التوصية ITU-R SM.1792-0*

قياس إرسالات النطاق الجانبي في مرسلات الإذاعة السمعية الرقمية للأرض (T-DAB) والإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) لأغراض المراقبة

(2007)

مجال التطبيق

توفر هذه التوصية إرشادات بشأن أساليب القياس وتحدد ترتيبات قياس الإرسالات الوافدة من الإذاعة السمعية الرقمية للأرض (T-DAB) والإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) من أجل مواءمتها مع الأقنعة الطيفية ذات الصلة.

كلمات أساسية

أساليب القياس، قياس الإرسالات، الإذاعة السمعية الرقمية للأرض (TDAB)، الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVBT)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن التوصية ITU-R BS.1660 تبين تعاريف الأقنعة الطيفية التي تعين حدوداً لإرسالات المجال الخارجة عن النطاق (OoB) لمرسلات الإذاعة السمعية الرقمية للأرض (T-DAB)؛

ب) وأن الملحق 2 للوثائق الختامية للمؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية RRC-06، يبين تعاريف الأقنعة الطيفية التي تعين حدوداً لإرسالات المجال الخارجة عن النطاق (OoB) (لمرسلات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض) (DVB-T)؛

ج) وأن احتمال فرض تداخل ضار على الخدمات الراديوية المجاورة بفعل إرسالات الإذاعة T-DAB والإذاعة DVB-T، هو احتمال كبير بوجه خاص، بسبب شكلها الطيفي المستطيل الذي يضع السوية القصوى للإشارة عند حافتي عرض النطاق المخصص؛

د) وأن على محطات المراقبة أن تقيس المطابقة مع الأقنعة ذات الصلة لجميع مرسلات T-DAB وDVB-T، ويُفضل قياسها في حالة التوقف عن الإرسال، وذلك لحماية الخدمات الراديوية المجاورة من التداخل الضار؛

هـ) وأن المدى الدينامي لمحللات الطيف ليس كافياً لقياس الإرسالات الخارجة عن النطاق (OoB) والوافدة من هذه المرسلات،

توصي

1 بضرورة اتباع الطريقة المبينة في الملحق 1 عند قياس مدى مطابقة إرسالات مرسلات T-DAB وDVB-T مع الأقنعة الطيفية ذات الصلة.

* أدخلت لجنة الدراسات 1 للاتصالات الراديوية في عام 2019 تعديلات صياغية على هذه التوصية وفقاً للقرار ITU-R 1.

الملحق 1

1 الأقنعة الطيفية

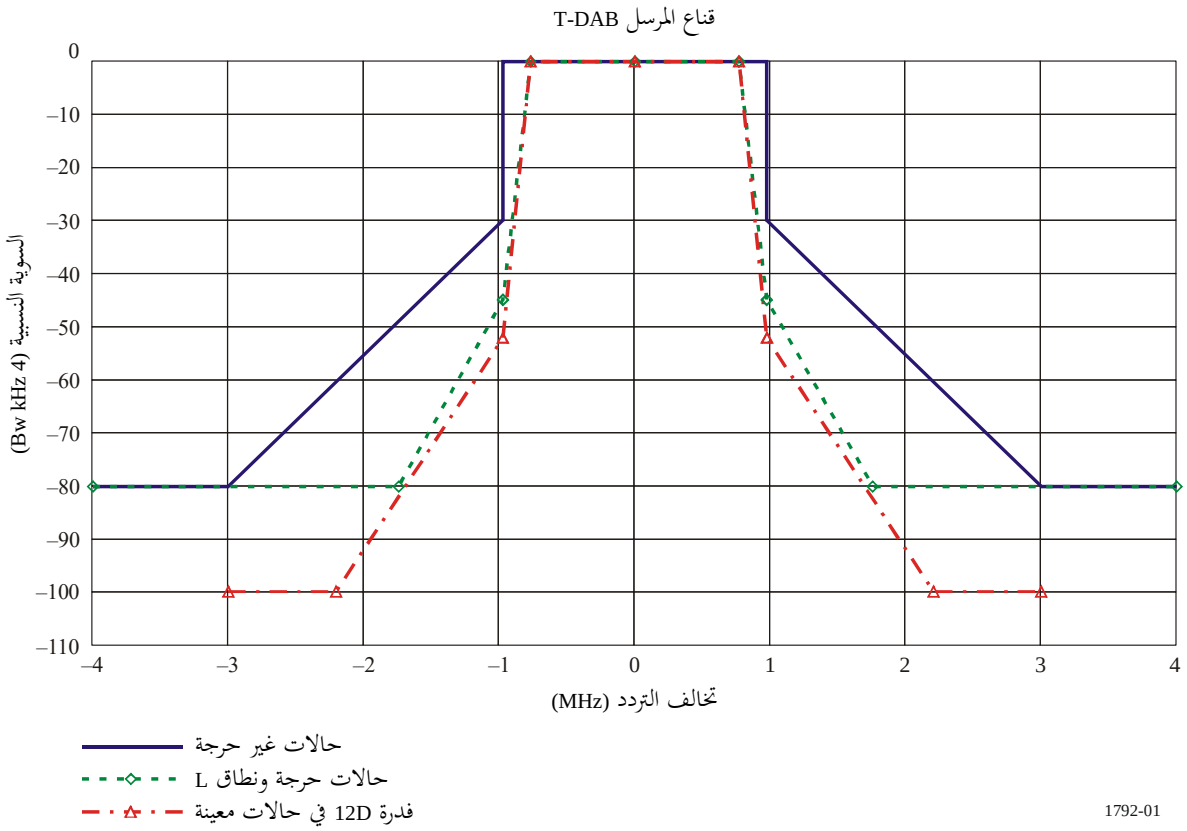
تُعيّن الأقنعة الطيفية في المنطقة المجاورة للإرسال الرئيسي بغية حماية الخدمات الراديوية المجاورة لها. وينبغي أن تكون سوية جميع الإرسالات الخارجة عن النطاق (OoB) والإرسالات الزائفة أدنى من القناع.

