



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032998

(51)⁷ H01Q 1/12

(13) B

(21) 1-2019-07498

(22) 31/12/2019

(45) 25/08/2022 413

(43) 25/02/2020 383A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

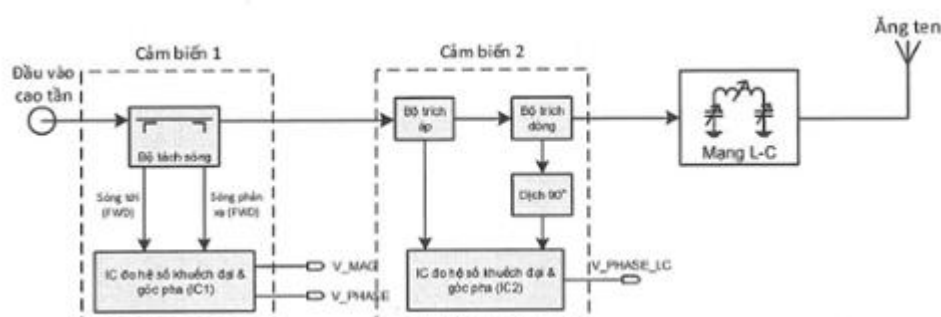
Lô D26 khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Dương Đức Thanh (VN); Đậu Văn Công (VN); Đào Xuân Thủy (VN); Nguyễn Thị Hương (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) CẢM BIẾN ĐO CHÍNH XÁC TRỞ KHÁNG ẲNG TEN SỬ DỤNG IC ĐO HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI VÀ GÓC PHA

(57) Sáng chế đề xuất cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha, đây cảm biến quan trọng có thể ứng dụng trong các thiết bị đo trở kháng và đặc biệt trong các bộ tự động điều hướng ăng ten (ATU) ở dải tần sóng ngắn. Cảm biến đề xuất bao gồm hai cảm biến: cảm biến thứ nhất thực hiện đo đồng thời độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha ($|Phase|$); cảm biến thứ hai xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten. IC đo hệ số khuếch đại và góc pha cho phép đo hệ số khuếch đại về mặt công suất (hay tỷ số công suất) và góc lệch pha giữa hai tín hiệu cùng tần số đưa vào do đó hoàn toàn có thể tận dụng chức năng này để đo trở kháng của tải (ăng ten).



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới việc thiết kế cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha (Gain and Phase Detector). Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten này có thể ứng dụng cho các thiết bị đo trở kháng tải, cho các bộ tự động phối hợp trở kháng (matching) với ăng ten trên các thiết bị thông tin vô tuyến sóng ngắn (HF - High Frequency).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Cảm biến đo trở kháng ăng ten là một thành phần không thể thiếu trên các bộ tự động phối hợp trở kháng với ăng ten (ATU - Antenna Tunner Unit) trong các thiết bị thông tin vô tuyến sóng ngắn. Nhiệm vụ của cảm biến này là xác định ăng ten đã được phối hợp trở kháng về trở kháng mong muốn (thông thường là 50 ohm đối với các máy thông tin vô tuyến sóng ngắn) hay chưa để từ đó làm thông tin cung cấp cho bộ điều khiển trên bộ tự động phối hợp trở kháng với ăng ten tính toán đóng các thành phần điện cảm (L) hoặc tụ điện (C) cần thiết để phối hợp với ăng ten về gần với trở kháng mong muốn nhất có thể.

Hình 1 thể hiện vị trí bộ cảm biến đo trở kháng ăng ten: tín hiệu cao tần vào khối điều hướng ATU trước tiên được đưa qua bộ cảm biến được đặt tại đầu vào sau đó qua mạng L-C (L-C network) để phối hợp trở kháng trước khi ra ăng ten.

Cảm biến này trên các bộ ATU trước đây thông thường không có khả năng đo chính xác giá trị trở kháng ăng ten mà chỉ là tổ hợp của một vài cảm biến, như: cảm biến xác định trở kháng (Z) của tải (ăng ten) lớn hơn hay nhỏ hơn 50 ohm: cảm biến cho ra hai mức lô-gic cao/thấp ứng với trở kháng ăng ten lớn hơn/nhỏ hơn 50 ohm (hoặc ngược lại); cảm biến xác định tính dung/tính cảm của ăng ten: cảm biến cho ra hai mức lô-gic cao/thấp ứng với đặc tính ăng ten có tính dung/tính cảm (hoặc ngược lại); cảm biến đo tỷ số sóng đứng (VSWR): đầu ra của cảm biến là một điện áp một chiều (DC), mức của điện áp này biểu thị

giá trị VSWR lớn hay nhỏ tương ứng với việc trở kháng ăng ten đã được phối hợp về gần 50 ohm hay chưa (khi VSWR nhỏ, xấp xỉ 1).

