

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التقرير **ITU-R SM.2269**
(2013/06)

منهجيات لربط الإشعاعات الصادرة عن تركيبات
الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية
بمخرج مودمات الاتصالات عبر خطوط الإمداد
بالطاقة الكهربائية

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 مدى 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 الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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>)

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

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، 2014

© ITU 2014

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.2269

منهجيات لربط الإشعاعات الصادرة عن تركيبات الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية بخرج مودمات الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية

(المسألة ITU-R 221-1/1)

(2013)

جدول المحتويات

الصفحة

1	.....	مقدمة	1
2	.....	منهجية خسارة الاقتران	2
10	.....	منهجية مصدر الإشعاع النقطي	3
		التحديد التجريبي للتيارات RF المنتشرة في كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية، والتشويش RF وخصائص الهوائيات	4
16	.....	المكافئة لتركيب PLT داخل المنزل	16

1 مقدمة

من العناصر الرئيسية في الدراسات بشأن أثر الاتصالات عبر خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية (PLT) في نطاقات فوق 80 MHz، استنباط وسائل لتقدير الكمية المشعة من الطاقة RF التي تضحها مودمات الاتصالات PLT في كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية. ومن شأن أدوات كهذه أن توفر الأساس من أجل:

- تقييم الامتثال لحدود التوافق الكهرومغناطيسي (EMC) بالنسبة للإشعاعات الصادرة؛
- تحديد الزيادة الناجمة في الضوضاء الأساسية؛
- تقييم إمكانية التسبب في تداخلات على خدمات الاتصالات الراديوية.

إذا ما ثبت إمكانية ربط الإشعاعات الصادرة عن تركيبات الاتصالات PLT مباشرة بكميات قابلة للقياس من الكثافة الطيفية لقدرة المودمات PLT وخرج القدرة الإجمالية، يصبح من الأسهل تقديم مبادئ توجيهية بشأن نشر الاتصالات PLT عن طريق توصيات قطاعي الاتصالات الراديوية وتقييم الاتصالات. وتشمل عائلة التوصيات ITU-T G.9960 مجموعة أدوات تسمح لهيئات التنظيم الوطنية بتكييف القناع الطيفي للكثافة الطيفية للقدرة (PSD) وخرج القدرة الإجمالية طبقاً لظروف السوق المحلية. وما ينقص هو وجود وسيلة لربط حدود المستويات غير المقبولة من ضوضاء الترددات الراديوية والتداخلات على خدمات الاتصالات الراديوية بالقدرة المحقونة والكثافة الطيفية للمودمات PLT.

ولاستعمال مستوى الكثافة الطيفية للقدرة كمرجع لتقدير الإشعاعات الصادرة عن التركيبات PLT والتحكم فيها، يحتاج الأمر إلى وسيلة ما لتحديد الخسارة التمثيلية للاقتران في تركيبات PLT مغطاة. ومن شأن ذلك أن يسمح بدوره بربط كمية الإشعاعات الصادرة عن تركيبات PLT مغطاة مباشرة بالكثافة الطيفية للقدرة وخرج القدرة الإجمالية للمودمات.

ويتضمن التقرير ITU-R SM.2158 العديد من الدراسات التي توضح التقنيات المستخدمة والجهود المبذولة عند إجراء قياسات بشأن أثر الإشعاعات الصادرة عن الأنظمة PLT على الأنظمة الإذاعية العاملة على نطاقات دون 80 MHz. والدراسات التالية الواردة في تذييلات التقرير ITU-R SM.2158 تضمنت قياس الإشعاعات PLT في النطاقات HF:

- الدراسة A3.1 (البرازيل) - تقدم قياسات المجال الكهربائي المشع من نظام نفاذ PLT وحيد. وتخلص هذه الدراسة إلى أن شدة مجال إشارة التداخلات ينبغي لها ألا تتجاوز 16 dB(μV/m) في موقع الاستقبال، وهذه القيمة ربما تكون أقل من الضوضاء الأساسية المحيطة، وذلك بدلاً من القيمة المقاسة البالغة 60 dB(μV/m).

- الدراسة A3.2 (رابطة الهيئات الإذاعية بأمريكا الشمالية (NABA)/مركز أبحاث الاتصالات (CRC)، كندا) - تقدم قياسات المجال الكهربي المشع من نظام PLT داخل المباني وتظهر أن الإشارات PLT تستقبل في حدود 50-60 dB(μV/m) على مسافة 3-10 m.
 - الدراسة A.3.5.3 (اللجنة العلمية لتوزيع الترددات (IUCAF)) - تقدم قياسات المجال الكهربي المشع من نظام PLT في منزل منعزل وتظهر أن الإشارات PLT تستقبل في حدود 50 dB(μV/m) على مسافة 10 m.
- ويجمع هذا التقرير الدراسات التي تدعم عملية وضع منهجية لربط الإشعاعات الصادرة عن التركيبات PLT بقدرة الخرج والكثافة الطيفية للمودمات.

2 منهجية خسارة الاقتران

هذه الدراسة التي أجرتها إذاعة شمال ألمانيا (NDR) ومحطة التلفزيون الألمانية الثانية (ZDF) تهدف إلى تقدير الإشعاعات الصادرة عن التركيبات PLT بمراعاة خسارة الاقتران الواقعة. والغرض هو وضع طريقة يمكن من خلالها تحديد رقم لإجمالي خسارة الاقتران في محطة نمطية، وذلك بغية توسيع نطاق التقنية بحيث تغطي طائفة من المواقع التمثيلية.

وتتبع هذه الدراسة قياسات التداخلات الواردة هنا في الفقرة 1.2.3 من أجل استكشاف سبل تبسيط عملية تقدير الإشعاعات الصادرة عن التركيبات PLT. وهناك الكثير من الخطوات المتضمنة في تقييم كيفية اعتبار الإشعاعات الصادرة عن أنظمة PLT والواقعة على مستقبل ما، ضوضاء إضافية أم تداخلات. وللأسف، لم تبد أي من الخطوات المتضمنة إمكانية النمذجة أو القياس بسهولة. والكمية القابلة للقياس مع اليقين والتكرار هي الكثافة الطيفية للقدرة التي يضحها المودم PLT تجاه كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية.

وستكون مهمة الإدارات والهيئات التنظيمية ومنظمات وضع المعايير أبسط إذا ما تسنى استعمال مستوى الكثافة PSD المحقونة كمرجع عند وضع الحدود للمستويات غير المقبولة من الضوضاء والتداخلات. وسيطلب ذلك وجود وسيطة لتقدير خسارة الاقتران التمثيلية في تركيبات PLT نمطية مما يسمح بدوره بربط كمية الإشعاعات الصادرة عن تركيبات PLT نمطية مباشرة بالكثافة PSD وقدرة الخرج الإجمالية للمودمات.

وكان هدف دراسة ZDF/NDR نمذجة خسارة الاقتران عبر السلسلة بالكامل من الطاقة RF المحقونة تجاه كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية، ثم تجاه الجزء المشع ثم في النهاية تجاه الجزء المستقبل داخل المبنى. فإذا ما تم جمع ذلك في خسارة اقتران إجمالية تمثيلية، فإن إمكانية التداخلات الناجمة عن الأجهزة PLT يمكن تقديرها من معرفة قدرة الخرج الإجمالية وخصائص الكثافة PSD لهذه الأجهزة.

ولأغراض وضع أساس قابل للتكرار من أجل النمذجة، تستعمل هذه الدراسة الشكل DVB-T لتوليد إشارة RF عريضة النطاق بخصائص طيفية معروفة.

1.2 فلسفة القياس

من الصعب قياس مستوى الإشعاعات الصادرة عن أحد التركيبات PLT باستخدام الهوائيات، لأن القدرة التي تضخها المودمات PLT نحو كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية تختلف باختلاف الزمن. وفي أسلوب الراحة، لا توجد إلا بعض النبضات العابرة المصاحبة للإشارات. ولا ترسل القدرة القصوى إلا أثناء نقل البيانات، وهو أمر غير دائم في أغلب الأحوال.

وقدرة خرج المودم PLT معلومة بالنسبة للجهة المصنعة للجهاز. ويمكن حساب مستوى قدرة التداخلات عند خرج هوائي استقبال محدد، إذا كانت خسارة الاقتران بين المودم PLT الموصول بمقبس الجدار الخاص بالإمداد بالطاقة وخرج الهوائي معروفة. ويمكن أيضاً استعمال خسارة الاقتران لحساب قدرة الخرج المودم PLT القصوى المسموح بها أو الكثافة PSD، إذا كان المستوى الأقصى للتداخلات عند دخل المستقبل معلوماً.

وإجراء عدد كافٍ من القياسات لخسارة الاقتران أمر مستنزف للوقت، نظراً لضرورة مراعاة اختلاف أنواع الأبنية وكبلات الإمداد بالطاقة وموضع الهوائيات وما إلى ذلك. وهناك نهج أكثر كفاءة يتمثل في نمذجة العديد من أنواع الأبنية مع كبلات مختلفة للإمداد بالطاقة الكهربائية وتوصيل المودم PLT بمصدر الطاقة في مواقع مختلفة واستخدام أدوات حساب الإشعاع الكهرمغناطيسي لحساب خسارة الاقتران بين المودم PLT ومستوى الإشارة المستقبلية لهوائي في المبنى. ويجب وضع الهوائي في العديد من المواقع والأوضاع المختلفة. وبذلك يمكن حساب عدد كبير من قيم خسارة الاقتران لنماذج وافتراسات مختلفة لكبلات الإمداد بالطاقة، مما ينتج عنه نهج إحصائي جيد. ويمكن التحقق من القيم بإجراء بعض القياسات التمثيلية. ومن أجل التوصل لبعض القيم التجريبية لخسارة الاقتران في نطاق الترددات VHF، أجريت القياسات من جانب المعهد IRT¹ في مختبر وفي منزل نمطي غير مستقل في منطقة ريفية في ألمانيا.

