters

المرفق 2
بالملحق 8

تقرير عن البث على الموجات MF عبر أجزاء من الإقليم 2

1.A2-A8 لمحة موجزة

تمثل أجهزة نقل الطاقة لاسلكياً (WPT-EV) مصدراً هاماً للتداخل المحتمل في البث على الموجات MF في الإقليم 2. وقد حددت التقارير والدراسات السابقة تداخل استقبال محطات البث العاملة بين 540 kHz و610 kHz من أجهزة الشحن اللاسلكية بقدرة 15 W المصممة للأجهزة المتنقلة. ويشكل التأثير المحتمل لأجهزة WPT-EV المخصصة لشحن المركبات الكهربائية والتي تعمل بقدرة 3 kW – 11 kW تهديداً أكبر للبث AM.

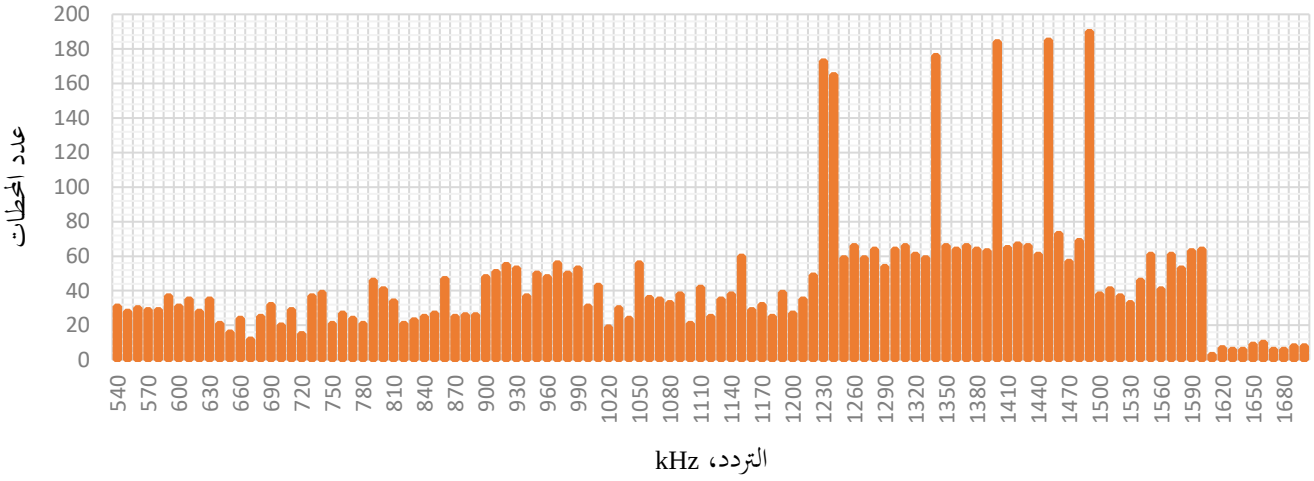
ويوفر البث على الموجة MF قناة تواصل هامة لمئات الملايين من الناس يومياً عبر الإقليم 2. وتتسم هذه الخدمة بأهمية خاصة في أوقات الطوارئ والكوارث حيث يجب نقل المعلومات الحرجة والمنقذة للأرواح فوراً.

2.A2-A8 مقدمة

يواجه البث على الموجات الهكتومترية (MF) تحدياً متزايداً بسبب التداخل والضوضاء التي من صنع الإنسان. ومع ذلك، يُعتمد على راديو AM لتوفير الأخبار المحلية الحرجة وحالة الطقس وحركة المرور والرياضة ومعلومات الطوارئ.

ولا يزال الاستماع في نطاق الموجات MF نابضاً بالحياة عبر كندا والمكسيك والولايات المتحدة. ويحدد تحليل حديث العهد لقواعد بيانات محطات الراديو، التي ترعاها هيئة الفيدرالية للاتصالات FCC (الولايات المتحدة) والهيئة الفيدرالية للاتصالات IFT (المكسيك) ووزارة الابتكار والعلوم والتنمية الاقتصادية ISED (كندا)، أكثر من 5 000 مرسل للبث على الموجة MF تعمل عبر بلدان أمريكا الشمالية هذه وتخدم عدداً من السكان يزيد عن 570 مليون نسمة. ونظراً لاتساع المناطق جغرافية التي يتعين تغطيتها، لا تزال الإرسالات على ترددات الموجة المتوسطة هي الوسيلة الأكثر فعالية من حيث التكلفة لتغطية المناطق التي لا تغطيها محطات الموجات المترية (VHF) قصيرة المدى.

الشكل 7-A8



3.A2-A8 دراسة الأسواق

الولايات المتحدة

في الولايات المتحدة وحدها، يعمل أكثر من 4 685 مرسلاً بالموجة MF في جميع الولايات الخمسين. ويصل الاستماع إلى راديو AM في الولايات المتحدة إلى 64 698 500 مستمع أسبوعياً يبلغون من العمر 18 عاماً وما فوق.[12]

وكانت هذه المحطات في الولايات المتحدة، تقليدياً ولفترة طويلة، هي المنافذ الرئيسية للأخبار والأحاديث والبرامج الرياضية نظراً لقدراتها الواسعة على التغطية بالإشارة، لا سيما بالنسبة للمحطات عالية الطاقة. ومن بين المحطات الإذاعية العشر الأولى من حيث الإيرادات في أمريكا، خمسة منها هي محطات إذاعة MF.

ويوضح الرسم البياني في الشكل 8-A8 التوزيع بحسب التردد لمحطات AM العاملة في الولايات المتحدة والبالغ عددها 4 685 محطة.

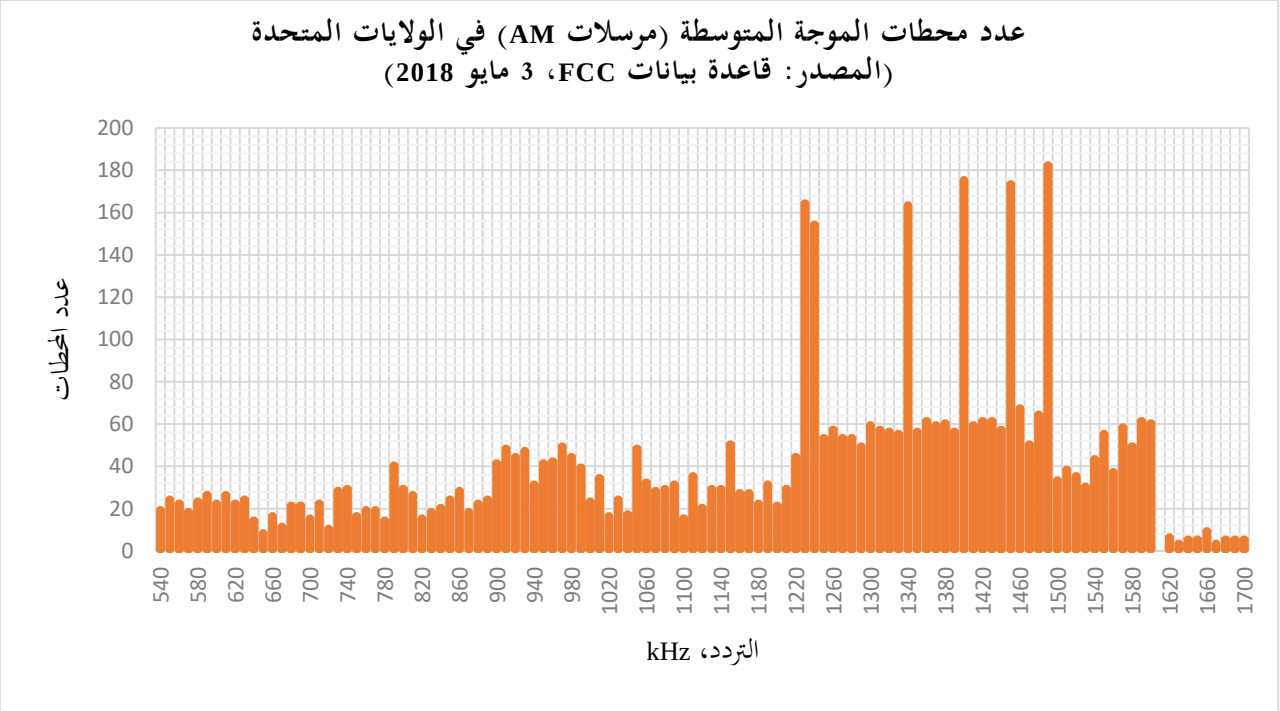
مجموع عدد المحطات: 4 685

سوية الطاقة العظمى: 50 kW

سوية الطاقة الدنيا: 0,135 kW

12 Nielsen Fall 2017 Survey period, Total Person 12+, Mon-Sun 6AM-12 Mid.

الشكل 8-A8



كندا

أصدرت مؤسسة Edison Research، في يونيو 2017، أول دراسة على الإطلاق عن نصيب الاستماع في كندا. وقد كلف القيام بها فريق التسويق والاتصالات في صناعة الراديو Radio Connects. وأظهرت نتائج الدراسة أن محطات البث الإذاعي تمثل 61 في المائة من مجموع الاستماع في كندا. وفي المقابل، كان نصيب الولايات المتحدة 50 في المائة خلال نفس الفترة.

ولئن كان هناك تحول مطرد من الاستماع على الموجات الهكتومترية MF (بتشكيل الاتساع AM) إلى الاستماع على الموجات المترية VHF (بتشكيل التردد FM) حيثما يسمح الطيف بذلك، لا تزال هناك مجموعة أساسية من 227 محطة راديو AM في أنحاء كندا. ويمثل هذا الرقم 8% من مجموع عدد محطات الراديو العاملة في كندا. وعلاوة على ذلك، قامت كندا بحماية التوزيعات لعدد إضافي قدره 482 من ترددات AM.

وسهوب البراري الكندية، وهي منطقة في غرب كندا تضم مقاطعات ألبرتا وساسكاتشوان ومانيتوبا، هي الجزء الكندي من السهول الكبرى في أمريكا الشمالية. ولشعوب الأمم الأولى، الأصلية في المنطقة، تأثير هام على ثقافة البراري هذه. والراديو وسيلة فعالة للغاية في الوصول إلى هذا الامتداد الجغرافي الكبير وخدمته واستهداف اللغات المميزة للشعوب الأصلية. والبث على الموجة المتوسطة على وجه الخصوص مناسب بشكل خاص لتوصيل إشارات قابلة للاستخدام بكفاءة عبر مساحات جغرافية واسعة.

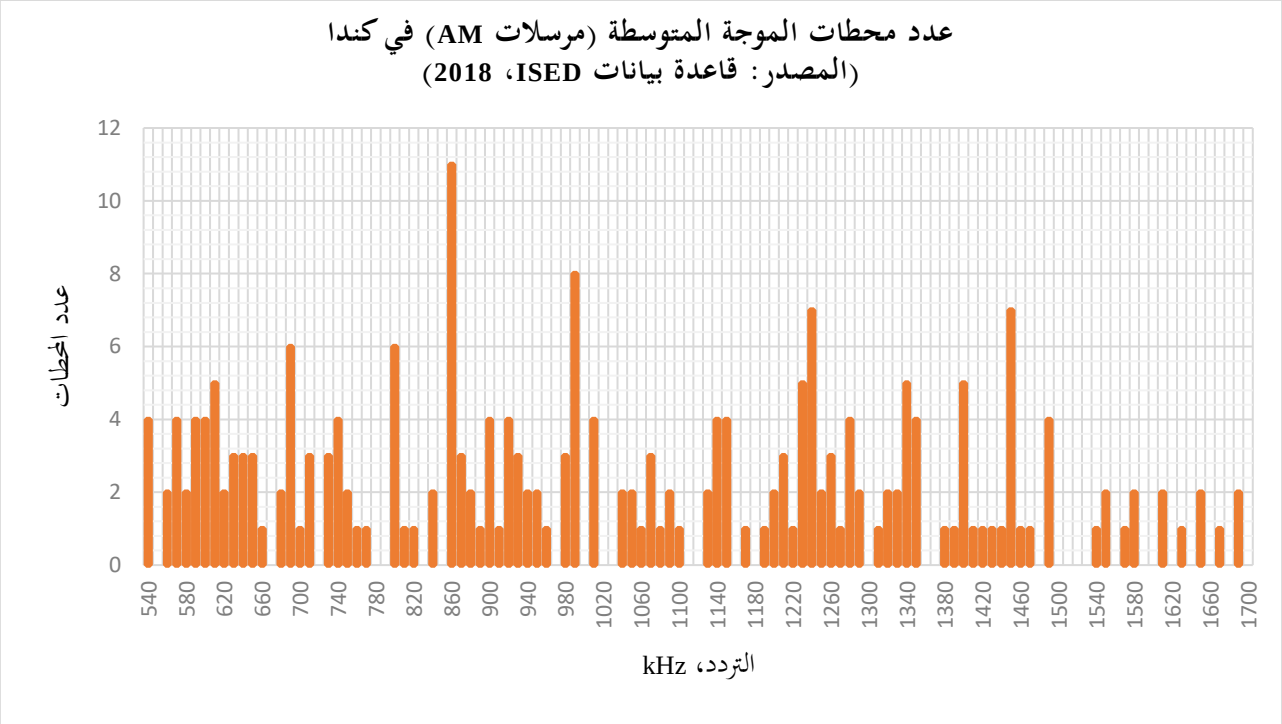
ويمثل الرسم البياني في الشكل 9-A8 محطات AM وعددها 227 العاملة في السوق الكندية وتوزيع الترددات لهذه المحطات.

مجموع عدد المحطات: 227

سوية الطاقة العظمى: kW 50

سوية الطاقة الدنيا: kW 0,1 (ليلاً)

الشكل 9-A8



المكسيك

سلّط استطلاع إعلامي وطني نشرته الهيئة IFT في عام 2016 الضوء على أن 15% من السكان في المكسيك يستمعون إلى راديو يبث على الموجة المتوسطة MF.[13]

والرسم البياني 10-A8 يمثل 393 محطة (AM) عاملة على الموجة MF في المكسيك. وتوزيع التردد لهذه المحطات:

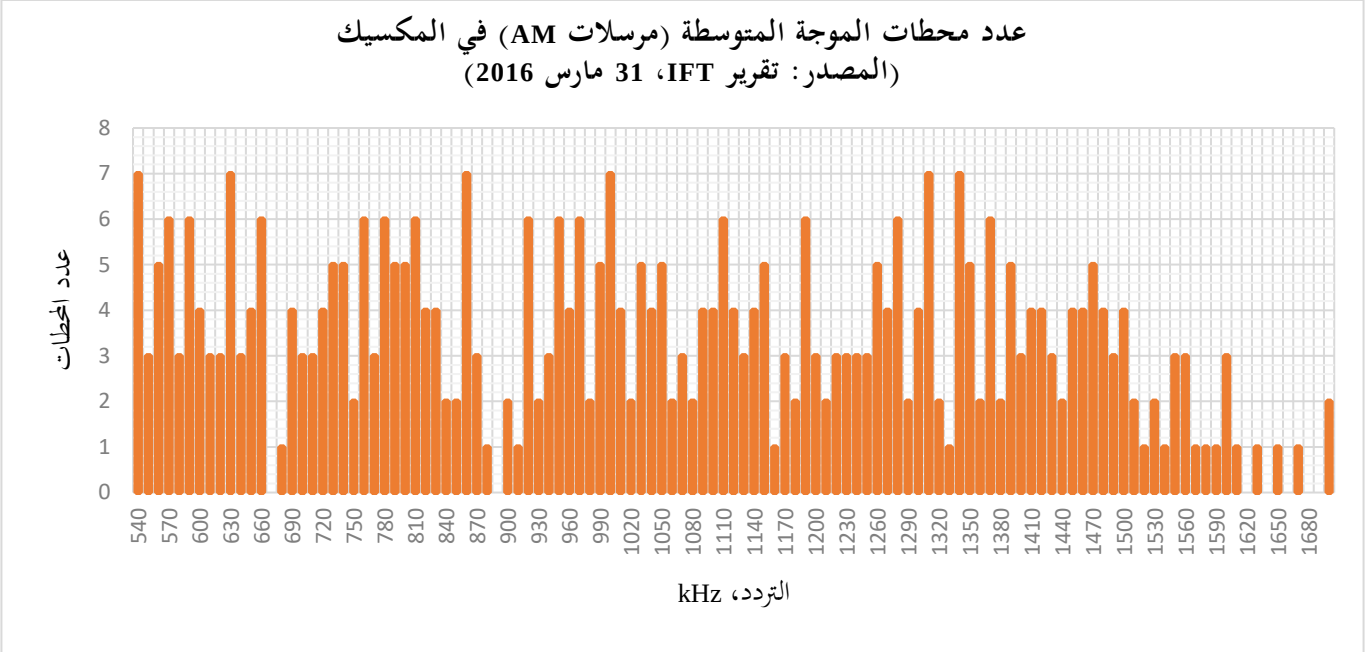
مجموع عدد المحطات: 393

سوية الطاقة العظمى: 250 kW

سوية الطاقة الدنيا: 0,025 kW (ليلاً)

13 IFT: Reporte trimestral de audiencias de radio y televisión con perspectiva de género, abril – junio 2017.

الشكل 10-A8



المرفق 3
بالملحق 8

العوامل التي تؤثر في التداخل الضار

خرج الطاقة في جهاز WPT-EV – من الواضح أن هذا سيكون له تأثير كبير في نزعة جهاز WPT-EV لإحداث تداخل ضار. إذ كلما ازداد خرج الطاقة، ازداد احتمال التداخل. كما يجب النظر في الإشعاع الصادر عن أجهزة WPT-EV في الترددات ذات الصلة توافقياً. وقد تكون آليات إشعاع المجالات الكهرمغنطيسية (EM) خارج حدود أجهزة WPT كثيرة ومتنوعة، ولا يمكن الافتراض بأن سويات التداخل ترتبط مباشرة بسوية طاقة الترددات الراديوية المتولدة في أجهزة WPT-EV.

مسافة الفصل – تتناقص شدة المجال المغنطيسي، عبر مسافات قصيرة،[14] طرداً مع مكعب المسافة بين مصدر الإشعاع ونقطة القياس. ولذلك فإن احتمال التداخل يتزايد بشكل ملحوظ باقتراب مصدر التداخل من المستقبل المتأثر. وقد جرى العرف على تعريف حدود التوافق الكهرمغنطيسي (EMC) المعينة "للبث المشع" من أي جهاز على مسافة قياس مناسبة قدرها 10 أمتار من الجهاز. وهذا بالطبع لا يعني بأي حال من الأحوال أن مسافة 10 أمتار هي مسافة فصل تمثيلية أو متوقعة بين جهاز WPT-EV ما والمستقبل المتأثر، ولذا يتعين تحديد مسافة قياس مرجعية لوضع حدود على المجالات الشاردة عند مسافة ما مناسبة للغرض.

التقطع – من المستبعد جداً لرشقة قصيرة من الإشعاع، حتى على سوية عالية جداً، مع نسبة تناوب علامة/مسافة ضئيلة، أن تتسبب في تداخل ضار في خدمة راديوية من جهاز يعمل باستمرار. ففي قناة إذاعة راديوية مثلاً، تعتبر الرشقة القصيرة بمثابة نقرة قصيرة عرضية لها تأثير نفسي صوتي طفيف.

14 أقل من $\lambda/2\pi$ حيث λ هي طول الموجة عند التردد قيد النظر.

اتجاهية الهوائي – ربما لا تكون ذات شأن سوى في حالات محددة، فإذا كان كل الإشعاع الشارد مثلاً موجهاً عمودياً إلى الأعلى وكانت كل المستقبلات الضحية المحتملة منتشرة أفقياً حول جهاز WPT-EV، فمن المحتمل عندئذ تقليل التداخل إلى أدنى حد. وأنظمة الهوائيات في معظم المستقبلات الراديوية اتجاهية إلى حد ما ولكن من الصعب التأكد من أن جهاز WPT-EV غير المتحكم فيه سيكون دائماً، أو حتى غالباً، في اتجاه الحد الأدنى من الحساسية.

خسارة دخول المبنى – عند الترددات العالية (أعلى بكثير من تلك المتوخاة في أنظمة WPT-EV)، من شأن جدار أو حاجز آخر بين جهاز WPT-EV والمستقبل الضحية أن يخفف من تأثير أي تداخل. ولكن في حالة أنظمة WPT-EV ذات التردد المنخفض، لن يحدث ذلك إلا إذا كان الجدار أو الحاجز مصنوعاً من مادة ذات نفاذية مغنطيسية عالية، أو هو نفسه موصل أو يحتوي على عناصر موصلة داخله. ومعظم مواد البناء الشائعة، من الطوب والخشب وما إلى ذلك، ليست موصلة ولا مغنطيسية. والاختبارات غير الرسمية التي أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية، وأُبلغ عنها في تقرير Ofcom، تؤيد ذلك. وتحتوي بعض المباني على تسليح معدني (موصل) داخل الخرسانة أو البلاستيك، وقد تؤثر التيارات الدوامية في العناصر الموصلة في المجالات المغنطيسية. ولكن المباني، وربما معظمها، غير مشيّدة من هذه المواد. وعلاوة على ذلك، ليس لنا أن نفترض أن تشغيل مستقبل ما سيتم دائماً داخل مبنى، بعيداً عن وحدة WPT-EV.

مواءمة الاستقطاب – يُتوخى، في معظم أنظمة الاتصالات الراديوية، مواءمة استقطاب هوائي الاستقبال مع استقطاب هوائي المرسل. مثال ذلك، يحتوي المستقبل المحمول للبث على موجات LF أو MF عادةً على هوائي قضيب من الفرّيت مثبت أفقياً يكون أكثر حساسية للمكونة المغنطيسية المستقطبة أفقياً للإشارة المطلوبة. وتكاد كل مرسلات البث على موجات LF وMF تولد مكونة مجال كهربائي مستقطب عمودياً ومكونة مجال مغنطيسي مستقطب أفقياً، مما يزيد من حساسية المستقبل إلى الحد الأمثل. وإذا أمكن تصميم وتشغيل جهاز WPT-EV بحيث يكون استقطاب مجاله الشارد متعامداً مع استقطاب هوائي الاستقبال، فقد يكون من الممكن التسامح بقدر إضافي بسيط من التداخل. ومن الناحية العملية، من المرجح أن يكون من الصعب تحقيق ذلك. فإذا كان جهاز WPT-EV وجهاز الاستقبال متقاربين (أقل من حوالي ربع طول الموجة عند تردد التوافقية التشغيلي أو المتداخل – منطقة المجال التفاعلي)، فمن الصعب التحكم في الاستقطاب الفعلي للمجال المغنطيسي (أو الكهربائي) أو حتى التأكد منه. أضف إلى ذلك أن أي إشعاع توافقي من جهاز WPT-EV قد لا يكون في حد ذاته مرتبطاً بالاستقطاب المتوخى من "الهوائي"، ويجب افتراض ظروف الحالة الأسوأ، وليس هنالك من مبرر لافتراض أن سويات التداخل ستكون أقل من الحد الأقصى الممكن.

