**السلسلة SF**

**تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة**

**حساب كثافة القدرة القصوى (قيمة متوسطة في نطاق kHz 4 أو MHz 1) في موجات حاملة بتشكيل الزاوية وموجات حاملة رقمية**

**التوصيـة ITU-R  SF.675-4  
(2012/01)**

**تمهيـد**

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 الملحق 1 بالقرار 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 توصيات قطاع الاتصالات الراديوية**  (يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>) | |
| **السلسلة** | **العنـوان** |
| **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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة | |
| **P** انتشار الموجات الراديوية | |
| **RA** علم الفلك الراديوي | |
| **RS** أنظمة الاستشعار عن بعد | |
| **S** الخدمة الثابتة الساتلية | |
| **SA** التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية | |
| **SF تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة** | |
| **SM** إدارة الطيف | |
| **SNG** التجميع الساتلي للأخبار | |
| **TF** إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت | |
| **V** المفردات والمواضيع ذات الصلة | |

|  |
| --- |
| ***ملاحظة****: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.* |

*النشر الإلكتروني*جنيف، 2012

© ITU 2012

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).

ITU‑R  SF.675-4التوصيـة

حساب كثافة القدرة القصوى (قيمة متوسطة في نطاق kHz 4 أو MHz 1)  
في موجات حاملة بتشكيل الزاوية وموجات حاملة رقمية

(2012-1994-1993-1992-1990)

مجال التطبيق

توفر هذه التوصية أساليب لحساب كثافة القدرة القصوى لأنواع مختلفة من الموجات الحاملة كقيمة متوسطة في نطاق kHz 4 أو MHz 1.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ ) أن الإدارات يُطلب إليها إعداد المعلومات الواردة في التذييلين 3 و4 للوائح الراديو لأغراض التنسيق والتبليغ؛

ب) أن أحد بنود المعلومات المدرجة في التذييلين 3 و4 للوائح الراديو هو القيمة المتوسطة لكثافة القدرة القصوى لكل هرتز مقدمة عند مدخل الهوائي؛

ج) أن التذييل 4 للوائح الراديو ينص على أن كثافة القدرة القصوى لكل هرتز يجري حسابها في النطاق kHz 4 الأسوأ فيما يتعلق بالموجات الحاملة ذات التردد تحت GHz 15، أما في حالة الموجات الحاملة ذات تردد يفوق GHz 15، فإن القيمة المتوسطة لكثافة القدرة يجري حسابها في النطاق MHz 1 الأسوأ؛

د ) أن الضرورة تدعو لأساليب عامة لحساب كثافة القدرة القصوى في موجة حاملة بتشكيل الزاوية؛

ﻫ ) أن الموجات الحاملة للتتبُّع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C) تتضمن عموماً خصائص التشكيل وبالتالي خصائص الكثافة الطيفية التي تختلف عنها في غيرها من الموجات الحاملة،

توصي

**1** باستخدام الأساليب المذكورة في الملحق 1 لحساب القيمة المتوسطة لكثافة القدرة القصوى في النطاق kHz 4 للموجات الحاملة بتشكيل الزاوية أو للموجات الحاملة الرقمية أو للموجات الحاملة للتتبع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C)؛

**2** باستخدام الأساليب المذكورة في الملحق 2 لحساب القيمة المتوسطة لكثافة القدرة القصوى في النطاق MHz 1 للموجات الحاملة الرقمية أو للموجات الحاملة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C)؛

**3** باتباع أهداف القرار 703 (Rev.WRC-07) لتحديد كثافة القدرة الطيفية القصوى، بالاتفاق مع الإدارات الأخرى المعنية.

الملحق 1

حساب كثافة القدرة القصوى (قيمة متوسطة في نطاق kHz 4)   
في موجة حاملة بتشكيل الزاوية

يرد أدناه أسلوب حساب مستوى القدرة في النطاق kHz 4 الأسوأ (kHz W/4). وتُحصَّل كثافة القدرة لكل هرتز التي تتطلبها لوائح الراديو بقسمة هذه القيمة على 4 000.

# 1 الموجة الحاملة للتشكيل الترددي (FM)

## 1.1 الموجة الحاملة للتشكيل الترددي (FM) المشكَّلة بإشارة المهاتفة متعددة القنوات

تُحدّد كثافة القدرة القصوى الطيفية في التحميل الكامل لنطاق القاعدة إما بالموجة الحاملة المتبقية أو بذُرى الطيف المستمر، حسب طبيعة التشكيل.