2.2 تشكيلة القياس

أجريت أولى قياسات لخسارة الاقتران في مختبر IRT لمجرد اكتساب بعض الخبرة بشأنها. ومع ذلك، لا يعد المختبر موقعاً نموذجياً للاستقبال الإذاعي. وقد أجريت قياسات واقعية لخسارة الاقتران في منزل نمطي غير مستقل في منطقة ريفية بألمانيا. والمزمل المبنى من القرميد يتألف من طابق أرضي وطابقين علويين بأرضيات/أسقف من الخرسانة، انظر الشكل 1.

الشكل 1

منزل غير مستقل (مركز) ليست فيه خسارة الاقتران من مودم PLT
إلى هوائي ثنائي الأقطاب



Report SM.2269-01

ولقياس قدرة التداخلات المشعة والمستقبلية، يتعين ضخ إشارة مستقرة بمستوى معروف في خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية. ولا يعتبر خرج المودم PLT مناسباً بشكل مباشر لأنه غير مستقر. ونظراً لاستخدام الأنظمة PLT لإشارات COFDM لإرسال البيانات، استعملنا إشارة مماثلة للقياسات، إشارة DVB-T. وقام مولد إشارة SFQ من طراز رود وشوارتز (R&S) بضخ إشارة DVB-T بعرض نطاق 7 MHz على تردد يساوي 195,5 MHz في خط الإمداد بالطاقة الكهربائية للمنزل، انظر الشكل 2.

¹ ITR (Institut für Rundfunktechnik GmbH) معهد للبحوث والتطوير يتبع الهيئات الإذاعية العمومية بألمانيا والنمسا وسويسرا. ويقع المعهد في ميونخ، ألمانيا.

الشكل 2

مولد إشارة SFQ يضيخ إشارة DVB-T في خط الإمداد بالطاقة الكهربائية

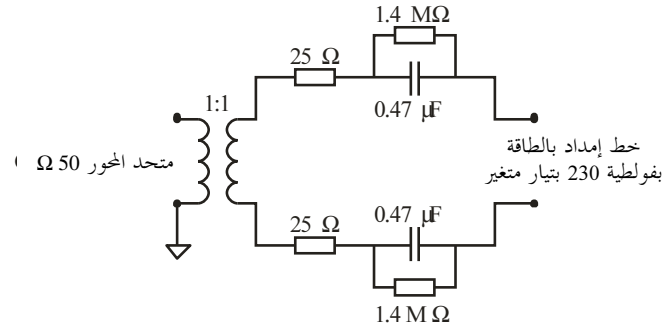


Report SM.2269-02

وتحققت المواءمة بين الخرج متحد المحور للمولد، 50 أوم، وخطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية المتناظرة والعزل الخاص بالتغذية V 230 بواسطة الدارة المبينة في الشكل 3.

الشكل 3

دارة المواءمة والعزل



Report SM.2269-03

ويمكن للدارة أن توهن إشارة المولد بشكل كبير إذا كانت معاوقة خط التغذية أقل من 1 000 أوم (أي 3,5 dB عند 100 أوم). وتعتمد معاوقة خط التغذية على العديد من المعلومات التي لا يمكن التحكم فيها. ولأغراض الحسابات المصاحبة هنا، يفترض أن دارة المواءمة تحدث توهيناً للإشارة DVB-T المتولدة بمقدار 3 dB.

واستعمل هوائي باستقطاب رأسي في المستوى الأرضي لاستقبال الإشارة، على النحو المبين في الشكل 4. ووضع الهوائي على ارتفاع 1,5 m فوق الأرض ووصل لخلل طيفي لقياس قدرة القناة المستقبلية. وكان كسب هوائي المستوى الأرضي 0 dB_d كثنائي الأقطاب λ/2.

الشكل 4

هوائي قياس باستقطاب رأسي في المستوى الأرضي

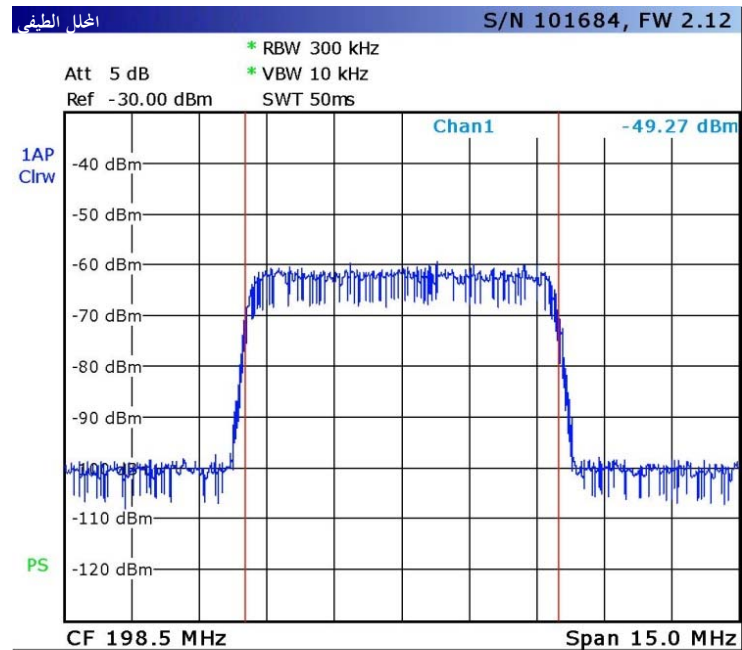


Report SM2269-04

وكان المحلل الطيفي المستعمل من الطراز R&S ETL يمكنه قياس القدرة في عرض نطاق محدد. ولمعايرة تشكيلة القياس، تم ضبط مولد الإشارة SFQ على مستوى قدرة يبلغ -50 dBm ووصل مباشرةً بالمحلل الطيفي ETL المستعمل في القياس والذي تم ضبطه على عرض نطاق للقناة يبلغ 7 MHz. ويعرض الشكل 5 الطيف المقاس وكانت قدرة القناة المقاسة -49,27 dBm. ويعني ذلك أن الخطأ في القياس كان أدنى من 1 dB. وتم الإبقاء على قيم ضبط المحلل الطيفي بدون تغيير في جميع القياسات التالية.

الشكل 5

طيف الإشارة DVB-T المستعملة في القياسات (بمستوى -50 dBm عند المولد)



3.2 نتائج القياس

1.3.2 نتائج القياسات في مختبر IRT

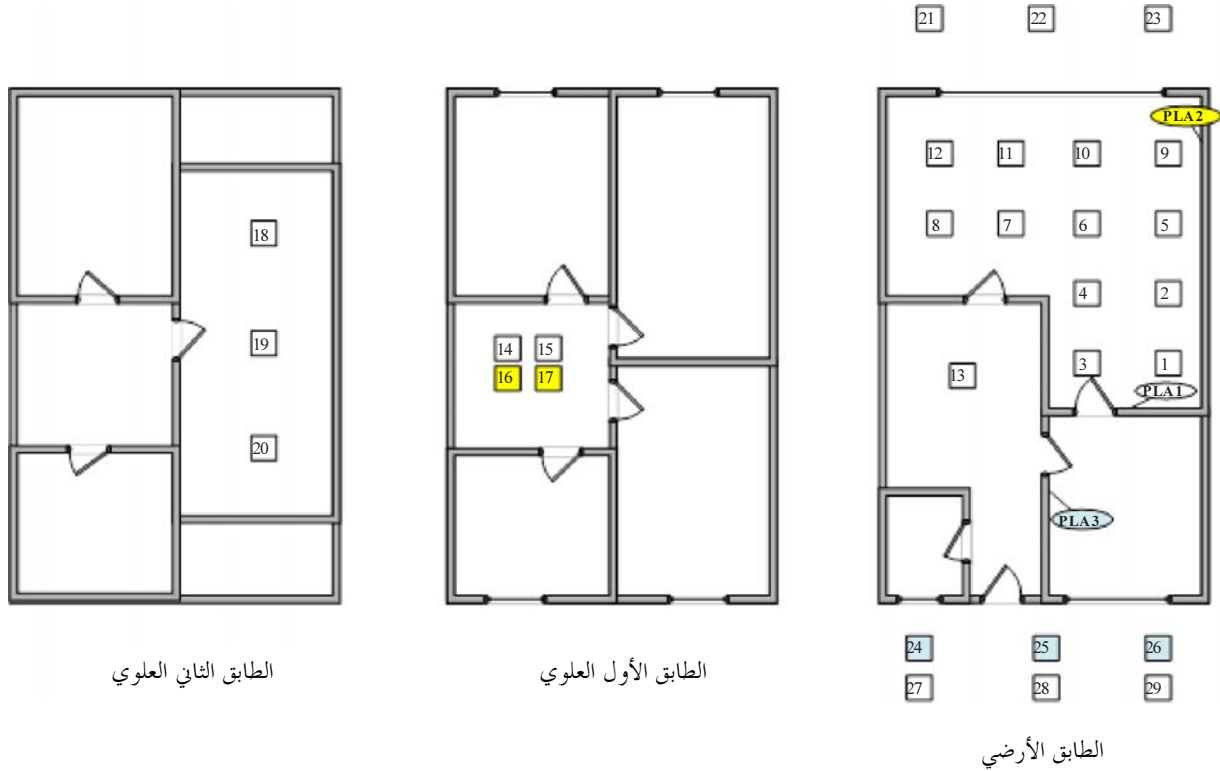
تم توصيل مولد الإشارة DVB-T بمقيس الإمداد بالطاقة الكهربائي على الجدار. وقيست قدرة الإشارة عند خرج هوائي المستوى الأرضي المنصوب على ارتفاع 1,5 m فوق الأرض في ستة مواضع في المختبر.

2.3.2 نتائج القياسات في منزل غير منفصل

والمنازل المبني من القرميد من طابق أرضي وطابقين علويين بأرضيات/أسقف من الخرسانة، انظر الشكل 1. وكانت هناك بالفعل ثلاثة منازل مجاورة، على اليسار وفي الوسط وعلى اليمين. ويعرض الشكل 6 مخطط المنزل الأوسط، فيما يعرض الشكل 7 مخطط المنزل المجاور على اليسار. ووصلت إشارة القياس بمقيس الجدار في المنزل الأوسط بالطابق الأرضي.

