

# KHẢ NĂNG DỰ BÁO foF2 ĐIỆN LY XÍCH ĐẠO TỪ VIỆT NAM VÀ ỨNG DỤNG CHO TRUYỀN SÓNG VÔ TUYẾN HF

HOÀNG THÁI LAN<sup>1</sup>, VĨNH HÀO<sup>2</sup>,  
DƯƠNG VĂN VINH<sup>1</sup>, ĐÀO NGỌC HẠNH TÂM<sup>1</sup>  
E-mail: thailan164@gmail.com

<sup>1</sup>*Viện Vật lý Tp. Hồ Chí Minh, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

<sup>2</sup>*Viện nghiên cứu và Ứng dụng Công nghệ Nha Trang*

Ngày nhận bài: 11 - 3 - 2013

## 1. Mở đầu

Dải tần HF (High Frequency) thuộc phổ vô tuyến từ 3 đến 30 MHz hay còn được gọi là vô tuyến sóng ngắn. Do cơ chế lan truyền của sóng HF trong khí quyển của Trái Đất, vô tuyến sóng ngắn được sử dụng cho phát thanh, thông tin liên lạc tầm xa với tàu biển và máy bay; đặc biệt là giúp những khu vực hiểm trở như vùng núi, hải đảo có thể tiếp cận các thông tin khẩn cấp. Năng lượng tần số vô tuyến sóng ngắn có khả năng vươn tới bất kỳ vị trí nào trên Trái Đất vì nó có thể khúc xạ trở lại Trái Đất bởi tầng điện ly. Tầng điện ly được định nghĩa là vùng khí quyển bắt đầu ở độ cao khoảng 60-70 km tính từ bề mặt Trái Đất và kéo dài đến khoảng hơn 1000 km. Tính chất đặc trưng của tầng Điện ly là có độ dẫn điện cao do các thành phần không khí ở đây bị bức xạ Mặt Trời ion hóa, tạo ra một môi trường khí quyển có khả năng dẫn điện, khúc xạ sóng HF và cho phép thực hiện truyền sóng với khoảng cách rất xa. Thông tin liên lạc sử dụng băng tần HF có ưu điểm nổi bật là đơn giản, dễ di động, rẻ tiền và đặc biệt là không phụ thuộc vào người cung cấp dịch vụ như thông tin vệ tinh. So với các loại hình khác thì thông tin sóng ngắn có chi phí thấp, cơ sở hạ tầng cho liên lạc hai chiều tầm xa chỉ cần một cặp máy thu phát, một ăng ten, một nguồn năng lượng đơn giản. Tuy nhiên, sự thay đổi của bức xạ Mặt Trời sẽ làm thay đổi trạng thái các lớp điện ly và gây ra những sai lệch trong việc truyền tín hiệu vô tuyến.

Để góp phần giải quyết nhược điểm của thông tin liên lạc sóng ngắn là phụ thuộc vào trạng thái tầng điện ly, báo cáo này trình bày những kết quả tính toán các công thức dự báo tần số tới hạn foF2 của điện ly xích đạo từ Việt Nam dựa trên chuỗi số liệu quan trắc điện ly tại đài quan trắc Hóc Môn, thành phố Hồ Chí Minh (10°50'N, 106°33'E) trong thời gian một chu kỳ hoạt động Mặt Trời. Lớp F2 là lớp đặc biệt quan trọng trong truyền sóng HF vì nó có độ dẫn điện cao và tồn tại suốt ngày đêm. Kết quả này là cơ sở cho việc xác định điều kiện truyền sóng vô tuyến HF phục vụ thông tin liên lạc của khu vực miền Nam Việt Nam.

