

Nghiên cứu và phát triển lý thuyết đường dây ghép để
chế tạo một số phần tử thụ động siêu cao tần : Luận văn
ThS Kỹ thuật điện tử - viễn thông: 2.07.00 / Trần Anh
Tuấn ; Nghd. : GS.TSKH. Phan Anh

Đầu tiên, tôi xin chân thành cảm ơn toàn thể gia đình tôi, những người luôn luôn ủng hộ, động viên khích lệ tôi, hỗ trợ tôi về cả vật chất và tinh thần trong suốt cuộc đời học tập, phấn đấu và trưởng thành của tôi.

Tiếp theo tôi xin chân thành cảm ơn GS.TSKH Phan Anh là người Thầy đáng kính nhất của tôi. Thầy luôn luôn ủng hộ, tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất để tôi có thể tiến hành những nghiên cứu của mình. Hơn tất cả, Thầy đã nhận ra được những điểm mạnh của tôi để định hướng cho tôi đi vào lĩnh vực nghiên cứu phù hợp, và đã truyền đạt cho tôi những kiến thức và kinh nghiệm vô cùng quý giá, không chỉ trong lĩnh vực hoạt động khoa học mà trong cả những vấn đề của cuộc sống xã hội. Những kết quả mà tôi đạt được ngày hôm nay đã mang nặng dấu ấn của Thầy.

Tiếp theo tôi xin chân thành cảm ơn GS.VS Nguyễn Văn Hiệu, một người Thầy hết lòng vì các thế hệ học sinh, sinh viên và được rất nhiều thế hệ học sinh kính trọng. Thầy đã dành cho tôi rất nhiều sự quan tâm, lo cho tôi toàn bộ kinh phí học tập cao học tại trường. Những khoản kinh phí đó dù không lớn nhưng cũng đã giúp tôi có thể dành nhiều thời gian hơn cho học tập và hoạt động nghiên cứu khoa học của mình.

Tôi cũng chân thành cảm ơn tất cả các thầy giáo, cô giáo trong Khoa Điện tử-Viễn thông, các bạn đồng nghiệp, các bạn cùng lớp đã dành cho tôi rất nhiều sự quan tâm, giúp đỡ và chỉ bảo cho tôi rất nhiều trong quá trình học tập.

MỤC LỤC

TRANG PHỤ BÌA	Trang
LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC BẢNG	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	vii
MỞ ĐẦU	ix
 CHƯƠNG 1-LÝ THUYẾT ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN SÓNG	 1
1.1 Khái niệm và định nghĩa	1
1.2 Mô hình mạch điện tương đương gồm các phần tử tập trung của một mạch điện phân bố	1
1.3 Truyền sóng trên đường dây. Nghiệm của phương trình vi phân	4
1.4 Đường truyền không tổn hao có mắc tải đầu cuối	7
1.4.1 Hệ số phản xạ	8
1.4.2 Hệ số sóng đứng	9
1.4.3 Biểu thức của hệ số sóng đứng	11
1.4.4 Biểu thức của hệ số phản xạ tại vị trí bất kỳ	11
1.4.5 Công suất trung bình theo đường dây truyền sóng	12
1.4.6 Tổn hao do phản xạ	12
1.4.7 Trở kháng vào của đường dây truyền sóng	13
1.5 Nghiên cứu một số đoạn dây truyền sóng có độ dài đặc biệt	13
1.5.1 Đường dây có độ dài nửa sóng	14
1.5.2 Đường dây có độ dài một phần tư bước sóng	15
1.6 Đường truyền dẫn sóng có tổn hao	16
1.6.1 Đường truyền tổn hao thấp	16
1.6.2 Đường truyền không có tán sóng và có tán sóng	18
1.6.3 Đường truyền dẫn không làm biến dạng sóng	19
1.7 Đường truyền có tổn hao được mắc tải đầu cuối	19
1.7.1 Trở kháng vào của đường truyền có tổn hao	20
1.7.2 Công suất truyền vào đường truyền tại đầu vào	21
1.7.3 Công suất truyền vào tải	21