1.1 مرسلات الإذاعة السمعية الرقمية للأرض (T-DAB)

تحدد التوصية ITU-R BS.1660 الأقنعة الطيفية الواردة أدناه لمرسلات T-DAB، وهي:

الشكل 1

الإرسالات الخارجة عن النطاق (OoB) الوافدة من مرسلات T-DAB



ملاحظة – يتعين استعمال القناع الحرج لأدنى قناة وأعلى قناة في النطاق الموزع من أجل حماية الخدمات الراديوية المجاورة، يتعين استعمال القناع غير الحرج داخل النطاق الموزع.

ونقاط قطع التردد غير المتساوية هي كالآتي، ±0,77 MHz و±0,97 MHz و±1,75 MHz و±2,2 MHz.

ويفترض القناع استعمال مرشاح قياس بتردد 4 kHz.

2.1 مرسلات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T)

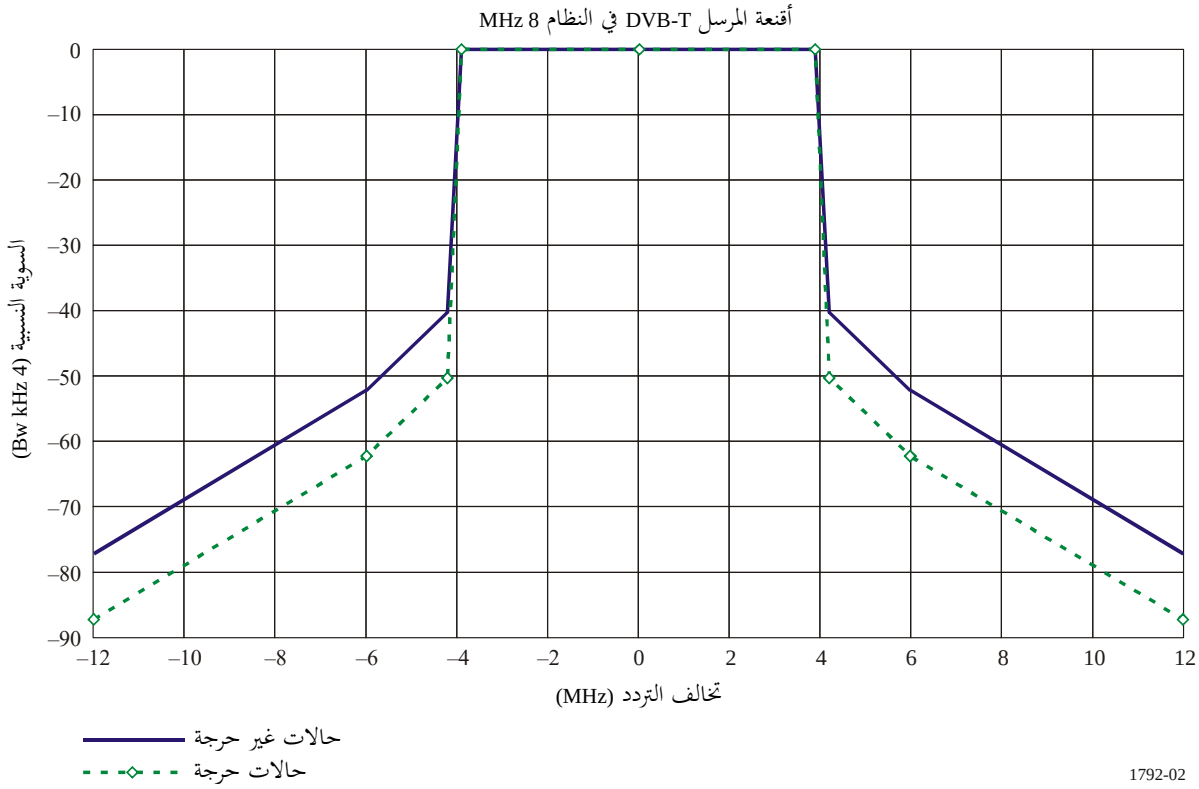
يحدد الملحق 2 من الوثائق الختامية للمؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية (RRC-06) الأقنعة الطيفية لمرسلات DVB-T. ومثال ذلك، يبين الشكل 2 القناع المحدد لقناة بعرض 8 MHz.

