

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN VĂN CÔNG

**NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG QUY TRÌNH ĐO PHƠI NHIỄM
ĐIỆN TỪ TRƯỜNG TỪ THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ ĐỐI VỚI CON NGƯỜI**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI – 2022

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN VĂN CÔNG

**NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG QUY TRÌNH ĐO PHƠI NHIỄM
ĐIỆN TỪ TRƯỜNG TỪ THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ ĐỐI VỚI CON NGƯỜI**

Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông

Mã số: 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. NGUYỄN VIỆT HÙNG

HÀ NỘI - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các nội dung tôi tham khảo từ các nguồn tài liệu được trích dẫn và chú thích đầy đủ.

Tôi xin chịu trách nhiệm về luận văn của mình.

Hà Nội, ngày 25 tháng 04 năm 2022

Học viên

Nguyễn Văn Công

LỜI CẢM ƠN

Trong những năm vừa qua, đại dịch Covid-19 đã gây ra những hệ lụy to lớn cho nhiều ngành, đặc biệt là giáo dục. Tuy nhiên, trong hoàn cảnh khó khăn nhất của đại dịch Covid-19, tôi vẫn nhận được rất nhiều sự quan tâm, động viên và giúp đỡ nhiệt tình của các thầy cô giáo Khoa Sau Đại học trường Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, các anh chị em, bạn bè và đồng nghiệp.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất tới TS. Nguyễn Việt Hưng – Người hướng dẫn trực tiếp của tôi. Cảm ơn thầy đã tận tình lắng nghe và góp ý, dẫn dắt tôi hoàn thành luận văn này.

Luận văn cũng được hoàn thành dựa trên sự tham khảo, kinh nghiệm được đúc kết từ nhiều sách báo chuyên ngành và các nghiên cứu liên quan. Do thời gian nghiên cứu và kiến thức có giới hạn nên bài luận không thể tránh khỏi những hạn chế và thiếu sót. Tôi mong muốn sẽ nhận được nhiều đóng góp quý báu đến từ các quý thầy cô và các bạn để luận văn này được hoàn thiện hơn nữa, có ý nghĩa thực tiễn trong cuộc sống.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 25 tháng 04 năm 2022

Học viên

Nguyễn Văn Công

MỤC LỤC

| | |
|--|------------|
| MỤC LỤC..... | iii |
| DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT..... | v |
| DANH MỤC HÌNH ẢNH..... | vii |
| MỞ ĐẦU | 1 |
| CHƯƠNG 1. SÓNG ĐIỆN TỪ VÀ VẤN ĐỀ PHƠI NHIỄM..... | 3 |
| 1.1. Sóng điện từ..... | 3 |
| 1.1.1. Tổng quan | 3 |
| 1.1.2. Một số đặc điểm của sóng điện từ | 5 |
| 1.1.3. Mối quan hệ giữa sóng điện từ và sức khỏe con người | 8 |
| 1.2. Về bài toán đo phơi nhiễm..... | 11 |
| 1.2.1. Tổng quan về phơi nhiễm | 11 |
| 1.2.2. Hệ số hấp thụ riêng (SAR)..... | 12 |
| 1.3. Các tiêu chuẩn về đo phơi nhiễm và yêu cầu thực tiễn | 13 |
| CHƯƠNG 2. QUY TRÌNH ĐO PHƠI NHIỄM VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH .. | 19 |
| 2.1. Hệ thống đo trường ngoài..... | 19 |
| 2.1.1. Thiết bị khảo sát RF..... | 19 |
| 2.1.2. Đặc tính của hệ thống | 20 |
| 2.1.3. Quy trình đo trường ngoài | 21 |
| 2.1.3.1. Một nguồn, trường xa | 21 |
| 2.1.3.2. Nguồn phức, trường xa | 22 |
| 2.1.3.3. Trường gần..... | 22 |
| 2.2. Hệ thống đo trường bên trong | 23 |
| 2.2.1. Thiết bị đo trường bên trong..... | 23 |
| 2.2.1.1. Đầu dò trường E cấy vào được | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.1.2. Đầu dò nhiệt độ cấy được | 23 |
| 2.2.2. Quy trình đo đối với trường bên trong..... | 24 |
| 2.2.2.1. Đầu dò trường điện cỡ nhỏ | 24 |
| 2.2.2.2. Sử dụng đầu dò nhiệt độ | 25 |
| 2.2.2.3. Phép đo nhiệt lượng | 26 |
| 2.3. Hệ thống DASY52..... | 27 |
| 2.3.1. Thiết bị..... | 27 |
| 2.3.2. Quy trình thử nghiệm..... | 29 |
| 2.3.2.1. Chuẩn bị dung dịch mô phỏng | 30 |
| 2.3.2.2. Kiểm tra hệ thống | 31 |
| 2.3.3.3. Tần số kiểm tra | 33 |
| 2.3.3.4. Các bước thực hiện | 34 |
| CHƯƠNG 3. ÁP DỤNG QUY TRÌNH ĐO PHƠI NHIỄM..... | 41 |
| 3.1. Thiết bị đo..... | 42 |
| 3.1.1. Đầu dò trường E..... | 42 |
| 3.1.2. Bộ thu thập dữ liệu điện..... | 43 |
| 3.1.3. Phantom | 43 |
| 3.1.4. Thiết bị giữ..... | 44 |
| 3.1.5. Dung dịch mô phỏng | 45 |
| 3.2. Kết quả đo..... | 46 |
| 3.3. Kết luận và kiến nghị..... | 49 |
| KẾT LUẬN..... | 52 |
| DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO | 53 |

DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

| Ký hiệu | Tiếng Anh | Tiếng Việt |
|---------|---|---|
| ATT | Attenuator | Bộ suy hao |
| BTS | Base transceiver station | Trạm gốc thu phát |
| DAE | Data Acqusition Electronics | Bộ thu thập dữ liệu điện tử |
| DCS | Digital Cellular Telecommunications System | Hệ thống viễn thông vô tuyến tế bào số |
| DNA | Deoxyribonucleic acid | Phân tử mang thông tin di truyền |
| EC | European Commission | Ủy ban châu Âu |
| EFTA | European Free Trade Association | Hiệp hội Mậu dịch tự do châu Âu |
| EMC | Electro Magnetic Compatibilty | Tương thích điện từ |
| EMF | Electro magnetic field | Điện từ trường |
| EMI | Electro Magnetic Interference | Nhiều điện từ |
| EOC | Electro-Optical Converter | Bộ chuyển đổi quang điện |
| EU | European Union | Liên minh châu Âu |
| FCC | Federal Communications Commission | Ủy ban Truyền thông Liên Bang Hoa Kỳ |
| GSM | Global System for Mobile Communications | Hệ thống thông tin di động toàn cầu |
| GSMA | Global System for Mobile Communications Association | Hiệp hội Hệ thống Thông tin Di động Toàn cầu |
| IARC | International Agency for Research on Cancer | Cơ quan nghiên cứu Ung thư quốc tế |
| ICNIRP | International Commission on Non- Ionizing Radiation Protection | Ủy ban quốc tế về phòng chống bức xạ phi ion hoá |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers | Hội Kỹ sư Điện và Điện tử |

| | | |
|-------|--|---|
| IRPA | International Radiation Protection Association | Hiệp hội Bảo vệ Bức xạ Quốc tế |
| ITU-T | International Telecommunication Unio-Telecommunication | Liên minh Viễn thông Quốc tế, lĩnh vực Viễn thông |
| PM | Power meter | Máy đo công suất |
| QCVN | | Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia |
| RF | Radio frequency | Tần số vô tuyến |
| RFID | Radio Frequency Identification | Nhận dạng qua tần số vô tuyến |
| SAR | Specific Absorption Rate | Mức hấp thụ riêng |
| TCVN | | Tiêu chuẩn quốc gia |
| TEM | Transverse electromagnetic | Điện từ trường ngang |
| WHO | World Health Organization | Tổ chức Y tế Thế giới |

DANH MỤC HÌNH ẢNH

| | |
|--|----|
| Hình 1.1: Sự lan truyền sóng điện từ | 5 |
| Hình 1.2: Hướng lan truyền của sóng vô tuyến | 6 |
| Hình 1.3: Ảnh hưởng của sóng điện thoại lên não bộ con người ở các lứa tuổi..... | 16 |
| Hình 1.4: Mức độ ảnh hưởng điện thoại tới phần đầu của người trưởng thành | 17 |
| Hình 2.1: Thành phần cơ bản của thiết bị khảo sát RF | 19 |
| Hình 2.2: Hệ thống thử nghiệm DASY52..... | 28 |
| Hình 2.3: Cài đặt kiểm tra hệ thống | 32 |
| Hình 2.4: Yêu cầu lấy mẫu tính toán độ hấp thụ..... | 34 |
| Hình 2.5: Phương pháp ba điểm..... | 35 |
| Hình 2.6: Phương của mặt tiếp tuyến..... | 35 |
| Hình 2.7: Phương pháp lấy trung bình..... | 36 |
| Hình 2.8: Phương pháp chiết trung bình | 36 |
| Hình 2.9: Vị trí thử nghiệm..... | 37 |
| Hình 2.10: Quá trình quét vùng (area scan) | 37 |
| Hình 2.11: Quá trình quét thu phóng (zoom scan)..... | 38 |
| Hình 2.12: Sơ đồ các bước thực hiện..... | 38 |
| Hình 2.13: Định hướng của đầu dò so với đường bình thường so với bề mặt..... | 39 |
| Hình 3.1: Hình ảnh của DAE | 43 |
| Hình 3.2: Thiết bị giữ cho phép gắn các thiết bị thu phát sóng cầm tay..... | 44 |
| Hình 3.3: Bộ phận mở rộng cho phép gắn laptop và các thiết bị đeo | 45 |
| Hình 3.4: Chiều cao của dung dịch | 45 |
| Hình 3.5: Mẫu thử iphone 8 plus và iphone 8..... | 46 |
| Hình 3.6: Vị trí má phải | 47 |
| Hình 3.7: Vị trí má trái | 47 |

DANH MỤC BẢNG

| | |
|--|----|
| Bảng 1.1: Các băng sóng..... | 7 |
| Bảng 1.2: Giới hạn tỷ lệ hấp thụ riêng tại một số quốc gia..... | 14 |
| Bảng 2.1: Độ dẫn điện S/m của mô mô phỏng | 25 |
| Bảng 2.2: Nhiệt dung riêng và khối lượng riêng của vật liệu mô phỏng..... | 26 |
| Bảng 2.3: Tính chất điện môi của dung dịch tương đương mô | 30 |
| Bảng 2.4: Bảng so sánh các hệ thống đo SAR..... | 40 |
| Bảng 3.1: Thiết bị đầu dò trường E..... | 42 |
| Bảng 3.2: Hình nộm SAM Twin | 43 |
| Bảng 3.3: Hình nộm ELI..... | 44 |
| Bảng 3.4: Thành phần dung dịch mô phỏng | 45 |
| Bảng 3.5: Kết quả kiểm tra thông số điện môi dung dịch mô phỏng | 46 |
| Bảng 3.6: Kết quả SAR của mẫu iphone 8/ iphone 8 plus..... | 48 |
| Bảng 3.7: Kết quả đo giá trị SAR bằng DASY52..... | 49 |
| Bảng 3.8: Kết quả đo giá trị SAR bằng đầu dò trường E..... | 49 |
| Bảng 3.9: Kết quả đo giá trị SAR bằng phương pháp đo dòng điện tiếp xúc..... | 50 |
| Bảng 3.10: Thời gian đo trung bình | 50 |
| Bảng 3.11: Giá trị SAR theo công bố của nhà sản xuất..... | 50 |

MỞ ĐẦU

Số liệu thống kê mới nhất của GSMA cho thấy, số thuê bao di động trên toàn thế giới hiện đã lên đến 5 tỉ hoạt động theo thời gian thực, tức 2/3 dân số thế giới hiện đang kết nối thông qua dịch vụ di động. Sự tăng trưởng chủ yếu là nhờ vào các thị trường khổng lồ ở châu Á như Ấn Độ. Trên thực tế, có khoảng 55% thuê bao di động hiện đang ở khu vực châu Á – Thái Bình Dương.

