VỀ MỘT GIẢI PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐO ĂNG - TEN Ở TRƯỜNG XA

Nguyễn Văn Hạnh*, Trần Văn Hùng, Dương Tuấn Việt

Tóm tắt: *Bài báo giới thiệu về khả năng đo, kiểm tra của Hệ thống đo ăng - ten ở trường xa. Giải pháp thiết kế cấu hình hệ thống đo được dựa trên kết quả khảo sát, tính toán ảnh hưởng của địa hình và môi trường trong khu vực triển khai bãi đo thực tế. Hệ thống đo, đánh giá tham số ăng - ten ở trường xa có chức năng đo, kiểm tra, đánh giá các tham số của ăng - ten ra đa và ăng - ten của các thiết bị vô tuyến điện ở phạm vi trường xa, đưa ra tham số giản đồ hướng cánh sóng ăng - ten dạng 2D hoặc 3D, kể cả các ăng - ten ra đa có kích thước mặt mở lớn như П-18, П-37,…*

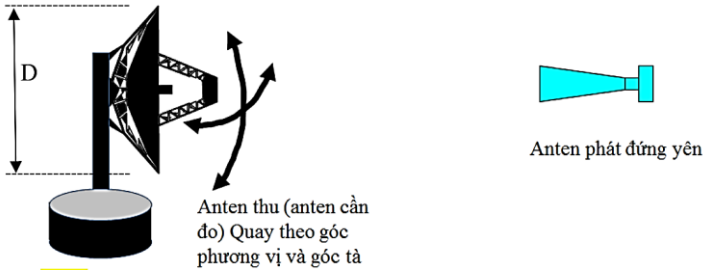
Từ khóa: Đo giản đồ hướng anten; Trường xa; Ra đa.

1. GIỚI THIỆU PHƯƠNG PHÁP ĐO ĂNG - TEN Ở TRƯỜNG XA

Nguyên lý cơ bản của phương pháp đo ăng - ten ở trường xa được mô tả trên hình 1, đó là ăng - ten cần đo được lắp trên một bàn xoay có khả năng chịu được tải trọng của ăng - ten khi quay, bàn xoay phải có mô men quay và mô men giữ thắng được lực ma sát nghỉ, lực cản của không khí, lực cản của gió và giữ được độ ổn định của ăng - ten trong quá trình quay bởi vì bất kỳ hiện tượng rung lắc của ăng - ten trong quá trình đo kiểm cũng gây ra sai số của phép đo. Ăng - ten phát có nhiệm vụ nhận tín hiệu chuẩn từ máy phát biến đổi thành năng lượng điện từ trường và phát ra không gian tự do có phân cực cần thiết cho ăng - ten cần đo thu nhận dữ liệu dưới sự điều khiển của phần mềm đo kiểm trực tiếp biến đổi kết quả đo dưới dạng bảng hoặc dữ liệu [2].

Mô tả phương pháp cơ bản đo theo phương pháp trường xa:

- Ăng - ten cầm đo quay theo mặt phẳng góc phương vị và góc tà;
- Ghi nhận dữ liệu ăng - ten theo trường xa lên máy tính.



Hình 1. *Nguyên lý cơ bản của phương pháp đo ăng - ten ở trường xa.*

Để đảm bảo độ chính xác của phép đo thì khoảng cách giữa ăng - ten cần đo và ăng - ten phát phải thỏa mãn điều kiện [2]:

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (1)$$

Trong đó: R là khoảng cách giữa 2 ăng - ten, m;

D là kích thước lớn nhất của ăng - ten cần đo, m;

λ là bước sóng của ăng - ten cần đo, m.