المرفق 4
بالملحق 8

اشتقاق السوية القصوى من التداخل المسموح به في مستقبل AM

تحدد التوصية ITU-R BS.703، "خصائص المستقبلات المرجعية الخاصة بالإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع (AM) لأغراض التخطيط"، الحساسية الدنيا لمستقبل صوتي في الإذاعة AM كما يلي:

- النطاق 5 (LF): 66 dBµV/m؛
- النطاق 6 (MF): 60 dBµV/m؛
- النطاق 7 (HF): 40 dBµV/m.

وتوضح التوصية ITU-R BS.560، "نسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة بموجات كيلومترية (LF) وهكتومترية (MF) وديكامترية (HF)"، نسب الحماية المعمول بها في التداخل بين إشارات الإذاعة بتشكيل الاتساع AM. ومع أن إرسال أجهزة WPT-EV لا يمثل إشارة إذاعية فقد يأخذ شكل موجة حاملة غير مشكّلة (غالباً)، وهو من ثم شبيه جداً في الواقع بإشارة

إذاعية بتشكيل الاتساع AM أثناء فترة توقف أو فترة صمت راديوي يتلقاها المستقبِل. ولذلك يمكن اعتبار نسب الحماية الواردة في التوصية ITU-R BS.560 منطلقاً جيداً لاشتقاق حدود *البث المشعّ* الصادر عن أجهزة WPT-EV لأغراض التوافق الكهرمغنطيسي (EMC).

وانطلاقاً من اعتبارات التخطيط الموصى بها ومعايير الحماية الواردة في التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560، وعلماً بأن المستقبِلات الإذاعية المستخدمة في المنزل تستخدم عادة هوائيات القضبان الفريتية التي تستجيب لمكونة المجال المغنطيسي H للموجة، يستحسن استعمال قيم شدة المجال المغنطيسي المقابلة لدى النظر في حدود البث المطبقة على تجهيزات WPT-EV. وبافتراض ظروف الانتشار في الفضاء الحر والمجال البعيد (التي تطبق على الإشارة الإذاعية المستقبَلة عند هوائي الاستقبال)، تكون العلاقة بين المجالين الكهربائي والمغنطيسي (من معادلات Maxwell) على النحو التالي:

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377\ \Omega$$

حيث μ_0 هي نفاذية الفضاء الحر وε_0 سماحية الفضاء الحر.

ويعني ذلك تطبيق عوامل التحويل التالية:

$$H_{(\frac{\mu A}{m})} = E_{(\frac{\mu V}{m})} \cdot \frac{1}{377}$$

التي يمكن التعبير عنها كما يلي:

$$H_{dB(\frac{\mu A}{M})} = E_{dB(\frac{\mu V}{m})} - 51{,}5\ \text{dB}$$

وهكذا يمكن التعبير عن حساسيتي المستقبل في الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) والديكامترية (HF) (أعلاه) كما يلي:

- النطاق 5 (LF): 14,5 dBµA/m؛
- النطاق 6 (MF): 8,5 dBµV/m؛
- النطاق 7 (HF): –11,5 dBµV/m.

وقد صيغت التوصية ITU-R BS.560 لحماية خدمة راديو AM من خدمة راديو AM أخرى مماثلة.[15] ومن الأهمية أن هذا يعني أن كلتا الإشارتين المطلوبة والمتداخلة تتكون من موجة حاملة عالية القدرة ونطاقات جانبية ذات قدرة أقل بكثير تحمل التشكيل. وبالنسبة إلى برنامج نموذجي يقوم على عمق تشكيل بنسبة 20% (جذر متوسط التربيع)، تكون قدرة النطاق الجانبي/التشكيل 4% من قدرة الموجة الحاملة.

وتتألف نسب الحماية للإذاعة AM المحددة في التوصية ITU-R BS.560 من مكونتين:

أ) نسبة الحماية في نفس القناة اللازمة عندما يكون مصدر التداخل والموجة الحاملة للإشارة المطلوبة على نفس التردد أساساً بحيث تكون أي خفقة بينهما أقل من المدى المسموع. وفي هذه الحالة يكون تشكيل مصدر التداخل هو السبب المهيمن للتشويش المسموع.

إذا كانت إشارة التداخل محطة راديو أخرى على نفس (أو قريبة من) تردد الموجة الحاملة للإشارة المطلوبة، فيمكن تجاهل مكونة الموجة الحاملة، حتى لو كانت كبيرة جداً. ولها تأثير على خطية كاشف تشكيل الاتساع (AM) الذي لا يمكن ملاحظته عندما تكون الموجة الحاملة مصدر التداخل أدنى بمقدار 13 dB أو أكثر من الموجة الحاملة المطلوبة. ويتعين حماية الإشارة المطلوبة فقط من النطاقات الجانبية للإشارة غير المطلوبة. ويفترض أن نسبة قدرة النطاق الجانبي إلى قدرة

15 افتُرض، في نطاق التردد حيث يكون للبث AM فقط توزيع أولي، أن المصادر الرئيسية للتداخل ستكون محطات بث AM أخرى.

الموجة الحاملة قابلة للمقارنة لكل من الإشارة المطلوبة وغير المطلوبة، وهكذا فإن نسبة قدرة النطاق الجانبي هي نفس نسبة قدرة الموجة الحاملة.

وتستوجب التوصية ITU-R BS.560 نسبة حماية في نفس القناة بين الإشارة المطلوبة والإشارة المتداخلة (سويات الموجة الحاملة) بمقدار 40 dB. وتتسامح خطة ترددات جنيف لعام 1975 للترددات الراديوية بالموجات LF وMF في بعض الظروف بنسبة حماية أدنى في نفس القناة في محاولة لإدراج المزيد من القنوات في الطيف المتاح. ولا يشمل هذا التسامح أي حالة يكون فيها تخالف بين ترددات الموجة الحاملة المطلوبة وغير المطلوبة؛ ولا تتوقع خطة جنيف GE75 وجود هذه التخالفات.

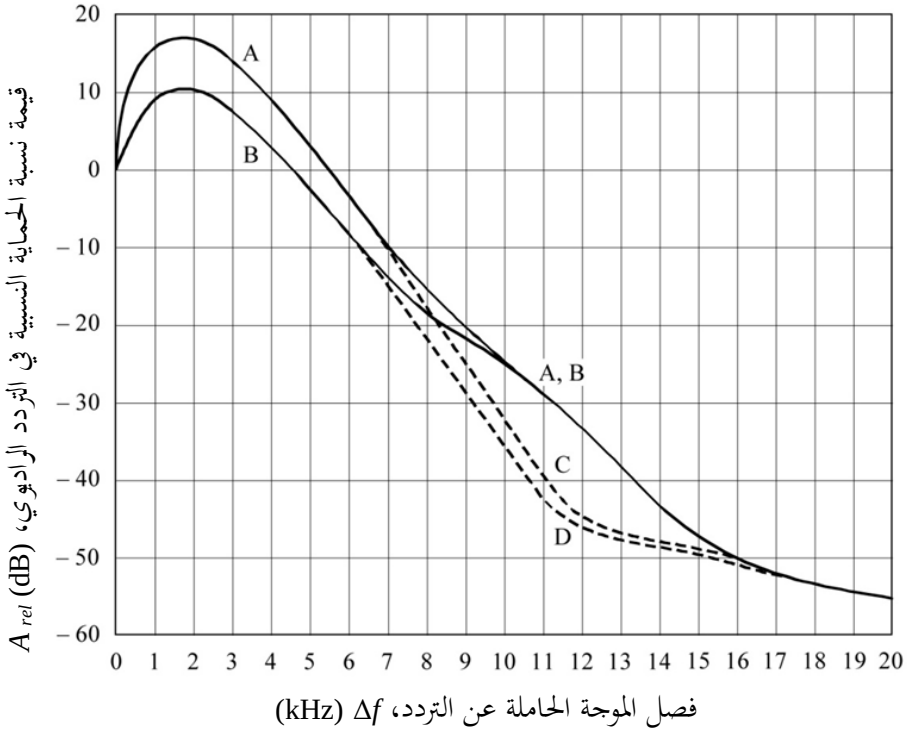
ب) نسبة الحماية النسبية الإضافية التي يجب إضافتها عند وجود فرق بين تردد الإشارة المطلوبة وتردد الإشارة مصدر التداخل يؤدي إلى نشوء نغمة متواصلة من الخفقان المسموع؛ ويتوقف هذا التصحيح على تخالف التردد، وذلك في المقام الأول لأن الاستجابة الترددية لأذن الإنسان بعيدة عن كونها 'مسطحة'. وإذا كان هناك تخالف بين تردد الموجة الحاملة للإشارة المطلوبة وتردد الموجة الحاملة للتداخل، فإن الموجة الحاملة غير المطلوبة نفسها (أو الموجة الجيبية المتداخلة من نظام WPT-EV) تبدأ في الهيمنة نفسياً سمعياً، ولأن الموجة الحاملة كبيرة جداً هناك حاجة إلى حماية أكبر. وبين تخالف صفر وحوالي ±5 kHz، يكون شكل منحنى الحماية مشابه لشكل حدة السمع.

ويلاحظ أن التوصية ITU-R BS.560 لا تتناول الحالة التي لا تنطوي على تخالف بين الموجة الحاملة المطلوبة والموجة الحاملة للتداخل/WPT-EV عندما تكون وإذا كانت الأخيرة غير مشكّلة. وبما أن تخالف التردد يقع دون بداية السمع (أو دون ترشيح التردد المنخفض في المستقبل)، فإن آلية التشويش في المستقبل مختلفة (نفسياً صوتياً على الأقل). وقد أثبتت هيئة الإذاعة البريطانية من خلال اختبارات ذاتية أُبلغ عنها في الورقة البيضاء WHP 332 أنه إذا كانت الموجة الحاملة المتداخلة/WPT-EV غير مشكّلة وكانت ضمن بضع عشرات من وحدة Hz (بداية السمع) عندئذ يمكن التسامح بسوية تداخل أعلى. انظر البند 2.5 بخصوص تقنيات التخفيف.

ويوضح الشكل 1 في التوصية ITU-R BS.560، المستنسخ أدناه، تفاوت نسبة الحماية النسبية بتفاوت تردد التخالف.

الشكل 11-A8

قيمة نسبة الحماية النسبية في التردد الراديوي كدالة لمسافة فصل تردد الموجة الحامل



والمنحنى ذو الصلة هو A الذي يندمج في المنحنى C. والمنحنى B الذي يندمج في المنحنى D مناسب للمواد السمعية المضغوطة بشدة بعمق تشكيل عالٍ بينما المنحنيان A وB فوق حوالي 7 kHz مناسبان للإرسالات بعرض نطاق سمعي بمقدار 10 kHz. وتعتمد نسبة كبيرة من إرسالات AM على الكلام، وهي لا تفضي إلى عمق تشكيل عالٍ حتى عندما تكون مضغوطة جداً. ومع أن خطة التردد تسمح بذلك، في حالات قليلة، فإن عدداً قليلاً جداً من إرسالات AM لها عرض نطاق سمعي أكبر من 5 kHz. وتخالف التردد يمكن أن يكون موجباً أو سالباً.

وما لم تكن ترددات أجهزة WPT-EV وجميع توافقياتها الهامة متوائمة بعناية مع مصفوفة (قنوات) الترددات الإذاعية، فإنه يتعين إضافة نسبة الحماية النسبية الإضافية لغير التشغيل في نفس القناة. وعلى افتراض عدم التحكم في تردد WPT-EV، يمكن افتراض حدوث أسوأ حالة. ويبين الشكل A8-11 أن أعلى قيمة لنسبة الحماية النسبية هي حوالي 16 dB، ما يقابل تخالف تردد بحوالي 2 kHz.

وفيما يتعلق بالحالة الأسوأ هذه، يجب إضافة نسبة الحماية النسبية إلى نسبة الحماية في نفس القناة بمقدار 40 dB للحصول على نسبة الحماية الإجمالية من التداخل الصادر عن أجهزة WPT-EV في الإذاعة AM وهي (40 + 16) = 56 dB.

وبناء عليه يكون حساب أقصى قيمة مقبولة لشدة مجال أنظمة WPT-EV في موقع المستقبل الإذاعي بطرح نسبة الحماية هذه من حساسية المستقبِل. ولذلك يكون الحد الأقصى المقبول للمجال H في أجهزة WPT-EV في موقع مستقبل البث كما يلي:

- النطاق 5 (الموجات LF): (56 – 14,5) = –41,5 dBµA/m
- النطاق 6 (الموجات MF): (56 – 8,5) = –47,5 dBµA/m
- النطاق 7 (الموجات HF): (56 – 11,5–) = –67,5 dBµA/m

وكانت قيم شدة المجال الدنيا الواردة في التوصية ITU-R BS.703 تستند تقليدياً إلى عمق تشكيل مفترض لإشارة AM بنسبة 30%. ويشير العمل الذي قامت به هيئة الإذاعة البريطانية في عام 2007، والذي ينظر قطاع الاتصالات الراديوية في اعتماد نتائجه، إلى أن عمقاً أقل لتشكيل مفترض بنسبة 20% ربما يكون أكثر ملاءمة. وفي الفترة منذ آخر مراجعة للتوصية ITU R BS.703، كان هناك اتجاه لأن ينقل راديو AM قدراً أكبر بكثير من الكلام وقدراً أقل بكثير من الموسيقى (الشعبية). ويتميز الكلام بشكل عام بكثافة تشكيل أقل ويتخلله فترات قصيرة من الصمت. ولتمثيل حالة "واقعية" حيث أكثر إشارات AM تأثراً تكون أهدأ بمقدار 3,5 dB تقريباً مما هو مفترض في التوصية ITU-R BS.703 (عمق تشكيل بنسبة 20% مقارنة بنسبة 30%) ينبغي طرح مقدار 3,5 dB أخرى من القيم المشتقة من التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560.

- النطاق 5 (الموجات LF): (3,5 – 41,5–) = –45,0 dBµA/m
- النطاق 6 (الموجات MF): (3,5 – 47,5–) = –51,0 dBµA/m
- النطاق 7 (الموجات HF): (3,5 – 67,5–) = –71,0 dBµA/m

وثمة طريقة بديلة لحساب سوية التداخل المسموح بها تستند إلى التوصية ITU-R BS.1895.

وتعرّف حافة منطقة الخدمة لمرسل البث بحسب الضوضاء، فالخدمة محدودة بحكم الضوضاء. وعندما تتجاوز جميع مصادر الضوضاء والتداخل نسبة معينة من سوية الإشارة المطلوبة تصبح الخدمة قاصرة عن تلبية معايير الجودة التي وضعها الاتحاد الدولي للاتصالات. والمصادر الرئيسية للضوضاء والتداخل هي: الضوضاء الطبيعية، والضوضاء من صنع الإنسان، وضوضاء المستقبلات ومحطات البث الأخرى العاملة في النطاق المخصص.

وعلى هذا الأساس تحدد التوصية ITU-R BS.1895 معايير الحماية لأنظمة الإذاعة الصوتية للأرض. وتتطلب على وجه التحديد ما يلي:

"ينبغي ألا يتجاوز التداخل الإجمالي عند المستقبِل الناجم عن جميع الإشعاعات والإرسالات التي ليس لها توزيع مقابل من الترددات في لوائح الراديو نسبة 1% من إجمالي قدرة ضوضاء نظام المستقبِل"

وتحدد التوصية ITU-R BS.703 شدة مجال دنيا قابلة للاستعمال تبلغ 66 dBµV/m للموجات الكيلومترية (LF) و60 dBµV/m للموجات الهكتومترية (MF) و40 dBµV/m للموجات الديكامترية (HF). وفي جميع الحالات الثلاث تحدد التوصية عمق التشكيل للإشارة المطلوبة بنسبة 30% (يفترض أنها جذر متوسط التربيع) ونسبة إشارة صوتية مطلوبة إلى ضوضاء (عشوائية) قدرها dB26,0.[16] وهذا يعني أن قدرة (تشكيل) النطاق الجانبي المطلوبة تنخفض بمقدار 10,5 dB عن قدرة الموجة الحاملة وبمقدار 26,0 dB إضافية عن قدرة الضوضاء، أي ما مجموعه 36,5 dB في كل حالة. وهذا يعني أن ضوضاء نظام الاستقبال (المفترضة) هي:

- النطاق 5 (LF): (26,0 – 10,5 – 14,5) = –22,0 dBµA/m
- النطاق 6 (MF): (26,0 – 10,5 – 8,5) = –28,0 dBµA/m
- النطاق 7 (HF): (26,0 – 10,5 – 11,5–) = –48,0 dBµA/m

وللامتثال للتوصية ITU-R BS.1895، يجب أن تكون المساهمة من مصدر تداخل ليس له وضع في لوائح الراديو أقل من ضوضاء نظام الاستقبال بمقدار 20 dB، وهذا يعطي الحدود التالية:

- النطاق 5 (LF): (20,0 – 22,0) = –42,0 dBµA/m
- النطاق 6 (MF): (20,0 – 28,0) = –48,0 dBµA/m
- النطاق 7 (HF): (20,0 – 48,0–) = –68,0 dBµA/m

وهي، كما سيتبين، قريبة جداً من الحدود المحسوبة باستخدام التوصية ITU-R BS.560 (أعلاه). ومن شأن استخدام نسبة 20% (جذر متوسط التربيع) الأحدث عهداً لعمق التشكيل أن يخفض هذه القيم بمقدار 3,5 dB أخرى.

16 سوف يتبين أن هذا أقل صرامة من 40 dB المطلوبة في التوصية ITU-R BS.560. ومردّ ذلك أن التوصية ITU-R BS.560 تنظر في مواد برامج محتملة الإدراك تأتي من هيئة إذاعة أخرى وتكون أكثر تدخلاً، من الناحية 'النفسية الصوتية'، من الضوضاء العشوائية.

المرفق 5
بالملحق 8

مسافة الفصل المتوقعة بين شاحن WPT-EV ومستقبل AM منزلي – مسح فوتوغرافي

في حالة شاحن WPT-EV في بيئة منزلية، يمكن الافتراض أن الشاحن سيكون إما في مرآب أو مساحة مخصصة لوقوف السيارات بجوار المسكن. وتوضح الصور الأربع التالية مساكن في المملكة المتحدة يمكن اعتبارها نموذجية. وقد تم اختيارها على أساس أن أحد المؤلفين إما يقيم فيها بنفسه أو يعرف شخصاً يقيم فيها، وهي ليست متميزة عن غيرها بأي شكل.

الشكل 12-A8

سكن نموذجي في وسط مدينة داربي (المملكة المتحدة)

أشير إلى أنه قد يكون من الصعب نشر شواحن WPT-EV في هذه الحالة وأن نقاط الشحن على جانب الطريق بتوصيل كبلي بالسيارة قد تكون أكثر ملاءمة.

الشكل 13-A8

مساكن في الضواحي الخارجية في جنوب لندن

قد يكون من الممكن تركيب شاحن WPT-EV داخل المرآب (العديد من المنازل في هذا الموقع لها مرآب متاخم) أو في موقف سيارة بجانب المنزل أو أمامه مباشرة.

الشكل 14-A8

مساكن ريفية على بعد حوالي 70 km جنوب شرق لندن

هذه مجموعة معزولة من المساكن (وهي محاطة إجمالاً بأراضٍ زراعية) ولكنها تشبه إلى حد كبير المساكن في الضواحي الموصوفة أعلاه. وهنا أيضاً يمكن نشر شواحن WPT-EV داخل المرآب أو في مكان وقوف السيارة بجوار المنزل أو أمامه.

الشكل 15-A8

مبنى شقق سكنية في شرق لندن

مبنى متعدد الطوابق مع مرآب مشترك في الطابق الأرضي. ومن المرجح جداً أن يكون أي شاحن WPT- EV داخل المرآب. بعض الشقق ليس لديها مرآب وتعتمد على مواقف سيارات غير مخصصة في الشوارع.

بالنظر إلى الأمثلة في الصور، يبدو في كل حالة أن المسافة الواقعية من أقرب مستقبل راديو إلى شاحن WPT-EV هي حوالي 3 أمتار. ومن المستبعد أن تكون المسافة أقل من ذلك، ولكن من الممكن جداً، في مبنى الشقق مثلاً، أن يكون هناك شاحنان WPT-EV على بعد حوالي 3 أمتار من مستقبل راديوي في شقة ما في الطابق السفلي، بل أكثر من ذلك في حدود 10 أمتار. ومن الواضح أن وجود شاحن آخر على مسافة 3 أمتار سيزيد من احتمال التداخل بمقدار 3 dB.

المرفق 6
بالملحق 8

أداء مستقبل بث إذاعي صوتي بالموجات MF
بوجود تداخل من جهاز WPT-EV

تأثير التداخل من موجة حاملة غير مشكّلة

مقدمة وخلفية

يصف هذا التقرير العمل الذي قامت به هيئة الإذاعة البريطانية نيابة عن اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) في محاولة لوضع حدود شدة المجال المقبولة للتداخل من أجهزة نقل الطاقة لاسلكياً (WPT-EV). وعلى الرغم من أن غالبية الترددات المقترحة للاستخدام في أجهزة WPT-EV لا تقع ضمن نطاقات البث الإذاعي، فمن المرجح أن تكون السويات التوافقية ملحوظة، حيث تكون خدمات الراديو AM ضحية للتداخل. وقد استخدمت تقنية WPT-EV تقليدياً للأجهزة منخفضة الطاقة، من قبيل شواحن فرشاة الأسنان. ولكن ينظر في هذه التقنية الآن لشحن المركبات الكهربائية، حيث يستدعي الأمر العديد من وحدات kW، ومن ثم فإن المشكلة تصبح نسبياً أكثر جدية.

ولدى وضع الحدود المقبولة للسويات التوافقية، استند العمل حتى الآن إلى التوصيتين ITU-R BS.560 وITU-R BS.703. وتنص التوصية ITU-R BS.560 في البداية على أن *"نسبة الحماية للترددات الراديوية RF ... للإرسالات في نفس القناة ينبغي أن تكون 40 dB ..."* ثم يعطي الشكل 1 في التوصية BS.560 نسبة الحماية النسبية كدالة لتردد التداخل النسبي (أو التخالفي). (تعرّف نسبة الحماية على أنها نسبة الإشارة المطلوبة إلى قدرة الموجة الحاملة مصدر التداخل المطلوبة لتحقيق معيار جودة معين، وتكون عادة نسبة إشارة صوتية إلى الضوضاء.) وتضيف التوصية ITU-R BS.703 أن شدة المجال الدنيا للاستقبال المرضي للتردد على الموجات LF وMF هي 66 و60 dBuV/m، على التوالي.