2 قياس إرسالات النطاق الجانبي الوافدة من مرسلات T-DAB وDVB-T[1]

1.2 يُلاحظ عموماً من الشكلين 1 و2 أن السوية القصوى لإرسالات النطاق الجانبي الوافدة من مرسلات T-DAB وDVB-T، قد تنخفض إلى سوية قدرها –101 dB، بالمقارنة مع القدرة القصوى في القناة المخصصة، والمقيسة بنفس عرض نطاق المستقبِل. ولإجراء قياسات يعول عليها لإرسالات النطاق الجانبي الحقيقية، ينبغي أن تكون معدات القياس بمدى دينامي لا يقل عن 110 dB. والمدى الدينامي لمستقبِلات المراقبة أو محللات الطيف الحديثة، والبالغة قيمته 80 dB تقريباً، هو مدى غير كاف للقياس المباشر للمطابقة مع الأقنعة.

الشكل 2

الإرسالات الخارجة عن النطاق (OoB) الوافدة من مرسلات DVB-T 8 MHz



ملاحظة – يتعين استعمال القناع الحرج لأدنى قناة وأعلى قناة في النطاق الموزع من أجل حماية الخدمات الراديوية المجاورة، ويتعين استعمال القناع غير الحرج داخل النطاق الموزع.

ونقطتا قطع التردد غير المتساويتين هما ±3,8 MHz و±4,2 MHz.

ويفترض القناع استعمال مرشاح قياس بتردد 4 kHz.

[1] يمكن أيضاً استعمال قياسات مرسلات T-DAB في أنظمة أخرى، كالإذاعة الرقمية المتعددة الوسائط للأرض (T-DMB) (انظر التقرير ITU-R BT.2069).

2.2 مبدأ القياس

من أجل زيادة المدى الديناميي لمستقبِل القياس، يتعين تمرير إشارة T-DAB أو DVB-T عبر مرشاح يكبت الإشارة الرئيسية ويمرر المجال الخارج عن النطاق (OoB). وتُفحص الإشارة المكونة من نطاق جانبي واحد في المجال الخارج عن النطاق (OoB)، فحصاً دقيقاً عبر هذا المرشاح بعرض نطاق استبانة (RBW) ضيق، وتُسجل السويات الطيفية الناتجة عن ذلك.

ويجري فحص دقيق ثان، تسجل فيه استجابة تردد المرشاح (التوهين) في نفس مدى التردد.

بعد ذلك يُضاف توهين المرشاح إلى السويات الطيفية الناتجة من أول فحص دقيق لمعرفة الطيف الحقيقي غير المرشح.