Với cảm biến loại này thì sẽ chỉ xác định được trở kháng ăng ten thuộc vùng nào trên đồ thị Smith chứ không thể xác định chính xác giá trị trở kháng của ăng ten. Hình 2 thể hiện khả năng xác định vùng trở kháng của ăng ten trên đồ thị Smith khi sử dụng cảm biến nêu trên: vùng (I) ứng với $Z > 50$ ohm đặc tính cảm, vùng (II) ứng với $Z > 50$ ohm đặc tính dung, vùng (III) ứng với $Z < 50$ ohm đặc tính cảm, vùng (IV) ứng với $Z < 50$ ohm đặc tính dung.

Do đó thuật toán điều hưởng (thuật toán đóng các cuộn cảm L, tụ điện C trong mạng L-C) ứng với loại cảm biến này là sử dụng các phương thức “dò tìm”. Cụ thể, việc xác định trở kháng ăng ten thuộc vùng nào trên đồ thị Smith chỉ giúp xác định cấu trúc mạng L-C cần thiết lập (ví dụ: L trước C sau hoặc ngược lại C trước L sau...), việc phải đóng giá trị L bao nhiêu, C bao nhiêu thì hoàn toàn chỉ có thể sử dụng phương thức “dò tìm”, tức là đóng các giá trị L và C tăng dần hoặc giảm dần và đo lại tỷ số sóng đứng (VSWR) sau mỗi bước dò để xem trở kháng ăng ten đã về đủ gần 50 ohm chưa. Nhược điểm của phương thức “dò tìm” này là phải dò nhiều bước dẫn đến thời gian điều hưởng lâu. Bên cạnh đó, các mạng L-C trong ATU sóng ngắn chủ yếu dùng các rô-le đóng/cắt để thay đổi giá trị L-C, do đó việc dò tìm nhiều bước đồng nghĩa với việc phải đóng/cắt rô-le nhiều lần sẽ làm giảm tuổi thọ cũng như thời gian sử dụng của rô-le.

Trong sáng chế này, giải pháp kỹ thuật được đưa ra thiết kế cảm biến đo chính xác giá trị trở kháng ăng ten từ đó mở ra kỹ thuật điều hưởng mới, thay vì dò tìm giá trị L-C kỹ thuật này tính toán chính xác giá trị L-C cần đóng để tạo thành mạng L-C phối hợp với trở kháng ăng ten về 50 ohm, sau đó chỉ cần vi chỉnh lại quanh giá trị L-C vừa đóng để được mạng L-C phối hợp với trở kháng ăng ten về gần 50 ohm nhất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là thiết kế bộ cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten dải tần sóng ngắn để từ đó triển khai kỹ thuật điều hưởng nhanh (< 2 giây) bằng cách tính toán

chính xác giá trị L-C cần để phối hợp với trở kháng ăng ten về 50 ohm thay thế cho kỹ thuật điều hướng cũ sử dụng phương thức “dò tìm” giá trị L-C có nhược điểm thời gian điều hướng rất lâu (thông thường mất 6 giây).

Để đạt được mục đích trên, cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha bao gồm hai cảm biến: cảm biến thứ nhất thực hiện đo đồng thời độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha ($|Phase|$); cảm biến thứ hai xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten, trong đó:

Cảm biến thứ nhất sử dụng bộ ghép biến áp để tách sóng tới và sóng phản xạ đưa vào IC đo hệ số khuếch đại và góc pha, bao gồm bộ tách sóng được cấu tạo bởi hai biến áp ghép với nhau để tách và trích ra hai thành phần: sóng tới (FWD) tỷ lệ với thành phần tín hiệu truyền ra ăng ten và sóng phản xạ (REV) tỷ lệ với thành phần tín hiệu phản xạ lại nguồn phát; và IC đo hệ số khuếch đại và góc pha: là một loại vi mạch tích hợp được thiết kế có chức năng đo hệ số khuếch đại (hay tỷ số công suất) và góc lệch pha của hai tín hiệu đưa vào IC.