الشكل 6

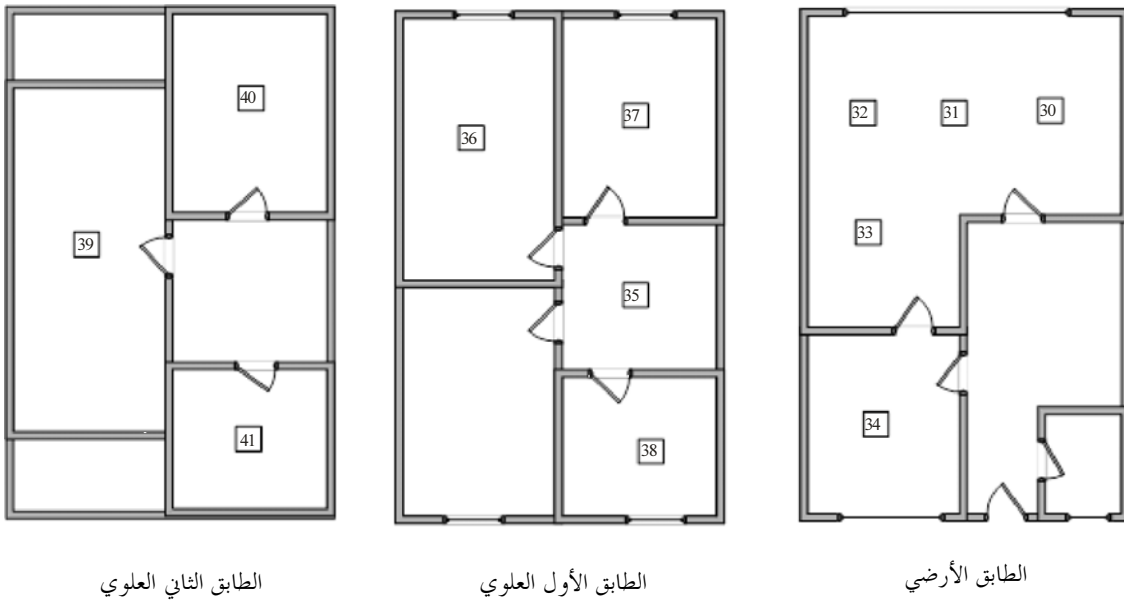
مخطط المنزل الأوسط



تم ضبط مولد الإشارة DVB-T على قدرة خرج تساوي 0 dBm ووصل بالتتابع بمقياس الجدار فقط المودم PLT رقم 2 (الأبيض) والمودم PLT رقم 2 (الأصفر) والمودم PLT 3 (الأزرق) بالطابق الأرضي. وأجريت القياسات في المواضع من 1 إلى 29 في المنزل الأوسط والمواضع من 30 إلى 42 في المنزل المجاور على اليسار. ويقابل لون موضع القياس موضع اقتران المولد، عند القياس (نقاط المودم PLT أرقام 1 أو 2 أو 3).

الشكل 7

مخطط المنزل المجاور على اليسار



الطابق الثاني العلوي

الطابق الأول العلوي

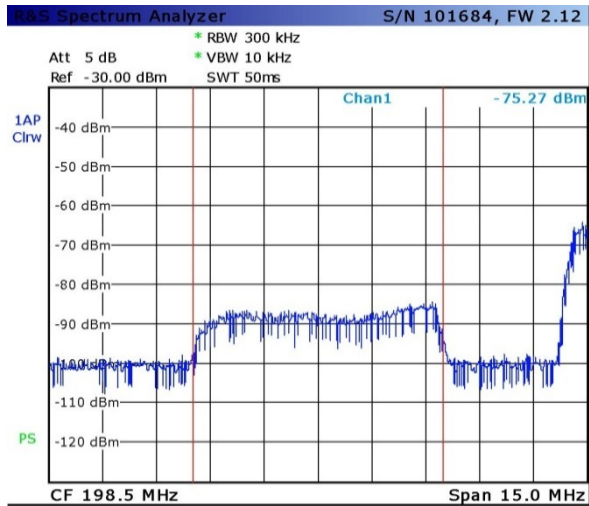
الطابق الأرضي

Report SM.2269-07

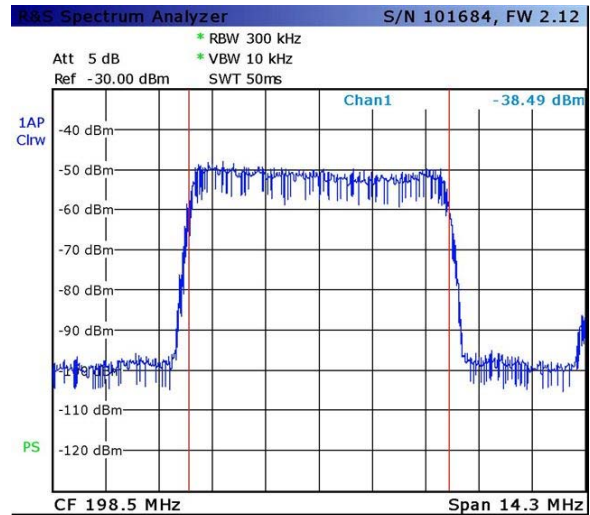
وقد وضع الهوائي عند مواضع القياس المبينة بمربعات مرقمة في الشكلين 6 و7. وبالنسبة لكل موضع قياس، تم تسجيل الطيف عند المحلل ETL-SA. وبالإضافة إلى ذلك، تم تبيان قدرة القناة المستقبلية. فعلى سبيل المثال، تعرض النتائج في الشكل 8 بالنسبة لمواضع ذي احتمال تداخل PLT مرتفع ولموضع آخر ذي احتمال تداخل PLT منخفض.

الشكل 8

الطيف عند موضعين للقياس، واحد باحتمال تداخل مرتفع والآخر باحتمال تداخل منخفض



ب) موضع القياس 39؛ تداخل منخفض



أ) موضع القياس 1؛ تداخل مرتفع

الإشارة عند الحافة اليمنى في الشكل 8 ب الواقعة خارج عرض نطاق القياس DVB-T هي الإشارة DAB المرسل في المنطقة.

وقد أجريت القياسات في المنزل الأوسط في الطابق الأرضي في غرفة تم ضخ الإشارة في خط التغذية في الغرفة المجاورة لها وفي الطابقين الأول والثاني العلويين وخارج المنزل. كما أجريت القياسات في المنزل المجاور على اليسار في الطابق الأرضي وفي الطابقين الأول والثاني العلويين.

4.2 نتائج القياسات بالنسبة لخسارة الاقتران

1.4.2 النتائج من المختبر IRT

بلغ متوسط خسارة الاقتران المحسوبة من ستة مواضع للقياس -47 dB. وبلغ الانحراف المعياري للقيم 6 dB.

2.4.2 النتائج من القياسات المجرأة في المنزل الأوسط

اختلفت خسارة الاقتران بين خرج المودم PLT وخرج هوائي الاستقبال في نفس المنزل من 48 dB إلى 57 dB. والتقلبات في القيم المقاسة والمرتفعة بانحراف معياري 6 dB تقريباً. وبلغت خسارة الاقتران عند نقاط تقع على مسافة 4 m من جدار المنزل خارج المنزل من واجهته 57 dB، وبلغت خسارة الاقتران عند نقاط تقع على مسافة 10 m خلف المنزل 60 dB. وكانت القيم المتوسطة لخسارة الاقتران الفعلية المقاسة كالتالي:

-	مع نفس الغرفة	48 dB
-	مع الغرفة المجاورة	44 dB
-	مع طابق أعلى	54 dB
-	مع طابقين أعلى	57 dB
-	مع نقاط خارج المبنى على مسافة 4 m	57 dB
-	مع نقاط خارج المبنى على مسافة 10 m	60 dB

3.4.2 النتائج من القياسات في المنزل المجاور

تختلف خسارة الاقتران بين الخرج PLA1 في المنزل الأوسط وخرج هوائي الاستقبال في المنزل المجاور على اليسار في حدود من 62 dB إلى 70 dB، حسب المسافة والطابق. وكانت القيم المتوسطة المقاسة كالتالي:

-	في نفس الطابق	62 dB
-	في طابق أعلى	62 dB
-	في طابقين أعلى	70 dB

5.2 حسابات توضيحية لقدرة خرج المودم PLT القصوى المسموح بها

سيتم حساب القدرة القصوى المسموح بها عند خرج المودم PLT من أجل تفادي التداخلات على استقبال DAB بدءاً من المنطلقات التالية:

- ينبغي للتداخلات على الاستقبال DAB في النطاق 200 MHz ألا تزيد بأكثر من 1% بالنسبة للقدرة الإجمالية للضوضاء المستقبلية؛
- تقوم التركيبة PLT بإرسال قدرتها بحيث توزع بانتظام في الطيف الذي يتراوح من 30 MHz إلى 300 MHz؛
- معامل ضوضاء المستقبل DAB (F) يساوي 8 dB؛
- كسب هوائي الاستقبال DAB يساوي -2,2 dBd؛

- الضوضاء الاصطناعية المسموح بها في النطاق 200 MHz بالهوائي المذكور أعلاه تساوي 2 dB؛
- يتم الاستقبال DAB في الشقة المجاورة، حيث خسارة الاقتران تساوي 62 dB.

وتحدث الإشارة COFDM للمودم PLT تداخلاً كالضوضاء البيضاء. فإذا كان من المفترض ألا يزيد المستوى الأولي للإشارة المتداخلة بأكثر من 1%، فإن قدرة تداخل المودم PLT ينبغي لها أن تكون أقل من مستوى الضوضاء الإجمالية المستقبلية المكافئة عند دخل المستقبل بمقدار 20 dB.