والافتراض الوارد في التوصية ITU-R BS.560 هو أن مصدر التداخل يكون إشارة بث أخرى ذات خصائص مشابهة لخصائص الإشارة المطلوبة. وبما أن نظام WPT-EV كمصدر تداخل مكافئ لموجة حاملة عادية دون تشكيل، فإن هذا التقرير ينظر فيما إذا كانت التوصية ITU-R BS.560 ما زالت قابلة للتطبيق. وعلى وجه الخصوص، يكتشف التقرير ما إذا كان التساهل ممكناً إذا أمكن التحكم الدقيق في مصدر التداخل.

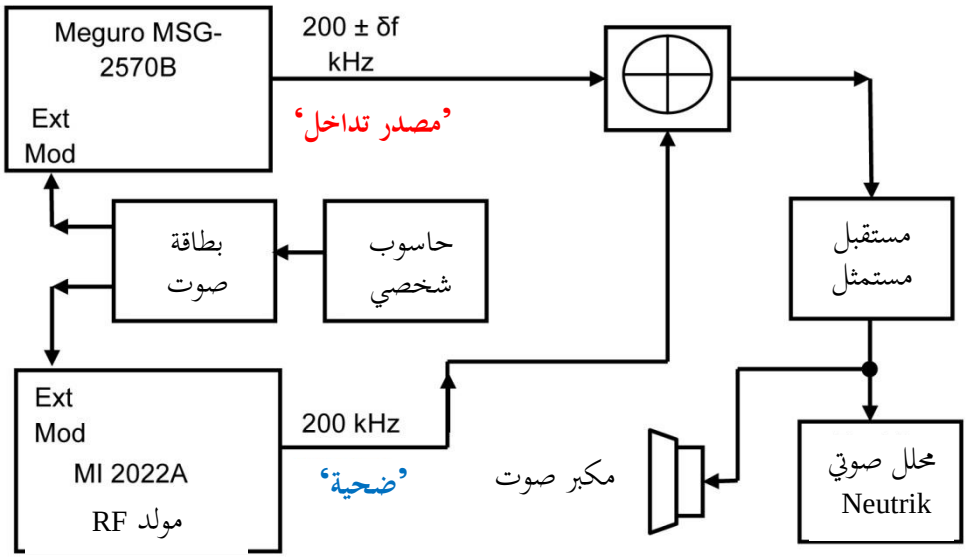
الترتيبات التجريبية

الترتيبات التجريبية موضحة في الشكل A8-16. وهناك في الأساس مولدان للإشارة لتوفير الإرسال المطلوب، أو "الضحية"، ومصدر التداخل. ويمكن تطبيق التشكيل الصوتي على أي من هاتين الإشارتين أو كلتيهما بواسطة حاسوب مزود ببطاقة صوت. ويؤخذ الصوت من مواد البرامج "الحقيقية"، ويتم تسجيله عند خرج استوديو Radio Five Live ويتم تمريره عبر معالج Orban Optimod (الذي يكون عادةً في محطة الإرسال).

ويزال تشكيل الإرسال المطلوب والتداخل معاً من خلال مستقبل "مثالي" مصمم خصيصاً لهذا الغرض. وهو يشمل التحكم الأوتوماتي في الكسب (AGC) وكاشف غلاف دقيق ومرشاح تمرير منخفض بقيمة 4,5 kHz. وليس هنالك انتقائية للترددات الراديوية، ذلك لأن هذا لا شأن له بالنسبة للعمل قيد النظر. وقد تم تجميع فئة من المستمعين غير الخبراء لتقييم خرج المستقبل عند تشغيله عبر مكبر صوت عالي الجودة. وكانت بيئة الاستماع منطقة هادئة في المختبر، ولم يتم تصميمها خصيصاً لاختبارات الاستماع: نظراً لأن البث AM ليس وسطاً عالي الجودة، ولم يكن هناك ما يبرر استئجار غرفة استماع معتمدة.

الشكل 16-A8

إعداد تجريبي



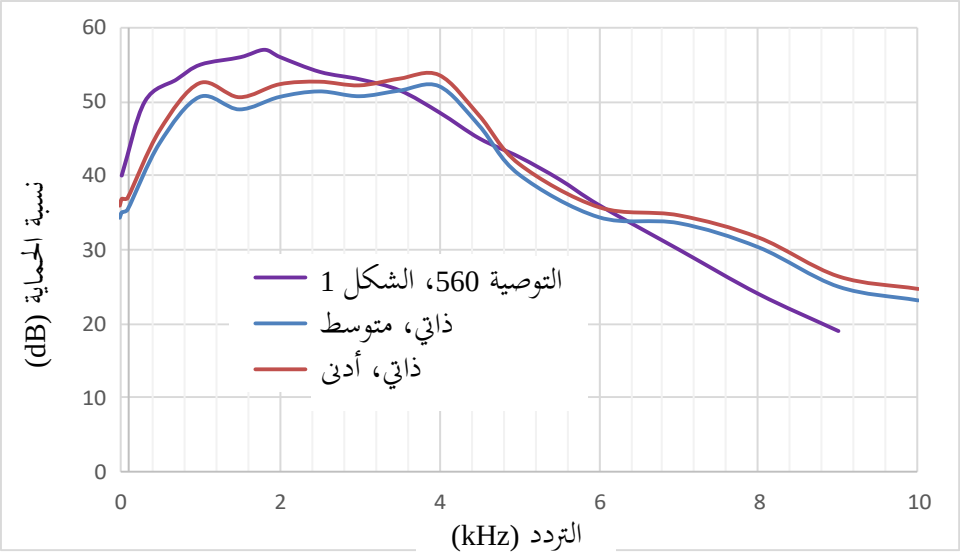
التحقق من الامتثال للتوصيتين ITU-R BS.560 وITU-R BS.703

كان الإعداد التجريبي كما هو موصوف أعلاه، حيث كان مكان الاختبار غرفة معزولة في مركز البحوث والتنمية في مقر هيئة الإذاعة البريطانية. وبالنسبة للإرسال المطلوب أو "الضحية"، كانت مادة البرنامج مقطعاً مدته 27 ثانية يعرف باسم "أوركسترا القدس". وكانت تتألف من بضع ثوان من خطاب ذكر يليه خطاب أنثى. وكانت هناك فجوة بأقل من ثانية في نهاية المقطع للسماح بعودة الحلقة إلى البداية. وكان التشكيل بالنسبة للموجة الحاملة مصدر التداخل هو خطاب ذكر عرّف بأنه "حديث قتال جديد".

وطُلب من المتطوع الاستماع إلى مادة البرنامج المطلوبة عند خرج المستقبل، في طبقة صوت مريحة. ثم أضيف مصدر التداخل بتردد التخالف المطلوب، ورُفعت السوية حتى قال المستمع أن التداخل أصبح مسموعاً. ثم خُفّضت السوية حتى قال إن التداخل قد غاب. وتكرر هذا الإجراء ثلاث مرات. وجرى تدوين الزوجين الثاني والثالث فقط من النتائج، كانت النتائج الأولى فقط لتمكين إعدادات سوية "معقولة". والنتائج مرسومة بيانياً أدناه لترددات التخالف التي تشمل النطاق من 0 Hz إلى 10 kHz.

الشكل 17-A8

نسب الحماية المطلوبة من مصادر تداخل مشكّلة



تعليق على الشكل 17-A8:

- المنحنى "ذاتي، متوسط" هو متوسط كل القيم الأربعين للتردد المحدد (10 مستمعين، 4 قيم لكل منهم).
- المنحنى "ذاتي، أدنى" هو متوسط كل القيم العشرين للنقطة التي أصبح فيها مصدر التداخل غير مسموع لدى تخفيضه.
- يعتبر الامتثال للتوصية ITU-R BS.560 معقولاً دون 3 kHz، علماً بأن المستمعين لم يكونوا "ناقدين". ومع الخبرة، يمكن سماع مصدر التداخل بالتأكيد عند سويات موجة حاملة أدنى مما يشير إليه المنحنى "ذاتي، أدنى".
- لم تكن استجابة مكبر الصوت معروفة ومن ثم لم تؤخذ في الحسبان. وربما يستحسن، في عالم مثالي، تكرار الاختبارات مع عدد من مكبرات الصوت.
- يمكن أن تعكس قيم نسب الحماية المتشائمة قليلاً فوق 3 kHz افتقار المستقبل إلى انتقائية التردد الراديوي.
- كانت المكونة الوحيدة المسموعة، فوق 500 Hz، هي الخفقة بين الموجتين الحاملتين – ما أدى إلى إغراق التشكيل على مصدر التداخل تماماً.

الحماية المطلوبة من مصدر تداخل موجة حاملة عادية

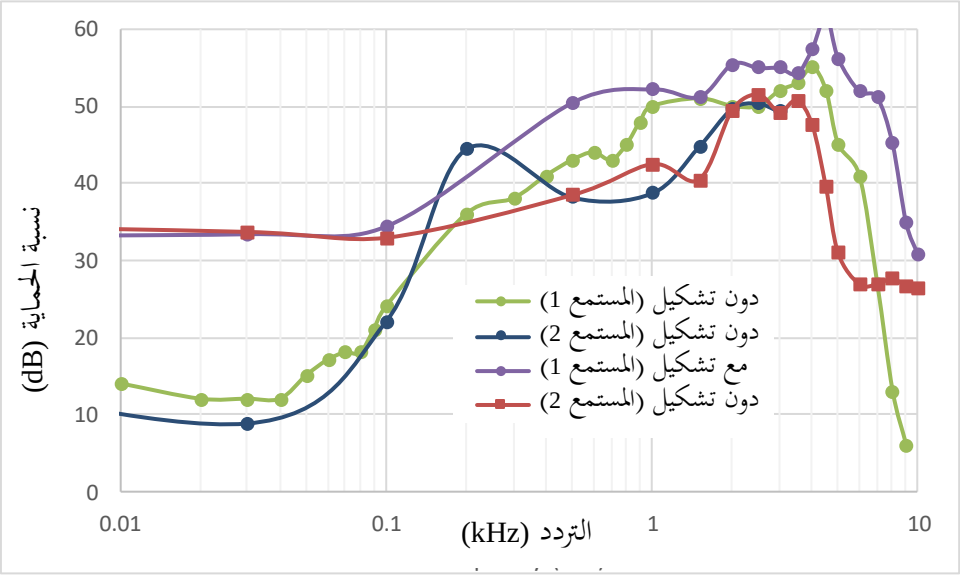
أثبت العمل الموصوف أعلاه أن المتطلبات المنصوص عليها في التوصية ITU-R BS.560 متوافقة بشكل معقول مع الواقع – ومع الترتيبات التجريبية التي قام بها المؤلف. والأمر المثير للاهتمام الذي يجب التحقق منه هو الاختلاف في المتطلبات إذا أزيل التشكيل من الموجة الحاملة مصدر التداخل.

وقد أجري المزيد من قياسات نسب الحماية، على غرار ما جرى من قبل، باستثناء غياب التشكيل على الموجة الحاملة مصدر التداخل. وربما كان من الأمثل استخدام نفس فريق المستمعين، ولكن تبين أن ذلك غير ممكن بسبب تغيب بعض الموظفين وغير ذلك. وكان ستة مستمعين أعضاء في المجموعة الأصلية، أضيف إليهم ستة مستمعين جدد. ورغم اختلاف المستمعين إلى حد كبير من حيث حدة السمع والاتساق، استخدمت جميع النتائج. واقتصرت القياسات على المدى 0-1 kHz، لأن مكونة التشكيل كانت غير مسموعة في التخالفات الأكبر.

ويقارن المخطط في الشكل 18-A8 أدناه نتائج نسب الحماية مع التشكيل أو بدونه في مصدر التداخل. والنتائج المقرونة بالتشكيل هي نفس النتائج المرسومة في القسم السابق. ولتسهيل تفسير النتائج، يحتوي المحور الأفقي على مقياس لوغاريتمي يشمل عشريتين في المدى من 10 Hz إلى 1 kHz. وعلى غرار ما تقدم، يظهر الشكل متطلبات الحماية بموجب التوصية ITU-R BS.560، على الرغم من عدم القدرة على قراءة البيانات من الشكل 1 في التوصية ITU-R BS.560 بأي قدر من الدقة.

الشكل 18-A8

نسب الحماية المطلوبة من مصادر التداخل المشكّلة وغير المشكّلة



تعليقات على الشكل 18-A8:

- لم تكن استجابة مكبر الصوت معروفة ومن ثم لم تؤخذ في الحسبان. وربما يستحسن، في عالم مثالي، تكرار الاختبارات مع عدد من مكبرات الصوت.
- رسمت قيم "ذاتي، متوسط" و"ذاتي، أدنى" تماماً كما في الشكل السابق.
- عند ترددات أعلى من حوالي 300 Hz، حيث المكونة المهيمنة للتداخل هي خفقان الموجة الحاملة، تتفق النتائج جيداً مع تشكيل مصدر التداخل أو بدونه – في حدود وحدتين dB. وهذا أمر مشجع، عندما يؤخذ في الاعتبار اختلاف مجموعات الاستماع.
- عند ترددات دون 300 Hz، حيث يهيمن تشكيل مصدر التداخل (إن وجد)، يستوي منحنى نسب الحماية. وعلى الرغم من أن متطلبات التوصية ITU-R BS.560 تبدو صارمة بحوالي 5 dB أكثر من اللزوم، فهي تتوافق فعلاً مع حد قابلية السمع بالنسبة لأكثر المستمعين نقداً، بحسب "أشرطة الخطأ" الموضحة في النقطة ما قبل الأخيرة أدناه.
- عند ترددات دون 300 Hz، وفي غياب التشكيل، تستمر نسب الحماية في الانخفاض مع تناقص التردد. ويقترب انحدار الخط البياني من 6 dB لكل ثُمانيّة، أو 20 dB لكل عُشريّة – وفقاً للترجيح 3 في للتوصية ITU-R BS.468.
- عند ترددات دون 50 Hz، يكاد لا يسمع خفقان الموجة الحاملة بسبب تراجع استجابة مكبر الصوت والأذن البشرية. وأكثر العوامل أهمية هو التشويه الناجم عن الاختلاف الدوري في عمق التشكيل.
- أضيفت "أشرطة خطأ" بقيمة ±4,3 dB إلى منحنى "تشكيل، أدنى". وهي تمثل فرق جذر متوسط التربيع (RMS) بين حدة السمع لدى مختلف المستمعين. وهي لا تأخذ في الحسبان الأخطاء المنهجية الممكنة مثل استجابة مكبر الصوت.

– من الواضح أن غياب التشكيل يمثل ميزة تفوّق بحوالي 25 dB على متطلبات نسب الحماية الواردة في التوصية ITU-R BS.560، شريطة التمكن من إبقاء تردد التخالف دون 50 Hz.

التداخل في نفس القناة وجودة الصوت

قدم القسم السابق مؤشراً جيداً على وجود ميزة في إبقاء تردد مصدر التداخل دون تشكيل قريباً من تردد الموجة الحاملة المطلوبة – إذا أمكن ذلك. وللتعمق في استكشاف هذه الإمكانية، دعيت مجموعة من عشرة مستمعين، وطُلب منهم الحكم على جودة الصوت لثلاثة مقاطع صوتية موصوفة أدناه.

– مذيعة (27 ثانية). (نفس المقطع المستخدم للتحقق من الامتثال للتوصية ITU-R BS.560).

– بعض الموسيقى (سوبرانو ورباعي وتريّات) (31 ثانية).

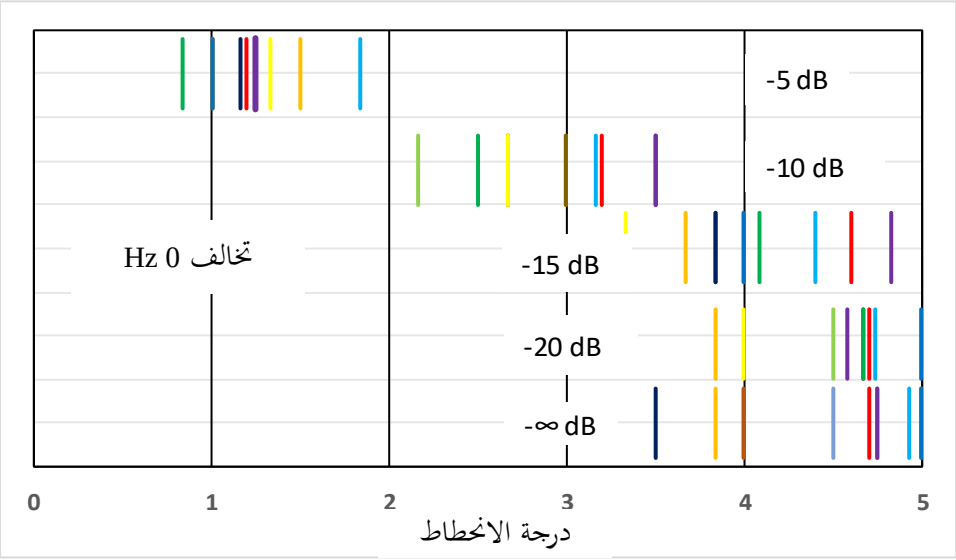
– مذيع وأغنية (45 ثانية).

ودعي المستمعون إلى إعطاء درجة لكل عينة على مقياس انحطاط خماسي النقاط لدى القطاع ITU-R، 5 "غير محسوس" و1 "مزعج للغاية". انظر التوصية ITU-R BS.1284. ومع أن هذه التوصية لم تحدد ذلك، فقد سُمح بدرجة صفر للصوت الذي لا يمكن أن يؤخذ في الاعتبار. كما سُمح بدرجات كسرية، من قبيل 3,7، حتى يتمكن المستمعون من التمييز بين التغييرات الطفيفة في جودة الصوت.

وشملت التجربة خمس سويات من مصادر التداخل: –5 و–10 و–15 و–20 و–∞ dB. وكان مصدر التداخل نفسه عند تخالف إما بمقدار 0 Hz أو 30 Hz. وفي حالة 0 Hz، لم تكن الموجتان الحاملتان متزامنتين، وانحرفتا ببطء داخل الطور وخارجه. واعتبر أن هذا الوضع أكثر واقعية من ضبط مصدر التداخل مع الموجة الحاملة المطلوبة. وعندما كانت الموجتان الحاملتان في الطور المضاد، كانت الموجة الحاملة الناتجة مفرطة التشكيل، مما تسبب في تشويه صوتي كبير. وكانت سوية الصوت أيضاً عند الحد الأقصى، حيث يعمل مستقبل التحكم الأوتوماتي في الكسب (AGC) على متوسط سوية الإشارة. وعلى النقيض من ذلك، عندما كانت الموجتان الحاملتان في الطور، كان عمق التشكيل وسوية الصوت عند الحد الأدنى، واختفى التشويه.

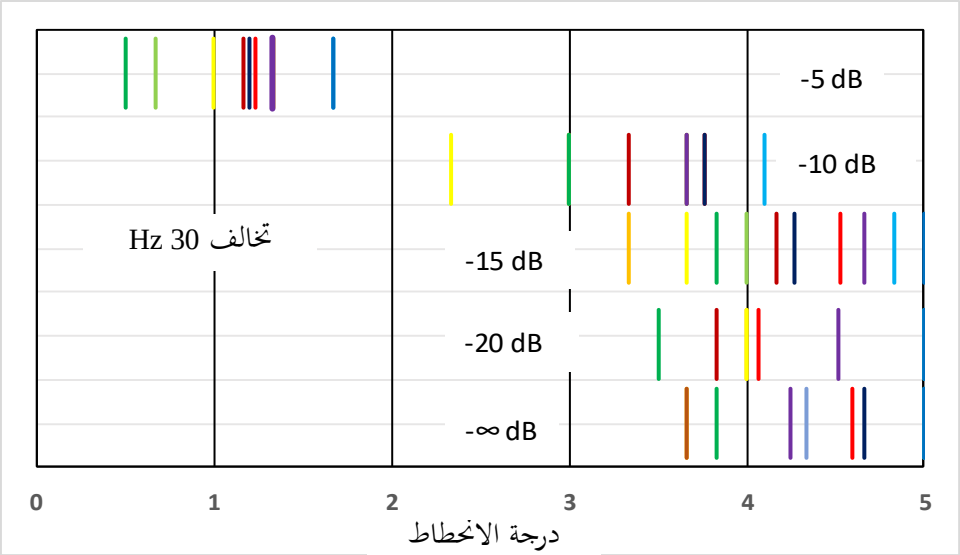
الشكل 19-A8

درجات الانحطاط لمختلف سويات مصدر تداخل غير مشكّل



الشكل 20-A8

درجات الانحطاط لمختلف سويات مصدر تداخل غير مشكّ

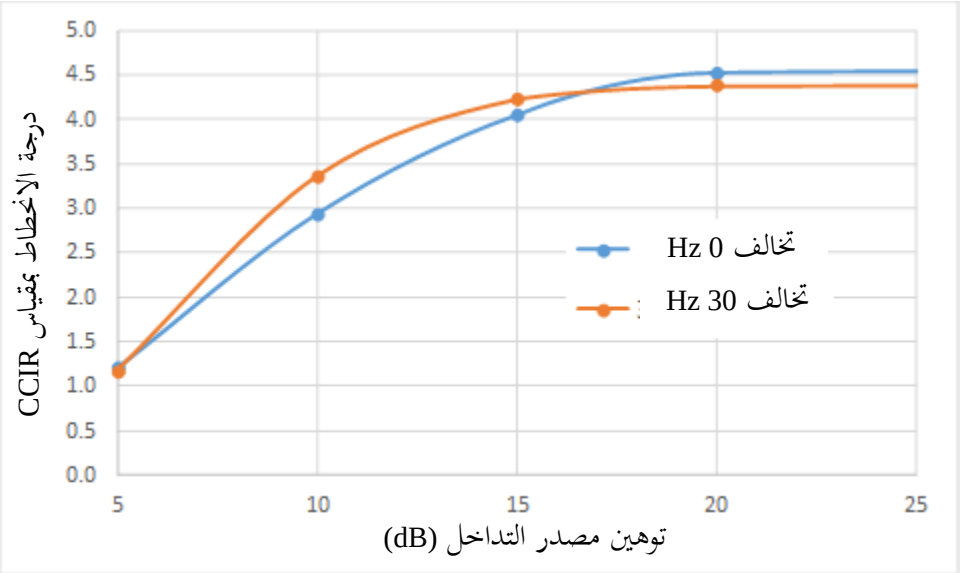


وتظهر في مخططات الشكلين 19-A8 و20-A8 درجات فرادى المستمعين في شكل خطوط عمودية قصيرة، حيث يخصص لون مختلف لكل مستمع. وهذه الدرجات هي متوسط المقاطع الثلاثة. وكما سيناقش لاحقاً، أظهرت درجات المقاطع الثلاثة فوارق كبيرة.

والنتائج المتوسطة لجميع المستمعين العشرة هي كما يلي:

الشكل 21-A8

درجات الانحطاط مقابل سوية مصدر التداخل



تعليقات على الشكل 21-A8:

– يبدو أن التخالف 30 Hz ألطف قليلاً من 0 Hz، ما لم يكن التداخل شديداً. وربما يرجع ذلك إلى أن التحكم الأوتوماتي في الكسب (AGC) الخاص بالمستقبل لا يستجيب تماماً لتغيرات 30 Hz في سوية الموجة الحاملة، ولذلك لا يتسبب في التأثيرات الضخمة الملحوظة.