1.7.4	Công suất mất mát trên đường truyền	21
1.8	Đường dây mạch dài	22
1.8.1	Hằng số điện môi	23
1.8.2	Trở kháng đặc tính của đường dây mạch dài	25
CHƯƠNG 2- LÝ THUYẾT MẠNG VI BA		27
2.1	Khái niệm chung	27
2.2	Khái niệm về trở kháng, dòng điện và điện áp tương đương	27
2.2.1	Điện áp và dòng điện tương đương	28
2.2.2	Khái niệm trở kháng	29
2.3	Định luật Kirchhoff mở rộng đối với mạng vi ba	30
2.4	Phân tích mối quan hệ giữa các tham số của mạng vi ba	31
2.4.1	Mạng nhiều cửa	31
2.4.2	Mạng một cửa	33
2.5	Ma trận trở kháng, ma trận dẫn nạp, ma trận tán xạ, ma trận truyền dẫn	34
2.5.1	Ma trận trở kháng $[Z]$	34
2.5.2	Ma trận dẫn nạp $[Y]$	34
2.5.3	Ma trận tán xạ $[S]$	38
2.5.4	Cách xác định ma trận $[S]$ từ ma trận $[Z]$ hoặc $[Y]$	40
2.5.5	Ma trận truyền dẫn $[ABCD]$	41
2.5.6	Quan hệ của ma trận ABCD với ma trận trở kháng $[Z]$	44
2.6	Khái niệm trở kháng ảnh và hàm truyền cho mạng hai cổng	44
2.7	Bộ đảo dẫn nạp và bộ đảo trở kháng	48
CHƯƠNG 3- LÝ THUYẾT ĐƯỜNG DÂY GHÉP VÀ PHÁT TRIỂN		50
3.1	Khái niệm đường dây ghép	50
3.1.1	Phân tích mode kích thích chẵn, lẻ của đường dây ghép	52
3.1.2	Trở kháng mode lẻ và mode chẵn của một đường dây ghép có cấu trúc mạch dài	57
3.2	Đặc tính lựa chọn tần số của đường dây ghép	62
3.4	Phát triển lý thuyết đường dây ghép có cấu trúc mạch dài	63
3.4.1	Hệ số ghép sóng của đường dây ghép	63
3.4.1.1	Đường dây dẫn sóng không tổn hao	64
3.4.1.2	Đường dây dẫn sóng có tổn hao	66
3.4.2	Phân tích một đoạn đường dây ghép với một phần tử tập trung mắc ngang qua hai đường dây dẫn song song	67
3.4.3	Đề xuất một thiết kế mới của mạch cộng hưởng	

siêu cao tần.....	72
3.4.3.1 Khái niệm mạch cộng hưởng.....	72
3.4.3.2 Xây dựng thiết kế bộ cộng hưởng đường dây ghép	72

CHƯƠNG 4- ỨNG DỤNG KẾT QUẢ PHÁT TRIỂN LÝ THUYẾT ĐƯỜNG DÂY GHÉP.....	83
4.1 Đề xuất một thiết kế mới của bộ lọc đường dây ghép băng rộng	85
4.1.1 Lý thuyết mạch lọc	83
4.1.2 Bộ lọc thông dải.....	85
4.1.3 Xây dựng thiết kế của bộ lọc đường dây ghép băng rộng	86
KẾT LUẬN.....	94
CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	97
TÀI LIỆU THAM KHẢO	97

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1.	Các tham số ABCD của một số mạng hai cổng điển hình	46
Bảng 2.2	Bảng chuyển đổi các tham số của mạng hai cổng.....	50
Bảng 2.3	Trở kháng ảnh và các tham số khác của mạng hình T và π	52
Bảng 3.1	Các đại lượng đặc trưng của một mạch cộng hưởng.....	77
Bảng 4.1	Giá trị các phân tử trong mạch lọc thông thấp chuẩn hóa ($g_0 = 1$, $\omega_c = 1$, $N = 1, \dots, 9$, có độ gợn sóng là 3dB).....	89
Bảng 4.2	Bảng tham số hình học của đường dây ghép băng rộng.....	95

