التوصية ITU-R P.1147-2

التنبؤ بشدة مجال الموجة الأيونوسفيرية عند ترددات بين 150 و700 1 kHz تقريباً

(المسألة ITU-R 225/3)

(2003-1999-1995)

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن من الضروري أن تعطى للمهندسين إرشادات حول تخطيط خدمات الإذاعة في نطاقي الموجات الكيلومترية (LF) والهكتومترية (MF)؛

ب) أن من المهم أن يحدد للمحطات العاملة في قنوات التردد نفسها أو في قنوات مجاورة أدنى فصل جغرافي مطلوب لتجنب التداخل الناتج عن الانتشار الأيونوسفيري على مسافات بعيدة؛

ج) أن أجزاء من نطاق التردد هذا تتقاسمها خدمات الإذاعة وخدمات أخرى في أقاليم مختلفة، ومن ثم يجب وضع طريقة دقيقة للتنبؤ بسويات التداخل من أجل الحفاظ على استخدام فعال ومنظم لهذه الأجزاء من الطيف،

توصي

باعتماد الطريقة التالية مع الإحاطة علماً بشكل خاص بالتحفظات المتعلقة بدقتها الواردة في الملحق 1.

1 مقدمة

تتنبأ هذه الطريقة بقيم شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية ليلاً بالنسبة إلى قدرة مشعة معينة صادرة عن هوائي رأسي واحد أو عن عدة هوائيات رأسية، عندما تقاس بواسطة هوائي عروي عند سوية الأرض متراصف في مستوٍ رأسي مع مستوى مسير الدائرة العظمى نحو المرسل. وتعتمد الطريقة على قياسات أجريت في نطاقات التردد الموزعة للإذاعة وتطبق على مسيرات يتراوح طولها من 50 إلى 12 000 km بالنسبة لنطاقي الموجات الكيلومترية (LF) والموجات الهكتومترية (MF) بصفة خاصة. راجع الملحق 2 فيما يتعلق باعتبارات الانتشار نهاراً.

الأشكال 1 و2 و3 جزء أساسي من طريقة التنبؤ. ومن قبيل التيسير تضم الأشكال 5 و6 و10 خرائط مغنطيسية أرضية. أما الأشكال الأخرى والتذييل 1 فتوفر معلومات إضافية تسهل استعمال الطريقة.

2 المتوسط السنوي لشدة المجال ليلاً

تعطي الصيغة التالية شدة المجال المتوقعة للموجة الأيونوسفيرية:

$$E = V + E_0 - L_t = V + G_S - L_p + A - 20 \log p - L_a - L_t - L_r \quad (1)$$

حيث:

E: المتوسط السنوي لقيم شدة المجال المتوسطة نصف الساعية (dB(μV/m)) من أجل قوة محركة موجية V معينة للمرسل، وعند وقت محدد t بالنسبة إلى غروب الشمس أو شروقها، وفقاً للحالة

E_0: المتوسط السنوي لقيم شدة المجال المتوسطة نصف الساعية (dB(μV/m)) من أجل قوة محركة موجية للمرسل بمقدار 300 V في الوقت المرجعي المعرف في الفقرة 1.2

V: القوة المحركة الموجية للمرسل (dB فوق قوة محركة موجية مرجعية قدرها 300 V) (انظر الفقرة 2.2)

G_S: تصحيح الكسب بسب البحر (dB) (انظر الفقرة 3.2)

L_p: خسارة اقتران الاستقطاب الزائد (dB) (انظر الفقرة 4.2)

A: قيمة ثابتة. في نطاق الموجات الكيلومترية A = 110,2. وفي نطاق الموجات الهكتومترية A = 107 باستثناء مسيرات الانتشار حيث تقع نقطة منتصف المسير في جزء الإقليم 3 الواقع جنوب خط العرض 11° جنوباً. وفي هذه الحالة A = 110

L_a: عامل الخسارة يراعي تأثيرات الامتصاص الأيونوسفيري والعوامل ذات الصلة به (انظر الفقرة 6.2)

L_t: عامل الخسارة في الساعة (dB) (انظر الفقرة 7.2)

L_r: عامل الخسارة يراعي تأثير النشاط الشمسي (انظر الفقرة 8.2).

يبين الشكل 4 قيم E_0 بدلالة المسافة على الأرض d من أجل خطوط عرض مغنطيسية أرضية مختلفة عندما يكون كل من G_S وL_p وR يساوي الصفر؛ وحيث R هو المتوسط الأملس لعدد الكلف الشمسية النسبية الدولي على امتداد 12 شهراً.

1.2 الوقت المرجعي

الوقت المرجعي هو ست ساعات بعد غروب الشمس عند نقطة S من سطح الأرض. وتكون S نقطة منتصف المسير عندما يكون المسير أقصر من 2 000 km. أما في المسيرات الأطول فتقع S على مسافة 750 km من المطراف الأخير الذي تغرب عنده الشمس، وتقاس هذه المسافة على طول مسير الدائرة العظمى.

2.2 القوة المحركة الموجية

تعطي الصيغة التالية القوة المحركة الموجية للمرسل (V (dB(300 V)):

$$V = P + G_V + G_H \quad (2)$$

حيث:

P: القدرة المشعة (dB(1 kW))

G_V: عامل كسب هوائي الإرسال (dB) العائد إلى الاتجاهية الرأسية الوارد في الشكل 1

G_H: عامل كسب هوائي الإرسال (dB) العائد إلى الاتجاهية الأفقية. بالنسبة إلى الهوائيات الاتجاهية، تكون G_H دالة للسمت. وتكون G_H = 0 في الهوائيات شاملة الاتجاهات.

3.2 الكسب بسبب البحر

الكسب بسبب البحر G_S هو كسب الإشارة الإضافي الذي يظهر عندما يكون أحد المطرافين أو كلاهما قرب البحر، لكنه لا ينطبق على الانتشار فوق الماء العذب. وتعطى الصيغتان التاليتان G_S لمطراف وحيد:

$$G_S = G_0 - c_1 - c_2 \quad \text{من أجل} \quad G_0 > (c_1 + c_2) \tag{3}$$

$$G_S = 0 \quad \text{من أجل} \quad G_0 \le (c_1 + c_2) \tag{4}$$

حيث:

G_0: الكسب بسبب البحر عندما يكون المطراف على الشاطئ ولا تحجب المسير أي أرض (dB)

c_1: التصحيح الذي يأخذ في الاعتبار المسافة بين المطراف والبحر

c_2: التصحيح الذي يأخذ في الاعتبار عرض قناة بحرية واحدة أو عدة قنوات بحرية، أو وجود جزر.

وإذا وقع المطرافان قرب البحر تكون G_S مجموع القيم لكل من المطرافين.

يعطي الشكل 2 قيمة G_0 بدلالة المسافة d لنطاقي الموجات الكيلومترية (LF) والموجات الهكتومترية (MF). وتكون $G_0 = 10$ dB في نطاق الموجات MF، إذا كانت $d > 6\,500$ km. أما في نطاق الموجات LF فتكون $G_0 = 4{,}1$ dB إذا كانت $d > 5\,000$ km حيث d هي المسافة على الأرض بين المطرافين.

وتعطي الصيغة التالية التصحيح c_1:

$$c_1 = \frac{s_1}{r_1} G_0 \tag{5}$$

حيث:

s_1: المسافة من المطراف إلى البحر، مقيسة على طول مسير الدائرة العظمى (km)

$r_1 = 10^3 G_0^2 / Q_1 f$ (km)

f: التردد (kHz)

$Q_1 = 0{,}30$ في نطاق الموجات الكيلومترية (LF) و1,4 في نطاق الموجات الهكتومترية (MF).

وتعطي الصيغتان التاليتان التصحيح c_2:

$$c_2 = \alpha G_0 \left(1 - \frac{s_2}{r_2}\right) \quad \text{من أجل} \quad r_2 > s_2 \tag{6}$$

$$c_2 = 0 \quad \text{من أجل} \quad r_2 \le s_2 \tag{7}$$

حيث:

s_2: المسافة من المطراف إلى قطعة الأرض التالية، مقيسة على طول مسير الدائرة العظمى (km)

$r_2 = 10^3 G_0^2 / Q_2 f$ (km)

$Q_2 = 0{,}25$ في نطاق الموجات LF و 1,2 في نطاق الموجات MF

α: نسبة الأرض في جزء المسير بين r_2 و s_2 ($0 < \alpha \le 1$).

عندما يستعمل الحاسوب ولكن دون توفر بنك لمعطيات التضاريس الأرضية يسمح بحساب α، عندئذ يجب أن تؤخذ α على أنها مساوية لقيمة 0,5 مما يعني وجود الأرض والبحر بنسب متساوية في جزء المسير بين r_2 و s_2.