- بالنسبة لكل من التخالفين، مصدر التداخل غير مسموع عند –20 dB ومسموع بالكاد عند –15 dB.
- عندما يتزايد مصدر التداخل من –15 dB، يتزايد الاعتراض عليه سريعاً. وعندما يكون مصدر التداخل فوق –10 dB، تكون جودة الصوت رديئة للغاية.

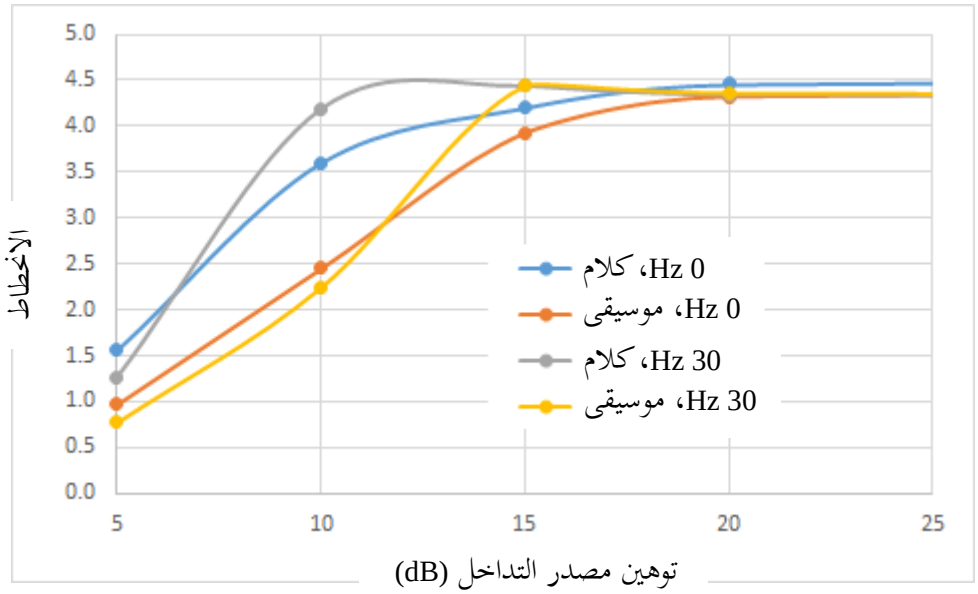
إن تأثير إدخال تخالف تردد ضئيل يستحق المزيد من البحث – ويبدو على الأقل أنه مفيد إلى حد ما. ويُظهر الرسم البياني أدناه أن الوضع أكثر تعقيداً من ذلك. ويشير "الكلام" إلى المقطع 1 و"الموسيقى" إلى المقطع 2.

والتخالف مفيد حقاً للكلام، ويسمح لمصدر التداخل بأن يصل إلى –10 dB دون إزعاج المستمع إلى حد كبير. ولكن هذا لا ينطبق على الموسيقى، لأنه في أحسن الفروض يجعل جودة الصوت أسوأ. وأثناء الاختبارات، كان التأثير المختلف لمصدر التداخل على الكلام والموسيقى مذهلاً للغاية: عند –10 dB و30 Hz، كان من الصعب سماع التداخل في الكلام ولكنه كان مزعجاً للغاية في حالة الموسيقى.

ويبدو أن سبب المشكلة في الموسيقى هو أن للتحكم الأوتوماتي في الكسب (AGC) بعض الاستجابة لخفقان 30 Hz في الموجة الحاملة، ومن ثم فهو يؤدي إلى تبادل تشكيل 30 Hz في الموجة الحاملة المطلوبة. وهكذا تكتسب النغمة الموسيقية 30 Hz في النطاقات الجانبية، ويكون التأثير سيئاً لأنها غير مرتبطة توافقياً. وإشارات الكلام أكثر تعقيداً وتحتوي أصلاً على أعداد كبيرة من المكونات الطيفية. والنتيجة أقرب إلى الضوضاء، وإضافة 30 Hz لا تحدث أي فرق يذكر.

الشكل 22-A8

مقارنة درجات الانحطاط بين الكلام والموسيقى



قيم شدة مجال مصدر التداخل WPT-EV المسموح بها

المهمة الأخيرة هي ربط نسب الحماية الموضحة في الشكلين 21-A8 و22-A8 بقيم شدة المجال الفعلية. ويمكن القيام بذلك ببساطة على النحو التالي:

- شدة المجال الدنيا للاستقبال المرضي على الموجة MF بموجب التوصية ITU-R BS.703 هي 60 dBµV/m.
- تحول هذه القيمة إلى dBµA/m بطرح 51,5 dB. (معاوقة الفضاء الحر، Z_0، هي 377 Ω، و20 log10 377 تساوي 51,5.) وبالتالي فإن 60 dBµV/m تقابل شدة المجال المغنطيسي 60 – 51,5 = 8,5 dBµA/m.
- متطلبات نسبة الحماية بموجب التوصية ITU-R BS.560 هي 40 dB عند تردد تخالف صفري. ولذلك تكون شدة المجال المقابلة 8,5 – 40 = –31,5 dBµA/m.

ويلاحظ أن العمل الموصوف أعلاه يشير إلى أن نسبة حماية بمقدار 18 dB كافية، شريطة الحفاظ على مصدر التداخل في حدود حوالي 50 Hz من تردد الموجة الحاملة للضحية – أي تساهل قدره 22 dB. وبعبارة أخرى، يكفي أن يكون الحد –10 dBµA/m.

وبالنسبة للاستقبال على موجات LF، تحدد التوصية ITU-R BS.703 شدة المجال الدنيا عند 66 dBµV/m – أي أكبر بمقدار 6 dB عما هي في موجات MF. وفي هذه الحالة، يكون الحد المقابل –4 dBµA/m.

ولم يُنظر في هذا التقرير، ولا في المرجع [2]، في قيم شدة المجال *الكهربائي* المسموح بها. ويبدو هذا معقولاً، لأن أنظمة WPT-EV تعتمد على المجالات المغنطيسية، ومعظم مستقبلات الموجات LF/MF تستخدم هوائيات قضيب الفرّيت والهوائيات الإطارية. ومن باب الاطمئنان، ربما ينبغي للمعايير مثل المرجع [2] أن تحدد قيم شدة المجال الكهربائي والمغنطيسي على السواء. ونسبة حماية بمقدار 18 dB تقابل 48 dBµV/m و42 dBµV/m للموجات LF وMF على التوالي.

الخلاصة

ألقى هذا المرفق نظرة على التداخل الناجم عن استخدام أجهزة WPT-EV في خدمات البث الإذاعي AM، وذلك بهدف وضع الحد الأقصى المسموح به لشدة المجال المغنطيسي. والاستنتاجات هي كما يلي:

- تحدد التوصية ITU-R BS.703 متطلبات نسبة الحماية بمقدار 40 dB للتداخل في نفس القناة في خدمات الإذاعة AM، بينما تحدد التوصية ITU-R BS.560 المتطلبات *النسبية* حيث يتم تخالف مصدر التداخل في التردد. ويؤكد العمل التجريبي الموصوف في هذا التقرير هذه القيم.
- يوضح العمل التجريبي أيضاً أنه عندما يكون مصدر التداخل موجة حاملة غير مشكّلة، يمكن التساهل في المتطلبات دون حوالي 500 Hz. ونسبة حماية بمقدار 18 dB كافية لترددات التخالف بقيمة 50 Hz أو أقل. ويلاحظ أن لا جدوى من تخالف 0 Hz ما لم يُضبط مصدر التداخل في الطور مع الموجة الحاملة المطلوبة.
- بافتراض أن شدة المجال الدنيا للخدمات الإذاعية هي 66 dBµV/m و60 dBµV/m، فإن السويات القصوى المقبولة للتداخل القريب في نفس القناة من موجة حاملة غير مشكّلة هي –4 dBµA/m و–10 dBµA/m للموجات LF وMF على التوالي.

وقد تم التأكيد على أن الترتيبات التجريبية المستخدمة في اختبارات الاستماع هذه لها قيودها، وينبغي اعتبار النتائج مؤقتة. وفي عالم مثالي، وإذا سمح الوقت والمال، ينبغي تكرار الاختبارات "مزدوجة التعمية" في غرفة استماع معتمدة، مع التحكم في جميع المعلمات كلياً. ومع ذلك، ربما توفر هذه النتائج المؤقتة مؤشراً جيداً للنتيجة النهائية.

مراجع المرفق

[1] Wikipedia, 2017. Wireless Power Transfer https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_power_transfer .

[2] ETSI, 2017. 'Wireless Power Transmission Systems, Using Technologies Other than Radio Frequency Beam, in the 19–21 kHz, 59–61 kHz, 79–90 kHz, 100–300 kHz, 6 765–6 795 kHz ranges: Harmonised Standard Covering the Essential Requirements of Article 3.2 of Directive 2014/53/EU.' ETSI EN 303 417 V1.1.1 (2017-06) (Final Draft) .

[3] التوصية ITU-R BS.560-4 – نسب حماية التردد الراديوي في الإذاعة على الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF) والديكامترية (HF).

[4] التوصية ITU-R BS.703-0 – خصائص المستقبلات المرجعية الخاصة بالإذاعة الصوتية بتشكيل الاتساع (AM) لأغراض التخطيط.

[5] التوصية ITU-R BS.1284-1 – طرائق التقدير الشخصي لنوعية الصوت.

المرفق 7
بالملحق 8

مزيد من الدراسات باستخدام مستقبل متاح تجارياً

خلفية ومقدمة

يستكمل هذا العمل دراسة سابقة وصفت في الورقة البيضاء الصادرة عن هيئة الإذاعة البريطانية WHP 332 (نُشرت في نوفمبر 2017) واستنسخت بوصفها المرفق 6 بالملحق 8. ويُستخدم في هذه الدراسة الإضافية مستقبل محمول حقيقي "متاح تجارياً" مع حقن الإشارات المطلوبة وغير المطلوبة باستخدام هوائيات حلقة مغنطيسية لإستثارة هوائي قضيب الفرّيت المدمج في المستقبل نفسه. ويحقق هذا النهج ثلاثة أهداف:

- البرهان على إمكانية مقارنة المستقبل المرجعي المحدد في التوصية ITU-R BS.703 بمستقبل حقيقي؛
- توفير "تدقيق واقعي" بشأن التفاعل المفترض بين التوصيتين ITU R BS.703 وITU-R BS.560 يستخدم عند التخطيط لنطاقي البث على الموجات LF وMF ويستخدم لوضع حدود التداخل المقبولة لأنظمة WPT-EV؛[17]
- تكرار بعض القياسات السابقة مع تغيير ترتيبات الاختبار.

وقد جرى العمل من أجل الورقة البيضاء WHP 332 باستخدام مستقبل "مثالي" – بمعنى أنه لا يُحدث أي ضوضاء خاصة به، ولديه استجابة تردد "مسطحة" مع عرض نطاق تشكيل بقيمة 4,5 kHz عند –6 dB. وبالإضافة إلى ذلك، دمجت الإشارة المطلوبة وإشارة أحادية النغمة، لمحاكاة وحدة WPT-EV كمصدر تداخل، قبل إدخالها في المستقبل "المثالي". وكان ذلك بتوصيل "سلك صلب" دون هوائي. واعتُمد هذا النهج "البحت" لإزالة أكبر عدد ممكن من المتغيرات. ومع ذلك، يُعتقد أن من المفيد إجراء فحص مقارنة للبرهان على أن هذا النهج متوافق مع ما يحدث في "عالم الواقع".

وكان الاستنتاج الرئيسي من الدراسة السابقة، بالنسبة لإشارات وحيدة النغمة تمثل مصدر تداخل ومفصولة عن الإرسال المطلوب بأكثر من 500 Hz، هو أن التوصيتين ITU-R BS.560 وITU-R BS.703 هما أساس مناسب لتحديد الحماية المطلوبة من سويات التداخل. (تُعرَّف "الحماية" بأنها نسبة سوية الإشارة المطلوبة إلى سوية الإشارة غير المطلوبة التي تدخل المستقبل.) واشتراط "بأكثر من 500 Hz" مهم، حيث يمكن تحمل سويات تداخل أعلى بشكل ملحوظ في فترات فصل التردد الأدنى.

ويكرر العمل الموصوف هنا بعض الأعمال السابقة، ولكن هذه المرة باستخدام راديو حقيقي رخيص الثمن، يستقبل الإشارات خارج البث.

اختيار المستقبل

في الوقت الذي أجريت فيه الدراسات استخدمت ثلاثة مرسلات محمولة تمثيلية ومتاحة تجارياً من مختلف الأعمار:

- Panasonic GX500؛
- Roberts RP26-B؛
- Sony ICF-700W.

---

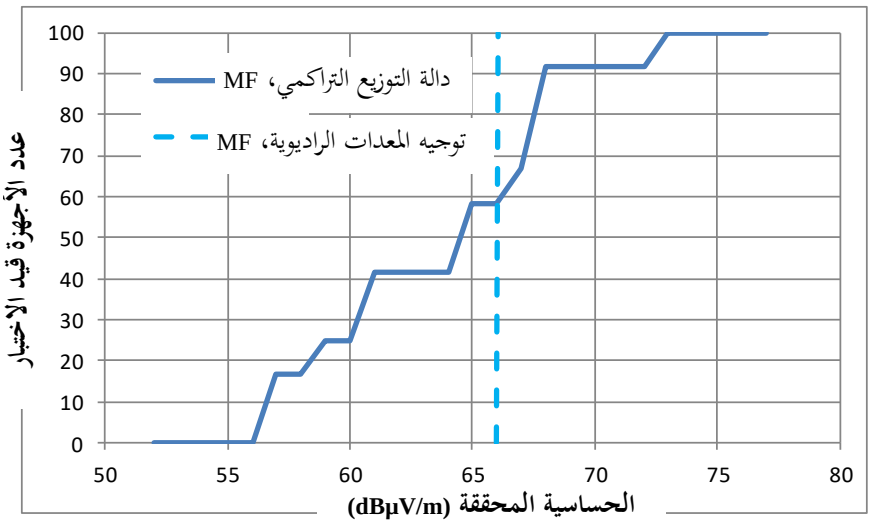
17 للحصول على الحد الأقصى المسموح به من سوية مصدر التداخل بالقيم المطلقة، يتعين ربط نسبة الحماية (PR) المحددة في التوصية ITU-R BS.560 بشدة المجال للإشارة المطلوبة عند هوائي المستقبل. وتحدد التوصية ITU-R BS.703 الحد الأدنى من متطلبات الحساسية "للمستقبل المرجعي" على أنه 60 dBµV/m، والذي ينبغي أن يكون المستقبل عند سوية الإشارة هذه قادراً على تحقيق نسبة إشارة إلى الضوضاء (S/N) بمقدار 26 dB. والمرجع هو 30% AM، مع استخدام كاشف متوسط جذر تربيع (RMS) غير مرجح لقياس الضوضاء.

وقد أظهر تقييم ذاتي أن مستقبل Panasonic يتسم بأقل قدر من الضوضاء الداخلية، ولذا تم اختياره لباقي الاختبارات. وكان المستقبل الذي تم اختياره يمثل أرخص الأسعار في السوق. وبما أن الحساسية وعرض نطاق التشكيل لهما أثر هام على النتائج، وفيما يلي بعض التفاصيل.

سبق أن تم اختبار عدد من أجهزة الراديو المحمولة فيما يتعلق بمواصفة ETSI EN 303 345، "أجهزة استقبال الصوت الإذاعي: المعيار المنسق" التي تشمل المتطلبات الأساسية للمادة 2.3 من توجيه المعدات الراديوية 2014/53/EU (RED). ويتناول البحث هنا دالة التوزيع التراكمي (CDF) لحساسياتها. وكان حوالي ثلثي أجهزة الراديو أكثر حساسية من متطلبات ETSI المقترحة بقيمة 66 dBµV/m.

الشكل 23-A8

دالة التوزيع التراكمي (CDF) لحساسيات مجموعة من أجهزة الراديو المحمولة النموذجية



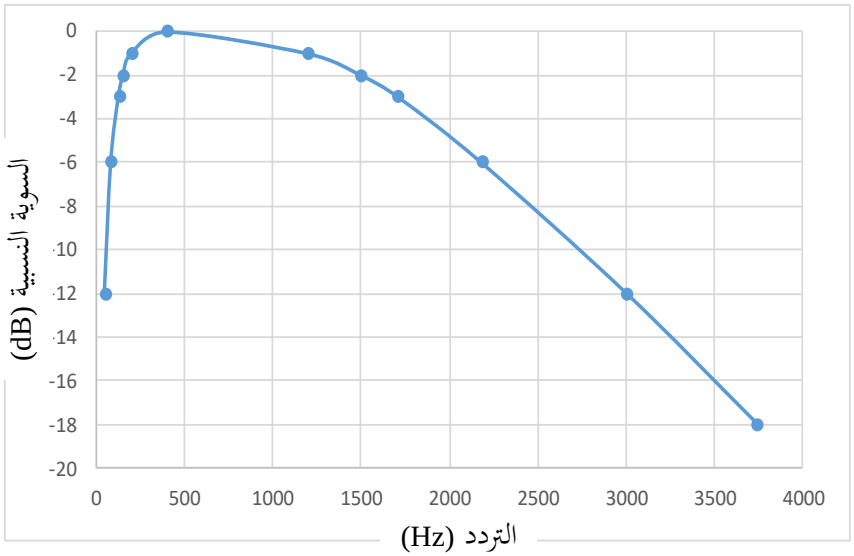
وقد حقق جهاز Panasonic GX500 حساسية بمقدار 65 dBµV/m على نفس المقياس، لذلك استوفى بالكاد متطلبات ETSI. ويلاحظ أن الحساسية هنا ليست معرّفة بنفس الطريقة كما في التوصية ITU-R BS.703. وهذا ما يبحث أدناه، ولكن يمكن الآن اعتبار متطلبات التوصية ITU-R BS.703 والمعيار EN 303 345 متكافئة تقريباً. والنقطة الهامة هي أن راديو Panasonic نموذجي وأداء الضوضاء فيه قابل للمقارنة مع المستقبل المرجعي للاتحاد الدولي للاتصالات.

ومن المهم أيضاً استجابة تردد التشكيل في المستقبل، حيث يحدد ذلك سوية الضوضاء عند الخرج وتأثير أجهزة WPT-EV مصدر التداخل. ويتضح ذلك في الشكل 24-A8 أدناه.

ويلاحظ أن الاستجابة تنخفض بشكل حاد بعد 1,5 kHz، بينما كانت استجابة المستقبل "المثالي" السابق مستقرة أساساً عند 4 kHz. وينطوي عرض النطاق الضيق على قدر أكبر من التسامح إزاء أنظمة WPT-EV، ويحسّن الحساسية المقيسة (ولكنه لا يحسّن دقة الصوت).

الشكل 24-A8

استجابة التشكيل في الراديو المحمول المختار

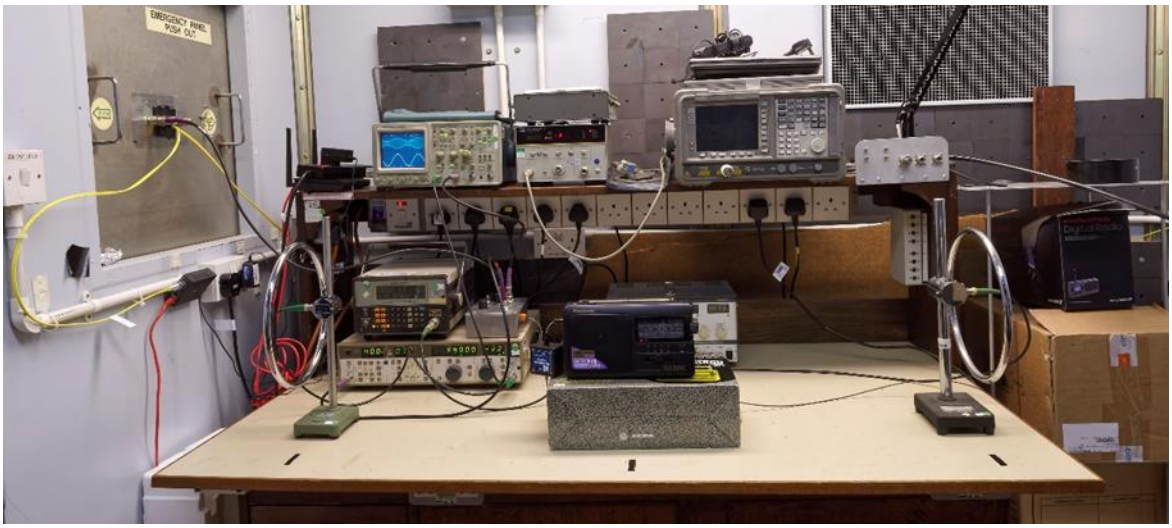


إعداد الاختبار

كان إعداد الاختبار مشابهاً أساساً لما وصف في الورقة WHP 332، مع اثنين من مولدات إشارة التردد الراديوي: ضُبط أحدهما على 999 kHz ويستخدم لتوفير الإرسال المطلوب، وضُبط الثاني على 001 1 kHz وهو يمثل مصدر التداخل (غير المشكّل) بتخالف 2 kHz.

الشكل 25-A8

إعداد الاختبار في غرفة معزولة للبحث والتطوير لدى هيئة الإذاعة البريطانية

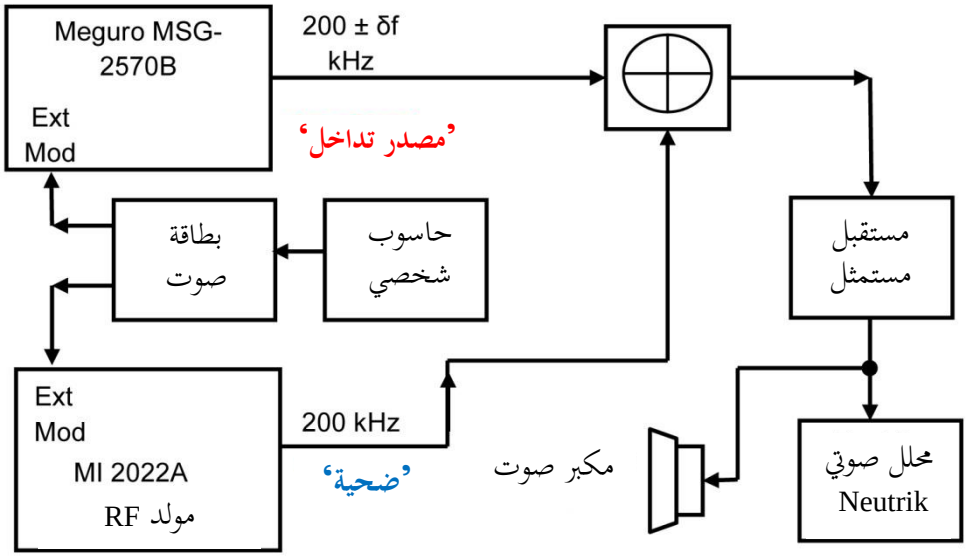


"أرسلت" الإشارتان من هوائيي حلقة معايرين منفصلين. ولإزالة مصادر التداخل الأخرى، وضعت المولدات والحلقات والمستقبل في غرفة منيعة للترددات الراديوية، حيث يوفر حاسوب مادة البرنامج الخاصة باختبارات الاستماع (وهو في حد ذاته مصدر هام للضوضاء الراديوية خارج منطقة الاختبار المنيعة). وتم توصيل محلل الصوت بالمستقبل باستخدام وصلة ألياف ضوئية. وتم ترشيح جميع إمدادات التيار الكهربائي الواردة وإيقاف تشغيل أي معدات غير ضرورية.