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1-1. Mô hình điện áp, dòng điện và mạch tương đương của một đường dây dẫn sóng có chiều dài vi phân.....	2
Hình 1-2. Sơ đồ đường truyền không tổn hao có mắc tải đầu cuối	7
Hình 1-3 Đồ thị biểu diễn a) Điện áp, b) dòng điện, c) trở kháng phân bố dọc theo đường dây truyền sóng ngắn mạch.....	10
Hình 1-4 Đoạn dây truyền sóng ($l = l = \lambda/2$) có mắc tải.....	15
Hình 1-5 Bộ biến đổi kháng trở phần tử sóng ($l = \lambda/4$	16
Hình 1-6 Đường truyền sóng có tổn hao có mắc tải	20
Hình 1-7 Đường dây mạch dài.....	23
Hình 1-8 Cấu trúc hình học của đường dây mạch dài với bức tường ngăn cách y	26
Hình 2-1 Mode điện trường ngang TEM	31
Hình 2-2 Cấu trúc mạng n cửa điện hình	34
Hình 2-3 Mô hình mạng một cửa điện hình.....	36
Hình 2-4. Mạng hai cổng	45
Hình 2-5 Sơ đồ ạng hai cổng có mắc tải đầu cuối với hai trở kháng ảnh	49
Hình 2-6 Miêu tả hoạt động của một bộ biến đổi trở kháng và dẫn nạp	53
Hình 3-1 Một số cấu trúc điển hình của đường dây ghép.....	55
Hình 3-2 Đường truyền sóng gồm 3 dải dẫn điện và mạch tương đương	55
Hình 3-3 Mode kích thích chẵn và lẻ của đường dây ghép	56
Hình 3-4 Đồ thị thiết kế của đường dây ghép dạng truyền dẹt.....	58
Hình 3-5 Đồ thị của đường dây ghép có cấu trúc vi dải	58
Hình 3-6 Biểu diễn điện áp và dòng điện trên đoạn đường dây ghép có cấu trúc vi dải	62
Hình 3-7 Phần thực của trở kháng ảnh đối với mạch thông dải	66
Hình 3-8 Mạch tương đương của một đoạn đường dây ghép.....	67
Hình 3-9 Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của $ S_{31} $ so với $Z_{0e}-Z_{0o}$	70
Hình 3-10 Cấu trúc một đoạn đường dây ghép có một phần tử kháng mắc ngang qua	71
Hình 3-11 Phép biến đổi mạch tương đương trong mode chẵn.....	72
Hình 3-12 Sơ đồ mạch tương đương của Hình 3-8 ở mode lẻ.....	73

Hình 3-13	Mạch điện tương đương cuối cùng của mạch Hình 3-8	74
Hình 3-14	Phép biến đổi tương đương của đoạn đường dây ghép có một phần tử kháng mắc ngang qua hai đường dây vi dải song song ...	75
Hình 3-15	Mạch cộng hưởng và đáp ứng của nó	76
Hình 3-16	Phát triển thiết kế của bộ cộng hưởng đường dây ghép	79
Hình 3-17	Phép biến đổi tương đương một mạch cộng hưởng RLC mắc song song	79
Hình 3-18	Đáp ứng tần số của bộ cộng hưởng đường dây ghép	86
Hình 4-1	Đáp ứng tần số của một số bộ lọc lý tưởng	87
Hình 4-2	Cấu trúc của một bộ lọc thông thấp chuẩn hóa	88
Hình 4-3	Các phép biến đổi từ bộ lọc thông thấp chuẩn hóa đến các dạng bộ lọc khác	90
Hình 4-4	Quy trình thiết kế một bộ lọc đường dây ghép băng rộng.....	92
Hình 4-5	Một số kết quả mô phỏng của mạch lọc đường dây ghép băng rộng.....	96
Hình 4-6	Một mẫu bộ lọc đường dây ghép băng rộng.....	97

