

التوصية ITU-R P.1321-2

عوامل الانتشار التي تؤثر في الأنظمة التي تستعمل تقنيات التشكيل الرقمي
في نطاقات الموجات الكيلومترية (LF) والهكثومترية (MF)

(المسألة ITU-R 225/3)

(1997-2005-2007)

نطاق التطبيق

تقدم هذه التوصية معلومات بشأن خصائص انتشار الموجات الأرضية والموجات السماوية (الأيونوسفيرية) الكيلومترية والهكثومترية والتي قد تؤثر على استعمال طرائق التشكيل الرقمي في هذه النطاقات.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن طرائق التشكيل الرقمي للإذاعة الصوتية بالموجات الكيلومترية (LF) والهكثومترية (MF) قيد الدراسة حالياً؛
ب) أن من الضروري توفر معلومات بشأن خصائص الانتشار عند هذه الترددات لاستخدامها في تصميم طرائق التشكيل،

توصي

1 بأن تؤخذ المعلومات الواردة في الملحق 1 في الحسبان لدى تصميم طرائق التشكيل الرقمي في الإذاعة بالموجات الهكثومترية (MF) والكيلومترية (LF).

الملحق 1

1 مقدمة

تقوم معظم خدمات الإذاعة بالموجات الهكثومترية والكيلومترية على خصائص أسلوب انتشار الموجة الأرضية (انظر التوصية ITU-R P.368). ويكون في مدى التغطية، خلال النهار وفي غياب التداخل، محدوداً بشدة الضوضاء الراديوية بسبب الصاعقة والمصادر الاصطناعية (انظر التوصية ITU-R P.372) ونسبة الإشارة إلى الضوضاء المحددة. وفي أثناء الليل تصبح أساليب الانتشار الأيونوسفيري هامة (انظر التوصية ITU-R P.1147). وفي حالة تشكيل الاتساع التماثلي، تحد هذه الأساليب من مدى التغطية لأن التداخل بين الموجة الأرضية وأساليب الموجة الأيونوسفيرية المغايرة والمطاورة يؤدي إلى نوعية إشارة غير كافية. ويمكن كذلك للإشارات المرسلّة بواسطة الموجة الأيونوسفيرية القادمة من الإرسالات الأخرى عن بُعد أن تسبب تداخلات ليلية هامة، مما يمكن أن يحد كذلك من تغطية الخدمة عند مديات تسمح فيها الموجة الأرضية بالحصول على إشارة كافية الشدة. أما جوانب التداخل التي تسببها إشارات أخرى فلا تعالج بالتفصيل في هذا الملحق.

ويمكن لأساليب التشكيل الرقمي كذلك أن تتأثر بوجود أساليب إشارات مؤخرّة، ولكن من الممكن لتصميم تشكيل ملائم تعويض أو استغلال هذا الأثر. ويقدم هذا الملحق نماذج بسيطة جداً لهذه البيئة متعددة المسيرات يفترض أن تكون مناسبة

لتصميم طرائق التشكيل. وتبعاً لتقنية التشكيل المختارة قد تكون هناك حاجة إلى طرائق تنبؤ مفصلة من أجل تخطيط الخدمات.

2 أساليب الانتشار

1.2 أسلوب انتشار الموجة الأرضية

غالباً ما لا تكون الموجة الأرضية ثابتة (انظر الفرع 4). وكما يدل على ذلك التوصية ITU-R P.368 فإن اتساع الإشارة يتوقف على المدى والخصائص الكهربائية للأرض. كما أن هذا الاتساع لا يظل ثابتاً إزاء تغييرات صغيرة في الموقع (تتراوح بعدة مئات من الأمتار).

2.2 أساليب انتشار الموجة الأيونوسفيرية

خلال النهار، يمنع توهين الإشارة في الجزء المنخفض من الطبقة D في الأيونوسفير فعلياً انتشار الموجة الأيونوسفيرية. ويعالج هذا الملحق أساساً الظروف الليلية عندما يكون انتشار الموجة الأيونوسفيرية هاماً.