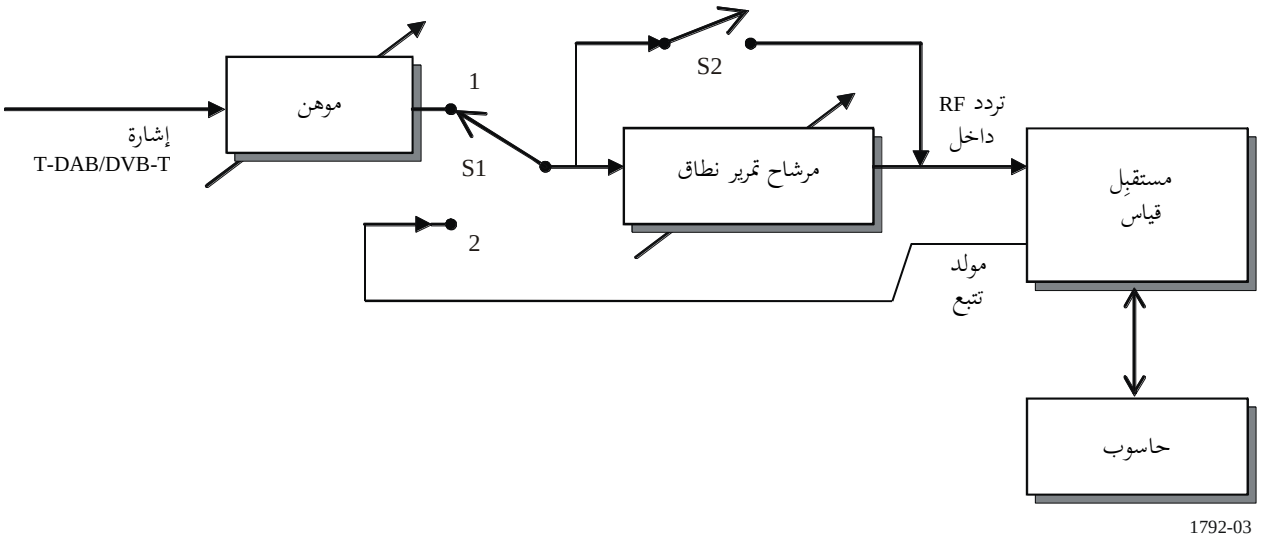
ويتوقف الكسب المحقق في ديناميات القياس على فعالية المرشاح.

3.2 ترتيبات القياس

يمكن الحصول على عدة ترتيبات مختلفة لإجراء قياسات النطاق الجانبي وفقاً لمبدأ القياس الموصوف أعلاه. والتشكيلة الواردة أدناه هي صيغة ذات وحدات مستقلة للمستقبِل والمرشاح ونبيطة التحكم في القياس:

الشكل 3

نموذج تشكيلة القياس



وتنطبق المتطلبات الواردة أدناه على تجهيزات القياس المبينة أعلاه، وذلك كالآتي:

الجدول 1

المتطلبات اللازمة لتجهيزات القياس النموذجية

البند	الوظائف، المتطلبات، الملاحظات
الموهِّن	يُستعمل لضبط سوية دخل إشارة DVB-T/T-DAB على أقصى قيمة يمكن فيها للمستقبِل أن يعالج الإشارة من دون تعرضه لزيادة في الحمولة. خطوات الضبط: 1 dB
مرشاح	يُستعمل لكبت إشارة DVB-T/T-DAB الرئيسية والعمل في نفس الوقت على تجنب إرسالات النطاق الجانبي. ويمكن أن يكون هذا المرشاح ممر نطاق أو مرشاح بقطع حاد. وفي حال استعمال مرشاح ممر نطاق، ينبغي أن يكون الحد الأدنى 3 dB لعرض النطاق بقيمة 8 MHz في قياسات DVB-T وبقيمة 2 MHz في قياسات T-DAB. ويتعين أن يكون المرشاح قابلاً للضبط ضمن مدى التردد المرغوب
المستقبِل	يُستعمل لتسجيل السويات الطيفية، ويجب أن يكون مجهزاً بمولد تتبع وسطح بيني لإفساح المجال أمام التحكم في المعطيات وقراءتها عن بعد. وينبغي أن يتراوح عرض نطاق الاستبانة (RBW) بين 3 و8 kHz (يُفضل أن يكون 4 kHz). الكاشف: يُفضل أن يكون RMS، أو يُستبدل بكاشف AV
الحاسوب	يُستعمل للتحكم في المستقبِل وقراءة معطيات السويات، وينبغي أن يكون مجهزاً بسطح بيني مناسب لتوصيله بالمستقبِل (مثل شبكة LAN أو IEEE 488)

ومن بين التجهيزات الأخرى، يمكن أيضاً استخدام تجهيزات القياس البديلة التالية:

- يمكن إدراج جميع الوحدات في جهاز واحد يُصمم خصيصاً لأخذ القياسات الأوتوماتية والقياسات شبه الأوتوماتية لإرسالات النطاق الجانبي DVB-T/T-DAB.
- يمكن أن يكون المستقبِل محلل طيف.
- يمكن أن يتضمن المستقبِل/المحلل وظائف الحاسوب.
- يمكن استعمال مولد إشارات خارجي بدلاً من مولد التتبع المدمج. وينبغي أن يتحكم الحاسوب في تردد مولد الإشارات بالتزامن مع المستقبِل/المحلل.

4.2 طريقة القياس

بغية توضيح طريقة القياس الواردة أدناه، نستعمل نموذجاً لقياس النطاق الجانبي العلوي لإشارة DVB-T بعرض 8 MHz مُرسلة بتردد 650 MHz.

