GIẢI PHÁP THIẾT KẾ, CHẾ TẠO KHỐI MÁY THU CHO THIẾT BỊ TRINH SÁT VÔ TUYẾN ĐIỆN TRÊN TÀU HẢI QUÂN

Nguyễn Văn Hạnh[1]*, Vũ Lê Hà[2], Nguyễn Mạnh Cường[2],
Phan Văn Việt[2], Đinh Văn Trường[1]

Tóm tắt: *Bài báo giới thiệu về một phương pháp thiết kế, chế tạo khối máy thu cho thiết bị trinh sát vô tuyến điện băng X. Phương pháp thiết kế sử dụng các linh kiện thế hệ mới, dựa trên kết quả khảo sát, phân tích chức năng, và tính toán các tham số của khối nguyên bản có ảnh hưởng trực tiếp đến việc hình thành nên chức năng của khối. Khối máy thu có chức năng thu nhận tín hiệu băng tần X từ anten hoặc kênh kiểm tra, lọc, khuếch đại cao tần, tách sóng và khuếch đại xung thị tần đến giá trị nhất định để đưa đến tầng làm việc tiếp theo của thiết bị trinh sát vô tuyến điện.*

Từ khóa: Trinh sát vô tuyến; Máy thu; Băng X.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Tính năng [1]

Thiết bị trinh sát vô tuyến điện trên tàu Hải quân (sau đây gọi là PO) có công dụng:

- Để phát hiện các nguồn tín hiệu của các đài ra đa trên tàu, máy bay, hệ thống điều khiển vũ khí và đầu tự dẫn của tên lửa chống tàu với các tín hiệu phát xạ dạng xung;
- Để xác định các thông số của các tín hiệu phát xạ.

1.2. Đặc tính kỹ thuật [1]

Thiết bị PO đảm bảo:

- Vùng sục sạo theo góc phương vị đến 360°, theo góc tà từ 0° đến 30° (không tính đến các góc lắc) trong dải tần C, X, Ku;
- Độ nhạy thực tế theo công suất không nhỏ hơn $3{,}2*10^{-2}$ µW = - 45 dBm;
- Dải động tức thời của phép đo mức tín hiệu đầu vào không nhỏ hơn 40 dB;
- Đo độ rộng xung từ 0,1 µs đến 150,0 µs với sai số trung bình bình phương không lớn hơn 80% so với giá trị danh định khi độ rộng xung từ 0,1 µs đến 2,0 µs và không lớn hơn 10% so với giá trị danh định khi độ rộng xung từ 2,0 µs đến 150,0 µs;
- Phát hiện các tín hiệu xung trong dải tần số C, X, Ku với xác suất không nhỏ hơn 0,75 khi thông lượng đầu vào không lớn hơn 200.000 xung/giây với độ rộng trung bình xung 1,7 µs;
- Xác định phương vị theo góc mạn của nguồn phát xạ với sai số trung bình bình phương không lớn hơn 5°;
- Đo giá trị các tần số sóng mang với sai số trung bình bình phương không lớn hơn 0,65%, ở dải tần X, Ku;
- Tương thích điện từ trường với các thiết bị vô tuyến điện trên tàu;
- Công suất tiêu thụ của thiết bị PO không lớn hơn 1000 W.

Các băng tần của thiết bị PO bao gồm: Băng tần C: Định vị theo phương vị; Băng tần X, Ku: Định vị theo phương vị với việc xác định các tần số.

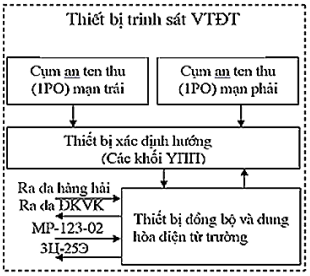
1.3. Thiết bị và hoạt động [1]

Sơ đồ chức năng thiết bị thể hiện trên hình 1.