تتلاشى الطبقة E للأيونوسفير بعد غروب الشمس، لكن التردد الحرج foE سوف يكون في نطاق الإذاعة MF، على الأقل خلال الجزء الأول من الليل. والإشارات عند ترددات أقل من التردد الحرج سوف تنعكس دائماً عند الطبقة E، وستكون هناك كذلك انعكاسات متعددة القفزات. وقد تنعكس أيضاً الإشارات فوق التردد الحرج عند الطبقة E، خاصة لمديات أطول، لكن الإشارات سوف تحترق كذلك الطبقة E لتنعكس عند المنطقة F العليا. يوضح الشكل 1 باستعمال نموذج أبسط للطبقة E، أساليب الإشارة المتيسرة لثلاثة ترددات في النطاق MF، مبيناً الطريقة التي يتغير بها تيسر الأسلوب بتغير المدى على الأرض وبتغير الوقت بعد الغروب. وسوف تكون هذه الأساليب متأخرة زمنياً بالنسبة لأسلوب انتشار الموجة الأرضية.

وتوفر التوصية ITU-R P.1147 تنبؤات عن قدرة الإشارة المركبة لأساليب الموجة الأيونوسفيرية المتيسرة، ومن ثم فإنها لا تعطي المعلومات الضرورية للاتساعات النسبية لمختلف الأساليب. لكن التوصية ITU-R P.684 تقدم هذه المعلومات، على الرغم من أنها معدة أساساً للترددات أقل من 500 kHz. وهي تعطي على الخصوص قيماً لمعامل الانعكاس الأيونوسفيري لظروف الكلف الشمسي الأدنى، على أساس نتائج تجريبية، وعلى أساس بعض الافتراضات، كما هو مذكور في التوصية.

