

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG



BÁO CÁO
TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Đề tài:

**XÂY DỰNG QUY TRÌNH VÀ THIẾT KẾ CHẾ TẠO
ANTEN GNSS PHỤC VỤ MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU KHÍ TƯỢNG**

Sinh viên thực hiện:

ĐỖ MAI HƯƠNG
Lớp Điện tử 10 – K60

Giảng viên hướng dẫn:

TS. Lâm Hồng Thạch
Bộ môn Hệ thống Viễn thông

TS. Nguyễn Xuân Anh
Viện Vật lý Địa Cầu – Viện Hàn lâm Khoa
học và Công nghệ Việt Nam

Hà Nội, 06 - 2020

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG



BÁO CÁO
TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Đề tài:

**XÂY DỰNG QUY TRÌNH VÀ THIẾT KẾ CHẾ TẠO
ANTEN GNSS PHỤC VỤ MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU KHÍ TƯỢNG**

Sinh viên thực hiện: ĐỖ MAI HƯƠNG
Lớp Điện tử 10 – K60

Giảng viên hướng dẫn: TS. Lâm Hồng Thạch
TS. Nguyễn Xuân Anh

Chữ kí của GVHD

Cán bộ phản biện:

Hà Nội, 06 - 2020

ĐÁNH GIÁ QUYỀN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Dùng cho giảng viên hướng dẫn)

Tên giảng viên đánh giá: **TS. Lâm Hồng Thạch**

Họ và tên sinh viên: **Đỗ Mai Hương**

MSSV: **20151896**

Tên đồ án: **Xây dựng quy trình và thiết kế chế tạo anten GNSS phục vụ mục đích nghiên cứu khí tượng.**

Chọn các mức điểm phù hợp cho sinh viên trình bày theo các tiêu chí dưới đây:

Rất kém (1); Kém (2); Đạt (3); Giỏi (4); Xuất sắc (5)

Có sự kết hợp giữa lý thuyết và thực hành (20)						
1	Nêu rõ tính cấp thiết và quan trọng của đề tài, các vấn đề và các giả thuyết (bao gồm mục đích và tính phù hợp) cũng như phạm vi ứng dụng của đồ án	1	2	3	4	5
2	Cập nhật kết quả nghiên cứu gần đây nhất (trong nước/quốc tế)	1	2	3	4	5
3	Nêu rõ và chi tiết phương pháp nghiên cứu/giải quyết vấn đề	1	2	3	4	5
4	Có kết quả mô phỏng/thực nghiệm và trình bày rõ ràng kết quả đạt được	1	2	3	4	5
Có khả năng phân tích và đánh giá kết quả (15)						
5	Kế hoạch làm việc rõ ràng bao gồm mục tiêu và phương pháp thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu lý thuyết một cách có hệ thống	1	2	3	4	5
6	Kết quả được trình bày một cách logic và dễ hiểu, tất cả kết quả đều được phân tích và đánh giá thỏa đáng	1	2	3	4	5
7	Trong phần kết luận, tác giả chỉ rõ sự khác biệt (nếu có) giữa kết quả đạt được và mục tiêu ban đầu đề ra đồng thời cung cấp lập luận để đề xuất hướng giải quyết có thể thực hiện trong tương lai	1	2	3	4	5
Kỹ năng viết quyền đồ án (10)						
8	Đồ án trình bày đúng mẫu quy định với cấu trúc các chương logic và đẹp mắt (bảng biểu, hình ảnh rõ ràng, có tiêu đề, được đánh số thứ tự và được giải thích hay đề cập đến; căn lề thống nhất, có dấu cách sau dấu chấm, dấu phẩy v.v.), có mở đầu chương và kết luận chương, có liệt kê tài liệu tham khảo và có trích dẫn đúng quy định	1	2	3	4	5
9	Kỹ năng viết xuất sắc (cấu trúc câu chuẩn, văn phong khoa học, lập luận logic và có cơ sở, từ vựng sử dụng phù hợp v.v.)	1	2	3	4	5
Thành tựu nghiên cứu khoa học (5) (chọn 1 trong 3 trường hợp)						
10a	Có bài báo khoa học được đăng hoặc chấp nhận đăng/Đạt giải SVNCKH giải 3 cấp Viện trở lên/Có giải thưởng khoa học (quốc tế hoặc trong nước) từ giải 3 trở lên/Có đăng ký bằng phát minh, sáng chế	5				
10b	Được báo cáo tại hội đồng cấp Viện trong hội nghị SVNCKH nhưng không đạt giải từ giải 3 trở lên/Đạt giải khuyến khích trong các kỳ thi quốc gia và quốc tế khác về chuyên ngành (VD: TI contest)	2				
10c	Không có thành tích về nghiên cứu khoa học	0				
Điểm tổng		/50				
Điểm tổng quy đổi về thang 10						

Nhận xét khác (về thái độ và tinh thần làm việc của sinh viên)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ngày: ... / ... / 20...

Người nhận xét
(Ký và ghi rõ họ tên)

ĐÁNH GIÁ QUYỀN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Dùng cho cán bộ phản biện)

Giảng viên đánh giá:

Họ và tên sinh viên: **Đỗ Mai Hương**

MSSV: **20151896**

Tên đồ án: **Xây dựng quy trình và thiết kế chế tạo anten GNSS phục vụ mục đích nghiên cứu khí tượng.**

Chọn các mức điểm phù hợp cho sinh viên trình bày theo các tiêu chí dưới đây:

Rất kém (1); Kém (2); Đạt (3); Giỏi (4); Xuất sắc (5)

Có sự kết hợp giữa lý thuyết và thực hành (20)						
1	Nêu rõ tính cấp thiết và quan trọng của đề tài, các vấn đề và các giả thuyết (bao gồm mục đích và tính phù hợp) cũng như phạm vi ứng dụng của đồ án	1	2	3	4	5
2	Cập nhật kết quả nghiên cứu gần đây nhất (trong nước/quốc tế)	1	2	3	4	5
3	Nêu rõ và chi tiết phương pháp nghiên cứu/giải quyết vấn đề	1	2	3	4	5
4	Có kết quả mô phỏng/thực nghiệm và trình bày rõ ràng kết quả đạt được	1	2	3	4	5
Có khả năng phân tích và đánh giá kết quả (15)						
5	Kế hoạch làm việc rõ ràng bao gồm mục tiêu và phương pháp thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu lý thuyết một cách có hệ thống	1	2	3	4	5
6	Kết quả được trình bày một cách logic và dễ hiểu, tất cả kết quả đều được phân tích và đánh giá thỏa đáng	1	2	3	4	5
7	Trong phần kết luận, tác giả chỉ rõ sự khác biệt (nếu có) giữa kết quả đạt được và mục tiêu ban đầu đề ra đồng thời cung cấp lập luận để đề xuất hướng giải quyết có thể thực hiện trong tương lai	1	2	3	4	5
Kỹ năng viết quyền đồ án (10)						
8	Đồ án trình bày đúng mẫu quy định với cấu trúc các chương logic và đẹp mắt (bảng biểu, hình ảnh rõ ràng, có tiêu đề, được đánh số thứ tự và được giải thích hay đề cập đến; căn lề thống nhất, có dấu cách sau dấu chấm, dấu phẩy v.v.), có mở đầu chương và kết luận chương, có liệt kê tài liệu tham khảo và có trích dẫn đúng quy định	1	2	3	4	5
9	Kỹ năng viết xuất sắc (cấu trúc câu chuẩn, văn phong khoa học, lập luận logic và có cơ sở, từ vựng sử dụng phù hợp v.v.)	1	2	3	4	5
Thành tựu nghiên cứu khoa học (5) (chọn 1 trong 3 trường hợp)						
10a	Có bài báo khoa học được đăng hoặc chấp nhận đăng/Đạt giải SVNCKH giải 3 cấp Viện trở lên/Có giải thưởng khoa học (quốc tế hoặc trong nước) từ giải 3 trở lên/Có đăng ký bằng phát minh, sáng chế	5				
10b	Được báo cáo tại hội đồng cấp Viện trong hội nghị SVNCKH nhưng không đạt giải từ giải 3 trở lên/Đạt giải khuyến khích trong các kỳ thi quốc gia và quốc tế khác về chuyên ngành (VD: TI contest)	2				
10c	Không có thành tích về nghiên cứu khoa học	0				
Điểm tổng		/50				
Điểm tổng quy đổi về thang 10						

Nhận xét khác của cán bộ phản biện

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ngày: ... / ... / 20...

Người nhận xét
(Ký và ghi rõ họ tên)

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, thế giới thông tin ngày càng phát triển một cách đa dạng và phong phú. Nhu cầu về thông tin liên lạc trong cuộc sống càng tăng cả về số lượng và chất lượng, đòi hỏi các dịch vụ của ngành Viễn thông càng mở rộng. Trong những năm gần đây thông tin vệ tinh trên thế giới đã có những bước tiến vượt bậc đáp ứng nhu cầu đời sống, đưa con người nhanh chóng tiếp cận với các tiến bộ khoa học kỹ thuật.

Sự ra đời của nhiều loại thiết bị định vị với đủ loại cấp bậc chính xác, hiện đại chính là minh chứng thiết thực nhất cho nhu cầu định vị của con người. Thiết bị xác định vị trí mang lại lợi ích cho chúng ta trong hầu hết hoàn cảnh, đơn giản như định vị được gắn trên thiết bị di động cầm tay, trong chính chiếc smartphone không còn quá xa lạ. Định vị giúp bạn bè trao đổi vị trí, giúp tìm kiếm địa điểm trên bản đồ điện tử, dẫn đường và chỉ hướng. Nói rộng hơn và tầm quan trọng cao hơn, định vị trong quân sự, trong viễn thám, trong hàng không hay trong quan sát trắc địa,... mỗi ngành nghề đều cần thiết sử dụng nó.

Vì tất cả những lý do trên, dưới sự hướng dẫn của Thầy giáo TS. Lâm Hồng Thạch, em đã chọn đề tài **“Xây dựng quy trình và thiết kế chế tạo anten GNSS phục vụ mục đích nghiên cứu khí tượng”** cho nghiên cứu đồ án tốt nghiệp của mình.

Nội dung của đồ án gồm 3 phần như sau:

Chương 1: Lý thuyết hệ thống GNSS phục vụ mục đích nghiên cứu khí tượng

Chương 1 có nội dung chủ yếu về khái niệm, nguyên lý hoạt động của hệ thống vệ tinh GNSS hiện nay và giới thiệu định hướng mới cho nghiên cứu khí tượng áp dụng công nghệ của hệ thống GNSS.

Chương 2: Xây dựng quy trình chế tạo anten thiết bị thu GNSS

Chương 2 có nội dung những điều cơ bản về anten thu GNSS, các yêu cầu về thông số thiết kế cũng như tiêu chí lựa chọn anten, cùng với một số loại anten đã được sử dụng trong thực tế và đang được giao dịch trong thị trường. Từ đó bước đầu xây dựng quy trình chế tạo điện môi anten và tiếp theo là anten GNSS.

Chương 3: Thiết kế chế tạo anten thiết bị thu GNSS điện môi gồm

Chương 3 có nội dung triển khai từng bước thực hiện theo quy trình của chương 2. Sau khi có điện môi theo yêu cầu, bắt đầu thiết kế anten bằng phần mềm mô phỏng HFSS và làm anten thực tế. Đồng thời thiết kế bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA cho anten. Cuối cùng là kiểm thử, sửa chữa và đánh giá sản phẩm.

Qua đồ án tốt nghiệp này, em xin cảm ơn tới Viện Vật lý Địa cầu, các anh chị trong Viện đặc biệt là Thầy giáo TS. Lâm Hồng Thạch, TS. Nguyễn Xuân Anh và anh Nguyễn Như Vinh, đã giúp đỡ tận tình, tạo điều kiện thuận lợi để quá trình thực tập và làm đồ án trở nên dễ dàng và thuận lợi. Do kiến thức hạn chế và thời gian nghiên cứu gấp rút nên trong quá trình tìm hiểu hệ thống, thiết kế anten nếu có gì sai sót mong thầy cô nhận xét để em có thể hoàn thành tốt hơn nữa trong giai đoạn phát triển đề tài, triển khai cho quá trình học cao học sắp tới.

Hà nội, ngày 30 tháng 06 năm 2020

Sinh viên thực hiện

Đỗ Mai Hương

LỜI CAM ĐOAN

Tôi là Đỗ Mai Hương, mã số sinh viên 20151896, sinh viên lớp Điện tử 10, khóa K60. Người hướng dẫn là TS. Lâm Hồng Thạch và TS. Nguyễn Xuân Anh. Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung được trình bày trong đồ án *Xây dựng quy trình và thiết kế chế tạo anten GNSS phục vụ mục đích nghiên cứu khí tượng* là kết quả quá trình tìm hiểu và nghiên cứu của tôi. Các dữ liệu được nêu trong đồ án là hoàn toàn trung thực, phản ánh đúng kết quả đo đạc thực tế. Mọi thông tin trích dẫn đều tuân thủ các quy định về sở hữu trí tuệ; các tài liệu tham khảo được liệt kê rõ ràng. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm với những nội dung được viết trong đồ án này.

Hà nội, ngày 30 tháng 06 năm 2020

Người cam đoan

Đỗ Mai Hương

MỤC LỤC

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	i
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	iii
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	iv
CHƯƠNG 1. HỆ THỐNG GNSS.....	5
<i>1.1 Giới thiệu chung</i>	5
1.1.1 Khái niệm về hệ thống vệ tinh GNSS	5
1.1.2 Nguyên lý hoạt động	5
1.1.3 Cấu trúc của hệ thống GNSS	7
1.1.4 Đặc điểm tín hiệu GPS.....	8
1.1.5 Nguyên nhân sai số tín hiệu GPS và biện pháp khắc phục	8
<i>1.2 Sử dụng hệ thống định vị vệ tinh đo thông số khí tượng</i>	12
1.2.1 Định nghĩa quan trắc khí tượng	12
1.2.2 Nguyên lý ứng dụng hệ thống vệ tinh đo thông số khí tượng.....	13
CHƯƠNG 2. LÝ THUYẾT ANTEN THIẾT BỊ THU GNSS	15
<i>2.1 Những tham số đặc trưng của anten</i>	15
2.1.1 Tần số làm việc	15
2.1.2 Hệ số định hướng và hệ số tăng ích	15
2.1.3 Trở kháng vào	15
2.1.4 Hệ số tổn hao ngược (Return Loss - RL)	16
2.1.5 Hệ số sóng đứng (SWR - Standing Wave Ratio)	16
2.1.6 Băng thông (BW)	16
2.1.7 Phân cực	16
2.1.8 Tỷ lệ trục (Axial Ratio)	16
2.1.9 Trễ nhóm (Group Delay).....	17
<i>2.2 Yêu cầu đối với anten thiết bị thu GNSS ứng dụng đo thông số khí tượng</i>	17
<i>2.3 Module khuếch đại tạp âm thấp LNA</i>	19
<i>2.4 Các loại anten thu GNSS thông dụng</i>	19
2.4.1 Anten thụ động và chủ động	19
2.4.2 Anten Helix (Helix antenna – anten xoắn).....	20
2.4.3 Anten vá (Microstrip antenna – Patch antenna)	26

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ ANTEN THU GNSS	33
3.1 Phần mềm mô phỏng HFSS.....	33
3.2 Một số mẫu anten đã thiết kế bằng HFSS	34
3.2.1 Anten helix quadrifila – shorted	34
3.2.2 Anten patch sử dụng điện môi FR4	36
3.2.3 Anten patch sử dụng điện môi gốm.....	38
3.3 Module khuếch đại LNA.....	42
KẾT LUẬN.....	32
TÀI LIỆU THAM KHẢO	33

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu của Mỹ
C/A	Coarse/Acquisition	Mã giả ngẫu nhiên
P(Y)	Protected	Mã giả ngẫu nhiên
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System	Hệ thống định vị toàn cầu của Nga
FDMA	Frequency Division Multiple Access Method	Đa truy nhập phân chia theo tần số
GALILEO		Hệ thống vệ tinh toàn cầu của Liên minh Châu Âu
EU	European Union	Liên hợp Âu Châu
BEIDOU		Hệ thống định vị riêng của CHDNND Trung Hoa
IRNSS		Hệ thống định vị tại khu vực của Ấn Độ
QZSS		Hệ thống định vị khu vực của Nhật Bản
GNSS	Global Navigation Satellite System	Hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu
ISDN	Integrated Services Digital Network	Mạng số tích hợp đa dịch vụ
GEO	Geostationary	Vệ tinh quỹ đạo địa tĩnh
GS	Ground System	Hệ thống mặt đất

AS	Aircraft system	Hệ thống máy bay
VHF	Very high frequency	Tần số rất cao
RF	Radio frequency	Tần số cao tần
LNA	Low-noise amplifier	Mạch khuếch đại tạp âm thấp
RHCP	Right hand circularly polarized	Phân cực tròn phải
LHCP	Left hand circularly polarized	Phân cực tròn trái
RL	Return loss	Hệ số tổn hao
(V)SWR	(Voltage) Standing wave ratio	Hệ số sóng đứng
PHTK		Phối hợp trở kháng

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Mô phỏng cách xác định vị trí từ các vệ tinh	6
Hình 1.2 Các vệ tinh và quỹ đạo chuyển động của chúng	7
Hình 2.1 Phân bố tần số của các hệ thống vệ tinh	18
Hình 2.2 Anten Helix	20
Hình 2.3 Cấu trúc anten Helix để tính toán	23
Hình 2.4 Đồ thị phương hướng bức xạ của anten Helix.....	25
Hình 2.5 Cấu tạo anten vá.....	26
Hình 2.6 Cấu trúc trường bức xạ điện từ trường.....	26
Hình 2.7 Đồ thị PHBX với với $\theta=0^0$ và 90^0	27
Hình 2.8 Thông số cấu tạo anten	34
Hình 2.9 Mô hình anten helix	34
Hình 2.10 Tần số cộng hưởng tại $f=1.575$ GHz với $S_{11}=-25.99$,	35
Hình 2.11 Tăng ích tổng tại tần số $f=1.575$ GHz là $G=5.19$ dB.....	35
Hình 2.12 Đồ thị Smith trở kháng Z_0	35
Hình 2.13 Đồ thị VSWR gần bằng 1	36
Hình 2.14 Mô hình anten Patch.....	36
Hình 2.15 Tần số cộng hưởng	37
Hình 2.16 Hệ số VSWR	37
Hình 2.17 Hệ số tăng ích	37
Hình 2.18 Hệ số tăng ích và nhiễu theo tần số	42
Hình 2.19 S_{11} và S_{22} tại các tần số	43

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Những nguồn sai số vệ tinh	9
Bảng 2.1 So sánh anten chủ động và thụ động.....	20
Bảng 2.2 Thông số anten Patch.....	36

CHƯƠNG 1. LÝ THUYẾT HỆ THỐNG GNSS PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU KHÍ TƯỢNG

Chương 1 có nội dung chủ yếu về khái niệm, nguyên lý hoạt động của hệ thống vệ tinh GNSS hiện nay và giới thiệu định hướng mới cho nghiên cứu khí tượng áp dụng công nghệ của hệ thống GNSS.