Cảm biến thứ hai xác định tính dung/tính cảm của tải sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha bằng cách trích tín hiệu có pha của điện áp (U) và tín hiệu có pha của dòng điện I sau đó dịch pha một trong hai tín hiệu trích được đi một góc 90° để đưa vào IC; cảm biến thứ hai bao gồm bộ trích áp trích ra một tín hiệu đủ nhỏ (trong ngưỡng hoạt động của IC đo hệ số khuếch đại và góc pha, cỡ mW) có pha trùng với pha của U; bộ trích dòng trích ra một tín hiệu đủ nhỏ có pha trùng với pha của I; bộ dịch pha 90° dịch pha của tín hiệu đi một góc $\pm 90^\circ$.

Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha trong đó đầu ra của IC đo hệ số khuếch đại và góc pha là hai tham số: điện áp một chiều V_{MAG} biểu thị mức chênh lệch về mặt công suất giữa sóng tới (FWD) và sóng phản xạ (REV), tham số này sẽ giúp tính được tổn hao ngược, từ đó tính được độ lớn của hệ số phản xạ; và điện áp một chiều V_{PHASE} biểu thị giá trị tuyệt đối của góc lệch pha.

Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha theo sáng chế đề xuất trong đó, sau khi sử dụng cảm biến thứ nhất để xác định độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha, thì cảm biến thứ hai chỉ đơn giản xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten:

Nếu ăng ten có tính dung: góc lệch pha tính được ở trên phải là một số nằm trong dải $-180^\circ \div 0^\circ$.

Nếu ăng ten có đặc tính cảm: góc lệch pha tính được ở trên sẽ phải là một số nằm trong dải $0^\circ \div +180^\circ$.

Từ đó, kết hợp cảm biến thứ nhất với cảm biến thứ hai sẽ tính được chính xác giá trị trở kháng ăng ten.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối vị trí bộ cảm biến trên ATU;

Hình 2 là hình vẽ thể hiện trở kháng ăng ten xác định trên đồ thị Smith khi sử dụng các cảm biến thế hệ cũ;

Hình 3 là hình vẽ thể hiện cách xác định tọa độ S11 qua $|\Gamma|$ và góc lệch pha;

Hình 4 là hình vẽ sử dụng bộ tách sóng tới và sóng phản xạ đưa vào IC đo hệ số khuếch đại và góc pha;

Hình 5 là hình vẽ thể hiện tọa độ đo được các giá trị giống nhau khi chỉ sử dụng cảm biến thứ nhất;

Hình 6 là hình vẽ thể hiện nguyên lý đo đặc tính dung/cảm sử dụng phương án trích và dịch pha điện áp đi 90 độ;

Hình 7 là hình vẽ thể hiện nguyên lý đo đặc tính dung/cảm sử dụng phương án trích và dịch pha dòng điện đi 90 độ;

Hình 8 là hình vẽ thể hiện kết hợp hai bộ cảm biến để đo chính xác trở kháng ăng ten.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha bằng cách tận dụng khả năng đo tỷ số công suất và góc lệch pha giữa hai tín hiệu cùng tần số đưa vào IC. Cụ thể, trong sáng chế này, trở kháng ăng ten sẽ được tính chính xác một cách gián tiếp thông qua việc xác định tọa độ S11 của ăng ten trên đồ thị Smith. Việc xác định tọa độ này thông qua hai tham số:

Thứ nhất: $|\Gamma|$ độ lớn của hệ số phản xạ tương ứng với khoảng cách từ S11 đến tâm đường tròn Smith, $|\Gamma|$ có giá trị: $0 \leq |\Gamma| < 1$.

Thứ hai: góc lệch pha (*Phase*): góc pha tạo bởi vectơ S11 với trục nằm ngang, góc lệch pha (*Phase*) có giá trị nằm từ 0° đến 360° hay từ -180° đến 180° .

Tham chiếu vào Hình 3 cho thấy với mỗi cặp giá trị $|\Gamma|$ và góc lệch pha (*Phase*) sẽ xác định duy nhất một tọa độ S11 ứng với trở kháng ăng ten trên đồ thị Smith.