Nguyên lý hoạt động của thiết bị trên cơ sở sử dụng phương pháp biên độ xác định phương vị và sử dụng phương pháp đo tức thời tần số sóng mang trên cơ sở bộ chọn lọc tần số đa kênh (ЧИС). Trong khoảng thời gian, vượt quá độ rộng tín hiệu thu nhận không lớn hơn 3 s, đồng thời xác định được các thông số của tín hiệu gồm: hướng; độ rộng; biên độ và tần số sóng mang (dải tần X, Ku).

Đặc điểm xử lý tín hiệu nhận được (hiện thời) trong bất kỳ băng tần, ngoại trừ khả năng xử lý

lại tín hiệu nhận được, đến khi kết thúc việc xử lý tín hiệu hiện thời. Sau khi kết thúc việc xử lý, các thông số tín hiệu được đưa ra ở dạng mô tả hồ sơ mã hoá và được truyền tới ACУ của tổ hợp. Việc truyền được thực hiện theo hai kênh liên lạc, một kênh truyền các hồ sơ ở băng tần X, Ku, một kênh truyền các hồ sơ ở băng tần C.



Hình 1. *Sơ đồ chức năng thiết bị điển hình.*

Khối xác định phương vị cho mỗi một băng tần trong máy thu tín hiệu siêu cao tần (SCT) là như nhau, trong băng tần C có 8 kênh, trong băng tần X và Ku có 16 kênh.

Các anten thu của bộ xác định phương vị định hướng được trong mặt phẳng biên độ bằng các giản đồ hướng của các kênh lân cận tương quan với nhau theo mức 3 dB, cho phép xác định hướng của tín hiệu đầu vào với hướng bất kỳ, so sánh biên độ tín hiệu với kênh bên cạnh.

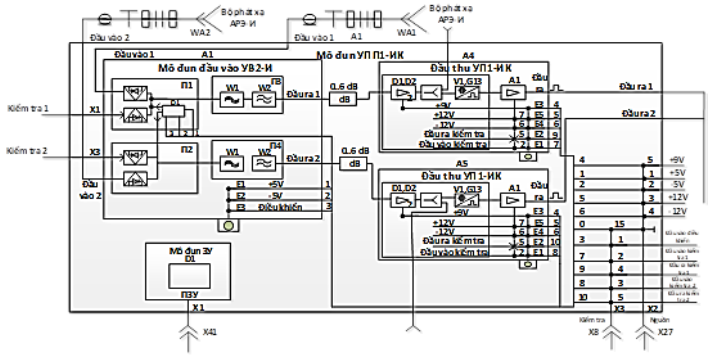
Độ rộng tín hiệu thu là khoảng thời gian trong đó mức tín hiệu vượt quá độ nhạy của kênh thu với biên độ cực đại trong bộ xác định phương vị.

Bộ phát hiện trong mỗi băng tần X và Ku bao gồm các bộ khuếch đại hạn chế và thiết bị đo tần số, được xây dựng trên cơ sở các bộ lọc phẩm chất thấp. Tần số sóng mang được tính toán bằng cách so sánh biên độ tín hiệu ở tần số các kênh bên cạnh.

Việc kiểm tra chức năng các khối điện tử của thiết bị PO được thực hiện khi bật thiết bị và làm việc trong chế độ kiểm tra. Các thiết bị trạm anten PTO (1PO) được bố trí trên mặt phẳng mở của boong thượng ở mạn trái và mạn phải của tàu.

1.4. Chức năng và nguyên lý hoạt động của khối máy thu [1]

Sơ đồ khối của máy thu thể hiện ở hình 2.



Hình 2. *Sơ đồ khối của máy thu.*

Các thiết bị của trạm anten PTO (1PO) dùng để thu nhận và khuếch đại sơ bộ tín hiệu SCT trong dải tần từ 8 GHz đến 12 GHz trong tuyến phát hiện. Sử dụng tính chất định hướng của anten thu làm cơ sở xây dựng nguyên lý xác định hướng đến của tín hiệu.