وفي الشكل A8-25، يكون الراديو المحمول في مركز المختبر، وهو موضوع فوق صندوق من الورق المقوى للسماح بمواءمة هوائي الفرّيت فيه مع محور هوائيات الحلقة. وتظهر الحلقتان على كلا الجانبين وهما تبعدان عن الراديو بمقدار 600 mm – وتتسم شدة المجال المغنطيسي بعلاقة بسيطة مع الخرج المقيس لمولدات الإشارة مما جعل الإعداد أسهل وأدق. وإلى جانب الراديو (ولكن ليس مرئياً بوضوح) هناك مرسل وصلة الألياف الضوئية. وهنالك خارج الإطار عداد القياس للتحقق المزدوج من شدة المجال المتولدة من الحلقات. ويوضع مولدا إشارة التردد الراديوي خلف الحلقة اليسرى.

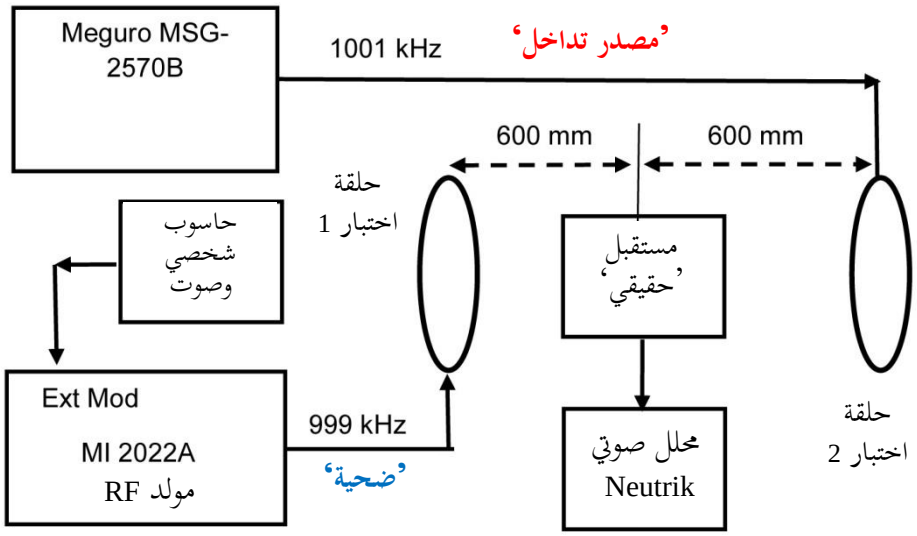
الشكل A8-26

إعداد الاختبار الذي استخدم أصلاً للورقة WHP 332



الشكل A8-27

الإعداد المعدّل المستخدم من أجل العمل الحالي



يشاهد هنا الرسوم البيانية لترتيبات الاختبار الأصلية (الشكل A8-26) والحالية (الشكل A8-27).

والإعدادان متشابهان أساساً، سوى أنه يتم دمج مصدر التداخل والإرسال المطلوب في الأثير، بدلاً من إلكترونياً. واستخدام حلقات اختبار ومكبر صوت داخلي يعني أن المستقبل "الحقيقي" غير موصول كهربائياً.

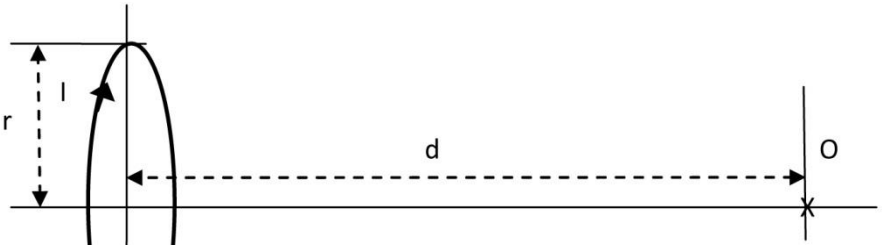
وقد تم استخدام "مقطع" الصوت نفسه لجميع الاختبارات ذات الصلة. وهو يتألف من 16 ثانية من الكلام تليها ثانيتان من الصمت و12 ثانية من الموسيقى. وقد التقط من شبكة راديو Five Live MF من محطة BBC وسجّل "نحو المصب" من معالج الإرسال. وعدد كبير من محطات راديو AM يعتمد الآن على الكلام. ويتميز الكلام بانخفاض أعماق التشكيل وفترات متكررة قصيرة من الصمت، عندما يصل المتحدث إلى نهاية الجملة، ويتوقف للتنفس وما إلى ذلك. ويمكن حجب سويات منخفضة من التداخل بواسطة الإشارة الصوتية ولكن يمكن أن تكون دخيلة أيضاً أثناء فترات الصمت المتكررة، وهي التي تميل إلى الهيمنة من منظور المستمع.

المعايرة

جرت المعايرة بعناية. واستخدم عداد طاقة حرارية للتحقق من طاقة خرج المولدات عند سوية محددة قدرها 0 dBm (تحويل 1 mW إلى 50 Ω). وعند الضبط على –33 dBm، ينبغي أن يفضي المولد إلى سوية إشارة بقيمة 8,5 dBuA/m عند المستقبل، وهي قيمة تم التحقق منها باستخدام مقياس شدة المجال. ويتم حساب شدة المجال على النحو التالي:

الشكل 28-A8

المجال المغنطيسي الذي تولده الحلقة حاملة التيار



وشيعة وحيدة اللفة تحمل التيار I

المجال المغنطيسي H عند O يعطى بالمعادلة

$$H = Ir^2 / 2\,(d^2 + r^2)^{3/2} \approx Ir^2 / 2d^3$$

يبين الشكل 28-A8 المجال المغنطيسي H الناشئ عن تيار I من خلال الوشيعة. ويتحدد التيار بواسطة مولد المجال الكهرمغنطيسي V ومقاومة المصدر R، بحيث تكون $I = V/R$. ويبلغ نصف قطر الوشيعة r مقدار 125 mm والمسافة d هي 600 mm.

ويمكن إعادة ترتيب المعادلة لحساب التيار اللازم لتوليد مجال معين عند O.

$$I = H \cdot (2d^3/r^2)$$

ومن أجل شدة مجال قدرها 8,5 dBμA/m

$$H = H = \ 10^{(\frac{8.5}{20})}\ \mu A/m$$
$$= 2{,}66\ \mu A/m$$

ويكون التيار اللازم إذاً:

$$I = 2{,}66\ \mu A/m\ .\ (2\ .\ 0{,}6^3 / 0{,}125^2)$$
$$= 73{,}54\ \mu A$$

ويكون مولد المجال الكهرمغنطيسي اللازم إذاً:

$$V = 73{,}54\ \mu A\ .136\ \Omega$$
$$= 10\ mV$$

تشتمل مقاومة المصدر 136 Ω على 50 Ω داخل مولد التردد الراديوي نفسه، ومقدار 86 Ω يشكل جزءاً من الحلقة. ولكي تكون H بمقدار 2,66 µA/m (أو 8,5 dBµA/m)، يجب أن تكون V بمقدار 10 mV. وتتم معايرة خرج المولد (EMF) بوحدة dBm، 0 dBm تقابل مولد EMF بمقدار 448 mV، وبالتالي فإن 10 mV تعادل 20 log (10/448)، أو –33 dBm.

وقد سبق أن ذُكرت استجابة المستقبل. ويؤكد قياس آخر أن الاستجابة هي –4 dB عند 2 kHz (تردد تخالف مصدر التداخل) بالنسبة إلى 1 kHz (نغمة الضبط للنظام). ومن ثم، للحصول على مقارنة حقيقية لما يمكن توقعه من مستقبل "جيد" له استجابة منبسطة، يتعين زيادة سوية مصدر التداخل بمقدار 4 dB.

أداء المستقبل المستخدم في الاختبارات الحالية

للتأكد من أن الاختبارات التي يتم إجراؤها مع الراديو المحمول "عادلة"، يتعين التحقق من كيفية مقارنة الحساسية مع حساسية المستقبل المرجعي في التوصية ITU-R BS.703. وأفضل تلخيص للنتائج المقيسة وارد في الجدول A8-4.

الجدول A8-4

نسبة الإشارة إلى الضوضاء في الراديو المحمول

شدة المجال	S/N، المرجع 40% AM		S/N، المرجع 30% AM
dBµV/m	غير مرجحة (dB)	مرجحة (dBq)	غير مرجحة (dB)
60	26	18	(26) 23,5
(66) 65	30	22	28

يبين الجدول 1 أن أداء الضوضاء في مستقبل Panasonic أسوأ بمقدار 2,5 dB مما هو في المستقبل المرجعي في التوصية ITU-R BS.703 (وردي مظلل)، ولكنه يتجاوز اشتراط ETSI وهو 66 dBµV/m (أزرق مظلل) مع 1 dB في النطاق. وبالنسبة لهذا الراديو بالتحديد، تكون الضوضاء المرجحة أكبر بمقدار 8 dB من الضوضاء غير المرجحة. وليس هناك من فرق "شمولي" بين قيم الضوضاء المرجحة وغير المرجحة، لأن عرض النطاق الترددي للمستقبل عامل هام. وفي العمل الذي أجري للمعيار EN 303 345، أخذت القيمة 10 dB: 4 dB للتحويل بين جذر متوسط التربيع وشبه الذروة، و6 dB للاستجابة المتزايدة لمرشاح الترجيح. وفي مستقبل Panasonic، تكون القيمة أقل قليلاً بسبب ضعف استجابة التشكيل.

وثمة نقطة هامة وهي أن من الممكن جعل الراديو يبدو متطابقاً مع أداء المستقبل المرجعي بزيادة شدة المجال الواردة بمقدار 2,5 dB – حيث تكون الضوضاء الخارجية مهملة، وتزداد نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N) تناسبياً مع سوية الإشارة. وبعبارة أخرى، يحقق الراديو نسبة S/N بمقدار 26 dB المرجعية بنسبة 30% AM مع شدة مجال 11 dBµA/m 62,5/dBµV/m. وبالطبع، عند إجراء اختبارات الاستماع وما إلى ذلك، من الضروري زيادة مصدر التداخل بنفس المقدار للحفاظ على صحة السويات النسبية.

ولم يتم إجراء أي مسح شامل للضوضاء البيئية، ولكن التجول مع الراديو يشير إلى أنه في بعض المواقع على الأقل، يكون الاستقبال محدوداً بسبب الضوضاء الداخلية للراديو. ومن ثم تبدو المتطلبات المحددة في التوصية ITU-R BS.703 والمعيار EN 303 345 معقولة.

عتبات التداخل

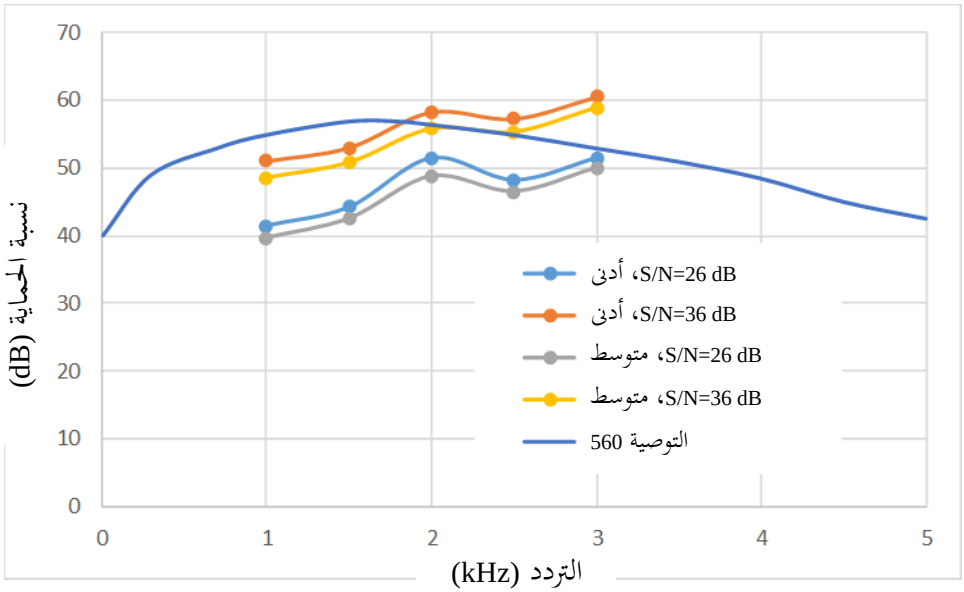
جرى العمل السابق بخصوص عتبات التداخل في مستقبل عديم الضوضاء. وربما يكون للضوضاء عند خرج مستقبل في "عالم الواقع" تأثير حاجب. فإذا كان الأمر كذلك، فقد يكون هناك ما يبرر تخفيف حدود مصادر التداخل WPT-EV المقترحة في الورقة

البيضاء WHP 332. ويعني الاكتشاف الجازم تكرار اختبارات الاستماع الموضحة في الورقة WHP 332. وقد تضمنت هذه الاختبارات تشغيل عينات من مواد برنامج على "المرسل" المطلوب، والطلب من مجموعة مستمعين تحديد السوية التي أصبح عندها مصدر التداخل مسموعاً. وقد تكرر الاختبار على مدى واسع من ترددات التخالف. ورغم بساطتها من حيث المبدأ، إلا أن اختبارات الاستماع هذه تحتاج إلى تنظيم، ولم يكن هذا النهج ممكناً في إطار الموارد المتاحة.

وبدلاً من تكرار جميع الأعمال السابقة، اعتُمد نهج أكثر واقعية. فقد حكم مستمع واحد على النقطة التي أصبح فيها التداخل مسموعاً عند سويتين مختلفين للإشارة المطلوبة. واختيرت السوية 1 لتعطي نسبة S/N قدرها 26 dB (المرجع 30% AM)، لمحاكاة أداء المستقبل المرجعي الذي يعمل عند 60 dBµV/m، وكانت السوية 2 أكبر بمقدار 20 dB، عندما كانت الضوضاء أقل بمقدار 10 dB وأقل تداخلاً بكثير. وبهذه الطريقة، يمكن إنشاء اختلاف بسيط، يمكن استخدامه بعد ذلك "لتصحيح" القيم "عديمة الضوضاء" الأصلية. وشريطة أن يكون الفرق صغيراً حقاً، فإن أي شكوك تجريبية سيكون لها تأثير مهمل.

الشكل 29-A8

عتبات تداخل النغمة الوحيدة في مستقبل "واقعي"



حيث "التردد" هو تخالف التردد من الموجة الحاملة AM.

ولكل تخالف تردد، في المدى من 1 إلى 3 kHz، وسوية إشارة مطلوبة، زيدت سوية إشارة التداخل ببطء، وسجلت السوية التي أصبح عندها التداخل مسموعاً بالكاد. وسجلت سوية ثانية، أصبح عندها التداخل غير ملحوظ لدى تخفيضه. وتكررت العملية أربع مرات وأخذت المتوسطات. وفي الشكل 29-A8، تتطابق قيم "الحد الأدنى" مع السوية الثانية، بينما تمثل قيم "المتوسط" متوسط السويتين الأولى والثانية. وهذا يسمح بإجراء مقارنة مع الشكل 21-A8. ولدى رسم النتائج، أخذت في الحسبان استجابة النطاق الجانبي للمستقبل، وإلا فإن المنحنيات سوف تتباعد عند نهاية التردد العالي.

وكان الاستنتاج أن وجود الضوضاء يحجب التداخل ويسمح لمصدر التداخل بأن يكون أكبر بحوالي 8 dB مما سيكون عليه الحال في غياب الضوضاء.

وأجري اختبار آخر في محاولة لتحديد الفرق النفسي الصوتي بين الضوضاء العشوائية (البيضاء) ومصدر تداخل وحيد النغمة. وعند الحد، يكون مجموع ضوضاء النظام مزيجاً من ضوضاء المستقبل والضوضاء البيئية. وبالابتعاد عن حد الحساسية نحو المناطق التي من المحتمل أن تكون فيها الضوضاء البيئية أعلى، تصبح ضوضاء المستقبل أقل أهمية وتهيمن الضوضاء البيئية على الضوضاء الإجمالية للنظام.

وقد حُقن مصدر تداخل وحيد النغمة بنفس سوية الضوضاء الكلية للنظام،[18] حسبما قيس عند الخرج الصوتي للمستقبل باستخدام كاشف متوسط جذر التربيع (RMS)، وتم تخفيضه تدريجياً في خطوات بمقدار 2 dB حتى أصبح غير مسموع، حيث حجبته ضوضاء النظام. ولم يعد تأثير مصدر التداخل موضع اعتراض (مع أنه ما زال مسموعاً) عندما خفضت السوية بمقدار 8 dB واختفى عندما خفضت بمقدار 10 dB. وفي بيئات الضوضاء الأعلى، تكون سويات الضوضاء المطلقة أعلى ولكن نسبة التداخل إلى ضوضاء النظام الكلية تبقى نفسها دائماً، أي –8 dB من 610 dB إذا تعيّن تجنب التداخل المسموع. وفي البيئات التي تكون فيها ضوضاء المستقبل نفسها غير ذات أهمية، يتعين أن يكون مصدر التداخل من 8 إلى 10 dB دون سوية الضوضاء البيئية حتى يكون غير مسموع.

استنتاجات

كانت القياسات التي أجريت باستخدام مستقبل Panasonic GX500 متوافقة عموماً مع القياسات السابقة التي أجريت باستخدام نظام مستمثل لقياس سوية التداخل المسموح به عند مواءمة مصدر تداخل وحيد النغمة مع قناة البث الإذاعي في المصفوفة. والافتراضات التي وضعت عند حساب شدة المجال المسموح بها بموجب التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560 صحيحة. ومع ذلك، أسفرت الاختبارات عن عدد من النقاط.

صلاحية المستقبل المرجعي في التوصية ITU-R BS.703 كمرجع إسناد

لم يكن أداء مستقبل Panasonic GX500 على مستوى الأداء المفترض للمستقبل المرجعي. ولم تكن استجابته للتردد الصوتي منبسطة وكانت ضوضاء المستقبل أعلى قليلاً. وهذا مستقبل محمول رخيص نسبياً والعمل الذي قامت به هيئة الإذاعة البريطانية سابقاً يشير إلى توفر مستقبلات ذات جودة أفضل. وهذا بدوره يعني أن المواصفات الخاصة بالمستقبل المرجعي، كما ينبغي أن تكون، تمثل مستقبلاً تجارياً ذا جودة معقولة، ولذلك فإن الدراسات السابقة المستندة إلى المستقبل المرجعي صالحة تماماً. وتحدد التوصية ITU-R BS.703 على نحو فعال سوية ضوضاء النظام الإجمالية عند هامش الاستقبال بافتراض عمق تشكيل 30% وتشكيل ضوضاء (نظام) عشوائية بمقدار 26 dB. وهكذا، يبلغ إجمالي ضوضاء النظام 60 dBµV/m (الحد الأدنى لسوية الموجة الحاملة في التوصية ITU R BS.703) ناقص 10,5 dB (سوية التشكيل دون الموجة الحاملة) ناقص 26 dB (نسبة الإشارة المطلوبة إلى الضوضاء) زائد 3 dB (كسب ترابط النطاق الجانبي) وهو ما يساوي 26,5 dBµV/m أو –25 dBµA/m (مغنطيسي). وعلى صعيد الواقع، يكون هذا مزيجاً من ضوضاء المستقبل الداخلية والضوضاء البيئية. وبافتراض أن كلا مصدري الضوضاء يسهمان بشكل متساوٍ في ضوضاء النظام، فإن كلاً منهما سيكون –28 dBµA/m، وهي قيمة تزداد بمقدار 3 dB عندما تضاف معاً. ووفقاً للحسابات التي أجرتها اليابان استناداً غلى التوصية ITU-R P.372، لا غرابة أن يكون هذا قريباً من سوية الضوضاء البيئية المتوقعة في منطقة ريفية.

تأثير حجب ضوضاء النظام

عندما يكون التداخل عند سوية منخفضة، يمكن حجبه بوجود تشكيل صوتي. وفي ضوء ميل هيئات الإذاعة إلى استخدام راديو AM لبث الكلام، هناك ثغرات متكررة وفترات صمت في البرنامج، وفي هذه الثغرات يكون التداخل ملحوظاً أو مزعجاً لأنه غير محجوب. ويعتبر مصدر تداخل وحيد النغمة أكثر إزعاجاً من الضوضاء العشوائية. وقد أجريت الاختبارات الأولى الذاتية الموضحة في الورقة البيضاء WHP 332 لهيئة الإذاعة البريطانية باستخدام مستقبل مستمثل وعديم الضوضاء. وتبين أن وجود ضوضاء خلفية عشوائية في الثغرات في الكلام لها تأثير حجب التداخل. ويشير اختبار ذاتي شارك فيه مستمع واحد ولكنه تكرر عدة مرات إلى أن تأثير حجب ضوضاء النظام يمكن أن يوفر تساهلاً بمقدار 8 dB في سوية الضوضاء المسموح بها عند ترددات بعيدة عن الموجة الحاملة للبث. وهذا ليس له أي تأثير على السويات المقترحة في الورقة WHP 332.

18 استخدم في هذا الاختبار مستقبل مستمثل مع ضوضاء عشوائية حقنت عمداً بما يعادل ناقص 31 dBµA/m لمحاكاة أداء المستقبل المرجعي في التوصية ITU-R BS.703.

سوية مصدر التداخل بالنسبة لضوضاء النظام

نظراً للتأثير النفسي الصوتي الأكثر تدخلاً، يجب أن يكون مصدر التداخل وحيد النغمة أقل بمقدار 8 dB على الأقل من إجمالي ضوضاء النظام في أي مكان ليكون غير مسموع. ويعتمد إجمالي ضوضاء النظام نفسه على الموقع. وفي أكثر البيئات هدوءً كهربائياً، تسهم ضوضاء المستقبل الداخلية بدور كبير ولكن في البيئات الأكثر ضوضاء (ربما الضواحي والمدن) تهيمن الضوضاء البيئية. ويمكن الاطلاع على التوجيه الإحصائي بشأن سويات الضوضاء البيئية المتوقعة في بيئات مختلفة في التوصية ITU-R P.372، ومع ذلك، يجب التأكيد على أن هذه السويات هي للاسترشاد فقط وينبغي ألا تستخدم كأهداف. وهذا لا يتناول المبدأ العام الذي يقضي بضرورة تقليل الضوضاء الكهربائية دوماً.