تسهيلاً للحساب، يبين الشكل 8أ المسافة r_1، وهي أكبر مسافة من البحر يجب حساب الكسب بسبب البحر من أجلها، بينما يبين الشكل 8ب المسافة r_2، وهي أكبر مسافة إلى الجزء التالي من الأرض الذي يستدعي التصحيح c_2، وذلك بالنسبة إلى ترددات مختلفة.

4.2 خسارة اقتران الاستقطاب

L_p هي خسارة اقتران الاستقطاب الزائد (dB). وتكون $L_p = 0$ في نطاق الترددات LF. أما في نطاق الترددات MF فتعطي قيمة L_p لمطراف واحد إحدى الصيغتين التاليتين:

$$\begin{aligned} &L_p = 180\,(36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2 \quad \text{dB} && \text{من أجل } I \le 45^\circ \\ &L_p = 0 && \text{من أجل } I > 45^\circ \end{aligned} \tag{8}$$

حيث I هو الميل المغنطيسي، شمالاً أو جنوباً (بالدرجات) عند المطراف، وθ هي سمت المسير مقيساً بالدرجات بالنسبة إلى الاتجاه المغنطيسي شرق–غرب، بحيث $|\theta| \le 90^\circ$. وينبغي أن تقدر L_p تقديراً منفصلاً بالنسبة إلى المطرافين، لأن θ وI قد يكون لهما قيم مختلفة، ثم تضاف القيمتان L_p. ويجب أن تستعمل في تحديد θ وI أكثر القيم دقة المتيسرة للميل المغنطيسي وقوس الميل المغنطيسي (انظر الشكلين 5 و6 على سبيل المثال).

يبين الشكل 7 قيم L_p المحسوبة من المعادلة (8).

5.2 مسافة الانتشار المائلة، p

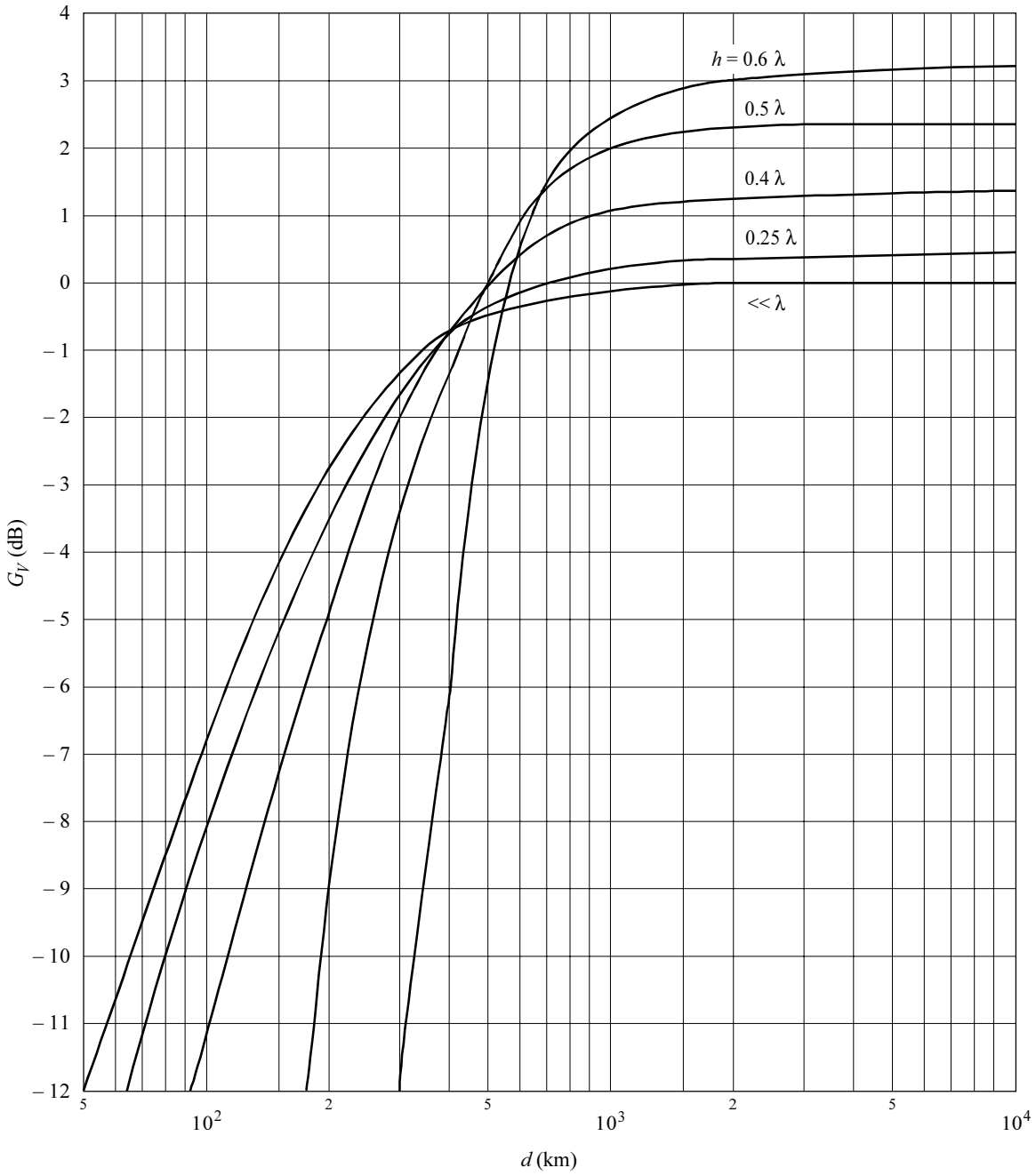
تكون p (km) في المسيرات الأطول من 1 000 km مساوية تقريباً للمسافة على الأرض d (km) بين المرسل والمستقبل. وتكون في المسيرات الأقصر:

$$p = (d^2 + 40\,000)^{1/2} \tag{9}$$

يمكن استعمال المعادلة (9) لمسيرات من أي طول ويكون الخطأ مهملاً. وينبغي أن تستعمل في كل الحالات التي تكون فيها كلتا المسافتين المعنيتين أطول من 1 000 km أو أقصر من 1 000 km، وذلك تجنباً لأي انقطاع في شدة المجال بدلالة المسافة.

الشكل 1

عامل كسب هوائي الإرسال من أجل هوائيات وحيدة أحادية القطب (G_V)
فوق أرض مستوية تماماً



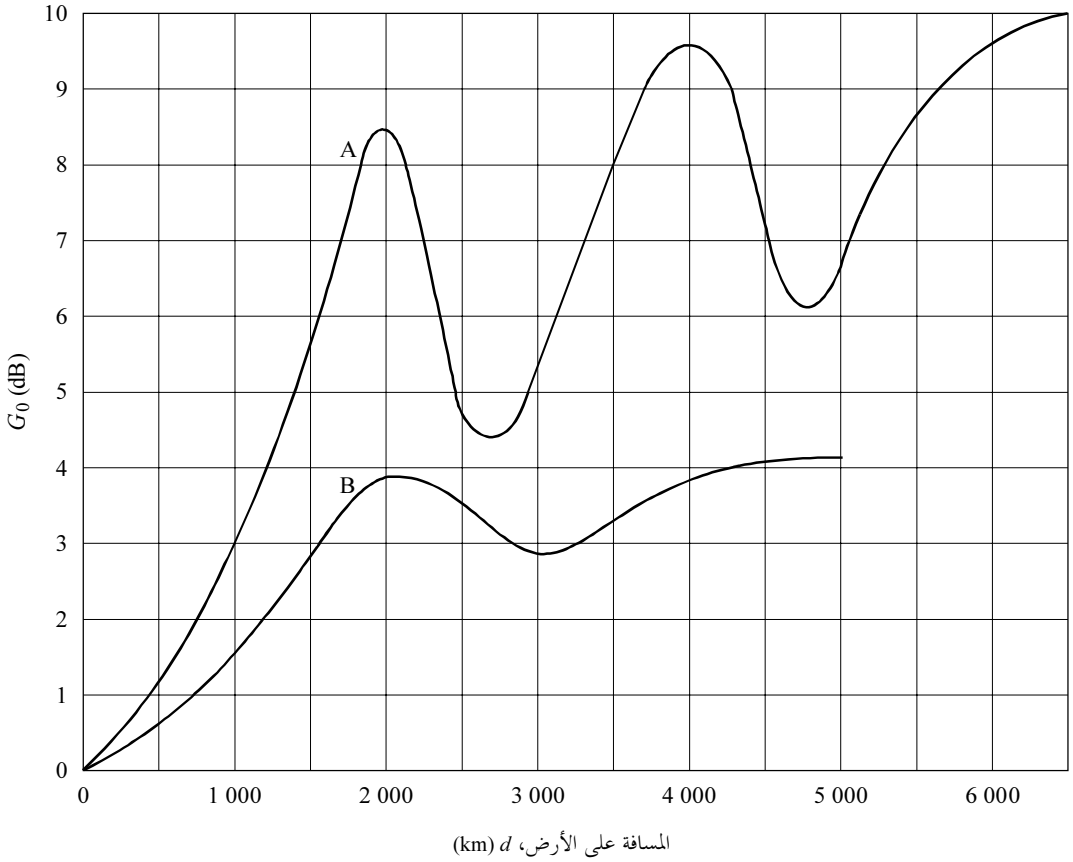
h: ارتفاع الهوائي

ملاحظة 1 – من أجل 10 000 km < d < 12 000 km ، تستعمل قيم عند d = 10 000 km.