Ngoài ra, chúng ta cần đảm bảo độ cong pha của tín hiệu tại bề mặt tiếp tuyến của ăng - ten (mặt mở) ≤ 22,5º cũng như độ côn biên độ của tín hiệu tại bề mặt tiếp tuyến của ăng - ten (mặt mở) ≤ 0.25 dB. Ở đây, khoảng cách giữa ăng - ten cần đo và ăng - ten phát tín hiệu tỉ lệ nghịch với độ cong pha và độ côn biên độ. Tức là khoảng cách giữa 2 ăng - ten càng lớn thì độ cong pha

và độ côn biên độ càng nhỏ. Do đó, kết quả của phép đo càng chính xác khi khoảng cách giữa 2 ăng - ten này càng lớn. Tuy nhiên, khi khoảng cách của các ăng - ten này tăng lên yêu cầu về quỹ đất trống tăng lên cũng như xuất hiện các địa vật và các yếu tố mất đồng nhất về địa hình sẽ gây sai số của phép đo cũng như tăng xác suất xuất hiện các nguồn bức xạ gây nhiễu lên kết quả đo. Yếu tố phản xạ mặt đất gây ra do chiều cao lắp đặt các ăng - ten cần đo và ăng - ten phát cũng gây ra các sai số của phép đo. Do vậy, nhà cung cấp giải pháp đo phải có kỹ thuật loại bỏ các yếu tố gây sai số tăng độ chính xác của phép đo.

Các tiêu chí cơ bản liên quan đến việc lựa chọn bãi đo kiểm để thỏa mãn giải pháp đo:

- Khu vực tầm nhìn thẳng không có chướng ngại vật ví dụ như cây cối, đường dây điện, nhà xưởng,…

- Độ định hướng của ăng - ten phát: Ăng - ten phát dùng để phát tín hiệu cần đo có búp sóng chính chiếu xạ vào bề mặt của ăng - ten cần đo kiểm;

- Mức búp sóng bên của ăng - ten phát: Sử dụng ăng - ten phát có búp sóng bên nhỏ sẽ làm giảm các yếu tố phản xạ trong quá trình đo;

- Nguồn phát mở rộng – Bãi đất trống và môi trường xung quanh không có chướng ngại vật ví dụ như tòa nhà, trạm phát tín hiệu của điện thoại di động và các thiết bị phát đáp vô tuyến;

- Địa vật phải có bề mặt bằng phẳng. Trong khoảng không gian đo có bất cứ địa vật nào khác sẽ gây ra các phản xạ ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo.

Các tiêu chí về thiết kế điện từ trường cơ bản phải được cân nhắc để giải quyết vấn đề sau:

- Ghép hỗ cảm và ghép cảm ứng giữa các ăng - ten thu và phát;

- Độ cong pha của tín hiệu chiếu xạ vào ăng - ten đo;

- Độ côn biên độ (amplitude taper) của tín hiệu chiếu xạ vào ăng - ten cần đo;

- Sự phản xạ gây ra sự thay đổi tuần hoàn của tín hiệu chiếu xạ vào ăng - ten cần đo;

- Ảnh hưởng nhiễu từ các nguồn phát xạ bên ngoài.

Giải pháp của hãng NSI-MI (Mỹ) cung cấp là giải pháp dựa trên nền tảng phần mềm thu, điều khiển và phân tích dữ liệu đo kiểm – đây là trọng tâm của giải pháp, kết hợp với hệ thống bàn xoay chịu được tải trọng lớn, mô men quay lớn cùng với các máy phát và thu tín hiệu số,... để tạo nên hệ thống đo hoàn chỉnh. Phần mềm được tích hợp với hệ thống đo kiểm và điều khiển đo, các thiết bị điều khiển quay ăng - ten, điều khiển quay phân cực, các hệ thống kỹ thuật phục vụ cho việc điều khiển, đánh giá chất lượng của các ăng - ten theo yêu cầu. Tất cả các khâu của hệ thống đều được lập trình điều khiển, các thao tác đều được thực hiện tự động cho kết quả đo kiểm với tốc độ và độ chính xác cao [4].

