ẢNH HƯỞNG CỦA MÔI TRƯỜNG ĐẾN QUÁ TRÌNH TRUYỀN SÓNG CỦA RADAR

Tăng Bá Chơn, Nguyễn Minh Phú
(Đài KTTV TP. Hồ Chí Minh)

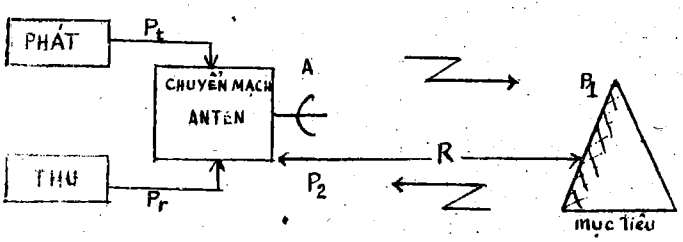
Trong quá trình hoạt động của Radar người ta nhận thấy cường độ trường thu được do phản xạ từ mục tiêu bị biến đổi khá lớn, làm ảnh hưởng tới cự ly làm việc của Radar. Vì vậy việc xác định tọa độ mục tiêu trong không gian trong một số trường hợp được coi là thiếu mức chính xác cần thiết.

Nguyên nhân cơ bản của các hiện tượng nói trên là do môi trường truyền sóng (tầng đối lưu) bị thay đổi, hay chính xác hơn là do các yếu tố khí tượng thay đổi.

Để việc đo định lượng các mục tiêu nói chung hay mục tiêu khí tượng nói riêng được chính xác, chúng tôi đã sử dụng Radar khí tượng MRL - 2 có mục tiêu cố định là núi Bà đen (Tây ninh), có độ cao 980 m và cách thành phố Hồ Chí Minh 90 km.

Dưới đây là kết quả đo đạc và tính toán mục tiêu nói trên.

I - Sự biến đổi cường độ trường :



Hình 1

1. Phương trình Radar.

Sự hoạt động của Radar có thể biểu diễn như hình 1. Theo hình vẽ ta có :

- Tại mục tiêu nhận được công suất P_1 và được biểu diễn bằng công thức (1) :

$$P_1 = \frac{P_t \cdot G}{4\pi R^2} \quad (1)$$

Trong đó : P_t - công suất của máy phát.
G - hệ số khuếch đại (độ lợi) của anten.
R - cự ly.

Tại anten thu có :

$$P_2 = \frac{P_f}{4\pi R^2} \quad (2)$$

P_f - công suất phản xạ do mục tiêu phát ra.

Công suất nhận được ở máy thu do anten thu và phát là một nên :

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 S_e}{(4\pi)^3 R^4} \quad (3)$$

Nếu tính tổn hao bởi sự suy giảm trong quá trình truyền lan của sóng do môi trường gây ra, thì cuối cùng ta có phương trình :

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 S_e}{(4\pi)^3 R^4} - e^{-0,46\,\delta R} \quad (4)$$

Trong đó S_e là diện tích hiệu dụng của núi Bà đen đối với Radar, δ - hệ số suy giảm do môi trường gây ra.

Nếu lấy lô-ga-rít 2 vế của phương trình (4) sẽ có theo db.

$$db = 10 \lg P_r = 10 (\lg P_t + 2 \lg G + 2 \lg \lambda + \lg S_e - 3 \lg 4\pi - 4 \lg R) \quad (5)$$

- Radar MRL-2 có các thông số kỹ thuật (2) :

$$P_t = 150 \text{ kw} \qquad G = 4.10^4 \qquad \lambda = 3^{cm}$$

Các thông số dùng để đo đạc :

$$R = 90 \text{ km} \qquad S_e = 5.10^5 \text{ m}^2 \text{ (diện tích hiệu dụng của núi Bà đen).}$$

$$\delta = 0,075 \ ^1/_{km}.$$

Thay các thông số trên vào phương trình (5) sẽ có

$$P_r = -78 \text{ db.}$$

Vậy cường độ trường thu được ở máy thu là :

