



(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)



1-0031784

(51)⁷ H01Q 21/10; H01Q 9/32; H01Q 9/00

(13) B

(21) 1-2019-06747

(22) 29/11/2019

(45) 25/05/2022 410

(43) 25/02/2020 383A

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

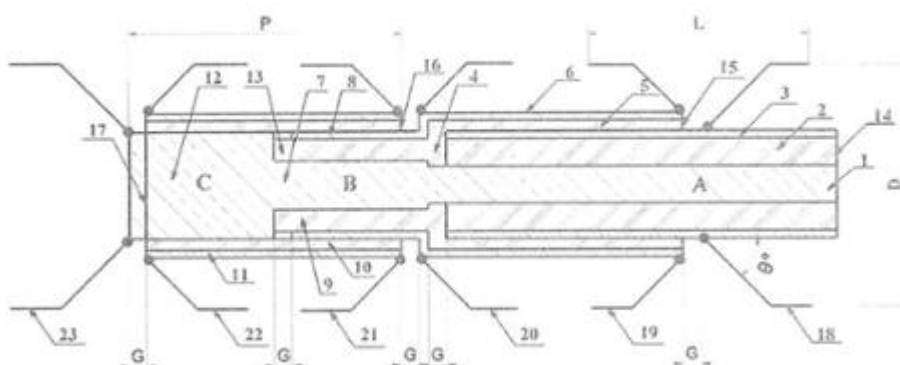
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Quốc Duy (VN); Trần Hoàng Việt (VN); Nguyễn Văn Nghĩa (VN); Ngô Thị Hường (VN).

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

(54) BỘ CHIA NỐI TIẾP BĂNG SIÊU RỘNG VÀ MẢNG ĂNG TEN CỘNG TUYẾN
SỬ DỤNG BỘ CHIA NÀY

(57) Sáng chế trình bày về bộ chia nối tiếp băng siêu rộng dựa trên nguyên lý cáp đồng trục. Bộ chia được thiết kế có ba cổng đầu ra, mỗi cổng được cấu tạo bởi vỏ cáp và lõi cáp được ngăn cách nhau bởi lớp điện môi, các cáp được lồng ghép đồng trục vào nhau, tạo thành các tầng chia công suất và các cổng đầu ra. Trong đó, vỏ của cáp đồng trục này đóng vai trò là lõi của cáp đồng trục kế tiếp; lõi các cáp đồng trục này có thiết kế liên mạch, nhưng có đường kính khác nhau ở các cáp. Ngoài ra, biên độ ở các cổng ra này bằng nhau, còn pha tại một cổng đầu ra ngược pha 180 độ với hai cổng còn lại. Sáng chế cũng đề xuất mảng ăng ten cộng tuyến băng siêu rộng, phân cực đứng, vô hướng trong mặt phẳng phương vị sử dụng bộ chia nối tiếp băng siêu rộng.



Lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế này đề cập đến bộ chia nối tiếp làm việc ở dải tần số cao băng siêu rộng, ứng dụng trong thiết kế, chế tạo các loại ăng ten cộng tuyến có dải tần siêu rộng, phân cực đứng, vô hướng trong mặt phẳng phương vị, hướng búp chính ổn định trong mặt phẳng góc tà.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ăng ten vô hướng sử dụng nhiều trong các hệ thống thông tin liên lạc không dây như: ăng ten wi-fi, trạm BTS, hoặc trong các đài radar. Để sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, có những thiết bị làm việc trong dải tần số rộng hoặc đa băng tần dẫn đến những yêu cầu chung cho ăng ten tại các thiết bị này như sau: hoạt động trong dải tần rộng hoặc siêu rộng, tính đồng đều khuếch đại (gain variation) trong toàn dải tần trong mặt phẳng phương vị phải nhỏ, hệ số khuếch đại lớn ($\text{gain} \geq 3\text{dBi}$, hoặc hơn).

Để giải quyết các vấn đề nêu ra ở trên, các giải pháp thường được sử dụng đó là:

- Sử dụng ăng ten lưỡng cực tròn xoay như ăng ten nón (biconical antenna), hay nón – trụ (conic-biconical antenna)..., vì loại ăng ten này có phân cực đứng, có tính đồng đều khuếch đại trong mặt phẳng phương vị là rất nhỏ (về lý thuyết là bằng 0 dB), và có thể phối hợp trở kháng trong dải tần rộng hoặc siêu rộng. Tuy nhiên hạn chế của các loại ăng ten này là hệ số khuếch đại nhỏ (1 – 2 dBi);
- Sử dụng mảng ăng ten cộng tuyến (sắp xếp các phần tử của mảng theo phương thẳng đứng) từ những phần tử ăng ten trên để tăng hệ số khuếch đại. Các phương pháp tiếp điện cho các phần tử của mảng phổ biến đó là: mỗi ăng ten được tiếp điện bằng một cáp đồng trục, hoặc sử dụng bộ chia đồng trục để tiếp điện nối tiếp cho các phần tử của mảng.