3 الامتداد الزمني عبر مسيرات متعددة

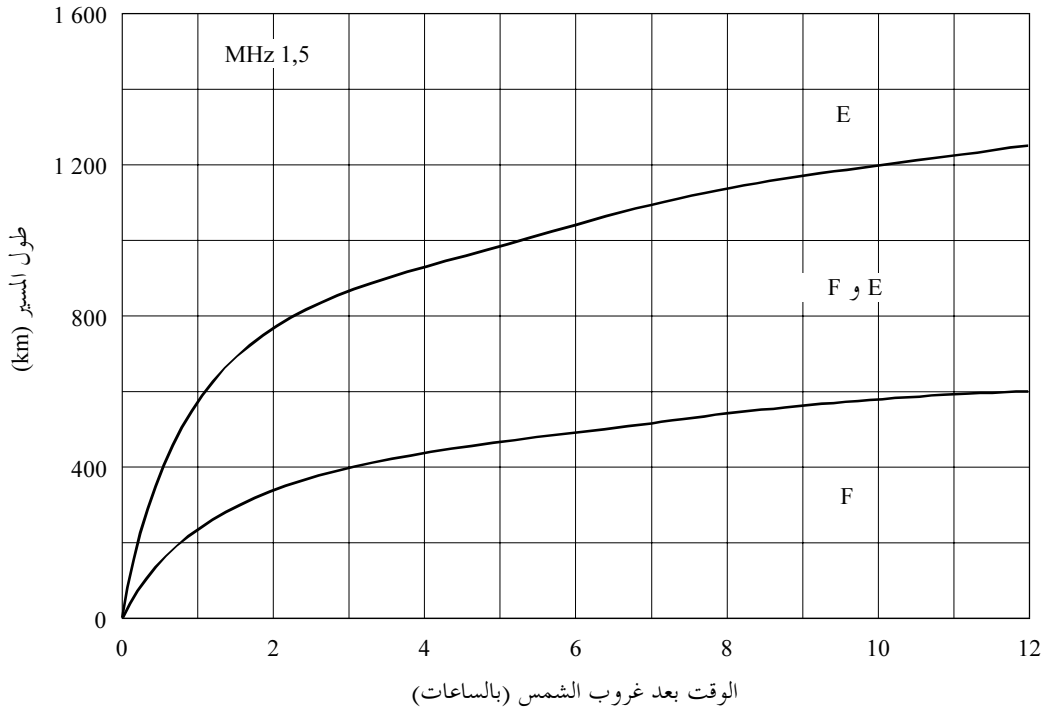
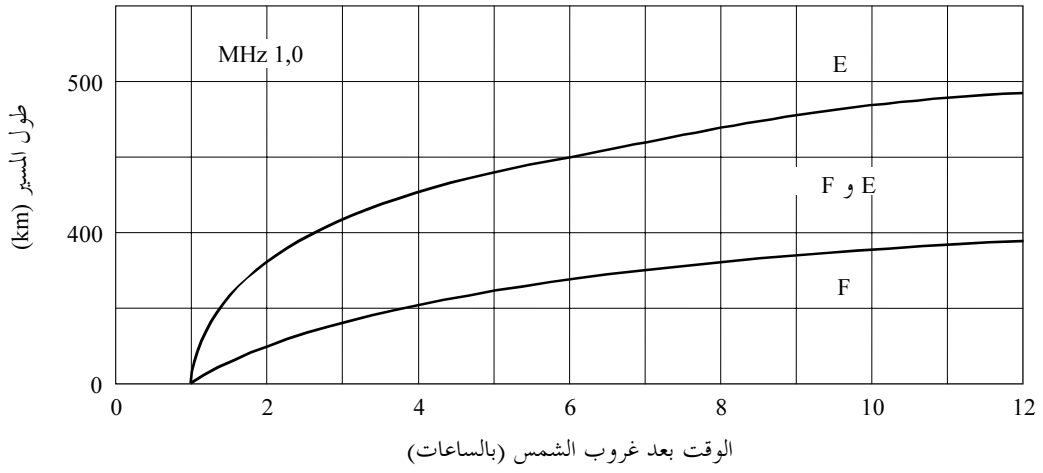
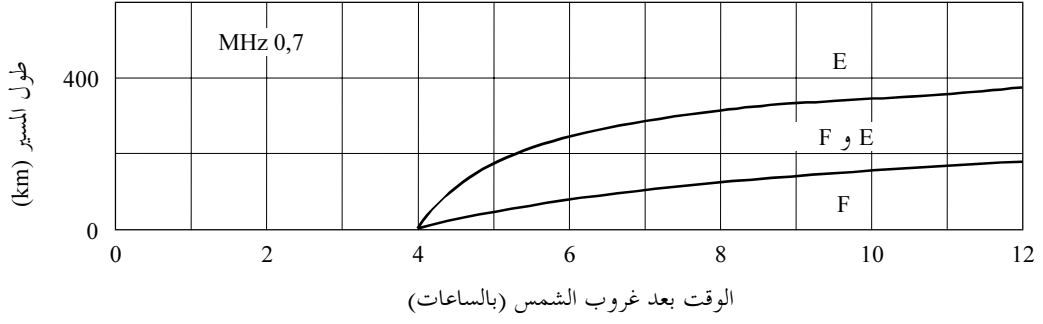
يعتمد الشكل 2 نماذج الانتشار البسيطة السابقة لبيان متوسط شدات المجال المتوقعة والتأخرات الزمنية النسبية لثلاثة مديات وهي 100 و200 و500 km، وترددان هما 700 kHz و1 MHz. وتُعطى شدة المجال لقدرة 1 كيلوواط e.m.r.p. ولا تشمل أثر مخطط الإشعاع العمودي لهوائي الإرسال مما قد يؤدي إلى تخفيض سويات إشارات الموجة الأيونوسفيرية عند المديات القصيرة.

ويتعلق الأسلوب المبين عند 0 ms بالموجة الأرضية، وتبين شدة المجال لثلاث قيم للإيصالية الأرضية أي 5 S/m (ماء البحر) و 10^{-2} (تربة جيدة) و 10^{-3} (تربة رديئة).