D01

الشكل 2

الكسب بسبب البحر (G_0) من أجل مطراف وحيد على الشاطئ

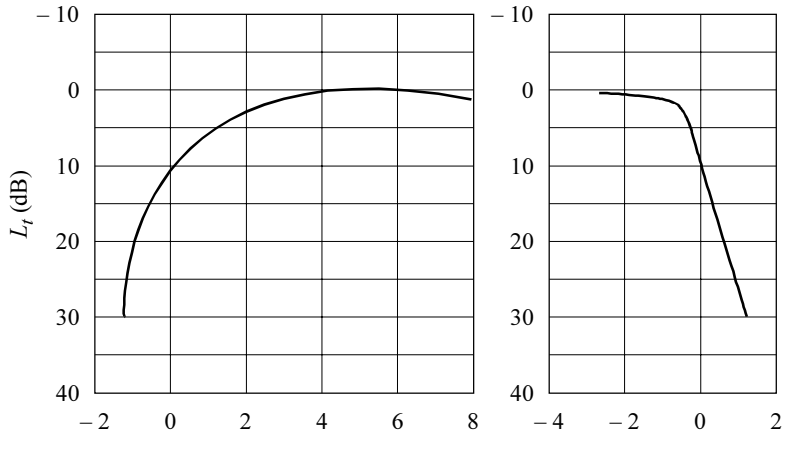


المنحنى A: نطاق الموجات الهكتومترية (MF)
المنحنى B: نطاق الموجات الكيلومترية (LF)

D02

الشكل 3

عامل الخسارة في الساعة (L_t)



D03

6.2 عامل الخسارة الذي يراعي تأثيرات الامتصاص الأيونوسفيري والعوامل ذات الصلة به

L_a هو عامل الخسارة الذي يراعي تأثيرات الامتصاص الأيونوسفيري والتبئير والخسارة عند المطراف والخسارة بين القفزات في حالة المسيرات متعددة القفزات.

$$L_a = k \sqrt{p / 1\,000} \tag{10}$$

ومعامل الخسارة الأساسي k تعطيه العلاقة التالية:

$$k = (2\pi + 4.95 \tan^2 \Phi) \tag{11}$$

في المعادلة (11) Φ هو خط العرض المغنطيسي الأرضي (ثنائي الأقطاب) لنقطة منتصف المسير المعني. وتعتبر خطوط العرض شمالاً إيجابية وخطوط العرض جنوباً سلبية. ويمكن استعمال الشكل 10 من أجل الحصول على خط العرض المغنطيسي الأرضي انطلاقاً من الإحداثيات الجغرافية المعروفة لنقطة منتصف المسير. وإذا كانت قيمة Φ أكبر من +60° تقدر المعادلة (11) من أجل Φ = +60°. أما إذا كانت قيمة Φ أقل من –60°، فتقدر المعادلة (11) من أجل Φ = –60°. وتقسم المسيرات الأطول من 300 km إلى جزأين متساويين، وتحدد قيمة k لكل جزء وفقاً للمعادلة (11). ثم يستعمل المتوسط الجبري لقيمتي k (k_{eff}) في حساب شدة المجال (انظر أيضاً الشكل 9).

7.2 عامل الخسارة في الساعة

يعطي الشكل 3 عامل الخسارة في الساعة، L_t (dB). ويمثل العامل t عدد الساعات بالنسبة إلى ساعة غروب الشمس أو ساعة شروقها حسبما يكون ملائماً. ويؤخذ الوقت على الأرض عند منتصف المسير من أجل مسيرات تكون فيها d > 2 000 km وعند 750 km من كل مطراف حيث تغرب الشمس أو تشرق أولاً بالنسبة إلى المسيرات الأطول. ولا تعرَّف القيم الكبيرة لعامل الخسارة في الساعة في حوالي منتصف النهار (الشكل 3). وتستعمل لساعات هذه الفترة قيمة حدية قدرها 30 dB. ولا يحسب عامل الخسارة في الساعة للمسيرات عند خطوط عرض مرتفعة وللفصول التي لا يحدث فيها شروق للشمس أو غروب.

وفي الفقرة 1 من التذييل 1 معادلتان مكافئتان عموماً لهذين المنحنيين ضمن حدود 0,5 dB. ويمثل الشكل 3 متوسط التغير النهاري السنوي.

ويبين الشكل 11 مواعيد غروب الشمس وشروقها من أجل مدى من خطوط العرض الجغرافية والأشهر. وفي الفقرة 2 من التذييل 1 معادلات مكافئة لمنحنيات غروب الشمس وشروقها.

8.2 عامل الخسارة الذي يراعي تأثير النشاط الشمسي

L_r هو عامل الخسارة الذي يراعي تأثير النشاط الشمسي كما الصيغ التالية:

في نطاق الموجات LF، $L_r = 0$

في نطاق الموجات MF، إذا كان $|\Phi| \le 45°$ $L_r = 0$

في نطاق الموجات MF، إذا كان $|\Phi| > 45°$ $L_r = b(R/100)(p/1\,000)$ dB (12)

حيث:

$b = (|\Phi| - 45)/3$ باستثناء أوروبا حيث $b = 1$ بغض النظر عن خط العرض. (13)

وتقسم المسيرات التي يزيد طولها عن 3 000 km إلى جزأين متساويين على النحو الموضح في الفقرة 6.2. وتشتق قيمة L_r لكل جزء ثم تجمع قيم الجزأين.

3 تغيرات شدة المجال ليلاً من يوم إلى آخر ولفترات قصيرة

يحسب الفرق $\Delta(w)$، حيث تكون w بصورة عامة 10 أو 1، بين شدة المجال التي يتم تجاوزها أثناء w% من الوقت ومتوسط القيمة السنوي، في وقت معين نسبة إلى غروب الشمس أو شروقها كما يلي:

في نطاق الموجات LF: $\Delta(10) = 6{,}5$ dB (14)

و $\Delta(1) = 11{,}5$ dB (15)

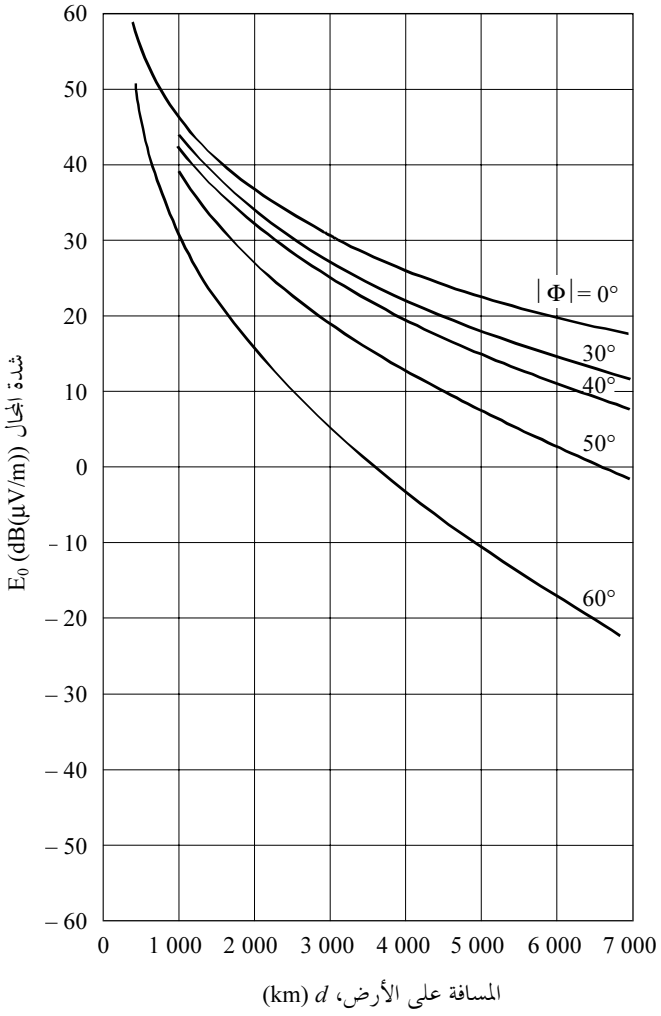
في نطاق الموجات MF: $\Delta(10) = 2 - 0{,}2\,|\Phi|$ dB (16)

و $\Delta(1) = 3 + 0{,}2\,|\Phi|$ dB (17)

في المعادلة (16) تكون $\Delta(10)$ أكبر من 6 dB أو مساوية لها لكنها أقل من 10 dB أو مساوية لها. وفي المعادلة (17)، تكون $\Delta(1)$ أكبر من 11 dB أو مساوية لها لكنها أقل من 15 dB أو مساوية لها.

الشكل 4 أ

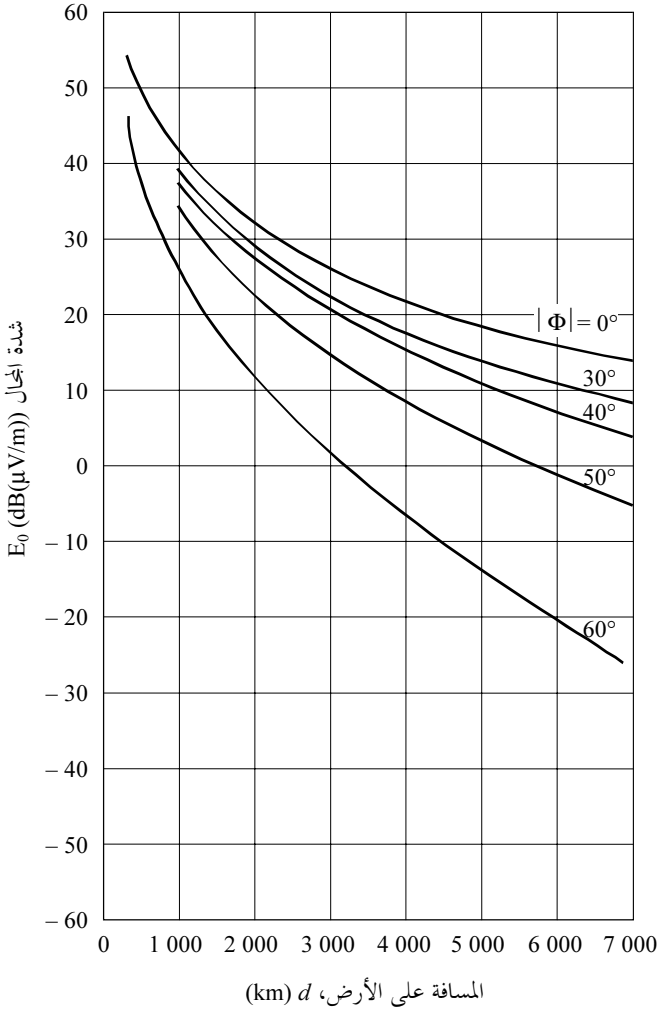
منحنيات تمثل E_0 من أجل نطاق الموجات LF عندما يساوي كل من G_S وL_P وR الصفر، ولخطوط عرض مغنطيسية أرضية ثابتة



1147-04a

الشكل 4 ب

منحنيات تمثل E_0 من أجل نطاق الموجات MF عندما يساوي كل من G_S وL_P وR الصفر، ولخطوط عرض مغنطيسية أرضية ثابتة

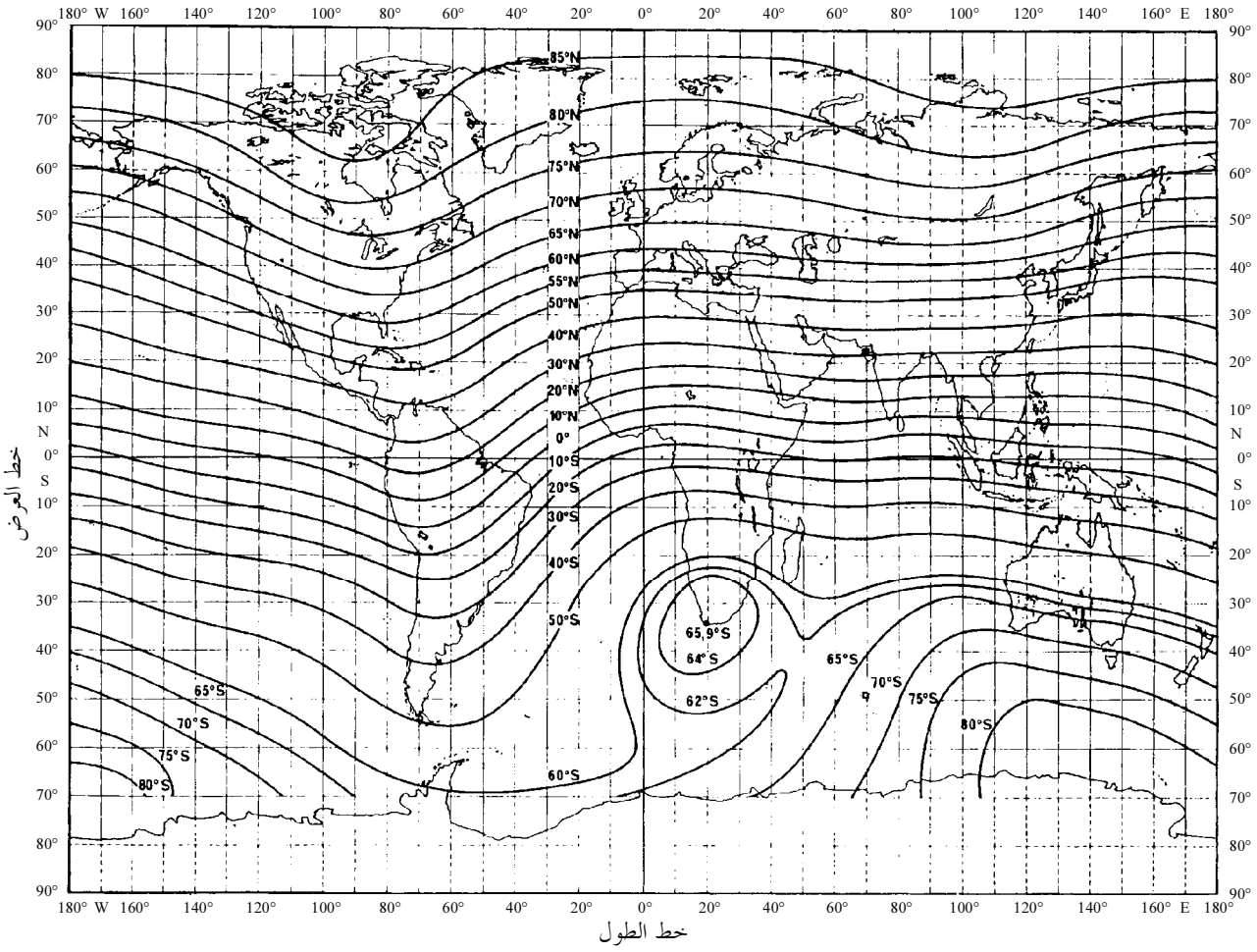


الملاحظة 1 – تضاف dB 3 فيما يتعلق بالتطبيقات في الإقليم الجنوبي 3.

1147-04b

الشكل 5

خريطة الميل المغنطيسي (الفترة 1975.0)

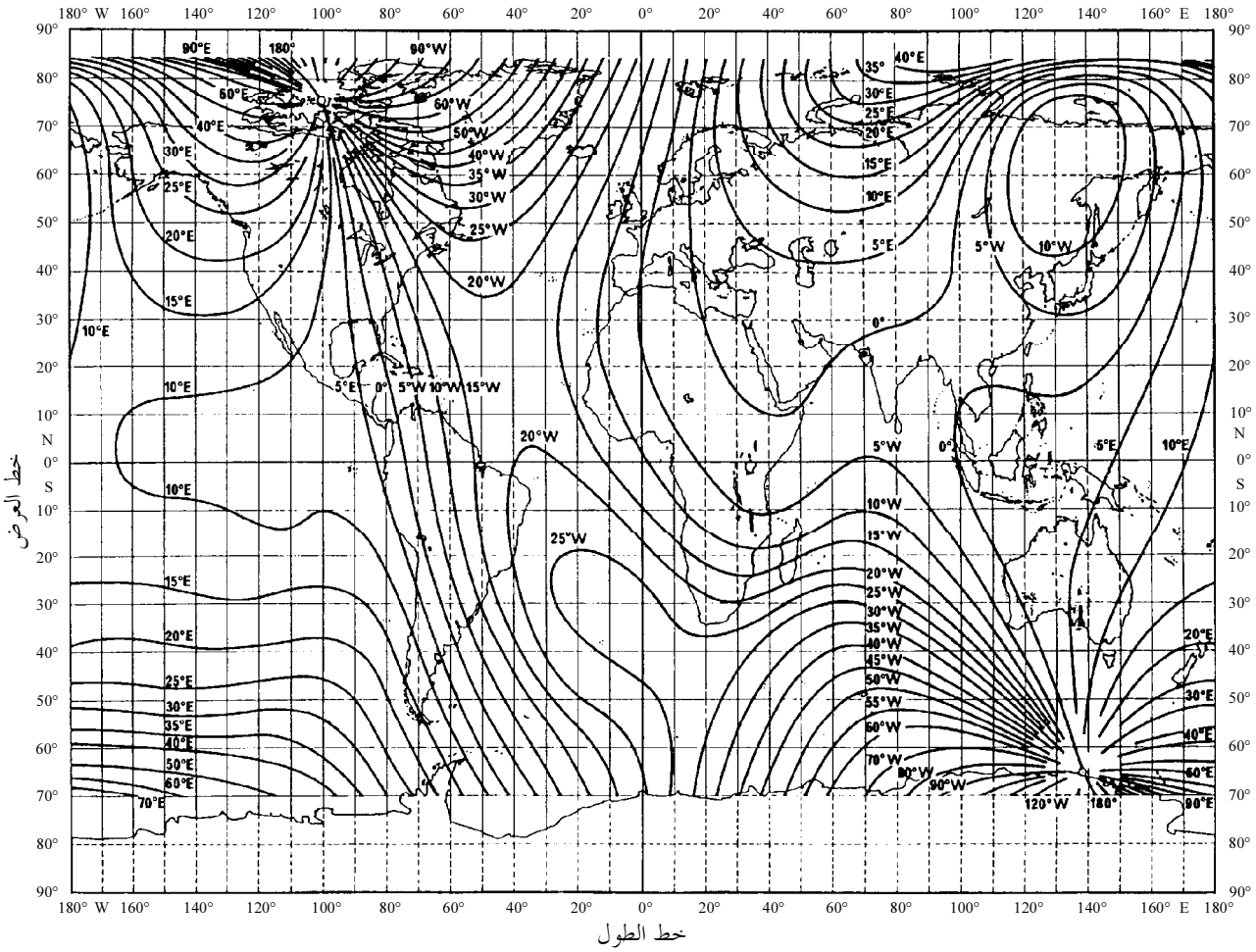


(المصدر: Magnetic inclination or dip (epoch 1975.0) Chart No. 30 World U.S. Defense Mapping Agency Hydrographic Center)

1147-05

الشكل 6

خريطة قوس الميل المغنطيسي (الفترة 1975.0)

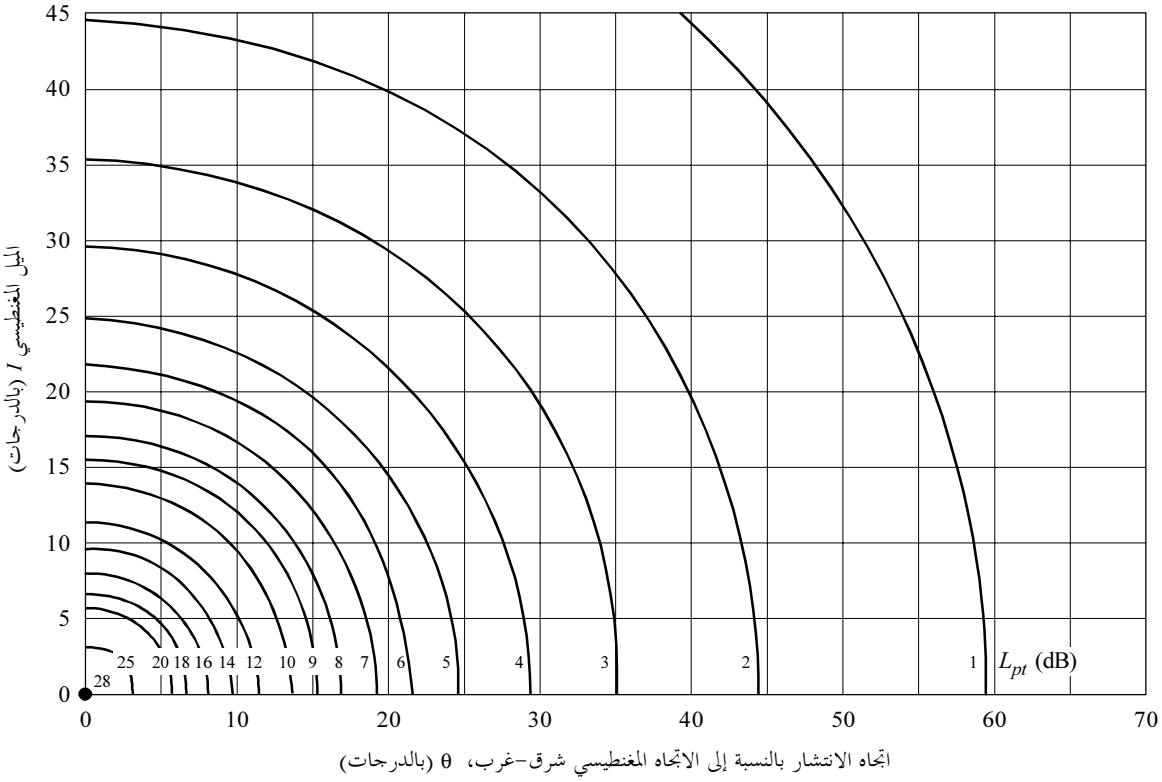


(المصدر: Magnetic variation (epoch 1975.0) Chart No. 42 World U.S. Defence Mapping Agency Hydrographic Center)

1147-06

الشكل 7

خسارة اقتران الاستقطاب الزائد L_p (من أجل مطراف وحيد)

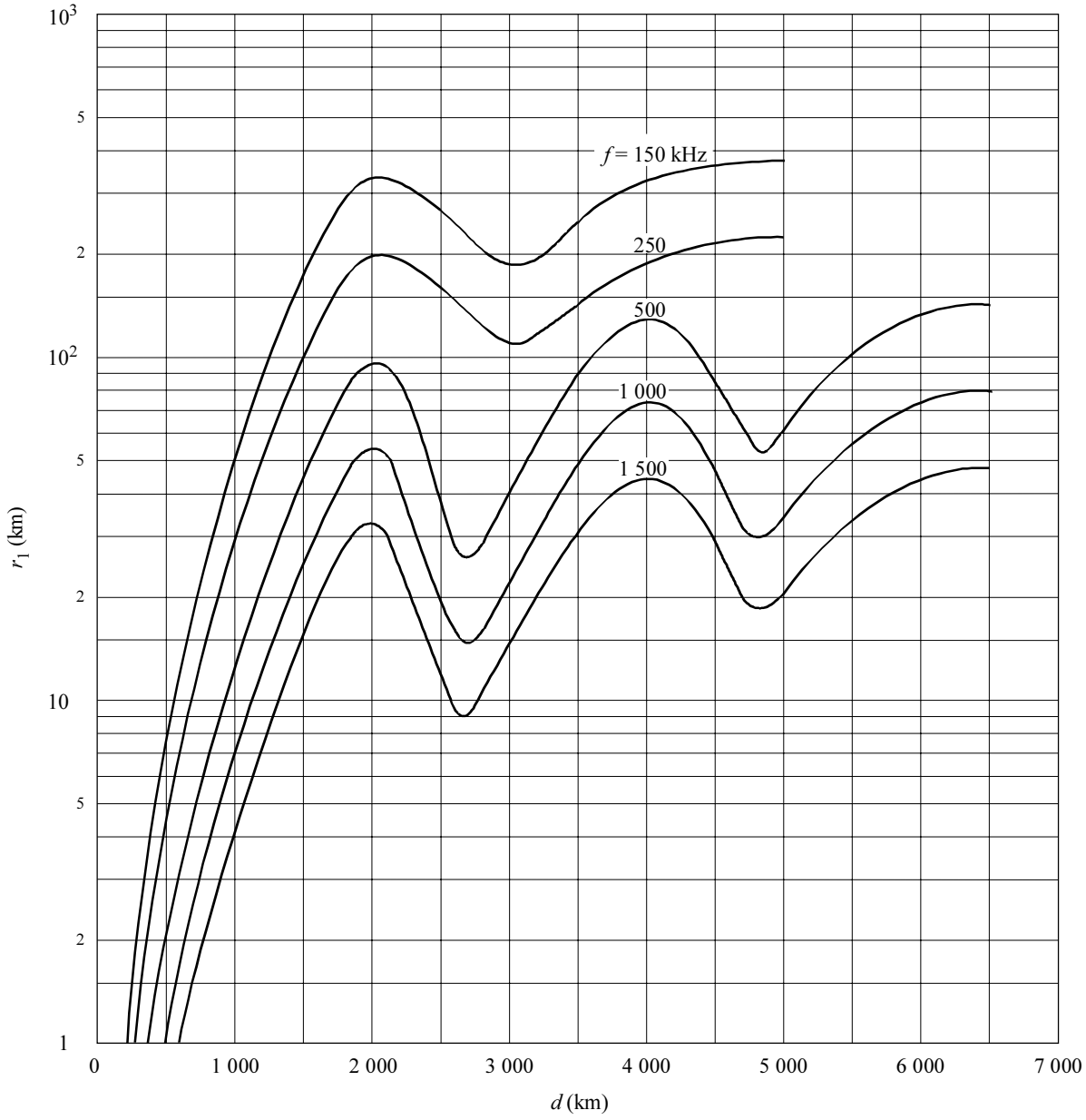


$$L_p = 180\left(36 + \theta^2 + I^2\right)^{-½} - 2$$

1147-07

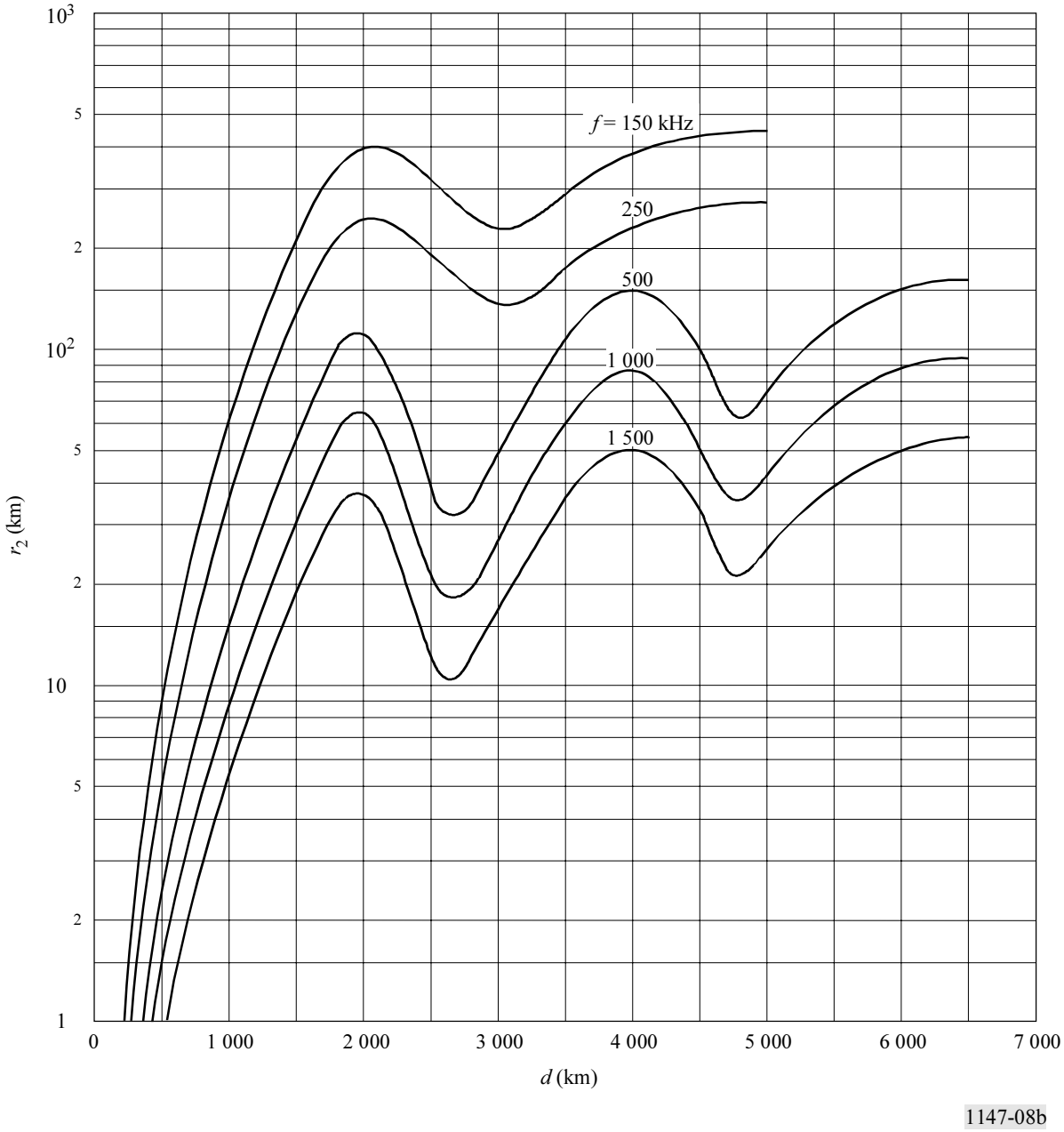
الشكل 8 أ

قيم r_1 لترددات مختلفة



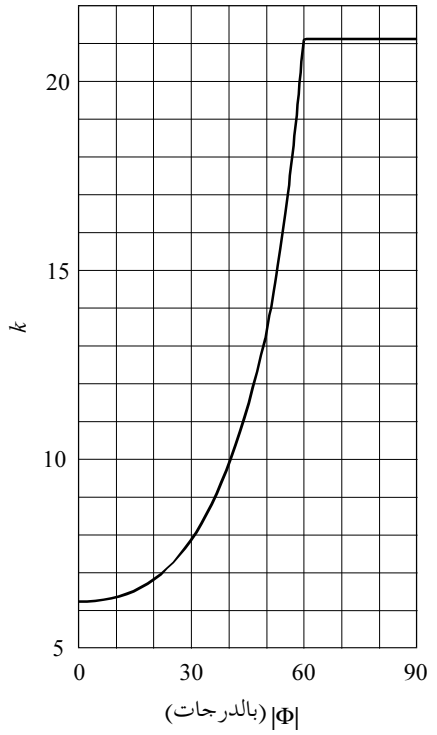
الشكل 8 ب

قيم r_2 لترددات مختلفة



الشكل 9

معامل الخسارة الأساسي

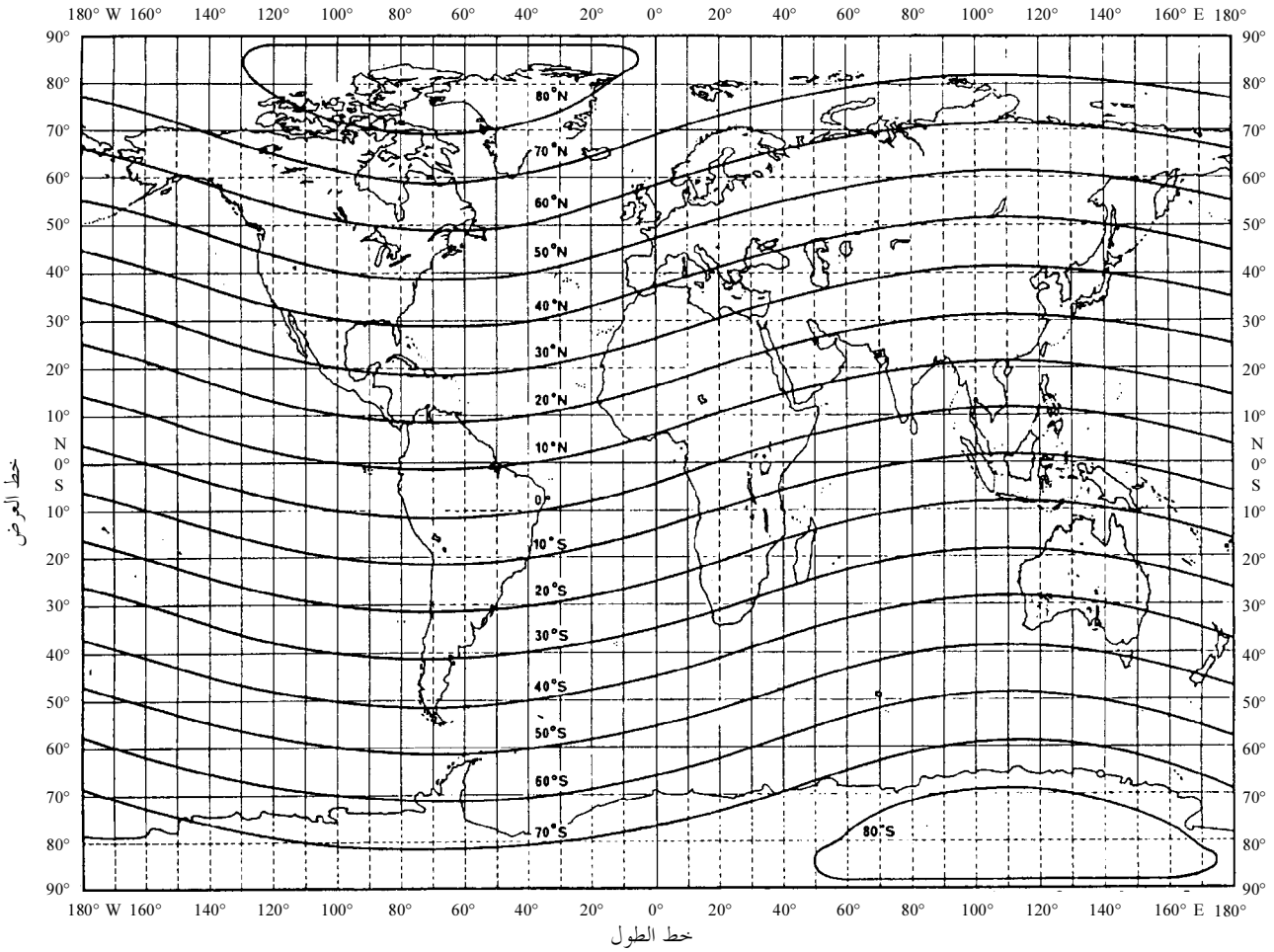


$k = (2\pi + 4.95 \tan^2 \Phi)$ من أجل $|\Phi| \leq 60°$

1147-09

الشكل 10

خطوط عرض مغنطيسية أرضية



$$\Phi = \arcsin [\sin \alpha \,.\, \sin 78{,}5° + \cos \alpha \,.\cos 78{,}5° \,.\, \cos (69° + \beta)]$$

Φ: خط العرض المغنطيسي الأرضي

α: خط العرض الجغرافي

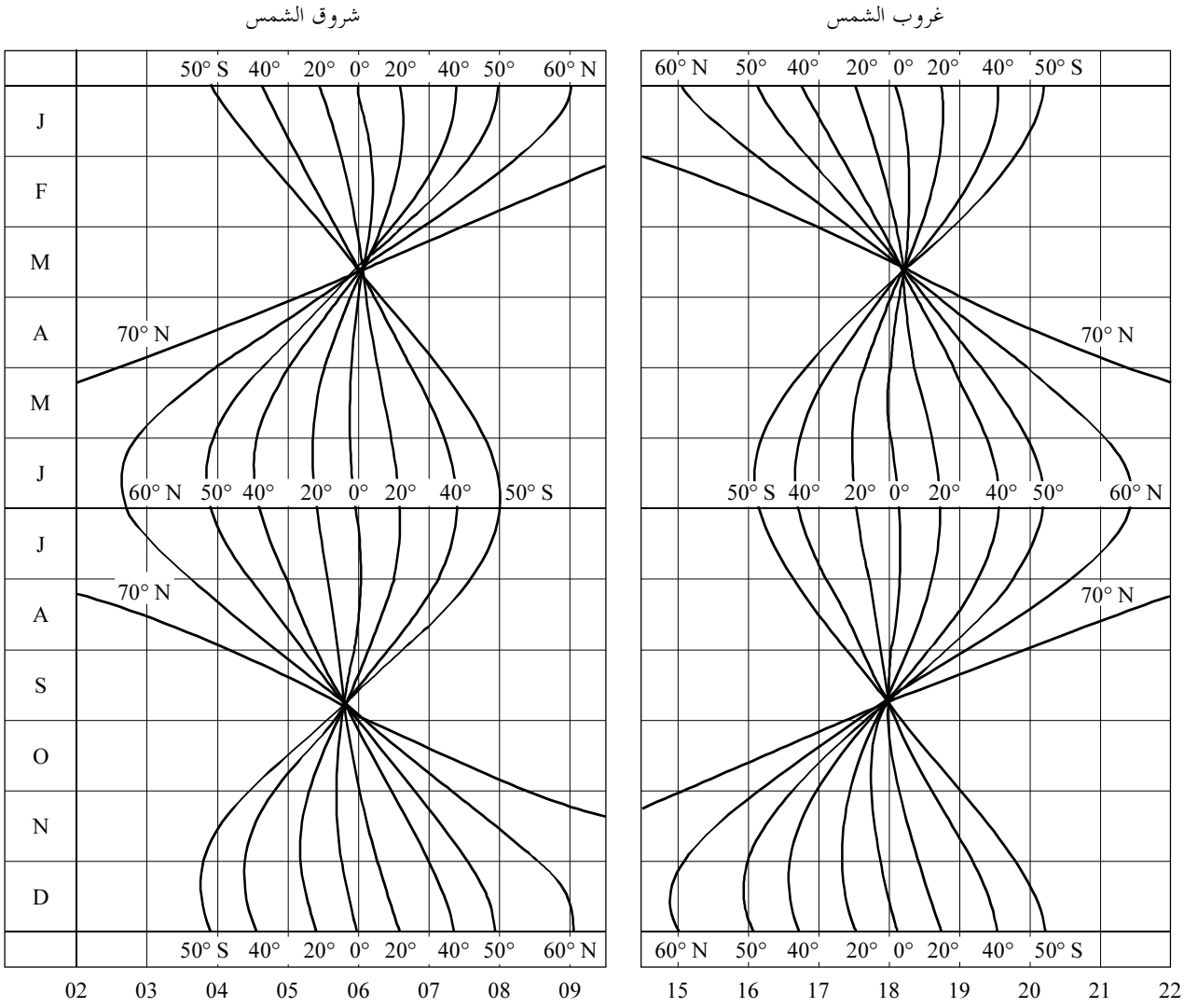
β: خط الطول الجغرافي

وتعتبر الإحداثيات شمالاً وشرقاً موجبة، وجنوباً وغرباً سالبة.

1147-10

الشكل 11

مواعيد شروق الشمس وغروبها في أشهر مختلفة وخطوط عرض جغرافية مختلفة



التذييل 1

يحتوي هذا التذييل على معادلات يمكن استعمالها بديلة عن الشكلين 3 و11 بالنسبة إلى عامل الخسارة في الساعة ومواعيد غروب الشمس وشروقها على التوالي. وتستعمل في هذا التذييل الرموز الإضافية التالية:

قائمة الرموز

α: خط العرض الجغرافي لنقطة على المسير (بالدرجات)

β: خط الطول الجغرافي لنقطة على المسير (بالدرجات)

S: التوقيت المحلي المتوسط لغروب الشمس أو شروقها عند نقطة ما (h).

وتعتبر الإحداثيات شمالاً وشرقاً موجبة، وجنوباً وغرباً سالبة.

1 عامل الخسارة في الساعة: L_t

يمكن أن تستخدم المعادلات التالية بدلاً من المنحنيات الواردة في الشكل 3 ضمن حدود t المقررة. وتكون $L_t = 0$ بالنسبة للساعات التي تقع بين هذه الأوقات (أي حوالي منتصف الليل).

$$L_t \text{ (غروب)} = 12{,}40 - 9{,}248\,t + 2{,}892\,t^2 - 0{,}3343\,t^3 \qquad \text{من أجل } -1 < t \text{ (غروب)} < 4$$

$$L_t \text{ (شروق)} = 9{,}6 + 12{,}2\,t + 5{,}62\,t^2 + 0{,}86\,t^3 \qquad \text{من أجل } -3 < t \text{ (شروق)} < 1$$

حيث يمثل t عدد الساعات بالنسبة إلى غروب الشمس أو شروقها عند نقطة منتصف المسير.

2 مواعيد غروب الشمس وشروقها

يمكن أن تحسب مواعيد غروب الشمس وشروقها بالنسبة إلى المواقع غير القطبية أي المواقع التي تكون فيها $|\alpha| < 65°$ ، على النحو التالي، وبدقة في حدود ± 2 min:

N: اليوم من السنة بعدد الأيام، مثلاً، 1 يناير = 1

S': التوقيت المحلي التقريبـــي للحدث، مثلاً، الغروب = 1800 h، والشروق = 0600 h

Z: المسافة السمتية للشمس (بالدرجات) = 90,8333° (90° 50′) لغروب الشمس أو لشروقها.

الخطوة 1: يحسب خط طول مكان المشاهد، β:

$$B = \beta / 151 \qquad \text{h}$$

الخطوة 2: يحسب توقيت الحدث، Y:

$$Y = N + (S' - B) / 24 \qquad \text{days}$$

الخطوة 3: تحسب الزاوية الاختلافية المتوسطة للشمس، M:

$$M = 0{,}985600\ Y - 3{,}289 \qquad \text{degrees}$$

الخطوة 4: يحسب خط طول الشمس، L:

$$L = M + 1{,}916 \sin M + 0{,}020 \sin 2M + 282{,}634 \qquad \text{degrees}$$

تلاحظ الربعية التي يقع فيها L.

الخطوة 5: يحسب الطالع المستقيم للشمس، RA:

$$\tan RA = 0{,}91746\ \tan L$$

يلاحظ أن RA ينبغي أن يكون في الربعية نفسها التي يقع فيها L.

الخطوة 6: يحسب قوس ميل الشمس s:

$\sin s = 0{,}39782 \sin L$، ومنها تكون:

$$\cos s = +\sqrt{1 - \sin^2 s}$$

يلاحظ أن $\sin s$ قد يكون موجباً أو سالباً، إلا أن $\cos s$ يكون دائماً موجباً.

الخطوة 7: تحسب زاوية التوقيت المحلي للشمس، H:

$$\cos H = x = (\cos Z - \sin s \cdot \sin \alpha) / (\cos s \cdot \cos \alpha)$$

يلاحظ أنه إذا كانت $|x| > 1$، فليس هناك من غروب أو شروق.

وتحسب H بالدرجات انطلاقاً من $\cos H$؛ في حالة الشروق $360 > H > 180$؛ وفي حالة الغروب $180 > H > 0$.

الخطوة 8: يحسب متوسط التوقيت المحلي للحدث S:

$$S = H / 15 + RA / 15 - 0{,}065710\, Y - 6{,}622$$

ويلاحظ أن S يعبر عنه بالساعات وأنه ينبغي إضافة مضاعفات 24 أو طرحها إلى أن يصبح $24 > S > 0$.

ويلاحظ أن S هو التوقيت المحلي عند النقطة المعنية. ويكون التوقيت المرجعي المقابل هو: $S - B + \beta_m$ /15 h، حيث β_m هو خط طول مستوى الزوال المرجعي للمنطقة الزمنية المطلوبة (بالدرجات) بحيث يكون التوقيت العالمي مثلاً $= S - B$.

الملحق 1

دقة الطريقة

تطبق الطريقة على مسيرات يتراوح طولها من 50 إلى 12 000 km في نطاقي الموجات الكيلومترية LF والهكتومترية MF. غير أنها لم يتحقق من دقتها في نطاق الموجات LF إلا لمسيرات لا يتعدى طولها 7 500 km.

وربما لا تكون المعاملة الخاصة للجزء الجنوبي من الإقليم 3 ضرورية لو استعمل "خط العرض المغنطيسي المصحح" بدلاً من خط العرض المغنطيسي الأرضي. وعلى أي حال ينبغي توخي الحذر لدى استعمال الطريقة في خطوط العرض المغنطيسية الأرضية التي تفوق 60°.

المعادلة (6) التي تصف الطريقة التي تعدل فيها G_S بحكم المسافة s_2 حتى الجزء التالي من الأرض مستخلصة نظرياً ومن ثم يجب اعتبارها مؤقتة إلى حين تيسر نتائج قياسات فعلية.

تتنبأ الطريقة بقيم شدة المجال التي يحتمل ملاحظتها لو كان موقع المرسل وموقع المستقبل على أرض ذات إيصالية نوعية متوسطة، من 3 إلى 10 mS/m، عموماً. ويمكن في بعض المناطق (راجع التوصية ITU-R P.832 مثلاً)، أن تكون الإيصالية النوعية الفعلية للأرض منخفضة إلى حد 0,5 mS/m، أو مرتفعة إلى حد 40 mS/m. وإذا كان مقدار الإيصالية النوعية للأرض عند أحد المطرافين أصغر برتبة من 10 mS/m فقد تكون قيمة شدة المجال أصغر بمقدار 10 dB. وإذا كان مقدار الإيصالية النوعية للأرض عند المطرافين أصغر بمقدار رتبة، عندئذ يتضاعف تناقص قيمة شدة المجال. وتكون كمية التوهين دالة لطول المسير وتكون قيمتها أعظمية في الموجات التي تقترب من الورود التماسي. ويمكن أن تحسَّن الطريقة بواسطة إدخال تصحيح على الإيصالية النوعية للأرض عندما تختلف عن الإيصالية النوعية لأرض متوسطة اختلافاً ملموساً فتستعمل، على سبيل المثال، المعلومات التي يتضمنها الكتيب الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية تحت عنوان: غلاف التأين وتأثيراته على انتشار الموجات الراديوية.

وتفترض الطريقة أن الانعكاس لا يحدث إلا عبر الطبقة E، أو أن الانعكاسات عبر الطبقة E هي السائدة. لكن إذا كانت $f > (\text{foE}) \sec i$ ، حيث foE هي التردد الحرج للطبقة E وi هي زاوية الورود عند الطبقة E، عندئذ تخترق الموجة الطبقة E وتنعكس عبر الطبقة F. ويحتمل أن يحدث ذلك بشكل رئيسي عند الترددات الأعلى من نطاق الموجات MF وإلى مسافات على الأرض أقل من 500 km، خاصة في ساعات متأخرة من الليل وفي أثناء أدنى فترة كلف شمسية. ويبقى استعمال الطريقة ممكناً شريطة أن تحسب p من أجل ارتفاع للانعكاس عبر الطبقة F يساوي 220 km وأن تحسب القوة المحركة الموجية V من أجل زاوية الارتفاع المقابلة.

تدل القياسات التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية على أن الشكل 3 (عامل الخسارة في الساعة) قد يكون دقيقاً بالنسبة إلى الترددات القريبة من 1 000 kHz في سنة ذات نشاط شمسي منخفض. وبما أن الترددات تنحرف عن هذه القيمة في كلا الاتجاهين، لا سيما أثناء ساعات الانتقال، فقد تنتج عن ذلك أخطاء كبيرة. وتدل هذه القياسات أيضاً على أن تأثير النشاط الشمسي يكون أكبر بكثير بعد ساعتين من غروب الشمس مما هو عليه بعد ست ساعات من غروبها. وهكذا يمكن أن يكون الفارق بين قيم شدة المجال ست ساعات بعد غروب الشمس وساعتين بعد هذا الغروب أكبر بكثير، في سنة ذات نشاط شمسي عالٍ، مما يبينه الشكل 3.

تكون الموجات MF المنتشرة بالموجة الأيونوسفيرية ليلاً في خطوط العرض المعتدلة أقوى في الربيع والخريف وأضعف في الصيف والشتاء، ويكون الحد الأدنى على أشده في الصيف. ويمكن أن يصل التغير الإجمالي إلى 15 dB عند أدنى الترددات في نطاق الموجات MF ويتناقص إلى 3 dB تقريباً عند الطرف الأعلى من النطاق. أما في نطاق الموجات LF فإن التغير الموسمي ليلاً يكون في الاتجاه المعاكس ويكون على أشده في الصيف. ويكون التغير الموسمي أصغر بكثير عند خطوط العرض المدارية.

الملحق 2

اعتبارات تتعلق بانتشار الموجة الأيونوسفيرية نهاراً

1 حالات الموجات الكيلومترية (LF)

تكون قيم شدة المجال ظهراً عند الموجات LF أصغر من القيم الملاحظة عند منتصف الليل بمقدار 7 إلى 45 dB. ويتعلق الفارق بالتردد والمسافة والفصل من السنة (راجع أيضاً التوصية ITU-R P.684).

2 حالات الموجات الهكتومترية (MF)

تبيّن المعطيات المتيسرة لقيم شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية في منتصف النهار الممثل أن ثمة تغيراً متسقاً لهذه القيم مع حد أقصى يحدث في أشهر الشتاء. ويكون متوسط شدة المجال لأشهر الشتاء أقوى من المتوسط السنوي بمقدار 10 dB، وقد تتجاوز نسبة الشتاء إلى الصيف 30 dB. وتكون القيمة المتوسطة السنوية لشدة المجال ظهراً أصغر بمقدار 43 dB من القيمة المقابلة لشدة المجال بعد ست ساعات من غروب الشمس. وشدة المجال التي يتم تجاوزها أثناء 10% من أيام السنة هي أكبر من القيمة المتوسطة السنوية بمقدار 13 dB. راجع أيضاً الكتيب الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية تحت عنوان "غلاف التأين وتأثيراته على انتشار الموجات الراديوية".

_____