Các phương pháp này có hạn chế đó là mảng chỉ đồng pha trong dải tần số rất hẹp, còn trong dải tần rộng pha tại các phần tử của mảng là khác nhau dẫn đến hướng búp sóng sẽ quét theo tần số trong mặt phẳng góc tà.

Để khắc phục các hạn chế của các giải pháp kỹ thuật trên, sáng chế đưa ra giải pháp xây dựng mảng ăng ten cộng tuyến phân cực đứng, làm việc trong dải tần siêu rộng vô hướng trong mặt phẳng phương vị, hướng búp chính ổn định trong mặt phẳng góc tà. Trung tâm của sáng chế này là sử dụng bộ chia nối tiếp, băng siêu rộng, có ba cổng đầu ra, biên độ tại các cổng đầu ra này bằng nhau để tiếp điện song song cho các phần tử của mảng. Nguyên lý của bộ chia là các cáp đồng trục lồng ghép vào nhau tạo thành các tầng chia công suất và các cổng đầu ra, khi đó vỏ của cáp đồng trục này đóng vai trò là lõi cho cáp đồng trục kế tiếp trong tầng chia công suất tiếp theo. Vì sự lồng ghép này nên pha tại một cổng đầu ra ngược pha 180 độ với hai cổng còn lại của bộ chia. Để đảm bảo cho mảng làm việc đồng pha thì cần xoay pha 180 độ cho phần tử có pha ngược này, khi đó ba phần tử của mảng sẽ làm việc đồng pha, có giản đồ là vô hướng trong mặt phẳng phương vị, và hướng búp sóng sẽ ổn định trong mặt phẳng góc tà tại bất kỳ tần số nào. Bộ chia được gọi là nối tiếp vì tổng trở kháng các cổng đầu ra bằng với trở kháng đầu vào của bộ chia.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương án xây dựng bộ chia có ba cổng đầu ra, ứng dụng trong thiết kế, chế tạo các mảng ăng ten cộng tuyến làm việc trong dải tần siêu rộng, vô hướng trong mặt phẳng phương vị, hướng búp sóng ổn định trong mặt phẳng góc tà.

Bộ chia đề cập ở trên có ba cổng đầu ra, biên độ tại các cổng này là bằng nhau, còn pha tại một cổng đầu ra ngược pha với hai cổng còn lại. Bộ chia được gọi là nối tiếp vì tổng trở kháng các cổng đầu ra bằng trở kháng đầu vào, và trở kháng tại các cổng ra này là bằng nhau.

Bộ chia dựa trên nguyên lý cáp đồng trục, các cáp đồng trục lồng ghép vào nhau tạo thành các tầng chia công suất, trong đó vỏ của cáp đồng trục này đóng vai trò là lõi của cáp đồng trục kế tiếp.

Sáng chế còn trình bày ứng dụng bộ chia nói trên để thiết kế mảng ăng ten cộng tuyến, băng siêu rộng, phân cực đứng, vô hướng trong mặt phẳng phương vị. Mảng bao gồm ba phần tử lưỡng cực có cấu trúc tròn xoay là ăng ten nón - trụ. Mảng ăng ten được thiết kế nhỏ gọn, làm việc trong dải tần từ 3 – 6 GHz, có hệ số khuếch đại ≥ 4 dBi.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ bộ chia nối tiếp và mảng cộng tuyến ba phần tử;

Hình 2 là hình vẽ pha tại các cổng đầu ra bộ chia;

Hình 3 là hình vẽ hệ số sóng đứng mảng ăng ten;

Hình 4 là hình vẽ giản đồ hướng mảng ăng ten trong mặt phẳng phương vị;

Hình 5 là hình vẽ giản đồ hướng mảng ăng ten trong mặt phẳng góc tà;

Hình 6 là hình vẽ hệ số khuếch đại mảng ăng ten.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả chi tiết bộ chia nối tiếp băng siêu rộng sử dụng nguyên lý cấp đồng trục, hình vẽ và ví dụ minh họa.

Theo tham chiếu Hình 1, bộ chia nối tiếp băng siêu rộng theo sáng chế đề xuất có cấu tạo gồm ba cấp đồng trục A, B và C được lồng ghép vào nhau, cấp B lồng vào cấp A, và cấp C lồng vào cấp B. Sự lồng ghép này tạo thành các điểm chia công suất 4 giữa cấp A và cấp B, điểm chia 13 giữa cấp B và cấp C, và các cổng đầu ra 15, cổng đầu ra 16, cổng đầu ra 17.