Khi đó việc tính trở kháng ăng ten thông qua $|\Gamma|$ ở dạng số phức:

$$\Gamma = |\Gamma| * \cos(\text{Phase}) + j * |\Gamma| * \sin(\text{Phase})$$

$$Z = Z_0 * \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

Để đo được hai tham số này, bộ cảm biến trong sáng chế được thiết kế bao gồm hai cảm biến bao gồm cảm biến thứ nhất thực hiện đo đồng thời độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha ($|\text{Phase}|$); cảm biến thứ hai xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten. Cụ thể như sau:

Cảm biến thứ nhất đo đồng thời độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha ($|\text{Phase}|$) sử dụng một IC đo hệ số khuếch đại và góc pha bằng cách đưa hai tín

hiệu cùng tần số là sóng tới (FWD) và sóng phản xạ (REV) được trích ra khi phát cao tần ra ăng ten thông qua một bộ ghép biến áp tách sóng tới/sóng phản xạ (bi-directional coupler).

Hình 4 thể hiện nguyên lý cảm biến thứ nhất, gồm hai thành phần chính:

Bộ tách sóng (bi-directional coupler): cấu tạo chính là hai biến áp ghép với nhau để tách và trích ra hai thành phần: sóng tới (FWD) tỷ lệ với thành phần tín hiệu truyền ra ăng ten và sóng phản xạ (REV) tỷ lệ với thành phần tín hiệu phản xạ lại nguồn phát.

IC đo hệ số khuếch đại và góc pha: là một loại vi mạch tích hợp được thiết kế có chức năng đo hệ số khuếch đại (hay tỷ số công suất) và góc lệch pha của hai tín hiệu đưa vào IC (ở trong sáng chế này là tín hiệu sóng tới FWD và sóng phản xạ REV tách được ở trên).

Khi đó, đầu ra của IC đo hệ số khuếch đại và góc pha sẽ cho ra hai tham số:

Điện áp một chiều V_{MAG} biểu thị mức chênh lệch về mặt công suất giữa sóng tới (FWD) và sóng phản xạ (REV), tham số này sẽ giúp tính được tổn hao ngược (Return loss), trong đó giá trị tổn hao ngược (Return loss) được định nghĩa bằng công thức:

$$Returnloss(dB) = P_{FWD}(dB) - P_{REV}(dB)$$

Từ tổn hao ngược (Return loss) tính được độ lớn của hệ số phản xạ:

$$|\Gamma| = 10^{\frac{-Returnloss(dB)}{20}}$$

Điện áp một chiều V_{PHASE} biểu thị giá trị tuyệt đối của góc lệch pha.

Đến đây do góc pha đo được là giá trị tuyệt đối nên cảm biến thứ nhất này không thể phân biệt được góc lệch pha (*Phase*) có giá trị $+Phase$ hay $-Phase$. (ví dụ góc -45° hay góc 315° và $+45^\circ$ cảm biến đo ra chung một kết quả $+45^\circ$). Như vậy nếu chỉ sử dụng cảm biến thứ nhất này, với một bộ tham số V_{MAG} và V_{PHASE} đo được sẽ luôn tính ra hai tọa độ s11

tương đương với hai trở kháng $z = r + jx$ và $z = r - jx$. Hình 5 thể hiện hai điểm S11 và S11* đều có chung giá trị độ lớn $|\Gamma|$ và $|Phase|$, nếu chỉ sử dụng cảm biến thứ nhất sẽ không thể phân biệt được trở kháng ăng ten chính xác ứng với S11 hay S11*. Do đó cần thêm một bộ cảm biến thứ hai dưới đây làm nhiệm vụ xác định góc lệch pha (*Phase*) tính được ở trên là $+Phase$ hay $-Phase$.

Cảm biến thứ hai xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten:

Sau khi sử dụng cảm biến thứ nhất để xác định độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha, thì cảm biến thứ hai chỉ đơn giản xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten:

Nếu ăng ten có tính dung: góc lệch pha tính được ở trên phải là một số nằm trong dải $-180^\circ \div 0^\circ$.

Nếu ăng ten có đặc tính cảm: góc lệch pha tính được ở trên sẽ phải là một số nằm trong dải $0^\circ \div +180^\circ$.

Từ đó, kết hợp cảm biến thứ nhất với cảm biến thứ hai sẽ tính được chính xác giá trị trở kháng ăng ten.

Đối với cảm biến xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten, cũng có thể sử dụng nguyên lý mạch tương tự (analog) như trên các bộ cảm biến thiết kế trên ATU trước đây. Trong sáng chế này, tác giả tiếp tục tận dụng khả năng đo pha của IC chính nói trên để đo đặc tính dung/cảm của ăng ten. Ưu điểm của phương pháp này là sử dụng IC chuyên dụng giúp kích thước cảm biến nhỏ gọn, độ chính xác cao hơn so với mạch tương tự trong các thiết kế cũ. Để làm được điều này, trước tiên cần xác định hai tín hiệu đưa vào IC có pha lệch nhau như thế nào để có thể xác định được trở kháng ăng ten có đặc tính dung hay tính cảm. Biết rằng:

Nếu ăng ten có đặc tính dung: U sẽ chậm pha so với I, và ngược lại,

Nếu ăng ten có đặc tính cảm: U sẽ nhanh pha so với I.