مراجع المرفق

[1] BBC Research and Development White Paper WHP 332, November 2017 – Wireless Power Transfer: Plain Carrier Interference to AM Reception.

[2] التقرير ITU-R BS.2433-0 – الجهارة في إيصال الإنترنت لمقاطع صوتية ذات مصدر إذاعي (10/2018).

الملحق 9

تحليل اتحاد الإذاعات الأوروبية لتوفيق نتائج دراسة التأثير الموصوفة في الملحق 5 مع الحدود المطلوبة للإرسال المشع من أنظمة WPT-EV لحماية البث الإذاعي AM في القسم 4.4

مقدمة

يصف الملحق 5، "دراسة من الصين عن تأثير أنظمة WPT-EV"، دراسات الاستقبال التي أجريت على إرسالات البث في الموجات MF في منطقة شنغهاي. ويبدو للوهلة الأولى من الدراسة الواردة في الملحق 5 أن سويات تداخل أكبر بكثير من تلك المستندة إلى التوصيتين ITU-R BS.703 وITU R BS.560 ليس لها تأثير سلبي على استقبال البث (راجع الفقرة 4.4). ومع ذلك، تختلف شروط الاختبار المستخدمة للدراسة اختلافاً تاماً عن ظروف الاستقبال المفترضة في التوصيتين ITU-R المذكورتين، وربما لا يكون هذا مفاجئاً.

ويستند تخطيط شبكات البث في الإقليمين 1 و3 في الاتحاد الدولي للاتصالات، ومن ثم في أوروبا، إلى التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560. وقد أجريت دراسة في هذا الملحق تقارن نتائج شنغهاي بالحالة المتعلقة بأجزاء من أوروبا وتحاول التوفيق بينهما. وبتطبيق عوامل التصحيح المناسبة يلاحظ أن هناك بالفعل توافق لا بأس به.

وسويات التداخل المقيسة في اختبارات شنغهاي أكبر بكثير، على ما يبدو، من سويات شدة المجال المسموح بها التي تمخضت عنها الدراسات الواردة في الفقرة 2.2.4. ومع ذلك، تشير قوة إشارة البث الأعلى بكثير وتأثيرات الحجب المحتملة لكل من الضوضاء الخلفية العالية وعمق التشكيل العالي (لإشارة البث) إلى أن نتائج شنغهاي تتوافق عموماً مع معايير الحماية المستندة إلى قطاع الاتصالات الراديوية. ويبدو من المرجح أساساً أن مجموع التأثيرات لسوية أعلى من إشارة البث والضوضاء البيئية العالية وعمق التشكيل العالي قد حجبت تأثير أي تداخل من أنظمة WPT-EV. ولذلك، ليس من المستغرب أنه لم يلاحظ في هذه الحالة سوى تأثير ضئيل أو معدوم لنظام WPT-EV.

ولكن ما زال من الضروري، من منظور عالمي، حماية إشارات البث منخفضة الشدة في بيئات ضوضاء منخفضة، والسويات المسموح بها المقترحة في الفقرة 4.4 تستهدف ذلك.

1.A9 ملخص

يوضح القسم 2.1.A5 دراسة للتعايش بين البث من أنظمة WPT-EV والبث على الموجات MF قدمتها جمهورية الصين الشعبية إلى الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو يصف دراسات الاستقبال التي أجريت على إرسالات البث في الموجات MF في منطقة شنغهاي. ويبدو للوهلة الأولى أن سويات التداخل الأكبر بكثير من تلك القائمة على التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560 ليس لها تأثير سلبي على استقبال البث. ولكن ظروف الاختبار المستخدمة في الدراسة الصينية تختلف تماماً عن ظروف الاستقبال المفترضة في توصيات قطاع الاتصالات الراديوية، ومن ثم قد لا يكون ذلك مفاجئاً.

ويستند تخطيط شبكات البث في الإقليمين 1 و3 في الاتحاد الدولي للاتصالات، ومن ثم في أوروبا، إلى التوصيتين ITU-R BS.703 وITU-R BS.560. وقد أجريت دراسة تقارن نتائج شنغهاي بالحالة المتعلقة بأجزاء من أوروبا وتحاول التوفيق بينهما. وبتطبيق عوامل التصحيح المناسبة يلاحظ أن هناك بالفعل توافق لا بأس به.

وسويات التداخل المقيسة في اختبارات شنغهاي أكبر بكثير، على ما يبدو، من سويات شدة المجال المسموح بها التي تمخضت عنها الدراسات الواردة في الفقرة 3.1.A5. ومع ذلك، تشير قوة إشارة البث الأعلى بكثير وتأثيرات الحجب المحتملة لكل من الضوضاء الخلفية العالية وعمق التشكيل العالي (لإشارة البث) إلى أن نتائج شنغهاي تتوافق عموماً مع معايير الحماية المستندة إلى قطاع الاتصالات الراديوية. ويبدو من المرجح أساساً أن مجموع التأثيرات لسوية أعلى من إشارة البث والضوضاء البيئية العالية وعمق التشكيل العالي قد حجبت تأثير أي تداخل من أنظمة WPT-EV. ولذلك، ليس من المستغرب أنه لم يلاحظ في هذه الحالة سوى تأثير ضئيل أو معدوم لنظام WPT-EV.

ولكن ما زال من الضروري، من منظور عالمي، حماية إشارات البث منخفضة الشدة في بيئات ضوضاء منخفضة، والسويات المسموح بها المقترحة في الفقرة 4.4 تستهدف ذلك.

وثمة عدد من العوامل التي يمكن أن يكون لها تأثير كبير على النتائج لم يتم تحديدها في التقرير عن دراسة شنغهاي. ومن بين هذه العوامل نوع البرنامج (لإشارة البث الواردة) واستجابة التردد الصوتي للمستقبل وتوجيه المستقبل. ويرد هنا وصف كل هذه العوامل والآثار المحتملة لها. وقد أدرجت في التحليل تقديرات متحفظة للآثار الكمية لهذه العوامل. كذلك، ليس هنالك من تفسير للطبيعة الشاذة المحتملة لقيم شدة مجال مصدر التداخل في العمود 9 من الجدول 4 (الملحق 1 بهذا التقرير). وينبغي أن تختلف شدة المجال مع مكعب المسافة، أي 18 dB لضعف المسافة. ويوضح الجدول مثلاً أن شدة المجال هي 6,3 dBuA/m عند 10 أمتار و(مجرد) 14 dBuA/m عند 5 أمتار، حيث نتوقع أن تكون 24,3 dB. وبالاقتراب أكثر، تنخفض في الواقع شدة المجال. وقد أخذت القيم كما هي دون أي محاولة للتفسير.

2.A9 تعاريف

1.2.A9 التوجيه – الضوضاء والتداخل والحجب

إن راديو اتساع التشكيل AM ليس وسطاً عالي الدقة. ومرد ذلك جزئياً آثار الضوضاء والتداخل. وتحدد معايير التخطيط، المذكورة أعلاه والمستندة إلى التوصيتين ITU-R BS.703 وITU R BS.560، سوية الجودة الأساسية المقبولة.

وتندرج عوامل التشويش التي تؤثر على راديو AM (في الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF والديكامترية HF) في ثلاث فئات أساسية. وعلى صعيد الواقع، يتأثر استقبال AM عادةً بمزيج من الفئات الثلاث.

2.2.A9 الضوضاء العشوائية

الضوضاء البيئية (الطبيعية والتي من صنع الإنسان) وضوضاء المستقبل. الحد الأدنى المقبول لنسبة الإشارة الصوتية إلى الضوضاء العشوائية المقترحة من الاتحاد الدولي للاتصالات هو 26 dB بناءً على عمق التشكيل الصوتي المفترض بنسبة 30%[19].

3.2.A9 تراكب مصادر الصوت

محطات AM أخرى. إن أي مصدر تداخل صوتي ملحوظ يكون، من الناحية النفسية الصوتية، أكثر تداخلاً من الضوضاء العشوائية. ولهذا، يستهدف الاتحاد الدولي للاتصالات معيار حماية من مصدر صوتي آخر قدره 40 dB. ومصادر الصوت الأخرى في نطاقات البث AM كانت تقليديا محطات راديو أخرى، ونسبة الحماية هذه هي التي توجه الفصل الجغرافي بين محطات AM العاملة في نفس التردد في عملية التخطيط. وكان هناك تقليدياً طلب أكبر بكثير على قنوات AM من القنوات المتاحة ولذلك يتم، في بعض سيناريوهات التخطيط، تخفيف هذا الفصل من 40 dB إلى 26 dB مع ما يتبع ذلك من انخفاض في الجودة. ويتم الاتفاق على هذه التخفيضات عادة من قبل الأطراف المتأثرة في مؤتمرات التخطيط الإقليمية. انظر على سبيل المثال خطة جنيف للترددات لعام 1975.

4.2.A9 إشارات جيبية وحيدة

بالنظر إلى أن خدمة البث الإذاعي لها توزيع أولي في نطاقي البث على الموجات LF وMF، كان التوقع أن يكون المصدر الرئيسي للتداخل هو محطة بث AM أخرى. وتتألف إشارة AM من مكونة موجة حاملة جيبية واسعة مشفوعة بنطاقات جانبية تحمل معلومات صغيرة نسبياً لذلك يمكن اعتبارها، كمصدر تداخل، إشارة جيبية وحيدة. والإشارة الجيبية الوحيدة (أو الموجة الحاملة الجيبية من محطة بث أخرى) أكثر ضرراً كمصدر تداخل حتى من مصدر صوتي. وتبعاً للتردد، تدعو التوصية ITU-R BS.560 إلى زيادة نسبة الإشارة المطلوبة إلى الإشارة غير المطلوبة بما يصل إلى 16 dB أخرى – أي من 40 dB إلى 56 dB. وإذا كان مصدر التداخل غير المطلوب هو تخالف قدره 2 kHz من الموجة الحاملة المطلوبة، فإن الحد الأقصى 16 dB للحماية الإضافية مطلوب؛ وإذا لم يكن هناك من تخالف، تنخفض القيمة 16 dB إلى 0 dB لأن التأثير يصبح غير مسموع. ولهذا السبب، تهدف اتفاقات التخطيط الإقليمية (مثل خطة جنيف للترددات لعام 1975 المذكورة أعلاه) إلى مواءمة جميع محطات البث AM على مصفوفة الترددات المشتركة. وبالنسبة للتشغيل "خارج المصفوفة"، لا يمكن ولا يجوز تخفيف المعيار 16 dB في أي مكان. ومرد ذلك جزئياً أن الحالة لا تنشأ وجزئياً لأن النغمة الوحيدة هي مصدر تداخل شديد. وتشير الدراسات التي أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية والتي أبلغ عنها في المرجع [1] إلى أنه يمكن التسامح بالمزيد من التداخل إلى حد كبير من الإشارة الجيبية غير المشكّلة (مثل التوافقية من نظام WPT-EV) إذا تمت مواءمته بدقة مع تردد البث الإذاعي في المصفوفة.

وعلى صعيد الواقع، يختلف التأثير الصوتي النفسي لأي تداخل تبعاً لنوع مادة برنامج البث AM. ففي وجود مادة صاخبة ومستمرة وكثيفة الصوت، مثل موسيقى "pop" المضغوطة، يُحجب مصدر التداخل ويمكن التسامح بسوية أعلى منه. ولكن معظم البث AM يتكون من الكلام. ويتميز الكلام بانخفاض عمق التشكيل، والصمت المتكرر عند نهايات الجمل، والتوقف للتنفس، والتغيير من متحدث إلى آخر، وما إلى ذلك. ويظهر تأثير أي مصدر تداخل، وخاصة تأثير إشارة جيبية وحيدة، في الثغرات وفترات الصمت. والغرض من معايير الاتحاد الدولي للاتصالات هو حماية المصادر الصوتية مثل الكلام.

وتؤدي السويات المرتفعة من الضوضاء العشوائية في الخلفية أو ضوضاء النظام (ضوضاء البيئة وضوضاء المستقبل) أيضاً إلى حجب مصدر التداخل الجيبي. وتشير دراسة أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية [2] إلى أنه إذا كانت ضوضاء الخلفية عند الحد الأعلى في التوصية ITU-R BS.703 – أي 26 dB دون الصوت المطلوب بعمق تشكيل 30% – فإن تأثير الحجب سوف يرفع السوية المسموح بها من التداخل الجيبي بمقدار 8 dB؛ وينخفض مقدار 56 dB المذكور أعلاه إلى 48 dB. وتشير نفس الدراسة إلى أن

19 إذا افترض أن هذا "مؤشر تشكيل" بنسبة 30% فإن طاقة الإشارة الصوتية ستكون أقل بمقدار 13,5 dB من طاقة الموجة الحاملة. ونظراً لارتباط الإشارة الصوتية عبر النطاقين الجانبيين العلوي والسفلي لإشارة AM المركبة، هنالك كسب ارتباط بمقدار 3 dB فوق أي ضوضاء عشوائية.

ضوضاء الخلفية عند أي سوية سوف تحجب مصدر تداخل جيبي أصغر بمقدار 10 dB من الضوضاء. وهذا لا يعني أن الضوضاء نفسها تقع في سوية مقبولة بالنسبة إلى الصوت.

3.A9 خلفية

ما يلي هو المقتطف ذو الصلة من الفقرة 4.3.1.A5 فيما يتعلق بالقياسات التي أجريت في دراسة شنغهاي:

4.3.1.A5 نتائج القياس والتحليل

هناك ما مجموعه 9 قنوات AM في شنغهاي. وعرض نطاق الإشارة لكل قناة هو 9 kHz. وتم اختيار قناتين بالموجات الهكتومترية (MF) بعناية لمعالجة اختبار التداخل التوافقي، وهما القناتان التي يمكن أن تقع فيهما توافقيات اختبار WPT-EV. وتم قياس سويات الإشارات الراديوية الإذاعية وجودة الصوت لقنوات الموجات الهكتومترية (MF) دون أي تداخل من أجهزة WPT-EV كما هو موضح في الجدول 3-A5.

الجدول 3-A5

سويات الإشارة الميدانية لقناتي الموجات الهكتومترية MF في شنغهاي

قناة MF (kHz)	سوية الإشارة	درجة جودة الصوت
855	قوية (94 dBµV/m)	5
1197	قوية (86,4 dBµV/m)	4

وتبلغ نتيجة قياس ضوضاء بيئة المجال H حوالي –17 ~ –13 dBµA/m/15 Hz حوالي 850 kHz في منطقة حضرية في شنغهاي. وتبلغ شدة المجال H لسوية ضوضاء البيئة في 9 kHz حوالي 10,8 ~ 14,8 dBµA/m. وتحوّل شدة المجال H إلى شدة المجال E مع نسبة E/H بقيمة 51,5 dBΩ. وتبلغ شدة المجال E لسوية ضوضاء البيئة في 9 kHz حوالي 62,3 ~ 66,3 dBµV/m.

وفيما يتعلق بشدة مجال البث AM في المناطق الحضرية، فقد تم اختبارها في شنغهاي. ووفقاً للاختبار الميداني، ينبغي أن تكون شدة مجال البث AM أعلى من 80 dBµV/m على الأقل للحفاظ على درجة جودة صوت الراديو أعلى من 3 في المناطق الحضرية عموماً. وبما أن سوية الإشارة البالغة 855 kHz قيست بحوالي 94 dBµV/m، فإن نسبة الإشارة إلى التداخل (SIR) في مستقبل راديو في قناة 855 kHz في الميدان مع ضوضاء بيئة تقدر بحوالي 27,7 dB ~ 31,7 dB.

وقيست إشارة WPT-EV على بعد 10 أمتار من منصة القاعدة. وشكل الموجة هو موجة مستمرة (CW) مع شدة مجال حوالي 74,4 dµA/m. وضُبط التردد المركزي على 85,5 kHz أو 85,68 kHz أو 85,2 kHz على التوالي. ويبلغ عرض النطاق الترددي للإشارة 6 dB حوالي 1 Hz، وهو مقيد بحكم استبانة معدات الاختبار. وجميع التوافقيات هي من نوع موجة CW بضوضاء نطاق ضيق جداً.

التحليل

عند افتراض أي مدى في دراسة شنغهاي، تؤخذ قيمة المركز من المدى. ويشار أحياناً إلى الجدول 4 في المرفق 1 بالملحق 9.A من دراسة شنغهاي. ويظهر ذلك في الجدول 4-A5 "ملخص نتائج الاختبار الميداني" في الملحق 5. ويسلط الضوء على بعض القيم ذات الصلة في الجدول. ولدى تلخيص القيم المقيسة في دراسة شنغهاي يمكن ملاحظة ما يلي:

سوية الإشارة المستقبَلة (الموجة الحاملة للبث) E dBµV/m 94,0+ (أ)

عامل التحويل من dBµV/m إلى dBµA/m	dBΩ 51,5–	(ب)
سوية الإشارة المستقبَلة (الموجة الحاملة للبث) H	dBµA/m 42,5+	(ج)
الضوضاء البيئية (عرض نطاق 15 Hz)	dBµA/m 15,0–	(د)
الضوضاء البيئية (عرض نطاق 9 kHz)	dBµA/m 13,0+	(هـ)
نسبة الموجة الحاملة للبث إلى الضوضاء (ج – هـ)	dB 29,5+	(و)

تعليقات

يفاد من التوصية ITU-R BS.703 أن الحد الأدنى لقوة إشارة البث MF القابلة للاستخدام هي الإشارة dBµV/m 60+ على أساس أن سوية الموجة الحاملة إلى ضوضاء النظام هي dB 36,5. لذلك، فإن إشارة البث المطلوبة المقيسة في اختبارات شنغهاي أقوى بمقدار dB 34,0 ونسبة الإشارة إلى الضوضاء أسوأ بمقدار dB 6,5. ويقلل كلا هذين العاملين من التأثير المسموع لمصدر تداخل نظام WPT-EV. غير أن درجة الجودة 5 التي تم تحقيقها مع نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء المنخفضة هذه تشير إلى أن مادة البرنامج الإذاعي وقت الاختبارات كانت مشكّلة إلى حد كبير ومعالجة بكثافة و"كثيفة" تماماً؛ موسيقى "pop" مضغوطة مثلاً. ولم يذكر نوع مادة البرنامج. وأظهرت قياسات عمق التشكيل في إرسالات AM التي أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية وأبلغ عنها في المرجع [3] أن عمق التشكيل لموسيقى "pop" معالجة بكثافة يمكن أن يكون أكبر بمقدار dB 6 مما هو في الكلام؛ 40% مقابل 20% من جذر متوسط التربيع. وإذا كانت الحالة كذلك، عندئذ يمكن التسامح (بسوية أعلى من التداخل) بما لا يقل عن dB 6؛ وربما أكثر من ذلك لأن الطبيعة المستمرة للموسيقى دون صمت أو فجوات سوف تحجب التأثير.

وبالنظر إلى الجدول 4-A5 – ملخص نتائج الاختبارات الميدانية (انظر التذييل 1 بالملحق 9.A) – في تقرير اختبارات شنغهاي وخاصة العمود 9 – المجال H الضار – (مميز باللون الأصفر في التذييل 1 بالملحق 9.A) نرى أن القيم المقيسة الفعلية للمجال H مصدر التداخل في موقع المستقبِل تتراوح بين dBµA/m 6,3 وdBµA/m 14,0 عند kHz 856,8 (التوافقية العاشرة في تردد kHz 85,68: kHz 1,8 خارج المصفوفة) وبين dBµA/m 3 وdBµA/m 11,2 بتردد kHz 1 199,52 (التوافقية الرابعة عشرة بتردد kHz 85,68: kHz 2,52 خارج المصفوفة). والغريب في الأمر أن شدة المجال المقيسة، عند kHz 856,8، تنخفض باقتراب المستقبل/نقطة القياس من مصدر التداخل، وهو عكس ما يمكن توقعه. ولا يعكس أي من القيم الانخفاض (النظري) المتوقع بمقدار dB 60 لكل عشرية[20] في شدة المجال المغنطيسي على مسافات متزايدة من المصدر. وقد يشير أي من هذه العوامل إلى احتمال شذوذ مغنطيسي أو ربما شذوذ في القياس.

واستناداً إلى هذه القيم والنظر في الصف 8 (من البيانات) من الجدول 4-A5 (مميز باللون الأزرق في التذييل 1 بالملحق 9.A) الذي يُشار إليه على أنه "أسوأ حالة"، تبلغ شدة المجال المقيسة عند المستقبل dBuA/m 5,3 عند مسافة 4,3 أمتار من المصدر:

مسافة الفصل	m 4,3	تردد التوافقية	kHz 856,8
الإشارة المطلوبة			dBµA/m 42+ (ز)
سوية WPT-EV على بُعد m 4,3 من المصدر			dBµA/m 5,3+

وبشير القسم 3.1.A5 في الملحق 5 إلى أن مسافة الفصل الدنيا بين شاحن WPT-EV ومستقبل 'ضحية' ينبغي أن تكون 3 أمتار. ومسافة m 4,3 هي أصغر مسافة فصل أجري لها أي تقييم. ومن الناحية المثالية، ينبغي إجراء تصحيح لهذا ولكن الاستكمال الخارجي من النتائج في العمود 9 من الجدول 4 (التذييل 1 بالملحق 9.A) صعب، وعلى أي حال ليس هنالك من نتائج اختبار.

20 في المجال القريب.

التوفيق

كما سبق ذكره، تشير التوصية ITU-R BS.703 (المشار إليها بالذات في الدراسة) إلى أن الحد الأدنى من الحساسية لمستقبل MF متوسط هو 60 dBµV/m؛ وهو ما يعادل 8,5 dBµA/m. وعند 42,5 dBµA/m (ج)، تكون سوية إشارة البث المطلوب في دراسة شنغهاي أكبر بمقدار 34,0 dB من ذلك. وللمقارنة مع القيمة المقترحة في الفقرة 3.1.A5، التي تستند إلى الحد الأدنى لشدة المجال القابلة للاستعمال، وليس شدة المجال الواردة العالية في دراسة شنغهاي، ينبغي تخفيض القيمة الواردة في الدراسة بمقدار 34 dB.

+5,3 dBµA/m – 34,0 dB = –28,3 dBµA/m (ك)

وللتعويض عن عمق التشكيل المرتفع المستدل عليه (انظر التوجيه والتعليق أعلاه)، ينبغي تخفيض ذلك أيضاً بمقدار 6 dB *على الأقل*

–28,3 dBµA/m – 6 dB = –34,3 dBµA/m (ل)

ويشير التحليل الوارد في الفقرة 3.1.A5 إلى أن السوية القصوى المسموح بها ينبغي ألا تزيد عن –43 dBµA/m عند المستقبل. لذا لا تزال هناك فجوة بمقدار 8,7 dB بين السويات في دراسة شنغهاي والسويات في دراسات اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU). ومع ذلك، هناك عدد من العوامل الأخرى التي ينبغي مراعاتها. وبما أن هذه الآثار لم تقس وقت الاختبارات فلا يمكن تحديدها بدقة، ولكن ما يلي هو محاولة لتقدير واقعي.