وتعطى قدرة الموجة الحاملة المتبقية بالصيغة التالية:

(1)

حيث:

 (2)

في المعادلة (2)، *m* هو مؤشر التشكيل الفعال (r.m.s.) متعدد القنوات، وتصف الثوابت *C*0 و *C*2و *C*4خصيصة التشديد المسبق السائدة في الصيغة العامة للتشديد المسبق:

*p*(/*h*)   *C*0  *C*2(/*h*)2   *C*4(/*h*)4 (3)

حيث *f* هو تردد نطاق القاعدة المحدد قيد النظر، على أن يعطى في نفس وحدات *h*.. وفي المدى   /*h* 1، يكون التقريب الجيد لخصيصة التشديد المسبق كما يلي:

(4)

وبالتالي، لنظام ذي تشديد مسبق:

 (5)

حيث *m*   /*h*

**الملاحظة 1**: ينبغي للإدارات أن تقدم تفاصيل عن شكل الطيف وقيمة المعاملات المستخدمة في المعادلتين (2) و(3) لأغراض التنسيق تفصيلاً.

ويمكن الحصول على القدرة القصوى للكثافة الطيفية في الجزء المستمر من الطيف تقريباً من الشكلين 1 و2.

الشـكل 1

الكثافة الطيفية القصوى لإشارة (مكونة موزعة) مشكَّلة ترددياً بضوضاء غوسية



الانحراف الترددي المقيَّس،

تقريب الانحراف الصغير

تقريب الانحراف الكبير

المنحنيات

الكثافة الطيفية المقيَّسة  
(القدرة في وحدة عرض النطاق/ إجمالي قدرة الموجة الحاملة)،

*Vmax* (dB)

تُسند قيم أنظمة الترحيل الراديوي المعيارية (حسب تسميتها)

إلى الحدود التالية لنطاق القاعدة:

120 قناة kHz 552-60

960 قناة kHz 4 028-60

1 260 قناة kHz 5 636-60

الشـكل 2

الكفاف المتساوي للكثافة الطيفية القصوى (*Vmax*)لإشارة تعدد الإرسال بتقسيم   
الترددات-التشكيل الترددي (FDM-FM)



تشكيل متعدد القنوات *(fΔ / fh =)،* *m*

نسبة ترددات نطاق القاعدة الدنيا إلى القصوى منها، ε

في المعادلات والأشكال، تفيد الرموز بالمعاني التالية:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة (W)

: الانحراف الفعال متعدد القنوات (Hz)



****

*d* : الانحراف الفعال لنغمة الاختبار (Hz)

*Nc*: عدد القنوات

*h*: التردد الأعلى لنطاق القاعدة (Hz)

1: التردد الأدنى لنطاق القاعدة (Hz)

*m*: مؤشر التشكيل متعدد القنوات ( /*h*=)

= 1 / *h*

*Vmax* =*Wmax* *h* / *Pt*

*Wmax*: القدرة الطيفية القصوى في وحدة عرض النطاق (W/Hz).

وفي الموجات الحاملة التي تحقق المتراجحة 1 < *N*  12، تقرَّب كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض kHz 4 بالصيغة التالية:

(6)

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة (W)

*mb*: ذروة مؤشر التشكيل (rad) بفعل نغمة اختبار بمستوى 0 dBm في قناة أعلى تردد لنطاق القاعدة.

## 2.1 الموجة الحاملة للتشكيل الترددي (FM) المشكَّلة بإشارة المهاتفة متعددة القنوات وإشارة تشتت الطاقة لشكل الموجة المثلثي ذي الاتساع الثابت

تصمَم أنظمة تشتت الموجة المثلثية عادةً لضمان الحفاظ على كثافة القدرة الطيفية القصوى لكل نطاق بعرض 4 kHz مركزه تردد الموجة الحاملة ضمن 3 dB من القيمة المحمَّلة بالكامل.

وتعطى كثافة القدرة الطيفية المتمركزة في تردد الموجة الحاملة بما يلي:

(7)                      

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة (W)

*F*: الانحراف الترددي من الذروة إلى الذروة جراء إشارة تشتت الطاقة (Hz).

**الملاحظة 1** - تفترض المعادلة (7) استخدام شكل موجة التشتت المثلثي الخطي التام.

## 3.1 الموجة الحاملة للتشكيل الترددي (FM) المشكَّلة بإشارة فيديوية تلفزيونية

في حالة تراكب إشارة تشتت الطاقة لشكل الموجة المثلثي على إشارة فيديوية، تعطى كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض 4 kHz في أسوأ حالة كما يلي:

(8)                      

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة (W)

:Δ*F* الانحراف الترددي من الذروة إلى الذروة جراء إشارة تشتت الطاقة (Hz).

**الملاحظة 1** - تفترض المعادلة (8) استخدام شكل موجة التشتت المثلثي الخطي. وينتج من هذا الافتراض خطأ مهمل في الإرسالات التلفزيونية الحالية بالتشكيل الترددي (FM-TV).