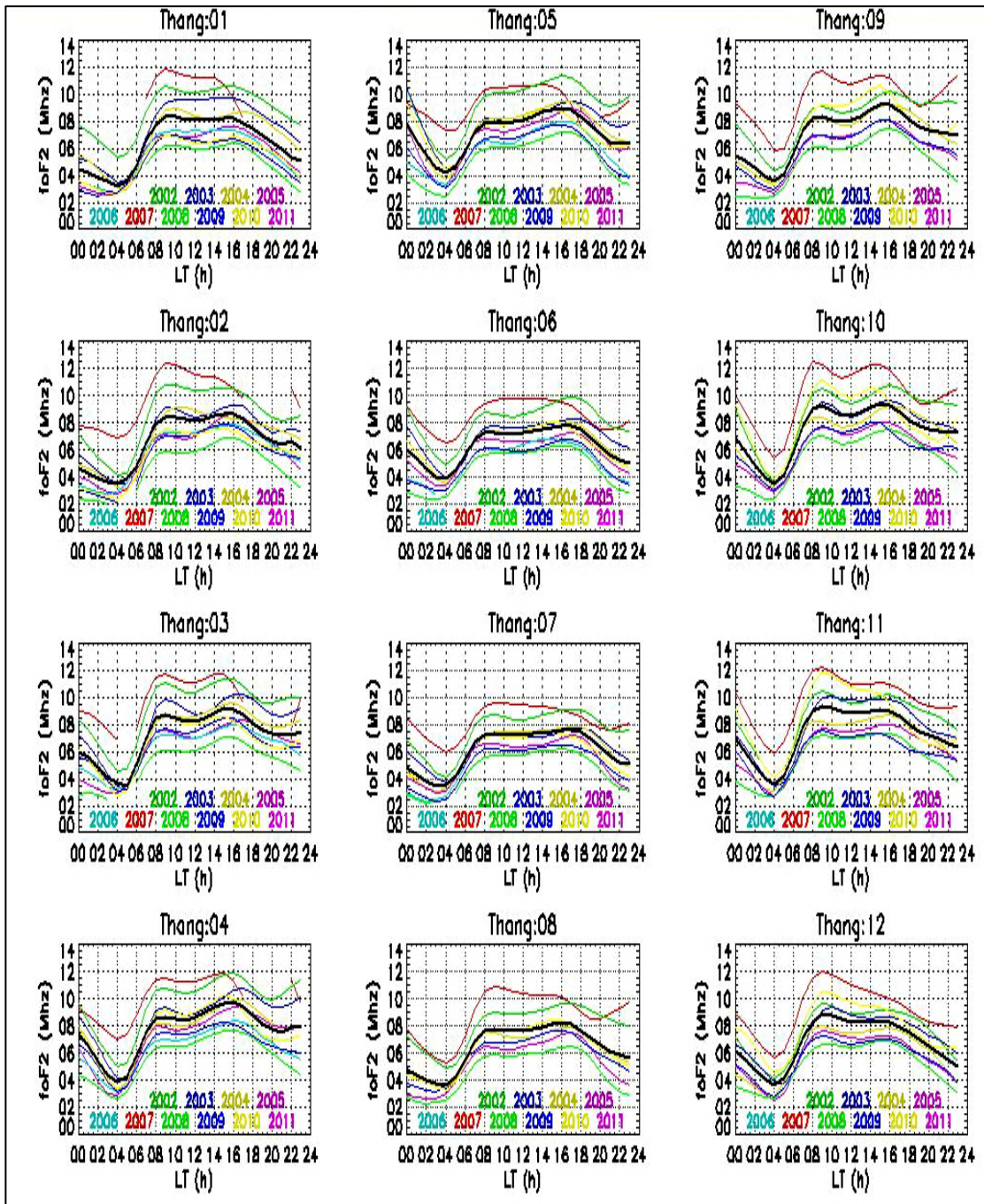
## 2. Số liệu và cơ sở tính toán công thức dự báo foF2

Thiết bị khảo sát tại Tp. Hồ Chí Minh là máy thăm dò điện ly thẳng đứng kỹ thuật số của Canada (CADI) [9]. Đây là một hệ thống hợp nhất các kỹ thuật mã hóa pha, vi điện tử và công nghệ PC, hoạt động với 4 máy thu nên có nhiều tính năng để quan sát tầng điện ly. Chiều cao quan trắc tới 1000 km với độ phân giải 6 km. Dải tần số từ 1 tới 20 MHz với 3 cách quét tiêu chuẩn: độ phân giải thấp (100 tần số), độ phân giải trung bình (200 tần số), độ phân giải cao (400 tần số), công suất xung là 600W. Điện ly đồ được ghi 15 phút/lần.

Số liệu sử dụng trong báo cáo được quan trắc liên tục trong giai đoạn 2002 - 2011, với độ hoạt động Mặt Trời của nửa sau chu kỳ 23: giảm dần từ

2002 (R= 104), 2003 (R= 63,7), 2004 (R= 40,4), 2005 (R= 29,8), 2006 (R=15,2), 2007 (R= 7,5) tới cực tiểu vào năm 2008 (R= 2,9) và bắt đầu chu kỳ Mặt Trời thứ 24 với 2009 (R= 3,1), 2010 (R= 16,5) và 2011 (R=55,7). Hơn 400.000 điện ly đồ đã được xử lý để có được những thông tin cần thiết [7, 9].