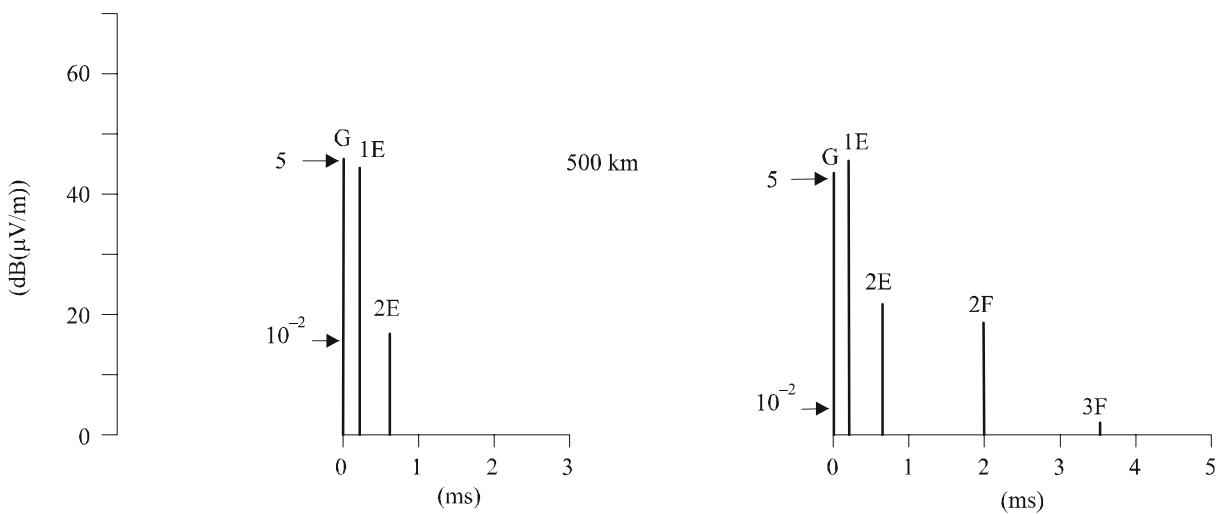
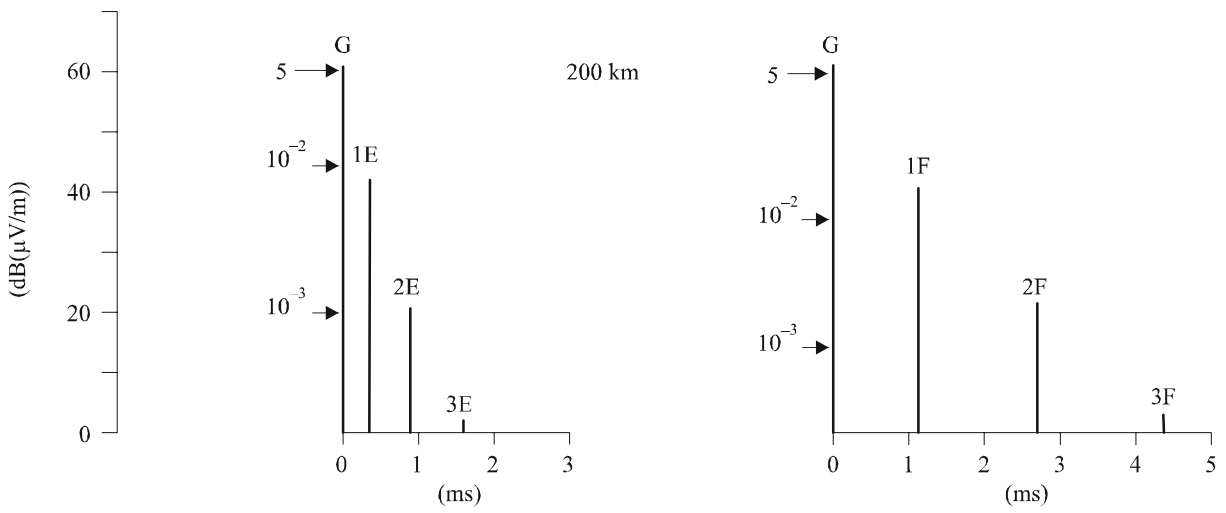
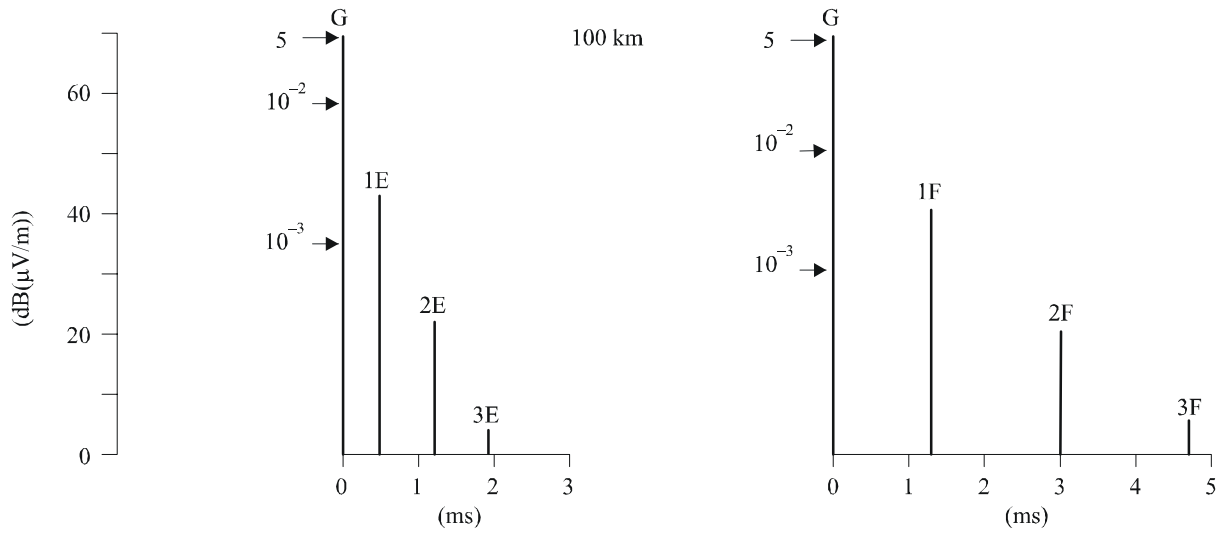
ويُشار إلى مكونات الموجة الأيونوسفيرية بالأسلوب ذي الصلة والسويات التي تمثل بالتقريب متوسط شدات المجال بعد أربع ساعات من غروب الشمس عند كلف الشمس الأدنى.