1.4.2 ضمان استقبال إشارة خالية من الانعكاس

يمكن قياس إرسالات النطاق الجانبي لإشارات DVB-T/T-DAB عند خرج اختبار المرسل أو في حالة التوقف عن الإرسال. ولضمان الحصول على سوية إشارة كافية عند القياس في حالة التوقف عن الإرسال، يُختار موقع معين للقياس في الحزمة الرئيسية بالقرب من المرسل. ومع ذلك، وحتى عند وجود خط بصر حر مؤدي إلى هوائي الإرسال، فإن الانعكاسات يمكن أن تسبب تشوهاً انتقائياً للتردد في الإشارة. ولقياس النطاق الجانبي، من الضروري أن يكون استقبال إشارة DVB-T/T-DAB خالياً من الانعكاس. ولضمان تحقيق ذلك، تُعرض الإشارة على محلل طيف، أو تُفحص يدوياً بدقة باستعمال المستقبِل. وينبغي أن يكون تسطح إشارة DVB-T/T-DAB الرئيسية في حدود 2 dB.

2.4.2 تحديد السوية القصوى للإشارة

يتعين القيام في أول اختبار بقياس السوية القصوى لإشارة DVB-T/T-DAB التي يمكن للمستقبِل أن يعالجها دون أن يتعرض لزيادة في الحمولة. ومن المتعذر إسقاط هذه السوية من مواصفات المستقبِل، لأنها لا تحدد سوى المدى الدينامي للموجات الحاملة

غير المشكلة. وتتدنى بشكل كبير السوية القصوى لإشارات النطاق العريض المشكلة، من قبيل إشارة T-DAB أو DVB-T. ولتحديد هذه السوية، تُوصل إشارة DVB-T/T-DAB بالمستقبِل (في عدم وجود مرشاح، ويكون مفتاح التبديل 2 في الشكل 3 مغلقاً)، ولكن بعد الموهن القابل للضبط. ويُضبط المستقبِل على نفس عرض نطاق الاستبانة (RBW) ويُضبط الكاشف بذات الطريقة التي يُضبط بها في القياس الحقيقي (مثلاً، 3 kHz RMS). ويتعين ضبط توهين الترددين IF وRF على قيمة 0 dB. وفي حال وجود مضخم سابق، يتعين أن يكون في وضع التشغيل.

وأهم مدى تردد حرج تحدث فيه زيادة في حمولة المستقبِل هو مدى التردد الذي يأتي مباشرة بعد الحافة الخارجية لترددات فدرة T-DAB/DVB-T.

الجدول 2

ترددات "حافة" إرسالات T-DAB وDVB-T

النظام/ عرض النطاق	تردد "الحافة" (متخالف عن التردد المركزي)
T-DAB/MHz 1,5	±775 kHz
DVB-T/MHz 7	±3,3 MHz
DVB-T/MHz 8	±3,8 MHz

ويُضبط المستقبِل على تردد يزيد بمقدار 100 kHz عن تردد الحافة العلوي أو يقل بمقدار 100 kHz عن ترددها السفلي، وبحسب النطاق الجانبي المراد قياسه. ويبلغ مقدار هذا التردد في نموذج القياس الذي لدينا (انظر الفقرة 4.2)، 650 MHz + 3,8 MHz + 100 kHz = 653,9 MHz.

وباستعمال الموهن القابل للضبط، تُضبط الإشارة على سوية تحت السوية التي تُعرِّض المستقبِل لزيادة في الحمولة مباشرة. ويمكن التحقق من ذلك بزيادة أو إنقاص التوهين بمقدار 1 dB. وفي حال عدم زيادة حمولة المستقبِل، تزيد السوية المبينة أيضاً أو تقل بمقدار 1 dB بالضبط. ويتعين إيجاد الحد الأدنى للتوهين الذي يكفل هذا السلوك.

وبضبط الموهن على هذا النحو، يُضبط المستقبِل على التردد المركزي DVB-T/T-DAB. ويُشار إلى السوية المبينة على أنها "سوية الاستقبال القصوى".