MỞ ĐẦU

Trong những thập niên trước, việc nghiên cứu kỹ thuật và lý thuyết siêu cao tần thường tập trung vào việc nghiên cứu và giải các bài toán phức tạp của trường điện từ cho các phần tử ống dẫn sóng bằng việc áp dụng hệ các phương trình Maxwell, nhưng ngày nay các kỹ sư làm việc trong lĩnh vực siêu cao chủ yếu thiết kế mạch điện siêu cao tần có cấu trúc phẳng (planar) và các mạch tích hợp (integrated circuitry), do đó không cần quan tâm nhiều đến việc phân tích lý thuyết trường điện từ nữa. Thay cho những phương trình của Maxwell, là những công cụ rất đặc lực khác đó là phần mềm thiết kế siêu cao tần CAD(Computer –Aid Design) và máy phân tích mạng (Network Analyzer). Tuy nhiên, một cuốn sách được coi là cẩm nang của các kỹ sư thiết kế siêu cao tần, và là công cụ không thể thiếu đó là cuốn sách Microwave Engineering của tác giả David Pozar, giáo sư của Trường Đại học Massachuset, Mỹ. Nếu không có một trong ba công cụ quan trọng này thì việc nghiên cứu chế tạo các phần tử siêu cao tần hiện đại sẽ gặp rất khó khăn, còn nếu không có cả ba công cụ này thì chúng ta không thể nghĩ tới việc thiết kế chế tạo các phần tử siêu cao tần.

Ba năm trước, do sự ra đời của Trung tâm nghiên cứu Điện tử-Viễn thông, thuộc Khoa Công nghệ, nay là trường ĐH Công nghệ, ĐHQG Hà nội, việc nghiên cứu kỹ thuật và lý thuyết siêu cao tần hiện đại đã được thúc đẩy tại Việt nam. Tại đây, chúng tôi, những kỹ sư thiết kế siêu cao tần đã có cơ hội làm việc với những công cụ cực kỳ quan trọng như là máy phân tích mạng, và phần mềm thiết kế ADS2003, tuy nhiên phần mềm này chỉ được dùng thử trong thời gian là ba tháng.

Luận văn Thạc sỹ này trình bày các giải pháp cho những vấn đề mà chúng tôi gặp trong quá trình nghiên cứu thiết kế chế tạo các phần tử thụ động siêu cao tần có

cấu trúc mạch dải. Ví dụ như làm thế nào để chế tạo được bộ lọc đường dây đôi băng rộng trong khi với phương pháp truyền thống băng tần đạt được của bộ lọc chỉ nhỏ hơn 20%, hay làm thế nào để chế tạo chế tạo được bộ lọc siêu hẹp với những vật liệu có hệ số phẩm chất thấp. Ngoài ra luận văn này cũng nêu ra một số công thức mới và phép biến đổi tương đương mới bổ xung vào lý thuyết đường dây đôi hiện nay. Những kết quả này cũng đã được các hội nghị quốc tế công nhận.

- Luận văn gồm bốn chương. Chương 1, Chương 2, trình bày những nét cơ bản của lý thuyết đường dẫn dẫn sóng, và lý thuyết mạng Vi ba. Nó là cơ sở lý thuyết để đi đến các kết quả của chương 3 và chương 4. Chương 3 trình bày cơ sở lý thuyết đường dây đôi, những công thức bổ xung cho nó. Chương 4 đề xuất một thiết kế mới của một bộ lọc đường dây đôi băng rộng, kết quả này đạt được do việc ứng dụng những kết quả phát triển lý thuyết đường dây đôi đã được trình bày ở chương 3. Nội dung của chương 1, chương 2, và một phần chương 3 được trích dẫn từ cuốn sách: “Microwave Engineering” của tác giả David Pozar, xuất bản năm 1998, và Bài Giảng Kỹ thuật viba của GS.TSKH Phan Anh xuất bản năm 2005.