Kết quả quan trắc cho thấy, trong biến trình ngày đêm, cực tiểu của tần số tới hạn foF2 quan trắc được vào lúc 5 giờ sáng, cực đại thứ nhất vào 8 - 9 giờ sáng, giảm vào buổi trưa và đạt cực đại thứ hai vào 15 - 16 giờ chiều. Biến thiên ngày đêm của foF2 trong khoảng 2 - 12,5 MHz (hình 1).



Hình 1. Tần số tới hạn của lớp F2 tại Tp. Hồ Chí Minh quan trắc trong giai đoạn 2002 - 2011, tính trung bình tháng

Tần số tới hạn foF2 không phụ thuộc trực tiếp vào góc chiếu của Mặt Trời như foE và foF1, nhưng sự phụ thuộc của nó vào số vết đen Mặt Trời (R) thể hiện rất rõ [6] theo biểu thức:

$$foF2 \sim (1 + 0,02R)^{1/2} \text{ [MHz]} \quad (1)$$

Lớp F2 bị chi phối bởi bức xạ Mặt Trời, thay đổi mạnh các thành phần trung hòa và các quá trình động lực. Đó là hiệu ứng mùa của foF2 trong các biến đổi của chu kỳ Mặt Trời và hiệu ứng bão hòa ở mức hoạt động Mặt Trời cao [5]. Và đó cũng chính là lý do tại sao không có mối quan hệ đơn giản giữa foF2 với chỉ số Mặt Trời. Các kết quả quan trắc biểu diễn trên *hình 1* cho thấy lớp F2 còn bị chi phối bởi yếu tố địa từ đặc trưng của vùng xích đạo từ.

Những thông số điện ly được lấy ra từ các điện ly đồ thường được sử dụng như các yếu tố điều khiển trong dự báo điện ly và được sử dụng để mô tả đặc điểm, điều kiện điện ly địa phương cho các mục đích kỹ thuật. Chỉ số đại diện cho mức độ hoạt động của Mặt Trời là số vết đen Mặt Trời R được coi là chỉ số cơ bản của hoạt động Mặt Trời cho mô hình hóa và dự báo tầng điện ly. Về phương diện toán học, ở đây giải bài toán hồi quy đa biến cho điều kiện ban ngày với các cấp độ hoạt động Mặt Trời tương ứng. Các thông số đầu vào là giờ địa phương, tháng (ảnh hưởng bởi chuyển động của Mặt Trời) và độ hoạt động Mặt Trời. Dữ liệu được xây dựng với biểu thức đa biến, có chứa biến độc lập và biến phụ thuộc. Biểu thức tính toán xuất phát từ các công thức dự báo bán thực nghiệm của Allen [5, 6, 8, 10] và bổ sung thêm các yếu tố đặc thù của địa phương dựa trên các quan trắc thực tế. Do yếu tố đặc thù của điện ly xích đạo từ, thời điểm tính toán các công thức thực nghiệm foF2 ở đây chọn mốc 08 giờ sáng địa phương (cực đại ion hóa buổi sáng), 12 giờ trưa (giữa trưa) và 16 giờ chiều (cực đại ion hóa buổi chiều).

Áp dụng công thức (1), ta giải bài toán tìm các hệ số a, b và x cho phương trình sau:

$$foF2 = a(1 + bR_i)^x \quad (2)$$

$R_i$  - số vết đen Mặt Trời quốc tế (International Sunspot Number), dựa trên số liệu thu thập từ nhiều trạm quan trắc trên thế giới, được công bố trên website: <http://sidc.oma.be>.

foF2 - tần số tới hạn của lớp F2 quan trắc tại đài Hóc Môn, được lấy ra từ các điện ly đồ và tính trung bình.

Để đánh giá mức độ sai số, giá trị foF2 tính theo các công thức thực nghiệm (gọi là số liệu dự

báo - DB) đã được so sánh với các giá trị quan trắc thực và các giá trị tính theo mô hình điện ly quốc tế IRI 2007 (International References Ionosphere). Mô hình IRI được tài trợ bởi Ủy ban Nghiên cứu Vũ trụ (COSPAR) và Hiệp hội Khoa học Vô tuyến Quốc tế (URSI) từ năm 1969 để phát triển một mô hình thực nghiệm về tầng điện ly. Mô hình IRI cung cấp các thông số không gian và thời gian, thông số đại diện của tầng điện ly và được coi là tiêu chuẩn quốc tế để xác định các tham số của tầng điện ly [1-3]. Mô hình IRI đã được chấp nhận rộng rãi và các tập hợp số liệu quan trắc điện ly từ mặt đất hoặc vệ tinh được so sánh với các giá trị tính theo IRI là một trong những công việc đầu tiên mà các nhà nghiên cứu thường thực hiện.