ومستوى الضوضاء المكافئة عند دخل المستقبل عبارة عن مستوى الضوضاء الحرارية مضافاً إليه معامل ضوضاء المستقبل والضوضاء الاصطناعية، أي قيمة التجاوز المسموح بها نتيجة للضوضاء الاصطناعية التي يستقبلها الهوائي. ولن تعتمد النتائج المسموح بها نتيجة للضوضاء الاصطناعية التي يستقبلها الهوائي. ولن تعتمد النتائج على عرض نطاق الإشارة إذا ما استعملت الكثافة الطيفية للقدرة بدلاً من القدرة.

وتبلغ الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الحرارية عند 20 ° مئوية -174 dBm/Hz. وبعد إضافة معامل الضوضاء والضوضاء الاصطناعية، فإن الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الأساسية عند دخل المستقبل تبلغ -164 dBm/Hz.

وينبغي للتداخل PLT أن يكون أقل بمقدار 20 dB على الأقل، أي بقيمة -184 dBm/Hz.

ويفترض أن خسارة الاقتران من المودم PLT إلى الهوائي ثنائي الأقطاب تساوي 62 dB. وكسب هوائي الاستقبال DAB تساوي -2,2 dB بالنسبة إلى ثنائي الأقطاب، لذا فإن خسارة الاقتران الإجمالية من المودم PLT للمستقبل DAB تساوي 64,2 dB. وبإضافة خسارة الاقتران إلى الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء الأساسية، نجد أن الكثافة الطيفية لقدرة خرج المودم PLT ينبغي لها أن تكون أقل من -119,8 dBm/Hz.

وبالتالي، لا ينبغي للقدرة الإجمالية للخروج في النطاق من 50 إلى 300 MHz أن تزيد عن -35,5 dBm.

6.2 الاستنتاجات

يمكن حساب القدرة المتداخلة عند دخل المستقبل على أساس الكثافة الطيفية لقدرة خرج المودم PLT إذا كانت خسارة الاقتران بين خرج المودم PLT وخرج هوائي الاستقبال معلومة. وبالعكس، بافتراض قيمة قصوى مسموح لها لمستوى التداخل عند دخل المستقبل، يمكن حساب الكثافة الطيفية القصوى المسموح بها لقدرة إشارة خرج المودم PLT باستعمال خسارة الاقتران.

وقد تم قياس خسارة الاقتران من مودم PLT موصول بمقبس قدرة، إلى خرج هوائي ثنائي الأقطاب رأسي الاستقطاب في نطاق الترددات VHF في مختبر وفي منزل نمطي غير مستقل في منطقة ريفية في ألمانيا. وكانت القيم المتحصلة في حدود 48 إلى 57 dB داخل المنزل من 62 إلى 70 dB بين المنازل المتجاورة.

وبناءً على نتائج القياسات، فإذا كان لا ينبغي القدرة المتداخلة في شقة مجاورة أن تزيد من القدرة الإجمالية لضوضاء نظام الاستقبال بالنسبة للاستقبال DAB في نطاق الترددات VHF بأكثر من 1%، فإن الكثافة الطيفية القصوى لقدرة إشارة خرج المودم PLT، ينبغي لها ألا تتجاوز -120 dBm/Hz.

وقيم خسارة الاقتران المقاسة والقيمة القصوى للكثافة الطيفية لقدرة إشارة خرج المودم PLT المحسوبة تنطبق على المنازل المماثلة لتلك التي أجريت فيها القياسات، مع وجود نفس شبكة كبلات خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية. وبالنسبة لأنواع المنازل الأخرى وأشكال أخرى من شبكات كبلات خطوط الإمداد بالطاقة الكهربائية، يمكن للقيم أن تختلف اختلافاً كبيراً.

3 منهجية مصدر الإشعاع النقطي

يبحث هذا القسم في أثر الاتصالات PLT على الاتصالات الخلوية المتنقلة في النطاق 450-470 MHz. وكان السلوك المعقد لكبالات الإمداد بالطاقة الكهربائية بوصفها مصدر إشعاع موزع عامل تعقيد في كافة التقييمات التجريبية والنظرية لأثر الاتصالات PLT عند ترددات أقل من 250 MHz تقريباً. ومع ذلك، ففي بعض الترددات، يجب أن تسير الحالة التي يوصل فيها مودم PLT بطول معين من الكبالات بشكل أكبر كما لو كانت مصدراً نقطياً.

وتضمن "الظاهرة السطحية" أن التوهين عبر الكبالات يزداد بزيادة التردد وبالتالي، مع ارتفاع تردد التشغيل، لن يكون هناك إلا طول قصير من الكبالات والقريب من نقطة الحقن، هو القادر على الإشعاع، وتقل مشكلة الإشعاعات الصادرة عن الاتصالات PLT بحيث تصبح هناك مجموعة من المودمات PLT العديدة التي تشع بوصفها مصادر نقطية بعد طول قصير من الكبالات عند كل نقطة توصيل. وبالمفهوم ذاته، يمكن أن تنزع الاتصالات عبر كبالات الإمداد بالطاقة الكهربائية بشكل أكبر فيما بعد إلى الإرسال والاستقبال عند كل نقطة توصيل بشكل أكبر من أن يكون ذلك من خلال إشارات PLT خضعت للتوهين يتم حقنها عبر كامل طول كبالات الإمداد بالطاقة الكهربائية. ولا توجد هناك معلومات عن كيفية حدوث هذا التحول في السلوك عبر الكبالات النمطية للإمداد بالطاقة الكهربائية، بيد أن من الواضح أن استعمال نموذج بسيط لمصدر نقطي لتقدير خسارة الاقتران المرتبطة بالإرسالات PLT سيكون أكثر ملاءمة مع زيادة التردد.

1.3 منهجية وحسابات لحماية خدمات الاتصالات الخلوية المتنقلة

تمت الإحالة إلى التوصيتين ITU-R M.1767 و ITU-R F.1670 في الاتفاق الإقليمي GE06 لحماية الخدمات المتنقلة الثابتة من التلفزيون الرقمي. وتقوم طريقة الحساب الواردة في الفقرة 2.3 أدناه على نفس المنهجية وتقدم عتبات تداخل وأقنعة إرسال PLT.

ومع الأخذ في الاعتبار المسافات (بين الاتصالات PLT والخدمة المتأثرة، انظر المسافات بين الأقواس في الصف 3 بالجدول 1) والافتراضات المذكورة آنفاً، يمكن اشتقاق مستويات العتبات التالية والقيم القصوى المسموح بها لقدرة الذروة PLT:

الجدول 1

مستويات العتبة وقدرة الذروة PLT القصوى لمستقبلات مختلفة متأثرة في النطاق 80-470 MHz

محطة قاعدة ومحطة ثابتة خلوية كبرية/صغيرة خارج المنزل	مطراف خلوي داخل المنزل أو محطة قاعدة منزلية	محطة قاعدة ومحطة ثابتة خلوية كبرية/صغيرة خارج المنزل	القدرة وشدة المجال لكل 1 MHz
149-	129-	141-	مستوى العتبة للقدرة (dBm)
18,5-	1,5	10,5-	مستوى العتبة لشدة المجال (dBμV/m)
(m 100) 83-	(m 1) 103-	(m 10) 95-	قدرة الذروة PLT القصوى (dBm)

وهذا التحليل للتداخل الناجمة عن إرسالات PLT على استقبال إحدى خدمات الأرض التي يشبع استعمالها في المنزل يمكن أن يستخدم كذلك من أجل حماية الخدمات الإذاعية في النطاقين VHF و UHF. كما أن هذه المنهجية يمكن أن توفر أساساً مفيداً لدراسة حماية خدمات الاتصالات الراديوية من الإرسالات غير المتعمدة الصادرة عن التركيبات الصناعية والعلمية والطبية والصادرة عن تركيبات توزيع التلفزيون الكابلي.

وتبلغ القيمة المسموح بها لإزالة حساسية مستقبلات الأرض 0,05 dB؛ وإشارة التداخل المسموح بها تقل عن عتبة الضوضاء بمقدار 20 dB؛ ومستوى العتبة للضوضاء الأساسية الحرارية للمستقبل (KTBF) يساوي 20- dB فإذا كانت القيمة المسموح بها لإزالة حساسية مستقبلات خدمات الأرض تساوي 0,5 dB، فإن إشارة التداخل المسموح بها تقل عن عتبة الضوضاء بمقدار 10 dB وتكون جميع القيم المدرجة في الجدول 1 أعلى بمقدار 10 dB.

ويتمثل سيناريو الحالة الأسوأ لحماية خدمات الأرض داخل المباني من الاتصالات PLT في جهاز يد خلوي، حيث يكون الهاتف الخلوي على مسافة متر واحد فقط من الاتصالات PLT ولتوفير حماية كافية للعمليات ذات الإشارات الضعيفة من جانب خدمات الأرض في مدى الترددات UHF/VHF، لا ينبغي للإشعاعات الصادرة عن الأجهزة أو التركيبات PLT أن تتجاوز كحد أقصى 1,5 dBµV/m في عرض نطاق 1 MHz، تقاس داخل المباني على مسافة متر واحد من التركيبات PLT، انظر القيم الإضافية في الجدول 4. ولا تعتمد شدة المجال على التردد، على افتراض الانتشار في الفضاء الحر وعدم وجود توهين بسبب الجدران. وتعتمد القدرة على التردد الراديوي (RF)؛ فعند تردد 460 MHz، تكون قدرة الذروة PLT القصوى المسموح بها 103- dBµV/m. وللحصول على انحناءات في هامش الخبو بمقدار 0,5 dB (وليس 0,05 dB)، تكون القيم المسموح بها 11,5 dBµV/m عند مسافة متر واحد من التركيبات PLT؛ وعند تردد RF يبلغ 460 MHz، تكون قدرة الذروة PLT المسموح بها 93- dBm/MHz.