1.1 Giới thiệu chung

1.1.1 Khái niệm về hệ thống vệ tinh GNSS

Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (GNSS – Global Navigation Satellite System) là hệ thống xác định vị trí dựa trên vị trí của các vệ tinh nhân tạo. Là tên gọi chung cho Hệ thống GPS (Hoa Kỳ), Hệ thống Galileo (Liên minh châu Âu), GLONASS (Liên bang Nga) và Hệ thống định vị BEIDOU (Trung Quốc), Hệ thống NavIC (tên hoạt động của IRNSS Ấn Độ). [1]

Trong cùng một thời điểm, tọa độ của một điểm trên mặt đất sẽ được xác định nếu xác định được khoảng cách từ điểm đó đến ít nhất ba vệ tinh. Định vị hoạt động dựa trên các trạm phát tín hiệu vô tuyến điện và có thể hoạt động tại mọi nơi trên mặt đất suốt 24h/ngày bất kể thời tiết nào mà không phải mất phí thuê bao.

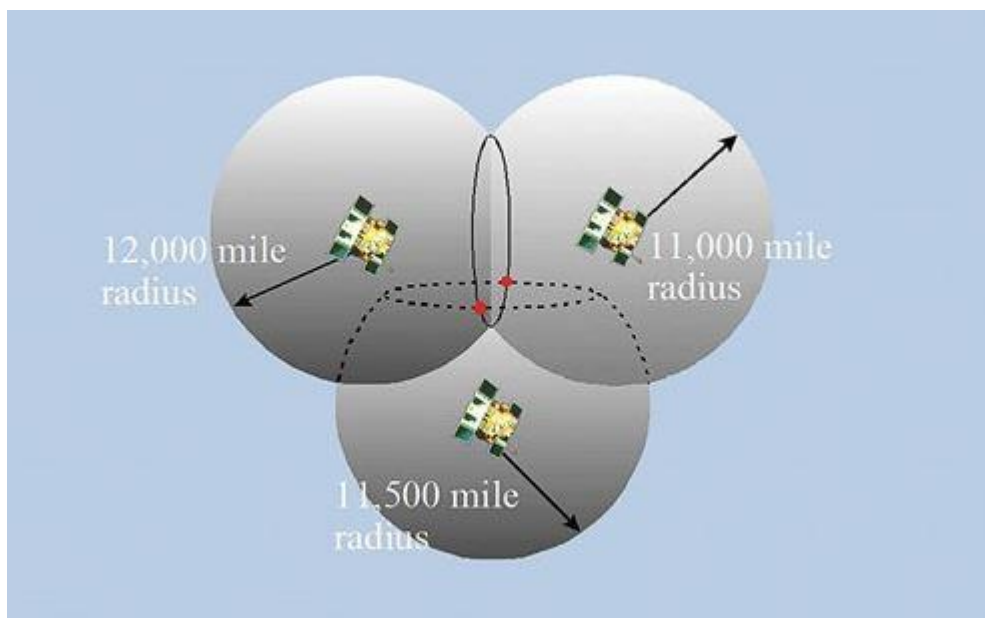
1.1.2 Nguyên lý hoạt động

Các vệ tinh GPS bay vòng quanh Trái Đất hai lần trong một ngày theo một quỹ đạo rất chính xác và phát tín hiệu có thông tin xuống Trái Đất. Các máy thu GPS nhận thông tin này và bằng phép tính lượng giác tính được chính xác vị trí của người dùng. Về bản chất máy thu GPS so sánh thời gian tín hiệu được phát đi từ vệ tinh với thời gian nhận được chúng. Sai lệch về thời gian cho biết máy thu GPS ở cách vệ tinh bao xa. Rồi với nhiều quãng cách đo được tới nhiều vệ tinh máy thu có thể tính được vị trí của người dùng và hiển thị lên bản đồ điện tử của máy.

Máy thu phải nhận được tín hiệu của ít nhất ba vệ tinh để tính ra vị trí hai chiều (kinh độ và vĩ độ) và để theo dõi được chuyển động. Khi nhận được tín hiệu của ít nhất bốn vệ tinh thì máy thu có thể tính được vị trí ba chiều (kinh độ, vĩ độ và độ cao). Một khi vị trí người dùng đã tính được thì máy thu GPS có thể tính các thông tin khác, như tốc độ, hướng chuyển động, bám sát di chuyển, khoảng hành trình, quãng cách tới điểm đến, thời gian Mặt Trời mọc, lặn và nhiều thứ khác nữa. Máy thu qua tính toán xác định được khoảng cách tới một vệ tinh và biết được nó đang ở đâu đó trên mặt cầu tâm vệ tinh này. Hai mặt cầu đầu giao nhau tạo thành một vòng tròn. Mặt cầu thứ 3 sẽ

cắt vòng tròn này chỉ tại 2 điểm, trong đó 1 điểm là vị trí của máy thu trên mặt đất. Điểm giao cắt thứ hai là một nơi nào đó lơ lửng trong không gian, cách xa trái đất hàng ngàn km nên có thể bỏ qua.

Để xác định vị trí trong hệ thống GPS, lấy điểm giao nhau của 3 mặt cầu trong không gian 3 chiều, hình 1.1.



Hình 1.1 Mô phỏng cách xác định vị trí từ các vệ tinh

Máy thu tính toán dựa vào khoảng thời gian tính từ khi vệ tinh phát tín hiệu đến lúc nó nhận được. Đó là tín hiệu radio tần số cao, công suất cực thấp. Sóng radio chuyển động với tốc độ đều, tương đương tốc độ của ánh sáng, khoảng 300.000 km/s trong chân không.

Để đo chính xác, chúng ta phải chắc chắn là đồng hồ trên vệ tinh và trong máy thu phải đồng bộ với nhau, chỉ cần chênh nhau 1 phần triệu giây là đã dẫn đến sai số khoảng 300m. Với độ chính xác như vậy, chỉ có thể là đồng hồ nguyên tử. Nhưng đồng hồ nguyên tử có giá quá cao, tới hàng chục ngàn đô la Mỹ, nên chỉ có thể trang bị cho các vệ tinh. Với máy thu, người ta buộc phải chọn phương án giá rẻ, dùng đồng hồ quartz thông thường. Các đồng hồ quartz này được hiệu chỉnh liên tục dựa vào tín hiệu nhận được từ các vệ tinh để đồng bộ thời gian chính xác theo đồng hồ nguyên tử trên vệ tinh. Nhờ đó mà bốn mặt cầu giao nhau tại một điểm.

Như vậy để xác định vị trí của mình trên mặt đất, máy thu định vị phải tính để biết khoảng cách tới 4 vệ tinh và vị trí chính xác của các vệ tinh trên quỹ đạo.

Thứ nhất, tính khoảng cách tới vệ tinh. Vào một thời điểm nào đó trong ngày, một vệ tinh ban đầu truyền một chuỗi tín hiệu số, được gọi là mã giả ngẫu nhiên. Cùng lúc,

máy thu cũng bắt đầu tạo một chuỗi mã giống hệt, sau đó một lúc, máy thu mới nhận được chuỗi tín hiệu từ vệ tinh. Độ trễ này là khoảng thời gian truyền tín hiệu từ vệ tinh tới máy thu. Nhân thời gian trễ này với vận tốc ánh sáng, máy thu tính được quãng đường truyền tín hiệu. Đây là khoảng cách giữa máy thu và vệ tinh, với giả thiết tín hiệu truyền theo đường thẳng với vận tốc truyền không đổi.

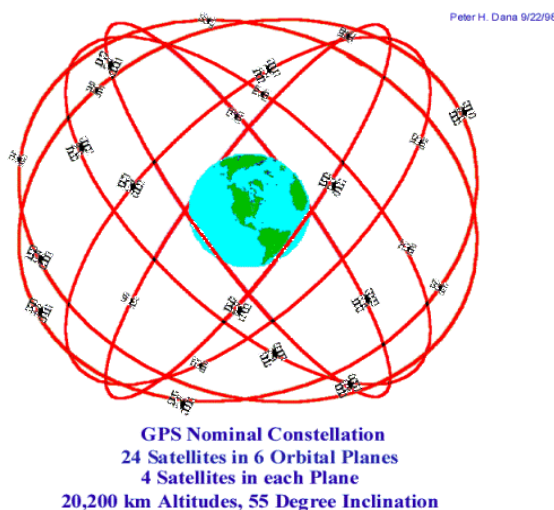
Thứ hai, xác định vị trí vệ tinh. Điều này không quá khó, vì mỗi máy thu đều cập nhật và lưu trữ định kỳ một bảng tra cứu (gọi là almanac data) vị trí gần đúng của từng vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo vào bất kỳ thời điểm nào. Một số yếu tố như lực hút của mặt trăng, mặt trời làm lệch quỹ đạo của các vệ tinh đôi chút nhưng bộ quốc phòng Mỹ liên tục giám sát vị trí chính xác của các vệ tinh và truyền những hiệu chỉnh đến các máy thu GPS thông qua tín hiệu từ vệ tinh.

1.1.3 Cấu trúc của hệ thống GNSS

Phần này trình bày hệ thống định vị GPS của Mỹ. Hệ thống GPS hiện tại gồm 3 phân hệ chính: phân hệ không gian, phân hệ kiểm soát và phân hệ người dùng.

1.1.3.1 Phân hệ không gian

Phân hệ không gian gồm 27 vệ tinh (24 vệ tinh hoạt động và 3 vệ tinh dự phòng) chuyển động trên 6 mặt phẳng quỹ đạo xoay quanh trái đất, nghiêng một góc 55° . Các vệ tinh cách mặt đất 20.200 km, bán kính quỹ đạo 26.600 km. [2]



Hình 1.2 Các vệ tinh và quỹ đạo chuyển động của chúng

1.1.3.2 Phân hệ kiểm soát

Mục đích của phân hệ này là kiểm soát vệ tinh đi đúng hướng theo quỹ đạo và thông tin thời gian chính xác. Có 5 trạm kiểm soát đặt rải rác trên trái đất. Bốn trạm kiểm soát hoạt động một cách tự động, và một trạm kiểm soát là trung tâm. Bốn trạm

này nhận tín hiệu liên tục từ những vệ tinh và gửi các thông tin này đến trạm kiểm soát trung tâm. Tại trạm kiểm soát trung tâm, nó sẽ sửa lại dữ liệu cho đúng và kết hợp với hai anten khác để gửi lại thông tin cho các vệ tinh. Ngoài ra, còn một trạm kiểm soát trung tâm dự phòng và sáu trạm quan sát chuyên biệt.

1.1.3.3 Phân hệ người dùng

Phân hệ người dùng hay phân hệ sử dụng là thiết bị thu tín hiệu GPS và người sử dụng thiết bị này.

1.1.4 Đặc điểm tín hiệu GPS

Công suất phát của vệ tinh bằng hoặc dưới 50 watts, phân cực tròn phải.

Các vệ tinh GPS phát hai tín hiệu vô tuyến tần số L1 và L2. GPS dân sự dùng tần số L1 1575.42 MHz, L1 chứa hai mã "giả ngẫu nhiên" (pseudo random), đó là mã Protected (P) và mã Coarse/Acquisition (C/A). Mỗi một vệ tinh có một mã truyền dẫn nhất định, cho phép máy thu GPS nhận dạng được tín hiệu. Mục đích của các mã tín hiệu này là để tính toán khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu GPS.

Tín hiệu GPS chứa ba mẫu thông tin khác nhau – mã giả ngẫu nhiên, dữ liệu thiên văn và dữ liệu lịch. Mã giả ngẫu nhiên đơn giản chỉ là mã định danh để xác định được quả vệ tinh nào là phát thông tin nào. Có thể nhìn số hiệu của các quả vệ tinh trên trang vệ tinh của máy thu Garmin để biết nó nhận được tín hiệu của quả nào.

Dữ liệu thiên văn cho máy thu GPS biết quả vệ tinh ở đâu trên quỹ đạo ở mỗi thời điểm trong ngày. Mỗi quả vệ tinh phát dữ liệu thiên văn chỉ ra thông tin quỹ đạo cho vệ tinh đó và mỗi vệ tinh khác trong hệ thống.

Dữ liệu lịch được phát đều đặn bởi mỗi quả vệ tinh, chứa thông tin quan trọng về trạng thái của vệ tinh (hoạt động bình thường hay không), ngày giờ hiện tại. Phần này của tín hiệu là cốt lõi để phát hiện ra vị trí.

1.1.5 Nguyên nhân sai số tín hiệu GPS và biện pháp khắc phục

Trong định vị vệ tinh, các nguồn sai số được chia thành 3 nhóm: do vệ tinh, do lan truyền tín hiệu và sai số do máy thu. Ngoài 3 nhóm trên, còn có các sai số do người đo ảnh hưởng đến kết quả đo GPS như: cân bằng máy, đặt nhầm điểm,... Các nguồn sai số trên đều có thể được khắc phục để đảm bảo độ chính xác cho kết quả đo GPS.

Bảng 1.1 Những nguồn sai số vệ tinh

STT	Nhóm sai số	Gồm các nguồn sai số
1	Sai số do vệ tinh	Sai số đồng hồ vệ tinh
		Sai số quỹ đạo vệ tinh
		Nhiều cố ý SA
2	Sai số do sự lan truyền tín hiệu	Sai số do tầng điện ly
		Sai số do tầng đối lưu
		Sai số do đa đường dẫn
3	Sai số liên quan đến máy thu	Sai số đồng hồ máy thu
		Sai số lệch tâm pha anten
		Sai số do sự không ổn định phần cứng của máy thu

1.1.5.1 Sai số do vệ tinh**(i) Sai số đồng hồ vệ tinh**

Sai số đồng hồ vệ tinh trực tiếp gây ra sai số trong xác định thời gian. Trong đo khoảng cách bằng sóng ánh sáng hay sóng điện từ, sai số thời gian ảnh hưởng nhiều đến độ chính xác của khoảng cách đo.

Cách khắc phục:

- Đối với định vị tuyệt đối khoảng cách giả, sai số đồng hồ vệ tinh được hiệu chỉnh vào khoảng cách giả trước khi sử dụng chúng để giải bài toán định vị. Sai số đồng hồ xác định nhờ vào đa thức đồng hồ vệ tinh được cũng cấp theo lịch vệ tinh, do đó tính được số hiệu chỉnh của đồng hồ vệ tinh.

- Trong định vị tương đối, để loại bỏ ảnh hưởng do sai số đồng hồ vệ tinh gây ra, người ta sử dụng phương trình sai phân bậc nhất của các giá trị đo pha từ hai trạm quan sát đến cùng một vệ tinh.

(ii) Sai số do quỹ đạo vệ tinh

Sai số do quỹ đạo vệ tinh gây ra được hiểu là khi ta tính được tọa độ của vệ tinh nhưng lại không đúng tọa độ thật của nó (chứa sai số khoảng 2,5m) đó chính là sai số quỹ đạo vệ tinh hay sai số lịch vệ tinh.

Cách khắc phục:

- Trong định vị tuyệt đối, sai số này gần như ảnh hưởng trọn vẹn đến kết quả định vị vệ tinh tuyệt đối.
- Trong định tương đối sai số này được giảm thiểu đáng kể do ảnh hưởng của sai số do quỹ đạo vệ tinh gây ra như trên có thể loại trừ.

(iii) Nhiều cổ ý SA

Nhiều cổ ý SA được tạo ra nhằm giảm độ chính xác định vị tuyệt đối bằng cách làm sai lệch đồng hồ vệ tinh và tác động vào việc lập lịch vệ tinh. Song từ ngày 20/5/2000, Mỹ đã chính thức bỏ chế độ nhiễu cổ ý SA.