وبالنسبة للحالة التي لا يوجد فيها تشكيل بواسطة إشارات الفيديو وتشتت الطاقة، تعطى كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض 4 kHz في أسوأ حالة كما يلي:

*Pt*mmmmmmW/4 kHz

# 2 الموجة الحاملة ذات التشكيل الطوري (PM) المشكَّلة بإشارة المهاتفة متعددة القنوات

عندما تشكَّل الموجة الحاملة ذات التشكيل الطوري (PM) بإشارة مهاتفة متعددة القنوات، تتوضع كثافة القدرة القصوى في التردد المركزي للموجة الحاملة. ويصح ذلك إذا زاد تردد نطاق القاعدة الأعلى كثيراً عن تردد نطاق القاعدة الأسفل. وتعطى صيغة كثافة القدرة القصوى بافتراض هذا الشرط على النحو التالي:

- من أجل *a*  2 : (9)

- ومن أجل: ß*a* < 2، تكون كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض 4 kHz هي مجموع الصيغتين التاليتين:

- الطيف المستمر: (10)

ويمكن استخراج *S*(0) من الشكل 3 الذي يعطي قيماً لنسبة مجموع قدرة الموجة الحاملة إلى كثافة القدرة في عرض نطاق *fh* (Hz).

- الموجة الحاملة المتبقية: (11)

حيث:

*Pt* : إجمالي قدرة الموجة الحاملة (W)

*a*: انحراف الطور متعدد القنوات (rad)

: الانحراف الفعال (r.m.s.) في طور نغمة الاختبار (rad)

*a*: عامل تحميل إشارة المهاتفة متعددة القنوات.

*a*  

*N*: رقم القناة

*h*: تردد نطاق القاعدة الأعلى (Hz).

الشـكل 3

كثافة القدرة في التردد المركزي لطيف القدرة المستمر للموجة الحاملة  
ذات التشكيل الطوري (PM) في عرض نطاق *fh*



نسبة إجمالي قدرة الموجة الحاملة إلى كثافة القدرة   
في عرضي النطاق *fh، S*(0) × *fh* (dB)

انحراف الطور متعدد القنوات، βσ*a* (rad)

# 3 الموجة الحاملة الرقمية ذات عرض النطاق اللازم الذي يزيد عن kHz 4

تعطى كثافة القدرة القصوى لكل هرتز في الموجة الحاملة الرقمية كما يلي:

*Po*= *Pt*/*B* (12)

حيث:

*Pt* : *إجمالي* قدرة الموجة الحاملة (W)

*B*: عرض النطاق اللازم للبث الرقمي (Hz).

وتعطى كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض kHz 4 بضرب نتيجة المعادلة (12) بقيمة 4 × 310 على النحو التالي:

*P*4 kHz = *Po* \* 4 × 103 (W/4 kHz) (13)

# 4 الموجة الحاملة الرقمية ذات عرض النطاق اللازم الذي يقل عن kHz 4

في حالات الموجات الحاملة المتطابقة المتعددة التي يقل فيها عرض النطاق عن kHz 4، وحيث يُعرف أن أي من عروض النطاق تلك لن تُملأ تماماً بمثل هذه الموجات الحاملة، ينبغي تطبيق المعادلة التالية:

*P*4 kHz = (*Pt* \* *N*) (W/4 kHz) (14)

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة الواحدة (W)

*N*: العدد الأقصى للموجات الحاملة أو أجزاء منها التي يقل فيها عرض النطاق عن kHz 4 والتي ستشغل أي نطاق معين بعرض kHz 4.

ويمكن تعميم المعادلة (14) على الحالة حيث يُعرف أنه سيكون هناك أنواع مختلفة متعددة من الموجات الحاملة التي يقلّ فيها عرض النطاق عن kHz 4 والتي ستشغل أي نطاق معين بعرض kHz 4، وذلك بجمع قدرة مختلف فرادى أنواع الموجات الحاملة التي ستشغل نطاق بعرض kHz 4، وبافتراض أن مجموع القدرة هذا هو القدرة لكل نطاق بعرض kHz 4.

# 5 الموجة الحاملة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C)

عند مشاركة الموجات الحاملة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C) ضيقة النطاق وفقاً للرقم 23.1 من لوائح الراديو في النطاقات الترددية ما دون 15 GHz، لا بد من توخي الحرص في تقييم القدرة القصوى لكل نطاق بعرض kHz 4 في هذه الموجات الحاملة، نظراً لما تحتويه من مكونات طيفية متعددة ومتمايزة وهامة. ومن ثم، فمن المهم النظر في الشكل الطيفي الفعلي للموجات الحاملة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C) عند اختيار أسوأ عرض نطاق بقيمة kHz 4 لتقييم كثافة القدرة القصوى.

الملحق 2

حساب كثافة القدرة القصوى (قيمة متوسطة في نطاق MHz 1)  
في موجات حاملة رقمية أو موجات حاملة للتتبُّع والقياس  
عن بُعد والتحكم (TT&C)

يرد أدناه أسلوب حساب مستوى القدرة في النطاق MHz 1 الأسوأ (W/MHz).