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐO ĂNG - TEN TRƯỜNG XA

2.1. Phân tích lựa chọn ăng - ten phát tín hiệu

Để thỏa mãn các điều kiện đã phân tích ở trên cùng với các loại ăng - ten cần đo, chúng tôi thực hiện phân tích tối ưu tại tần số 18 GHz. Sau khi phân tích 2 ăng - ten phát có độ rộng mặt mở 24” và 72” được sử dụng để làm ăng - ten phát. Các phần tử lựa chọn quan trọng ở đây được giới hạn điểm không đầu tiên xảy ra tại 1.7º hoặc nhỏ hơn và tạo ra độ côn biên độ 0.25 dB hoặc nhỏ hơn. Góc 1.7º trùng với góc từ tâm của ăng - ten phát đến chân đế của tháp thu (giả sử là 12 m). Giá trị 12 m được xác định bằng 4 lần kích thước chiều cao của ăng - ten (giả sử kích thước là 3 m do đó chiều cao của tháp ăng - ten thu phải là 12 m). Ngoài ra, giản đồ bức xạ của đĩa ăng - ten là thành phần quan trọng trong xác định độ côn biên độ trong vùng đo kiểm như đã trình bày việc lựa chọn một ăng - ten có độ rộng chùm hợp lý cũng như điểm không đầu tiên/búp sóng bên sẽ tạo ra phản xạ nhỏ nhất.

Dựa trên các trình bày về tiêu chí thiết kế nêu trên chúng tôi chọn các ăng - ten phát sau:

- Ăng - ten loga chu kỳ ở tần số 100 MHz ở cấu hình nâng lên hoặc ở cấu hình phản xạ của mặt đất. Ăng - ten này được chọn dựa trên khoảng cách đo là 320 m và chiều cao của ăng - ten phát ở vị trí tối thiểu 12 m;

- Ăng - ten gương phản xạ có đường kính mặt mở 24" được dùng cho trường hợp ăng - ten ở tần số 18 GHz. Chiều cao của ăng - ten cần đo phải ở khoảng cách 8 m so với mặt đất.

2.2. Phân tích và tính toán về khoảng cách

Khoảng cách đảm bảo độ chính xác tuyệt đối thường được tính [2]:

$$R \geq \frac{4D^2}{\lambda} \quad (2)$$

Trong đó: R là khoảng cách giữa 2 ăng - ten, m;

D là kích thước lớn nhất của ăng - ten cần đo, m;

λ là bước sóng của ăng - ten cần đo, m.

Sau khi phân tích tại tần số 100 MHz với ăng - ten có kích thước đường kính 15.5 m, chiều cao ăng - ten 3 m. Dựa trên những phân tích và các tiêu chí đưa ra ở trên, ăng - ten này cần phải đặt ở vị trí có chiều cao tính từ mặt đất cao hơn 4 lần so với kích thước chiều cao của ăng - ten. Khoảng cách đo từ ăng - ten phát cho đến ăng - ten cần đo cần phải lớn hơn 320.3 m để đảm bảo đường cong pha của tín hiệu trong vùng đo kiểm (test zone) phải nhỏ hơn 22.5º.

Do đó, với dạng ăng - ten này thì ăng - ten phát và ăng - ten cần đo cần được đặt ở cùng một chiều cao. Với ăng - ten cần đo có chiều cao là 3 m thì kết quả là chiều cao của ăng - ten cần đặt ở vị trí có chiều cao ít nhất là 12 m để đảm bảo các yếu tố phản xạ của mặt đất.

Các loại ăng - ten khác cần sử dụng kỹ thuật "phản xạ mặt đất". Trong chế độ làm việc ăng - ten cần đo vẫn đặt ở chiều cao là 12 m và ăng - ten phát sẽ được đặt ở tháp của ăng - ten phát gần mặt đất. Lý tưởng là các búp sóng bên bị thu và chặn lại bởi mặt đất. Ngoài ra, thì búp sóng chính không bị phản xạ bởi mặt đất và nó được điều chỉnh sao cho nó được hướng vào vùng đo kiểm của ăng - ten cần đo. Kỹ thuật này được sử dụng rất phổ biến và rất hiệu quả đối với các tần số dưới 15 GHz. Điều này cần được tối ưu hóa ngoài thực địa bởi vì kết quả phụ thuộc chủ yếu vào sự phản xạ và độ bằng phẳng của mặt đất. Lý tưởng mặt đất phải nhẵn thì kết quả sẽ tốt hơn so với trường hợp gồ ghề.