1.1.5.2 Sai số do sự lan truyền tín hiệu

Tín hiệu vệ tinh truyền đến máy thu trên mặt đất phải xuyên qua tầng khí quyển, trong đó tầng điện ly và tầng đối lưu là hai tầng ảnh hưởng nhiều nhất đến sự lan truyền tín hiệu từ vệ tinh, đó được gọi là hiệu ứng khí quyển ảnh hưởng đến tín hiệu vệ tinh. Ngoài ra do hiện tượng phản xạ, tín hiệu vệ tinh GPS đến máy thu có thể bị ảnh hưởng của hiện tượng đa đường.

(i) Sai số do ảnh hưởng tầng điện ly

Ảnh hưởng của tầng điện ly đến khoảng cách đo có giá trị trung bình trong khoảng 5-10m, lớn nhất có thể đến 50m.

Cách khắc phục:

Trong định vị tương đối khoảng cách ngắn (nhỏ hơn 10km), ảnh hưởng do tầng điện ly và tầng đối lưu cơ bản được loại bỏ vì ảnh hưởng này được coi là như nhau đối với hai máy thu đặt gần nhau. Ở khoảng cách trên 10km, để làm ảnh hưởng của tầng điện ly đến kết quả đo, người ta sử dụng máy thu hai tần số.

(ii) Sai số do tầng đối lưu

Ảnh hưởng của tầng đối lưu (tầng khí quyển tính từ mặt đất độ cao khoảng 50km), tầng đối lưu chứa nhiều hơi nước và bụi khí quyển. Ảnh hưởng của tầng đối lưu đến tín hiệu điện từ không phụ thuộc vào tần số sóng tải, được chia thành ảnh hưởng của phần khô (trên cao) và ảnh hưởng của phần ướt (dưới thấp).

Cách khắc phục:

- Để khắc phục ảnh hưởng của tầng đối lưu, người ta nghiên cứu xây dựng mô hình khí quyển để dựa vào đó tính toán hiệu chỉnh trị đo nhằm loại bỏ hoặc giảm thiểu nguồn sai số.

- Ảnh hưởng của tầng đối lưu đến tín hiệu còn phụ thuộc vào góc cao E của vệ tinh. Góc E cao càng nhỏ thì đường truyền tín hiệu trong tầng điện ly và tầng đối lưu càng lớn. Vì vậy, trong quá trình đo đạc, để giảm bớt sai số này người ta loại bỏ tín hiệu của vệ tinh có góc cao $E < 15^\circ$ (gọi là góc cao giới hạn hay góc ngưỡng).

(iii) Sai số do đa đường dẫn

Ảnh hưởng do đa đường dẫn xuất hiện do tín hiệu vệ tinh đến máy thu qua nhiều đường khác nhau (phản xạ tín hiệu trên đường đi). Nếu tín hiệu phản xạ đủ mạnh, máy thu ghi nhận cả tín hiệu truyền thẳng từ vệ tinh đến máy thu và cả tín hiệu phản xạ khi va đập vào các vật (nhà cửa, cây cối,...) trên đường truyền sóng.

Cách khắc phục:

- Cách tốt nhất loại bỏ sai số này là sử dụng anten máy thu có khả năng giảm thiểu tín hiệu đa đường dẫn như sử dụng loại anten gồm các vòng xoắn tròn.

- Một cách khác là bố trí trạm đo GPS phải xa các vật thể dễ phản xạ tín hiệu như vật liệu kim loại, bê tông,...

1.1.5.3 Sai số do máy thu

(i) Sai số đồng hồ máy thu

Tinh thể thạch anh được dùng để chế tạo ra bộ tạo dao động của đồng hồ máy thu GPS. Sai số đồng hồ máy thu gây ra sẽ gây ra sai số trong các kết quả đo GPS.

Cách khắc phục:

- Trong định vị tuyệt đối khoảng cách giả, ta coi sai số đồng hồ máy thu là ẩn số thứ tư trong bài toán định vị, tính được sai số đồng hồ máy thu và hiệu chỉnh.

- Trong định vị tương đối theo pha sóng tải, sử dụng phương trình sai phân bậc hai để loại bỏ ảnh hưởng của sai số đồng hồ máy thu.

(ii) Sai số do lệch tâm pha anten

Khi chế tạo máy thu GPS, người ta chế tạo sao cho tâm điện tử của anten trùng với tâm hình học của nó, nhưng trên thực tế hai tâm này không trùng nhau gây sai số lệch tâm anten.

Cách khắc phục:

Trong khi thao tác đo GPS, đặt máy tại điểm đo luôn quay logo máy thu về hướng Bắc với sai số trong khoảng 5° sẽ giảm bớt sai số lệch tâm pha anten.

(iii) Sai số do nhiễu nội tại máy thu

Máy thu GPS là một thiết bị bao gồm phần cứng và phần mềm, do vậy trong quá trình làm việc có thể gặp tình trạng máy thu làm việc không ổn định. Trong môi trường lan truyền tín hiệu luôn có các nguồn sóng điện từ phát ra sẽ gây nhiễu tín hiệu.

Cách khắc phục:

Người sử dụng cần nắm bắt được tình trạng của máy thu thông qua số liệu đo được xử lý đánh giá để có biện pháp khắc phục, sửa chữa máy thu GPS, khắc phục nhiễu.

1.2 Sử dụng hệ thống định vị vệ tinh đo thông số khí tượng

Ngoài mục đích định vị vật thể, hệ thống định vị vệ tinh còn nhiều ứng dụng khác phục vụ con người, trong đó đo thông số khí tượng là một trong những mục đích gần gũi nhất.

Chúng ta biết quan trắc thông số khí tượng, thu thập dữ liệu nhằm phục vụ dự báo thời tiết nói chung và nhiều ứng dụng nhỏ nói riêng. Đo thông số khí tượng có nhiều cách, từ gián tiếp đến trực tiếp. Trong báo cáo này, chúng ta xem xét phương pháp đo thông số khí tượng gián tiếp, nhờ thu thập và xử lý dữ liệu vệ tinh.

1.2.1 Định nghĩa quan trắc khí tượng

Khí tượng là môn khoa học nghiên cứu về khí quyển nhằm chủ yếu để theo dõi và dự báo thời tiết. Những biểu hiện thời tiết là những sự kiện thời tiết quan sát được và giải thích được bằng khí tượng học. Những sự kiện đó phụ thuộc vào các tham số của khí quyển Trái Đất. Các tham số này bao gồm nhiệt độ, áp suất, độ ẩm cũng như các biến thiên và tác động tương hỗ của các tham số này và những biến đổi theo thời gian và không gian của chúng. Phần lớn các quan sát về thời tiết được theo dõi ở tầng đối lưu.

Quan trắc khí tượng thủy văn là việc quan sát, đo đạc trực tiếp hoặc gián tiếp một cách có hệ thống các thông số biểu hiện trạng thái, hiện tượng, quá trình diễn biến của khí quyển, nước sông, suối, kênh, rạch, hồ và nước biển.

Vị trí quan trắc khí tượng thủy văn là nơi đặt công trình, lắp đặt phương tiện đo và thực hiện quan trắc khí tượng thủy văn.

1.2.2 Nguyên lý ứng dụng hệ thống vệ tinh đo thông số khí tượng

Trong thực tế, có một hệ thống vệ tinh riêng biệt phục vụ mục đích đo thông số khí tượng, các vệ tinh đó được gọi là vệ tinh khí tượng có 2 loại là vệ tinh địa tĩnh và vệ tinh quỹ đạo bay.

Vệ tinh khí tượng địa tĩnh bay vòng quanh trái đất ngay phía trên xích đạo ở độ cao khoảng 35.880km, ở quỹ đạo này các vệ tinh quay cùng chiều với trái đất, do đó nó có vị trí cố định với hệ quy chiếu mặt đất.

Quy trình hoạt động và nhiệm vụ của những vệ tinh đó: hình ảnh chụp từ vệ tinh khí tượng vào ban ngày bằng mắt thường vẫn có thể hiểu được; mây, hệ mây như bão nhiệt đới, hồ, rừng, núi, tuyết, cháy, ô nhiễm, khói, sương mù... đều hiện ra. Ngay cả gió vẫn có thể xác định được dựa trên hình dạng mây, cách sắp xếp và sự di chuyển từ những bức ảnh trước đó.

Ngoài ra còn có phổ hồng ngoại, hình ảnh nhiệt hoặc hồng ngoại được ghi lại bởi các cảm biến gọi là bức xạ kế cho phép nhà phân tích xác định được độ cao và loại mây, tính toán nhiệt độ nước và mặt nước, xác định vị trí các đặc điểm bề mặt đại dương. Hình ảnh vệ tinh hồng ngoại được sử dụng hữu ích nhất khi có bão nhiệt đới với mắt bão có thể nhìn thấy được.

Tuy nhiên, quay trở lại với nội dung chính, trong báo cáo này đề cập đến phương pháp hoàn toàn khác. Cụ thể là phương pháp gián tiếp, lợi dụng việc so sánh và xử lý tín hiệu thu được từ vệ tinh đến máy thu để đánh giá tình hình thời tiết tại vùng không gian chứa đường truyền vệ tinh đó. Như vậy, với càng nhiều tín hiệu thu được từ càng nhiều vệ tinh đến máy thu, chúng ta có một tập hợp những đường xiên, tập hợp những chuỗi tín hiệu khác nhau để so sánh. Ảnh hưởng của vùng không gian tầng đối lưu, tầng điện ly đến việc truyền tín hiệu: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất,... đều làm biến đổi tính chất môi trường dẫn đến trễ pha, sai lệch pha tín hiệu và nhiều ảnh hưởng khác có thể tính toán và xử lý được. Như vậy từ những ảnh hưởng đó cùng với hiểu biết về độ dài đường truyền, ảnh hưởng từ vật cản, chúng ta có thể tính toán được nguyên nhân do môi trường là gì.

Bài toán mới được đặt ra, làm như trên chúng ta mới chỉ nhận biết được thời tiết trong thời gian thực, thậm chí vì quá trình xử lý tín hiệu cũng gây mất thời gian, đến khi chúng ta xác định được tính chất môi trường truyền sóng thì những tín hiệu đến đã lần nữa được cập nhật. Giải quyết vấn đề này thực tế không khó, chỉ cần một cơ sở dữ liệu đủ lớn. Cụ thể, bước đầu công việc của người quan sát đơn giản chỉ là thu thập dữ liệu truyền, quan sát và phân tích môi trường, đưa ra đánh giá về hiện tượng thời tiết trong thời gian tương đương khi nhận tín hiệu. Sau đó chúng ta đã có một kho dữ liệu

không hề cho biết tín hiệu bị biến đổi như thế nào thì có nghĩa trời mưa, nắng, giông, bão,... Có nghĩa là mỗi một hiện tượng thời tiết đã có một mô hình biến đổi tín hiệu tương đương tương đối. Nói là tương đối vì không phải lúc nào tín hiệu thu được cũng có sự sai khác giống nhau 100%, chúng ta chỉ cần lấy những mẫu gần giống nhất là chấp nhận được.

Với nguyên lý như trên, để đạt được mục đích, chúng ta cần có những thiết kế anten phù hợp với yêu cầu đặt ra, không phải để xác định vị trí, mà để thu tín hiệu một cách tốt nhất, không để ảnh hưởng nội tại của anten đến với việc thu nhận tín hiệu, để xác định rõ nhất những ảnh hưởng của môi trường.

CHƯƠNG 2. XÂY DỰNG QUY TRÌNH CHẾ TẠO ANTEN THIẾT BỊ THU GNSS

Chương 2 có nội dung những điều cơ bản về anten thu GNSS, các yêu cầu về thông số thiết kế cũng như tiêu chí lựa chọn anten, cùng với một số loại anten đã được sử dụng trong thực tế và đang được giao dịch trong thị trường. Từ đó bước đầu xây dựng quy trình chế tạo điện môi anten và tiếp theo là anten GNSS.

2.1 Những tham số đặc trưng của anten

2.1.1 Tần số làm việc

Tần số làm việc của anten là tần số cộng hưởng của anten. Anten luôn làm việc ở chế độ cộng hưởng vì khi đó công suất bức xạ của anten là lớn nhất. Trong cả dải tần hoạt động của anten thì tần số làm việc chính là tần số trung tâm. Ví dụ anten có dải tần làm việc từ 1.575 GHz đến 1.602 GHz thì tần số trung tâm sẽ là 1.588 GHz, và băng thông là 27 MHz.

Tần số làm việc của anten sẽ thay đổi khi thay đổi kích thước, điểm tiếp điện,... của anten.

2.1.2 Hệ số định hướng và hệ số tăng ích

Hệ số định hướng của anten theo hướng cực đại được định nghĩa bằng tỉ số cường độ trường bức xạ tại một vị trí trên hướng đó và cường độ trường bức xạ của một anten chuẩn cũng ở vị trí tương ứng (D). Hệ số tăng ích (độ lợi) của anten được tính bằng:

$$G = e \cdot D \quad \text{PT 2.1}$$

Trong đó e là hiệu suất bức xạ của anten.

2.1.3 Trở kháng vào

Trở kháng vào của anten tính bởi công thức:

$$Z_A = R_A + jX_A \quad \text{PT 2.2}$$

Khi kết nối anten với feeder cần chú ý tới điều kiện phối hợp trở kháng (PHTK), thông thường trở kháng đặc tính của feeder là R_0 , để PHTK thì $Z_A = R_0$.

2.1.4 Hệ số tổn hao ngược (Return Loss - RL)

Hệ số tổn hao RL(dB), đánh giá mức độ phản xạ của sóng tại điểm kết nối với feeder. Khi tải không phối hợp trở kháng, công suất nguồn không được đưa hết đến tải:

$$P_T = P_R + RL \quad \text{PT 2.3}$$

$$RL = -20 \log|\Gamma| \quad \text{PT 2.4}$$

2.1.5 Hệ số sóng đứng (SWR - Standing Wave Ratio)

Hệ số sóng đứng SWR, đánh giá mức độ không phối hợp trở kháng giữa anten và feeder ($1 < \text{SWR} < \infty$).

$$\text{SWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad \text{PT 2.5}$$

$$\text{RL (dB)} = -10 \times \log \left[\left(\frac{\text{SWR} - 1}{\text{SWR} + 1} \right)^2 \right] \quad \text{PT 2.6}$$

2.1.6 Băng thông (BW)

Độ rộng băng thông của anten là khoảng tần số mà trên đó anten phối hợp trở kháng với feeder trong một giới hạn xác định, nói cách khác, đó là khoảng tần số mà anten đáp ứng được các yêu cầu đặt ra. Độ rộng băng thông thường được xác định thông qua hệ số sóng đứng cho phép trên một khoảng tần số nào đó.

2.1.7 Phân cực

Được định nghĩa là điểm cuối của vectơ điện trường tức thời khi thời gian tăng lên. Trường hợp chung nhất là phân cực elip và trường hợp đặc biệt là tuyến tính và tròn. Trong ứng dụng GNSS, tín hiệu chuyển từ vệ tinh là RHCP để giảm thiểu dao động công suất tín hiệu khi lan truyền và định hướng người dùng. Do đó, đối với hầu hết các ứng dụng người dùng di động, anten GNSS nên được thiết kế RHCP để thu tín hiệu tối đa.

2.1.8 Tỷ lệ trục (Axial Ratio)

AR được định nghĩa là tỷ lệ trục chính trên trục phụ của elip phân cực. AR bằng vô cùng cho phân cực tuyến tính, bằng 0 (dB) cho phân cực tròn của cả RHCP và LHCP. Công thức tính AR là trong phương trình dưới:

$$AR = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \left| \frac{E_{RHCP} + E_{LHCP}}{E_{RHCP} - E_{LHCP}} \right| \quad \text{PT 2.7}$$

Trong đó

$$E_{RHCP} = \frac{1}{\sqrt{2}}(E_{\theta} + jE_{\varphi}) \quad \text{PT 2.8}$$

$$E_{LHCP} = \frac{1}{\sqrt{2}}(E_{\theta} - jE_{\varphi}) \quad \text{PT 2.9}$$

AR của ăng ten được chỉ định ở một tần số cụ thể, thường là trung tâm. AR có thể được xác định trên một BW nhất định để bao trùm tín hiệu quan tâm, nhưng là không thường xuyên. Hầu hết các anten GNSS chỉ định AR ở mức tối thiểu, Hầu hết anten GNSS có AR tăng khi góc với ánh sáng tăng. AR cũng nên giữ thấp cho hầu hết các góc cao trên bán cầu cho ứng dụng GNSS. Boresight axial ratio của anten GNSS thường được yêu cầu dưới 3 dB.

2.1.9 Trễ nhóm (Group Delay)

Trễ nhóm là phép đo thời gian trễ cho tín hiệu băng thông hẹp định nghĩa qua phương trình:

$$\text{GroupDelay} = \frac{d_{\phi(\omega)}}{d_{\omega}} \quad \text{PT 2.10}$$

Điều quan trọng là phải có độ trễ nhóm đồng nhất cho các góc độ cao và góc phương vị khác nhau trên bán cầu trên để giảm lỗi thời gian trên đo lường GNSS.