$$E_{db} = P_r - P_{rmin} = (-78) - (-132) = 54 \text{ db.}$$

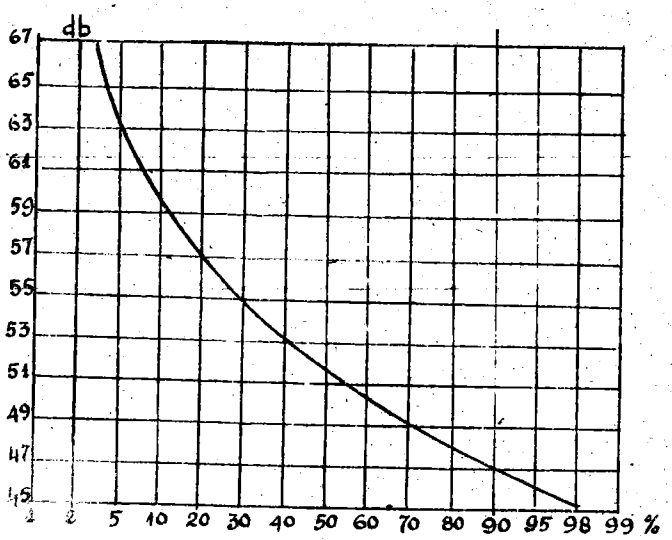
Trong đó P_{rmin} - công suất ngưỡng (cực tiểu mà máy thu còn làm việc) của Radar MRL-2 là -132 db.

2. Sự phân bố cường độ trường.

Để kiểm tra những tính toán và tìm ra quy luật phân bố cường độ trường đã tiến hành đo trong thời gian từ 1/3/79 đến 2/4/79. Kết quả đo trình bày ở hình 2.

Hình 2 trình bày cường độ trường E tính theo db ; trục hoành là số phần trăm thời gian đo (hàm số tích phân xác suất) mà trong thời gian đo E có giá trị lớn hơn hoặc bằng giá trị ở trục tung.

Từ hình vẽ ta thấy rằng giá trị trung bình (median - lấy ở 50% thời gian đo) của đo đạc nhỏ hơn tính toán khoảng 2-3 db. Sở dĩ có như vậy là do chọn một số thông số chưa chính xác như cự ly, diện tích hiệu dụng của núi Bà đen đối với Radar v.v... trong công thức (4).



Hình 2

Theo định nghĩa độ lệch trung bình khi phân bố chuẩn σ của các giá trị ngẫu nhiên là :

σ_{db} = V (50%) - V (84%) = 5 db, như vậy độ lệch trung bình về hai phía 2σ = 10 db.

Nguyên nhân cơ bản của sự biến đổi cường độ trường nói trên là do ảnh hưởng của môi trường, hay nói rõ hơn là sự biến đổi của các yếu tố khí tượng ở phần dưới của tầng đối lưu (khoảng 2-3 km) mà chúng tôi sẽ xét ở phần tiếp theo sau.

Như chúng ta đã biết theo sự phân bố chuẩn thì các yếu tố khí tượng như khí áp, nhiệt độ, độ ẩm v.v... giảm theo độ cao, nhưng do các quá trình động lực khí quyển một số yếu tố như nhiệt độ chẳng hạn trong một số trường hợp không những không giảm mà còn tăng theo độ cao và tạo thành các lớp đẳng nhiệt hoặc nghịch nhiệt ; thường trong lớp này độ ẩm tuyệt đối cũng giảm mạnh nên gradient khúc xạ g rất lớn và chính các lớp này lại phản xạ sóng cực ngắn VTĐ. Mặt khác do chuyển động loạn lưu nên trong không khí hình thành các xoáy và các xoáy này lại tán xạ sóng, vì vậy sự biến đổi của cường độ trường l[illegible] 3 hiện tượng : khúc xạ, phản xạ và tán xạ. Các hiện tượng trên hình thành một cách ngẫu nhiên nên trong hoạt động của Radar cũng như thông tin liên lạc việc tính cường độ trường một cách chính xác không thực hiện được.

Trong báo cáo trước đây chúng tôi đã đưa ra một thông số khítượng vô tuyến để dự báo cho việc biến đổi cường độ trường [3] .

$$P = aG + bN_o \qquad (6)$$

Trong đó N_o - là hệ số khúc xạ ở mặt đất và được tính bằng công thức :

$$N_o = \frac{77,6}{T} \frac{(P + 4810e)}{T} \qquad (7)$$

G - là gradient tổng cộng trung bình.

$$G = \frac{\int_0^{5\ km} \frac{\Delta N}{\Delta H}\, dh}{n} \qquad (7a)$$

Các thông số a, b được chọn sao cho sự biến đổi của G và N_o có giá trị như nhau.