Các tín hiệu SCT, đã được khuếch đại bởi anten АЭР-И được đưa đến đầu vào của các mô đun hai kênh thu tương ứng. Khi cấp các tín hiệu xung SCT trên các đầu vào "Đầu vào 1"/ "Đầu vào 2" hoặc các đầu vào "Kiểm tra 1"/ "Kiểm tra 2" của các khối máy thu, phụ thuộc vào trạng thái của chuyển mạch đầu vào, tín hiệu được lọc bởi khối УВ2-И. Ở đầu ra của УВ2-И, tín hiệu SCT được đưa đến khối thu УП1-ИК thông qua bộ suy giảm để làm đồng đều hệ số phát ở các khối máy thu. Khối thu УП1-ИК khuếch đại và tách sóng biên độ tín hiệu SCT. Ở đầu ra bộ tách

sóng, tín hiệu video nhận được trên bộ khuếch đại thị tần logarit ЛИВУ2, đảm bảo hoạt động trong dải động không nhỏ hơn 40 dB. Cuối cùng, các tín hiệu khuếch đại nhận được trên đầu ra "Đầu ra 1" / "Đầu ra 2".

Về cấu trúc, từng khối máy thu thiết kế dạng lắp ghép từ các khối SCT nhỏ, bố trí trong một vỏ chung có nắp chắn. Toàn bộ giắc cắm bố trí trên panel phía trước. Vỏ của mô đun có ray định hướng để đặt trong khung giá các hộp catset. Điện áp nguồn nuôi được đưa đến mô đun thông qua giắc nguồn «ПИТАНИЕ». Kích thước của khối máy thu không lớn hơn (372 x 150 x 47) mm. Khối máy thu là các phần tử thay thế, trong trường hợp các mô đun hỏng thì phải cả khối.

Qua khảo sát thực tế, chúng tôi nhận thấy một số nhược điểm của khối máy thu nguyên bản như sau:

- Các bộ chuyển mạch SCT sử dụng điốt chuyển mạch PIN không có ký hiệu, dạng tinh thể, kích thước rất nhỏ, không thể thay thế và không còn sản xuất;

- Bộ tách sóng sử dụng điốt tách sóng không có ký hiệu, dạng tinh thể, kích thước rất nhỏ, không thể thay thế và không còn sản xuất;

- Các linh kiện thụ động (tụ, trở, cuộn cảm,…) trong bộ khuếch đại thị tần dạng logarit ЛИВУ2 không có giá trị cụ thể.

2. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO KHỐI MÁY THU

Bài toán thiết kế, chế tạo mới khối máy thu dựa trên cơ sở các tham số kỹ thuật của khối máy thu nguyên bản. Các chỉ tiêu kỹ thuật chính của khối máy thu được liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. *Chỉ tiêu kỹ thuật.*

Tên chỉ tiêu	Yêu cầu kỹ thuật
1. Dải tần làm việc, GHz	8 ÷ 12
2. Độ nhạy toàn tuyến, dBm (Xung độ rộng =10 μs)	≤ -45
3. Dải động, dB (Xung độ rộng =10 μs)	≥ 40
4. Độ cách ly giữa đầu anten và kiểm tra, dB	≥ 30
5. Dải thông bộ lọc, GHz	7,5 ÷ 12,5
6. Điện áp điều khiển chuyển mạch, V	0 và +3,3
7. Đầu giắc RF vào/ra	SMA - F
8. Kích thước cơ khí (dài x rộng x cao), mm	(372 x 150 x 47)

Sơ đồ chức năng của khối máy thu nguyên bản và chế tạo mới thể hiện ở hình 3 và hình 4 tương ứng. Tín hiệu đầu vào từ anten hoặc kênh kiểm tra được lựa chọn thông qua chuyển mạch cao tần sử dụng vi mạch HMC347ALP3E [2] với độ cách ly giữa các kênh lên đến 30 dB. Tín hiệu sau đó được đưa qua tầng lọc băng rộng (BPF) và khuếch đại tạp thấp (LNA) sử dụng vi mạch tạp thấp HMC516LC5 [3] để đạt được mức tín hiệu cần thiết. Tín hiệu sau khuếch đại được đưa đến tầng tách sóng cao tần tốc độ cao (sử dụng vi mạch LTC5564 [4]) tạo ra tín hiệu thị tần. Tín hiệu thị tần qua tầng khuếch đại logarit để đạt được xung đầu ra theo yêu cầu. Để điều chỉnh độ đồng đều giữa các kênh, sử dụng các bộ suy giảm cố định từ 0 dB đến 6 dB giữa tầng lọc và khuếch đại. Tầng khuếch đại thị tần dùng khuếch đại logarit để đảm bảo tăng dải động cho khối.