2.2 Yêu cầu đối với anten thiết bị thu GNSS ứng dụng đo thông số khí tượng

Từ nguyên lý đo thông số khí tượng dựa vào tín hiệu thu GNSS được nhắc đến trong chương trước, ta có thể thấy mục tiêu thiết kế anten là thu được càng nhiều vệ tinh càng tốt. Càng nhiều vệ tinh sẽ mang đến càng nhiều chuỗi tín hiệu, những chuỗi tín hiệu được truyền đi tại nhiều vị trí trên không gian đến máy thu, tạo ra những đường đi khác nhau. Mỗi đường đi qua bầu khí quyển đều có tính chất môi trường khác nhau, thông tin thu được có pha, hướng, tốc độ truyền nhanh chậm khác nhau. Như vậy, càng nhiều dữ liệu tham chiếu ta càng có khả năng phân tích được thời tiết ở những khu vực khác nhau.

Tín hiệu GNSS là tín hiệu phân cực tròn trái (LHCP), như vậy anten máy thu phải là anten phân cực tròn phải (RHCP).

Anten của máy thu GNSS ứng dụng đo thông số khí tượng phải đảm bảo những yêu cầu sau:

- Có khả năng bao phủ hết bầu trời có thể nhìn thấy để nhận tín hiệu từ càng nhiều vệ tinh càng tốt, điều này đòi hỏi một chùm bức xạ rộng. Hơn nữa, mức tăng ích của anten phải đảm bảo tỉ số SNR (tỉ số tín hiệu/nhiều) ở mức cho phép.
- Tần số hoạt động của anten phải tương ứng với phân bố tần số của các hệ thống vệ tinh đang sử dụng, cụ thể:

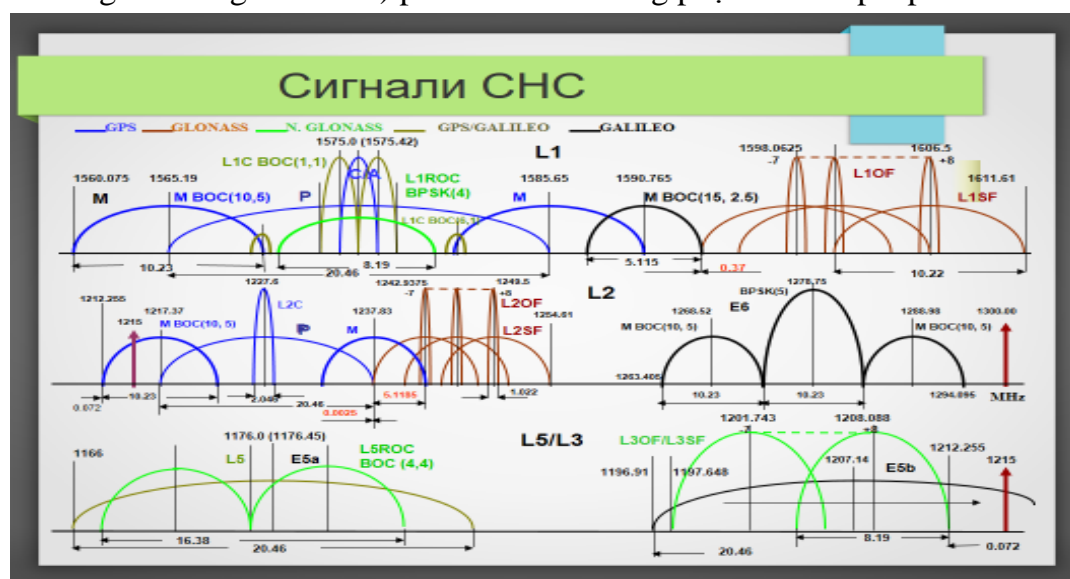
GPS: 1559 – 1610 MHz và 1215 – 1240 MHz,

GLONASS: 1593 – 1611 MHz và 1243 – 1249 MHz và 1193 – 1209 MHz,

GALILEO: 1559 – 1592 MHz và 1215 – 1300 MHz và 1164 – 1215 MHz.

Với mục đích thu được càng nhiều vệ tinh càng tốt, như vậy anten có dải tần càng rộng, càng đa băng càng tốt.

- Có phân cực RHCP, kích thước càng nhỏ càng tốt.
- Tỷ lệ giữa công suất bức xạ (hay thu) ở hướng búp sóng chính (khi một vệ tinh ở đỉnh cao) và công suất bức xạ (hay thu) ở búp sóng phụ (khi một vệ tinh ở gần đường chân trời) phải đảm bảo trong phạm vi cho phép.



Hình 2.1 Phân bố tần số của các hệ thống vệ tinh

Lưu ý rằng, để anten đạt những yêu cầu như băng rộng, kích thước nhỏ, phải đánh đổi bằng hệ số tăng ích Gain không lý tưởng. Để khắc phục nhược điểm này, chúng ta có thể sử dụng thêm module khuếch đại tạp âm thấp LNA (Low Noise Amplifier).

2.3 Module khuếch đại tạp âm thấp LNA

Khuếch đại là 1 quá trình làm tăng biên độ tín hiệu. Không giống hầu hết các bộ lọc, bộ khuếch đại là thành phần tích cực và cần có nguồn để thực hiện chức năng của nó. Chú ý rằng, bộ khuếch đại lý tưởng sẽ chỉ làm tăng biên độ tín hiệu. Tuy nhiên, trên thực tế, bất cứ bộ khuếch đại nào cũng không chỉ tăng biên độ mà nó còn tăng tạp âm. Dĩ nhiên, mục tiêu thiết kế là có 1 thành phần khuếch đại mà khuếch đại được tín hiệu và có mức tạp âm thấp nhất.

Các tham số chính đặc trưng cho bộ khuếch đại là:

- Hệ số khuếch đại, thường được biểu thị bằng dB, và thường được giả sử là không đổi trong dải tần số xác định
- Dải tần số
- Hệ số tạp âm, thường được biểu thị bằng dB, đặc trưng cho lượng tạp âm thêm vào tín hiệu khuếch đại.

Chú ý rằng, chúng ta đã đơn giản hóa bộ khuếch đại trong thực tế. Giả sử bộ khuếch đại là một thiết bị được đóng gói, bỏ qua cách chế tạo thực tế. Ngoài ra còn có các tham số như điểm giao chặn bậc 3, các yêu cầu về nguồn, và giá trị điều khiển công suất lớn nhất. Trong thực tế, ít có bộ khuếch đại đơn nào đạt được hệ số khuếch đại như vậy mà phải được nối tầng nhiều bộ khuếch đại với nhau. Mục đích của nó trong mạch là làm tăng biên độ tín hiệu tới rất yêu lên mức có thể chấp nhận được cho bộ chuyển đổi tương tự - số. Bởi vậy, khuếch đại lên bao nhiêu phụ thuộc vào đặc điểm của bộ ADC.

2.4 Các loại anten thu GNSS thông dụng

2.4.1 Anten thụ động và chủ động

Anten thụ động chỉ chứa phần tử bức xạ, ví dụ: các anten mạch vi dải hoặc anten cấu trúc xoắn. Đôi khi có thêm một mạng phối hợp trở kháng 50Ω .

Anten chủ động (hay anten tích cực) có bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) tích hợp. Điều này có lợi ở hai khía cạnh. Đầu tiên, những mất mát của cáp sau LNA không còn ảnh hưởng đến máy thu GPS. Thứ hai, LNA trong anten giúp giảm tiếng ồn dẫn đến độ nhạy tốt hơn. Anten chủ động cần một nguồn cung cấp năng lượng từ 3 đến 20mA. Thông thường, nguồn cung cấp được đưa đến anten thông qua cáp RF đồng trục. Nên sử dụng anten tích cực nếu chiều dài cáp RF giữa máy thu và anten vượt quá khoảng 10cm. Với tăng ích của bộ LNA của anten tích cực là 15 dB có thể sử dụng chiều dài cáp lên đến 5m.

Bảng 2.1 So sánh anten chủ động và thụ động

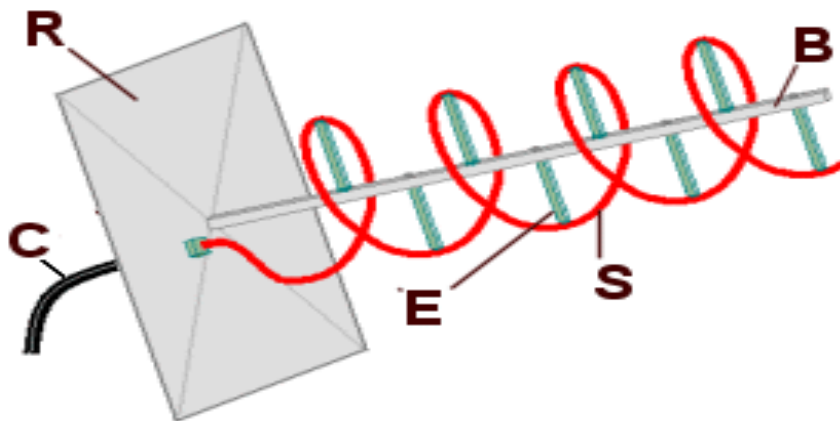
Anten chủ động	Anten thụ động
Cần nhiều năng lượng hơn, khoảng 50mW so với anten thụ động. Làm với cáp dài hơn. Giúp giảm tiếng ồn của máy thu. Ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu.	Anten phải được kết nối cẩn thận. Đường nối dài tối đa 10cm đến máy thu. Tín hiệu nhiễu được ghép vào ảnh hưởng đến hiệu suất. Thiết kế giống hệ thống RF.

Như vậy, thiết kế anten chủ động là mục tiêu ta hướng tới. Sau đây một số loại anten cụ thể sẽ được giới thiệu.

2.4.2 Anten Helix (*Helix antenna* – anten xoắn)

2.4.2.1 Cấu tạo

Anten Helix còn được gọi là anten xoắn ốc, có hình dạng cấu tạo đặc biệt như hình 2.2. Kết cấu anten gồm một đường dây xoắn dẫn điện và một màn chắn kim loại. Thông thường anten được tiếp điện bởi một fide đồng trục, lõi của fide được nối với đường dây xoắn, còn vỏ bọc fide nối với mặt kim loại. Mặt chắn kim loại vừa có tác dụng ngăn dòng điện chảy ra mặt ngoài fide vừa có tác dụng làm mặt phản xạ làm giảm bức xạ ngược của anten.



Hình 2.2 Anten Helix

Trên hình 2.2 ta có:

(B) Trục anten

- (C) Đường dây cáp đồng trục tiếp điện
- (E) Hỗ trợ cách điện cho đường xoắn ốc
- (R) Mặt phản xạ – mặt đất
- (S) Dây kim loại (tạo) bức xạ xoắn ốc hướng trục.

2.4.2.2 Đặc điểm trường bức xạ của anten

Anten xoắn ốc tạo ra bức xạ sóng điện từ dọc theo trục anten. Lợi ích của anten xoắn này là có băng thông rộng, dễ chế tạo, có trở kháng đầu vào thực và có thể tạo ra các trường phân cực tròn.

Trong trường hợp tổng quát trên đường dây xoắn trụ có thể đồng thời tồn tại một số dạng sóng dòng điện với biên độ khác nhau và số chu kỳ trên một vòng xoắn khác nhau. Mỗi sóng truyền lan trên dây dẫn với vận tốc pha và hệ số suy giảm nhất định. Tuy nhiên với mỗi anten có kích thước nhất định thì chỉ có một dạng sóng trong số các sóng nói trên chiếm ưu thế và đóng vai trò chủ yếu trong việc tạo thành đồ thị phương hướng bức xạ của anten. Dạng sóng có tác dụng chủ yếu trong mỗi đường dây xoắn phụ thuộc vào kích thước tương đối của vòng xoắn so với bước sóng công tác.

Ta có thể phân biệt 3 chế độ làm việc của anten helix ứng với 3 loại kích cỡ anten như sau:

Thứ nhất, bức xạ ngang, khi vòng xoắn có độ dài rất nhỏ so với bước sóng công tác.

Trong trường hợp này dạng sóng chủ yếu trên đường dây xoắn trụ là sóng T_0 , sóng T_1 và các sóng có bậc cao hơn có biên độ rất nhỏ và suy giảm nhanh nên không ảnh hưởng đến chế độ bức xạ của anten. Sóng T_0 truyền lan dọc theo dây dẫn với vận tốc pha bằng vận tốc ánh sáng. Khi tăng kích thước có xoắn đến một giá trị nhất định thì sẽ xuất hiện các sóng bậc cao, giá trị giới hạn này được xác định bởi hệ thức:

Vì vòng xoắn có độ dài nhỏ so với bước sóng nên sóng T_0 có biên độ và pha gần như không đổi trên mỗi vòng dây. Như vậy, mỗi vòng xoắn ở chế độ này có thể được coi là một anten khung nhỏ. Mà bức xạ của anten khung nhỏ có cực đại theo các hướng nằm trên mặt phẳng của vòng dây và bằng 0 theo các hướng vuông góc. Do đó ở chế độ sóng T_0 anten xoắn sẽ làm việc ở chế độ bức xạ ngang khi chiều dài của vòng dây nhỏ hơn 0.65λ (hoặc $\lambda > 10a$).

Thứ hai, bức xạ trục, khi vòng xoắn có độ dài khoảng ...

Khi tăng kích thước vòng xoắn tới giá trị ... sóng T0 sẽ biến mất và xuất hiện sóng T1. Vận tốc pha của sóng T1 dọc theo dây xoắn sẽ tăng khi tăng ... và tiến tới giá trị gần bằng vận tốc ánh sáng.

Vì kích thước vòng xoắn so sánh được với bước sóng nên trong trường hợp này điện trở bức xạ của các vòng dây có giá trị đáng kể, hiệu ứng bức xạ của các vòng dây biểu hiện rõ rệt. Sóng điện truyền từ đầu vào sẽ được bức xạ mạnh bởi các vòng dây trong quá trình lan truyền dọc theo anten. Sóng phản xạ đầu cuối có biên độ nhỏ do đó có thể coi gần đúng dòng điện trên anten là dòng điện sóng chạy.

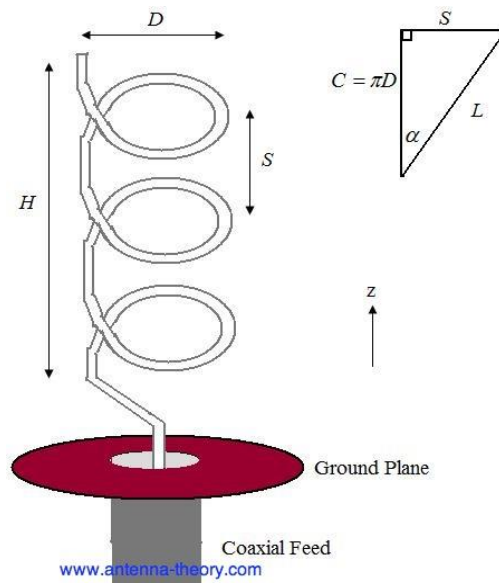
Trong trường hợp này ta sẽ nhận được trường bức xạ của mỗi vòng xoắn là trường phân cực tròn, có cực đại theo hướng vuông góc với mặt phẳng vòng dây. Mặt khác theo lý thuyết của anten sóng chạy ta có hàm phương hướng tổ hợp của anten cũng có cực đại phù hợp với hướng trục. Do đó chế độ bức xạ tổng hợp của anten xoắn với sóng T1 là chế độ bức xạ trục. Thực tế chế độ bức xạ trục xuất hiện khi $l_0 = 0.75\lambda - 1.3\lambda$. (hoặc $\lambda = 5a - 8a$).

Thứ ba, bức xạ xiên, khi vòng xoắn có độ dài hơn bước sóng...

Trong trường hợp này bước sóng T0 và T1 suy giảm khá nhanh, dạng sóng có tác dụng chủ yếu trong anten sẽ là các sóng có bậc cao hơn t2, T3,... trên mỗi vòng xoắn sẽ có phân bố nhiều chu kỳ sóng. Do đó tại các điểm đối diện nhau của mỗi vòng dây, dòng điện có thể khác pha, đồng thời pha của dòng điện ở 2 điểm kế cận nhau trên 2 vòng xoắn cũng có thể khác nhau. Tác dụng tương hỗ của các vòng xoắn trong trường hợp này sẽ làm giảm điện trở bức xạ của mỗi vòng dây, ảnh hưởng đến chế độ sóng chạy trên anten. Kết quả là hướng bức xạ cực đại của anten sẽ lệch khỏi hướng trục xoắn.

Thực tế chế độ này xảy ra khi độ dài mỗi vòng xoắn lớn hơn 1.5λ ($l_0 > 1.5\lambda$ hay $\lambda < 4a$).

2.4.2.3 Tính toán thiết kế



Hình 2.3 Cấu trúc anten Helix để tính toán

Các tham số được xác định như sau:

D : đường kính của vòng xoắn

C : chu vi của một vòng xoắn ($C = \pi \cdot D$)

S : khoảng cách bước giữa hai vòng xoắn

α : góc cao độ, điều khiển khoảng cách anten xoắn phát ra theo hướng z mỗi lượt và xác định bởi

$$\alpha = \tan(S/C)$$

PT 2.11

N : số vòng xoắn trên anten

H : tổng chiều dài của anten xoắn ($H = N \cdot S$)

Anten trong hình 2.3 là anten xoắn tròn trái vì nếu cuộn ngón tay trên bàn tay trái quanh vòng xoắn, ngón tay sẽ hướng lên. Sóng phát ra từ anten xoắn tay trái sẽ có phân cực tròn trái (LHCP - Left Hand Circularly Polarized). Nếu anten xoắn được quấn theo cách xoắn ốc thuận tay phải, ta sẽ có sóng bức xạ phân cực tròn phải RHCP.