ويتمثل سيناريو الحالة الأسوأ لحماية خدمات الأرض داخل المباني من الاتصالات PLT في محطة قاعدة أو محطة ثابتة خلوية على مسافة 10 m من التركيبات PLT. ولهذا الحالة، تبلغ قدرة الذروة PLT القصوى 95- dBm/MHz لانحناءات في هامش الخبو بقيمة 0,05 dB، و-85 dBm/MHz لانحناءات في هامش الخبو بقيمة 0,5 dB.

2.3 طريقة حساب لتقدير الإشعاعات الصادرة عن الاتصالات PLT

لحساب عتبيتي القدرة وشدة المجال عند تقييم مدى تعرضهما للتداخلات، يمكن تحديد خصائص أنظمة الاتصالات الراديوية من خلال معلماتها مثل عامل الضوضاء والكسب G_i والخسارة L_F . ويلاحظ أن قناع الإرسال PLT المسموح به يعتمد على تردد الإشارة المطلوبة، R_F ، على اعتبار أن الانتشار يتغير بتغير التردد:

وتستعمل العلامات التالية في الحسابات:

F :	عامل ضوضاء مستقبل المحطة المتنقلة للأرض (dB)؛
B :	عرض النطاق المرجعي (BW) للنظام PLT المتداخل (MHz)؛
g_i :	كسب هوائي مستقبل محطة الأرض (جهاز يد أو B) (قيمة عددية)؛
G_i :	كسب هوائي مستقبل المحطة الخلوية (جهاز يد أو B) (dB)؛
L_F :	خسارة كبل تغذية الهوائي (dB)؛
f :	التردد المرجعي (MHz)؛
$P_{handset}$:	مستوى عتبة القدرة/MHz عند جهاز اليد الخلوي (dBm)؛
P_{BS} :	مستوى عتبة القدرة/MHz عند المحطة القاعدة للأرض (BS) (dBm)؛
P_{RL} :	مستوى عتبة القدرة/MHz عند محطة التحديد الراديوي للموقع (RL) (dBm)؛
$E_{handset}$:	عتبة شدة المجال/MHz عند جهاز اليد الخلوي (dBµV/m)؛
E_{BS} :	عتبة شدة المجال/MHz عند المحطة القاعدة للأرض (BS) (dBµV/m).

1.2.3 مستويات العتبة لحماية خدمات الأرض من الإشعاعات PLT

قدرة الضوضاء الحرارية للمستقبل $(KTBF)^2$ عند هوائي متناح بلا خسارة لعرض نطاق = 1 MHz وعامل ضوضاء نموذجي (F) قيمته 5 dB تساوي:

$$(1) \quad KTBF/1 \text{ MHz} = -114 + 5 = -109 \text{ dBm/MHz}$$

$$(2) \quad KTBF - 20 \text{ dB (1 MHz)} = -109 \text{ dBm} - 20 \text{ dB} = -129 \text{ dBm/MHz}$$

² بالنسبة إلى k (ثابت بولتزمان): $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ و $T=300$ كيلفن و $B=1 \text{ MHz}$ ، تكون قيمة المعامل KTB تساوي -114 dBm.

ونظراً لعدم تطبيق كسب هوائي على أجهزة اليد، فإن معيار حماية أجهزة اليد الخلوية يتمثل في ألا تتجاوز الإرسالات PLT لإشارة مرجعية بعرض نطاق 1 MHz:

$$(3) \quad P_{handset} (1 \text{ MHz}) = -129 \text{ dBm/MHz}$$

وبالنسبة لمحطات القاعدة في الشبكات الخلوية، تعتبر القيمتان $G_i = 15 \text{ dB}$ و $L_F = 3 \text{ dB}$ مناسبين لتحديد متطلبات الحماية من الإرسالات PLT. ومن ثم يتحصل على مستوى عتبة القدرة عند دخل هوائي المحطة القاعدة كالتالي:

$$(4) \quad P_{BS} (1 \text{ MHz}) = -129 \text{ dBm/MHz} - 15 \text{ dB} (G_i) + 3 \text{ dB} (L_F) = -141 \text{ dBm/MHz}$$

وبالمقارنة، بالنسبة لمستقبل لتحديد الراديو للموقع، تعتبر قيمتا المعلمتين $G_i = 23 \text{ dB}$ و $L_F = 3 \text{ dB}$ مناسبين لتحديد متطلبات الحماية من الإرسالات PLT. ومن ثم يتحصل على مستوى عتبة القدرة عند دخل هوائي التحديد الراديو للموقع كالتالي:

$$(5) \quad P_{RL} (1 \text{ MHz}) = -129 \text{ dBm/MHz} - 20 \text{ dB} = -149 \text{ dBm/MHz}$$

وباستعمال المعادلة المعيارية:

$$P_r = \frac{E^2 g \lambda^2}{Z_0 4\pi} = \frac{E^2 g c^2}{480\pi^2 f^2}$$

وفيما يلي صيغة التحويل من شدة المجال الكهربائي (dBμV/m) عند دخل الهوائي إلى قدرة (dBm):

$$(6) \quad P \text{ (dBm)} = E \text{ (dBμV/m)} - 77.21 - 20 \log f \text{ (MHz)} + G_i - L_F$$

ونظراً لتمثيل مستوى الضوضاء المكافئة عند دخل المستقبل (أي مع عام ضوضاء بعرض نطاق مرجعي 1 MHz وتردد R_F يساوي 460 MHz)، فإن الفارق في شدة المجال ينشأ عن اختلاف قيم الكسب والخسارة عند هوائي الاستقبال.

وبالنسبة لتردد مرجعي، R_F ، يساوي 460 MHz ينتج عن صيغة التحويل (المعادلة (6)) ما يلي:

$$(7) \quad -129 \text{ (dBm)} = E \text{ (dBμV/m)} - 77,21 - 53,25$$

وبالتالي:

$$(8) \quad E_{handset} (1 \text{ MHz}) = 1,5 \text{ (dBμV/m)}$$

$$(9) \quad E_{BS} (1 \text{ MHz}) = E_{fixed} (1 \text{ MHz}) = 1,5 \text{ (dBμV/m)} - 12 \text{ dB} = -10,5 \text{ (dBμV/m)}$$

$$(10) \quad E_{RL} (1 \text{ MHz}) = E = 1,5 \text{ (dBμV/m)} - 20 \text{ dB} = -18,5 \text{ (dBμV/m)}$$

2.2.3 قناع مستوى الإرسال PLT المسموح به لحماية خدمات الأرض

على فرض الانتشار في الفضاء الحر من إرسالات PLT، باعتبارها مصدر نقطي، تجاه مستقبلات راديوية للأرض باستعمال المعادلة (4) بالتوصية ITU-R P.525، وعلى أن تكون المسافة، d ، بالأمتار (ليس km).

$$(11) \quad L_{bf} = -27,6 + 20 \log f + 20 \log d \text{ (dB)}$$

وبالتالي، تكون قدرة الذروة PLT القصوى المسموح بها، P_{PLT} عند التردد $f = 460 \text{ MHz}$ لحماية جهاز يد خلوي على مسافة متر واحد من مصدر PLT كالتالي:

$$(12) \quad P_{PLT} \text{ (dBm/MHz)} = P_{handset} \text{ (dBm/MHz)} + L_{bf} = -129 - 27,6 + 20 \log f + 20 \log d \\ = -129 - 27,6 + 20 \log 460 + 20 \log 1 = -129 - 27,6 + 53,3 \approx -103 \text{ (dBm/MHz)}$$

وبالمثل، تكون قدرة الذروة PLT القصوى المسموح بها، P_{PLT} عند التردد $f = 460$ MHz لحماية محطة قاعدة IMT/خلوية على بعد m 10 من المصدر PLT كالتالي:

$$(13) \quad \begin{aligned} P_{PLT} \text{ (dBm/MHz)} &= P_{BS} \text{ (dBm/MHz)} + L_{bf} \\ &= -141 - 27,6 + 53,3 + 20 \log 10 \approx -95 \text{ (dBm/MHz)} \end{aligned}$$

وتكون قدرة الذروة PLT القصوى المسموح بها، P_{PLT} عند التردد $f = 460$ MHz مستقبلياً للتحديد الراديوي للموقع على مسافة m 100 من المصدر PLT كالتالي:

$$(14) \quad \begin{aligned} P_{PLT} \text{ (dBm/MHz)} &= P_{RL} \text{ (dBm/MHz)} + L_{bf} \\ &= -149 - 27,6 + 53,3 + 20 \log 10 \approx -83 \text{ (dBm/MHz)} \end{aligned}$$

3.3 طريقة حساب لتقدير الإرسالات المجمعة الصادرة عن تركيبات PLT

تتناول هذه الفقرة الفرعية التقدير المتعلق بالإرسالات المجمعة الصادرة عن تركيبات PLT عندما يتم تشغيل العديد من المودمات PLT في آن واحد. وبما أن التركيبات PLT تتألف من عدد من المودمات PLT التي يرسل كل منها على تردد مشترك، فإن تراكم هذه الإرسالات المتعددة ينشأ عنه احتمال حدوث تداخلات من التركيبات PLT على خدمات الاتصالات الراديوية. وفي هذا الصدد، تكون للإرسالات المتعددة الصادرة عن المودمات PLT أطوار مختلفة مع تغير عشوائي على مسافة قياس محددة، على التوالي. وتؤدي هذه الخصائص العشوائية إلى ظاهرة تتمثل في حدوث تداخلات بناءً وهدامة اعتبارية على المستقبل المتأثر.