### 3. Kết quả tính toán các công thức dự báo và đánh giá sai số

Kết quả xây dựng công thức thực nghiệm dự báo tần số tới hạn của lớp F2 dựa trên số liệu quan trắc thống kê cho Tp. Hồ Chí Minh như sau:

$$foF2 = 6,24 (1+0,02 R_i)^{0,60} \text{ (cho thời điểm 08 LT)} \quad (3)$$

$$foF2 = 6,15 (1+0,021 R_i)^{0,5} \text{ (cho thời điểm 12 LT)} \quad (4)$$

$$foF2 = 7,18 (1+0,02 R_i)^{0,42} \text{ (cho thời điểm 16 LT)} \quad (5)$$

Vào các tháng điểm chí là 6 - 7 và 12 - 1 tần số foF2 cần hiệu chỉnh do hiệu ứng mùa. Công thức cho hai tháng 6 và 7 có dạng như sau:

$$foF2 = 5,83 (1 + 0,017 R_i)^{0,5} \text{ (cho thời điểm 08 LT)} \quad (6)$$

$$foF2 = 5,50 (1 + 0,019 R_i)^{0,5} \text{ (cho thời điểm 12 LT)} \quad (7)$$

$$foF2 = 6,17 (1 + 0,02 R_i)^{0,4} \text{ (cho thời điểm 16 LT)} \quad (8)$$

Công thức cho hai tháng 12 và 1 có dạng như sau:

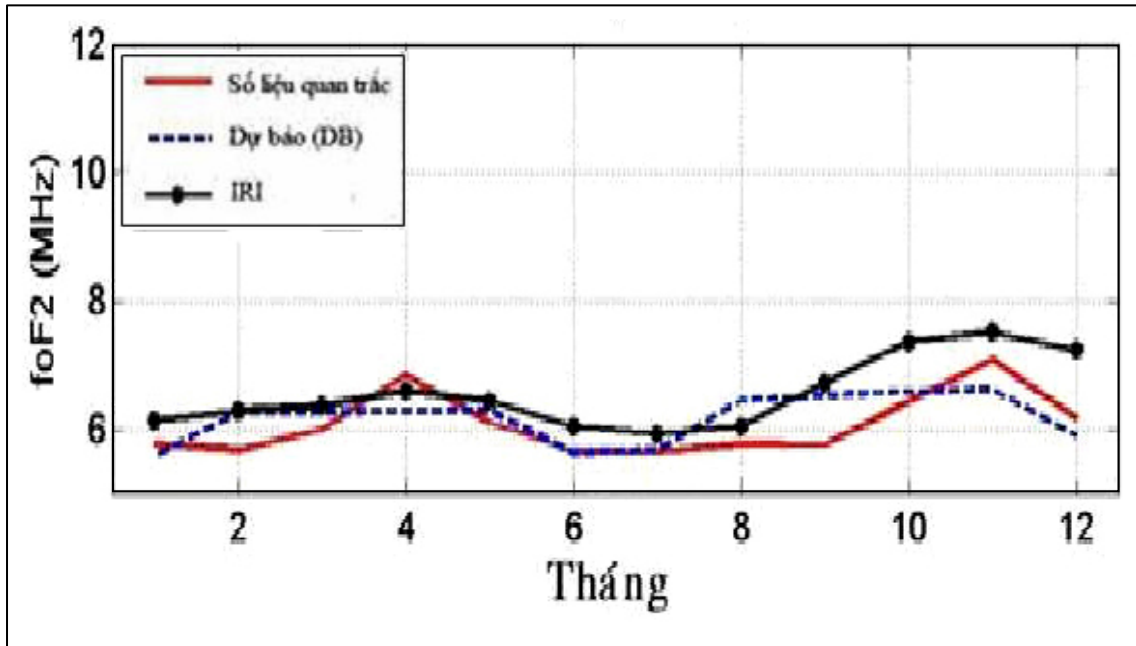
$$foF2 = 5,74 (1 + 0,03 R_i)^{0,5} \text{ (cho thời điểm 08 LT)} \quad (9)$$