Đồ thị phương hướng bức xạ PHBX của anten sẽ cực đại theo hướng trục z (dọc theo trục xoắn ốc trong hình). Việc thiết kế anten xoắn chủ yếu dựa trên kết quả thực nghiệm và các phương trình cơ bản trình bày dưới đây.

Anten Helix có ít nhất 3 vòng sẽ có độ phân cực tròn theo hướng $+z$ khi chu vi C gần với bước sóng:

$$\frac{3\lambda}{4} \leq C \leq \frac{4\lambda}{3}$$

PT 2.12

Khi chu vi C được chọn, các bất đẳng thức trên sẽ xác định gần đúng bằng thông hoạt động của anten xoắn. Chẳng hạn, nếu $C = 19,68$ inch (0,5 mét), thì tần số hoạt động cao nhất sẽ được đưa ra bởi bước sóng nhỏ nhất phù hợp với phương trình trên, hoặc bằng $0,75C = 0,375$ m, tương ứng với tần số 800 MHz. Tần số hoạt động thấp nhất sẽ được đưa ra bởi bước sóng lớn nhất phù hợp với phương trình trên, hoặc bằng $1.333C = 0.667$ m, tương ứng với tần số 450 MHz. Do đó, BW phân đoạn là 56%, điều này đúng với anten xoắn trục nói chung.

Anten xoắn là một anten sóng chạy. Trở kháng đầu vào của anten có thể được xấp xỉ (theo đơn vị Ω):

$$Z_{in} = 140 \frac{C}{\lambda}$$

PT 2.13

Anten xoắn hoạt động tốt với góc α trong khoảng từ 12° đến 14° . Thông thường, góc được lấy là 13° .

Hàm phương hướng bức xạ:

$$f_k(\theta) = \frac{\sin \left[\frac{N}{2} (kscos\theta + \psi) \right]}{\sin \left[\frac{1}{2} (kscos\theta + \psi) \right]}$$

PT 2.14

Để phân cực tròn, các thành phần trục giao của trường E phải lệch pha 90° . Điều này xảy ra theo các hướng gần trục (trục z trong hình) của chuỗi xoắn. Tỷ lệ trục cho anten xoắn giảm khi số vòng N được thêm vào và có thể tính xấp xỉ bằng:

$$AR = \frac{2N + 1}{2N}$$

PT 2.15

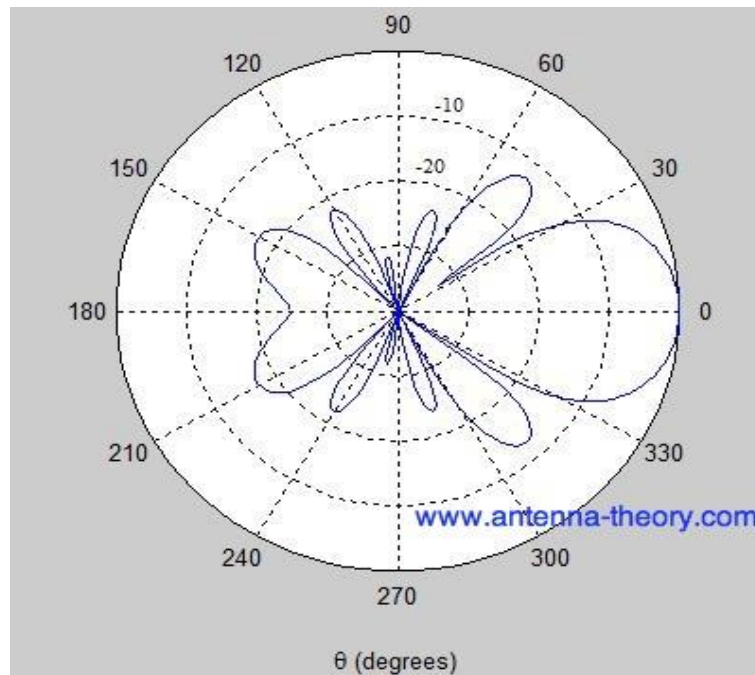
Độ lợi (tăng ích) của anten xoắn có thể được xấp xỉ bằng:

$$G = \frac{12 \cdot C^2 N S f^3}{c^3}$$

PT 2.16

Trong đó c là tốc độ ánh sáng ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s). Lưu ý rằng đối với hình dạng xoắn cho trước (được chỉ định theo C , S , N), mức tăng tăng theo tần số. Đối với một vòng xoắn $N = 10$, có chu vi 0,5m như trên và góc nghiêng là 13° (cho $S = 0,13$ m), mức tăng là 8,3 lần (9,2 dB).

Đối với anten xoắn ví dụ trên, đồ thị PHBX được hiển thị trong hình 2.4.



Hình 2.4 Đồ thị phương hướng bức xạ của anten Helix

Độ rộng nửa công suất cho anten xoắn ốc có thể tính xấp xỉ bằng:

$$HPBW = \frac{65\lambda}{c\sqrt{\frac{NS}{\lambda}}} \quad \text{PT 2.17}$$

Chú ý:

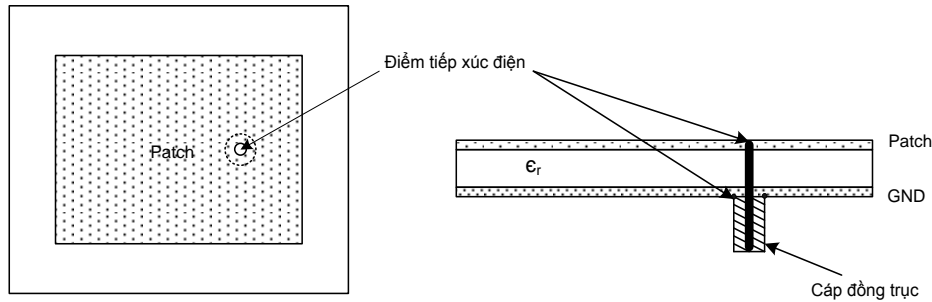
Nếu chu vi của vòng xoắn nhỏ hơn đáng kể so với bước sóng và khoảng cách trục giữa các vòng nhỏ hơn đáng kể một phần tư bước sóng, thì anten được gọi là vòng xoắn bình thường. Anten hoạt động tương tự như anten đơn cực, với bức xạ đa hướng, tỏa công suất bằng nhau theo mọi hướng vuông góc với trục của anten. Sóng trên anten là sóng đứng, phân cực thẳng. Tuy nhiên, do độ tự cảm được thêm vào bởi hình dạng xoắn ốc, tần số cộng hưởng của nó ngắn hơn một phần tư bước sóng. Đây là một giải pháp thay thế cho anten trong các ứng dụng trong đó một đơn cực sóng có kích thước đầy đủ sẽ quá dài, hữu ích khi làm anten cho thiết bị liên lạc di động trên các băng tần HF, VHF và UHF.

Để giảm kích thước của anten xoắn ta có thể làm đầy anten bằng vật liệu có hằng số điện môi cao. Kích thước anten GPS đang được cung cấp cho thị trường có chiều dài 18mm và đường kính 10mm. [3]

2.4.3 Anten vá (Microstrip antenna – Patch antenna)

2.4.3.1 Cấu tạo

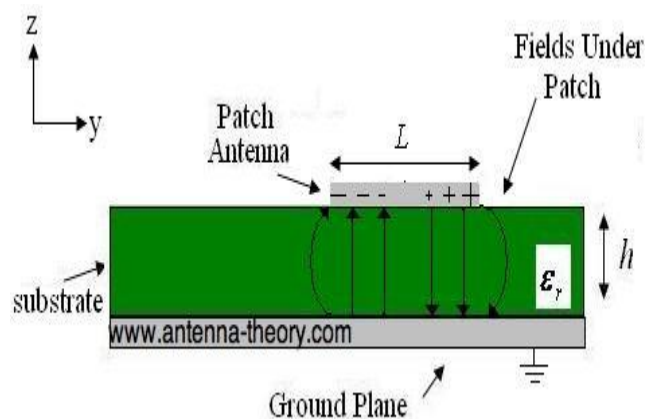
Anten vá có cấu tạo gồm 3 phần chính là phần kim loại (thường gọi là miếng vá hay miếng patch), điện môi và đế kim loại (thường gọi là đất hay ground). Ngoài ra một phần không thể thiếu là bộ phận tiếp điện. Miếng vá có chiều dài L , chiều rộng W và nằm trên cùng, điện môi độ dày h , hằng số ϵ_r . Thông thường $h \ll \lambda$, nhưng $h \geq \frac{\lambda}{40}$ (để hiệu suất anten không bị suy giảm).



Hình 2.5 Cấu tạo anten vá

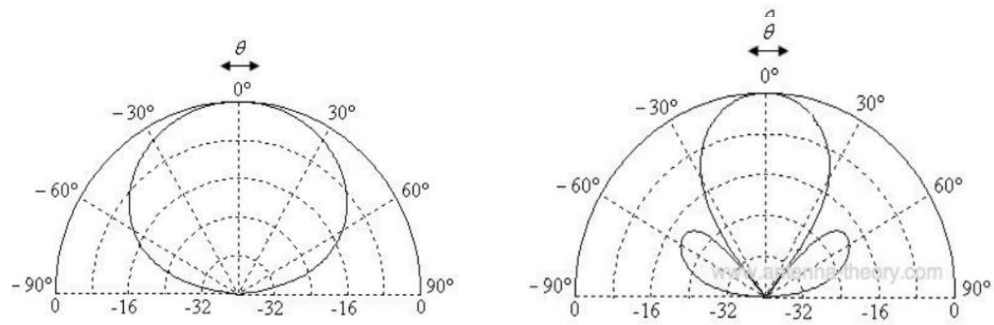
2.4.3.2 Nguyên lý hoạt động

Miếng vá kim loại và mặt phẳng đất được coi là chất dẫn điện tốt tạo thành bề mặt trên dưới, ở giữa là lớp không khí hoặc một chất điện môi cách điện khác, tạo thành khoang cộng hưởng và điện trường, phát xạ điện từ ra môi trường từ các cạnh của miếng vá kim loại.



Hình 2.6 Cấu trúc trường bức xạ điện từ trường

Đồ thị PHBX:



Hình 2.7 Đồ thị PHBX với với $\theta=0^\circ$ và 90°

Hệ số định hướng:

$$D = \frac{4(k_0 a)}{\pi \eta_0 G_r} \quad \text{PT 2.18}$$

Hệ số tăng ích:

$$G = e_r D \quad \text{PT 2.19}$$

Trong đó:

$$e_r = \frac{P_r}{P_r + P_{sur}} \quad \text{PT 2.20}$$

Trở kháng vào:

$$R_v = 60 \lambda_0 / W \quad \text{PT 2.21}$$

Băng thông:

$$\Delta f = 4f^2 \left(\frac{t}{1/32} \right) \quad \text{PT 2.22}$$

Phân cực: anten vậ có thể là phân cực thẳng hoặc phân cực tròn phụ thuộc vào vị trí điểm tiếp điện trên miếng kim loại. Tạo ra trường phân cực tròn bằng cách tổ hợp 2 sóng phân cực thẳng vuông góc với nhau, với góc lệch pha 90° giữa chúng. Hoặc có thể tiếp điện tại 2 vị trí nằm ở trung điểm 2 cạnh kề nhau của miếng patch có kích thước $L=W=\lambda_0 / 2$. Nếu dòng điện lệch pha 90° chúng ta sẽ có trường phân cực tròn.

2.4.3.3 Tính toán thiết kế

Giả sử ta đã có những thông số ban đầu: hằng số điện môi ϵ_r , tần số hoạt động f_0 , và chiều cao của lớp điện môi nền h . Ta cần xác định: W , L , W_g , L_g và vị trí tiếp điện.

Để đạt bức xạ hiệu quả, chiều rộng của patch được tính theo công thức:

$$W = \frac{1}{2f_0\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_0 + 1}} \quad \text{PT 2.23}$$

Trong đó:

c: vận tốc ánh sáng, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

f_0 : tần số hoạt động của anten

ϵ_r : hằng số điện môi

Xác định hằng số điện môi hiệu dụng:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_{\text{reff}} + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{PT 2.24}$$

Tính độ tăng chiều dài do hiệu ứng:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad \text{PT 2.25}$$

Chiều dài hiệu dụng của anten:

$$L_{\text{reff}} \approx \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad \text{PT 2.26}$$

Chiều dài thực sự của miếng patch:

$$L = L_{\text{reff}} - 2 \Delta L \quad \text{PT 2.27}$$

Kích thước mặt phẳng đất:

$$W_g \approx 6h + W \quad \text{PT 2.28}$$

$$L_g \approx 6h + L \quad \text{PT 2.29}$$

Vị trí của điểm tiếp điện sử dụng cáp đồng trục:

Trong phương pháp tiếp điện cho anten vá bằng cáp đồng trục thì lõi cáp được hàn tiếp xúc với mặt bức xạ, đâm xuyên qua một lỗ trên mặt phẳng đất, không tiếp xúc với mặt phẳng đất, vỏ cáp tiếp xúc với mặt phẳng đất. Khi tiếp điện vào điểm trên đường trung trục của một cạnh ta được trường phân cực thẳng. Ta có thể tạo ra trường phân cực quay bằng cách tổ hợp 2 sóng phân cực thẳng vuông góc với nhau, với góc lệch pha 90 độ giữa chúng. Đồng thời ta có thể tạo ra 2 sóng phân cực thẳng trực giao từ một phần tử anten mạch dải hình vuông có kích thước $L=W=\lambda/2$, với việc tiếp điện riêng lẻ vào 2 điểm nằm ở trung trục 2 cạnh kề nhau của phiên kim loại ấy. Nếu dòng điện tiếp

vào lệch pha nhau 900 thì sẽ tạo ra trường phân cực quay. Cách thường được dùng là tiếp điện dùng mạch hybrid chia công suất và tạo ra góc lệch pha 900 giữa 2 nhánh. Vì điện áp 2 nhánh có biên độ như nhau nên phân cực quay nhận được là phân cực tròn. Khi cấp điện vào các đầu khác nhau của hybrid sẽ nhận được trường phân cực quay có hướng quay khác nhau, quay phải (RHCP) hoặc trái (LHCP).

Với anten thu GNSS, vì tín hiệu GNSS tới là tín hiệu LHCP, nên anten cần phải là RHCP.

2.5 Xây dựng quy trình chế tạo anten và GNSS

2.5.1 Lựa chọn điện môi

Bước đầu tiên trong quy trình chế tạo anten là phải xác nhận được sẽ sử dụng loại điện môi nào, có hằng số điện môi bao nhiêu, độ dày và kích cỡ như thế nào. Để biết được điều này, trước hết chúng ta cần phải xem xét lại yêu cầu thiết kế của anten. Với anten GNSS băng rộng và mục đích thu tín hiệu vệ tinh để xác định thông số khí tượng, mục đích hàng đầu không phải là chất lượng tốt xấu của tín hiệu mà là số lượng tín hiệu thu được.

Đồng thời trong các yêu cầu đặt ra ở mục 2.2 có một yêu cầu tương đối quan trọng là kích cỡ anten phải nhỏ, mục đích để dễ dàng di chuyển và đưa đi lắp đặt tại nhiều vùng khác nhau. Như vậy, với công thức của anten vòm đề ra ở mục 2.4.3, chúng ta đều nhận thấy cần thiết phải có một loại vật liệu điện môi mà hằng số điện môi lớn, nhằm giảm đi hai thông số đại diện kích thước anten là W và L .

Qua tìm hiểu các loại vật liệu điện môi anten từ các trang báo khoa học và internet, tôi đi đến kết luận cần thiết phải sản xuất được một loại điện môi có hằng số điện môi vào khoảng 50 đến 150 để anten có kích cỡ dao động nhỏ hơn 40mmx40mm. Và đó chính là vật liệu gốm điện tử.

Điện môi gốm hay ceramic truyền thống làm từ đất sét và cao lanh, tuy nhiên, để điện môi gốm sử dụng được trong lĩnh vực điện tử, chúng ta cần phải sử dụng loại nguyên liệu khác.

Về điện môi dùng trong lĩnh vực điện tử, chúng ta cần quan tâm 2 vấn đề như sau:

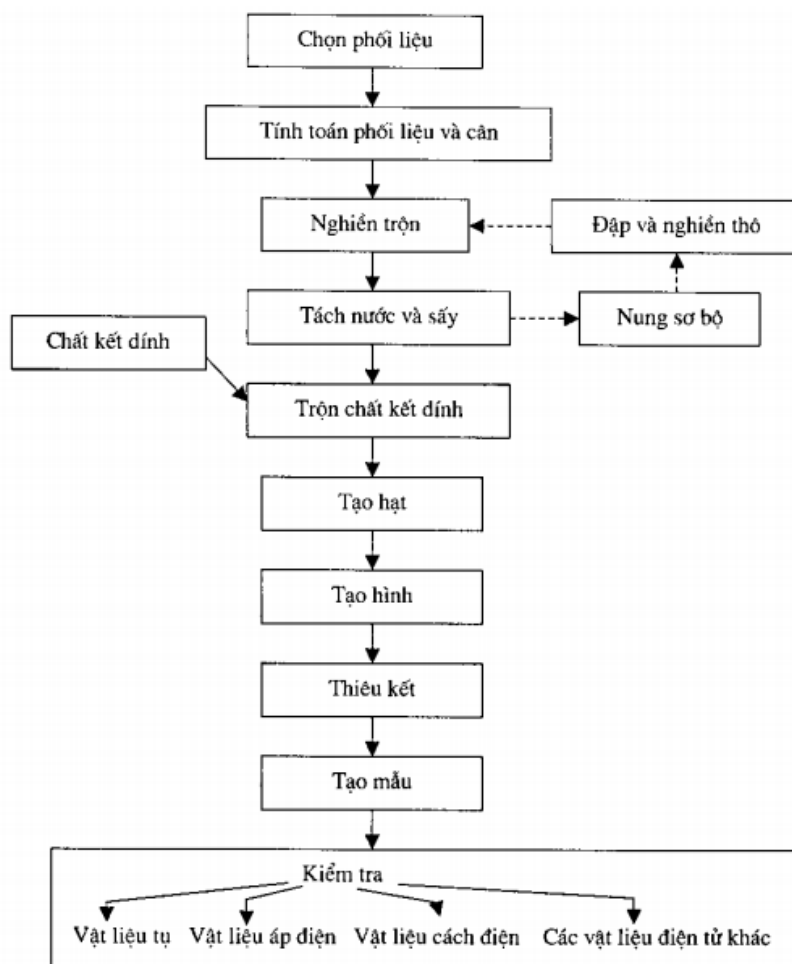
- Điện môi vật liệu.
- Tổn hao điện môi.