Cấp đồng trục A có vai trò là cấp tiếp điện đầu vào, có cổng vào 14, cấu tạo như sau: lõi cáp thứ nhất 1 và vỏ cáp thứ nhất 3 cách điện với nhau bởi lớp điện môi thứ nhất 2. Vỏ cáp thứ nhất 3 và lớp điện môi thứ nhất 2 kéo dài đến điểm chia công suất 4 và được cắt bỏ tại điểm này. Trong khi đó, lõi cáp thứ nhất 1 tiếp nối với lõi cáp thứ hai 7 của cấp đồng trục B. Lõi cáp thứ nhất 1 có đường kính D_1 , lớp điện môi thứ nhất 2 có đường kính bao ngoài D_2 . Trở kháng đầu vào Z_0 của cấp A được tính bằng công thức sau:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right) \quad (E.1)$$

Trong đó, Z_0 – điện trở cổng vào, μ_r – độ từ thẩm tương đối, ϵ_r – hằng số điện môi.

Cấp đồng trục B có cấu trúc hình bậc thang, chia làm hai phần: phần một từ điểm chia công suất 4 trở về phía cấp C gọi là cấp B1, phần hai từ điểm chia công suất 4 về phía cấp A gọi là cấp B2. Cấp B1 cấu tạo từ lõi cáp thứ hai 7 có đường kính D_3 , vỏ cáp thứ hai 8, được cách điện với nhau bằng lớp điện môi thứ hai 9 có đường kính

bao ngoài D4. Vỏ cáp thứ hai 8 của cáp B1 kéo dài đến điểm chia công suất 13 và vỏ này được cắt bỏ sao cho khoảng cách từ vỏ cáp thứ hai 8 đến lõi cáp thứ ba 12 của cáp đồng trục C là G, còn lớp điện môi thứ hai 9 kéo dài đến lõi cáp thứ ba 12 của cáp đồng trục C. Trở kháng Z_1 của cáp B1 được tính như sau:

$$Z_1 = \frac{138}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \ln\left(\frac{D_4}{D_3}\right) = \frac{2}{3} Z_0 \quad (\text{E.2})$$

Cáp B2 gồm có lõi cáp là vỏ cáp thứ nhất 3 của cáp đồng trục A có đường kính bao ngoài D5, vỏ cáp thứ ba 6 được cách điện với nhau bởi lớp điện môi thứ ba 5 có đường kính là D6. Cáp B2 tạo thành một cổng đầu ra 15, có trở kháng Z_{out} bằng với trở kháng Z_2 của cáp đồng trục B2, và được tính bằng công thức sau:

$$Z_2 = Z_{out} = \frac{138}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \ln\left(\frac{D_6}{D_5}\right) = \frac{1}{3} Z_0 \quad (\text{E.3})$$

Lõi thứ hai 7 của cáp đồng trục B1 tiếp tục đến điểm chia công suất 13, và nối với lõi cáp thứ ba 12 của cáp đồng trục C. Về mặt lý thuyết, cáp C có hai lõi: lõi cáp thứ ba 12 và vỏ cáp thứ hai 8 của cáp đồng trục B1 đóng vai trò như lõi thứ hai, hai lõi này đều có đường kính bao ngoài là D7. Cáp C bao gồm vỏ cáp thứ tư 11 cách điện với lõi cáp thứ ba 12 và lõi cáp thứ hai 8 bởi lớp điện môi thứ tư 10, có đường kính bao ngoài D8. Cáp C tạo thành hai cổng đầu ra là cổng đầu ra 16 và cổng đầu ra 17. Trở kháng các cổng đầu ra này Z_{out} là trở kháng Z_3 của cáp C.

$$Z_3 = Z_{out} = \frac{138}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \ln\left(\frac{D_8}{D_7}\right) = \frac{1}{3} Z_0 \quad (\text{E.4})$$

Công suất đầu vào tại cổng vào 14 của cáp đồng trục A là P_0 . Tại điểm chia công suất 4, công suất chia vào các cáp đồng trục B1 và B2 lần lượt là P_1 và P_{out} . Tại điểm chia công suất 13, công suất P_1 được chia đều ra các cổng đầu ra 16 và cổng đầu ra 17, và có giá trị P_{out} . Trong đó:

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{2}{3} P_0 \\ P_{out} &= \frac{1}{2} P_1 = \frac{1}{3} P_0 \end{aligned} \quad (\text{E.5})$$

Từ các công thức (E.3) và (E.4) có thể thấy rằng, tổng trở kháng các cổng đầu ra bộ chia bằng với trở kháng của cáp đầu vào, nên bộ chia nói trên được gọi là bộ chia

nối tiếp. Từ công thức (E.5) ta có công suất tại các cổng đầu ra là bằng nhau, và bằng $1/3$ tổng công suất đầu vào.