$$foF2 = 5,78 (1+0,02 R_i)^{0,58} \text{ (cho thời điểm 12 LT)} \quad (10)$$

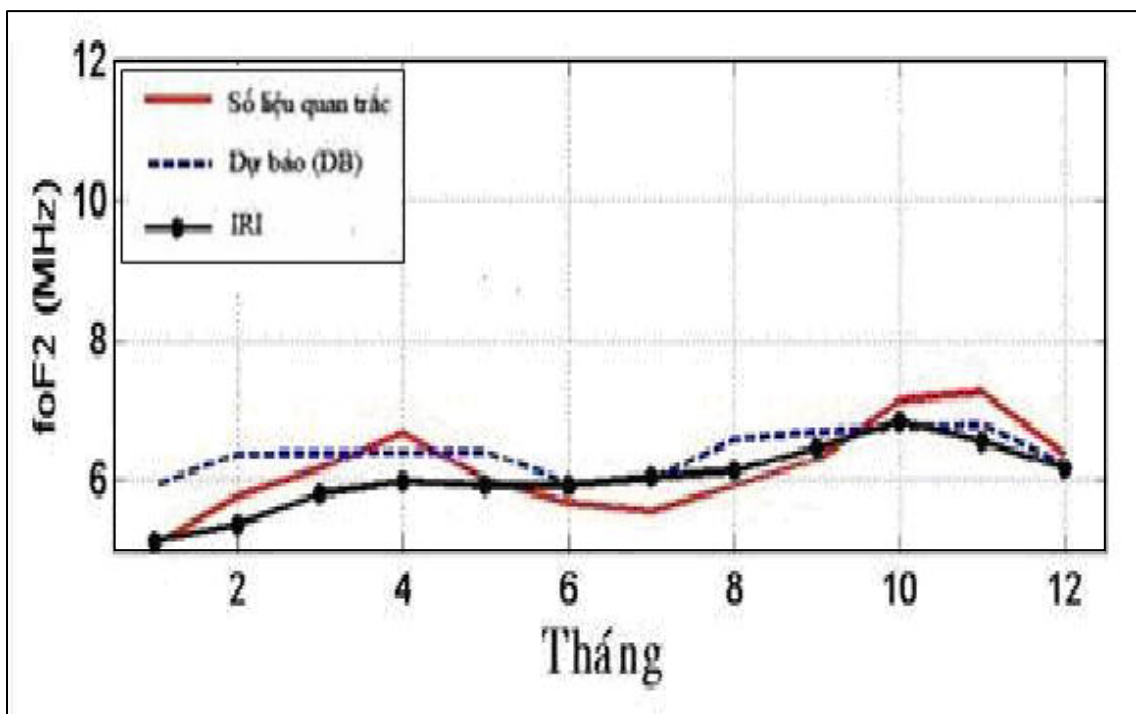
$$foF2 = 6,49 (1+0,02 R_i)^{0,44} \text{ (cho thời điểm 16 LT)} \quad (11)$$

Trên các *hình 2, 3, 4* các đường liền nét là giá trị foF2 quan trắc thực tế trong năm 2011, các đường đứt nét là giá trị foF2 tính từ công thức thực nghiệm xây dựng được và các đường liền nét có chấm tròn là giá trị foF2 tính theo mô hình IRI.

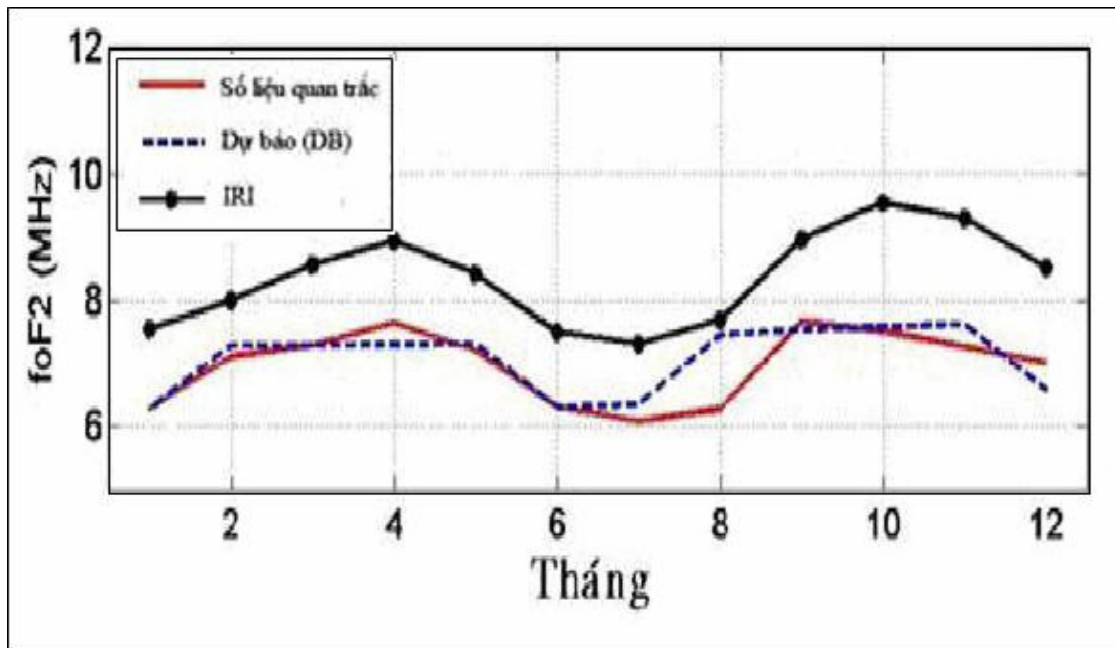
Kết quả cho thấy, giá trị foF2 được tính từ các công thức thực nghiệm vừa được xây dựng có sai số nhỏ hơn các giá trị tính theo IRI, đặc biệt là vào thời gian 16 giờ chiều. Các công thức sẽ còn được tiếp tục hiệu chỉnh để bổ sung cho khu vực Việt Nam còn thiếu số liệu trong mô hình IRI toàn cầu.