Các loại gốm kỹ thuật điện tử như gốm fero-điện, áp điện, gốm tụ, gốm cách điện, cao tần, gốm bán dẫn, siêu dẫn, gốm ferit,... được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực kỹ thuật điện, điện tử, vi điện tử,...

Trong thiết kế anten dưới đây, loại gốm được sử dụng là gốm tụ có điện môi trung bình (50 đến 500).

2.5.2 Quy trình sản xuất điện môi

Quy trình sản xuất điện môi gồm kỹ thuật điện tử gồm các bước như sơ đồ sau đây:



Hình 2.8 Quy trình sản xuất gốm điện tử

Với mẫu gốm yêu cầu, chúng ta sử dụng quy trình nung hai lần. Ưu điểm của thao tác này là:

- Ít xảy ra sai lệch về thành phần hợp thức nên tính toán phối liệu dễ dàng.
- Ít co ngót nên mẫu biến dạng nhỏ, mật độ gốm cao.
- Có thể chọn sự phân bố hạt theo kích thước dễ dàng.

Tuy nhiên nhược điểm là:

- Số thao tác tăng đồng nghĩa thêm tạp bản môi trường.
- Mật độ gốm phụ thuộc áp suất nén.

Bắt tay vào thực hiện, chúng ta làm từng bước cụ thể như sau:

Bước 1: Chọn phối liệu

Nhờ sự tư vấn của các giảng viên và chuyên gia của Viện Vật liệu kỹ thuật – Đại học Bách Khoa Hà Nội, tôi đã quyết định sử dụng loại bột trắng TiO₂. Đảm bảo đủ yêu cầu tinh khiết 99%, không chứa các hợp chất oxit khác, được bảo quản cẩn thận ở môi trường khô ráo thoáng mát, không làm biến tính vật liệu.

Bước 2: Tính toán phối liệu

Nhờ bước lựa chọn phối liệu sử dụng hợp chất duy nhất, nên chúng ta có thể lược bỏ bước tính toán phối liệu này.

Bước 3: Nghiền trộn

Ở bước này, chúng ta sử dụng cối chuyên dụng và bi nghiền chuyên dụng (thường là bi mã nã hoặc sứ coridon). Cối nghiền nguyên liệu có nhiều kích cỡ, tuy nhiên, vì sản phẩm chỉ ở mức độ làm mẫu trong phòng thí nghiệm và chưa triển khai sản xuất hàng loạt, nên tôi chỉ sử dụng loại cối nhỏ và nghiền thủ công bằng tay mà không sử dụng máy trộn. Toàn bộ thể tích vật liệu chiếm tối đa ½ thể tích cối.

Tỉ lệ trộn của các hợp chất như sau:

$$m_{\text{chất nghiền}}: m_{\text{bi}}: m_{\text{nước}} = 1:1:1$$

Bước 4: Tách nước và sấy khô

Vì khối lượng vật liệu không lớn, nên chúng ta dùng giấy lọc để hút bớt nước thừa của hỗn hợp trộn. Sau đó là quá trình sấy khô, chú ý nhiệt độ sấy khô vào khoảng 150 đến 200 độ C.

Bước 5: Tạo hạt

Yêu cầu và mục đích của bước tạo hạt là những điều sau đây:

- Tạo độ bền cơ học cho phối
- Phân hủy bay hơi ở nhiệt độ thấp, không để chứa lại chất đọng
- Dễ pha trộn và không được dính cối
- Mức độ mịn của hạt tạo ra cũng yêu cầu tối quan trọng

Đối với TiO₂, chúng ta sử dụng chất kết dính là PVA 5% thêm Glycerin thì khối lượng 2 chất này bằng 1 – 3% tổng khối lượng nguyên liệu.

Với 7 cylanh 35mm PVA, mẻ trộn gồm 48g TiO₂.

Có ba phương pháp tạo hạt: sấy phun, nén và sàng. Trong đó phương pháp sấy phun là tốt nhất và hiện đại nhất.

Bước 6: Tạo hình

Trước hết nguyên liệu được giữ trong bình kín 24h, sau đó đưa đi tạo hình. Thông thường ta sử dụng khuôn, cối, chày và ép từ một hoặc hai phía. Bột phối liệu được tạo hạt và đổ vào khuôn với lượng xác định, áp suất nén sơ bộ từ phía trên nhờ chày trên. Sau đó tháo xuyên đỡ cối ra khỏi khuôn và tiến hành ép tiếp đến áp suất cần thiết. Lúc này cối thứ nhất di động, ép lực từ cả hai phía. Lấy mẫu ra khỏi khuôn sau khi hoàn thành ép.

Với TiO_2 , lực ép yêu cầu là 3.5 tấn, khuôn đường kính 40mm.

Bước 7: Thiêu kết

Ở bước cuối cùng này, để làm ra sản phẩm yêu cầu phù hợp chúng ta có hai vấn đề cần chú ý. Thứ nhất là lò nung. Thứ hai là gia nhiệt.

Về lò nung, khi cho sản phẩm vào lò phải đặt lên chén nung có rải bột lót. Gốm phải xếp vào chén sạch (chén coridon, niken, platin đều được miễn là không có phản ứng với chất nung), dùng bột lót ở đáy chén và giữa các phôi. Tương tự bột lót cũng có yêu cầu không được phản ứng với chén và phôi.

Về tăng nhiệt, quy trình tăng nhiệt gồm có 4 giai đoạn như sau:

- Sấy ở 150 đến 200 độ C, mục đích để tách ẩm và hữu cơ, quá trình kéo dài từ 0 đến 8 tiếng tính cả thời gian nâng nhiệt. Đây còn được gọi là khoảng giãn nở tuyến tính, kích thước mẫu tăng do giãn nở tuyến tính, khi đó độ ẩm bay hơi, chất kết dính phân hủy.
- Nâng nhiệt trong khoảng tiếp theo tương ứng từ 8 tiếng đến 23 tiếng, càng chậm càng tốt, để gia tăng tính ổn định của mẫu gốm, không gây nứt vỡ. Đây chính là khoảng phản ứng tạo pha rắn: dẫn nở mạnh.
- Giữ nhiệt không đổi, hay còn gọi là lưu nhiệt. Lúc này nhiệt độ được giữ ở mức tối đa, khoảng 1200 đến 1400 độ C, nung trong nửa giờ đến 2 giờ. Trong thời gian này mẫu gốm sẽ co ngót mạnh sau phản ứng tạo pha rắn để hình thành gốm.
- Hạ nhiệt từ từ về nhiệt độ phòng, quá trình này phải làm thật chậm và theo dõi sát sao mẫu gốm để tránh nứt vỡ do chênh nhiệt. Đây cũng chính là khoảng phát triển hạt đơn tinh thể gốm.

2.5.3 Thiết kế anten bằng phần mềm HFSS

Phần thiết kế chi tiết mẫu anten sẽ được triển khai ở chương sau.

2.5.4 Kiểm thử mẫu anten

Phần kiểm thử chi tiết mẫu anten sẽ được triển khai ở chương sau.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ ANTEN THU GNSS

3.1 Phần mềm mô phỏng HFSS

HFSS là phần mềm mô phỏng trường điện từ theo phương pháp toàn sóng (full wave) để mô hình hóa bất kỳ thiết bị thụ động 3D nào. Ưu điểm nổi bật của nó là có giao diện người dùng đồ họa. Nó tích hợp mô phỏng, ảo hóa, mô hình hóa 3D và tự động hóa (tự động tìm lời giải) trong một môi trường dễ dàng để học, trong đó lời giải cho các bài toán điện từ 3D thu được một cách nhanh chóng và chính xác.

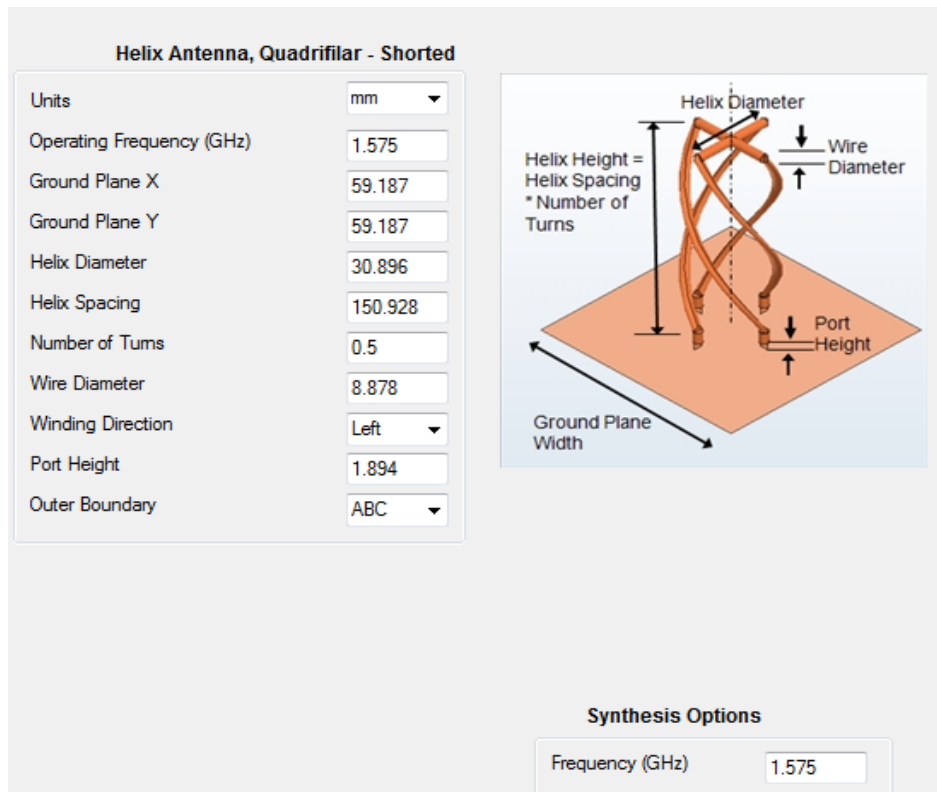
Quy trình thiết kế gồm các bước:

- Vẽ mô hình với các tham số cho trước: vẽ mô hình thiết bị, các điều kiện biên và nguồn kích thích.
- Thiết đặt các thông số để phân tích: thực hiện thiết đặt các thông số để tìm lời giải
- Chạy mô phỏng: quá trình này hoàn toàn tự động
- Hiển thị kết quả: đưa ra các báo cáo và đồ thị trường 3D.