Hệ số tương quan giữa cường độ trường và các thông số nói trên được tính theo công thức Pirson.

$$r = \frac{m \sum_1^m xy - \sum_1^m x \sum_1^m y}{\sqrt{\left[m \sum_1^m x^2 - \left(\sum_1^m x\right)^2\right]\left[m \sum_1^m y^2 - \left(\sum_1^m y\right)^2\right]}} \qquad (8)$$

Bảng 1

Thông số	P	ΔN	N_o
r	0,6	0,46	<0

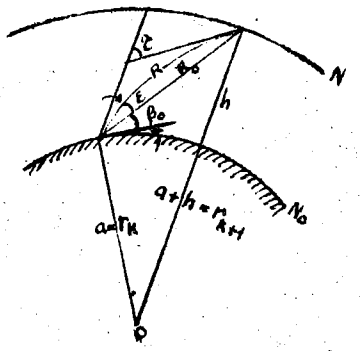
Kết quả tính hệ số tương quan trình bày ở bảng 1.

Qua bảng 1 có thể khẳng định một lần nữa là thông số P do chúng tôi đưa ra dù là ở Hà nội hay ở thành phố Hồ Chí Minh đều có hệ số tương quan lớn hơn hệ số tương quan của ΔN và N_o.

Sở dĩ P có hệ số tương quan lớn hơn so với ΔN và No là do ở nước ta trong suốt cả năm luôn luôn tồn tại các lớp nghịch nhiệt và đẳng nhiệt với độ dày từ 50m đến 400 m và tần suất xuất hiện lại khá lớn ; ở thành phố Hồ Chí Minh là 60 - 90%, ở Đà nẵng và Hà nội là 50 - 100% (các tháng mùa đông từ 80-100%). Các lớp này phần lớn có gradient khúc xạ lớn hơn 4.10^{-8} 1/m (khúc xạ chuẩn), trong khi đó các thông số ΔN và No do CCIR đề nghị dùng để dự báo cường độ trường cho cả thế giới mà chủ yếu là cho các nước không có điều kiện khí tượng giống như nước ta.

II - Góc khúc xạ

Do các yếu tố p, T và e giảm theo chiều cao nên khi sóng đi qua môi trường này bị khúc xạ làm cho tia sáng bị cong về phía quả đất như hình 3, trong đó ε gọi là góc khúc xạ hay độ cong của tia.



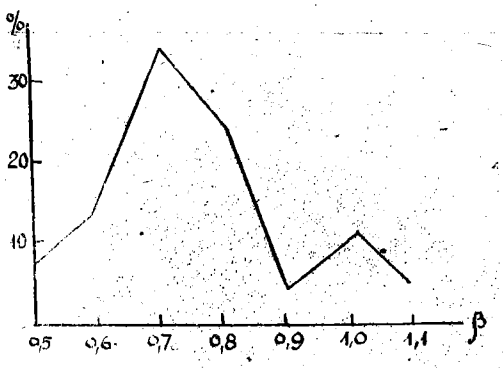
Hình 3

Nếu sóng truyền theo đường thẳng R_o thì $\tau = 0$ tức là $\beta = \beta_o$. Khi khúc xạ chuẩn (tức là $g = 4.10^{-8}$ 1/m) thì góc ngẩng β được rút ra từ công thức :

$$h = h_A + R\sin\beta + \frac{R^2}{17.000} \quad (9a)$$

Trong đó : a - bán kính quả đất bằng 6370 km.
h - chiều cao của mục tiêu.
h_A - chiều cao của anten.
R - cự ly.

Theo các số liệu đo được trước đây có h = 980 mét, h_A = 70 mét và R = 90 km ta tính được $\beta = 0,6^o$ hay β = 11 mrad (miliradian). Kết quả đo góc ngẩng bằng Radar trình bày ở hình 4 (với sai số đo của hệ thống anten là $0,1^o$).