3.4.2 ضبط المرشاح

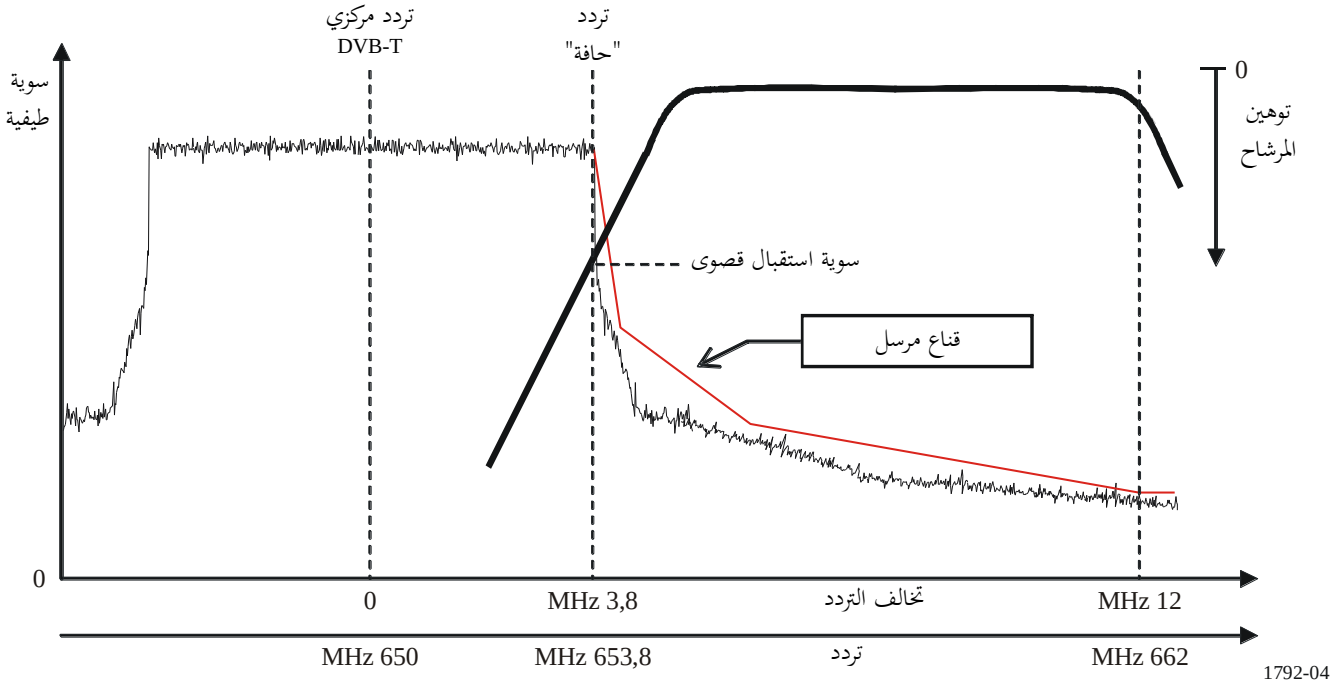
من أجل زيادة المدى الدينامي للقياس، يُستعمل المرشاح لتوفير التوهين اللازم لإشارة DVB-T/T-DAB الرئيسية بدلاً من الموهن المستعمل في الفقرة 2.4.2.

ولضبط تردد المرشاح، يُضبط المستقبِل على تردد داخل الحافة الداخلية مباشرة. ويكون هذا التردد في نموذجنا (انظر الفقرة 4.2) تحت المقدار 653,8 MHz (650 MHz + 3,8 MHz) مباشرة.

وهذا هو التردد الذي يحصل فيه المستقبِل على أقصى سوية أثناء إجراء القياس الحقيقي. ويكون المرشاح عندئذ مضبوطاً بحيث تتساوى السوية المبينة مع سوية الاستقبال القصوى المحددة في الفقرة 2.4.2، ويزداد توهين المرشاح باتجاه التردد المركزي لإرسال DVB-T/T-DAB. ويوضح الشكل 4 عملية ضبط المرشاح في نموذج القياس الذي لدينا.

الشكل 4

ضبط المرشاح في نموذج القياس



وفي حال استعمال مرشاح بقطع حاد، فإنه يُضبط أيضاً بحيث لا يتجاوز سوية الاستقبال عند تردد الحافة المقيسة في الفقرة 2.4.2، ابتداءً من التردد المركزي DVB-T/T-DAB.

4.4.2 تحديد سوية ضوضاء المستقبِل

بالنظر إلى القياس الحقيقي لا يميز بين إرسالات النطاق الجانبي الشبيهة بالضوضاء لمرسلات DVB-T/T-DAB وضوضاء المستقبِل، فإن من الضروري معرفة سوية ضوضاء المستقبِل. ولقياس هذه السوية، يُضبط المستقبِل من جديد على نفس عرض نطاق الاستبانة (RBW) ويُضبط الكاشف بذات الطريقة التي يُضبط بها في القياس الحقيقي (مثلاً، 3 kHz RMS). وينبغي ضبط توهين الترددين IF وRF على قيمة 0 dB. وفي حال وجود مضخم سابق، يتعين أن يكون في وضع التشغيل. ويُفك توصيل الإشارة ويتم إنهاء دخل المستقبِل عند مقاومة قدرها 50 Ω، ويُشار إلى السوية المبينة على أنها سوية ضوضاء المستقبِل.