وعلى الرغم من أن المودمات PLT المتعددة لها نفس القدرة المرسل، يمكن للإرسالات الصادرة عن هذه المودمات أن تختلف على نفس المسافة طبقاً للبيئة الموجودة فيها التركيبات PLT. لذا، ينبغي أخذ شدة المجال في الاعتبار عند تقييم أثر التركيبات PLT على خدمات الاتصالات الراديوية. وفي بلدان عديدة، يسمح بالإرسالات الصادرة عن الأنظمة PLT كذلك في إطار شدة المجال الكهربائي كما هو موضح في التوصية ITU-R SM.1879. ولتقدير شدة المجال الكهربائي للإرسالات المجمعة الصادرة عن التركيبات PLT، يطبق النهج الاحتمال الوارد في التوصية ITU-T K.62 حيث تراعى التغييرات في المجال الكهربائي التي تنشأ عن الاختلافات العشوائية في الطور لإشارات متعددة متداخلة على المستقبل المتأثر. ومن ثم، تقدم هذه الفقرة الفرعية طريقة حساب لتقدير الإرسالات المجمعة الصادرة عن التركيبات PLT من منظور نهج احتمالي.

1.3.3 النموذج الحسابي

باعتبار أن هناك إرسالات صادرة عن تركيبات PLT تتألف من مودمات PLT متعددة تحيط بمستقبل متأثر كما هو موضح في الشكل 9. في الشكل 9، هنا، r_i هي المسافة بين المصدر PLT رقم i ونقطة القياس و d_i هي المسافة بين المصدر PLT رقم i والمستقبل المتأثر.

ويمكن التعبير عن اتساع الإرسالات المجمعة الصادرة عن تركيب PLT عند المستقبل المتأثر كالتالي:

$$(15) \quad E_o(t) = \sum_{i=1}^N E_{oi} \cos(\omega_c t + \theta_i) = E_o \cos(\omega_c t + \alpha)$$

حيث:

E_o : اتساع الإرسالات المجمعة عند المستقبل المتأثر ($\mu\text{V/m}$)؛

N : عدد المصادر PLT؛

E_{oi} : اتساع الإرسالات الصادرة عن المصدر PLT رقم i على مسافة القياس ($\mu\text{V/m}$)؛

ω_c : التردد الزاوي (Hz)؛

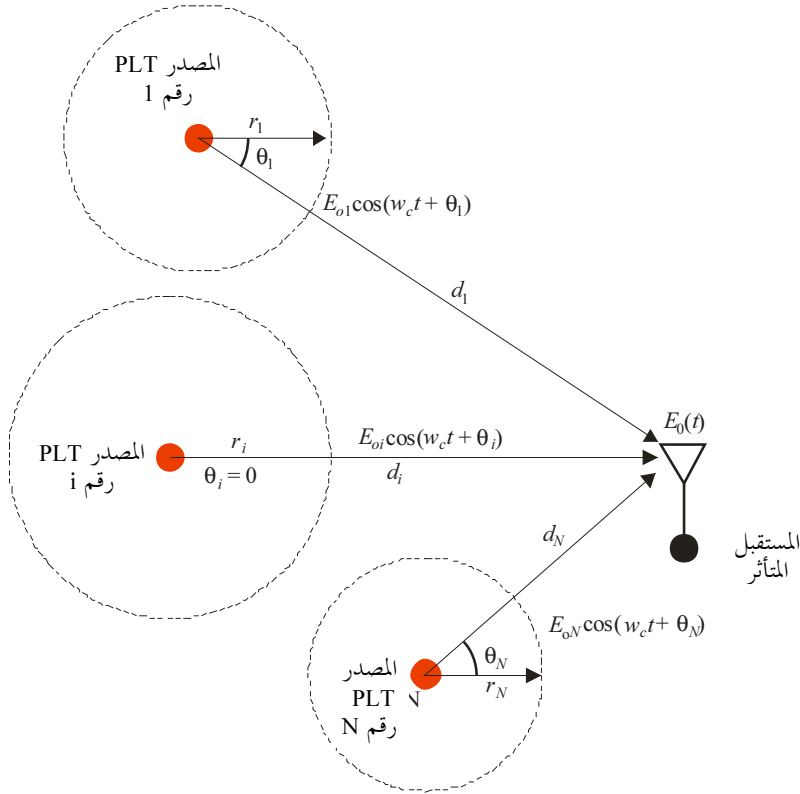
θ_i : فارق الطور بين الإرسالات الصادرة عن المصدر PLT رقم i ومرجع متفق عليه عند المستقبل المتأثر (زاوي)؛

α : فارق الطور بين الإرسالات المجمعة ومرجع متفق عليه عند المستقبل المتأثر (زاوي).

ويتمثل الهدف من هذه الفقرة الفرعية في حساب احتمال حدث التداخل $\{E_o > E_{PR}\}$ الواقع عندما يكون اتساع الإرسالات المجمعة الصادرة عن التركيبات PLT، E_o ، أكبر من المستوى المطلوب لحماية المستقبل المتأثر، E_{PR} .

الشكل 9

هندسة الإرسالات المجمعة الصادرة عن تركيبات PLT عند المستقبل المتأثر



Report SM.2269-09

ولحساب احتمال حدث التداخل $\{E_o > E_{PR}\}$ ؛ نمذج θ_i إحصائياً بالتغير العشوائي المنتظم (RV) بدالة كثافة احتمال $1/2\pi$ عبر $[\pi, -\pi]$ كما تم في التوصية ITU-T K.62. وباستعمال الانتشار في المجال البعيد، فإن اتساع الإرسال من المصدر PLT رقم i على مسافة d_i ، $E_{oi}^{dB}(d_i)$ يحسب بوحدات لوغاريتمية (dBμV/m) كالتالي:

$$(16) \quad E_{oi}^{dB}(d_i) = E_{oi}^{dB}(r_i) - 20 \cdot \beta \cdot \log_{10}(d_i/r_i)$$

حيث $E_{oi}^{dB}(r_i)$ هي اتساع الإرسال على مسافة r_i بالوحدات اللوغاريتمية (dBμV/m) و β يعامل انتشار الموجات. وفي حالة الانتشار في الفضاء الحر، تكون $\beta = 1$. ويتحصل على اتساع الإرسالات المجمعة الصادرة عن التركيبات PLT عند المستقبل المتأثر، E_o ، باستعمال المعادلة (3) بالتوصية ITU-T K.62 كالتالي:

$$(17) \quad E_o = \sqrt{\sum_{i=1}^N E_{oi}^2(d_i) + 2 \sum_{j>i}^N \sum_{i=1}^N E_{oi}(d_i) E_{oj}(d_j) \cos(\theta_i - \theta_j)}, i < j \leq N$$

ويحسب احتمال حدث التداخل من المتغير RV المنتظم $P_r\{E_o > E_{PR}\}$ باستعمال المعادلة (17)، ويتولد جيل عشوائي من المتغير RV المنتظم θ_i حيث $i = 1, \dots, N$.

2.3.3 أمثلة

كمثال لحساب الاحتمال $P_r\{E_o > E_{PR}\}$ ، نفترض أن المحطة القاعدة خارج المباني هي المستقبل المتأثر بمستوى حماية $E_{PR} = 0,3 \mu\text{V/m}$ ($= -10,5 \text{ dB}\mu\text{V/m}$) في وجود تركيب PLT. مستوى الحماية يساوي القيمة المشتقة في الفقرة 1.1.3 أعلاه. ويرد في الجدول 2 شرح معلمات التركيب PLT.

الجدول 2

ملخص المعلمات

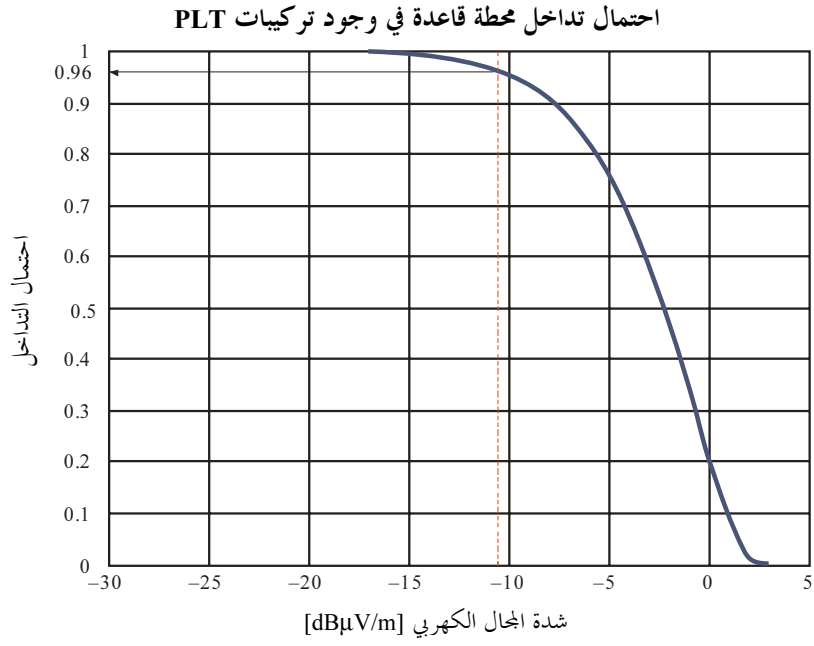
الملاحظات	القيمة	المعلمات
البيئة المفترضة للتركيب PLT	5	عدد المصادر PLT (N)
خمسة مصادر PLT لها اتساع إرسال مشترك	$37 \text{ dB}\mu\text{V/m}^*$	شدة المجال من المصادر PLT على مسافة قياس 10 m ($E_{oi}^{dB}(r_i)$)
انظر المعادلة (9)	460 MHz	التردد المشترك
ليس على خط البصر	2	معامل انتشار الموجات (β)
البيئة المفترضة للتركيب PLT	100 و 150 و 200 و 250 و 300 m	المسافات بين المصادر PLT والمستقبل المتأثر (d_i)

* القيمة هي حد صنف الإرسال B لمعدات تكنولوجيا المعلومات الموصوفة في المنشور 22 للجنة الدولية الخاصة المعنية بالتداخل الراديوية (CISPR).