Tại thị trường Việt Nam, Bộ Thông tin và Truyền thông vừa công bố số liệu về thuê bao điện thoại của Việt Nam tính đến hết tháng 6/2020. Theo đó, tổng số thuê bao điện thoại ước tính đạt 130,44 triệu thuê bao, giảm 7,5 triệu so với cùng thời điểm năm trước. Hiện Việt Nam có 126,95 triệu thuê bao di động, giảm 6,9 triệu so với cùng kỳ năm trước. Tuy nhiên, số thuê bao băng rộng di động lại tăng khá tốt khi cán mốc 65,33 triệu thuê bao, tăng hơn 8 triệu so với cùng kỳ năm 2019 [10].

Thông tin từ Thị trường quảng cáo số Việt Nam của Adsota, Việt Nam hiện nay có 43,7 triệu người đang sử dụng các thiết bị smartphone trên tổng dân số 97,4 triệu dân, tương đương tỷ lệ 44,9%. Theo đó, tính thị trường quảng cáo số Việt Nam của Adsota, Việt Nam hiện nay có 43,7 triệu người đang sử dụng các thiết bị smartphone trên tổng dân số 97,4 triệu dân, tương đương người sử dụng [11].

Môi trường xung quanh chúng ta luôn tồn tại sóng điện từ trường từ hai nguồn khác nhau: nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo. Trường điện từ tự nhiên được sản sinh qua các hiện tượng của tự nhiên như: các quá trình khí quyển – sấm sét, điện trường tự nhiên của Trái Đất. Điện từ trường nhân tạo đến từ nhiều nguồn khác nhau như sự hoạt động của máy móc công nghiệp, thiết bị điện, trạm phát thanh truyền hình, trạm BTS... Năng lượng vô tuyến được cơ thể hấp thụ và tạo thành nhiệt. Tùy theo mức độ mà năng lượng sóng vô tuyến đi vào cơ thể và tạo thành nhiệt mà tác động trực tiếp tới các tế bào trên cơ thể. Vì sóng điện từ có phổ tần rất rộng từ 0 đến vô cùng cộng với khoảng cách tiếp xúc và mức độ che chắn, thời gian tiếp xúc có thể ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người. Điều này đòi hỏi các nghiên cứu cần thiết để xác định mức độ an toàn, được đánh giá để đưa ra khuyến nghị và có những biện pháp quản lý, văn bản quy định góp phần đảm bảo an toàn cho sức khỏe con người.

Một số công việc cần triển khai như sau:

- Nghiên cứu, tìm hiểu về vấn đề phơi nhiễm và các tham số
- Đánh giá những ảnh hưởng của sóng điện từ do các thiết bị điện tử được sử dụng thường xuyên tới sức khỏe con người
- Tìm hiểu và xây dựng quy trình đo phơi nhiễm trong thực tế dựa trên những hệ thống, phương pháp mới trên thế giới

Từ những lý do trên, tôi đã chọn đề tài “***Nghiên cứu và xây dựng quy trình đo phơi nhiễm điện từ trường từ thiết bị điện tử đối với con người***”. Luận văn được xây dựng gồm 3 chương với các nội dung chính như sau:

Chương 1: Sóng điện từ và vấn đề phơi nhiễm. Trình bày tổng quan các vấn đề chính về sóng điện từ và nhu cầu cấp thiết xây dựng bài toán đo phơi nhiễm.

Chương 2: Quy trình đo phơi nhiễm và phương pháp tính. Trình bày một số hệ thống đo tỉ lệ phơi nhiễm.

Chương 3: Áp dụng quy trình đo phơi nhiễm. Trình bày về cách sử dụng hệ thống đo mới và những kết quả thực tế đã thu được. Từ đó rút ra đề xuất, nhận xét và kiến nghị.

CHƯƠNG 1. SÓNG ĐIỆN TỪ VÀ VẤN ĐỀ PHƠI NHIỄM

Chương 1 sẽ trình bày khái quát các vấn đề chính về sóng điện từ, các khái niệm cơ bản về phơi nhiễm và mối liên hệ giữa sóng điện từ phát ra từ các thiết bị điện tử con người sử dụng hàng ngày ảnh hưởng tới sức khỏe như thế nào. Đồng thời tổng hợp, hệ thống lại các văn bản quy phạm pháp luật, các tiêu chuẩn, quy chuẩn của bài toán đo kiểm phơi nhiễm tại Việt Nam.

1.1. Sóng điện từ

1.1.1. Tổng quan

Trường điện từ hay điện từ trường (electro magnetic field -EMFs) là một dạng vật chất đặc trưng cho sự tương tác giữa các hạt mang điện. EMFs biến thiên truyền đi trong không gian tạo thành sóng điện từ. Năng lượng điện từ có thể chuyển đổi thành các dạng năng lượng khác như nhiệt, điện, ...[3].

Sóng điện từ gồm điện trường và từ trường, có quan hệ mật thiết với nhau, được ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật viễn thông với tên gọi thông thường là sóng radio/ sóng vô tuyến (radio waves). Một số loại sóng điện từ như: sóng ánh sáng, tia cực tím, sóng radio, tia Gama,...đều có điểm chung giống nhau ở chỗ bức xạ và lan truyền dưới dạng sóng nhưng khác nhau ở tần số dao động, bước sóng, tính chất truyền lan.

Sóng điện từ được mô tả bằng hệ phương trình Maxwell, viết ở nhiều dạng khác nhau. Giả sử ta xét một sóng phẳng lan truyền trong môi trường điện môi đồng nhất và đẳng hướng có các tham số là hệ số từ thẩm μ và hệ số điện môi ϵ . Khi không có dòng điện và điện tích ngoài thì hệ phương trình Maxwell được viết dưới dạng vi phân như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon \frac{\partial E_x}{\partial t} = \frac{\partial H_y}{\partial z} \\ \frac{\partial E_x}{\partial t} = -\mu \frac{\partial H_y}{\partial t} \end{array} \right. \quad (1.1)$$

Nghiệm của hệ phương trình này cho ta dạng của các thành phần điện trường và từ trường là một hàm bất kỳ.

$$E_x = F_1\left(t - \frac{z}{v}\right) + F_2\left(t + \frac{z}{v}\right) \quad (1.2)$$

$$H_y = G_1\left(t - \frac{z}{v}\right) + G_2\left(t + \frac{z}{v}\right) \quad (1.3)$$

Trong đó: F_1, F_2, G_1, G_2 là các hàm sóng tùy ý

$$v = \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \text{ (m/s) là vận tốc pha của sóng}$$

Từ (1.2) và (1.3) $G_1 = \frac{F_1}{z}$ và $G_2 = \frac{F_2}{z}$ với $z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$ (Ω) là trở kháng của sóng môi trường.

Trong trường hợp môi trường truyền sóng là chân không thì các tham số của môi trường có giá trị lần lượt là: $\epsilon_0 = 10^9 / 36\pi$ (F/m); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (H/m)

Do đó:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} = c \quad (1.4)$$

$$z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1.5)$$

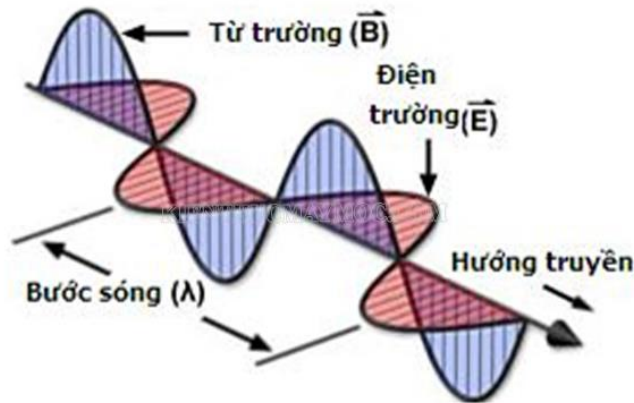
Thực tế thì sóng điện từ thường biến đổi điều hòa theo thời gian. Đối với các sóng điện từ phức tạp ta có thể coi nó là tổng vô số các dao động điều hòa, có thể biểu thị qua phép phân tích Fourier. Khi giả thiết chỉ có sóng thuận, tức là sóng truyền từ nguồn theo phương trục z và môi trường không có sóng nghịch thì các thành phần điện trường và từ trường được biểu diễn như sau:

$$E_x = E_m \cos \omega\left(t - \frac{z}{v}\right) = E_m \cos \omega(t - kz) \quad (1.6)$$

$$H = \frac{E_m}{z} \cos \omega\left(t - \frac{z}{v}\right) + \frac{E_m}{z} \cos \omega(t - kz) \quad (1.7)$$

Trong đó: $k = \omega/v = 2\pi/\lambda$ là hệ số pha hay hằng số sóng.

Sóng điện từ có mật độ công suất (thông năng lượng), được biểu thị bởi vectơ năng lượng $\vec{k} = [\vec{E} \times \vec{H}]$. Như vậy sóng điện từ có các vectơ \vec{E} và \vec{H} nằm trong mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng \vec{k} . Bởi vậy sóng điện từ truyền đi trong môi trường đồng nhất đẳng hướng là sóng điện từ ngang TEM [4].



Hình 1.1: Sự lan truyền sóng điện từ

1.1.2. Một số đặc điểm của sóng điện từ

Trường điện từ của sóng vô tuyến điện khi lan truyền trong một môi trường (khí quyển) dao động theo một hướng nhất định. Phân cực là hướng dao động của điện trường. Việc sử dụng các phân cực khác nhau của sóng điện từ còn có một ý nghĩa rất lớn trong việc sử dụng hiệu quả tần số trong thông tin vô tuyến.