Tuy nhiên, do giới hạn về khoảng cách của khu vực đo kiểm, ta sử dụng tiêu chí đảm bảo trường xa tối thiểu như bảng 1. Để đảm bảo mục đích đo kiểm trong tương lai khoảng cách tối thiểu giữa ăng - ten phát và ăng - ten thu càng lớn càng tốt.

Bảng 1. *Khoảng cách trường xa tối thiểu (m).*

Loại ăng - ten	Đường kính mặt mở của ăng - ten cần đo (m)	Tần số làm việc của ăng - ten cần đo (GHz)	Bước sóng (m)	Khoảng cách trường xa tối thiểu $2.D^2/\lambda$ (m)
1	15.5	0.1	3.000	160.2
2	3.0	1.0	0.300	60.0
3	2.0	10.0	0.030	266.7
4	2.0	14.0	0.021	373.3
5	1.5	18.0	0.016	281.25

Dựa trên các phân tích cơ bản được đưa ra ở trên, ta xác định được các yêu cầu cụ thể về hệ thống như sau:

- Chiều cao của các tháp ăng - ten cần phải đảm bảo ≥ 12 m. Trong bản phân tích này thì chiều cao nhỏ nhất là 12 m. Chiều cao của tháp đo nên cao hơn 12 m để giảm thiểu các hiện tượng phản xạ của mặt đất;

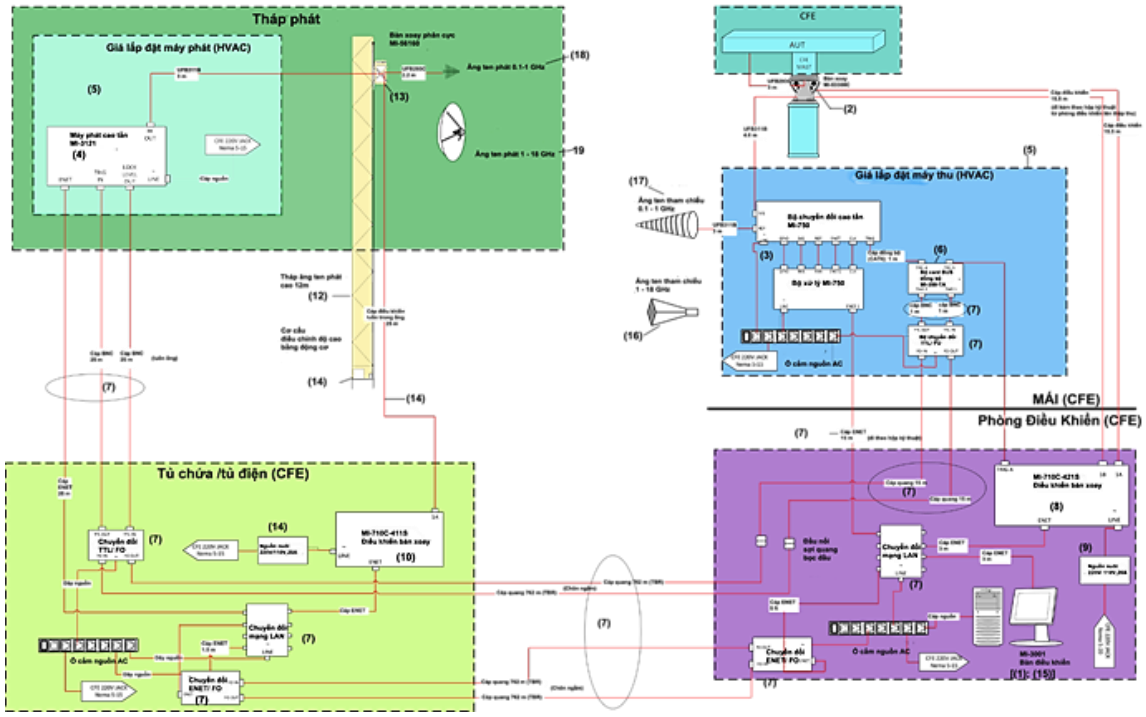
- Ăng - ten phát lý tưởng cho trường hợp ở tần số (100 ÷ 1000) MHz là ăng - ten logarit chu kỳ. Điều này dựa trên thông tin đầu vào là ăng - ten có đường kính mặt mở là 15.5 m, tần số 100 MHz, khoảng cách giữa ăng - ten phát và ăng - ten thu tối thiểu là 322 m;