وكما هو موضح في الشكل 10، يبلغ احتمال تداخل محطة قاعدة في وجود تركيب PLT، $P_r\{E_o > 0,3 \mu\text{V/m} (= -10,5 \text{ dB}\mu\text{V/m})\}$ نحو 0,96. وبمقارنة احتمال التداخل البالغ 0,96 عند المستقبل المتأثر بمستوى الثقة الذي يبلغ 80% حسب اللجنة CISPR، يكون $P_r\{E_o > E_{PR}\} = 0,2$ أو $P_r\{E_o < E_{PR}\} = 0,8$. ويتأكد أن التركيب PLT الموصوف في الجدول 2 يتسبب في تداخل على المحطة القاعدة خارج المباني ذات مستوى الحماية البالغ $-10,5 \text{ dB}\mu\text{V/m}$.

ويوضح المثال أن طريقة الحساب المعروضة يمكن تطبيقها لتقدير الإرسالات المجمعة الصادرة عن التركيبات PLT.

الشكل 10



4 التحديد التجريبي للتيارات RF المنتشرة في كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية، والتشويش RF وخصائص الهوائيات المكافئة لتركيب PLT داخل المنزل

قياس التشويش RF والتيارات CM وDM الناجمة عن أنظمة PLT وخصائص هوائيات شبكة اتصالات PLT موجودة داخل المنزل.

يشير الفصل 2 من التقرير ITU-R SM.2158 أن التأثيرات المشابهة لتأثيرات الهوائيات لكبلات إمداد بالطاقة الكهربائية مشعة وتأثيرات الحجب الخاصة بالمباني معقدة وتختلف من منزل لآخر ومن بلد لآخر حسب مكونات المباني المحلية والممارسات المتبعة في كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية. فإذا وضعت منهجيات نموذجية تستند إلى اعتبارات نظرية أو إحصائية من أجل إدارة احتمالات التداخل لتركيبات PTL، ينبغي بعدها التحقق من سلامة تنبؤات هذه المنهجيات ونطاقها عن طريق تجارب وقياسات على أرض الواقع. ويقدم هذا القسم نتائج لتجارب ميدانية أجريت في اليابان.

1.4 قياس التشويش RF الصادر عن نظام PLT³

من الشواغل الهامة بالنسبة لخدمات الاتصالات الراديوية شدة مجال التشويش بالنسبة لمستوى الضوضاء المحيطة خارج المباني حيث تركيب الأنظمة PLT. وفي هذه التجارب، تقاس شدة المجال باستعمال هوائي طوقي منفصل مثبت على مسافة 10 m من الجدار الخارجي لمنزل مركب فيه نظام PLT.

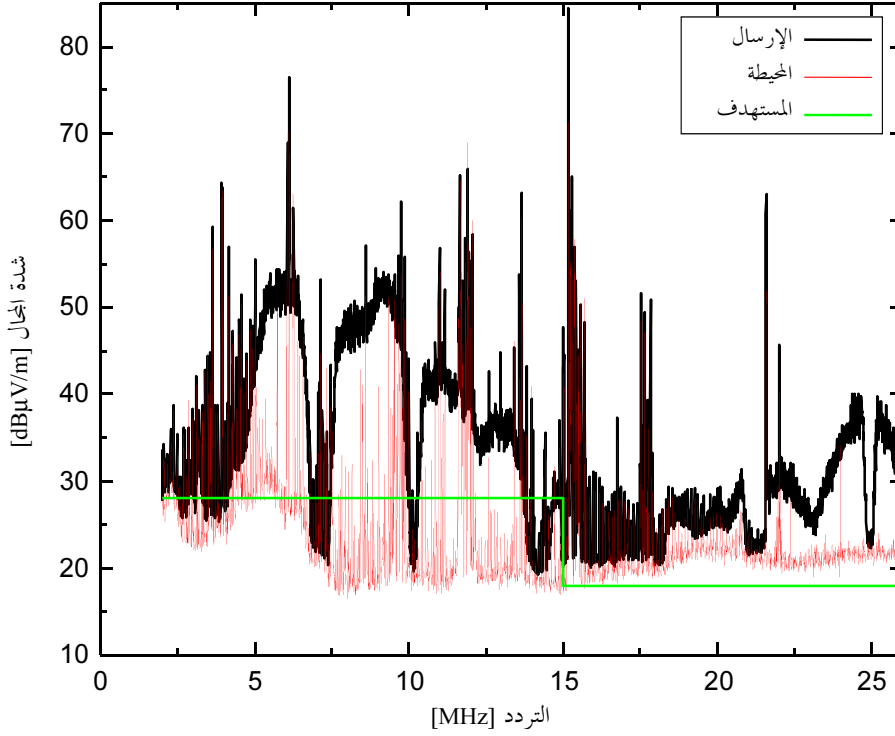
وتقاس شدة مجال التشويش PLT ("الإرسال") عندما يكون النظام PLT في وضع تشغيل. وتقاس شدة مجال الضوضاء المحيطة ("الحيطة") عندما لا يكون النظام PLT في وضع تشغيل. وتعرض النتائج في الشكل 11. وشدة مجال التشويش الناتج عن النظام PLT أكبر بكثير من مستوى الضوضاء المحيطة عبر أغلبية الطيف HF وتصل إلى 55 dBμV/m (عرض النطاق = 10 kHz). وهذه القيمة أكبر بمقدار 30 dB من مستوى الضوضاء المحيطة. وبالمقارنة، فإن قيم شدة المجال المحددة في اللوائح الوطنية المطبقة عند

³ م. كيتاغوا وم. أوهيشي [سبتمبر 2008] - قياسات شدة المجال الكهربائي المشعة وتيار الأسلوب العادي الصادرين عن الاتصالات عريضة النطاق عبر خطوط الطاقة الكهربائية داخل المنزل في بيئة سكنية، أحداث الندوة الدولية الثانية بشأن التوافق الكهرومغناطيسي (EMC)، أوروبا (2008)، الصفحات 433-438، هامبورغ، ألمانيا.

موقع القياس تبلغ 28 dB μ V/m (في النطاقات أدنى من 15 MHz) و 18 dB μ V/m (في النطاقات أعلى من 15 MHz). وقيم شدة المجال المقاسة أكبر من القيم المحددة. كما أن شدة المجال المقاسة أدنى من 15 MHz عندما يكون النظام PLT في وضع التشغيل تكون أكبر بنحو 10 dB من المستوى الفعلي المقاس للضوضاء المحيطة.

الشكل 11

التشويش RF الناجم عن نظام PLT



Report SM.2269-11

2.4 قياس التيارات RF عند مقبس توصيل الطاقة³

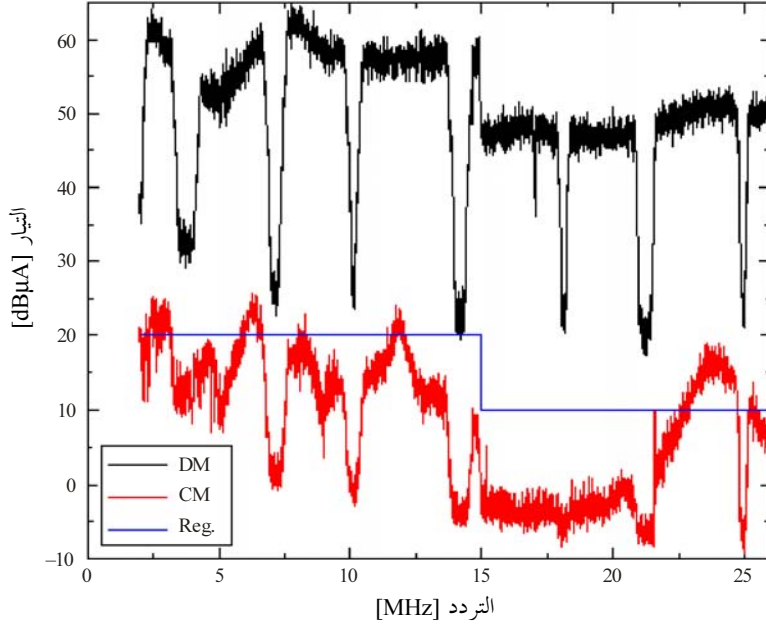
من أجل تحديد منشأ التشويش RF بالنسبة للتركيب PLT هذا، تم قياس التيارات RF في الأسلوب العادي (CM) والأسلوب التفاضلي (DM)⁴ عند مقبس توصيل الطاقة الذي تم حقن الإشارة PLT فيه. وتعرض النتائج في الشكل 11.

وفي الشكل 12، نفي قيم التيار CM (المخطط الأسفل) بقيم التيار المسموح بها 20 dB μ A أدنى من 15 MHz و 50 dB μ A أعلى من 15 MHz) عبر معظم الطيف HF. وقيم التيار DM تبلغ 60 dB μ A أدنى من 15 MHz، و 50 dB μ A أعلى من 15 MHz. وقيمة التيار DM أعلى بمقدار 40 dB من التيار CM، على الرغم من أنه كان مقرراً أن يكون أعلى بمقدار 16 dB فقط. وهناك اختلاف قدره 24 dB بين التيار DM المقاس والتيار DM المقصود، وهو ما يبرز الجزء الأكبر من الاختلاف البالغ 27 dB بين شدة المجال المقاسة (55 dB μ V/m) والقيمة المستهدفة (28 dB μ V/m).

4 انظر الفصل 2 من التقرير ITU-R SM.2158 لشرح الآلية التي تتولد بها التيارات CM و DM في كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية.