الشكل 1

أساليب الانتشار المتيسرة



الشكل 2
أمثلة عن امتداد التأخر الزمني



700 kHz

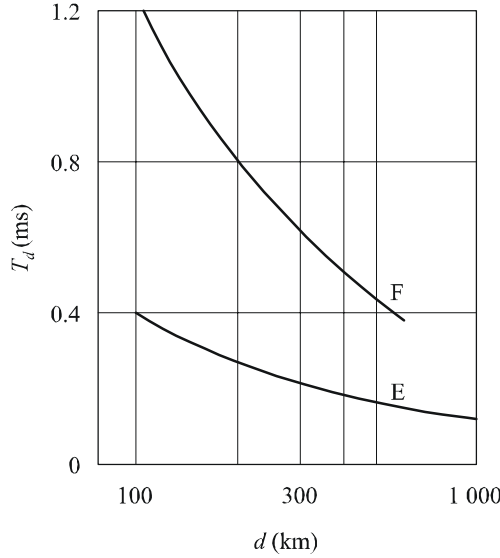
1 MHz

ويبين الشكل 3 التأخر في أساليب انتشار الموجة الأيونوسفيرية في قفزة واحدة في الطبقتين E و F بالنسبة لموجة الأرض لمدى أعلى من 1 000 km ويعطي الشكل 4 التأخرات النسبية بين أساليب انتشار الموجة الأرضية في قفزة واحدة وفي عدة قفزات.

إن مدى المسافات التي تكون فيها اتساعات إشارة الموجة الأرضية والأيونوسفيرية متشابهة يكتسي أهمية خاصة لأن الخبو في هذا المدى شديد بشكل خاص. وقد أطلق عليه اسم "منطقة الخبو الليلي" وغالباً ما يحدد كمعيار مدى النوعية الجيدة للإذاعة MF.

الشكل 3

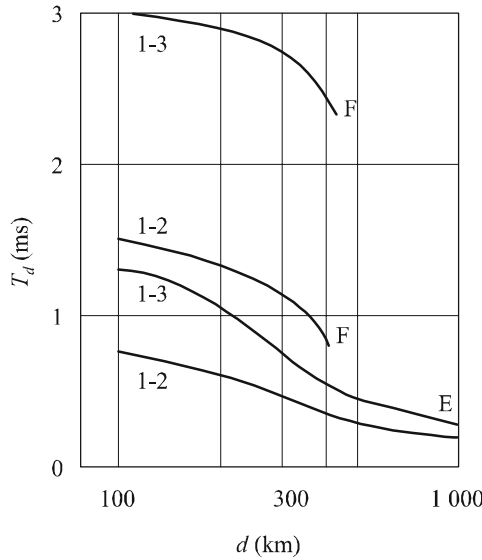
التأخر النسبي لإشارة الموجة الأيونوسفيرية
بالنسبة إلى إشارة الموجة الأرضية



1321-03

الشكل 4

التأخر المتبادل لإشارات الموجة الأيونوسفيرية
لأعداد مختلفة من القفزات



1321-04

4 التغييرية

1.4 تغيرات الإشارة في وقت النهار

يمكن أن تتغير شدة المجال للموجات الأرضية بتغير درجة الحرارة في الشتاء. ويرد في الجدول 1 متوسط المدى السنوي (اختلاف متوسط شدة المجال شهرياً بين الشتاء والصيف) من أجل 500-1 000 kHz فيما يتعلق بخط عرض في نصف الكرة الشمالي حيث يكون متوسط درجة الحرارة في يناير أقل من حوالي 4°C.