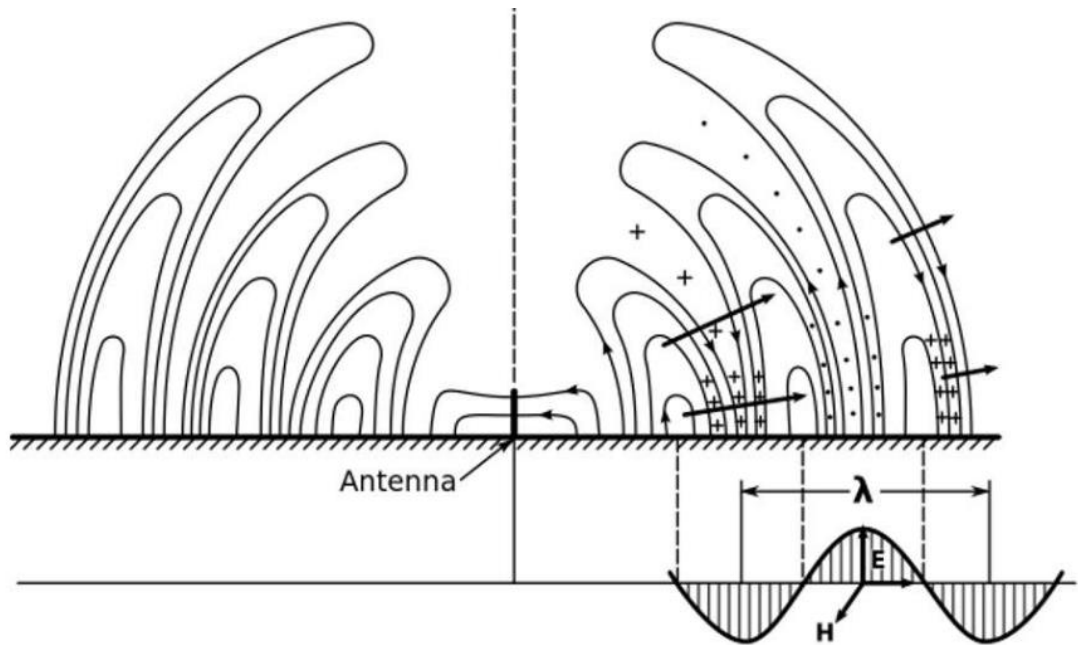
Trường tại vùng xa của anten có dạng sóng phẳng TEM và được xác định bằng vectơ $\vec{k} = [\vec{E} \times \vec{H}]$. Điều này có nghĩa là các vectơ \vec{E} và \vec{H} nằm trong mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng \vec{k} .

Phương của đường do đầu mút của vectơ trường điện vẽ lên sẽ xác định các phân cực của sóng. Trường điện và trường từ là các hàm thay đổi theo thời gian. Trường từ thay đổi đồng pha với trường điện và biên độ của nó tỷ lệ với biên độ của trường điện, vì thế ta chỉ cần xét trường điện.

Sóng vô tuyến được hiểu là một dạng bức xạ điện từ trong đó bước sóng khá dài và được đo là dài hơn bước sóng của sóng hồng ngoại. Sóng điện từ được ứng dụng khá nhiều trong cuộc sống.

Các đặc điểm của sóng vô tuyến:

- Khoảng cách sóng vô tuyến đi được trong 1 giây ở chân không là 299.792.458 mét, đây là bước sóng của tín hiệu vô tuyến 1 Hertz. Một tín hiệu vô tuyến 1 Megahertz có bước sóng là 299 mét.
- Sóng vô tuyến đập vào vật thể dẫn điện có kích thước bất kỳ, nó sẽ đi chậm lại phụ thuộc vào độ từ thẩm và hằng số điện môi. Hai thành phần điện trường và từ trường của sóng vô tuyến luôn dao động đồng pha với nhau.
- Sóng vô tuyến là các sóng điện từ có bước sóng vài mét đến vài km được áp dụng trong thực tế rất nhiều.



Hình 1.2: Hướng lan truyền của sóng vô tuyến

Sóng vô tuyến được sử dụng trong rất nhiều các sản phẩm cuộc sống, cụ thể:

- *Liên lạc vô tuyến*: Sóng vô tuyến được áp dụng vào việc liên lạc trao đổi thông tin. Muốn thu được tín hiệu vô tuyến cần có một dụng cụ thu sóng gọi là anten.

Anten sẽ nhận được rất nhiều loại sóng vô tuyến nên phải đi kèm thêm 1 bộ dò sóng để cộng hưởng với một tần số cụ thể cố định.

- *Ứng dụng trong Y tế:* Năng lượng tần số vô tuyến (RF) đã được dùng trong điều trị y tế hơn 75 năm qua nói chung từ các ca phẫu thuật xâm lấn tối thiểu và đông máu, bao gồm cả điều trị ngưng thở khi ngủ chụp cộng hưởng từ (MRI) dùng tần số vô tuyến để tạo ra hình ảnh về cơ thể con người.
- *Công nghệ nhận dạng:* Công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến (RFID) sẽ được thực hiện nhằm giám sát và quản lý sách, tạp chí và tài liệu điện tử một cách đơn giản và hiệu quả. Hệ thống RFID sử dụng các thiết bị phát mã RFID dạng nhỏ có gắn chip (gắn thẻ anten điện tử) dính vào từng cuốn sách hay tài liệu hoặc thậm chí được ẩn bên trong trong suốt quá trình sản xuất. Điều này sẽ giúp cho việc quản lý sách trở nên đơn giản thuận tiện hơn rất nhiều.
- *Tia tử ngoại:* Tia tử ngoại mạnh hơn tia hồng ngoại nên được sử dụng để diệt tế bào ung thư (dùng trong xạ trị) và sát trùng, diệt khuẩn.
- *Tia Gamma:* Dùng trong phẫu thuật các khối u hoặc các khối dị dạng động mạch, tĩnh mạch chỉ với một lần. Kính viễn vọng tia gamma dùng quan sát các vụ nổ vũ trụ hoặc hố đen.

Bảng 1.1: Các băng sóng

| Tên băng tần | Ký hiệu | Tần số |
|--------------------------------|---------|--------------|
| Tần số vô cùng thấp | ULF | 30-300 Hz |
| Tần số cực thấp | ELF | 300-3000 Hz |
| Tần số rất thấp | VLF | 3-30 kHz |
| Tần số thấp (sóng dài) | LF | 30-300 kHz |
| Tần số trung bình (sóng trung) | MF | 300-3000 kHz |
| Tần số cao (sóng ngắn) | HF | 3-30 MHz |
| Tần số rất cao (sóng mét) | VHF | 30-300 MHz |
| Tần số cực cao (sóng decimet) | UHF | 300-3000 MHz |

| | | |
|---------------------------------|-----|--------------|
| Tần số siêu cao (sóng centimet) | SHF | 3-30 GHz |
| Tần số vô cùng (sóng milimet) | EHF | 30-300 GHz |
| Dưới milimet | | 300-3000 GHz |

1.1.3. Mối quan hệ giữa sóng điện từ và sức khỏe con người

Sóng điện từ trường tồn tại xung quanh chúng ta có thể tồn tại trong tự nhiên và nhân tạo. Trường điện từ tự nhiên được sản sinh qua các hiện tượng của tự nhiên như: các quá trình khí quyển – sấm sét, điện trường tự nhiên của Trái Đất. Điện từ trường nhân tạo đến từ nhiều nguồn khác nhau như sự hoạt động của máy móc công nghiệp, thiết bị điện, trạm phát thanh truyền hình, trạm BTS... Tác hại của sóng điện từ có thể gây ra nhiều vấn đề lớn đối với sức khỏe, làm tổn thương tới hệ thần kinh, nội tiết tố, thậm chí là nguy cơ ung thư.

Tác động của sóng điện từ lên cơ thể con người có thể chia thành tác động kích thích (tần số thấp) và tác động nhiệt (tần số cao):

- Tần số thấp (dưới 100kHz): gây ra tác động kích thích đối với thần kinh và cơ
- Tần số cao (từ 100kHz trở lên): năng lượng điện từ được hấp thụ vào cơ thể con người và gây ra các tác động nhiệt.

Tác động đầu tiên của năng lượng điện từ lên cơ thể con người là tác động nhiệt. Máu được coi là một chất điện phân, dưới tác động của trường điện từ, trong máu sinh ra các dòng ion, làm nóng các mô và tế bào. Sự đốt nóng này đặc biệt nguy hiểm đối với các cơ quan có hệ thống mao mạch kèm với sự lưu thông máu ít như: mắt, não, dạ dày... đặc biệt nhạy cảm đối với hiệu ứng nhiệt là thủy tinh thể của mắt, túi mật, bong đái và một số cơ quan khác.

Cùng với tác động nhiệt, điện từ trường còn gây ảnh hưởng đến hệ thần kinh và não: rối loạn chức năng của hệ thống thần kinh trung ương, biểu hiện dễ nhận thấy là sự mệt mỏi, đau đầu, kém hưng phấn và hay cáu gắt, ...

Điện từ trường còn gây rối loạn chức năng của hệ thống tim mạch và hệ thống trao đổi chất. Sự tác động lâu dài của điện từ trường gây ra hiện tượng đau thắt ở vùng tim. Bức xạ sóng điện từ còn gây ra sự thay đổi về huyết áp.

Ngoài ra, những tác hại của sóng điện từ ảnh hưởng đến cơ thể có thể bao gồm:

- *Hệ thống thần kinh và não*: gây ảnh hưởng thần kinh như rối loạn giấc ngủ, mất ngủ, mệt mỏi, đau đầu, triệu chứng trầm cảm, thiếu tập trung, rối loạn chức năng nhận thức, chóng mặt, bồn chồn...
- *Hệ thống nội tiết tố*: Khi tiếp xúc với sóng điện từ kéo dài, nồng độ hormone steroid, hormone thần kinh và nồng độ insulin bị suy giảm.
- *Stress oxy hóa và tổn thương do gốc tự do*: Điều này là một trong những nguyên nhân chính gây ra tổn thương do tất cả các bệnh mãn tính.
- *Tổn công DNA tế bào*: Điều này liên quan đến nguyên nhân ung thư và tạo ra những thay đổi đột biến ở người.
- *Chết rụng tế bào (Apoptosis)*: Điều này có thể gây ra cả bệnh thoái hóa thần kinh và vô sinh.
- *Vấn đề về khả năng sinh sản*: Điều này có thể làm giảm hormone giới tính, giảm ham muốn tình dục, tăng nguy cơ sảy thai và tổn thương DNA trong các tế bào tinh trùng.
- *Sản xuất quá nhiều canxi nội bào*: Điều này sẽ khiến cơ thể dễ bị các bệnh về tim mạch, giảm hấp thu chất dinh dưỡng, sỏi thận và rối loạn tiêu hóa.
- *Ung thư*: 15 cơ chế khác nhau của hiệu ứng bức xạ điện từ trên tế bào có thể làm tăng nguy cơ gây ung thư bao gồm ung thư não, ung thư tuyến nước bọt, u thần kinh thính giác...