الشكل 12

تيارات الأسلوبين التفاضلي والعادي عند مقبس توصيل الطاقة
الموصول به المودم PLT



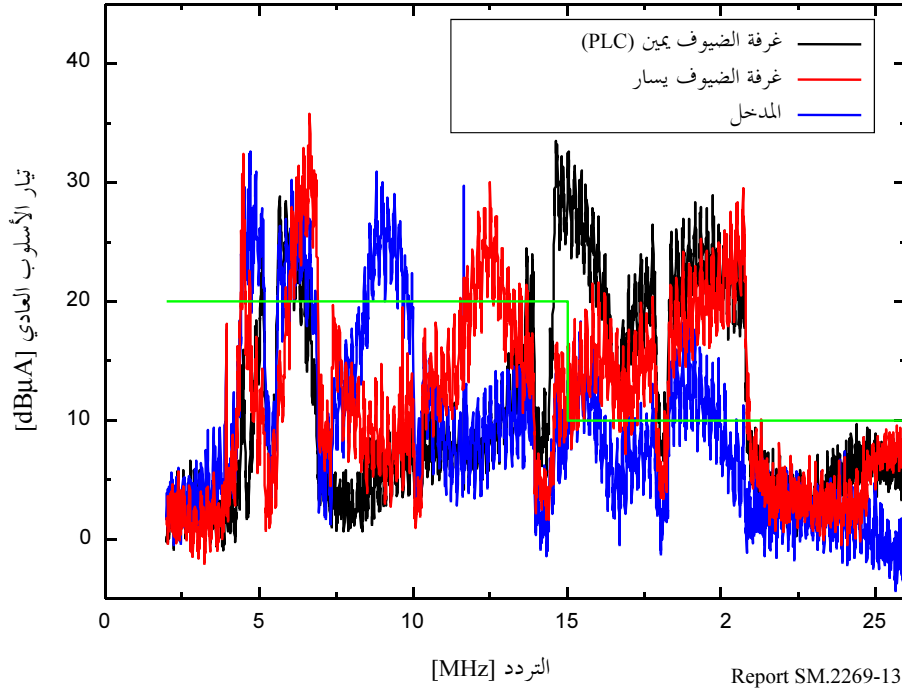
Report SM2269-12

3.4 قياس التيارات CM عبر كبلات الإمداد بالطاقة الكهربائية³

يمكن للتيارات CM عبر كامل خط الإمداد بالطاقة الكهربائية أن تختلف اختلافاً كبيراً عن تلك المقاسة عند مقبس توصيل الطاقة المحقون فيه الإشارة PLT. بيد أن من الصعب قياس التيار CM عبر كبلات الإمداد بالطاقة بعد مدها. وبتوصيل كبل قصير للإمداد بالطاقة (3 m)، بمقبس توصيل بالطاقة غير مستعمل، يمكن قياس تدفق التيار CM بالقرب من هذا المقبس. وتعرض نتائج قياسات التيار CM عند مقابس مختلفة في الشكل 13. وقد يكون التيار CM بالقرب من المقابس غير المستعملة أكبر بمقدار 20 dB من تلك المقاس عند المقبس المحقون فيه الإشارة PLT وربما يتجاوز قيمة التيار CM بأكثر من 10 dB. وهناك تفسير لسبب تجاوز التيار CM القيمة المستهدفة خلاصته أن التيار DM أكبر بكثير من المستهدف.

الشكل 13

تيار الأسلوب العادي عند مقبس توصيل بالطاقة غير موصل به مودم PLT
(مقابس بطريقة كبل التطويل القصير)



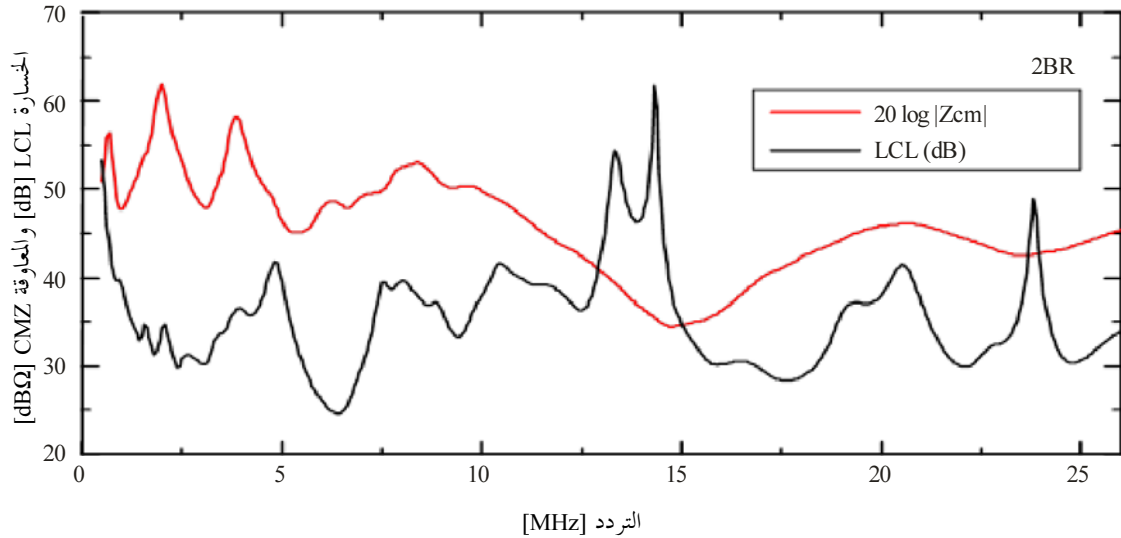
4.4 الخسارة LCL المقاسة عند مقبس

تم تحديد حد مستوى التيار CM بافتراض أن خسارة التحويل الطولي (LCL) تبلغ 16 dB أو أكثر. فإذا كانت الخسارة LCL لخط إمداد بالطاقة للمزمل أقل من 16 dB (أي، الأداء السيء، من خلال زيادة في تحويل التيار DM إلى تيار CM)، فإنه يتوقع أن يكون التيار CM أكبر من الحد المستهدف. ولاختبار هذه الإمكانية، قيست الخسارة LCL.

وتعرض النتائج في الشكل 14. والقيمة الدنيا المسجلة للخسارة LCL كانت 24 dB، وهي أكبر من 16 dB (أي، الأداء أفضل). ولم يسجل ارتباط سالب بين الخسارة LCL المقاسة وشدة المجال المقاسة للتشويش PLT.

الشكل 14

الخسارة LCL ومعاوقة الأسلوب العادي مقاستان عند مقبس



5.4 كسب الهوائي المكافئ لتركيبة PLT داخل المنزل 5

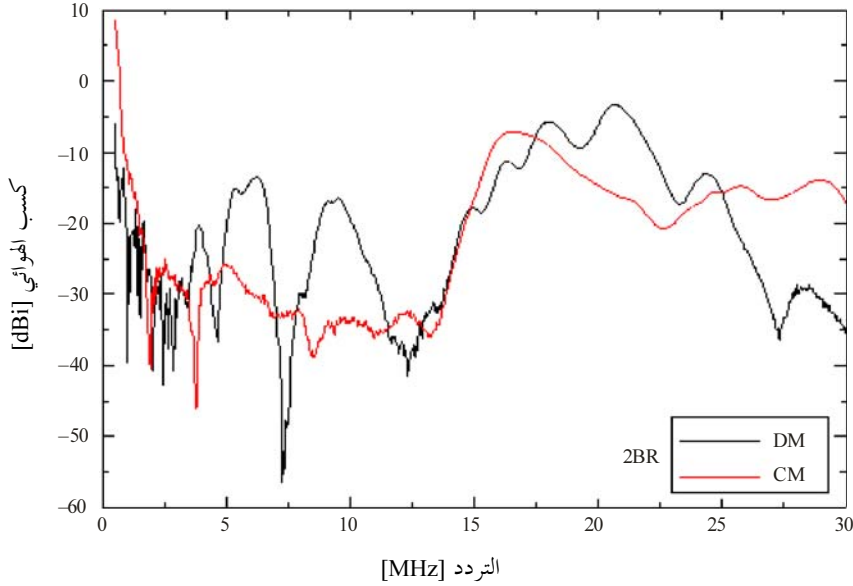
من شأن تأثير حجب أقل من المتوقع من المبنى أن يوضح لماذا يكون التشويش RF المقاس أكبر من الحد المستهدف. كما أن التشويش RF من خط الإمداد بالطاقة يعتمد هو الآخر على الشكل الهندسي بشبكة الكبلات، على افتراض أن تكون كمية التيار CM عبر كامل خط الإمداد بالطاقة متساوية. ولا يرجح استخلاص هذه المعلومات من كميات مثل الخسارة LCL المقاسة عند مقاس توصيل الطاقة وحدها.

والكمية الأكثر ارتباطاً وموثوقية لكي تمثل عامل التحويل الكامل من شدة الإشارة PLT (الكثافة PSD) إلى شدة مجال للتشويش RF هي كسب هوائي التريكة PLT بالكامل، كما يرى من التيار DM للمقبس الذي تحقق فيه الإشارة PLT DM، تجاه هوائي الاستقبال خارج المبنى. ويتضمن هذا العامل تأثير هوائي كبلات الإمداد بالطاقة وتأثير حجب المبنى. ويتم حث التيارات DM و CM عند نقطة الحقن انتقائياً (المقبس) باستخدام دائرة سير LCL؛ ثم يقاس الانتقال من الأسلوب المنتقى للمقبس إلى الهوائي المرجعي (طوقي منفعل) على مسافة 10 m من الجدار الخارجي للمنزل باستخدام محلل شبكي.

وتعرض النتائج في الشكل 15. وعبر معظم الجزء الأدنى من الطيف HF، كان كسب الهوائي للأسلوب DM أكبر من نظيره للأسلوب CM. وفوق ذلك، كان لكسب الهوائي DM وشدة المجال للتشويش ارتباط موجب قوي. ويوضح ذلك وجود تشويش RF قوي عند 6 و 9 MHz تقريباً، في حين أن قيمة الكسب المكافئ لكبلات المنزل تصل إلى نحو -15 dBi. وعبر الجزء الأعلى من الطيف HF، كان للأسلوبين DM و CM قيم كسب هوائي مقارنة تصل إلى -10 إلى -5 dBi.

الشكل 15

كسب هوائي تريكة PLT داخل المنزل يتم فيه حقن الإشارة RF في مقبس توصيل بالطاقة في الأسلوبين DM و CM



Report SM.2269-15

5 م. كيتاغوا [أكتوبر 2007] - قياس ميداني لعامل هوائي خطوط إمداد بالطاقة داخل المنزل التقرير التقني للجنة IEICE الإصدار 107، EMCJ2007-54، الصفحات 7-12 (باليابانية).