Khoảng cách giữa vỏ cáp thứ nhất 3 của cáp đồng trục A với phần nối giữa hai vỏ cáp thứ hai 8 và vỏ cáp thứ ba 6 của cáp đồng trục B là G . Đây cũng chính là khoảng cách giữa vỏ cáp thứ hai 8 của cáp đồng trục B1 và lõi cáp thứ ba 12 của cáp đồng trục C, và khoảng cách giữa vỏ cáp thứ ba 6 của cáp đồng trục B2 và vỏ cáp thứ tư 11 của cáp đồng trục C.

Vì bộ chia ở Hình 1 có các cáp đồng trục A, B và C có kết cấu lồng ghép vào nhau, trong đó vỏ cáp của cáp đồng trục này lại đóng vai trò là lõi cáp của cáp đồng trục kế tiếp trong tầng chia tiếp theo, nên pha tại cổng đầu ra 17 ngược pha 180° so với cổng đầu ra 15 và cổng đầu ra 16. Điều này thể hiện rõ ở đồ thị Hình 2.

Tham chiếu Hình 1 trình bày về mảng ăng ten cộng tuyến sử dụng bộ chia nối tiếp được cấu tạo từ ba phần tử lưỡng cực nón – trụ tròn xoay. Tiếp điện cho phần tử lưỡng cực thứ nhất có hai chân từ ăng ten 18 và 19 là cổng đầu ra 15, tiếp điện cho phần tử lưỡng cực thứ hai có hai chân từ ăng ten 20 và 21 là cổng đầu ra 16, cho phần tử lưỡng cực thứ ba có hai chân từ ăng ten 22 và 23 là cổng đầu ra 17. Chân từ ăng ten 18 được hàn vào vỏ cáp thứ nhất 3 của cáp đồng trục A, chân từ ăng ten 19 được hàn vào vỏ cáp thứ ba 6 của cáp đồng trục B2. Chân từ ăng ten 20 được hàn vào vỏ cáp thứ ba 6 của cáp đồng trục B2, chân từ ăng ten 21 được hàn vào vỏ cáp thứ tư 11 của cáp đồng trục C. Để xoay pha 180° cho lưỡng cực thứ ba thì chân từ ăng ten 22 được hàn vào vỏ cáp thứ tư 11 của cáp đồng trục C, còn chân từ ăng ten 23 được hàn vào lõi cáp thứ ba 12 của cáp đồng trục C. Khi đó pha tại lưỡng cực thứ ba này sẽ cộng thêm 180° và mảng sẽ làm việc đồng pha trong toàn dải tần. Khoảng cách giữa các chân từ ăng ten là G .

Vật liệu dẫn điện cho bộ chia và mảng ăng ten có thể chọn từ các vật liệu khác nhau như đồng, nhôm, nhôm mạ bạc, hoặc các kim loại có tính dẫn điện khác. Tương tự đối với vật liệu cách điện có thể chọn là foam, Teflon, PTFE, hoặc cao su... Sự lựa chọn các vật liệu này là không hạn chế.

Mảng cộng tuyến nói trên được thiết kế để làm việc trong dải tần từ $3 - 6$ GHz. Thành phần dẫn điện của bộ chia và ăng ten: gồm các lõi cáp, vỏ cáp, chân từ ăng ten làm từ vật liệu đồng, còn các lớp cách điện từ vật liệu Teflon ($\mu_r=1$, $\epsilon_r=2.1$). Cáp A

đầu vào có trở kháng 50 Ohms, còn các cổng đầu ra 50/3 Ohms. Mảng được thiết kế ngoài yêu cầu đảm bảo về mặt cao tần, còn phải có kích thước nhỏ gọn. Thông số đầu vào của bộ chia và mảng ăng ten như sau.