Trên thế giới có rất nhiều nghiên cứu chỉ ra có sự liên quan của việc sử dụng điện thoại di động dài hạn (trên 10 năm) đến việc hình thành và phát triển các khối u trong não. Cụ thể, trong một nghiên cứu về Chương trình Ngộ độc Quốc gia năm 2016 của Mỹ đã phát hiện những con chuột bị phơi nhiễm bức xạ điện thoại di động trong khoảng thời gian 9 tiếng mỗi ngày trong 2 năm có nguy cơ cao mắc khối u ác tính hơn bình thường. Cơ quan nghiên cứu Ung thư quốc tế (IARC) đã tiến hành phân loại bức xạ điện từ gây ra bởi tần số ra-đi-ô (RF) – dạng sóng được sử dụng trong điện thoại di động để gửi tín hiệu, là một nhân tố có thể gây ung thư cho con người nếu tiếp xúc quá nhiều.

Các nghiên cứu của WHO: bắt đầu từ năm 1996 WHO cũng thực hiện các chương trình nghiên cứu nhằm xác định các ảnh hưởng của trường điện từ tần số vô tuyến trong dải tần đến 300 GHz đến sức khỏe con người và đề ra các biện pháp hạn chế. Trong một bức thư ngỏ năm 2015, hơn 200 nhà khoa học đã kêu gọi Tổ chức Y tế thế giới (WHO) và Liên Hợp Quốc tăng cường các khuyến cáo về sự phơi nhiễm phổ biến đối với các trường điện từ (EMF), bao gồm cả bức xạ điện từ trường từ điện thoại di động. Theo tuyên bố phát đi từ Sở Y tế bang California (Mỹ), đã có những nghiên cứu đủ để cho thấy cần phải cảnh giác, đặc biệt là đối với trẻ em. Bức xạ điện từ của điện thoại di động có thể dễ dàng xuyên qua não trẻ hơn người lớn. Phơi nhiễm này cũng gây tổn thương nhiều hơn và lâu dài hơn đối với những bộ não đang phát triển.

Nghiên cứu của Liên minh Viễn thông Quốc tế, lĩnh vực Viễn thông: các nghiên cứu về ảnh hưởng của trường điện từ thuộc trách nhiệm của Nhóm nghiên cứu số 5 (ITU-T Study Group 5). Các nghiên cứu bắt đầu được thực hiện từ năm 1996 với mục đích hướng dẫn thực hiện để đảm bảo hạn chế ảnh hưởng trong lĩnh vực viễn thông.

Theo một bài báo của L. Lloyd Morgan, chuyên viên Khoa học cấp cao của Environmental Health Trust, chỉ ra rằng, trẻ em có nguy cơ bị ảnh hưởng sức khỏe nhiều hơn người lớn khi tiếp xúc với sóng điện thoại. Họ đã xem xét những nghiên cứu về bức xạ sóng điện thoại của chính phủ từ năm 2009 đến 2014 và đưa ra kết quả: trẻ em, trẻ sơ sinh có nguy cơ bị tổn thương cao do bức xạ điện từ từ các thiết bị không dây. Qua các nghiên cứu, tỷ lệ hấp thụ sóng điện thoại của trẻ sơ sinh cao hơn người lớn, cụ thể: mô não của trẻ hấp thụ sóng điện thoại nhiều hơn 2 lần còn tủy xương của trẻ em hấp thụ gấp 10 lần so với người lớn. Mô não của trẻ sơ sinh có khả năng hấp thụ nhiều hơn vì hộp sọ của chúng mỏng hơn và kích thước nhỏ hơn. Đặc biệt, với trẻ còn trong bụng mẹ, sự tổn thương còn nhiều hơn, tiếp xúc với sóng điện thoại có thể dẫn đến sự thoái hóa vỏ bọc bảo vệ xung quanh các tế bào thần kinh não.

1.2. Về bài toán đo phơi nhiễm

1.2.1. Tổng quan về phơi nhiễm

Phơi nhiễm là hiện tượng xuất hiện khi con người bị đặt trong trường RF hoặc dòng điện tiếp xúc. Trường RF là trường vật lý mà các trạng thái điện và từ của môi trường hoặc không gian tự do, được định nghĩa bằng các véc tơ cường độ điện và cường độ trường từ. Trường RF gồm có vùng:

- *Trường phản xạ*: Vùng của ngưỡng ngay xung quanh anten, nơi mà trường phản xạ chiếm ưu thế. Khoảng cách chấp nhận thông thường đến biên của trường gần phản xạ là $\lambda/2\pi$, λ là bước sóng tính bằng mét.
- *Trường gần bức xạ*: Vùng của trường kéo dài từ vùng của trường gần phản xạ đến vùng của trường xa nơi các trường bức xạ chiếm ưu thế và sự phân bố trường phụ thuộc vào góc và khoảng cách đến anten.
- *Trường xa*: Vùng của trường anten nơi mà sự phân bố trường chủ yếu phụ thuộc vào góc và khoảng cách đến anten. Nếu anten có kích thước thẳng lớn nhất D là lớn so với bước sóng thì vùng trường xa thường được tính từ khoảng cách lớn hơn $2D^2/\lambda$ hoặc $0,5\lambda$ đến anten, chọn giá trị nào lớn hơn.

Khi trường tần số radio không đồng nhất trên toàn cơ thể thì được gọi là phơi nhiễm từng phần. Các trường không đồng nhất về độ lớn so với cơ thể con người có thể xuất hiện do các nguồn định hướng cao, các sóng đứng, các nguồn tái bức xạ hoặc trong trường gần.

Phơi nhiễm của con người, không phải do trong khi làm việc hoặc do công việc. Đối tượng này bao gồm người ở mọi lứa tuổi và mọi tình trạng sức khỏe không nhận biết được sự phơi nhiễm đang diễn ra. Đối tượng này bao gồm cả những người lao động đang mang thai mà bình thường chịu phơi nhiễm do nghề nghiệp nhưng đã thông báo cho người sử dụng lao động là có thai [1].

Phơi nhiễm trong các điều kiện được không chế, xuất hiện trong khi làm việc và do bản chất công việc, của những người trưởng thành đã được đào tạo hoặc được thông báo để nhận biết các rủi ro tiềm ẩn và để thực hiện các biện pháp phòng ngừa thích hợp. Thời gian phơi nhiễm do nghề nghiệp được giới hạn ở thời gian của ngày

làm việc hoặc ca làm việc trong 24h và trong thời gian của cả cuộc đời làm việc. Loại phơi nhiễm này không kể đến những người lao động đang mang thai, họ không phải chịu phơi nhiễm ở các mức vượt quá giới hạn phơi nhiễm không do nghề nghiệp [1].

1.2.2. Hệ số hấp thụ riêng (SAR)

Cơ thể chúng ta sẽ hấp thụ một phần sóng điện từ khi tiếp xúc với chúng, tỷ lệ hấp thụ phụ thuộc vào công suất nguồn phát, bước sóng và khoảng cách đến nguồn phát. Để đánh giá khả năng hấp thụ sóng điện từ, người ta đưa ra chỉ số SAR (Specific Absorption Rate: tỷ lệ hấp thụ riêng hay hệ số hấp thụ riêng). Hệ số hấp thụ riêng SAR là thước đo mức độ cơ thể người hấp thụ năng lượng trên một đơn vị khối lượng khi tiếp xúc với trường điện từ tần số vô tuyến (RF). Nó được định nghĩa là công suất hấp thụ trên mỗi đơn vị khối lượng của một cơ thể sinh học khi nó tiếp xúc với trường điện từ. SAR thường được tính trung bình trên toàn bộ cơ thể hoặc trên một thể tích mẫu nhỏ (thường là 1 g hoặc 10 g mô). Giá trị SAR tỷ lệ thuận với bình phương cường độ điện trường bức xạ tại điểm đó.

Hệ số hấp thụ riêng được tính bằng cách đạo hàm theo thời gian của năng lượng điện từ gia tăng (dW) được hấp thụ bởi (tiêu tán trong) một khối lượng gia tăng (dm) chứa trong một phần tử thể tích (dV) có mật độ khối lượng cho trước (p).

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (1.8)$$

Hay là SAR có thể được tính bằng phương trình sau:

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} \quad (1.9)$$

$$SAR = c_h \left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0} \quad (1.10)$$

Trong đó:

- SAR: hệ số hấp thụ riêng (W/kg)
- E: độ lớn hiệu dụng (rms), giá trị của cường độ điện trường (V/m)
- σ : điện dẫn suất hay độ dẫn điện (S/m)
- ρ : mật độ khối lượng của chất (kg/m^3)

- c_h : nhiệt dung tính bằng J/ (kg K)
- $\left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0}$ đạo hàm theo thời gian của nhiệt độ trong mô (K/s)

1.3. Các tiêu chuẩn về đo phơi nhiễm và yêu cầu thực tiễn

Hiện nay hầu hết các nước trên thế giới đều có tiêu chuẩn về mức giới hạn an toàn của sóng điện từ dưới dạng bắt buộc áp dụng hoặc hướng dẫn, tự nguyện áp dụng. Giới hạn của Ủy ban quốc tế về phòng chống bức xạ phi ion hoá (ICNIRP) được nhiều tổ chức khuyến nghị và nhiều nước chấp nhận.

Năm 1993, báo cáo “Tiêu chí sức khỏe môi trường 137” (Environmental Health Criteria 137) của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) đã đưa ra các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của trường điện từ đối với dải tần số từ 300Hz đến 300GHz đối với con người, cũng như đưa ra giới hạn phơi nhiễm đối với các đối tượng khác nhau. Nhiều tổ chức cũng đã có những nghiên cứu riêng và đưa ra báo cáo tương tự:

- ICNIRP, Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters – Statement of the International Commission on non-ionizing Radiation Protection (Các vấn đề về sức khỏe liên quan đến việc sử dụng điện thoại cầm tay sử dụng sóng radio và các trạm phát cơ sở. Phát biểu của Ủy ban quốc tế về bảo vệ bức xạ không ion hóa) [6].
- IRPA Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100kHz to 300GHz (Hướng dẫn về các giới hạn phơi nhiễm trong trường điện từ tần số radio ở dải tần từ 100kHz đến 300GHz)[7].