استجابة المستقبل للتردد الصوتي

استجابة التردد للمستقبل Tecsun PL-380 المستخدم في الاختبارات غير معروفة ولم يبلغ عنها. ويفترض تحليل اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) أن استجابة المستقبل للتردد الصوتي مسطحة عبر النطاق الصوتي – حتى حوالي 4 kHz. ولكن المستقبل التجاري المستخدم في دراسة هيئة الإذاعة البريطانية في مايو 2018 [2]، وهو Panasonic GX-500، لديه استجابة تردد صوتي أدنى بمقدار 4 dB عند 1,8 kHz. وبافتراض أن أداء المستقبل Tecsun متشابه، ينبغي تخفيض القيمة المحسوبة في (ل) أعلاه بمقدار (حوالي) 4 dB.

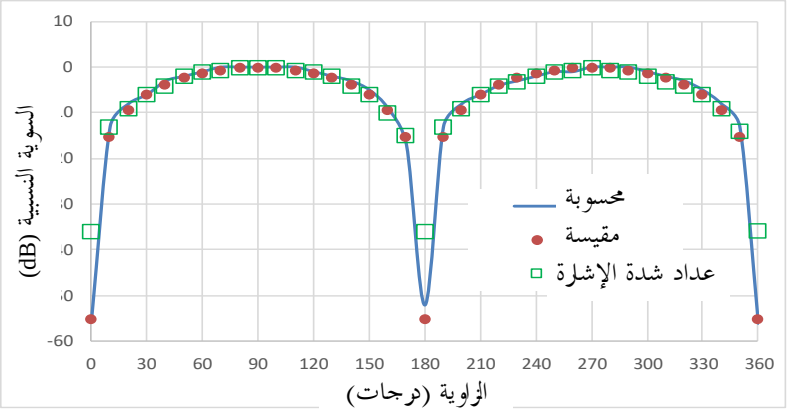
–34,3 dBµA/m – 4,0 dB = –38,3 dBµA/m (م)

توجيه المستقبل

تكاد جميع مستقبلات الموجة MF التماثلية التجارية تستخدم هوائي قضيب من الفرّيت ولذلك فإن الاستجابة للإشارات الواردة ليست متعددة الاتجاهات. وتتمتع هذه الهوائيات باستجابة على شكل '8' تمكّن من إلغاء إشارة تداخل من خلال التوجيه الدقيق للمستقبل. ولكن توهين مصدر التداخل ينخفض بسرعة إذا تغير الاتجاه، كما هو موضح في الرسم البياني أدناه. وتؤكد الاختبارات التي أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية أن الهوائيات الحقيقية تتصرف حسبما هو متوقع، كما هو مبين في الرسم البياني.

الشكل 1.A9

اتجاهية المستقبلات المحسوبة والمقيسة



ملاحظة:

'1' تم تجهيز المستقبل بعداد يعطي قراءة مباشرة بوحدة dBµA/m. كانت الفكرة الأصلية هي تدوير المستقبل وأخذ قراءة العداد على فواصل 10°. ولكن النتائج "المقيسة" المعروضة حُصل عليها بالفعل من خلال تغيير سوية المولد، وذلك للحفاظ على قراءة العداد ثابتة (عند 70 dBµA/m). ورُئي أن هذه العملية أكثر دقة.

'2' ومن باب التدقيق، جرت متابعة الفكرة الأصلية أيضاً. وتظهر النتائج ذات الصلة من حيث شدة الإشارة "S-Meter". ويلاحظ أن الحد الأدنى غير محدد بشكل صارم لأن عتبة ضوضاء العداد هي حوالي 32 dBµA/m.

وبالنظر إلى طبيعة نتائج اختبارات شنغهاي، يبدو من غير المحتمل أن يكون المستقبل موجهاً بشكل متعمد لتعزيز مصدر التداخل على حساب الإشارة المطلوبة. وفي الواقع، تشير النتائج إلى عكس ذلك ومن المحتمل جداً أنه لم يُنظر في الاتجاه حقاً. وإذا افترضت قيمة متوسطة بحوالي 3 dB، عندئذ ينبغي تخفيض القيمة المحسوبة في (م) أعلاه بمقدار 3 dB أخرى.

dB 3– dBµA/m 38,3– dBµA/m 41,3– (ن)

الحجب السمعي

حققت دراسات هيئة الإذاعة البريطانية التي أبلغ عنها في المرجع [2] بعض التقدم في تحديد آثار الحجب بواسطة الضوضاء الخلفية العشوائية، ومع ذلك لم يتحقق أي تقييم كمي لتأثير حجب الإشارة الصوتية نفسها. ومن المعروف (من الاختبارات الذاتية التي أبلغ عنها في المرجع [1]) أن التأثير من مصدر التداخل كان في أوجه خلال فترات الصمت القصيرة في برنامج الكلام. ومن الواضح كذلك أن المواد الصوتية الأعلى المستمرة والأكثر كثافة تؤدي إلى حجب إضافي للتداخل. ولم يبلغ عن نوع مادة البرنامج المستخدمة في الدراسة الصينية ولكن الدرجات عالية الجودة التي تحققت بوجود سويات عالية من الضوضاء الخلفية تشير إلى أنها لم تكن كلاماً. ورغم صعوبة التحديد الكمي يشير تقدير، بناء على نتائج الدراسات المتعلقة بالضوضاء العشوائية في المرجع [2]، إلى أن تأثير الحجب الإضافي للبرنامج "الصاخب" المستمر قد يكون على الأقل 4 dB وربما أكثر. ومن شأن تعديل القيمة المحسوبة في (ن) بمقدار 4 dB أن يجعله دون قيمة اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU). ولعل التقارب الشديد بين القيم مجرد مصادفة.

dB 4,0– dBµA/m 41,3– dBµA/m 45,3– (س)

ويشير العمل الذي قامت به هيئة الإذاعة البريطانية في مايو 2018 [2] إلى أنه يمكن حجب مصدر تداخل جيبي، مثل توافقية نظام WPT-EV، إذا كان أقل من ضوضاء النظام السائدة بمقدار 10 dB. وفي هذه الحالة، تكون الضوضاء البيئية وحدها[21] مقدار 13 dBµA/m وتوافقية نظام WPT-EV مصدر التداخل هي 5 dBµA/m، أخفض بالفعل بمقدار 8 dB. بالنظر إلى جميع العوامل الأخرى (استجابة تردد المستقبِل، وما إلى ذلك) التي ينبغي أن تؤخذ في الحسبان، ومن ثم ليس من المستغرب أبداً أن يكون مصدر التداخل غير مسموع.

ويؤدي تحليل مماثل للنتائج المتعلقة بإرسال البث بتردد 197 1 kHz إلى استنتاج مماثل إلى حد كبير.

تعقيب – خسارة اختراق المباني

يشير القسم 2.1.A5 إلى "خسارة اختراق المباني" بوصفها عامل تخفيف يساعد على الحد من تأثير أنظمة WPT-EV على مستقبلات البث الإذاعي. وقد جاء فيه: "هنالك عادةً جدران بين المرائب تحت الأرض والمباني السكنية. وتؤدي خسارة اختراق الجدار إلى توهين إضافي قدره 17 dB لسوية إشارة WPT-EV. وقد تم قياسه والتحقق منه بالاختبار الميداني."

وهذا خارج عن الموضوع لعدد من الأسباب، ولذلك لا يمكن اعتباره بمثابة عامل تخفيف، وتحديداً:

21 بالنظر إلى السوية العالية للضوضاء البيئية، من غير المحتمل أن تقدم ضوضاء المستقبل أي مساهمة ذات شأن. وإذا فعلت ذلك فإنها ستضيف إليها فقط.

1) ليس صحيحاً أن سيكون هناك دوماً جدار مهما كان نوعه بين شاحن WPT-EV ومستقبل بث إذاعي. وغالباً ما يتم تشغيل المستقبلات المحمولة في الهواء الطلق وتحدث نسبة عالية من الاستماع عبر البث AM في السيارات.[22] كما أن الغالبية العظمى من أصحاب السيارات (بالتأكيد في أوروبا) ليس لديهم مواقف سيارات تحت الأرض.

2) القيمة 17 dB مشتقة من دراسة أجريت بموجات راديوية متكونة عند 5,8 GHz. ولا يمكن الافتراض دون مزيد من الدراسة أن سلوك الموجات الراديوية عند 6 GHz قابل للمقارنة بأي شكل مع سلوك المجالات المغنطيسية عند أقل من 30 MHz.

3) تعقيباً على ما جاء في الفقرة 2)، وعند مسافات الفصل المتوخاة (على الأرجح في كل مكان)، لن يكون البث الهامشي من أنظمة WPT-EV عبارة عن موجات راديوية، ولذلك قد يكون مفهوم خسارة اختراق المباني بأكمله خارج الموضوع. ولكن العامل المفيد هو ميل المجالات المغنطيسية إلى اختراق المباني. وتوضح دراسة غير رسمية أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية وأبلغ عنها في المرفق 3 بالملحق 8 (خسارة دخول المباني) أن معظم مواد البناء الشائعة (الطوب والخشب والبلاستيك والزجاج) قابلة تماماً لنفاذ المجالات المغنطيسية ومن ثم لن يكون لها تأثير مخفف. والاستثناءات هي المواد المغنطيسية مثل الفولاذ والمواد الموصلة التي قد تؤدي فيها تيارات الدوامة إلى اضطراب المجال المغنطيسي. والخرسانة في حد ذاتها نافذة مغنطيسياً، ولكنها كثيراً ما تستخدم مدعومة بمعدن (موصل) ومن شأن تيارات الدوامة في تسليح الخرسانة أن تشوش المجال المغنطيسي. وعلى النطاق العالمي فإن المباني السكنية المصنوعة من المواد الموصلة والصلب غير شائعة. والمباني السكنية المصنوعة من الخرسانة المسلحة أكثر شيوعاً ولكنها ليست كافية لتكون عاملاً في هذا الشأن.

4.A9 المراجع

[1] BBC Research and Development White Paper WHP322 (2017) – Wireless Power Transfer: Plain Carrier Interference to AM Reception https://www.bbc.co.uk/rd/publications/wireless-power-transfer-plain-carrier-interference-to-am-reception

[2] BBC Research and Development White Paper WHP322 (2017) – Wireless Wireless Power Transfer (WPT) – Further Studies on the Performance of MF Sound Broadcasting Receivers in the Presence of Interference from WPT.

[3] التقرير ITU-R BS.2433-0، تقييم عمق التشكيل من أجل الإرسالات الإذاعية الصوتية بتشكيل الاتساع (2018/10).

22 تشير الإحصاءات في المملكة المتحدة، من هيئة بحوث الاستماع المشترك للراديو (RAJAR)، إلى أن 22,8% من جمهور الراديو يستمع إليه في السيارات.

الملحق 10

دراسة عن تأثير أنظمة WPT-EV العاملة في المدى 79-90 kHz على أنظمة الاتصالات الراديوية في خدمة الهواة

1.A10 مقدمة

يقدم هذا الملحق تحليلاً لتأثير أنظمة WPT-EV على الاتصالات الراديوية في خدمة الهواة. وتستمد بيانات التحليل من المعلومات المنشورة عن خدمة الهواة وأنظمة WPT-EV ومن التقارير والدراسات الحالية في إطار المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT) والاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) واللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي/لجنة المكوّنات الإلكترونية (CISPR/CENELEC).

2.A10 خلفية

خدمة الهواة هي خدمة راديوية محددة في لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد (الرقم **56.1**). وهناك حوالي 3 ملايين مشغل راديو هواة مرخص حول العالم. وتحدد لوائح الراديو لدى الاتحاد الترددات الموزعة لخدمة الهواة. ومع أن التوزيعات تختلف قليلاً بين أقاليم الاتحاد وفي فرادى البلدان، فإن الجدول 1-A10 يعطي لمحة عامة عن التوزيعات الحالية حتى 1 GHz. وهناك أيضاً العديد من التوزيعات فوق 1 GHz.

الجدول 1-A10

التوزيعات العالمية لخدمة الهواة دون 1 GHz
بموجب الرقم 4.4 من لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد

(يلاحظ أن هناك عدداً من الاختلافات الوطنية والإقليمية في هذا الجدول في بعض أمداء التردد)

مدى التردد	حالة التوزيع
kHz 137,8-135,7	توزيع ثانوي
kHz 479,0-472,0	توزيع ثانوي
kHz 2 000-1 800	توزيع أولي، جزئياً ثانوي
kHz 4 000-3 500	توزيع أولي
kHz 5 366,5-5 351,5	توزيع ثانوي
kHz 7 300-7 000	توزيع أولي
kHz 10 150-10 100	توزيع ثانوي
kHz 14 350-14 000	توزيع أولي
kHz 18 168-18 068	توزيع أولي
kHz 21 450-21 000	توزيع أولي
kHz 24 890-24 990	توزيع أولي
MHz 29,7-28,0	توزيع أولي
MHz 54,0-50,0	توزيع أولي، جزئياً ثانوي
MHz 70,5-70,0	توزيع ثانوي
MHz 148-144	توزيع أولي
MHz 450-430	توزيع ثانوي

وترد خصائص المحطات العاملة في خدمة الهواة في التوصية ITU-R M.1732 [1]. وتستقى مسائل الحماية لخدمة الهواة من التوصية ITU-R F.240.

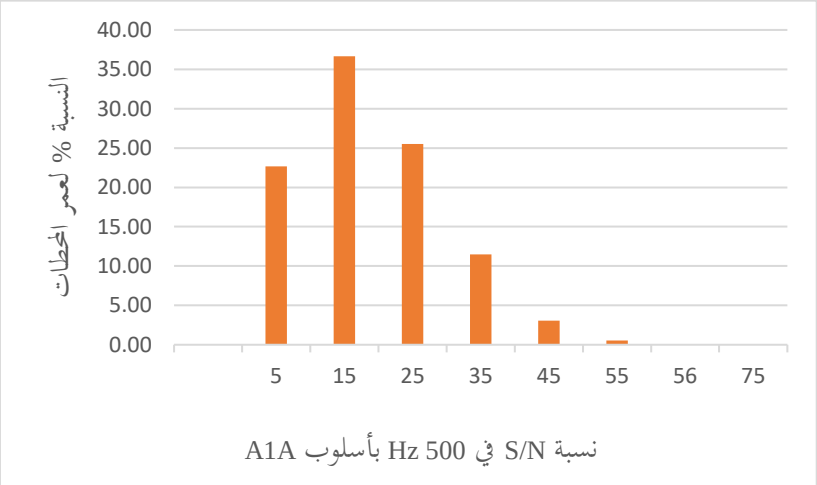
وخدمة الهواة هي في الأساس خدمة منخفضة الطاقة تعتمد على انخفاض سوية ضوضاء الخلفية لتشغيلها.

ونظراً لعدم وجود حد أدنى من سويات الإشارة المرتبطة باتصالات خدمة الهواة، ومن أجل تقييم مدى تأثر الخدمة بالتداخل الضار بشكل صحيح، من الضروري فحص نمط التواصل الفعلي في هذه الخدمة. وتوفر خدمة الهواة Reverse Beacon Network[23] قاعدة بيانات في الوقت الفعلي لإشارات أسلوب A1A للهواة، وهي تُرصد تلقائياً في عدة مئات من محطات الاستقبال حول العالم وهي مجمعة عالمياً. ولتكوين فكرة ما عن نسبة الإشارة إلى الضوضاء النموذجية في خدمة الهواة، تم تحليل البيانات من محطات الرصد هذه على مدى فترة طويلة من الزمن.

ويبين الشكل 1-A10 توزيع سويات الإشارة A1A في خدمة الهواة المستمدة من 280 528 نقطة بيانات.

الشكل 1-A10

توزيع نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N) النموذجية في اتصالات خدمة الهواة



وإذا عُرضت البيانات المذكورة أعلاه في نفس عرض النطاق، على غرار قياسات التوصية ITU-R P.372-13 [2]، فإن ذلك يؤدي إلى تفاقم بمقدار 13 dB في نسب الإشارة إلى الضوضاء الواردة أعلاه.

ويوضح هذا الرسم البياني بشكل مُقْنع أن أي رفع كبير في سوية ضوضاء الخلفية سيكون له تأثير كبير جداً على اتصالات خدمة الهواة، لأن غالبية الاتصالات حالياً قريبة نسبياً من سوية الضوضاء.

ونسب الإشارة إلى الضوضاء المذكورة أعلاه منسوبة إلى سويات ضوضاء الخلفية، ولهذا الغرض تكون سويات ضوضاء الخلفية التي من صنع الإنسان والمحددة في التوصية ITU-R P.372-13 ذات صلة بمثابة نقطة مرجعية. وعلى الرغم من وجود بعض الزيادة فوق هذه السويات في ضوضاء "المدينة"، فقد أشارت التقارير حديثة العهد إلى أن السويتين السكنية والريفية قد ارتفعتا إلى حد ما – في حدود 10-16 dB. وفيما يتعلق بالريف الهادئ، هناك بعض الأدلة على أن السويات قد ارتفعت قليلاً، ويعتقد أنها ترجع إلى التأثير التراكمي لملايين من الأجهزة الرقمية منخفضة الطاقة (مثل إمدادات الطاقة في أسلوب التبديل، ووحدات الطاقة في نظام الإضاءة LED، وأنظمة الطاقة الشمسية الكهرضوئية وتركيبات الإرسال بخطوط الطاقة PLT/BPL) التي تولد انبعاثات عريضة النطاق تنتشر بواسطة الانعكاس الأيونوسفيري.

23 http://www.reversebeacon.net/.

وأحد جوانب الحاجة إلى بيئة منخفضة الضوضاء في خدمة الهواة هو أن مستخدمي خدمات الهواة مدعوون لتوفير اتصالات الإغاثة في حالات الكوارث – غالباً عند سويات إشارة منخفضة. وفي كثير من البلدان، تعتبر خدمة الهواة الراديوية خدمة احتياطية قيّمة في حالة تعرض أنظمة الاتصالات العادية للعطب أو للحمل الزائد. وتعتمد الحكومات على هذه الإمكانية في أوقات الطوارئ. وتُستعمل توزيعات خدمة الهواة في نطاقي الموجات الديكامترية (HF) والمترية (VHF) لهذا الغرض. ويمكن أن تكون كلمة "هواة" مضللة، ذلك لأن المحطات في خدمة الهواة تشارك أيضاً في أبحاث الغلاف الأيونوسفيري والانتشار. ومن الواضح أن أي تدهور كبير في سوية الضوضاء الخلفية يؤثر سلباً على قدرة الخدمة في جميع هذه المجالات.

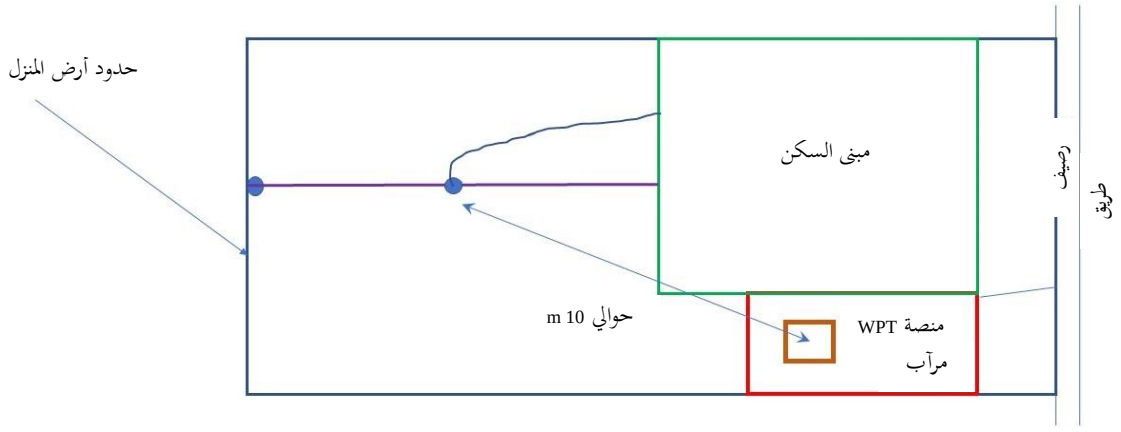
وقد أنشئت سوابق للاعتراف بالحاجة إلى حماية ترددات خدمة الهواة في المعايير والحدود المتعلقة بالاتصالات عبر الخطوط الكهربائية [3] وخدمات DSL [4] وGfast [5]. وجدير بالملاحظة أن سوية الحماية الإضافية المنصوص عليها مثلاً في حدود الاتصالات عبر الخطوط الكهربائية (PLT) لدى اللجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوي (CISPR) هي من نفس الترتيب المقترح لاحقاً في الملحق.

3.A10 موقع منشآت أنظمة WPT-EV

الغرض من أنظمة WPT-EV هو أن تستخدم في البيئة المحلية وفي المرائب المنزلية وكذلك في مواقف السيارات وأماكن الخدمة العامة. لذلك، من المتوقع أن تكون منشآت أنظمة WPT-EV المحلية قريبة من أماكن السكن. ويمثل الشكل 2-A10 تمثيلاً تخطيطياً لتركيب جهاز WPT-EV محلي نموذجي في نفس موقع منشآت خدمة الهواة. وجدير بالملاحظة أن من الممكن تماماً (بل من المرجح في كثير من الأحوال) أن يكون هوائي منشآت خدمة الهواة في حدود 10 أمتار من منشآت WPT-EV.