Hình 2. So sánh đồng thời các giá trị foF2 tính cho Tp. Hồ Chí Minh (DB) với các giá trị quan trắc thực tế năm 2011 và với giá trị tính theo mô hình IRI cho thời điểm 08 giờ sáng



Hình 3. So sánh các giá trị foF2 tính theo công thức dự báo với số liệu quan trắc của năm 2011 và với mô hình IRI cho thời điểm 12 giờ trưa

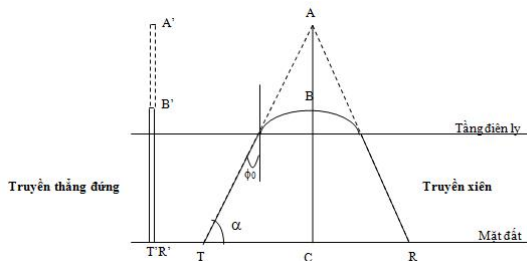


Hình 4. So sánh các giá trị foF2 tính theo công thức dự báo với số liệu quan trắc của năm 2011 và với mô hình IRI cho thời điểm 16 giờ chiều

#### 4. Thảo luận

Các công thức tính tần số tới hạn foF2 trình bày ở trên là các công thức dự báo trạng thái lớp F2 của tầng điện ly xích đạo từ của Việt Nam (gọi là tần số tới hạn thẳng đứng). Để sử dụng cho công tác thông tin liên lạc khoảng cách xa, ta phải chuyển tần số thẳng đứng sang tần số nghiêng (truyền xiên). Mối quan hệ tương đương giữa tần số tới hạn thẳng đứng và tần số tới hạn nghiêng dựa theo định lý Breit và Tuve [4].

Phương pháp sử dụng dữ liệu từ phát sóng thẳng đứng (T'R') sang phát sóng nghiêng (TR) có thể mô tả hình học như sau (hình 5):



Hình 5. Truyền sóng thẳng đứng và truyền xiên

Từ đây, ta có thể tìm ra các mối quan hệ của tần số phát nghiêng và khoảng cách đường truyền

( $D = TR$ ) với độ cao biểu kiến  $h'$  (= AC) và tần số tới hạn thẳng đứng fo:

$$D = 2h' / \text{tg}\alpha \quad (12)$$

$$f = f_o \cdot \text{sec}\phi_0 \quad (13)$$

Trong đó: D- khoảng cách đường truyền

$h'$ - độ cao biểu kiến

$\alpha$ - góc ngẩng của búp sóng ăng ten

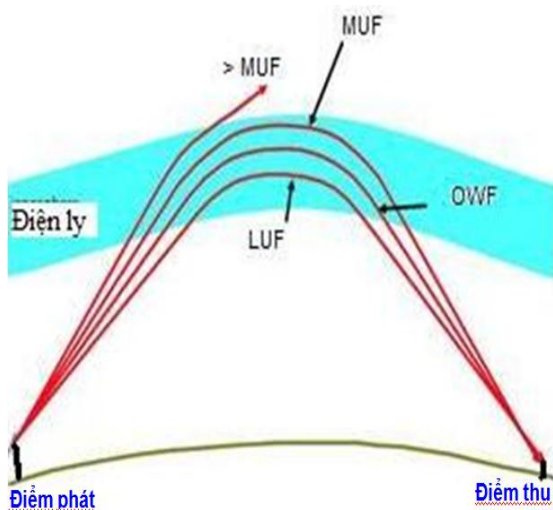
$\phi_0$ - góc khúc xạ

Truyền sóng HF khoảng cách xa phụ thuộc vào 3 thông số: tần số sóng phát, khoảng cách đường truyền và góc ngẩng của búp sóng ăng ten (góc tới). Tần số tới hạn của lớp F2 (foF2) là tần số cao nhất sẽ được phản xạ trở lại Trái Đất từ lớp F2. Ở tần số cao hơn, tín hiệu sẽ vượt qua toàn bộ lớp và đi vào không gian.