3.2 Một số mẫu anten đã thiết kế bằng HFSS

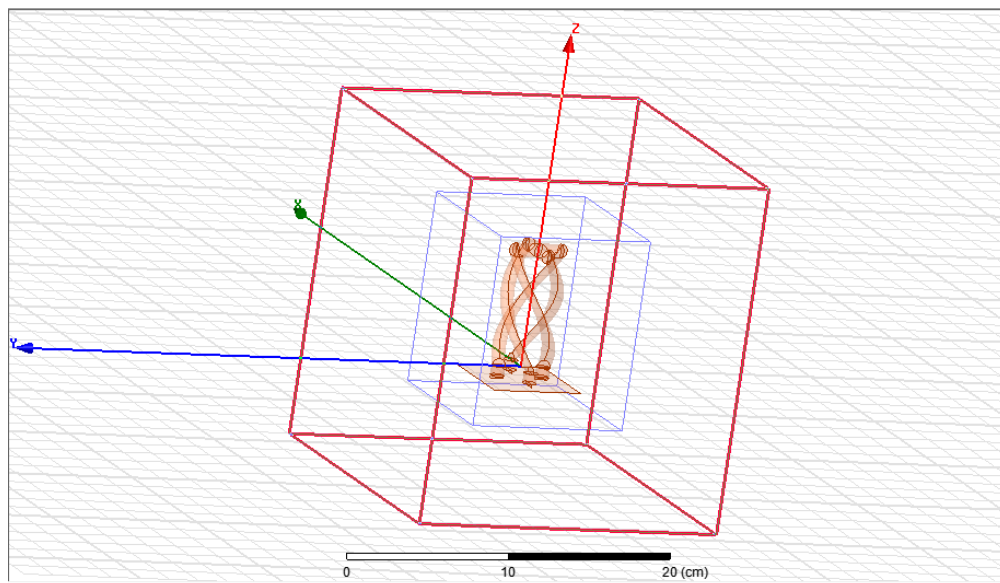
3.2.1 Anten helix quadrifila – shorted

3.2.1.1 Thông số anten

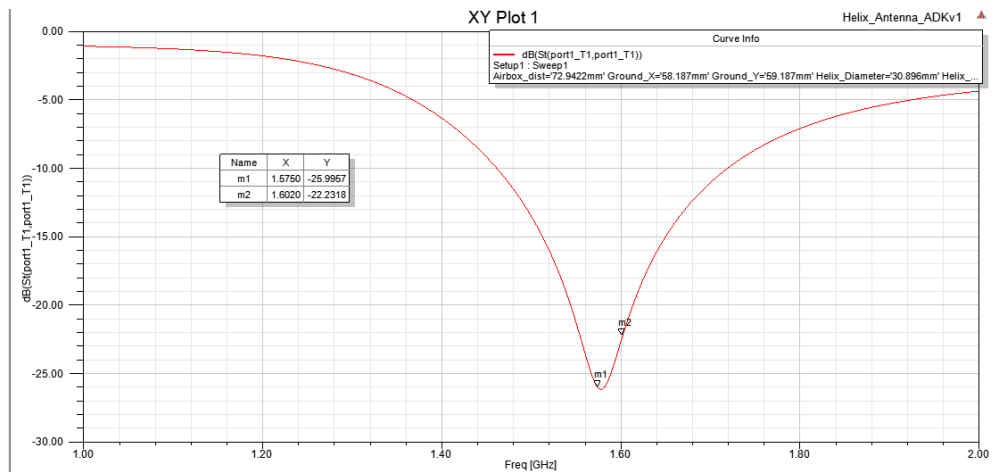


Hình 3.1 Thông số cấu tạo anten

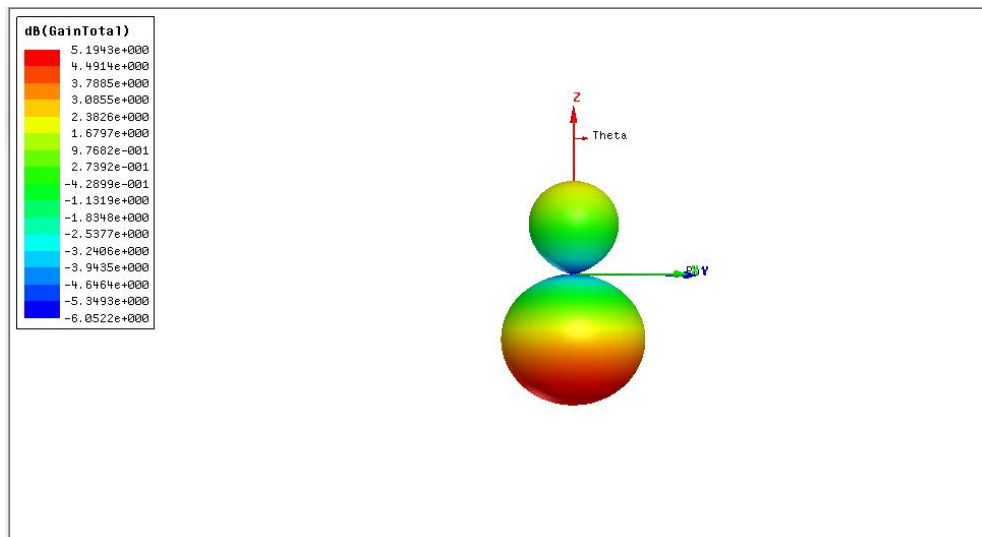
3.2.1.2 Kết quả mô phỏng



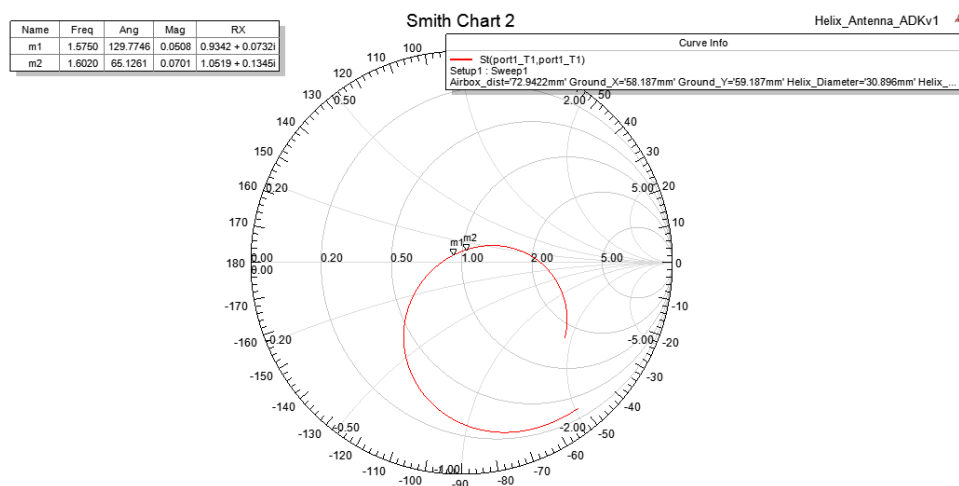
Hình 3.2 Mô hình anten helix



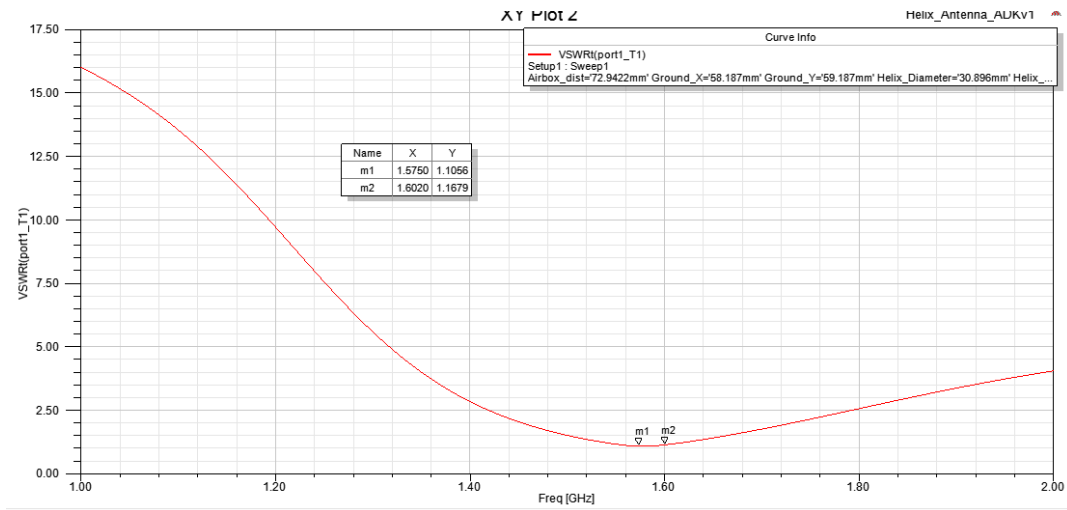
**Hình 3.3 Tần số cộng hưởng tại $f=1.575$ GHz với $S_{11}=-25.99$,
tại $f=1.602$ GHz với $S_{11}=-22.23$**



Hình 3.4 Tăng ích tổng tại tần số $f=1.575$ GHz là $G=5.19$ dB



Hình 3.5 Đồ thị Smith trở kháng Z_0



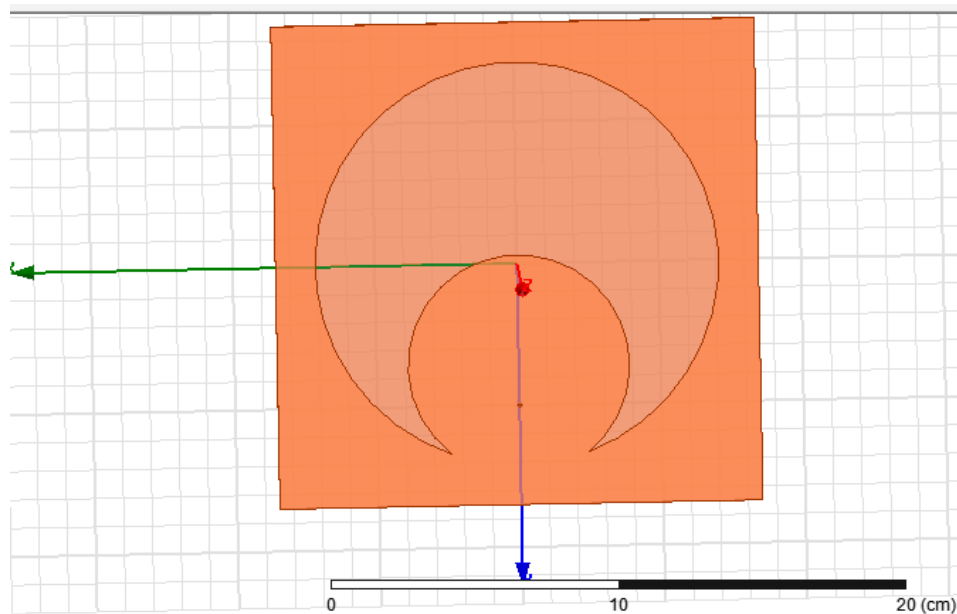
Hình 3.6 Đồ thị VSWR gần bằng 1

3.2.2 Anten patch sử dụng điện môi FR4

3.2.2.1 Thông số anten

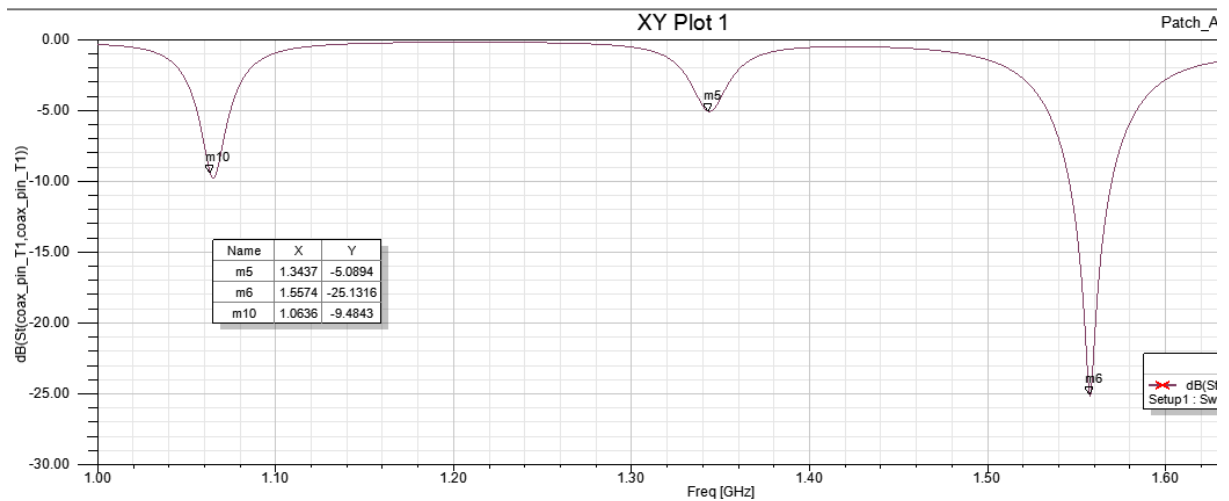
Bảng 3.1 Thông số anten Patch

	Ground	Patch_0	Patch_cut_1	Patch_1
Hình dạng	vuông	vuông	tròn	tròn
Size	170x170	170x170	R=71	R=39

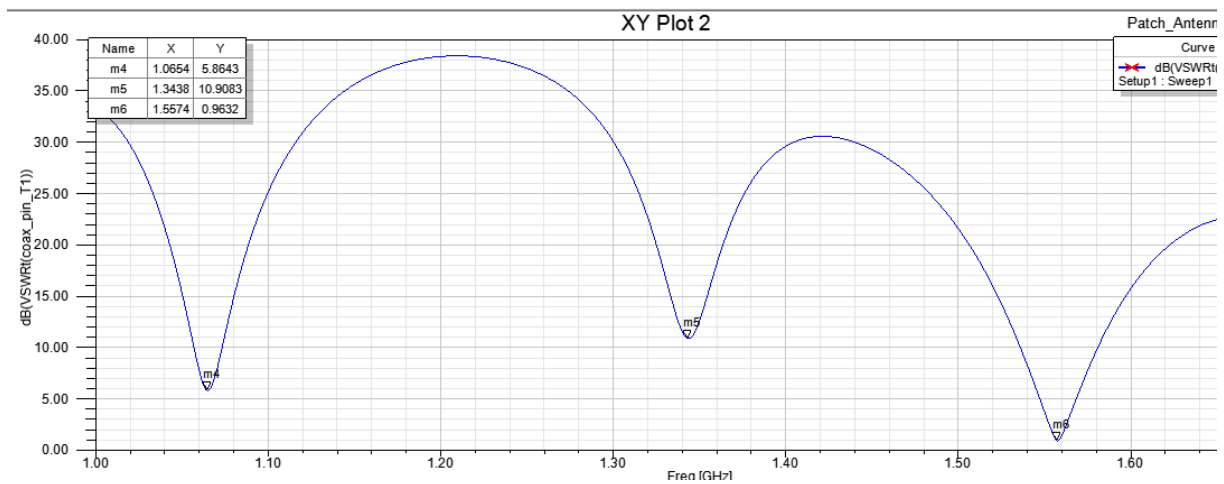


Hình 3.7 Mô hình anten Patch

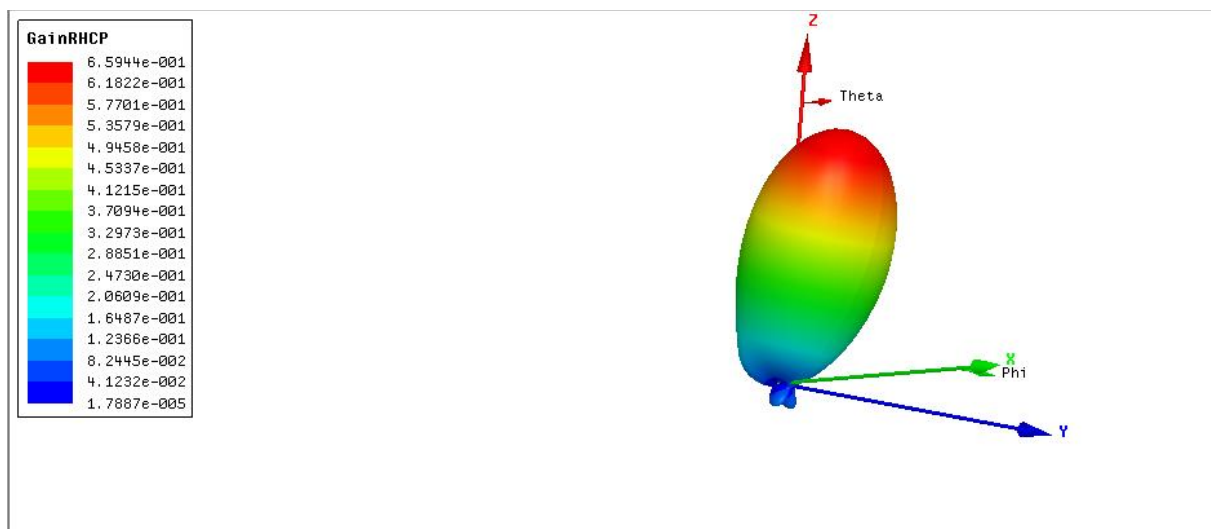
3.2.2.2 Kết quả mô phỏng



Hình 3.8 Tần số cộng hưởng



Hình 3.9 Hệ số VSWR



Hình 3.10 Hệ số tăng ích

3.2.3 Anten patch sử dụng điện môi gốm

3.2.3.1 Bài toán thiết kế

Ta đặt ra bài toán thiết kế như sau:

Thiết kế 1 Microstrip Patch Antenna hình chữ nhật bằng bạc hoặc đồng, cấp nguồn theo kiểu cáp đồng trục có dây dẫn vào. Miếng patch hình chữ nhật được chọn vì cấu trúc đơn giản và dễ thiết kế. Anten công hưởng tại trung tâm của 2 băng tần L1 có $f = 1.57542$ GHz và G1 có $f = 1.602$ GHz (f trung tâm = 1.588GHz). Anten được đặt trên lớp điện môi. Những thông số này sẽ được thể hiện rõ ràng qua bảng 3.1 sau:

Bảng 2.2 Các thông số anten thiết kế

Tần số hoạt động (f_r)	1.588 GHz
Hằng số điện môi của lớp điện môi (ϵ_r)	68 (ceramic)
Độ dày lớp điện môi (h)	3 mm
Phương thức cấp nguồn	Cáp đồng trục
Sự phân cực	Tròn phải

Bước 1: Tính kích thước miếng patch

Dựa vào một số công thức ở phần 3.1.5 ta tính được các thông số của anten vi dải như sau

$$W = \frac{1}{2f_r\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{3 \cdot 10^{11}}{2 \cdot 1,588 \cdot 10^9} \sqrt{\frac{2}{6.15 + 1}} = 12mm \quad \begin{array}{l} \text{PT} \\ 2.8 \end{array}$$

Hằng số điện môi hiệu dụng của patch tính bởi:

$$\begin{aligned} \epsilon_{eff} &= \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \\ &= \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{7}{50} \right]^{-\frac{1}{2}} = 64 \end{aligned} \quad \text{PT 2.9}$$

Chiều dài mở rộng của miếng patch:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} = 3,12 \text{ mm} \quad \text{PT 2.10}$$

Chiều dài thực L của patch tính bởi:

$$L = \frac{v_0}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L = \frac{3 \cdot 10^{11}}{2,1,588 \cdot 10^9 \cdot \sqrt{3,738}} - 2,3,12 = 12 \text{ mm} \quad \text{PT 2.11}$$

Bước 2: Tính kích thước mặt phẳng đất (đồng thời là kích thước điện môi)

Kích thước mặt phẳng đất:

$$W_g \approx 6h + W = 6,3 + 12 = 30 \text{ mm} \quad \text{PT 2.12}$$

$$L_g \approx 6h + L = 6,3 + 12 = 30 \text{ mm} \quad \text{PT 2.13}$$

Bước 3: Tìm vị trí điểm cấp nguồn (theo cáp đồng trục)

Trong phương pháp tiếp điện cho anten vi dải bằng cáp đồng trục thì lõi cáp được hàn tiếp xúc với mặt bức xạ, đâm xuyên qua một lỗ trên mặt phẳng đất, không tiếp xúc với mặt phẳng đất, vỏ cáp tiếp xúc với mặt phẳng đất. Vị trí tiếp điện tốt nhất để phối hợp trở kháng nằm trong đường thẳng nối từ tâm đến cạnh W của patch. Tuy nhiên trên mô phỏng cần tìm đúng vị trí phối hợp trở kháng 50Ω . Phương pháp tiếp điện này có các ưu điểm là dễ thực hiện và không có bức xạ phụ.

Bước 4: Thông số cáp đồng trục

Dựa theo thông số các sản phẩm cáp đồng trục có trên thực tế, chúng ta sử dụng loại cáp có thông số như sau:

- Số sợi: 1 sợi đơn
- Bán kính lõi sợi: 0.5mm
- Bán kính vỏ: 0.95mm
- Bề dày lớp cách điện: 0.3mm
- Bề dày vỏ bọc: 0.4mm

(Trong khi thực hiện mô phỏng ta chỉ sử dụng 2 thông số lõi và vỏ).