5.4.2 إجراء القياس الحقيقي

عند استعمال الترتيبات المبينة في الشكل 3، يُشغل برنامج الحاسوب لفحص مدى التردد ذي الصلة فحصاً دقيقاً. وينبغي أن يبدأ القياس داخل القناة DVB-T/T-DAB الرئيسية بمقدار ملموس من أجل الحصول على مرجع للأقنعة الطيفية. ويعتمد تردد التوقف على الطرف الموجود عند تحديد القناع الطيفي ومدى نطاق تمرير المرشاح. ونبدأ في نموذجنا (انظر الفقرة 4.2) تسجيل تردد قدره 2 MHz خارج التردد المركزي DVB-T عند المقدار 652 MHz، ونتوقف عند تردد 662 MHz، وهو طرف تحديد القناع الطيفي (انظر الشكل 2). وتُسجل السويات الطيفية المقيسة في سجل معين، إلى جانب التردد الحالي للمستقبِل.

ومن ثم يُوصل مولد التتبع بدخل المستقبِل (S1 في الشكل 3 في الموضع 2) ويُكرر الفحص الدقيق في نفس مدى التردد. ويُسجل التوهين المقيس في سجل ثان، إلى جانب التردد الحالي للمستقبِل.

6.4.2 عرض النتائج

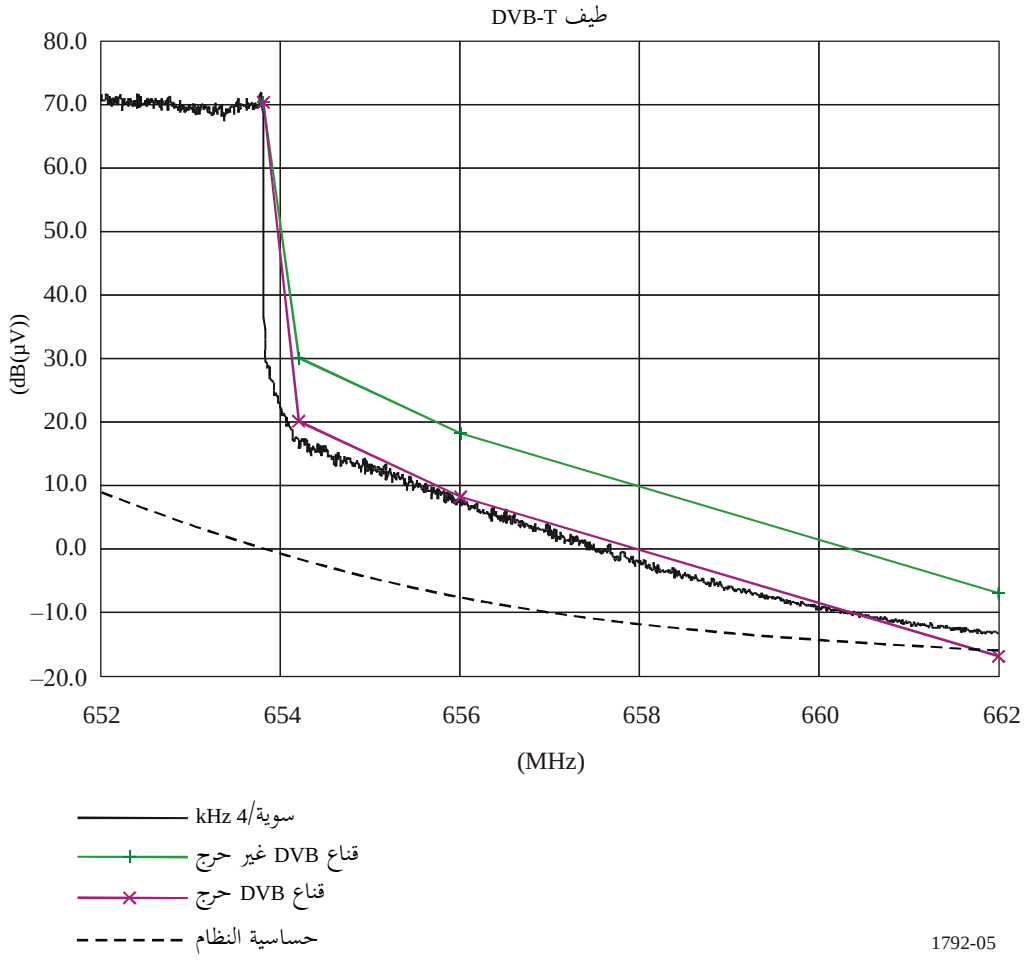
يتعين أن يضيف الحاسوب السوية المقيسة المستمدة من الملف 1 والتوهين المستنبط من الملف 2 في كل مرحلة من مراحل التردد. وتتمثل النتيجة في الطيف الحقيقي لإشارة DVB-T/T-DAB مع استبعاد تشوه المرشاح. ولإجراء تقييم سريع، ينبغي إدراج الأقنعة الطيفية المستمدة من الشكلين 1 و2، في عرض النتائج بيانياً.