Tức là, nếu gọi Φ là góc hợp bởi U và I:

$$\Phi = \text{Phase}_U - \text{Phase}_I$$

Thì:

Ăng ten có đặc tính dung: khi $-90^\circ < \Phi < 0^\circ$.

Ăng ten có đặc tính cảm: khi $0^\circ < \Phi < 90^\circ$.

Như vậy nếu tách trực tiếp hai tín hiệu U và I đưa vào IC dùng trong sáng chế này để đo góc lệch pha thì cũng không thể phân biệt được đặc tính dung và cảm do IC không thể phân biệt được khi hai tín hiệu lệch pha nhau một số dương hay âm. Tuy nhiên do góc Φ ở đây chỉ nằm trong dải từ -90° đến $+90^\circ$ và tận dụng việc IC cảm biến có thể đo được góc lệch pha giữa hai tín hiệu nằm trong dải từ 0° đến 180° nên sáng chế này sử dụng kỹ thuật dịch pha của một trong hai tín hiệu trích từ U hoặc I đi một góc 90° trước khi đưa vào IC, khi đó góc lệch pha Φ sẽ nằm trong dải đo của IC (từ 0° đến 180°) như mong muốn.

Tham chiếu Hình 6 và Hình 7 thể hiện nguyên lý đo đặc tính dung/cảm của ăng ten sử dụng phương pháp trích hai tín hiệu U và I, sau đó dịch pha một trong hai tín hiệu này một góc 90° trước khi đưa vào IC đo hệ số khuếch đại và góc pha để đo pha, trong đó:

Bộ trích áp: tín hiệu phát ra ăng ten thường có công suất lớn (cỡ Watt), bộ trích áp để trích ra một tín hiệu đủ nhỏ (trong ngưỡng hoạt động của IC đo hệ số khuếch đại và góc pha, cỡ mW) có pha trùng với pha của U. Tùy thuộc vào đặc tính tần số, mức công suất của tín hiệu mà có nhiều phương pháp để tạo bộ trích áp như: đơn giản nhất là bộ chia áp bằng điện trở, chia áp bằng tụ điện, sử dụng biến áp...

Bộ trích dòng: tương tự như bộ trích áp, bộ trích dòng làm nhiệm vụ trích ra một tín hiệu đủ nhỏ có pha trùng với pha của I. Phương pháp thông dụng nhất là sử dụng một biến

dòng để tạo ra một tín hiệu ở cuộn thứ cấp có pha trùng với pha của dòng điện I đi qua cuộn sơ cấp.

Bộ dịch pha 90°: làm nhiệm vụ dịch pha của tín hiệu đi một góc $\pm 90^\circ$. Có nhiều kỹ thuật để dịch pha, tùy thuộc vào dải tần hoạt động (băng thông) và yêu cầu về độ chính xác của góc dịch. Phương pháp đơn giản nhất tuy nhiên với băng thông hạn chế là đưa tín hiệu đi qua một điện cảm hoặc một tụ điện hoặc một mạch cầu R-C, hoặc phức tạp hơn nhưng cho băng thông rộng hơn là phương pháp sử dụng khuếch đại thuật toán (OPAMP)...

Tham chiếu Hình 8, sử dụng kết hợp hai cảm biến trình bày ở trên bằng cách ghép nối tiếp hai cảm biến này sẽ đo và tính được chính xác độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và chính xác góc lệch pha của vector S11. Từ đó triển khai $|\Gamma|$ dạng số phức:

$$\Gamma = |\Gamma| * (\cos(Phase) + j * \sin(Phase))$$

Cuối cùng, trở kháng ăng ten dạng số phức tính được theo công thức:

$$Z = Z_0 * \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} = R + j * X$$