- Ăng - ten phát lý tưởng cho trường hợp ăng - ten ở tần số (1 ÷ 18) GHz là ăng - ten đĩa parabol có đường kính đĩa 24".

3. THÀNH PHẦN VÀ TÍNH NĂNG KỸ THUẬT CỦA HỆ THỐNG

3.1. Cấu tạo, thành phần của hệ thống

Sơ đồ hệ thống của giải pháp đo ăng - ten ở trường xa triển khai ngoài trời của Viện Ra đa được mô tả trong hình 2.



Hình 2. *Sơ đồ hệ thống của giải pháp đo ăng - ten ở trường xa.*

Cấu trúc cơ bản của Hệ thống đo tham số ăng - ten ở trường xa gồm các thành phần chính sau:

- Bãi đo, là khu đất có diện tích (kích thước chiều rộng, chiều dài) thỏa mãn theo yêu cầu kích thước mặt mở theo phương ngang của ăng - ten cần đo;

- Tháp phát (12), ăng - ten phát (18/19) và thiết bị điều khiển phân cực (13);

- Máy phát tín hiệu dải rộng (4);

- Tháp ăng - ten thu, bàn xoay ăng - ten thu (ăng - ten cần đo tham số) (2);

- Thiết bị điều khiển quay ăng - ten thu và điều khiển hệ thống (8);

- Hệ thống cao tần (thiết bị phát và thu dữ liệu đo) (5);

- Phần mềm đo ăng - ten trường xa;

- Bộ khuếch đại và các phụ kiện kết nối (7, 14);

- Các thiết bị bảo đảm cho phép đo: bộ đàm, thiết bị ngắm chỉnh tâm pha, camera, thiết bị cẩu ăng - ten đo lên tháp thu.

Cấu hình thiết bị của giải pháp có thay đổi dựa trên kết quả khảo sát và tính toán ảnh hưởng

của địa hình và môi trường trong khu vực triển khai bãi đo. Điểm nổi bật của giải pháp ở đây cần nhấn mạnh:

- Dải tần dưới của giải pháp có thể xuống thấp đến 100 MHz đối với việc đo khảo sát ăng - ten ở tần số thấp là đặc biệt khó khăn bởi vì: Bước sóng tần số lớn, có nhiều tín hiệu nhiễu do các đài phát thanh và các hệ thống thông tin liên lạc gây nhiễu lên bãi đo. Tuy nhiên, với kỹ thuật sử dụng máy thu số với công nghệ DSP tiên tiến và các ăng - ten tham chiếu cùng với tính năng cao cấp của phần mềm cho phép khách hàng có thể đo kiểm một cách tự tin cho các ăng - ten ở tần số này. Đây là tính năng hơn hẳn so với giải pháp trước đây;
- Các bàn xoay và cấu hình của giải pháp cho phép khách hàng thoải mái điều chỉnh và thiết lập các bài đo một cách nhịp nhàng và thuận lợi;
- Các thiết bị cần phải lắp đặt ở ngoài trời đều được đựng trong các hộp đựng đảm bảo chống các ảnh hưởng về môi trường đến các thiết bị.