Bảng 1: bảng thông số bộ chia và mảng ăng ten

STT	Kí hiệu	Mô tả	Đơn vị	Giá trị
1	D1	Đường kính lõi cáp thứ nhất 1 cáp A	mm	1,5
2	D2	Đường kính bao ngoài điện môi thứ nhất 2 cáp A	mm	5
3	D3	Đường kính lõi cáp thứ hai 7 cáp B1	mm	2,24
4	D4	Đường kính bao ngoài lớp điện môi thứ hai 9 của cáp B1	mm	5
5	D5	Đường kính bao ngoài vỏ thứ nhất 3 cáp A, vỏ cáp thứ hai 8 của cáp đồng trục B1	mm	6
6	D6	Đường kính bao ngoài lớp điện môi thứ nhất 5 cáp B2	mm	7,48
7	D7	Đường kính lõi cáp thứ ba 12 cáp C, đường kính bao ngoài vỏ cáp thứ hai 8 của cáp đồng trục B1	mm	5
8	D8	Đường kính bao ngoài lớp điện môi thứ tư 10 cáp C	mm	7,48
9	D9	Đường kính bao ngoài vỏ cáp thứ ba 6 của cáp B2 và vỏ cáp thứ tư 11 của cáp C	mm	8,48
10	G	Khoảng cách các điểm chia công suất và giữa các chân từ ăng ten	mm	2
11	θ	Góc mở hình nón (độ)	độ	70
12	D	Đường kính hình trụ	mm	28
13	L	Chiều dài một lưỡng cực	mm	30
14	P	Chu kỳ các phần tử lưỡng cực trong mảng	mm	35

Hệ số sóng đứng (VSWR – voltage standing wave ratio) của mảng ở Hình 3, giản đồ hướng trong mặt phẳng phương vị ở Hình 4 và trong mặt phẳng góc tà ở Hình 5, hệ số khuếch đại ở Hình 6. Từ Hình 4 đến Hình 6 ta có thể thấy rằng, giản đồ hướng

của mảng ăng ten nói trên là vô hướng trong mặt phẳng phương vị, hướng búp chính ổn định trong mặt phẳng góc tà, và hệ số khuếch của mảng $\geq 4\text{dBi}$ trong toàn dải tần.

Các lợi ích mà sáng chế đạt được

Sáng chế đưa ra giải pháp về cách xây dựng bộ chia nối tiếp làm việc trong dải tần siêu rộng. Nguyên lý của bộ chia dựa trên cấu trúc đơn giản của cáp đồng trục, từ đó bộ chia có thể dễ dàng chế tạo bằng sự lồng ghép vỏ và lớp cách điện của các cáp đồng trục với nhau.

Bộ chia được ứng dụng trong thiết kế các mảng ăng ten cộng tuyến, vô hướng trong mặt phẳng phương vị, có yêu cầu hệ số khuếch đại cao, dải tần làm việc siêu rộng. Nếu sử dụng một ăng ten lưỡng cực tròn xoay thì hệ số khuếch đại không cao, còn nếu sử dụng mảng ăng ten có nhiều phần tử mà mỗi phần tử được tiếp điện riêng thì mảng chỉ đồng pha trong dải tần số hẹp.

Mô tả chi tiết về sáng chế này đã được trình bày cụ thể ở trên, tuy nhiên cũng cần hiểu rằng các mô tả được trình bày chỉ đơn thuần là hình mẫu của sáng chế, nó có thể được thể hiện dưới nhiều hình thức khác nhau. Vì thế, các chi tiết về chức năng cụ thể được trình bày dưới đây không được hiểu một cách hạn chế, chúng cũng chỉ là cơ sở cho những đề xuất khác.

Yêu cầu bảo hộ

1. Bộ chia nối tiếp băng siêu rộng bao gồm ba cổng đầu ra, mỗi cổng được cấu tạo bởi vỏ cáp và lõi cáp được ngăn cách nhau bởi lớp điện môi, các cáp được lồng ghép đồng trục vào nhau, tạo thành các tầng chia công suất và các cổng đầu ra; trong đó, vỏ của cáp đồng trục này đóng vai trò là lõi của cáp đồng trục kế tiếp; lõi các cáp đồng trục này có thiết kế liên mạch, nhưng có đường kính khác nhau ở các cáp; và

pha tại một cổng đầu ra ngược pha 180 độ với hai cổng còn lại;

trở kháng tại các cổng đầu ra bằng nhau, tổng các trở kháng này bằng với trở kháng đầu vào.

2. Bộ chia nối tiếp băng siêu rộng theo điểm 1, bao gồm ba cáp đồng trục trong đó cáp đồng trục thứ hai nằm ở vị trí giữa hai cáp còn lại có cấu trúc hình bậc thang, chia làm hai phần và được ngăn cách bởi điểm chia công suất thứ nhất; vỏ cáp đồng trục thứ hai này được cắt bỏ sao cho khoảng cách từ vỏ cáp này đến lõi cáp của cáp đồng trục ngoài cùng bằng khoảng cách giữa vỏ cáp của cáp đồng trục trong cùng với phần nối giữa hai vỏ cáp của hai nửa cáp đồng trục ở giữa;

lớp điện môi thứ hai kéo dài đến lõi cáp thứ ba của cáp đồng trục ngoài cùng; một trong hai nửa cáp sẽ tạo thành một cổng đầu ra của bộ chia nối tiếp.