Yêu cầu bảo hộ

1. Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha bao gồm hai cảm biến: cảm biến thứ nhất thực hiện đo đồng thời độ lớn hệ số phản xạ $|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha ($|Phase|$); cảm biến thứ hai xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten, trong đó:

cảm biến thứ nhất sử dụng bộ ghép biến áp để tách sóng tới và sóng phản xạ đưa vào IC đo hệ số khuếch đại và góc pha; cảm biến thứ nhất bao gồm bộ tách sóng được cấu tạo bởi hai biến áp ghép với nhau để tách và trích ra hai thành phần: sóng tới (FWD) tỷ lệ với thành phần tín hiệu truyền ra ăng ten và sóng phản xạ (REV) tỷ lệ với thành phần tín hiệu phản xạ lại nguồn phát; và IC đo hệ số khuếch đại và góc pha: là một loại vi mạch tích hợp được thiết kế có chức năng đo hệ số khuếch đại (hay tỷ số công suất) và góc lệch pha của hai tín hiệu đưa vào IC;

cảm biến thứ hai xác định tính dung/tính cảm của tải sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha bằng cách trích tín hiệu có pha của điện áp (U) và tín hiệu có pha của dòng điện I sau đó dịch pha một trong hai tín hiệu trích được đi một góc 90° đưa vào IC; cảm biến thứ hai bao gồm bộ trích áp trích ra một tín hiệu đủ nhỏ (trong ngưỡng hoạt động của IC đo hệ số khuếch đại và góc pha, cỡ mW) có pha trùng với pha của U; bộ trích dòng trích ra một tín hiệu đủ nhỏ có pha trùng với pha của I; bộ dịch pha 90° dịch pha của tín hiệu đi một góc $\pm 90^\circ$.

2. Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha theo điểm 1, trong đó: đầu ra của IC đo hệ số khuếch đại và góc pha là hai tham số: điện áp một chiều V_{MAG} biểu thị mức chênh lệch về mặt công suất giữa sóng tới (FWD) và sóng phản xạ (REV), tham số này sẽ giúp tính được tổn hao ngược, từ đó tính được độ lớn của hệ số phản xạ; và điện áp một chiều V_{PHASE} biểu thị giá trị tuyệt đối của góc lệch pha.

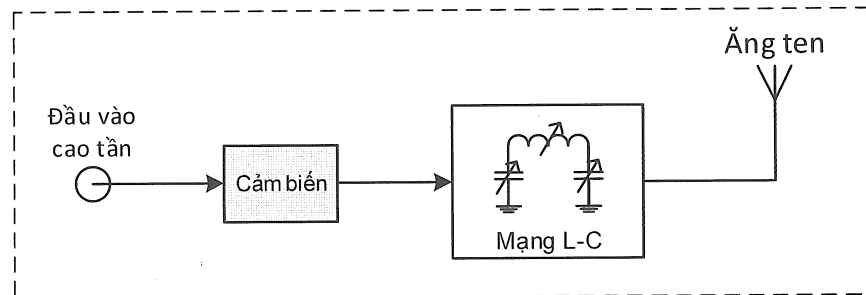
3. Cảm biến đo chính xác trở kháng ăng ten sử dụng IC đo hệ số khuếch đại và góc pha theo điểm 1, trong đó: sau khi sử dụng cảm biến thứ nhất để xác định độ lớn hệ số phản xạ

$|\Gamma|$ và giá trị tuyệt đối của góc lệch pha, thì cảm biến thứ hai chỉ đơn giản xác định đặc tính dung/cảm của ăng ten:

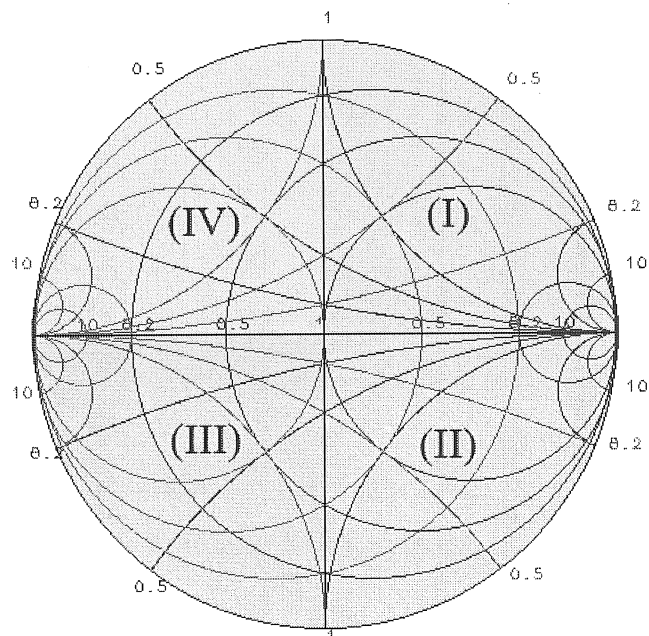
nếu ăng ten có tính dung: góc lệch pha tính được ở trên phải là một số nằm trong dải $-180^\circ \div 0^\circ$;

nếu ăng ten có đặc tính cảm: góc lệch pha tính được ở trên sẽ phải là một số nằm trong dải $0^\circ \div +180^\circ$;