Tần số cao nhất mà một đài phát thanh có thể truyền sóng giữa thiết bị đầu và thiết bị cuối với khúc xạ 1 lần bởi lớp F2 gọi là tần số sử dụng tối đa MUF (Maximum Usable Frequency) của lớp. Định luật Secant [4] cho phép ta tính tần số sử dụng tối đa MUF từ tần số tới hạn của các lớp điện ly:

$$\text{MUF} = f_o / \sin\alpha \quad [14]$$





Hình 6. Các tần số ứng dụng

Với tần số thấp hơn MUF, sóng được phản xạ từ một điểm trong lớp điện ly. Nếu tần số cao hơn MUF, quá trình phản xạ không đủ khả năng để đưa tia sóng trở về Trái Đất.

Khi tần số truyền tăng thì sự hao hụt trong truyền sóng cũng tăng. Tần số thấp nhất có thể nhận được phản xạ từ một lớp điện ly gọi là tần số sử dụng tối thiểu LUF (Lowest Usable Frequency). Tần số thường được dùng để truyền sóng gọi là tần số làm việc tối ưu OWF (Optimum Working Frequency), được chọn nhỏ hơn tần số MUF 15%.

Độ suy hao của sóng khi đi qua các lớp của tầng Điện ly tỷ lệ nghịch với bình phương của tần số nên sử dụng tần số càng cao thì càng có phản xạ tốt. Tuy nhiên, các thay đổi bất thường trong tầng Điện ly có thể làm cho sóng MUF lệch hướng và đi ra khỏi lớp này. Vì vậy, trên thực tế chỉ nên dùng tần số thấp hơn MUF 15%.

## 5. Kết luận

Những đặc điểm chính của Điện ly vùng xích đạo từ Việt Nam đã được nghiên cứu và các kết quả cho chúng ta một cơ sở khoa học để nhận thức đầy đủ hơn về môi trường tài nguyên thiên nhiên này. Với đặc điểm của Điện ly xích đạo từ Việt Nam là ít bị nhiễu loạn hơn so với các vùng vĩ độ khác, chúng ta có thể sử dụng nó một cách có hiệu quả cho các mục tiêu ứng dụng, trong đó có thông tin liên lạc khoảng cách xa. Nó cung cấp những phương án tương đối nhanh chóng và rẻ tiền cho quá trình thiết lập đường truyền.

Trong những năm gần đây, thông tin vệ tinh đã thay thế nhiều ứng dụng truyền thống, nhưng các thiết bị trong thông tin vệ tinh lại có giá thành khá cao nên hệ thống thông tin HF vẫn rất phổ biến trên thế giới và được tất cả các nước tích cực khai thác sử dụng. Ngoài ra, thông tin HF chính là một phương án dự phòng có thể dùng cho các tình huống thông tin vệ tinh bị mất tạm thời.

Về mặt kinh tế - xã hội, nước ta có một bờ biển dài hơn 3.200 km, nhu cầu thông tin liên lạc phục vụ cho hoạt động đánh bắt xa bờ của ngư dân là rất lớn. Do đó, trong điều kiện kinh tế của ta hiện nay, chúng ta cần khai thác triệt để nguồn tài nguyên thiên nhiên không cạn kiệt này của đất nước.

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, đề tài “Nghiên cứu ứng dụng sự phản xạ sóng vô tuyến HF từ tầng điện ly trong kỹ thuật truyền thông tin tại khu vực Nam Bộ”.