Hình 4

Từ hình vẽ ta thấy chỉ có 6,2% kết quả đo là nhỏ hơn kết quả tính toán, tức là có sóng đi cong trở lên (khúc xạ âm). Còn lại hơn 80% có khúc xạ lớn hơn khúc xạ chuẩn.

Trong đó cần chú ý là trong kết quả đo có một số ngày có góc ngẩng rất lớn. Thí dụ ngày 5/2, 17/2 và 25/2 có góc ngẩng là $1,1^o$, $1,5^o$ và $1,8^o$ tức là gấp đôi, gấp ba giá trị tính toán. Để thấy rõ ảnh hưởng của môi trường đến việc xác định chiều cao của mục tiêu chúng tôi đã tiến hành tính toán góc khúc xạ.

Theo như hình 3 sai số khi xác định góc ngẩng là ε ; Đối với điểm bất kỳ trên quỹ đạo của tia sóng giữa ε và τ có bất đẳng thức :

$$\tau/2 \leqslant \varepsilon \leqslant \tau$$

góc ε được tính theo công thức :

$$\varepsilon = \text{arctg} \frac{\cos\tau - \sin\tau\,\text{tg}\beta \quad \frac{n}{n_s}}{\frac{n}{n_s}\,\text{tg}\beta - \sin\tau - \cos\tau\,\text{tg}\beta} \quad (9b)$$

Theo **Schulkin** [4] góc khúc xạ τ được tính theo công thức :

$$\tau_n \text{ (mrad)} = \sum_{k=0}^{n} \frac{2\,(N_k - N_{k+1})}{\beta_k - \beta_{k+1}} \quad (10)$$

Trong đó :

$$\beta_{k+1} = \sqrt{\beta_k^2 + \frac{2(r_{k+1} - r_k)}{k} 10^{-6} - 2(N_k - N_{k+1})} \quad (11)$$

Cụ thể trong trường hợp của chúng ta có $\beta_o = 11$ mrad. Theo công thức (9b) nếu ζ và β nhỏ ta sẽ có $\sin\zeta \approx \zeta$, $tg\beta \approx \beta$, và $\frac{n}{n_s} \approx 1$, $\cos\zeta \approx 1$. Kết quả tính toán cho thấy với góc đo được ta có thể lấy $\varepsilon \approx \zeta$, như vậy $\beta = \beta_o + \zeta$. Bảng 2 trình bày kết quả tính và đo β trong các ngày tiêu biểu nói trên với điều kiện khí tượng cụ thể từ mặt đất đến 3 km (β tính bằng mrad).

Bảng 2

Ngày	Tính toán	Đo thực tế	Sai lệch
5/2/79	18	19,2	+ 1,2
17/2/79	20	26,2	+ 6,2
25/2/79	21	31,4	+10,4

Kết quả cho thấy giá trị tính toán nhỏ hơn đo thực tế . Nguyên nhân có thể là đo sai số của bộ phận cơ khí của anten ($\pm 0,1^o$) và khi tính chỉ giới hạn tới 3 km,nếu lấy chiều cao đến 4 - 5 km và số liệu nếu được hiệu chuẩn quán tính thì kết quả đo và tính toán không sai nhau nhiều.

III - Kết luận

Từ kết quả đo cường độ trường và góc ngẩng của mục tiêu cố định có thể nêu lên vài nhận xét :

1. Cường độ trường biến đổi khoảng 10db (10 lần) trong quá trình làm việc của Radar, nếu kể các cực trị thì biến đổi đến 20 db. Sự biến đổi này là do các yếu tố khí tượng bị biến đổi ; nhất là sự tồn tại các lớp đẳng nhiệt và nghịch nhiệt. Thường những ngày có cường độ trường lớn đều có các lớp nghịch nhiệt và đẳng nhiệt với gradient khúc xạ lớn, còn những ngày có E nhỏ là do độ ẩm tăng theo chiều cao mà kết quả là khúc xạ bằng không hoặc âm. Số lần đo có cường độ trường nhỏ hơn tính toán nhiều hơn số lần có cường độ trường lớn hơn tính toán.

Có thể sử dụng thông số P để dự báo sự thay đổi cường độ trường.