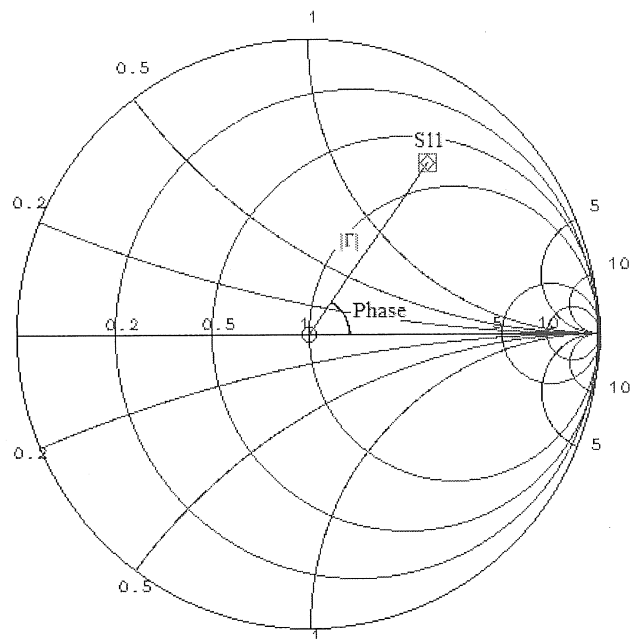
từ đó, kết hợp cảm biến thứ nhất với cảm biến thứ hai sẽ tính được chính xác giá trị trở kháng ăng ten.