الجدول 1

16-	10-	0	4	متوسط درجة الحرارة C° عند نصف الكرة الشمالي في يناير
15	13	8	4	مدى شدة المجال شتاء - صيفاً، dB

وفي نطاق الموجات الكيلومترية، فإن مدى الاختلاف في شدة المجال عند خطوط عرض متوسطة مع مناخ قاري (كما تم قياسه في الإقليم القاري من أوروبا وفي إقليم سيبيريا) يعتمد على المسافة والتردد، حيث يعتمد على المعلمة $q = d \cdot f^{1/2}$ ، حيث d المسافة (km) و f التردد (MHz). وقيم $q < 500$ تحدد تقريباً الاختلاف بالنسبة للموجات الأرضية والقيم الأكبر $q > 500$ تختص بالموجات السماوية الأيونوسفيرية:

- بالنسبة لمسيرات تحتوي على جزء صغير من أراضي الغابات:

$$U_{s/w} = 3 + 2 \times 10^{-5} \times q^2 + 0.005q \quad \text{dB}$$

- بالنسبة لمسيرات تحتوي على جزء كبير من أراضي الغابات:

$$U_{L/w} = 6.409 \times \ln(q) - 21.124 \quad \text{dB}$$

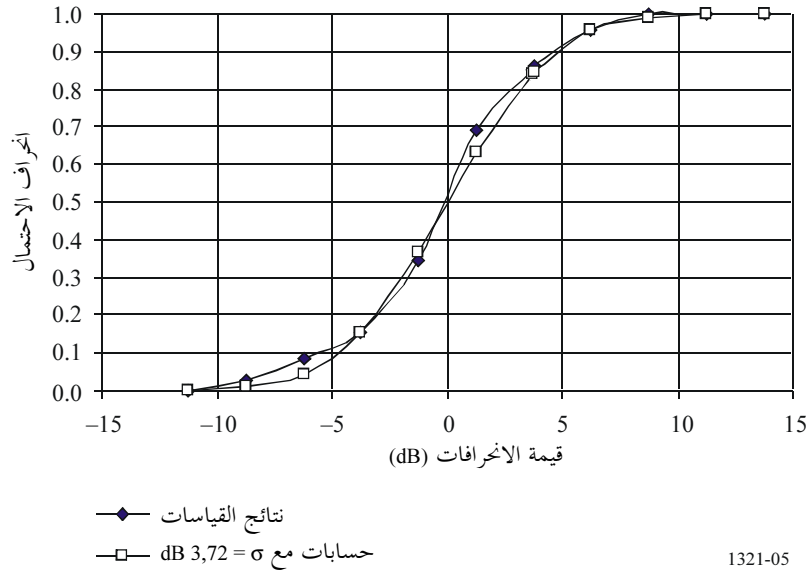
2.4 تغيرات الإشارة وقت النهار من مكان لآخر

في نطاق الموجات الهكومتريية، تكون قيم التغيرات في مستوى الإشارة بين مواقع تبعد عن بعضها بمسافات في حدود 1 km مماثلة لقيم الانحراف المعياري في أجزاء مختلفة من العالم. ويتطابق توزيع الاحتمال عملياً مع قانون اللوغاريتمات العادي حيث تكون قيمة جذر متوسط تربيع الانحراف $\sigma = 3,7$ dB، كما هو مبين في الشكل 5.

وفي الظروف الحضرية، في الشوارع والمناطق يكون الانحراف المعياري أيضاً في حدود القيمة 4 dB. في أجزاء المدينة المكتظة بالمباني، خاصة على مسافات قصيرة من المرسل (حتى 1 km) يزيد الانحراف المعياري ويصل إلى 7-8 dB. وفي داخل المباني وفي حالات نادرة قد يصل الامتصاص الإضافي إلى 20 dB.