# 1 الموجة الحاملة الرقمية ذات عرض النطاق اللازم الذي يزيد عن MHz 1

تعطى كثافة القدرة القصوى لكل هرتز في الموجة الحاملة الرقمية كما يلي:

*Po*= *Pt*/*B* (W/Hz) (15)

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة (W)

*B*: عرض النطاق اللازم للبث الرقمي (Hz).

وتعطى كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض MHz 1 بضرب نتيجة المعادلة (15) بقيمة 1 × 106  على النحو التالي:

(16) *P*1 MHz = *Po* \* 1 × 106 (W/MHz)

# 2 الموجة الحاملة الرقمية ذات عرض النطاق اللازم الذي يقل عن MHz 1

يُذكر أنه بالنسبة الموجات الحاملة الرقمية ذات عرض النطاق اللازم الذي يقل عن MHz 1، لا بد من تحديد العدد الأقصى للموجات الحاملة أو أجزاء منها التي ستُشغل في أي نطاق بعرض MHz 1. وحيث يُجهل العدد الأقصى للموجات الحاملة، ينبغي افتراض أن عرض النطاق المرجعي MHz 1 سيُملأ بموجات حاملة متطابقة متعددة. وفي إطار هذا الافتراض، توفر المعادلتان (15) و(16) تقديراً لكثافة القدرة القصوى لكل ميغاهيرتز (MHz) في أسوأ الحالات. وفي حالات الموجات الحاملة ذات عرض النطاق اللازم الذي يقل عن MHz 1، وحيث يُعرف أن أي من عروض النطاق تلك لن تُملأ تماماً بموجات حاملة متطابقة، ينبغي تطبيق المعادلة التالية لحساب كثافة القدرة القصوى لكل :MHz 1

*P*1 MHz = (*Pt* \* *N*) (W/MHz) (17)

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة الواحدة (W)

*N*: العدد الأقصى للموجات الحاملة أو أجزاء منها التي يقل فيها عرض النطاق عن MHz 1 والتي ستشغل أي نطاق معين بعرض MHz 1.

ويمكن تعميم المعادلة (17) على الحالة حيث يُعرف أنه سيكون هناك أنواع مختلفة متعددة من الموجات الحاملة التي يقل فيها عرض النطاق عن MHz 1 والتي ستشغل أي نطاق معين بعرض MHz 1، وذلك بجمع قدرة مختلف فُرادى أنواع الموجات الحاملة التي ستشغل نطاق بعرض MHz 1، وبافتراض أن مجموع القدرة هذا هو القدرة لكل نطاق بعرض MHz 1.

# 3 الموجة الحاملة للتتبُّع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C)

عند مشاركة الموجات الحاملة للتتبُّع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C) ضيقة النطاق وفقاً للرقم 23.1 من لوائح الراديو، يمكن أن يؤدي حساب كثافة القدرة القصوى لكل ميغاهيرتز (MHz) إلى المبالغة في تقدير قدرة التداخل المحتملة. ويرجع ذلك إلى أن مجرد الزيادة التدريجية لقدرة موجة حاملة واحدة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C) حتى MHz 1 بتطبيق نسبة عروض النطاق من شأنها أن تؤدي إلى مستوى قدرة أكبر من هذه الموجة الحاملة نفسها؛ وذلك عند استخدام موجة حاملة واحدة للتتبُّع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C) ذات عرض نطاق لازم يقل عن MHz 1 في تخصيص ترددي معين. وفي مثل هذه الحالات، يكون تقييم التداخل المحتمل الذي تسببه موجة حاملة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C) أكثر دقة لو أُدرك أنه في معظم الحالات، لن تُرسل إلا موجة حاملة واحدة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم في أي نطاق معين بعرض MHz 1.

وعلى هذا النحو، تعطى كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض MHz 1 في الموجة الحاملة الرقمية ذات عرض النطاق اللازم الذي يقل عن MHz 1 كما يلي:

*Pt* (W/MHz) (18)

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة للتتبع والقياس عن بعد والتحكم (TT&C) (W).

وفي حالة الموجة الحاملة للتتبُّع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C) ذات عرض النطاق اللازم الذي يزيد عن MHz 1 دون أن يتجاوز 1,5 MHz، تعطى كثافة القدرة القصوى لكل نطاق بعرض MHz 1 كما يلي:

*Pt* × (1 × 106/*B*) (W/MHz) (19)

حيث:

*Pt*: إجمالي قدرة الموجة الحاملة للتتبع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C) (W)

*B*: عرض *النطاق* اللازم لبث إشارة التتبع والقياس عن بُعد والتحكم (TT&C) الذي يزيد عن MHz 1 (Hz).