الشكل 2-A10

رسم تخطيطي لموقع منزل نموذجي في المملكة المتحدة



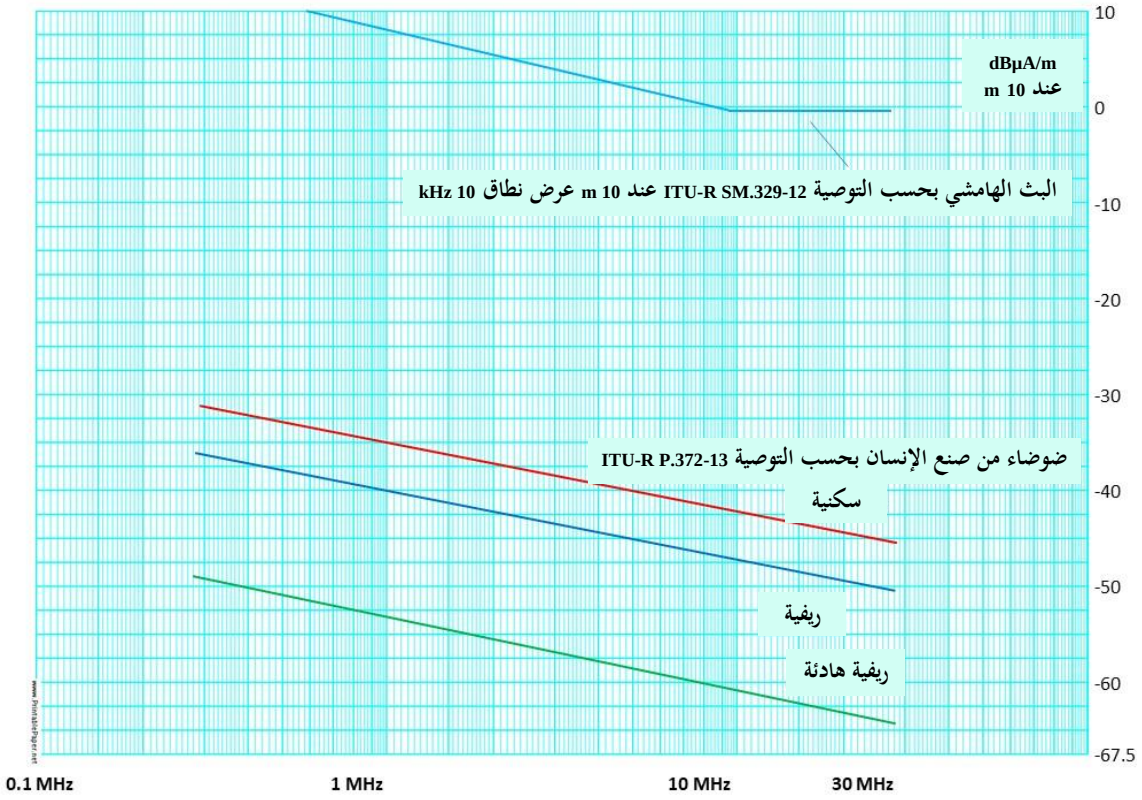
4.A10 سويات البث في المجال الهامشي

ليس هنالك حالياً من حدود متفق عليها للإرسالات التوافقية والإشعاعية وغيرها من الإرسالات المشعة من أنظمة WPT-EV. هناك معلومات محدودة متاحة عن الإرسالات المشعة الفعلية عند الترددات التوافقية من هذه الأنظمة التي تعمل في المدى 79-90 kHz. وفي بعض الأوراق، وضعت افتراضات بأن الحدود الموضوعة لأغراض أخرى (مثل الأجهزة الحثية منخفضة الطاقة) قد تكون مناسبة لأنظمة WPT-EV. ولا تدعي هذه الحدود، في حد ذاتها، أنها توفر الحماية الكافية من التداخل الضار، ولكن هناك أدلة على أن بعض مطوري أنظمة WPT-EV يتخذونها كأساس للتخطيط. ومع ذلك، فإن اتخاذ هذه الحدود كأساس لأداء النظام يسمح بإجراء تقييم للفجوة بين الحماية المناسبة للمحطات في خدمة الهواة وإرسالات أنظمة WPT-EV.

ويبين الشكل 3-A10 أدناه سويات البث المحددة في التوصية ITU-R SM.329-13 (وهي قريبة من حدود الفئة B في المعيار CISPR11) وسويات الضوضاء الخلفية في التوصية ITU-R P.372-12. ويتبين أن هناك فجوة كبيرة بين هذه السويات. ويتجاوز البث الهامشي عند السويات الحدية الموضحة سوية ضوضاء الخلفية بمقدار 40-50 dB، الأمر الذي له تأثير ضار للغاية على الخدمات الراديوية التي تعمل بنسب إشارة إلى الضوضاء منخفضة.

الشكل 3-A10

تمثيل بياني لحدود البث بموجب التوصية ITU-R SM.329-12 مقارنة مع سويات ضوضاء الخلفية في التوصية ITU-R P.372-13

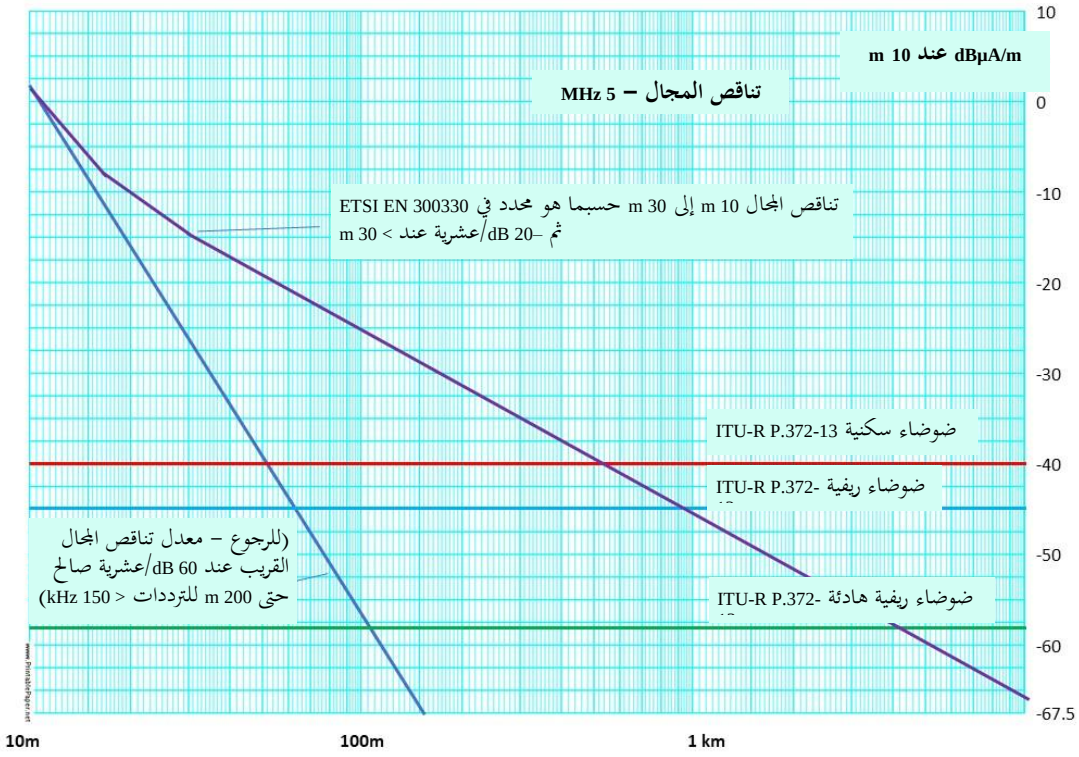


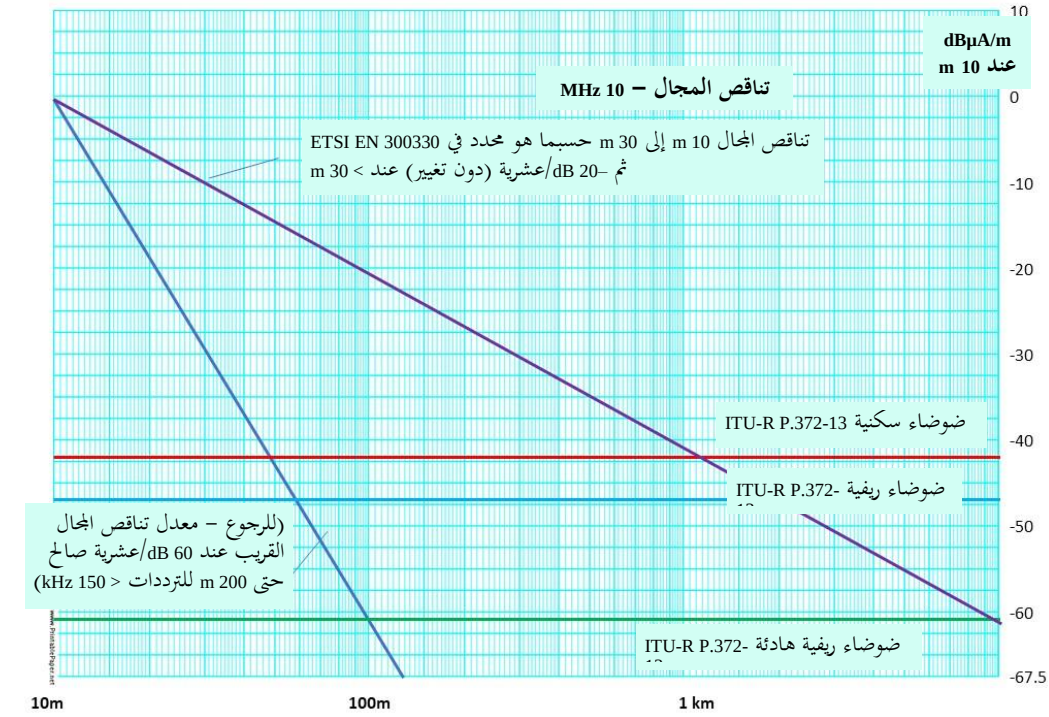
وعلاوة على ذلك، فإن خصائص الإرسالات من الأجهزة الحثية محددة، في جملة أمور، في المعيار الأوروبي المنسق ETSI EN 300330 [5]. وعلى الرغم من أن النمذجة السابقة غالباً ما افترضت معدل تناقص في "المجال القريب" بمقدار 60 dB/ عشرية مسافة، تؤكد وثيقة ETSI أن معدلات تناقص الإرسالات تتوقف على التردد. ويحدد التذييل I للمعيار EN 300330 معدلات التناقص ذات الصلة لتعديل مسافة القياس من 10 أمتار إلى 30 متراً، ومن شأن دمج هذا مع البيانات الأخرى عن مسافات الانتقال من المجال القريب إلى المجال البعيد أن يمكّن من إجراء تقييم الإرسالات من أنظمة WPT-EV ذات إرسالات (تقاس عند 10 m) عند حدود الأجهزة قصيرة المدى بموجب التوصية ITU-R SM.329.

وباستخدام هذه البيانات، توضح الرسوم الواردة في الشكل 4-A10 الإرسالات التوافقية المشعة المتوقعة عند 5 MHz و10 MHz الناشئة عن توافقيات أنظمة WPT-EV العاملة عند السويات المفترضة. ويتبين، عند 5 MHz، أن الإرسالات تتجاوز ضوضاء الخلفية الريفية بمقدار 10 dB أو أكثر على مسافات حوالي 250 m من منشآت نظام WPT-EV وعند 10 MHz تزداد هذه المسافة أكثر. وهذا يعطي وزناً إضافياً للحجة القائلة بأن البث المشع الهامشي المقيس عند 10 أمتار يتعين أن يكون أقل بكثير من الحدود التي يفهم أن مطوري أنظمة WPT-EV يستخدمونها، وذلك لمنع التداخل الضار في الخدمات الراديوية.

الشكل 4-A10

تناقص البث عند 5 MHz و10 MHz بناءً على المعيار EN 300330





5.A10 السوية المناسبة من الحماية

في غياب قياس ذي مغزى يقدمه الاتحاد الدولي للاتصالات بخصوص الإرسالات التوافقية المشعة من أنظمة WPT-EV في المدى 79-90 kHz، فإن أي تقييم للحجم الحقيقي لفجوة الأداء يبقى من قبيل التخمين. ولهذا السبب، استخدم التحليل أعلاه الحدود التي اقترحت في مكان آخر على أنها قيد النظر بشأن أنظمة WPT-EV.

ولعل التعريف الأكثر مغزى هو تعريف ما هو مطلوب لتوفير سوية مناسبة من الحماية في خدمة الهواة.

وتتطلب التوصية ITU-R F.240 إصدار حكم بشأن سوية الخدمة المطلوبة وأسلوب الاتصال المستخدم. وللوصول إلى متطلب حماية عمومي لخدمة الهواة، اعتمدت أقل سويات الخدمة تطلباً، إلى جانب سوية الحماية الأكثر تطلباً من حيث أساليب الإرسال الأكثر شيوعاً في خدمة الهواة. وبالنسبة لخدمات الإشارات الصغيرة، هنالك سوابق راسخة للحد من زيادة ضوضاء الخلفية إلى 0,5 dB [3]. ويتوافق هذا بشكل عام مع سويات الحماية الأقل تطلباً المقترحة في التوصية ITU R F.240 باستخدام المنهجية المذكورة أعلاه.

ويشير استخدام السويات المحددة في التوصية ITU-R P.372-12 للبيئات الريفية إلى أنه، بافتراض أن إرسالات WPT-EV غير مستقرة من حيث التردد أو أنها ليست كلها بالضبط على تردد مشترك و/أو مع سويات ضوضاء الطور أو النطاق الجانبي العريض، يمكن التوصل إلى سوية الحماية المطلوبة:

– 54,5 dBµA/m عند 300 kHz تنخفض بمقدار 8 dB لكل عشرية تردد إلى – 61,5 dBµA/m عند 30 MHz.

ومن باب المقارنة، إذا تم اختيار خط ضوضاء المناطق السكنية كخط أساس، فإن متطلبات الحماية تصبح:

– 41,5 dBµA/m عند 300 kHz تنخفض بمقدار 8 dB لكل عشرية تردد إلى 57,5 dBµA/m عند 30 MHz.

ولا بد من الإشارة إلى أن هذا لا يرقى إلى سوية الحماية اللازمة في المناطق الريفية.

وقد أجريت جميع القياسات على مسافة 10 m.

وإذا كانت إشارة WPT-EV عبارة عن إشارة جيبية نقية مستقرة للغاية، باستخدام تردد تشغيل شائع معتمد عالمياً، مع ضوضاء نطاق عريض لا تزيد عما ورد أعلاه، فإن إشارات خدمة الهواة أكثر تسامحاً بسوية معينة من التداخل من البث الجيبي، ذلك لأن توافقية الإشعاع تقتصر على عدد من الترددات "الموضعية" عبر الطيف. وفي هذه الحالة، يمكن السماح للتوافقيات الجيبية النقية بتجاوز السوية المذكورة أعلاه بنحو 20 dB.

6.A10 قياس الأنظمة القائمة

تُظهر دراسة لبعض البيانات المقدمة عن قياسات أنظمة WPT-EV الحالية أن قياسات سوية الضوضاء الخلفية في بعض التقارير عن الإرسالات من أنظمة WPT-EV تبدو معيبة تقنياً إلى حد كبير، وذلك نتيجة لاستخدام معدات قياس تفتقر ببساطة إلى الحساسية لقياس سوية الضوضاء الخلفية الحقيقية.

ولقياس ضوضاء الخلفية في المدى 3-30 MHz، كقاعدة عامة، يتعين أن تكون حساسية النظام الدنيا – 158 dBm/Hz لإجراء قياس ذي مغزى. وتعطي الضوضاء في نظام القياس (خاصة الهوائي النشط) انطباعاً خاطئاً عن سويات ضوضاء الخلفية الحقيقية. وعلى وجه التحديد، تقدم الدراسات المدرجة في مشروع أولي لتوصية جديدة (PDNR) في إطار البند 6.1.9 من جدول أعمال المؤتمر WRC-19 صورة غير دقيقة لسويات الضوضاء الحقيقية من خلال استخدام معدات قياس غير مناسبة.

لذلك، يحتاج الأمر إلى بذل عناية كبيرة، عند السعي إلى قياس سويات الضوضاء الخلفية في موقع الاختبار، لضمان استخدام الهوائيات ومستقبلات الاختبار المناسبة لسويات الإرسال المتوقعة. وغالباً ما فشلت الاختبارات حتى الآن في تمثيل المدى الدينامي الكامل للطيف قيد النظر بشكل صحيح.

ومن المرجح جداً، بالنظر إلى متطلبات الحماية اللازمة لمنع التداخل الضار من أجهزة WPT-EV في الخدمات الراديوية، أن يحتاج الأمر إلى تحديد طرائق وإجراءات اختبار جديدة.

7.A10 ملخص

يجب أن يكون الحفاظ على فائدة الطيف الراديوي هدفاً رئيسياً في إدخال تقنيات جديدة؛ وهذا مكرس في المادتين **12.15** و**13.15** من لوائح الراديو [7] وفي معايير التوافق الكهرمغنطيسي ذات الصلة. وسوف تتسبب أنظمة WPT-EV لشحن السيارات الكهربائية في حدوث أضرار كبيرة وواسعة النطاق للطيف الراديوي ما لم توضع معايير وحدود مناسبة تكون أكثر صرامة بكثير من تلك الموجودة للأجهزة الحثية لأغراض أخرى في التوقيت الحاضر. وتوضح هذه الدراسة أن وضع حدود للبث المشع خارج تردد التشغيل لنظام WPT-EV توفر الحماية المناسبة هو عنصر أساسي في إدخال تكنولوجيا WPT-EV. وإلا من غير الممكن تحقيق التعايش بين خدمات الاتصالات الراديوية وأنظمة WPT-EV في نفس البيئة.

المراجع

[1] التوصية ITU-R M.1732 – خصائص الأنظمة العاملة في خدمة الهواة وخدمة الهواة الساتلية لأغراض دراسات التقاسم.

[2] التوصية ITU-R P.372-13 – الضوضاء الراديوية.

[3] التقرير ITU-R SM.2158 – "أثر أنظمة الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية على أنظمة الاتصالات العاملة دون 80 MHz.

[4] التوصية ITU-T G.993.2 – التعديل 2 (2016/03) – "مرسل–مستقبل 2 لخط رقمي بالغ السرعة للمشترك (VDSL2). (القسم 2.1.2.7 التحكم في الخروج)".

[5] EN300330 Short Range Devices (SRD) –Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU.

[6] لوائح الراديو:

الفقرة 12.15 البند 8 ينبغي أن تتخذ الإدارات جميع التدابير العملية اللازمة للتحقق من أن تشغيل الأجهزة والمنشآت الكهربائية من أي نوع، بما فيها شبكات توزيع الطاقة أو الاتصالات ما عدا الأجهزة المعدة للاستخدامات الصناعية والعلمية والطبية، لا يتسبب في تداخلات ضارة بخدمة اتصالات راديوية، وخاصة بخدمات الملاحة الراديوية وغيرها من خدمات السلامة المشغلة وفقاً لأحكام هذه اللوائح.

الفقرة 13.15 البند 9 ينبغي أن تتخذ الإدارات جميع التدابير العملية اللازمة للتحقق من أن الإشعاعات الصادرة عن الأجهزة المعدة للاستخدامات الصناعية والعلمية والطبية منخفضة إلى الحد الأدنى، وأن سوية الإشعاعات خارج النطاقات التي تستخدمها هذه الأجهزة لا تتسبب في تداخل ضار بخدمة اتصالات راديوية، وخاصة بخدمات الملاحة الراديوية وغيرها من خدمات السلامة المشغلة وفقاً لأحكام هذه اللوائح.

الملحق 11

تحليل تأثير أنظمة WPT-EV على أنظمة T-Coil المساعدة على السمع

تستخدم أنظمة T-coil منذ عام 1927 وهي أنظمة التواصل الوحيدة على الصعيد العالمي لضعاف السمع وتصادف في العديد من البيئات من المنزل إلى العمل وهي شائعة، أو إجبارية في بعض البلدان، في الهواتف المتنقلة والثابتة.

وهي متاحة حيثما يشاهد رمز الأذن الزرقاء:

وهي تستخدم إشارة صوت نطاق أساسي تصل إلى 10 kHz.

وقد أجري اختبار عملي باستخدام نوعين من أنظمة WPT-EV لشحن الحافلات وأجهزة لنقل الطاقة < 15 W تُظهر الحد الأدنى من التداخل، ومع ذلك فإن أنظمة المركبات الكهربائية عالية الطاقة لم يُنظر فيها بعد. وتتوفر معلومات إضافية عن ذلك في التوصية ITU-R M. 1076-1.

1.A11 المعلمات التشغيلية

ينبغي أن تكون شدة المجال المغنطيسي القابلة للتحقيق لنظام حلقة الحث عبر "منطقة مغطاة" بمقدار 400 mA لجذر متوسط التربيع (RMS) لكل متر.

مدى التردد: 50 Hz إلى 10 kHz

الحساسية من –98 dBVrms إلى –95 dBVrms

2.A11 حدود التداخل

من شأن تجاوز قيم شدة المجال المحددة أدناه أن يؤدي إلى تداخل في مستقبلات T- Coil

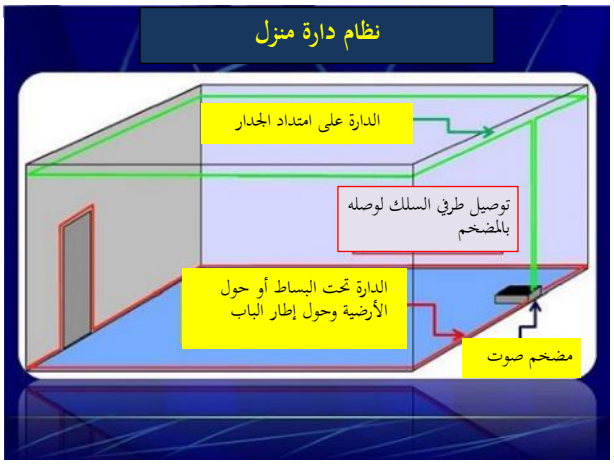
مدى التردد	شدة المجال الدنيا عند 1 m لكي تتسبب في تداخل
50 Hz – 12 kHz	0,3 mA/m
12 kHz < – 100 kHz	300 mA/m

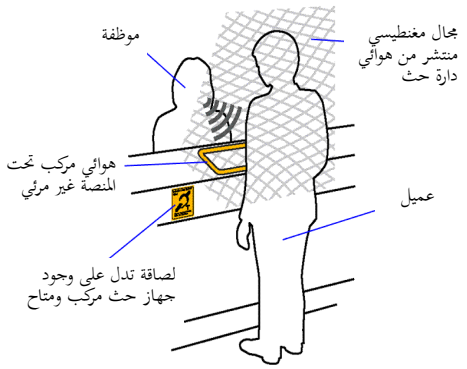
3.A11 مرسلات أنظمة T-Coil

حلقة السمع (تسمى أحياناً حلقة الحث الصوتي) هي نوع خاص من أنظمة الصوت مخصصة للأشخاص الذين يستخدمون مساعِدات السمع. وتوفر حلقة السمع إشارة مغنطيسية لاسلكية تلتقطها السماعة المساعِدة عند ضبطها على إعداد "T" (Telecoil).

وتتكون حلقة السمع من ميكروفون لالتقاط الكلمة المنطوقة؛ ومضخم يعالج الإشارة التي ترسل بعدئذ عبر القطعة النهائية؛ وكبل الحلقة، وهو سلك يوضع حول محيط منطقة معينة، مثل غرفة جلوس أو اجتماع، أو كنيسة، أو منصة خدمة، وما إلى ذلك، لتكون بمثابة هوائي يشع الإشارة المغنطيسية إلى جهاز مساعدة السمع.

وفيما يلي رسم بياني لحلقة سماع في منزل وفي منصة متجر أو شباك مصرف:





4.A11 مستقبلات أنظمة T-Coil

تأتي هذه الأجهزة بأنماط شتى رغم أن غالبية النمائط تصنعها نفس الشركة

نميطة فوق الأذن لتحسين سماع الهاتف وغيره

نميطة جهاز مساعد للسمع

وشيعة T مدمجة في جهاز مساعد للسمع

قلادة سمع

: