

التوصية ITU-R P.1147-4\*

## التنبؤ بشدة مجال الموجة الأيونوسفيرية عند ترددات

بين 150 و 1700 kHz تقريباً

(المسألة ITU-R 225/3)

(1995-1999-2003-2005-2007)

### مجال التطبيق

تتناول هذه التوصية إجراءات للتنبؤ في مدى التردد بين 150 و 1700 kHz، وذلك لطول مسير يتراوح ما بين 50 و 12 000 km.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ ( أن من الضروري أن تعطى للمهندسين إرشادات حول تخطيط خدمات الإذاعة في نطاقات الموجات الكيلومترية (LF) والهكومتريية (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

باعتتماد الطريقة التالية مع الإحاطة علماً بشكل خاص بالمناقشات المتعلقة بدقتها الواردة في الملحق 1.

### 1 مقدمة

تتنبأ هذه الطريقة بقيمة شدة مجال الموجة الأيونوسفيرية ليلاً بالنسبة إلى قدرة مشعة معينة صادرة عن هوائي رأسي واحد أو عن عدة هوائيات رأسية، عندما تقاس بواسطة هوائي عروبي عند سوية الأرض مترافف في مستوى 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 لنطاقات الموجات الكيلومترية (LF) والموجات الهكومتريية (MF) بصفة خاصة. انظر الملحق 2 فيما يتعلق باعتبارات الانتشار نهاراً.

الأشكال 1 و 2 و 3 جزء أساسي من طريقة التنبؤ. ومن قبيل التيسير تضم الأشكال 5 و 6 و 10 خرائط مغنطيسية أرضية. أما الأشكال الأخرى والتذييل 1 فتوفر معلومات إضافية تسهل استعمال الطريقة.

\* أجرت لجنة الدراسات 3 تعديلات صياغية على هذه التوصية في أبريل 2015 طبقاً للقرار 1 ITU-R.

## 2 المتوسط السنوي لشدة المجال ليلاً

تعطي الصيغة التالية شدة المجال المتوقعة للموجة الأيونوسفيرية:

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

حيث:

- $E$ : المتوسط السنوي لقيم شدة المجال المتوسطة نصف الساعية ( $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ) من أجل قوة محرّكة 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 ( $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ) من أجل قوة محرّكة موجية للمرسل بمقدار  $V$  300 في الوقت المرجعي المعرف في الفقرة 1.2
- $V$ : القوة المحركة الموجية للمرسل ( $\text{dB}$ ) فوق قوة محرّكة موجية مرجعية قدرها  $V$  300 (انظر الفقرة 2.2)
- $G_S$ : تصحيح الكسب بسبب البحر ( $\text{dB}$ ) (انظر الفقرة 3.2)
- $L_p$ : خسارة اقتران الاستقطاب الزائد ( $\text{dB}$ ) (انظر الفقرة 4.2)
- $A$ : قيمة ثابتة. في نطاق الموجات الكيلومترية  $A = 110,2$ . وفي نطاق الموجات الهكطومترية  $A = 107$  باستثناء مسيرات الانتشار حيث تقع نقطة منتصف المسير في جزء الإقليم 3 الواقع جنوب خط العرض  $11^\circ$  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 ( $\text{dB}$ ) (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  $G_S$  و  $L_p$  و  $R$  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  $2000 \text{ km}$ . أما في المسيرات الأطول فتقع  $S$  على مسافة  $750 \text{ km}$  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 ( $V$  ( $\text{dB}(300 \text{ V})$ ):

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

حيث:

- $P$ : القدرة المشعة ( $\text{dB}(1 \text{ kW})$ )
- $G_V$ : عامل كسب هوائي الإرسال ( $\text{dB}$ ) العائد إلى الاتجاهية الرأسية الوارد في الشكل 1
- $G_H$ : عامل كسب هوائي الإرسال ( $\text{dB}$ ) 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:

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

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

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 الهكثومترية (MF). وتكون  $G_0 = 10$  dB في نطاق الموجات MF، إذا كانت  $d < 6500$  km. أما في نطاق الموجات LF فتكون  $G_0 = 4,1$  dB إذا كانت  $d < 5000$  km حيث  $d$  هي المسافة على الأرض بين المطرافين.

وتعطى الصيغة التالية التصحيح  $c_1$ :

$$(5) \quad c_1 = \frac{s_1}{r_1} G_0$$

حيث:

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

$$\text{km} \quad r_1 = 10^3 \frac{G_0^2}{Q_1 f}$$

$f$ : التردد (kHz)

$Q_1 = 0,30$  في نطاق الموجات الكيلومترية (LF) و  $1,4$  في نطاق الموجات الهكثومترية (MF).

وتعطى الصيغتان التاليتان التصحيح  $c_2$ :

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

$$(7) \quad r_2 \leq s_2 \quad \text{من أجل} \quad c_2 = 0$$

حيث:

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

$$\text{km} \quad r_2 = 10^3 \frac{G_0^2}{Q_2 f}$$

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

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

عندما يستعمل الحاسوب ولكن دون توفر بنك لمعطيات التضاريس الأرضية يسمح بحساب  $\alpha$ ، عندئذ ينبغي أن تؤخذ  $\alpha$  على أنها مساوية لقيمة 0,5 مما يعني وجود الأرض والبحر بنسب متساوية في جزء المسير بين  $r_2$  و  $r_1$ .

تسهيلاً للحساب، يبين الشكل 8 المسافة  $r_1$ ، وهي أكبر مسافة من البحر يجب حساب الكسب بسبب البحر من أجلها، بينما يبين الشكل 8 ب 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 الموجات الكيلومترية (LF). أما في نطاق الموجات الهكثومترية (MF) فتعطي قيمة  $L_p$  لمطرف واحد إحدى الصيغتين التاليتين:

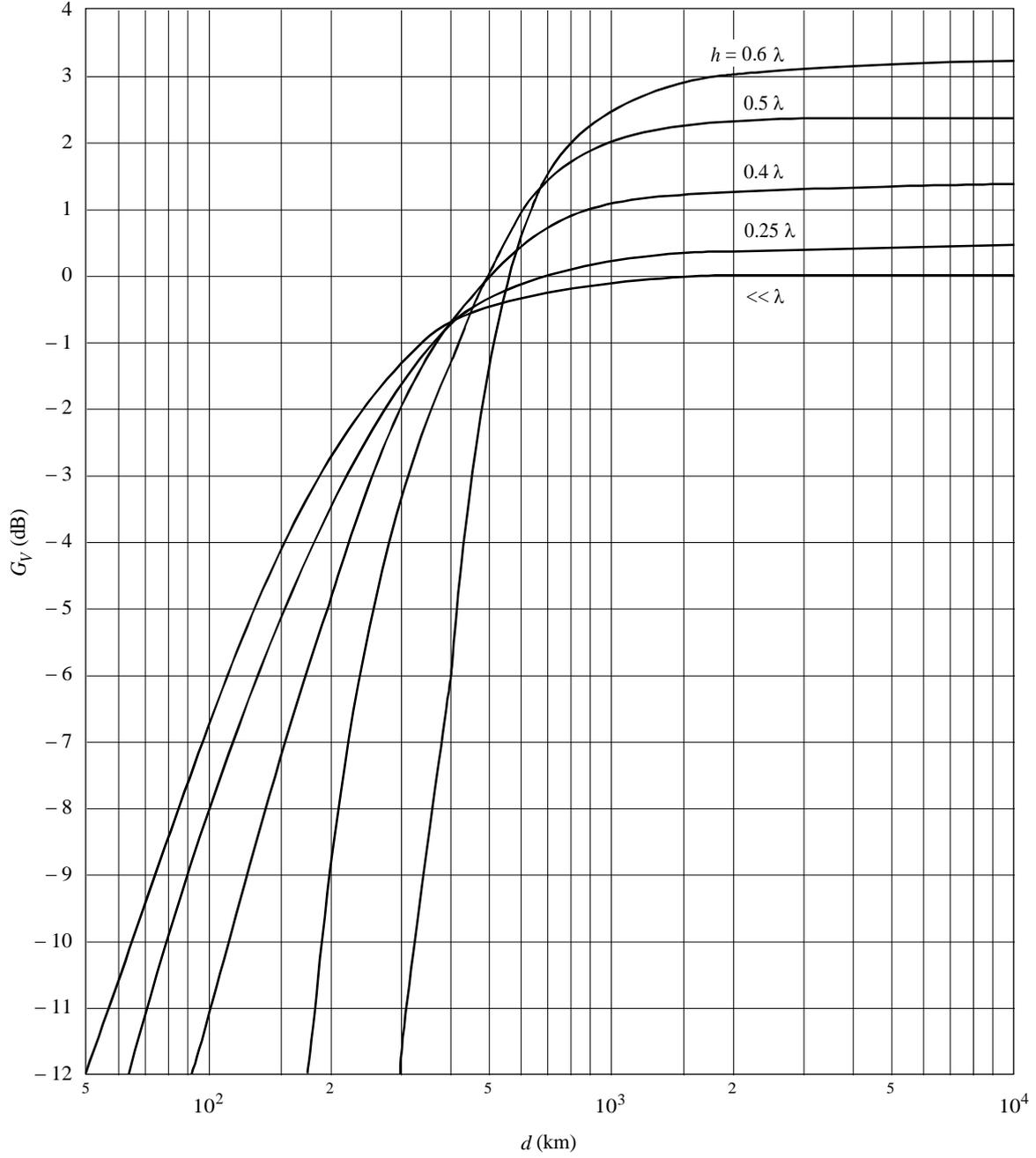
$$(8) \quad \begin{aligned} \text{من أجل } I \geq 45^\circ & \quad L_p = 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2 \quad \text{dB} \\ \text{من أجل } I < 45^\circ & \quad L_p = 0 \end{aligned}$$

حيث  $I$  هو الميل المغنطيسي، شمالاً أو جنوباً (بالدرجات) عند المطراف، و  $\theta$  هي سمت المسير مقيساً بالدرجات بالنسبة إلى الاتجاه المغنطيسي شرق-غرب، بحيث  $|\theta| \leq 90^\circ$ . وينبغي أن تقدر  $L_p$  تقديراً منفصلاً بالنسبة إلى المطرافين، لأن  $\theta$  و  $I$  قد يكون لهما قيم مختلفة، ثم تضاف القيمتان  $L_p$ . وينبغي أن تستعمل في تحديد  $\theta$  و  $I$  أكثر القيم دقة المتيسرة للميل المغنطيسي وقوس الميل المغنطيسي (انظر الشكلين 5 و 6 على سبيل المثال).

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

## الشكل 1

عامل كسب هوائي الإرسال ( $G_V$ ) من أجل هوائيات رأسية  
فوق أرض مستوية تماماً

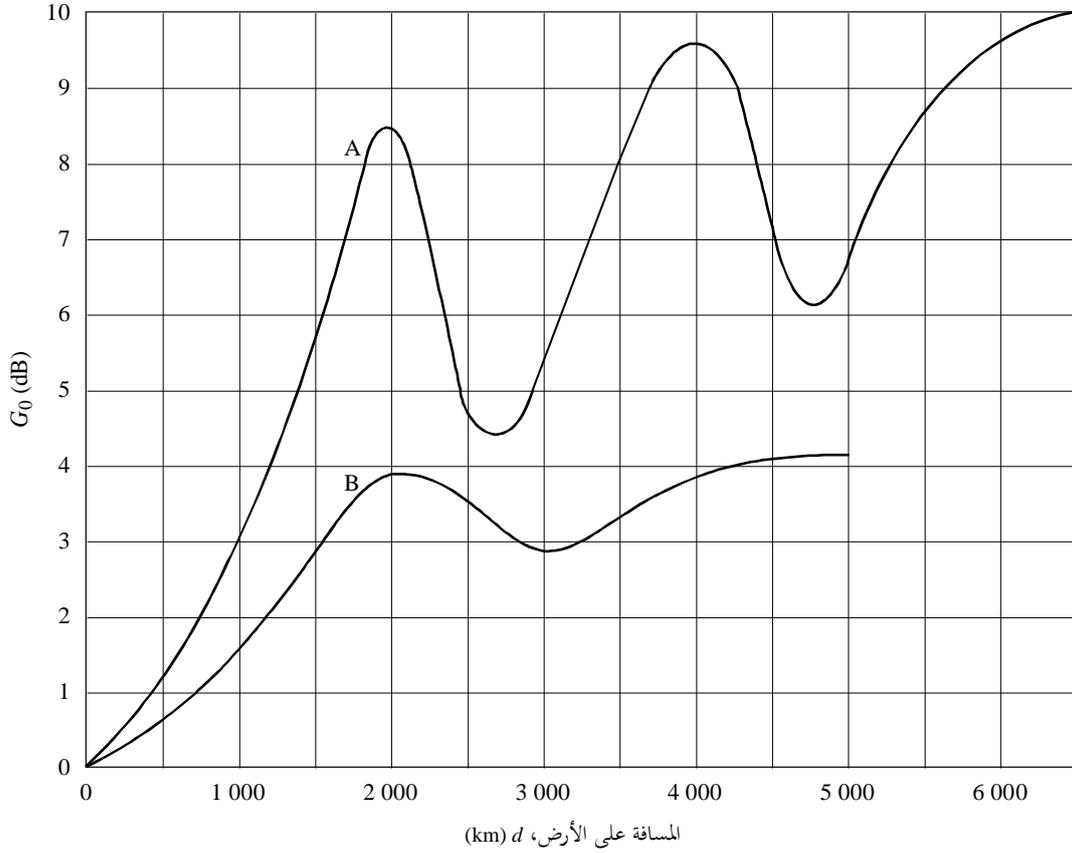


$h$ : ارتفاع الهوائي

الملاحظة 1 - من أجل  $10\,000 \text{ km} < d < 12\,000 \text{ km}$ ، تقرأ  $d = 10\,000 \text{ km}$  عند استعمالها.

الشكل 2

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

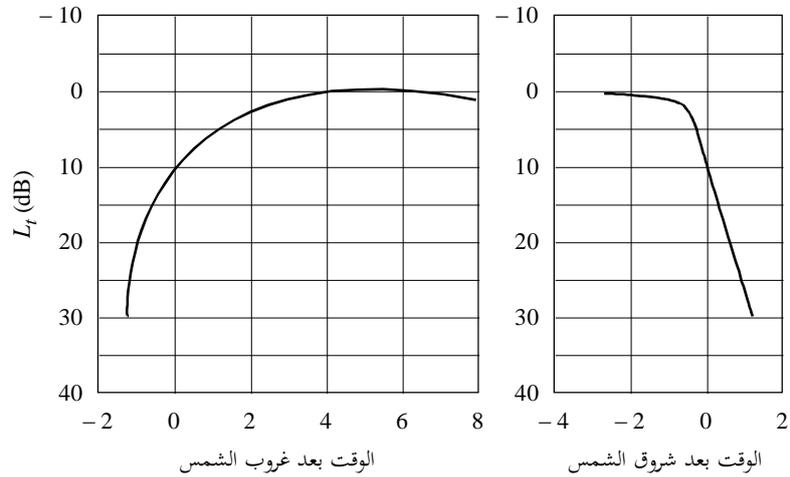


المنحني A: نطاق الموجات الهكثومترية (MF)  
المنحني B: نطاق الموجات الكيلومترية (LF)

1147-02

الشكل 3

عامل الخسارة في الساعة ( $L_t$ )



1147-03

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:

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

يمكن استعمال المعادلة (9) لمسيرات من أي طول ويكون الخطأ مهماً. 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.

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

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

$$(10) \quad L_a = k \sqrt{p / 1\,000}$$

ومعامل الخسارة الأساسي  $k$  تعطيه العلاقة التالية:

$$(11) \quad k = (2\pi + 4.95 \tan^2 \Phi)$$

في المعادلة (11)  $\Phi$  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  $\Phi$  أكبر من  $+60^\circ$  تقدر المعادلة (11) من أجل  $+60^\circ$   $\Phi =$ . أما إذا كانت قيمة  $\Phi$  أقل من  $-60^\circ$ ، فتقدر المعادلة (11) من أجل  $\Phi = -60^\circ$ . 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،  $L_r$  (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. وبالنسبة للمسيرات التي يتجاوز طولها 2 000 km تحدد الأزمنة عند نقاط تبعد 750 km من كل مطراف ويكون الزمن المختار حيث تكون زاوية ارتفاع الشمس أعلى. ولا تعرف 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 وللفضول 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 التغيير 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:

$$\begin{aligned} & \text{في نطاق الموجات LF،} & 0 = L_r \\ & \text{في نطاق الموجات MF،} & 0 = L_r \quad | \Phi | \leq 45^\circ \text{ إذا كان} \\ & \text{في نطاق الموجات MF،} & b(R/100) (p/1\ 000) = L_r \quad | \Phi | > 45^\circ \text{ إذا كان} \end{aligned}$$

(12)

dB

$$b(R/100) (p/1\ 000) = L_r$$

|  $\Phi$  | > 45° إذا كان

في نطاق الموجات MF،

حيث:

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

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:

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

$$(15) \quad \text{و} \quad 11,5 = \Delta(1) \quad \text{dB}$$

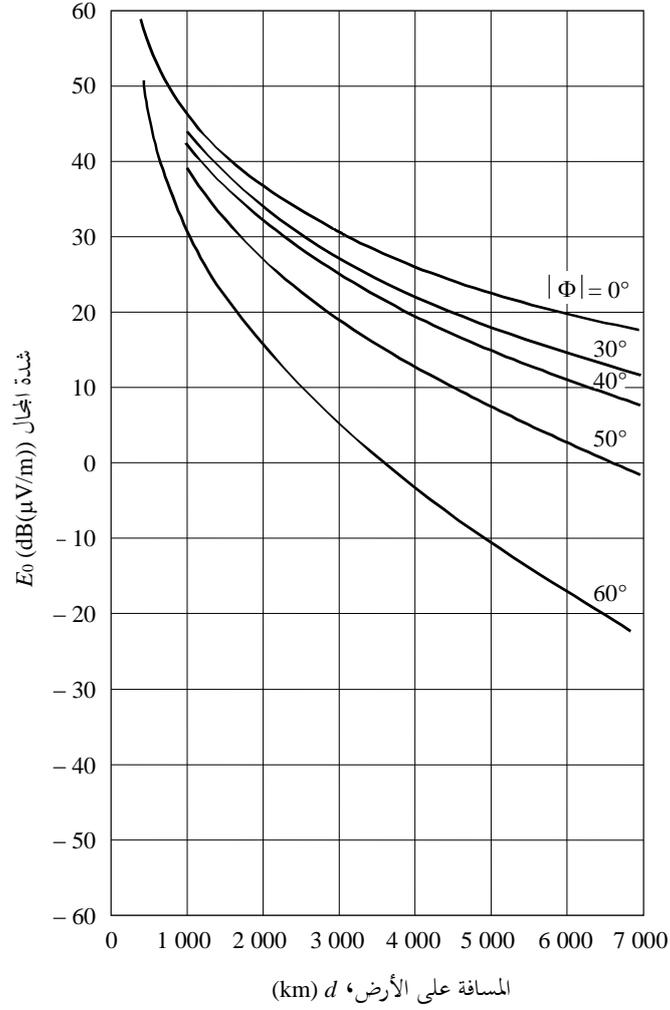
$$(16) \quad \text{في نطاق الموجات MF:} \quad 0,2 | \Phi | - 2 = \Delta(10) \quad \text{dB}$$

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

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.

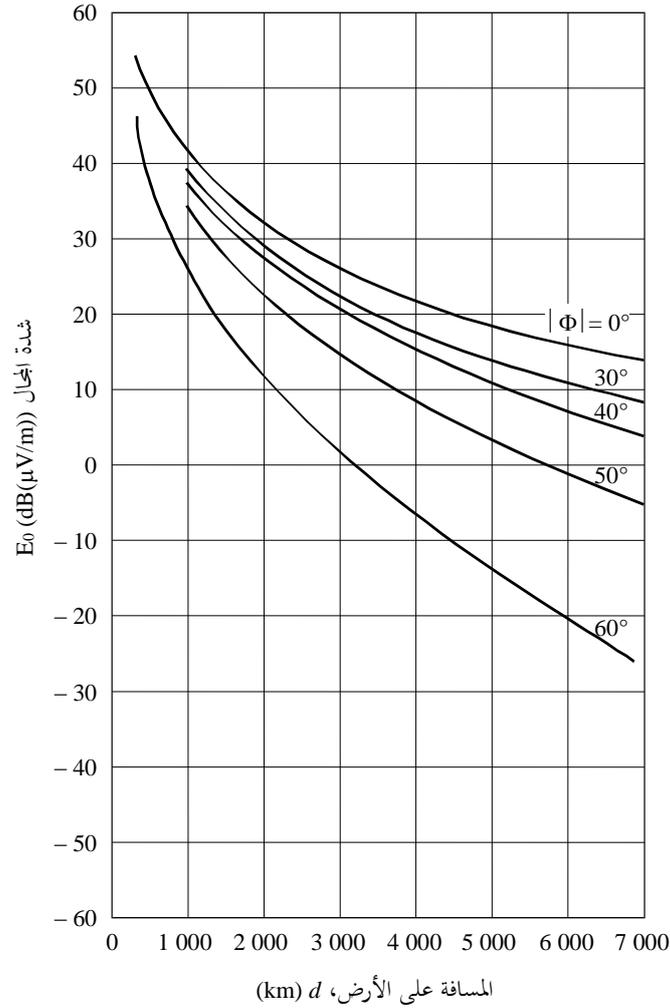
الشكل 4 أ

منحنيات تمثل  $E_0$  من أجل نطاق الموجات LF عندما يساوي كل من  $G_S$  و  $L_P$  و  $R$  الصفر، ولخطوط عرض مغنطيسية أرضية ثابتة



الشكل 4 ب

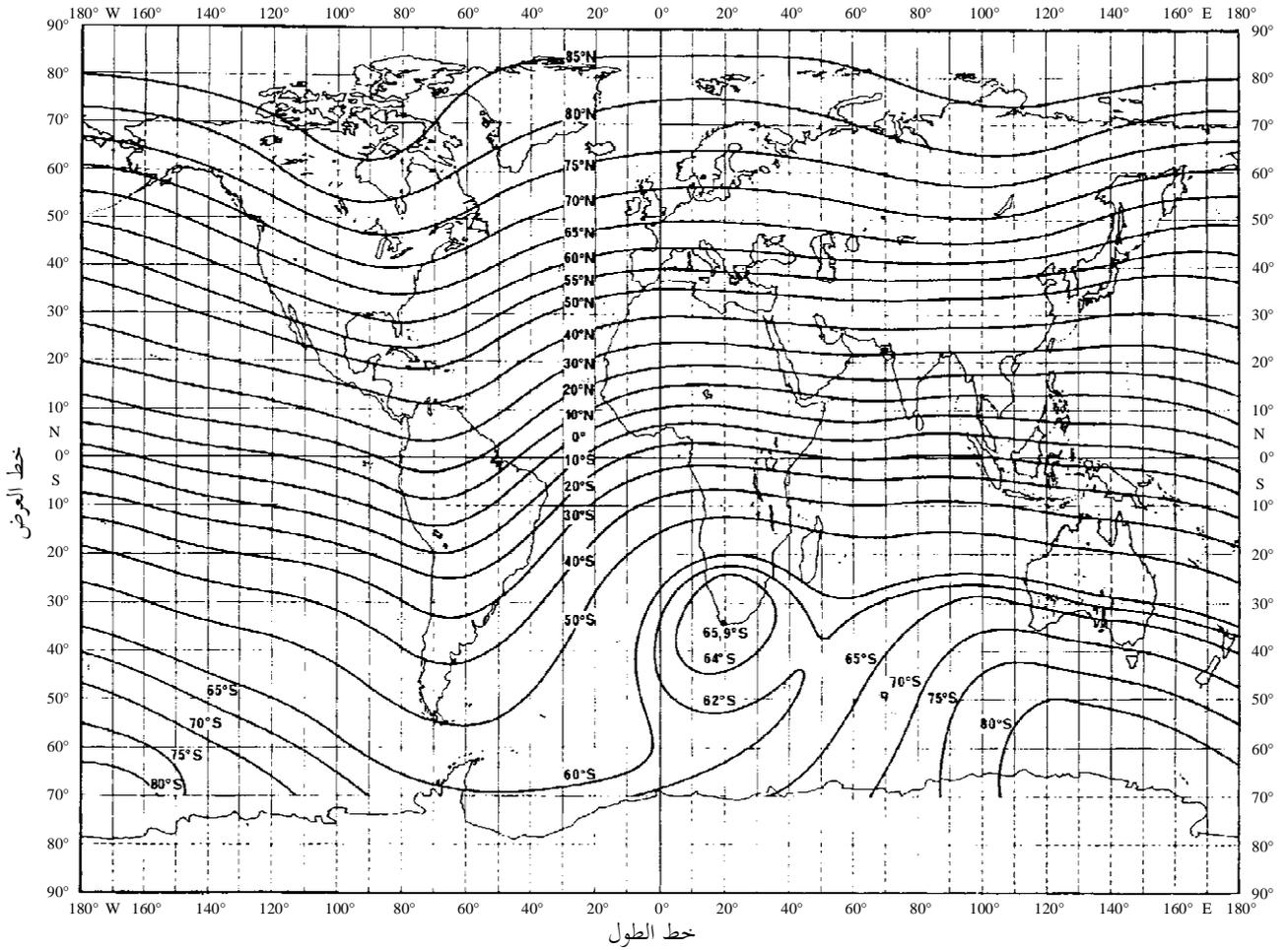
منحنيات تمثل  $E_0$  من أجل نطاق الموجات MF عندما يساوي كل من  $G_S$  و  $L_P$  و  $R$  الصفر، ولخطوط عرض مغنطيسية أرضية ثابتة



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

## الشكل 5

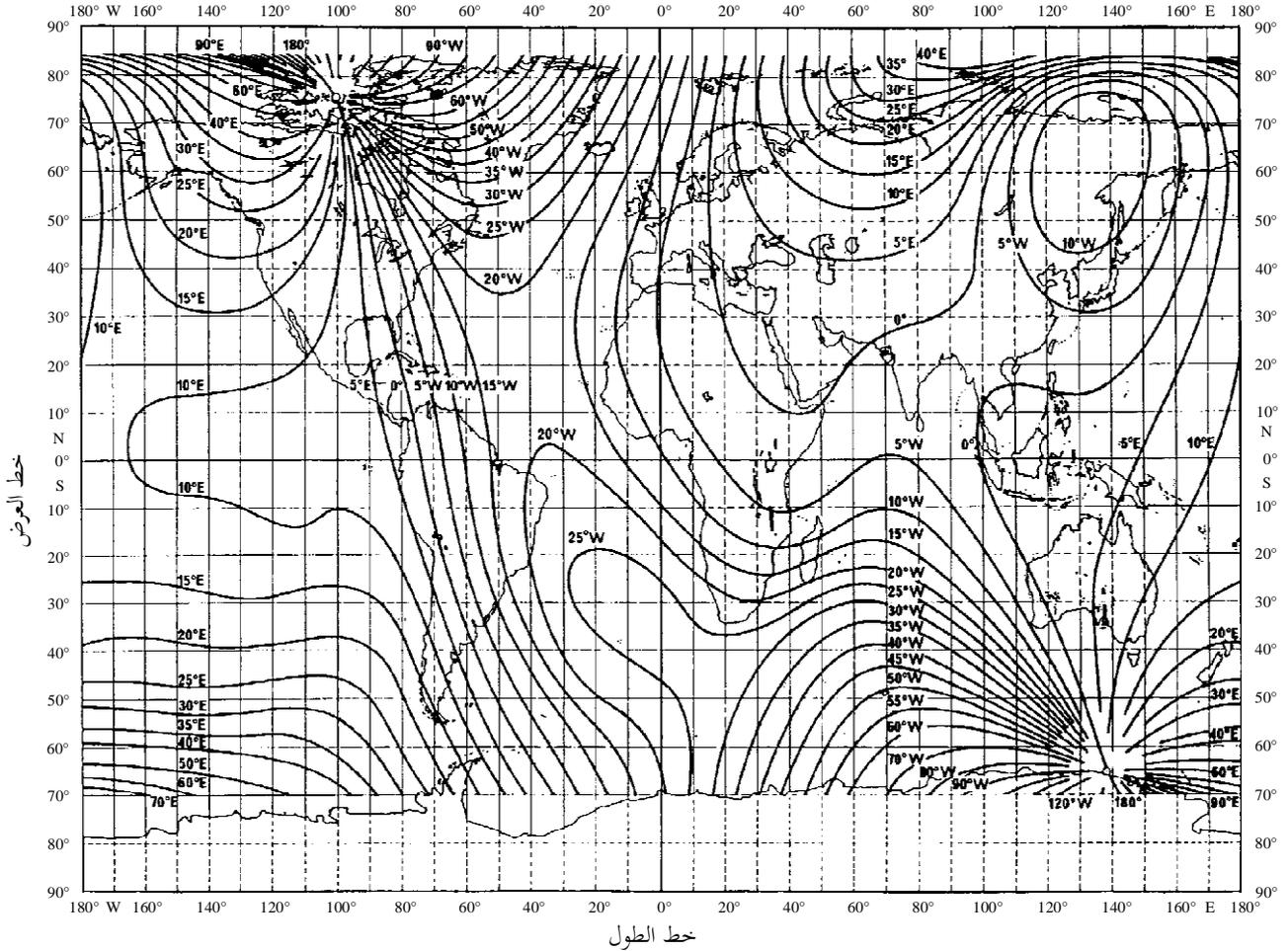
## خريطة الميل المغنطيسي (الفترة 1975.0)



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

الشكل 6

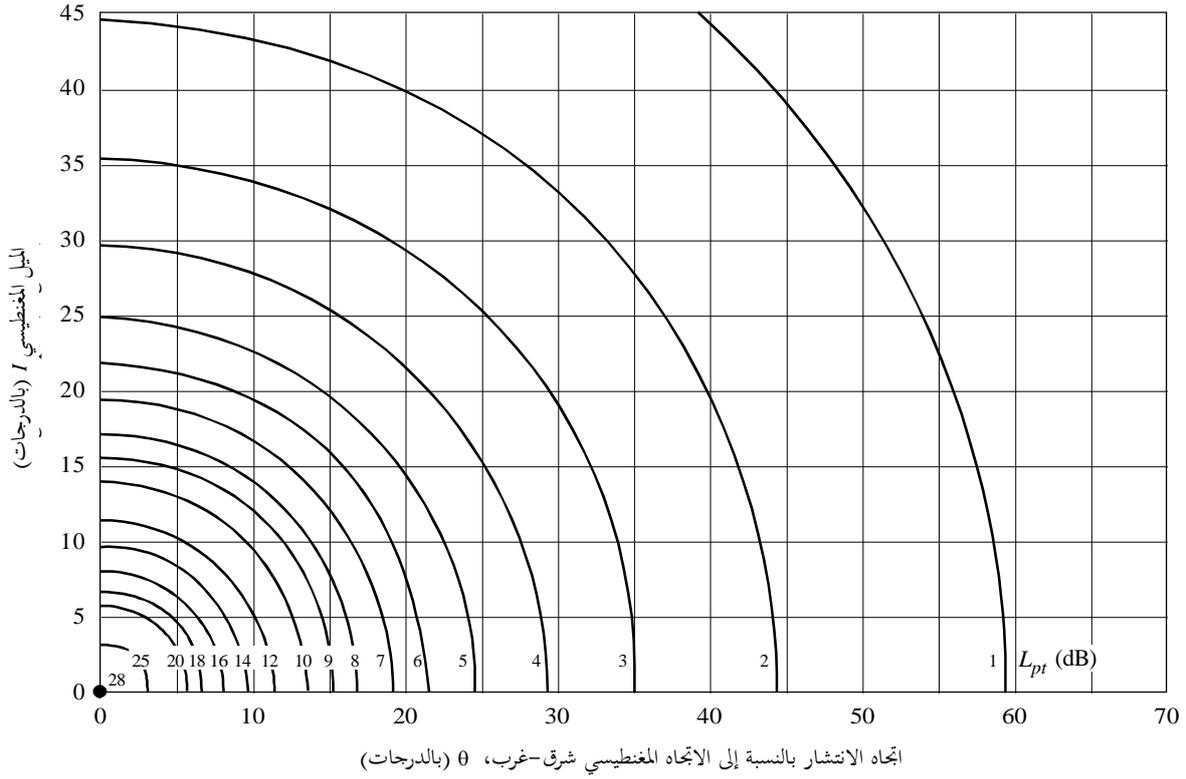
خريطة قوس الميل المغنطيسي (الفترة 1975.0)



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

الشكل 7

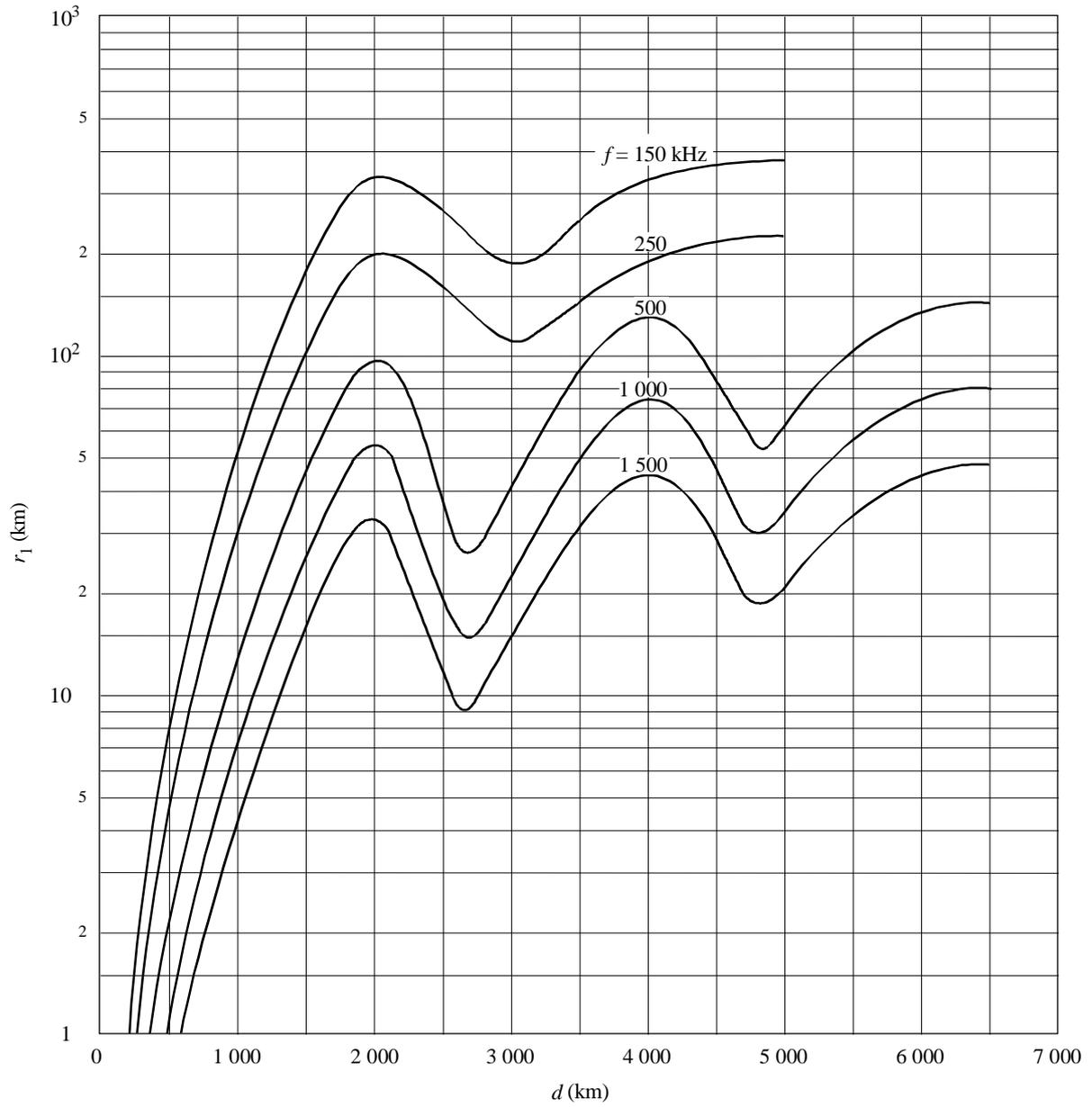
خسارة اقتران الاستقطاب الزائد  $L_p$  (من أجل مطراف وحيد)



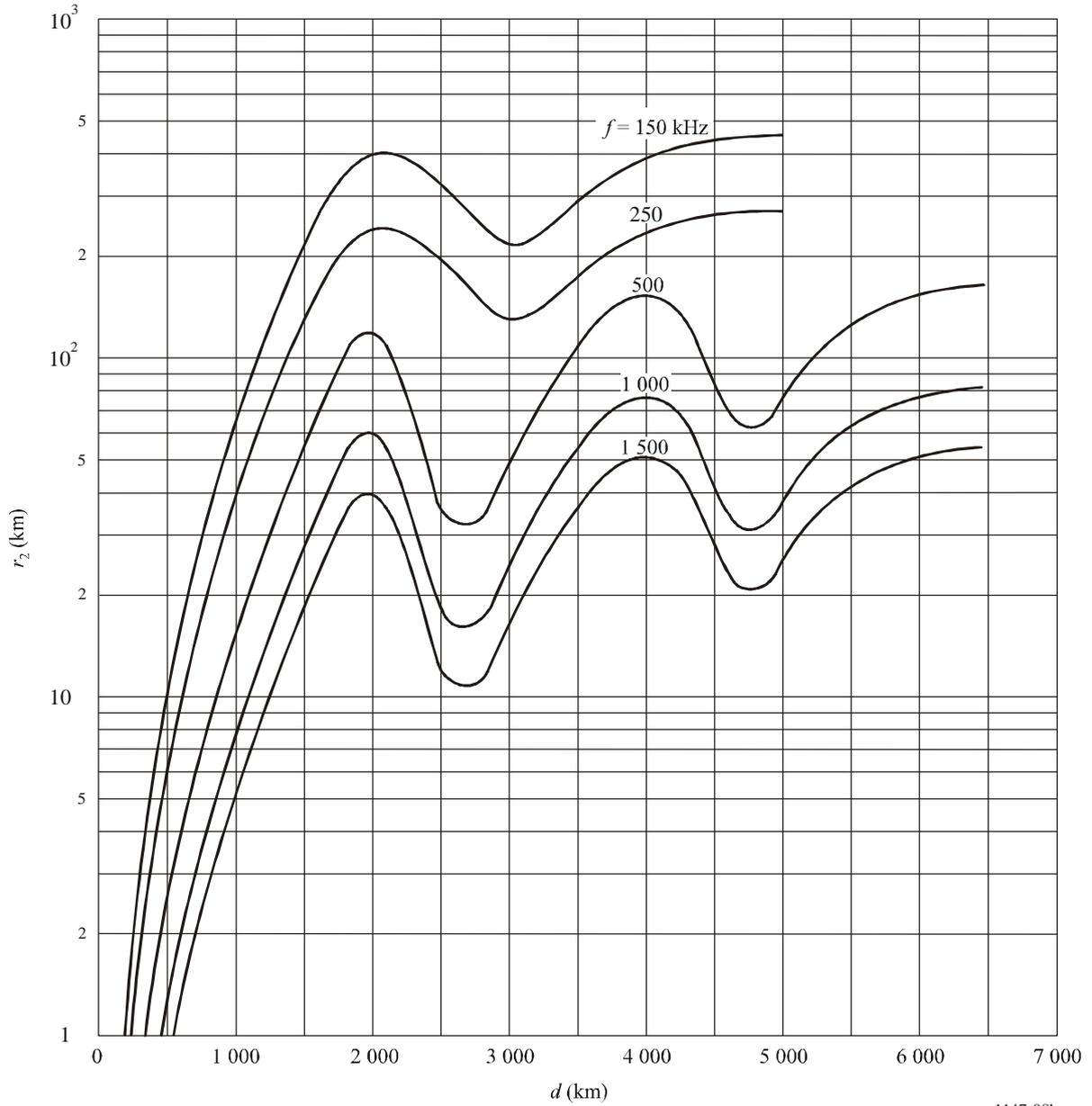
$$L_p = 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2$$

1147-07

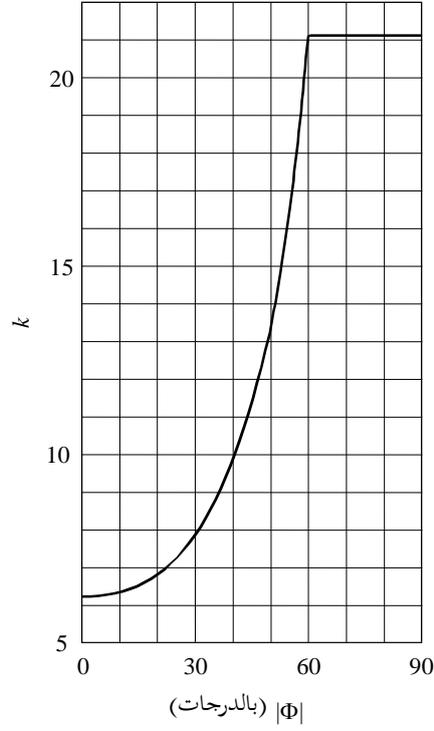
الشكل 8 أ  
قيم  $r_1$  لترددات مختلفة



الشكل 8 ب  
قيم  $r_2$  لترددات مختلفة



الشكل 9  
معامل الخسارة الأساسي

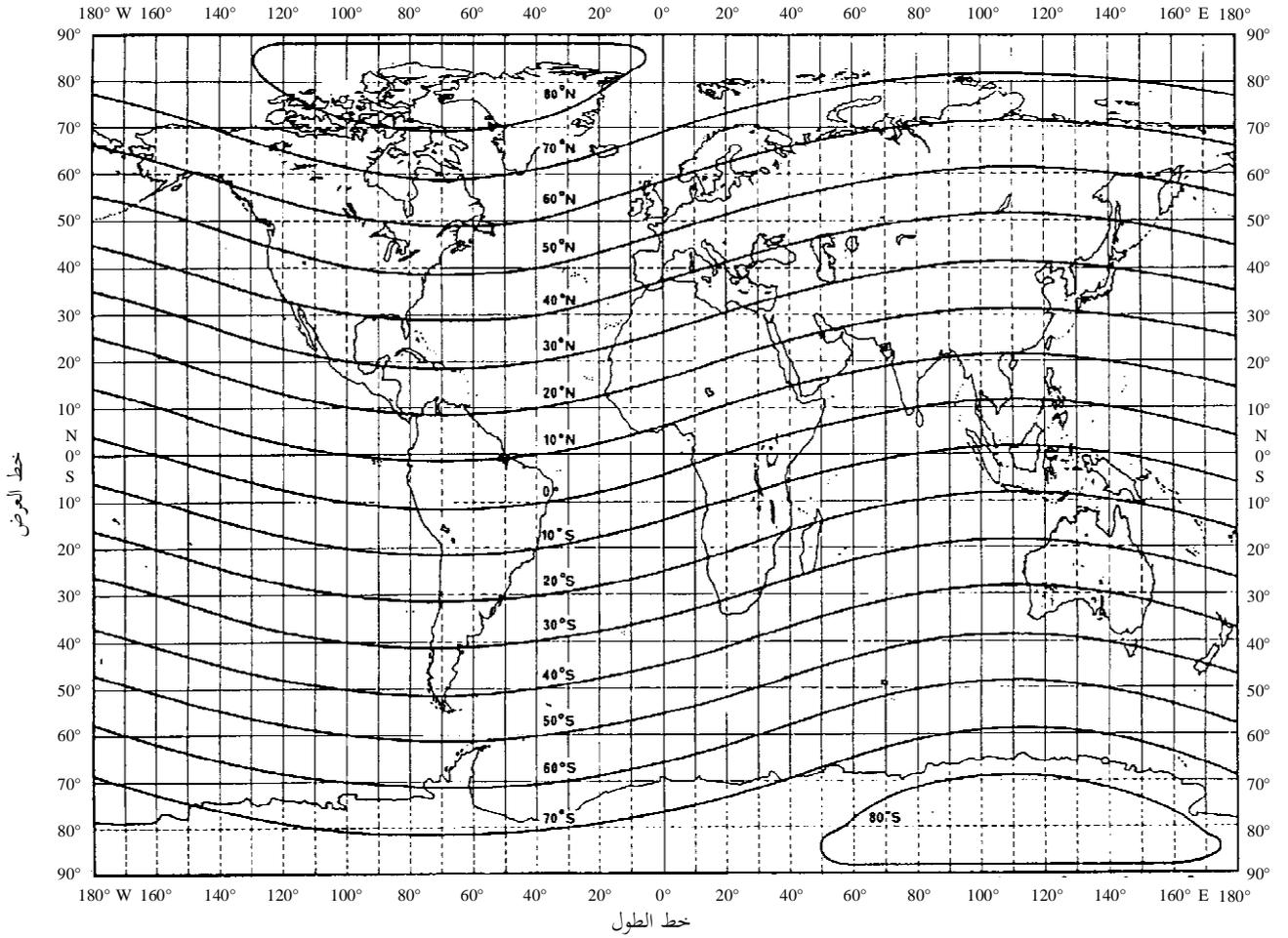


من أجل  $|\Phi| \leq 60^\circ$   $k = (2\pi + 4,95 \tan^2 \Phi)$

1147-09

الشكل 10

## خطوط عرض مغنطيسية أرضية



$$\Phi = \arcsin [\sin \alpha \cdot \sin 78,5^\circ + \cos \alpha \cdot \cos 78,5^\circ \cdot \cos (69^\circ + \beta)]$$

$\Phi$ : خط العرض المغنطيسي الأرضي

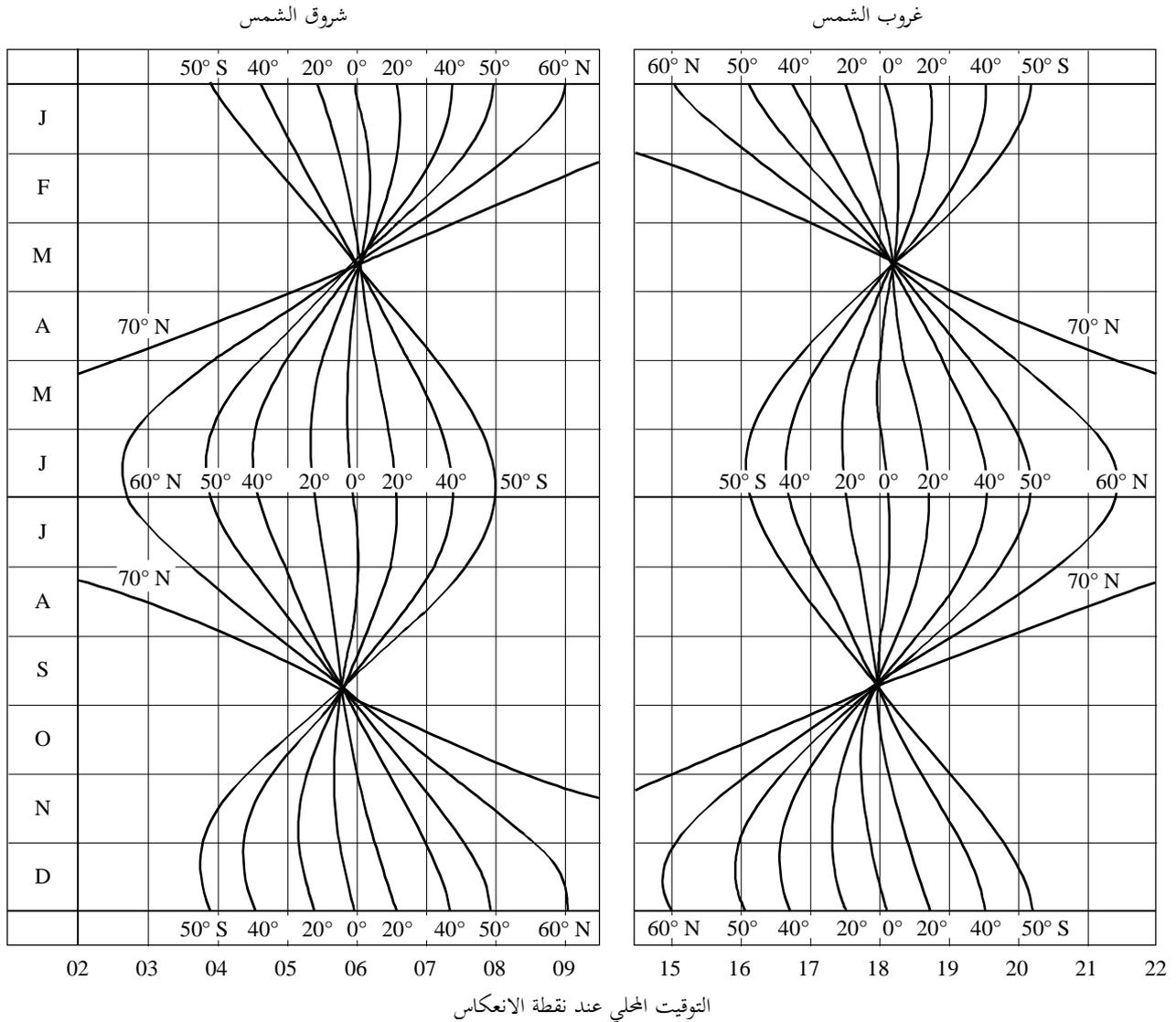
$\alpha$ : خط العرض الجغرافي

$\beta$ : خط الطول الجغرافي

وتعتبر الإحداثيات شمالاً وشرقاً موجبة، وجنوباً وغرباً سالبة.

الشكل 11

مواعيد شروق الشمس وغروبها في أشهر مختلفة وخطوط عرض جغرافية مختلفة



1147-11

التذييل 1

يحتوي هذا التذييل على معادلات يمكن استعمالها بديلة عن الشكلين 3 و 11 بالنسبة إلى عامل الخسارة في الساعة ومواعيد غروب الشمس وشروقها على التوالي. وتستعمل في هذا التذييل الرموز الإضافية التالية:

قائمة الرموز

$\alpha$ : خط العرض الجغرافي لنقطة على المسير (بالدرجات)

$\beta$ : 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).

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

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

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  $|\alpha| < 65^\circ$ ، على النحو التالي، وبدقة في حدود  $\pm 2 \text{ min}$ :

$$N: \text{اليوم من السنة بعدد الأيام، مثلاً، 1 يناير } = 1$$

$$S': \text{التوقيت المحلي التقريبي للحدث، مثلاً، الغروب } = 1800 \text{ h، والشروق } = 0600 \text{ h}$$

$$Z: \text{المسافة السمتية للشمس (بالدرجات)} = 90,8333^\circ (50' 90^\circ) \text{ لغروب الشمس أو لشروقها.}$$

الخطوة 1: يحسب خط طول مكان المشاهد،  $\beta$ :

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

الخطوة 2: يحسب توقيت الحدث،  $Y$ :

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

الخطوة 3: تحسب الزاوية الاختلافية المتوسطة للشمس،  $M$ :

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

الخطوة 4: يحسب خط طول الشمس،  $L$ :

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

تلاحظ الربعية التي يقع فيها  $L$ .

الخطوة 5: يحسب الطالع المستقيم للشمس،  $RA$ :

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

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

الخطوة 6: يحسب قوس ميل الشمس  $s$ :

$$\sin s = 0,39782 \sin L \quad \text{ومن هنا تكون:}$$

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

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  $180 > H > 360$ ؛ 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  $\beta_m$  هو خط طول مستوى الزوال المرجعي للمنطقة الزمنية المطلوبة (بالدرجات) بحيث يكون التوقيت العالمي مثلاً  $B - S =$ .

## الملحق 1

### دقة الطريقة

تطبق الطريقة على مسيرات يتراوح طولها من 50 إلى 12 000 km في نطاقات الموجات الكيلومترية (LF) والهكثومترية (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  $60^\circ$ .

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.

تنبأ 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 الطرفين أصغر برتبة من 10 mS/m فقد تكون قيمة شدة المجال أصغر بمقدار 10 dB. وإذا كان مقدار الإيصالية النوعية للأرض عند الطرفين أصغر بمقدار رتبة، عندئذ يتضاعف تناقص قيمة شدة المجال. وتكون كمية التوهين دالة لطول المسير وتكون قيمتها أعظمية في الموجات التي تقترب من الورد التماسي. ويمكن أن تحسّن 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  $f > (foE) \text{ sec } i$ ، حيث  $foE$  هي التردد الحرج للطبقة E و  $i$  هي زاوية الورد 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 (انظر أيضاً التوصية ITU-R P.684).

#### 2 حالات الموجات الهكومتريية (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".