3.2. Tính năng kỹ thuật

Tính năng kỹ thuật cơ bản của hệ thống đạt được cụ thể như sau [1]:

- Dải tần làm việc: 150 MHz ÷ 18.000 MHz;
- Các dạng ăng - ten đo: mạng pha, loa, parabol, cần, yagi;
- Kích thước mặt mở lớn nhất của ăng - ten có thể đo được: 16 m;
- Chiều cao của ăng - ten cần đo: 4 m;
- Trọng lượng của ăng - ten cần đo: lớn nhất 1000 kg;
- Hệ số khuếch đại lớn nhất của ăng - ten cần đo: 50 dB;
- Mức búp sóng bên lớn nhất có thể đo được: 45 dB;
- Mức búp sóng đuôi lớn nhất có thể đo được: 45 dB;
- Các dạng phân cực của ăng - ten cần đo: đứng, ngang, tuyến tính;
- Độ rộng giản đồ hướng theo góc phương vị: 0,5º đến 120º;
- Độ rộng giản đồ hướng theo góc tà: 1º đến 45º;
- Có khả năng hiệu chuẩn tâm pha của ăng - ten phát và ăng - ten thu;
- Khoảng cách giữa tháp ăng - ten phát và ăng - ten thu là 430 m;
- Có khả năng bán tự động đo hệ số khuếch đại;
- Khả năng xử lý kết quả sau khi đo: Dạng đồ thị, dạng bảng hoặc 3D;
- Đo, đánh giá các tham số của ăng - ten cần đo:
    - Giản đồ hướng dạng 3D hoặc 2D mặt phẳng ngang và mặt phẳng đứng;
    - Hệ số khuếch đại, độ định hướng và hiệu suất bức xạ của ăng - ten;
    - Búp sóng phụ, búp sóng đuôi của ăng - ten;
    - Phân cực H hoặc E của ăng - ten.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả khảo sát, tính toán ảnh hưởng của địa hình, môi trường trong khu vực triển khai bãi đo thực tế; đồng thời áp dụng kỹ thuật máy thu số, công nghệ DSP tiên tiến cùng phần mềm linh hoạt hiện đại để xây dựng hệ thống đo ăng - ten ở trường xa với các tính năng ưu việt. Kết quả đo các tham số của ăng - ten mẫu chuẩn (П-18 và Furuno XN-12AF) giống như các tham số kỹ thuật của nhà sản xuất công bố, của ăng - ten thiết kế chế tạo mới (băng S và mạng pha băng X) tương đồng với các kết quả mô phỏng. Điều đó khẳng định tính chính xác và độ tin cậy của các phép đo thực hiện bằng hệ thống đo ăng - ten ở trường xa đã xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Thiết kế kỹ thuật – Tổng dự toán Dự án *"Phòng thí nghiệm thiết kế, chế thử và thử nghiệm Ra đa"*, Viện Ra đa – Viện KHCNQS, 2014.

[2]. *"Antenna Pattern Measurement: Concepts and Techniques"* (http://www.ets-lindgren.com/sites/etsauthor/WhitePapers/APM.pdf).
[3]. MI-3000 Training Materials, NSI-MI, Jan – 2018.
[4]. https://www.nsi-mi.com/products/system-solutions/far-field-systems/outdoor-far-field.

ABSTRACT

ONE SOLUTION TO DESIGN THE ANTENNA PATTERN MEASUREMENT SYSTEM IN FAR FIELD

The article introduces the measurement and testing capabilities of the Antenna Pattern Measurement System in Far Field. The solution of designing and configuring the measuring system is based on the survey results, calculating the influence of topography and the environment in the area where the measurement site is actually implemented. The antenna pattern measurement and evaluation system have the function of measuring, examining, and evaluating the parameters of radar antennas and antennas of radio devices in far field, giving parameters 2D or 3D pattern, including radar antennas with large opening dimensions such as П-18, П-37, etc.

Keywords: Antenna Pattern Measurement; Far Field; Radar.

Nhận bài ngày 30 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 30 tháng 7 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 02 tháng 8 năm 2021

Địa chỉ: Viện Ra đa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Bộ Quốc phòng.
*Email: duchanh191175@gmail.com.