Dựa vào các nghiên cứu, chỉ dẫn này, rất nhiều nước trên thế giới đã có những quy định về giới hạn tỷ lệ hấp thụ riêng đối với từng phần cơ thể, cụ thể trong bảng dưới đây:

Bảng 1.2: Giới hạn tỷ lệ hấp thụ riêng tại một số quốc gia

| Quốc gia | Tỷ lệ hấp thụ riêng (SAR) (W/kg) | |
|----------|----------------------------------|-----------|
| | Đầu và thân | Tay, chân |
| Úc | 2 | 4 |
| Áo | 2 | 4 |
| Canada | 1.6 | 4 |
| Pháp | 2 | 4 |
| Hà Lan | 2 | 4 |
| Hàn Quốc | 1.6 | 4 |
| Mỹ | 1.6 | 4 |

(Nguồn: WHO)

Tại Hoa Kỳ, các mẫu điện thoại di động trước khi lưu thông trên thị trường phải được thử nghiệm và được FCC cấp chứng nhận. Sau khi cấp chứng nhận FCC sẽ cập nhật chỉ số “SAR” của những mẫu điện thoại lên website, người sử dụng có thể truy cập để kiểm tra mức độ an toàn của mẫu điện thoại họ đang sử dụng. Theo đó, các sản phẩm dùng cho mục đích thông thường phải đáp ứng giới hạn SAR 1.6mW/g tính trung bình trên 1 gram mô ở bất kỳ phần nào của đầu hoặc cơ thể và 4 mW/g trung bình trên 10 gram mô cho bàn tay, cổ tay, bàn chân và mắt cá chân.

Tại các nước thuộc Liên minh châu Âu (EU) – Hiệp hội Thương mại tự do (EFTA), các mẫu điện thoại cũng phải thử nghiệm để kiểm tra mức độ an toàn trước khi được cấp dấu CE để lưu thông trên thị trường. Điều này được quy định tại khuyến nghị của hội đồng 1999/519/EC (Council Recommendation 1999/519/EC).

Tại các nước xuất khẩu điện thoại di động, ví dụ như Hàn Quốc, để đảm bảo sản phẩm của mình đạt yêu cầu về an toàn của các nước nhập khẩu, Hàn Quốc cũng kiểm soát rất chặt chẽ chỉ tiêu này. Các mẫu điện thoại phải được thử nghiệm và cập nhật thông số “SAR” lên website của hãng sản xuất.

Tại Ấn Độ, năm 2012, Bộ Điện tử và Công nghệ thông tin đã có văn bản gửi cho các nhà sản xuất điện thoại về việc hạ mức giới hạn hấp thụ riêng (SAR) từ 2.0

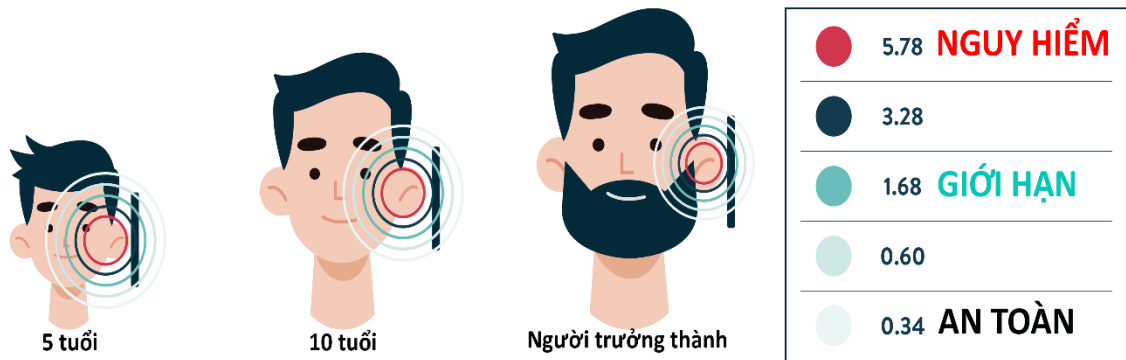
xuống 1.6 W/kg. Qua đó, tất cả các mẫu điện thoại mới từ 1/9/2012 phải theo mức quy định mới, đối với những mẫu điện thoại đã lưu thông trên thị trường thì được phép lưu thông đến 31/8/2013. Quy định này tương đương quy định tại Bắc Mỹ và Hàn Quốc [12].

Trên thực tế, tất cả các thiết bị có thu phát sóng điện từ được sử dụng trong phạm vi 20cm tới bất kỳ bộ phận của cơ thể nào và với công suất phát sóng lớn hơn 20 mW đều là đối tượng phải thử nghiệm SAR. Những sản phẩm đó có thể là:

- *Điện thoại di động, bộ đàm*: có chức năng chính là nghe, gọi, nên hai sản phẩm này tiếp xúc với phần đầu khi sử dụng. Khi không sử dụng, thiết bị được giữ gần thân và các chi, thiết bị vẫn liên tục thu phát sóng. Ngày nay, điện thoại di động không chỉ đảm nhiệm nhiệm vụ liên lạc, với sự phát triển vượt bậc của công nghệ, điện thoại di động đã trở thành một thiết bị kết nối mọi người, thiết bị điều khiển các vật dụng thông minh, thậm chí đã trở thành một thiết bị hỗ trợ theo dõi sức khỏe, thiết bị hỗ trợ tập luyện thể thao. Chính vì vậy, hiện nay, chúng ta tiếp xúc với điện thoại di động gần như cả ngày, thậm chí ngay cả khi ngủ.
- *Laptop, máy tính bảng, đồng hồ thông minh*: laptop và máy tính bảng đang dần thay thế máy tính để bàn trong các văn phòng do tính cơ động của nó. Đặc biệt với xu hướng làm việc online ngày càng rõ rệt, giờ đây không cần phải tới văn phòng chúng ta vẫn có thể giải quyết công việc một cách dễ dàng. Do đó, ta phải gắn liền với chiếc laptop hoặc máy tính bảng suốt thời gian làm việc và chịu ảnh hưởng của sóng điện từ.
- *Các thiết bị thực tế ảo*: hiện nay, các thiết bị thực tế ảo, thực tế tăng cường đang ngày càng được sử dụng rộng rãi để giải trí, học tập cũng như trong quân sự. Các thiết bị này hầu hết có thiết kế ôm sát toàn bộ phần đầu, sử dụng nhiều công nghệ để kết nối với các thiết bị ngoại vi khác nhau. Tuy thời gian sử dụng thiết bị này không nhiều và mức độ phổ biến không bằng điện thoại, laptop nhưng mức độ rủi ro thì được đánh giá là cao hơn.

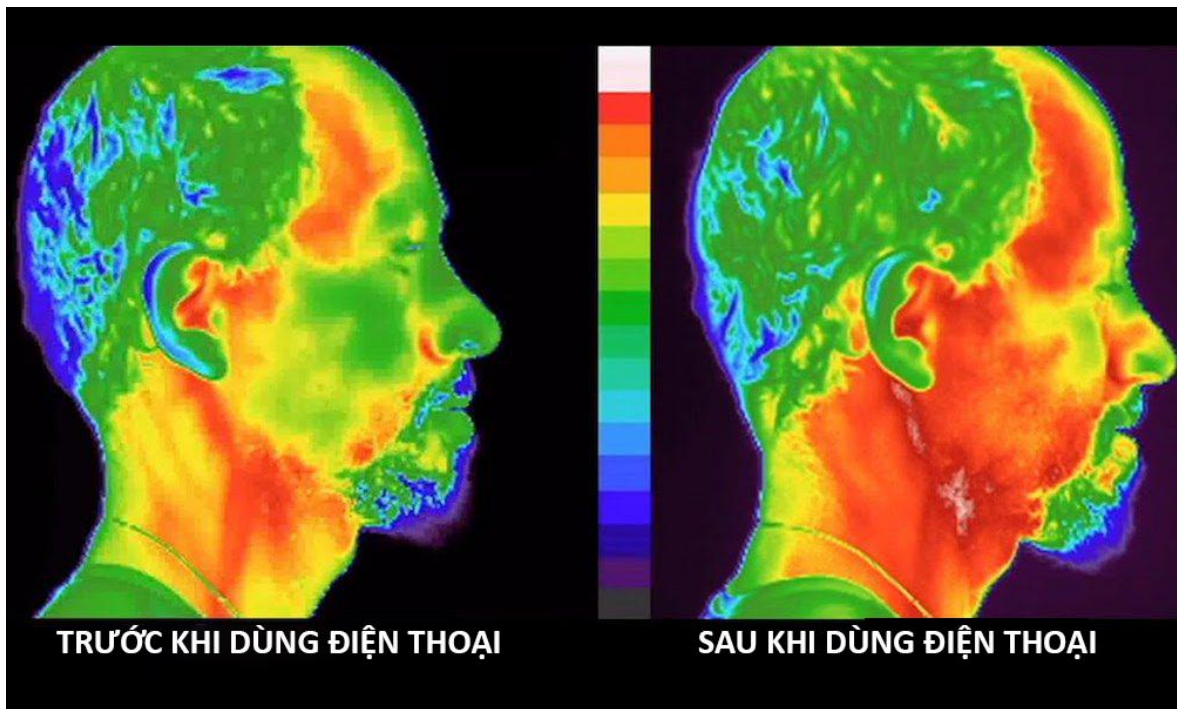
- *Máy ảnh có chức năng kết nối*: không như máy ảnh truyền thống sử dụng thẻ nhớ để lưu trữ hình ảnh, máy ảnh ngày nay được thiết kế để truyền dữ liệu ngay sau khi chụp. Do đó, chúng ta cũng phải chịu ảnh hưởng khi máy ảnh hoạt động (tiếp xúc với phần đầu).
- *Các thiết bị y tế như chụp cộng hưởng từ (MRI)*: đây là thiết bị gây ảnh hưởng rất lớn đến cơ thể con người, tuy nhiên ta phải chấp nhận những ảnh hưởng xấu trong quá trình hoạt động của máy để đổi lấy những lợi ích lớn hơn.

Trong tất cả các thiết bị nêu trên thì trên điện thoại, máy tính bảng và laptop là các thiết bị phổ biến nhất, được rất nhiều hãng tập trung phát triển, hàng năm có hàng trăm mẫu mã mới ra đời. Trên thế giới, đây cũng là ba thiết bị được quản lý chặt chẽ nhất do tần suất sử dụng lớn, tuổi đời sử dụng sản phẩm ngày càng trẻ hóa. Ngày nay trẻ em cấp 1 đã bắt đầu được học trên máy tính tại trường, thậm chí ở gia đình chúng còn được tiếp xúc với các thiết bị này từ năm 2, 3 tuổi.



Hình 1.3: Ảnh hưởng của sóng điện thoại lên não bộ con người ở các lứa tuổi

Hình 1.3 thể hiện mức độ ảnh hưởng của điện thoại di động lên bộ não con người ở các lứa tuổi khác nhau. Dễ dàng thấy rằng trẻ nhỏ là đối tượng bị ảnh hưởng nặng nề nhất do cấu trúc xương mỏng và mật độ xương thấp. Khi não bộ bị ảnh hưởng bởi sóng điện từ, những phần bị ảnh hưởng sẽ có phản ứng ở các mức độ khác nhau, điều này được thể hiện rõ ràng qua hình ảnh chụp cắt lớp khi điện thoại hoạt động và không hoạt động như hình dưới đây:



Hình 1.4: Mức độ ảnh hưởng điện thoại tới phần đầu của người trưởng thành

Trên thế giới, việc quản lý các thiết bị có rủi ro nêu trên đã được tiến hành từ lâu thông qua các luật định liên quan. Thiết bị được quản lý dựa trên tính năng, đó là cường độ phát sóng từ 20 mW trở lên và được sử dụng trong khoảng cách 20 cm tới người.