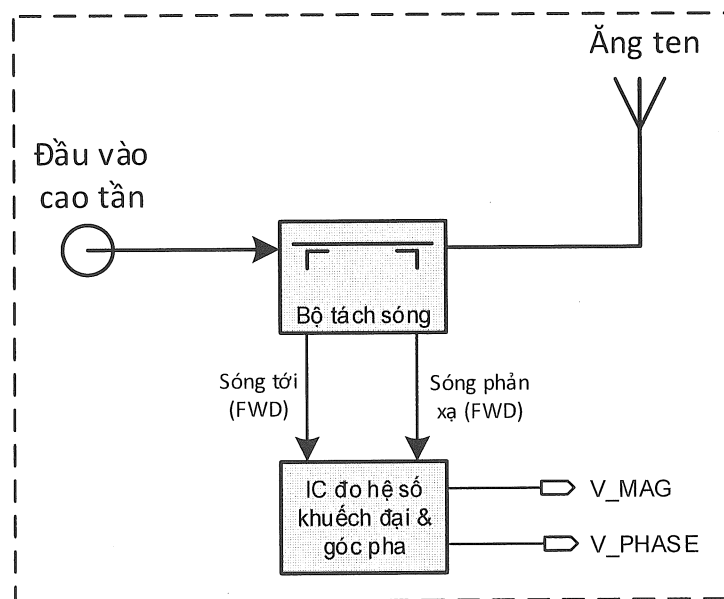
Hình 1



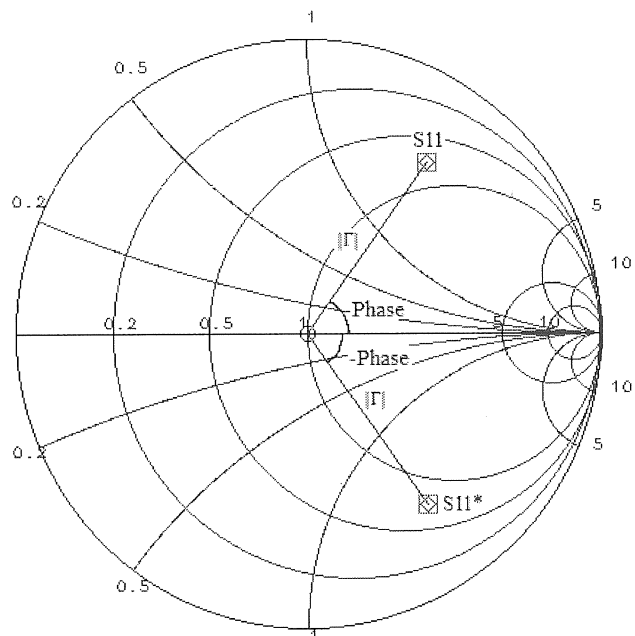
Hình 2



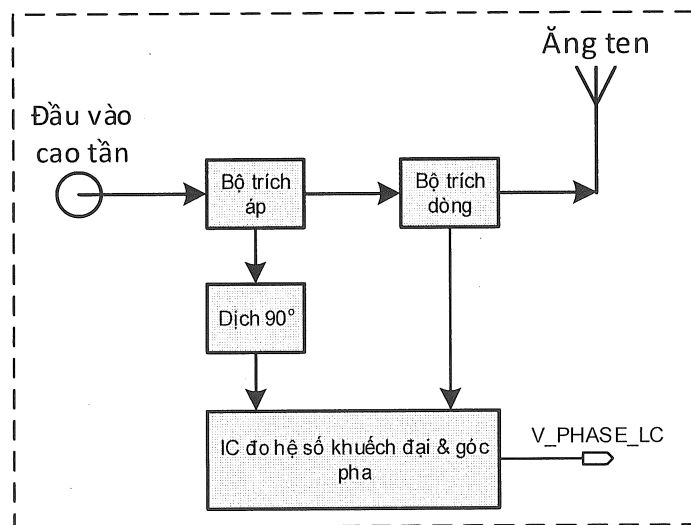
Hình 3



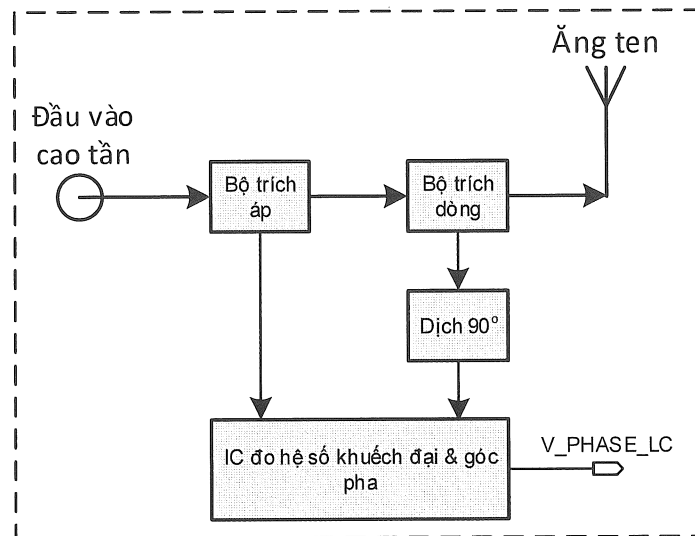
Hình 4



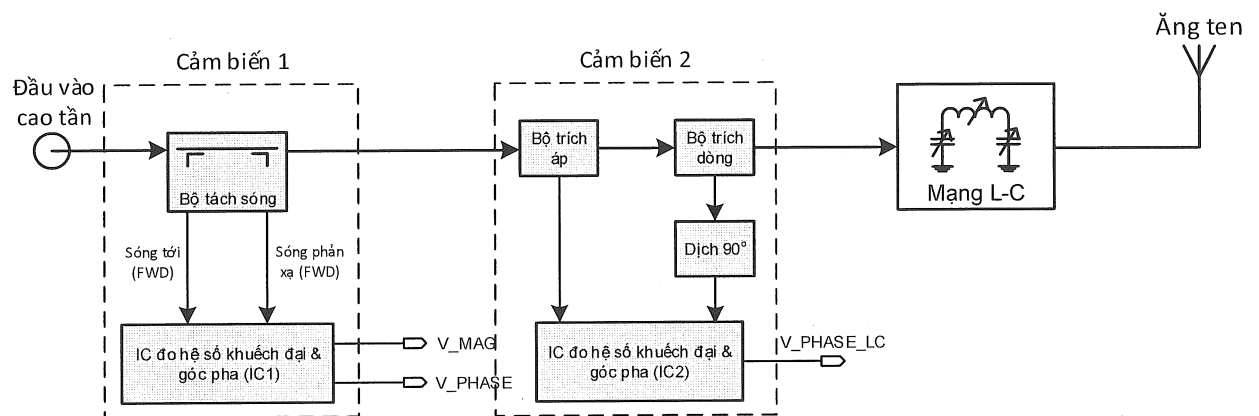
Hình 5



Hình 6



Hình 7



Hình 8