ونظراً إلى أن إمكانية تحقيق الحد الأمثل من المرشاح تقتصر عادة على النطاق الجانبي العلوي أو السفلي، يتعين إجراء قياسين مستقلين من أجل التحقق من التوافق التام مع القناع الطيفي.

وترد أدناه إحدى النتائج المحتملة للقياس المستمد من نموذجنا (انظر الفقرة 4.2). وقد استخدم فيه برنامج شائع للتحكم في المستقبِل ولرسم الجداول الحاسوبية اللازمة باستعمال لغة macro.

الشكل 5

نتائج نموذج القياس مبينة بالخطوط البيانية



ويمكن ملاحظة أن القناع الحرج يتم تجاوزه اعتباراً من التردد 660 MHz فما فوق.

7.4.2 مراعاة حساسية النظام

عندما تكون السويات الطيفية بعيدة على نحو استثنائي عن التردد المركزي DVB-T/T-DAB، فإن السويات الوافدة من المرسل تكون واهنة جداً، وقد تندرج ضمن نطاق سوية ضوضاء المستقبِل أو تقل عنها. وبالنظر إلى أن عرض النتائج لا يتيح التمييز بين إرسالات النطاق الجانبي للمرسل وضوضاء المستقبِل، فإنه يتعين استخدام الأسلوب اليدوي لتعيين الحدود التي يكون ضمنها القياس صحيحاً. ومن أجل الحصول على نتائج معقولة من حيث الموثوقية، فإن من الضروري أن تفوق السوية الطيفية لإرسالات النطاق الجانبي للمرسل، والمستقبلة عبر المرشاح، سوية ضوضاء المستقبِل بمقدار 3 dB على الأقل. وحساسية النظام هي سوية الضوضاء المقيسة في الفقرة 4.4.2، والتي تُزاد بواسطة توهين المرشاح عند كل تردد من الترددات التي تندرج ضمن نطاق مدى الفحص الدقيق. ويُفضل إدراج هذه الحساسية في النتائج المشابهة المعروضة كما في الشكل 5.

ويُلاحظ في نموذج القياس الذي لدينا أن الهامش البالغ 3 dB بين السوية المقيسة للإشارة وحساسية النظام، هو هامش يتم بلوغه عند تردد 662 MHz تقريباً. ومن الضروري أن يبين العرض البياني للنتائج بوضوح مدى صحة مجال القياس المبين، إما بتعيين حدود الترددات ذات الصلة، أو بتدريج المحور x بطريقة تتيح عرض النتائج الصحيحة فقط، كما في الشكل 5.

5.2 الاعتبارات العملية

رغم أن الطريقة الموصوفة هنا تسمح من حيث المبدأ بإجراء قياسات لإرسالات النطاق الجانبي في جميع مرسلات DVB-T/T-DAB، يوجد عدد قليل من الجوانب التي يتعين مراعاتها:

- تؤدي المتطلبات المتعارضة المتعلقة بالمرشاح، الذي يتعين أن يكون حاداً وسهل الضبط، إلى التوصل إلى تسوية. وتثبت التجارب أن مراشح نطاق التمرير ذات عرض 3 dB بنسبة 1% من التردد المضبوط هي مراشح ملائمة لتقييم القناع الطيفي أيضاً لإرسالات DVB-T/T-DAB بتردد يصل إلى نحو 800 MHz. ويمكن في نفس الوقت ضبط المراشيح بزر واحد فقط، لأن بالإمكان تركيب جميع التجاويف على نفس المحور.
- يتمثل الجزء الأصعب من عملية إجراء قياسات النطاق الجانبي في الحصول على سوية إشارة كافية من هوائي الاستقبال. ومرة أخرى تثبت التجارب أن إمكانية إجراء التقييم في حالة التوقف عن البث تقتصر على الأقنعة الطيفية غير الحرجة. وحتى في هذه الحالة، يتعين استعمال هوائي اتجاهي بكسب مرتفع، مثل هوائي ياغي (yagi)، ووضعه على المسافة المثلى عن المرسل والتي يُتوقع الحصول على أقصى شدة للمجال. ولتقييم الأقنعة الحرجة، ينبغي إجراء القياس عند خرج الاختبار للمرسل ذاته.
- نظراً لأن اختيار أماكن الاستقبال المثلى محدود للغاية، يتعين إجراء هذا القياس عادة في وحدات مراقبة متنقلة. ولا تستقبل المعدات الثابتة أو التي يتم التحكم فيها عن بعد شدة مجال كافية في معظم الحالات.

_____