Còn ở Việt Nam, hiện tại các thiết bị điện tử cá nhân như: điện thoại di động, laptop là thiết bị được kiểm soát khá chặt chẽ bằng nhiều quy chuẩn như:

- QCVN 12:2015/BTTTT về thiết bị đầu cuối thông tin di động GSM
- QCVN 86:2015/BTTTT về tương thích điện từ đối với các thiết bị đầu cuối và phụ trợ trong hệ thống thông tin di động GSM và DCS
- QCVN 15:2015/BTTTT về thiết bị đầu cuối thông tin di động W-CDMA FDD
- QCVN 54:2011/BTTTT về thiết bị thu phát vô tuyến sử dụng kỹ thuật điều chế trải phổ trong băng tần 2,4GHz
- ...

Tổng cộng có trên 10 quy chuẩn (QCVN) cho điện thoại di động và các thiết bị có phát xạ điện từ, tất cả các Quy chuẩn này đều quy định các chỉ tiêu liên quan đến chất lượng sóng (3G, 4G, wifi, NFC, ...) và tương thích điện từ. Chưa có Quy

chuẩn nào kiểm soát sự ảnh hưởng của trường điện từ đến sức khỏe con người, cụ thể là phơi nhiễm.

Kết luận chương 1:

Chương này đã tổng quát lại một vài vấn đề chính liên quan đến trường điện từ và khái quát bài toán phơi nhiễm để thấy được nhu cầu cấp thiết phải xây dựng bài toán đo phơi nhiễm. Thứ nhất là về các tính chất của sóng vô tuyến, việc sử dụng các phân cực khác nhau của sóng điện từ có ý nghĩa rất lớn trong việc sử dụng hiệu quả tần số trong thông tin vô tuyến. Thứ hai là các vấn đề liên quan tới phơi nhiễm, ảnh hưởng của sóng điện từ tới sức khỏe con người. Qua đó cũng tổng hợp lại các văn bản pháp luật đang được áp dụng tại Việt Nam để quản lý về vấn đề phơi nhiễm.

CHƯƠNG 2. QUY TRÌNH ĐO PHƠI NHIỄM VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH

Trong chương này sẽ tập trung làm rõ mục đích của luận văn, ngoài các hệ thống, phương pháp đo truyền thống là hệ thống đo trường ngoài và hệ thống đo trường bên trong đang được áp dụng theo quy định của Bộ Thông tin và Truyền thông, thì chương này sẽ đi vào tìm hiểu về hệ thống DASY52 đang được sử dụng trên thế giới. Và những lợi ích đem lại của việc áp dụng hệ thống mới tại Việt Nam.

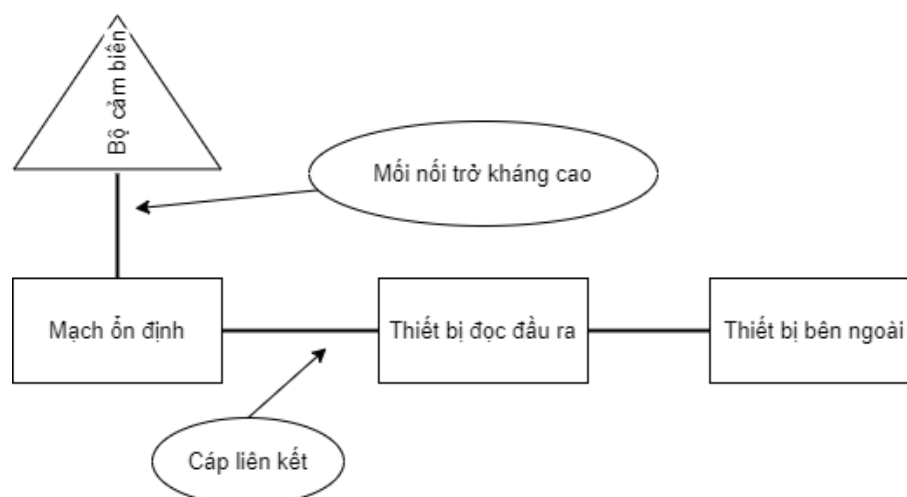
2.1. Hệ thống đo trường ngoài

2.1.1. Thiết bị khảo sát RF

Thiết bị khảo sát nguy hiểm bức xạ RF: máy theo dõi, thiết bị khảo sát thường là phương tiện hiệu quả để đo và đánh giá nguy hiểm RF tiềm ẩn

Thiết bị khảo sát RF gồm 3 thành phần:

- Đầu dò là một anten được kết hợp với bộ cảm biến hoặc bộ tách sóng. Đầu ra từ đầu dò đã được tách sóng có đáp tuyến tần số phẳng là phép đo trực tiếp cường độ trường điện từ.
- Dây dẫn: mang tín hiệu đến đồng hồ đo. Để không gây nhiễu trường, dây dẫn có thể có dạng các sợi dây trở kháng cao hoặc dạng sợi quang. Thiết bị đo bao gồm cả mạch ổn định tín hiệu và cơ cấu hiển thị.
- Đồng hồ đo



Hình 2.1: Thành phần cơ bản của thiết bị khảo sát RF

Trong đó:

- Bộ cảm biến: tạo tín hiệu điện tỷ lệ với cường độ trường.
- Mỗi nối trở kháng cao: cách ly bộ cảm biến với mạch ổn định và mạch đọc tín hiệu đầu ra, giảm tương tác giữa trường từ và mạch nối.
- Mạch ổn định: giúp ổn định tín hiệu (lọc, khuếch đại, số hóa, ...). Khi bộ cảm biến, mạch ổn định và mỗi nối trở kháng cao kết hợp với nhau thì ta có một đầu dò.
- Cáp liên kết: kết nối giữa mạch ổn định và thiết bị đọc đầu ra. Thường là liên kết quang hoặc cáp dẫn.
- Thiết bị đọc đầu ra: hiển thị thông tin, ghi, lấy trung bình hoặc ổn định dữ liệu về cường độ trường (modun hoặc là một máy tính cá nhân).
- Thiết bị bên ngoài (bộ ghi dữ liệu): ghi dữ liệu từ xa [2].

2.1.2. Đặc tính của hệ thống

Nguồn cung cấp điện: sử dụng nguồn độc lập, được cách ly chống ảnh hưởng với trường ngoài bằng vỏ và bộ lọc khử ghép thích hợp.

Phân cực: cần có đáp tuyến với các thành phần phân cực của trường điện từ khi kết hợp các anten của đầu dò. Điều này có thể đạt được bằng thiết kế, sử dụng lưỡng cực, vòng lặp hoặc xoay anten.

Đại lượng đo: Việc đánh giá mức độ nguy hiểm đối với con người căn cứ vào các tham số:

- Trung bình mật độ dòng năng lượng-sóng phẳng tương đương
- Cường độ trường điện trung bình bình phương
- Cường độ trường từ trung bình bình phương
- Cường độ trường

Dải: Dải động thích hợp dùng cho thiết bị đo có đáp tuyến tần số từ -10dB đến +5dB (10% đến 300%) so với 100% giới hạn phơi nhiễm.

Bộ ghi đầu ra: cần trang bị bộ ghi đầu ra không gây nguy hiểm cho người vận hành cũng như dễ dàng tính toán trung bình các chỉ số theo không gian và thời gian. Có thể sử dụng cáp dài để giảm thiểu rủi ro cho người sử dụng, vận hành.

Vỏ bọc: Các thiết bị và cáp phải được bọc đủ để không bị nhiễu, gây ảnh hưởng tới kết quả.

Điều biến: Thiết bị đo không phụ thuộc vào bất kỳ sự điều biến nào, thể hiện rõ các tham số hiệu dụng cần thiết.

Điện tích tĩnh điện: cần xác định được mức độ sai lỗi do nhạy với điện tích tĩnh điện (thường do cảm ứng trên đầu dò hoặc hệ thống cần khảo sát).

Thời gian đáp ứng: nhanh nhất không lớn hơn 1s

Nhạy với nhiều bức xạ: như bức xạ ion hóa, ánh sáng nhân tạo, ánh sáng mặt trời, vàng quang, ...[2].

2.1.2. Quy trình đo trường ngoài

Quy trình đo trường ngoài về cơ bản bao gồm 2 bước chính:

Bước 1: Thực hiện đo tại các vị trí. Các trường hợp, thiết bị và các vị trí đặt đầu dò tương ứng cụ thể tại các mục 2.1.3.1, 2.1.3.2 và 2.1.3.3.

Bước 2: Ghi nhận kết quả, tính toán và chuyển đổi.

2.1.3.1. Một nguồn, trường xa

Giả sử trường sóng phẳng có phân cực tuyến tính (vị trí, tần số và phân cực của nguồn) đã biết bằng đồng hồ đo cường độ trường điều hưởng có độ chính xác chấp nhận được bao trùm dải tần số đang xét. Thiết bị đo được sử dụng với anten thông thường đã hiệu chuẩn như anten loa hoặc anten lưỡng cực hoặc có thể sử dụng đầu dò nguy hiểm đẳng hướng.

Phân bố trường không đồng đều ở mức cao có thể được tạo ra từ phản xạ nhiều chiều, đặc biệt là dải tần số lớn hơn 300MHz. Cần sử dụng loạt các phép đo trên bề mặt vuông có cạnh 1m hoặc 2m để đánh giá mức độ phơi nhiễm ở một khu vực bất kỳ. Phép đo cần được thực hiện gần vật thể kim loại bức xạ lại với mép của đầu dò ở khoảng cách là ba lần chiều dài đầu dò đó.

Trong khi sử dụng anten hoặc đầu dò để đo, cần tránh hiện tượng nhiễu trường hoặc phản xạ, nguyên nhân có thể là do kết cấu giá đỡ hoặc cơ thể người sử dụng. Cần sử dụng vật liệu hấp thụ sóng có chất lượng tốt để tránh nhiễu trường cho các phần

kim loại của thiết bị cũng như kết cấu gá đỡ. Cáp nối đầu dò nên hướng vuông góc với trường hoặc được bọc vật liệu hấp thụ để tránh ảnh hưởng của cáp tới phép đo. Nên sử dụng vật liệu cố định nhỏ để có mặt cắt phản xạ nhỏ, tối ưu nhất, và vật liệu với hằng số điện môi thấp. Hoặc có thể sử dụng vật liệu với chiều dày hiệu quả T_e nhỏ hơn $\frac{1}{4}$ bước sóng, có thể xác định bằng công thức: $T_e = T(\epsilon_r)^{\frac{1}{2}}$ (với T là chiều dày; ϵ_r là hằng số điện môi). Để xác định được chính xác cao ở tần số trên 300MHz thì cần quét nhiều điểm cố định trên mỗi tần số (bước sóng) để đánh giá sự thay đổi cường độ trường trong khu vực đang xét đó.