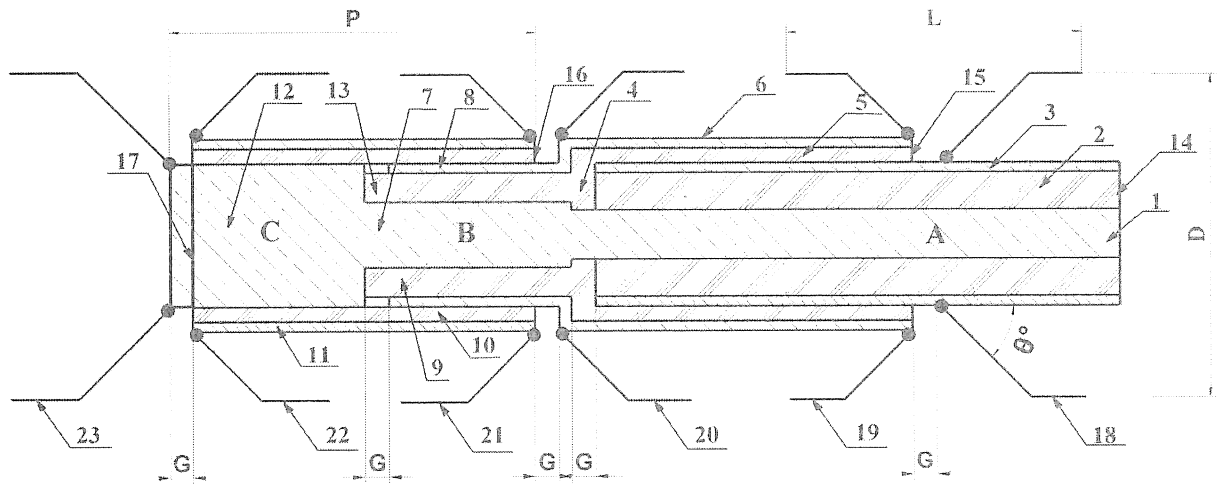
3. Mảng ăng ten cộng tuyến băng siêu rộng, phân cực đứng, vô hướng trong mặt phẳng phương vị sử dụng bộ chia nối tiếp băng siêu rộng theo điểm 1, trong đó:

mảng có ba phần tử lưỡng cực nón - trụ tròn xoay; phần tử lưỡng cực thứ nhất được hàn vào vỏ cáp đồng trục thứ nhất và vỏ cáp đồng trục thứ hai; phần tử lưỡng cực thứ hai được hàn vào vỏ cáp đồng trục thứ hai và vỏ cáp đồng trục thứ ba; phần tử lưỡng cực thứ ba được hàn vào lõi và vỏ của cáp đồng trục thứ ba;

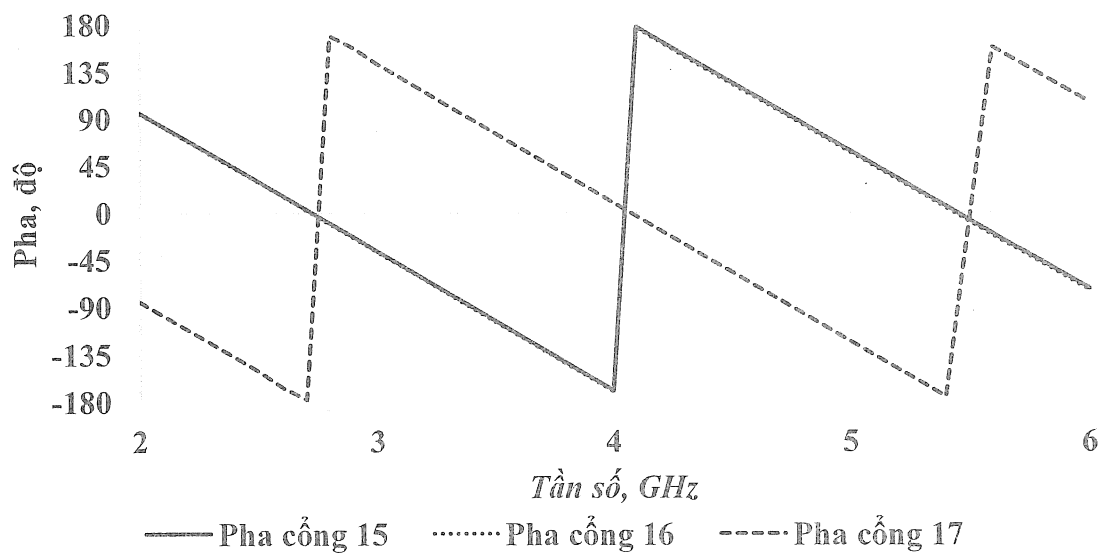
mảng kể trên có pha tại phần tử lưỡng cực thứ ba xoay pha 180 độ;

phần tử lưỡng cực thiết kế sao cho phối hợp trở kháng giữa cổng ra của bộ chia và phần tử lưỡng cực nón – trụ là nhỏ nhất trong dải tần làm việc;