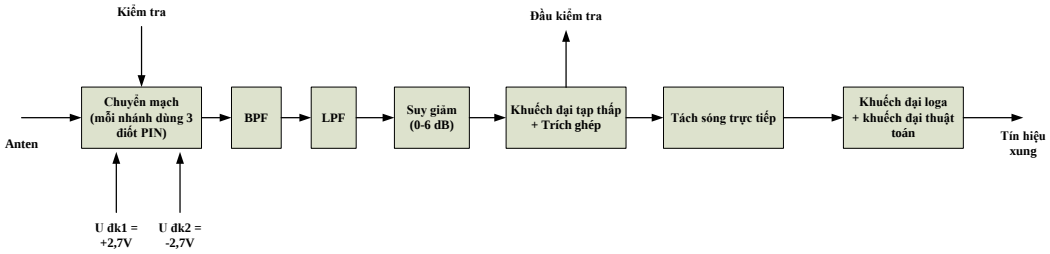
Các mô đun siêu cao tần (chuyển mạch, lọc dải thông, khuếch đại tạp thấp, tách sóng) được mô phỏng, thiết kế bằng phần mềm thiết kế mạch siêu cao tần ADS và chế tạo trên mạch dải Roger 4350B (hằng số điện môi 3,66; độ dày 0,254 mm). Mô đun khuếch đại loga chế tạo trên mạch in FR4. Nhờ ứng dụng công nghệ thiết kế, chế tạo tiến tiến nên khối máy thu chế tạo mới so với các khối nguyên bản có các ưu điểm sau:

Vật tư, linh kiện chế tạo chủ yếu nhập từ các nước tư bản, không phụ thuộc vào nguồn cung cấp linh kiện từ Nga;

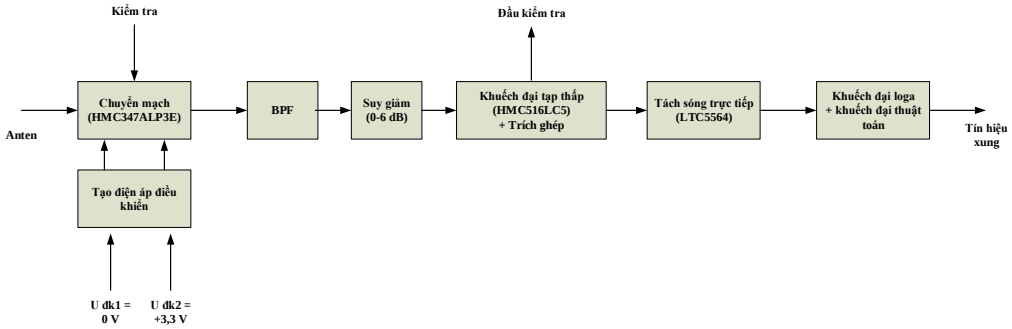
Các linh kiện điện tử đảm bảo độ ổn định, tin cậy cao;

Dễ dàng khoanh vùng phát hiện, thay thế linh kiện khi xảy ra hỏng hóc do sử dụng các linh kiện tích hợp;

Việc sử dụng linh kiện tích hợp của các nước tư bản nên các khối chế tạo mới tiêu thụ nguồn ít hơn so với các khối nguyên bản của Nga.