2.1.3.2. Nguồn phức, trường xa

Xung quanh chúng ta luôn tồn tại nhiều nguồn bức xạ khác nhau. Để đo trường phát sinh từ nhiều nguồn trong không gian, cần sử dụng đầu dò đẳng hướng băng rộng. Do có sự tương tác trường của các nguồn khác nhau này cũng như hiệu ứng sóng đứng gây ra nên cần quét theo thể tích không gian vùng đo. Xác định các điểm giao nhau giữa các ô và thực hiện phép đo đánh giá tại các điểm cố định này. Diện tích đang xét cần được chia thành nhiều ô có diện tích tương ứng từ 1 m^2 tới 3 m^2 tùy theo diện tích vùng đang xét để phân chia ô.

Không thể sử dụng đầu dò đơn trục lưỡng cực tuyến tính hoặc anten phân cực tuyến tính để xác định dữ liệu chính xác trong trường hợp nhiều nguồn có phân cực chưa biết.

2.1.3.3. Trường gần

Phải sử dụng đầu dò với anten cảm biến nhỏ để đo gradien bởi vì gradien trường rộng xuất hiện trong trường gần của vật bức xạ. Dàn anten sử dụng cảm biến nhỏ về diện tích gồm ba lưỡng cực vuông góc, nếu tần số nhỏ hơn 300MHz, một dàn 3 anten vòng vuông góc cảm biến để cung cấp các đặc tính phù hợp với độ phân giải các gradien theo không gian.

Sau đó, từ các kết quả đo bởi đầu dò lớn thì ta sẽ lấy trung bình các giá trị theo không gian (diện tích hiệu quả lớn hơn $\frac{1}{4}$ bước sóng theo mặt cắt). Bên cạnh đó thì

anten cảm biến nhỏ tạo ra nhiễu trường hơn và không làm thay đổi đặc tính bức xạ của nguồn.

Tất cả các trường hợp đều sử dụng đầu dò đẳng hướng do chúng ta không biết chính xác về sự phân cực của các trường trong trường gần. Tương tự nếu phân cực và bước sóng đã biết thì không cần sử dụng thiết bị đo băng rộng mà có thể dùng đầu dò băng hẹp có đáp tuyến đồng nhất trong một mặt phẳng cố định.

2.2. Hệ thống đo trường bên trong

2.2.1. Thiết bị đo trường bên trong

2.2.1.1. Đầu dò trường E cấy vào được

Để đo cường độ điện trường điện cực bộ bên trong mô ở các điểm định trước, ta sử dụng đầu dò trường E cấy vào được. Có thể sử dụng để quét liên tục theo thời gian thực trong mô hoặc quét tuyến tính.

Cơ cấu đẳng hướng gồm ba lưỡng cực bố trí vuông góc được tải trực tiếp bằng điốt Schottky (tấm chắn kim loại) tại điểm nuôi. Tín hiệu được chỉnh lưu và biến đổi bằng các điốt để truyền đến bộ chuyển đổi dữ liệu qua đường truyền RF trong suốt (đường truyền điện trở cao). Đường truyền này được tạo nên từ dải Teflon thấm cacbon hoặc công nghệ màng dày/mỏng sử dụng nền thạch anh hoặc gốm.

Đầu dò gồm lưỡng cực màng mỏng, và dây dẫn điện trở cao. Điốt dạng tấm ở đầu ra ở khe hở lưỡng cực cho phép phát hiện RF từ 1mV trên mW/cm^2 . Cần đặt 3 lưỡng cực vuông góc của đầu dò trong thể tích hình cầu, hình khối từ 1mm tới 5mm. Do đó, cường độ trường và SAR có thể đạt tới độ phân giải cỡ milimet.

2.2.1.2. Đầu dò nhiệt độ cấy được

Đầu dò nhiệt độ có thể sử dụng để đo SAR. Tuy nhiên cần lưu ý là cảm biến nhiệt độ và dây dẫn phải không gây ra ảnh hưởng nhiễu trường, và giá trị SAR phải tương đối lớn để sinh ra nhiệt có thể đo được đó là không thấp hơn vài oát/kilogram. Việc sử dụng sợi quang kết hợp với vật liệu điện trở cao có thể giảm thiểu các hiện tượng nhiễu trường. Do vạch chia của đầu dò nhiệt tương đối nhỏ (cỡ $0.01^\circ C$) và thời gian thực tế dài nhất diễn ra của một bức xạ thường dao động từ 5s-30s. Do đó,

phương pháp này rất hạn chế và chỉ có thể sử dụng khi mức độ tạo nhiệt (bức xạ) tương đối lớn.

2.2.2. Quy trình đo đối với trường bên trong

Đối với quy trình đo trường bên trong, có các bước thực hiện chính bao gồm:

Bước 1: Chuẩn bị dụng cụ, dung dịch mô phỏng tương ứng với các dải tần số cần kiểm tra.

Bước 2: Thực hiện đo kiểm, ghi nhận kết quả và tính toán. Chi tiết về chuẩn bị thiết bị và công thức tính tại các mục 2.2.2.1, 2.2.2.2 và 2.2.2.3.

2.2.2.1. Đầu dò trường điện cỡ nhỏ

Để đo phân bố SAR cục bộ bên trong mô hình ảo hoặc động vật sống đã gây mê thì ta có đầu dò trường E cấy được, đẳng hướng cỡ nhỏ. Thích hợp để đo SAR cỡ mW/kg.

Chỉ số SAR có thể được xác định như sau:

$$SAR = \frac{1}{\rho} \omega \epsilon_0 \epsilon'' E^2 \quad \text{W/kg} \quad (2.1)$$

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 \quad \text{W/kg} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- ρ : là khối lượng riêng (kg/m³)
- ϵ_0 : là hằng số điện môi của không gian tự do (F/m)
- ϵ'' : là phần ảo của hằng số điện môi phức tương đối
- ω : là tần số góc ($2\pi f$)
- σ : là độ dẫn (S/m)
- E: cường độ trường điện hiệu dụng tại điểm trong cơ thể (V/m)

Các đầu dò cỡ nhỏ này phải thích hợp để đo trường bên trong mô sinh học mô phỏng hoặc mô sinh học thực có lượng nước từ thấp đến cao, đặc biệt là độ nhạy phải lớn hơn đầu dò nhiệt độ. Thực hiện phép đo tại nhiều điểm bên trong mô hình mô

phòng hoặc thực tế. Do các đối tượng sinh học bị phơi nhiễm thì sẽ tồn tại gradient theo không gian và có sóng đứng, nên cần đủ dữ liệu tại các điểm để phác họa phân bố SAR. Tại mỗi điểm này, lấy tổng của các đầu ra của ba lưỡng cực vuông góc với nhau tại vị trí đầu dò.

Việc sử dụng mô hình ảo mô phỏng cần tuân thủ theo các chỉ số như sau:

Bảng 2.1: Độ dẫn điện S/m của mô mô phỏng

| Loại mô | Tần số | | | |
|---|------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|
| | 10 | 100 | 1000 | 2450 |
| Cơ | 0.7 ^a | 0.9 ^a | 1.3 ^a | 2.2 ^a |
| Não | - | 0.47 ^b | 0.75 ^a , 1.2 ^b | 1.2 ^a |
| Mỡ và xương | - | 0.008 | 0.77 ^a , 1.2 ^b | 0.18 ^a |
| Trong đó: a: Hợp chất Polyetilen và chất keo TX150 b: Chất keo HEC không có hợp chất polyetylen | | | | |

Việc tạo mô mô phỏng cũng cần phải chính xác từ khối lượng chính xác của các thành phần, nhiệt độ phòng thử, nhiệt độ chất lỏng, tốc độ trộn khuấy và thời gian trộn...Do đó rất khó để thực hiện chính xác đặc tính điện môi của mô mô phỏng.

Phương pháp này thích hợp với phép đo SAR có nguồn cục bộ công suất thấp dưới 1w, gây khó khăn cho phép đo nhiệt. Do đó cần định vị chính xác vị trí đầu dò cảm biến là yếu tố quan trọng nhất để đảm bảo tính chính xác của phép đo.

Quy trình này tốn khá nhiều thời gian và việc hiệu chuẩn đầu dò khi cùng một tần số nhưng hai môi trường khác nhau là rất khó khăn, dễ sai số.

2.2.2.2. Sử dụng đầu dò nhiệt độ

Nguyên tắc sử dụng đầu dò nhiệt độ không gây nhiễu để đo SAR là rất đơn giản, nhưng khó để thu thập được dữ liệu chính xác. Mục đích của phương pháp này là đo độ tăng nhiệt do bức xạ gây ra theo thời gian ($\Delta T / \Delta t$) ở các vị trí định sẵn trong mô hoặc vật liệu mô phỏng. Do đó độ sai số có thể kể đến như tổn thất nhiệt, bổ sung nhiệt do đối lưu, dẫn nhiệt...là rất quan trọng.

Ta xác định được SAR tính từ độ dốc tuyến tính của $\Delta T / \Delta t$ như sau:

$$SAR = \frac{\Delta T \times c}{\Delta t} \quad (2.3)$$

Với c là nhiệt dung riêng của mô hoặc vật liệu mô phỏng ($J / kg^{\circ}C$)

Bảng 2.2: Nhiệt dung riêng và khối lượng riêng của vật liệu mô phỏng

| Mô | Nhiệt dung riêng ($J / kg^{\circ}C$) | Khối lượng riêng ($\times 10^3$) (kg / m^3) |
|--------------------------|--|---|
| Mô phỏng cơ (ở 2450MHz) | 3.7 | 1.0 |
| Mô phỏng cơ (ở 27MHz) | 3.6 | 1.1 |
| Mô phỏng não (ở 2450MHz) | 3.4 | 0.98 |
| Mô phỏng mô chứa mỡ | 1.1 | 1.4 |
| Cơ trong ống nghiệm | 3.5 | 1.1 |
| Não trong ống nghiệm | 3.5 | 1.1 |
| Mô mỡ trong ống nghiệm | 1.2-1.6 | 1.05 |
| Xương | 1.25-1.30 | 1.25-1.8 |

Phép đo này bị ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố làm suy giảm độ chính xác như hệ số nhiệt động, độ không đảm bảo đo giá trị nhiệt dung của mô.

2.2.2.3. Phép đo nhiệt lượng

Phương pháp này được sử dụng để tính toán giá trị SAR trung bình trên toàn bộ cơ thể người. Bằng cách sử dụng thiết bị đo nhiệt lượng (thường là phân lớp gradien). Thiết bị này có tín hiệu ra tỉ lệ với tốc độ dòng năng lượng nhiệt ra khỏi thiết bị-điện áp dương và tốc độ dòng năng lượng đi vào-điện áp âm.