Bảng 2.3 Các thông số tính toán patch Anten vi dải 1.588 GHz

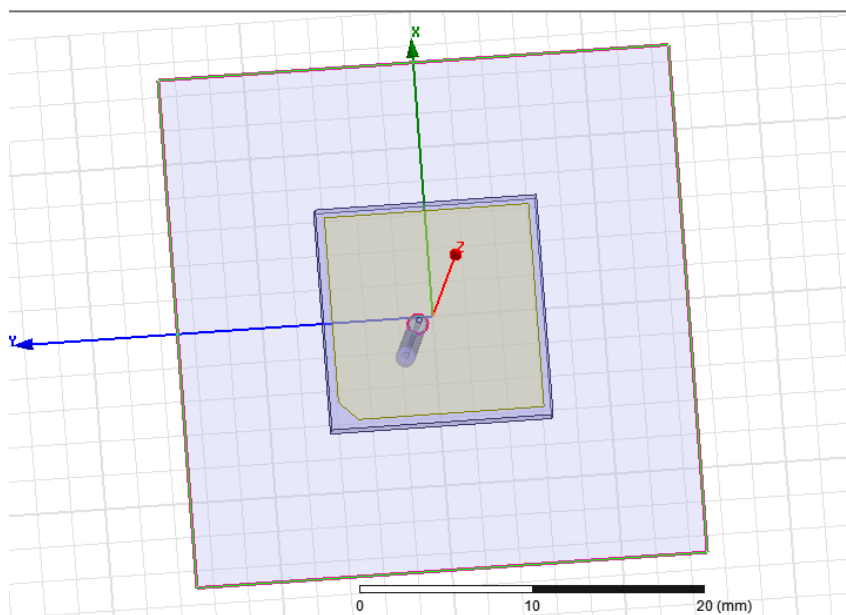
Thông số	L: chiều dài patch	W: chiều rộng patch	Ls: chiều dài điện môi	Ws: chiều rộng điện môi	Lg: chiều dài đất	Wg: chiều rộng đất	Bán kính lõi sợi	Bán kính vỏ
Tính toán	12mm	12mm	13mm	13mm	30mm	30mm	0.5mm	0.95mm

Tuy nhiên sau quá trình mô phỏng, thông số có sự thay đổi để đạt được yêu cầu chính xác hơn như sau:

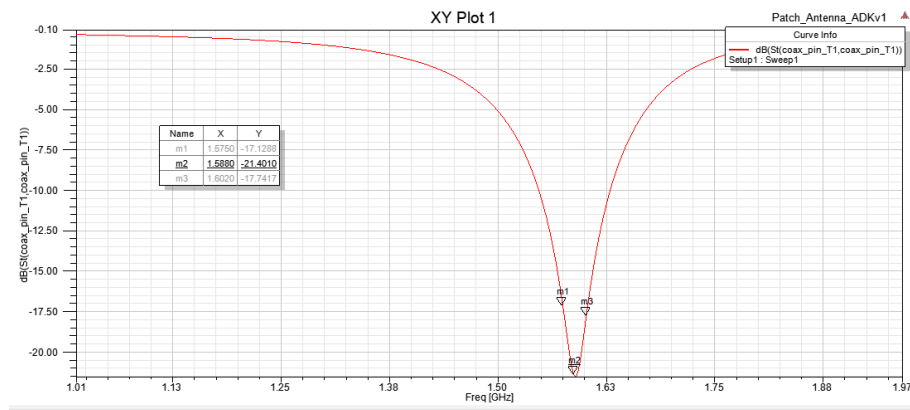
Bảng 2.4 Các thông số sau căn chỉnh patch Anten vi dải 1.586 GHz

Thông số	L: chiều dài patch	W: chiều rộng patch	Ls: chiều dài điện môi	Ws: chiều rộng điện môi	Lg: chiều dài đất	Wg: chiều rộng đất	Bán kính lõi sợi	Bán kính vỏ
Tính toán	8.2mm	8.2mm	13mm	13mm	30mm	30mm	0.5mm	0.95mm

3.2.3.2 Kết quả mô phỏng



Hình 3.11 Hình dạng Anten mô phỏng

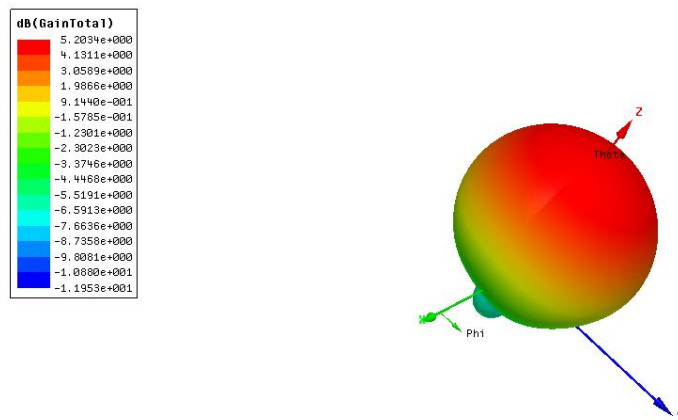


Hình 2.12 Hệ số phản xạ S11

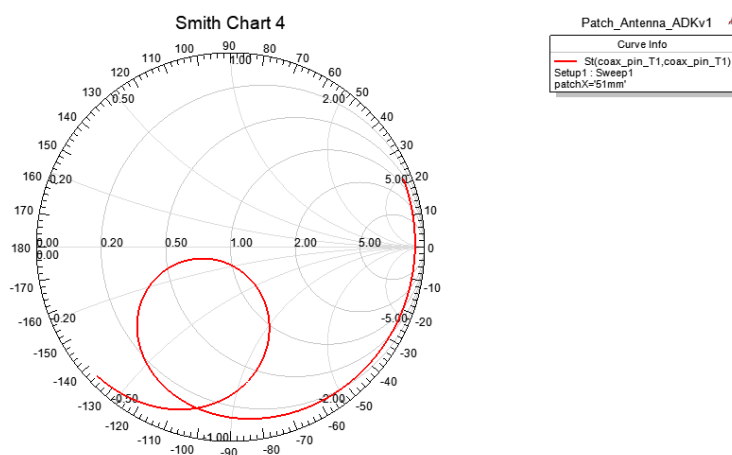
Nhận xét: Tần số trung tâm tại $f = 1.588\text{GHz}$, hệ số phản xạ là -21.4dB . Như vậy tần số cộng hưởng như mong muốn.

Tại tần số 1.575 GHz hệ số phản xạ là -17.13dB .

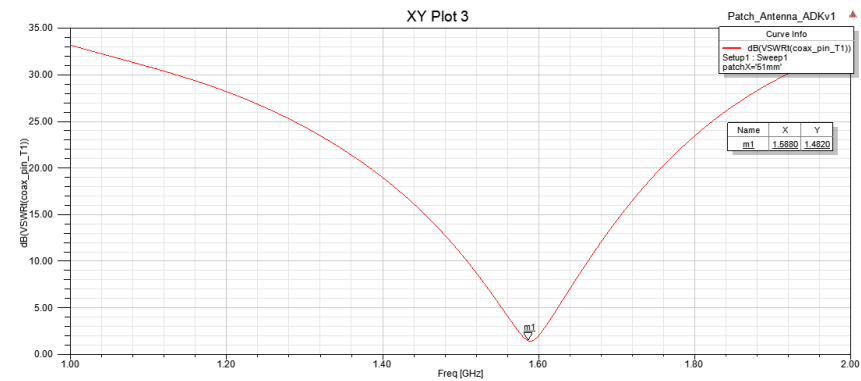
Tại tần số 1.602 GHz hệ số phản xạ là -17.74dB .



Hình 2.13 Đồ thị bức xạ 3D



Hình 2.14 Đồ thị Smith



Hình 2.5 Hệ sóng đứng SWR

Nhận xét: Hệ số sóng đứng $SWR = 1.4$, gần với 1.

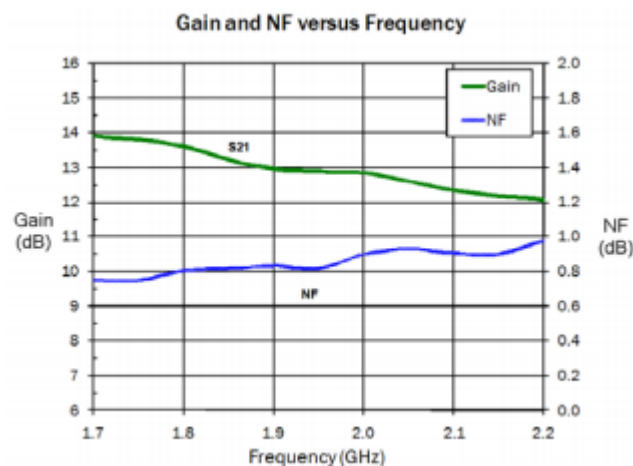
3.3 Module khuếch đại LNA

Ta đặt ra bài toán như sau:

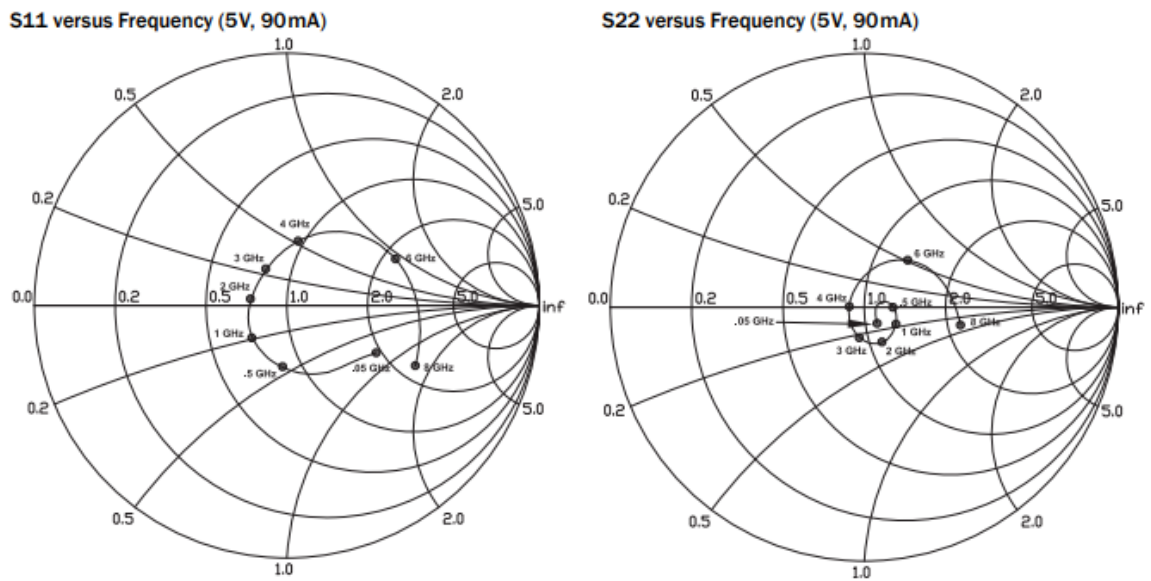
Yêu cầu 1 bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA, hoạt động trong dải tần số Anten đã thiết kế (băng rộng từ L1, L2, L5). Yêu cầu bộ khuếch đại có khả năng đạt các thông số như sau:

- Điện áp hoạt động 5V
- Dải tần: L1, L2, L5
- Gain $G=18\text{dB}$

Từ những yêu cầu trên, ta thấy sử dụng bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA SPF5189Z hãng RFMD là hợp lý. Cụ thể, thông số như sau:

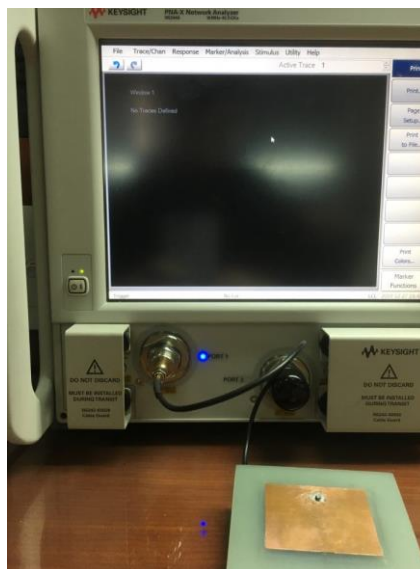


Hình 2.18 Hệ số tăng ích và nhiễu theo tần số



Hình 2.19 S11 và S22 tại các tần số

3.4 Sản phẩm thực tế và kết quả kiểm thử

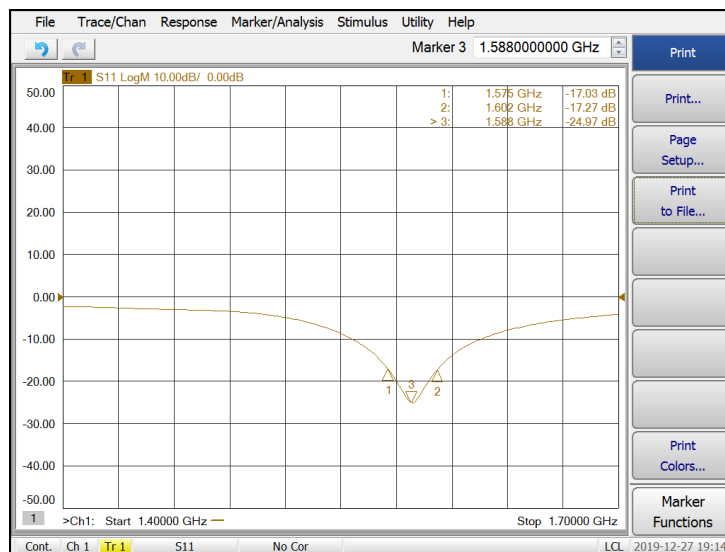


Hình 2.20 Hình ảnh sử dụng máy đo PNA-X Network Analyzer đo anten

Tôi đã làm anten thực tế theo các kích cỡ mô phỏng từ phần mềm HFSS như trên. Sau đó anten được kiểm thử bằng máy PNA-X Network Analyzer N5244A (cung cấp bởi phòng thí nghiệm 611, thuộc Viện điện tử Viễn thông) cho ra các kết quả chưa đúng với mong muốn. Cụ thể, tần số trung tâm quá cao $f = 1.7\text{GHz}$.

Kết hợp giữa kiến thức được học và thực tế tôi đã điều chỉnh lại kích thước miếng patch Anten (phóng to ra so với mô phỏng để giảm tần số trung tâm).

Kết quả cuối cùng sau nhiều lần hiệu chỉnh, Anten đã đạt được yêu cầu đặt ra.



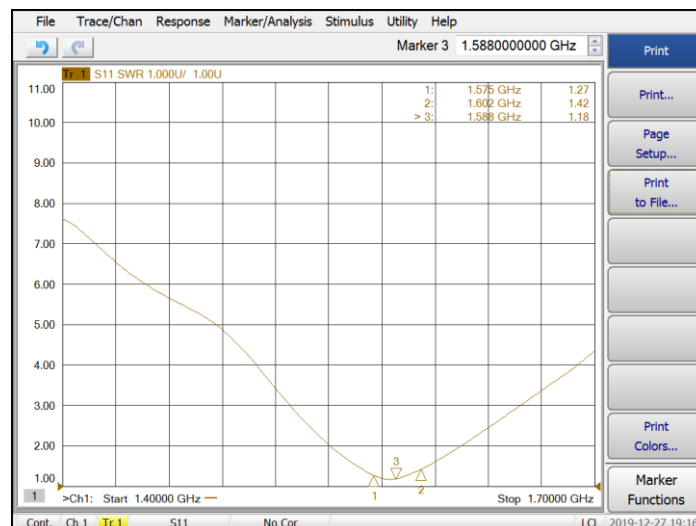
Hình 2.21 Hệ số phản xạ S11

Nhận xét:

Tại tần số trung tâm $f=1.588\text{GHz}$ có $S_{11} = -24.97\text{dB}$.

Tại $f=1.575\text{GHz}$ có $S_{11} = -17.03\text{dB}$.

Tại $f=1.602\text{GHz}$ có $S_{11} = -17.27\text{dB}$.



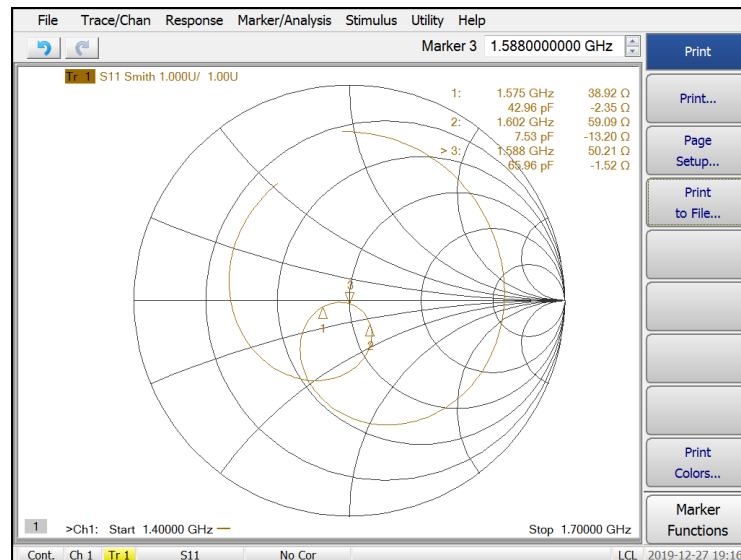
Hình 2.22 Hệ số sóng đứng SWR

Nhận xét:

Tại tần số trung tâm $f=1.588\text{GHz}$ có $\text{SWR} = 1.18$.

Tại $f=1.575\text{GHz}$ có $\text{SWR}= 1.27$.

Tại $f=1.602\text{GHz}$ có $\text{SWR}= 1.42$.



Hình 2.23 Đồ thị Smith Zo

Nhận xét:

Tại tần số trung tâm $f=1.588\text{GHz}$ có $Z_o= 50.21\Omega$. Đáp ứng điều kiện phối hợp trở kháng với dây cáp đồng trục (50Ω).

KẾT LUẬN

Em xin chân thành cảm ơn Thầy giáo TS. Lâm Hồng Thạch và anh Nguyễn Như Vinh đã giúp đỡ em rất nhiều trong quá trình thực hiện đồ án vừa qua. Em đã học hỏi được nhiều kiến thức chuyên môn cũng như các kỹ năng cần thiết để có thể nghiên cứu làm bài tốt nghiệp cũng như định hướng công việc sau này. Trong quá trình nghiên cứu, do kiến thức và thời gian có hạn nên em không tránh khỏi những sai sót. Kính mong các Thầy Cô thông cảm và nhận xét ý kiến để em có thể hoàn thành đồ án tốt nghiệp tốt hơn.

Em xin chân thành cảm ơn các Thầy Cô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, truy cập cuối cùng ngày 07/05/2020.
- [2] Peter H.Dana, “*The Global Positioning System*”. University of Texas at Austin, 1994.
- [3] <http://www.antenna-theory.com/antennas/>, truy cập cuối cùng ngày 07/05/2020.
- [4] John Wiley & Sons, Inc, “*Antenna theory: Analysis and Design*”. New England Book Componenis, 1997.
- [5] Abdelati REHA, Abdelkebir EL AMRI, Othmane BENHMAMMOUCH, Ahmed OULAD SAID, “Compact dual-band Monopole Antenna for GNSS and other Wireless Applications”. HassanII University Casablanca, Morocco, 2014.