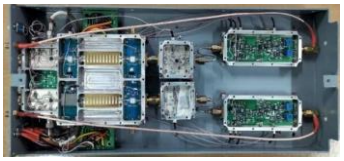
Hình 3. *Sơ đồ chức năng của khối máy thu nguyên bản.*



Hình 4. *Sơ đồ chức năng của khối máy thu chế tạo mới.*

3. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐO ĐẠC

Ảnh khối máy thu chế tạo mới được thể hiện tại hình 5. Ảnh thiết lập bài đo các tham số của khối máy thu chế tạo mới được thể hiện tại hình 6



Hình 5. *Ảnh khối máy thu chế tạo mới.*



Hình 6. *Hình ảnh bài đo.*

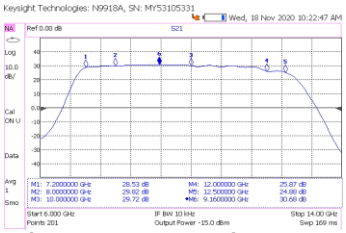
Các điều kiện thử nghiệm và tham số thiết lập thiết bị đo như sau:

+ Điều kiện môi trường thử nghiệm: nhiệt độ 25°C, độ ẩm 90%;

+ Máy phát E8267D: Tần số phát 8/10/12 GHz; độ rộng xung phát 10 ⌈s; chu kỳ lặp 100 ⌈s;

+ Máy hiện sóng DSO6052A: phép đo 2 kênh, kênh 1 đo tín hiệu xung đầu ra, kênh 2 đo tín hiệu kiểm tra E2.

Một số kết quả đo trong Phòng thí nghiệm thể hiện tại hình 7.



a. Kết quả đo đặc tuyến BPF + LNA



b. Kết quả đo tín hiệu đầu ra (kênh 1) và tín hiệu kiểm tra E2 (kênh 2).

Hình 7. *Một số kết quả đo trong phòng thí nghiệm.*

Bảng 2. *Kết quả đo các tham số chính.*

Tần số (GHz)	Độ nhạy (dBm)	Dải động (dB)	E2 tại mức (dBm)	Điện áp đầu ra bão hòa (V)
8.0	-60	42	-46	1,68
8.5	-58	40	-43	1,70
9.0	-57	40	-41	1,72
9.5	-53	41	-39	1,70
10.0	-51	43	-37	1,70
10.5	-58	43	-42	1,62
11.0	-58	41	-44	1,68
11.5	-48	42	-33	1,70
12.0	-51	40	-36	1,66

4. KẾT LUẬN

Khối máy thu cho thiết bị trinh sát vô tuyến điện đã được đo đạc trong Phòng thí nghiệm và thử nghiệm thực tế trên tàu Hải quân. Kết quả khối có chức năng tương đương khối nguyên bản và đáp ứng được yêu cầu chiến kỹ thuật của thiết bị trinh sát vô tuyến điện băng X. Ngoài ra, khối được thiết kế dựa trên các linh kiện thế hệ mới, thông dụng hiện nay nên có thể thay thế và sửa chữa khi cần thiết, điều không thể thực hiện trên khối nguyên bản. Các kết quả thu được có thể mở rộng cho thiết bị trinh sát vô tuyến điện trên tàu Hải quân ở các băng tần khác như C, Ku.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. *"Tính năng chiến kỹ thuật thiết bị trinh sát vô tuyến điện tử",* КСЦИ.461424.012.

[2]. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ HMC347ALP3E.pdf.

[3]. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ HMC516LC5.pdf.

[4]. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/5564fc.pdf.

ABSTRACT

DESIGNING, FABRICATING RECEIVER MODULE
FOR ELECTRICITY RECONNAISSANCE EQUIPMENT IN NAVAL VESSELS

The article introduces a method of designing and fabricating a receiver module for electricity reconnaissance equipment. The design method using new generation components, based on survey results, functional analysis, and calculation of the original module's parameters have a direct influence on the functional formation of the module. The receiver module has the function of receiving X-band signals from an antenna or test channel, filtering, microwave amplifying, detecting, and amplifying frequency pulses to certain values to lead to the next working floor of the electricity reconnaissance equipment.

Keywords: Electricity Reconnaissance; Receiver; X-band.

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: [1]Viện Ra đa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;
[2]Viện Điện tử, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: duchanh191175@gmail.com.