## TÀI LIỆU DẪN

- [1] *Bilitza, D.*, 2001: International Reference Ionosphere 2000, *Radio Sci.*, 36(2), 261-275, doi:10.1029/2000RS002432.
- [2] *Bilitza, D.*, and *Reinisch B.W.*, 2008: International Reference Ionosphere 2007: Improvements and new parameters, *Adv. Space Res.*, 42(4), 599-609, doi:10.1016/j.asr.2007.07.048.
- [3] *Bilitza, D.*, and *McKinnell L. A.*, 2011: International Reference Ionosphere (IRI-2011), paper presented at 2011 IRI Workshop, SANSA Space Sci., Hermanus, South Africa.
- [4] *Davies K.*, 1965: *Ionospheric Radio Propagation*, National Bureau of Standards, U.S. Government Printing Office.
- [5] *Hargreaves J.K.*, 1992: *The Solar - Terrestrial environment*, Cambridge University Press.
- [6] *Hargreaves J.K.*, 1979: *The Upper Atmosphere and Solar-Terrestrial Relations*, Van Nostrand Reinhold Company, USA.
- [7] *Hoàng Thái Lan* (chủ biên), 2011: Nghiên cứu đặc điểm khí quyển vùng xích đạo từ Việt Nam phục vụ ứng dụng công nghệ vũ trụ trong dự báo khí quyển. Báo cáo tổng hợp kết quả Khoa học Công nghệ giai đoạn 2008 - 2011, Nghiên cứu cơ bản, 72-149.

- [8] Ratcliffe J. A., Weekes K., 1960: Physics of the Upper Atmosphere, Academic Press, USA. Terrestrial Phys., Vol. 44, No 8, pp. 657-669.
- [9] Titheridge E., 1982: The stability of ionogram analysis techniques. J. Atmos. And Наука, Москва.
- [10] Антонова Л. А., Иванов Г.С., 1989: Солнечная активность и Ионосфера, Изд.

## SUMMARY

### Predictions foF2 of equatorial ionosphere and applications for HF communication in Vietnam

This paper presents the characteristics of the equatorial ionospheric F2 layer over Vietnam based on continuous monitoring data for 11 years from ionospheric station in Ho Chi Minh city (10.50°N, 106.33°E). These results determine the diurnal and seasonal variations with solar activity of the F2 layer. The ionospheric parameters were taken from ionograms are often used as the control elements in forecasting. The index representing levels of solar activity is the sunspot number R considered the basic indicators for modeling and forecasting the ionosphere. An important parameter is the maximum plasma frequency, because this is what determines which vertical transmissions will pass through and which will be reflected back. This maximum plasma frequency is called the critical frequency,  $f_oF_2$ . Because the plasma frequency varies for a given time and location, the critical frequency also varies. However the critical frequency is always within the HF range. This is what gives HF transmissions their unique characteristics. The highest plasma frequency is in the F layer (or more specifically the F2 layer). This critical frequency may be referred to using the symbol foF2.

Once we know the critical frequency, we can determine the proper operating frequency. The theory behind the selection is straight-forward. We need to select the frequency that is the highest possible without passing through the F2-layer. There are three concepts to recognize. First, the critical frequency for the F2-layer is  $f_oF_2$ . This is the highest frequency that will be reflected back to earth from the F2-layer when hitting the F2-layer at a perpendicular angle, i.e. the angle of incidence is 0 degrees. Go higher in frequency and the signal will pass through the F2-layer into space and is lost for communications. Second, MUF, or maximum useable frequency, the highest frequency we can use and still achieve good reflection/refraction off the F2-layer. For any circuit there is a Maximum Usable Frequency (MUF) which is determined by the state of the ionosphere in the vicinity of the refraction areas and the length of the circuit. The MUF is refracted from the area of maximum electron density of a region. Therefore, frequencies higher than the MUF for a particular region will penetrate that region. The third concept is the F region MUF in particular varies during the day, seasonally and with the solar cycle. A range of F region MUF is provided in the predictions and this range extends from the lower decile MUF (called the Optimum Working Frequency, OWF) to the upper decile MUF. Based on actual monitoring data, the empirical formulas for prediction foF2 in quiet solar conditions have been built. Collected data displays the full range of these variations for the location and can give MUF for every hour of the day (24 values), for each month of the year. The paper presents empirical formulas prediction foF2 calculated for 08 LT (morning's maximum of ionization), 12 LT (noon) and 16 LT (afternoon's maximum of ionization). These formulas are also been modified for solstice months (June - July and December - January). The calculated foF2 values were comparing with the observed and IRI values. The IRI model was initiated by the Committee on Space Research (COSPAR) and the International Union of Radio Science (URSI) in the 1969 with the goal of establishing an international standard for the basic parameters of the ionosphere, based on ground monitoring of data in many parts of the world and the satellite data. The IRI model has been steadily improved with newer data and with better mathematical descriptions of global and temporal variation patterns. The IRI model has become widely accepted recently so that the first task of an ionospheric science in a new location (as well as stations in Vietnam) is often comparing the observed data with IRI. The result showed that the calculated foF2 values by empirical formulas better than by IRI, particularly for 16 LT. The application of these prediction formulas for HF communication for the social-economic development in Vietnam has also been discussed.