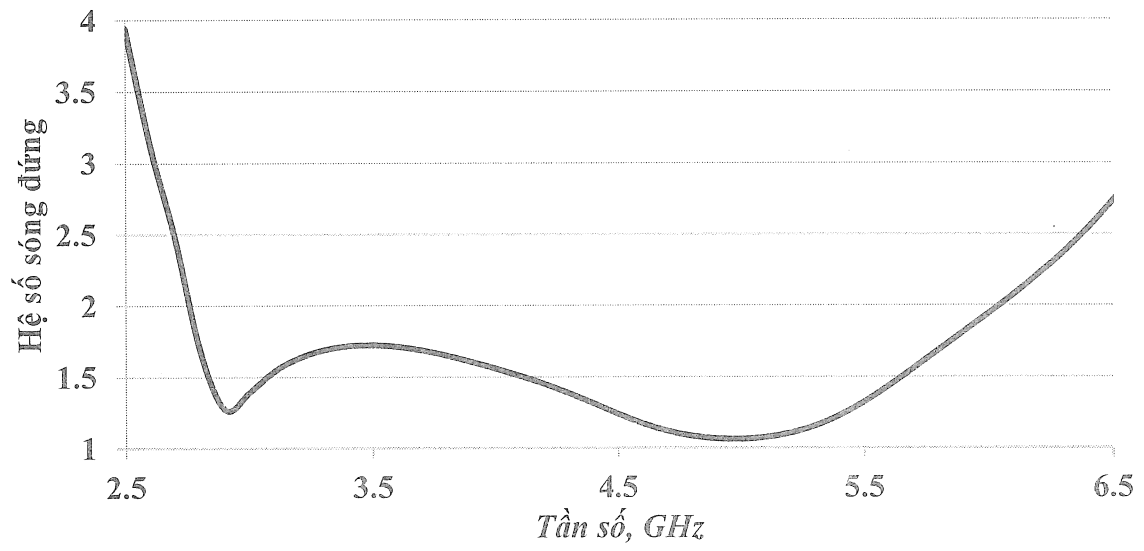
mảng được thiết kế nhỏ gọn, phân cực đứng, có giản đồ vô hướng trong mặt phẳng phương vị.