الشكل 5

قانون توزيع الانحرافات



1321-05

3.4 تغييرات الإشارة أثناء الليل

سوف تخضع أساليب الموجة الأيونوسفيرية لتغيرية طويلة الأمد من ليلة إلى أخرى حيث يكون للقيم المتوسطة الساعية توزيع لوغاريتم عادي يشبه مدى بين أعشار الوحدة يتراوح بين 3,5 و 9 dB. ويكون لخبو الأساليب الفردية خلال ساعة واحدة كذلك توزيع لوغاريتم عادي. وهناك بعض معطيات القياسات ولكن يمكن افتراض قيمة نمطية للانحراف المعياري بنحو 3 dB. ويكون معدل الخبو بين 10 و 30 خبوة في الساعة.

وبالنسبة للحالات التي ينبغي فيها أن يُؤخذ في الاعتبار الاتساع المركب للموجة الأرضية وأساليب الموجة الأيونوسفيرية، أي في الحالات التي لا يمكن فيها فصل الأساليب في نظام الاستقبال، يُناقش توزيع خبو الإشارة في التذييل 1. وتكون زحزحة تردد أساليب انتشار الموجة الأيونوسفيرية، الناتجة عن أثر دوبلر على الانعكاس من الطبقات الأيونوسفيرية المتحركة، ضعيفة.

5 استنتاجات

تعرف التوصية ITU-R P.1407 مجموعة من المعلومات للاستعمال في وصف آثار الانتشار متعدد المسيرات. "ونافذة التأخر"، التي تتضمن أكثر من حوالي 98% من الطاقة الإجمالية، يمكن أن تُحدد انطلاقاً من الشكل 2 على أنها أصغر من 3 ms. وجدير بالذكر أن المكونة الأولى للمسيرات المتعددة لن تكون في بعض الظروف تلك التي يكون فيها أكبر الاتساع.

التذييل 1

للملحق 1

يمكن الحصول على اتساع الإشارة المركبة e لتركيبية إشارة موجة أرضية ثابتة وإشارة موجة أيونوسفيرية ذات توزيع لوغاريتم عادي، بواسطة جمع القدرتين:

$$e = \sqrt{e_e^2 + e_i^2}$$

حيث e_e و e_i هما سويتا مكونتي الموجة الأرضية والموجة الأيونوسفيرية، المعبر عنهما عادة بالوحدة $\mu\text{V/m}$.

ويكون لمكونة الموجة الأيونوسفيرية e_i توزيع لوغاريتم عادي (انظر التوصية ITU-R P.1057، المعادلة (6)). ويُفترض من قبيل التيسير أن مكونة الموجة الأرضية تحتوي على توزيع لوغاريتم عادي ويتم الحصول على النتيجة النهائية بضبط انحرافها المعياري عند 0 dB.

تؤدي تركيبية توزيعي لوغاريتم عادي كذلك إلى توزيع لوغاريتم عادي يكون متوسط السوية فيه هو مجموع كل من السويات المتوسطة (أي من حيث الاتساع وليس من حيث الديسبل) وتكون المغايرة هي مجموع المغايرتين.

وبالنسبة لتوزيع لوغاريتم عادي (انظر التوصية ITU-R P.1057) يُعطى المتوسط والانحراف المعياري لسويات الإشارة بواسطة: ($\mu\text{V/m}$)

$$\text{المتوسط} = e^m \cdot e^{\sigma^2/2}$$

$$\sqrt{e^{2m} \cdot e^{\sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)} = \text{الانحراف المعياري}$$

حيث m هي المتوسط و σ الانحراف المعياري لتوزيع لوغاريتم عادي.

انطلاقاً من هذه الاعتبارات، من الممكن تقييم العلامات لتوزيع مركب. ويحتوي الجدول 2 على أمثلة عن النتائج التي يكون فيها الانحراف النمطي لمكونة الموجة الأيونوسفيرية لوغاريتم عادي يساوي 3 dB.

الجدول 2

الانحراف المعياري	السوية المتوسطة بالنسبة لمتوسط مكونة الموجة الأرضية	e_i / e_e
0,72 dB	1,3+ dB	0,5 (dB -6)
1,35	4,4+	1 (dB 0)
2,0	5,7+	2 (dB +6)