2. Do hiện tượng khúc xạ làm cho tia sóng bị cong về phía quả đất nên khi xác định chiều cao của mục tiêu bị sai số, trong một số trường hợp sai số này rất lớn (100%). Sai số càng lớn khi mục tiêu ở xa và thấp (góc β nhỏ). Hiện tượng khúc xạ mạnh (gradient lớn) làm cho cường độ trường tăng lên, nhưng đồng thời gây ra sai số lớn khi xác định chiều cao của mục tiêu. Kết quả đo đạc cho thấy khi ε tăng thì đồng thời β cũng tăng.

3. Từ những nhận xét nêu lên ở trên để bảo đảm hoạt động bình thường của radar cần phải tiến hành nghiên cứu kỹ môi trường truyền sóng trong khu vực hoạt động của radar như : quy luật phân bố nhiệt độ, độ ẩm, tần suất xuất hiện, độ dày

và gradient khúc xạ của các lớp đẳng nhiệt và nghịch nhiệt, cũng như quy luật hình thành và biến đổi của loạn lưu ở lớp biên. Ngoài ra còn cần phải nghiên cứu sự xuất hiện ống dẫn sóng khí quyển mà trong nhiều trường hợp không thể quan sát được mục tiêu ở cách mặt đất vài trăm mét, mặc dù mục tiêu vẫn tồn tại.

Tài liệu tham khảo

1. A.P Xi-vác-xơ V.v... nguyên lý Radar - tiếng Nga xuất bản năm 1959.

2. Các chỉ tiêu kỹ thuật của Radar khí tượng MRL - 2.

3. Tăng Bá Chơn, Nguyễn Minh Phú v.v... Báo cáo khoa học của trường Đại học Bách khoa Hà nội (1973).

4. Bean B.R and Dutton E.J - Radiometeorology - Colorado - 1966.

PHỤC VỤ TÍCH CỰC HƠN NỮA KINH TẾ VÀ QUỐC PHÒNG .....

(tiếp theo trang 3)

1. Vì vậy đã đến lúc, nếu không nói là hơi chậm, phải xem xét lại toàn bộ hệ thống tổ chức của ngành và sự chỉ đạo thực hiện sao cho có hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao trong tình hình mới, khác hẳn những năm 50 hay 60 trước đây.

Nếu cải tổ mạng lưới của ta hiện nay theo hướng tinh giản và gắc lực, giảm bớt mật độ trạm khoảng 10% (hay hơn) chúng ta sẽ mạnh lên và dôi ra một số cán bộ để tập trung ở những trung tâm khu vực và những cơ sở tốt về phục vụ và nghiên cứu khoa học, các đoàn, đội điều tra lớn.

2. Trong kế hoạch 5 năm tới, theo đề án của ngành, Tổng cục KTTV sẽ tiến hành 5 chương trình KHKT trọng điểm về bão, gió mùa, lũ, tài nguyên nước, thủy động lực cửa sông và ven biển và 2 vấn đề KHKT về quy hoạch mạng lưới và khí hậu nhiệt đới.

Đó là phương thức hoạt động kiểu mới, tập hợp các đề tài KHKT theo các chương trình và vấn đề cố định hướng theo những mục tiêu kinh tế kỹ thuật, có sự tập trung chỉ đạo, đầu tư cán bộ, và kinh phí, tránh lối làm ăn phân tán, tự phát và thiếu phối hợp trước đây.

Tuy nhiên, năm 1981 chúng ta mới bắt tay vào thực hiện, vì vậy cần có sự chỉ đạo chặt chẽ, đặc biệt cần chú ý tới các biện pháp hiệu quả trong điều động cánbộ, đầu tư kinh phí, tạo điều kiện thuận lợi cho cán bộ làm yên tâm và phấn khởi làm việc.

.....

Trên đây, chúng tôi mới nêu một vài khía cạnh của tình hình và nhiệm vụ từ góc độ KHKT. Chắc chắn rằng, để đưa phong trào tiến lên, mở ra "một bước ngoặt trong sự nghiệp phục vụ kinh tế, quốc phòng, TTQT của ngành", các đồng chí lãnh đạo Tổng cục sẽ có những kết luận và biện pháp cần thiết về tổ chức, quản lý, hậu cần, cán bộ và chế độ, chính sách./.