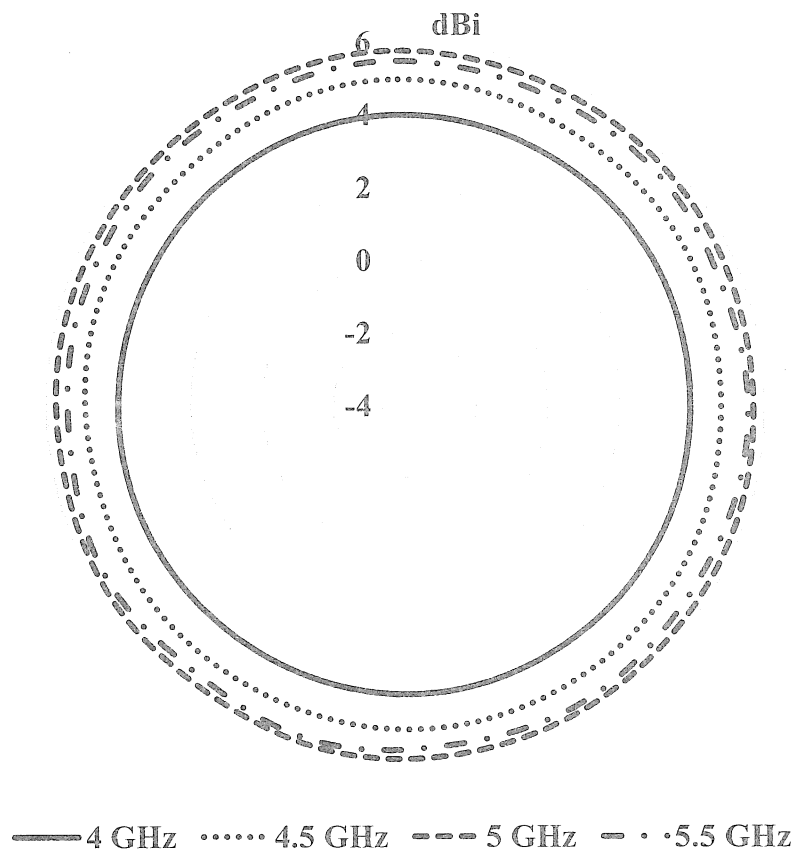
Hình 1



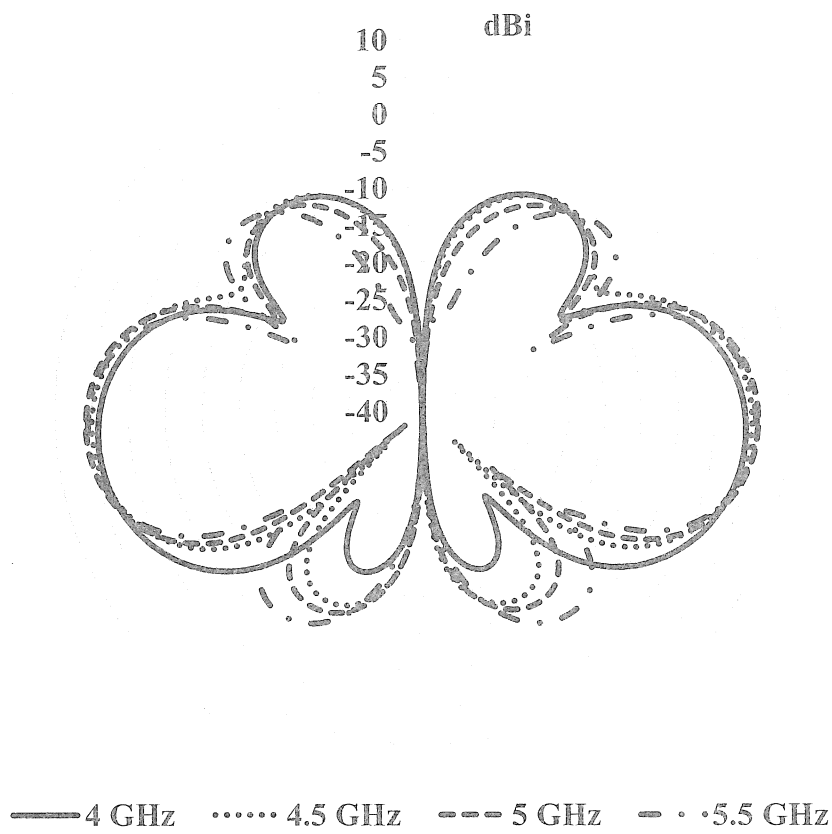
Hình 2



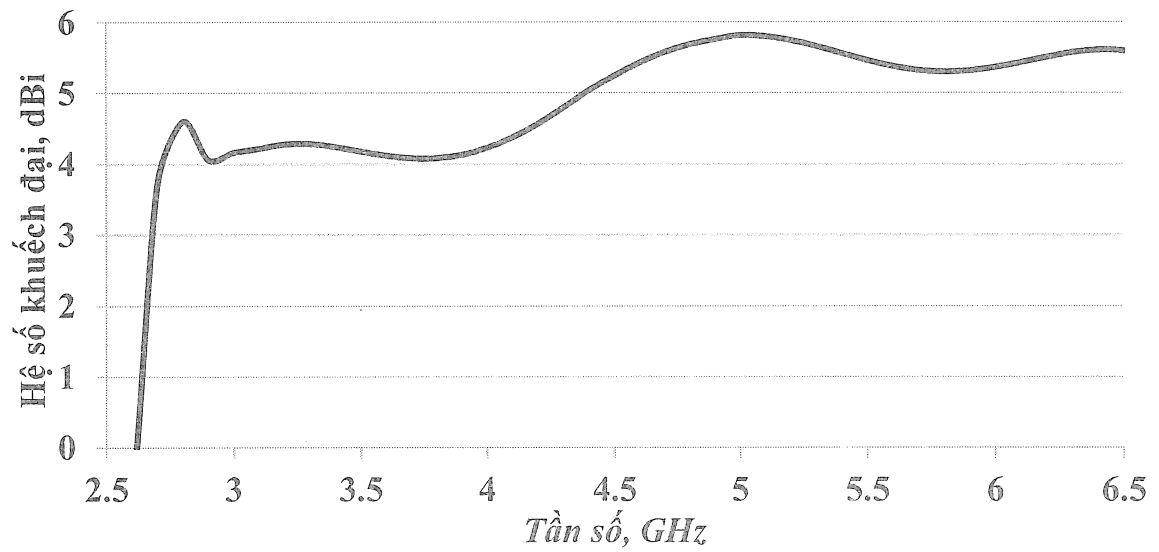
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6