Vật thể thử nghiệm có thể là mô hình con người tương đương hoặc động vật được gây mê được chiếu trong thời gian đo và đặt cùng đồng hồ đo nhiệt lượng. Điện áp ra của đồng hồ được theo dõi và ghi chép lại cho đến khi nhiệt năng gây ra ra khỏi vật thể thử nghiệm và trở về trạng thái nhiệt ban đầu. Ta thu được diện tích bên dưới đường biến thiên điện áp của đồng hồ đo, nhân với hằng số hiệu chuẩn của thiết bị để

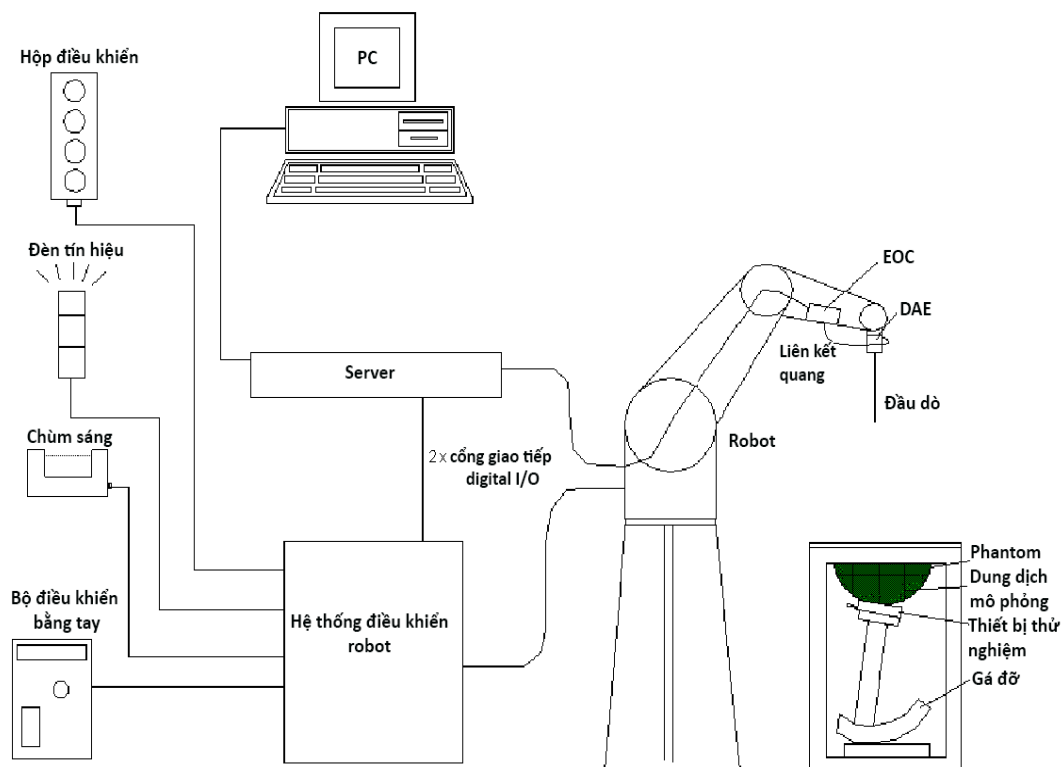
thu được tổng năng lượng lưu lại. SAR trung bình thu được từ chia công suất (w) (tốc độ lưu lại năng lượng) cho khối lượng (kg) của vật thể. Phương pháp này mất nhiều thời gian, có thể là vài giờ hoặc vài ngày tùy thuộc vào khối lượng vật thể.

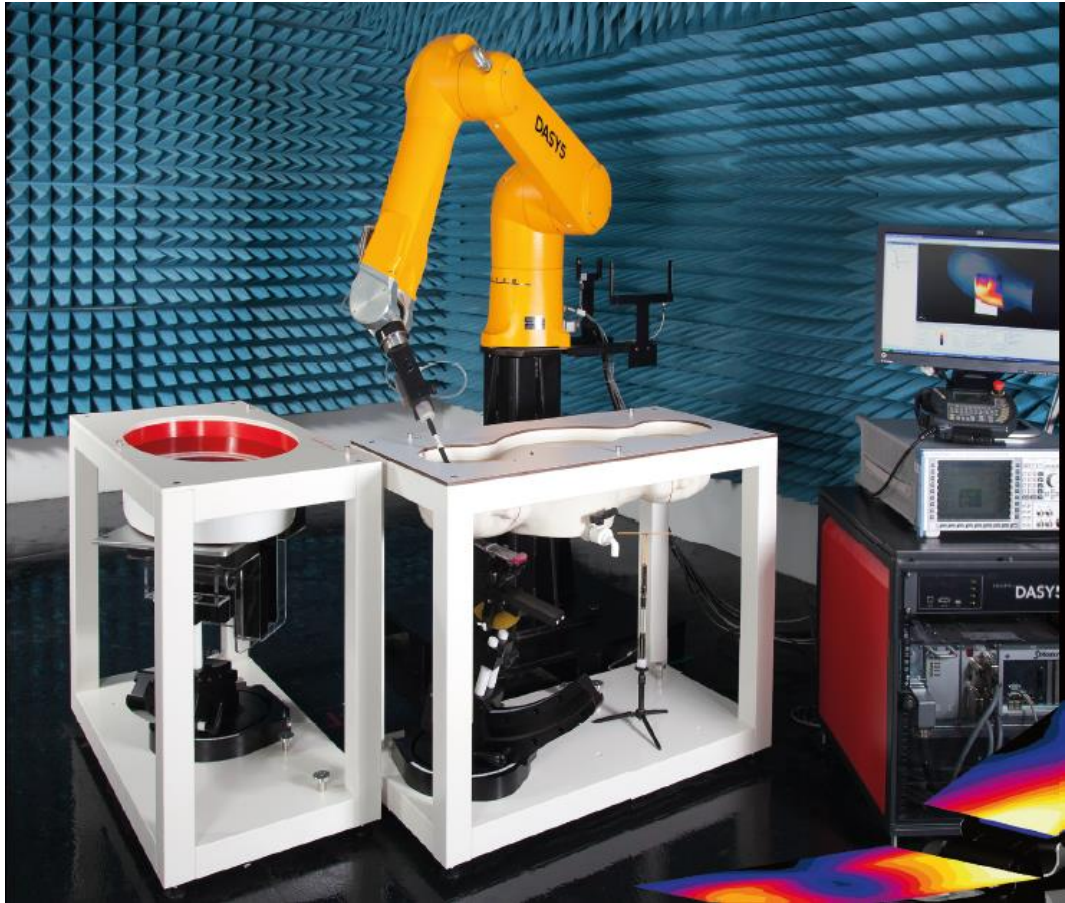
2.3. Hệ thống DASY52

Hệ thống DASY52 là thế hệ thứ 5 trong họ sản phẩm hệ thống đo lường sóng điện từ của hãng Schmid & Partner Engineering AG Zeughausstrasse dựa trên nguyên lý tương tự của hệ thống đo trường ngoài. Tuy nhiên, sự kết hợp của các công nghệ mới đã giúp cho DASY52 tối ưu về hiệu quả, tự động hóa, tính linh hoạt và sự chính xác so với các hệ thống đo lường truyền thống trước kia. DASY52 có thể được sử dụng cho nhiều loại các ứng dụng khác nhau, từ thiết kế RF (Ăng-ten, MRI, EMC), kiểm tra máy phát sóng, đánh giá an toàn các thiết bị y tế và thiết bị điện tử, kiểm tra các vấn đề về EMI / EMC.

2.3.1. Thiết bị đo

Một hệ thống DASY52 điển hình:





Hình 2.2: Hệ thống thử nghiệm DASY52

Gồm các thành phần sau:

- Một cánh tay robot 6 trục có độ chính xác cao tiêu chuẩn với bộ điều khiển và phần mềm để điều khiển đầu dò điện trường đo các điểm khác nhau trong phantom.
- Đầu dò điện trường có hai loại: đầu dò vô hướng (chỉ cung cấp thông tin về biên độ điện trường tại điểm đo) và đầu dò vectơ (cung cấp thông tin cả về pha và biên độ của điện trường).
- Một thiết bị điện tử thu thập dữ liệu (DAE) thực hiện khuếch đại tín hiệu, ghép kênh tín hiệu, chuyển đổi AD, đo độ lệch, phát hiện bề mặt cơ học, phát hiện va chạm... Thiết bị được cung cấp pin bằng pin tiêu chuẩn hoặc pin có thể sạc lại. Tín hiệu quang được truyền tới EOC.

- Bộ chuyển đổi quang điện (EOC) thực hiện chuyển đổi từ tín hiệu quang sang tín hiệu điện cho truyền thông kỹ thuật số tới DAE. Để sử dụng tính năng phát hiện bề mặt quang học, cần có phiên bản đặc biệt của EOC. Tín hiệu EOC được truyền đến máy chủ.
- Chức năng của máy chủ là thực hiện các tác vụ quan trọng về thời gian như lọc tín hiệu, điều khiển hoạt động của robot và ngắt chuyển động nhanh.
- Tia sáng được sử dụng để căn chỉnh đầu dò. Điều này cải thiện độ chính xác (tuyệt đối) của việc định vị đầu dò.
- Điều khiển từ xa cũng như mạch điện bổ sung để đảm bảo an toàn cho robot như đèn cảnh báo, v.v.
- Phantom có 2 loại cơ bản là phantom phẳng (dùng để đo SAR của các thiết bị vô tuyến, điện tử nói chung) và phantom có dạng đầu người (dùng để đo SAR của điện thoại di động).

Thử nghiệm phải được thực hiện bằng cách sử dụng một đầu dò thu nhỏ được định vị tự động để đo sự phân bố trường E bên trong một phantom đại diện cho cơ thể con người tiếp xúc với các trường điện từ do các thiết bị không dây tạo ra. Từ các giá trị trường E đo được, phân bố SAR và giá trị SAR trung bình theo không gian đỉnh sẽ được tính toán.

2.3.2. Quy trình thử nghiệm

Quy trình thử nghiệm của phương pháp này dựa trên 2 bộ tiêu chuẩn:

IEC 62209-1: Quy trình đo lường kiểm tra độ hấp thụ của cơ thể người với trường điện từ sinh ra từ các thiết bị liên lạc không dây cầm tay và gắn trên cơ thể.

và IEC 62209-2: Mô hình người, thiết bị và quy trình sử dụng đo độ hấp thụ sóng điện từ sinh ra từ các thiết bị liên lạc không dây cầm tay và gắn trên cơ thể.

Quy trình gồm 3 bước chính:

Bước 1: Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, hệ thống.

Bước 2: Chạy kiểm tra hệ thống.

Bước 3: Thực hiện đo kiểm 2 bước: Thực hiện quét vùng và quét thu phóng, ghi nhận kết quả.

2.3.2.1. Chuẩn bị dung dịch mô phỏng

Các đặc điểm của mô hình phantom (kích thước và hình dạng) phải tương tự như phần đầu của người trưởng thành. Mô hình phải sử dụng vật liệu có chất điện môi và các đặc tính tương đương với mô đầu con người. Vỏ của phantom bao gồm cả miếng đệm tai phải được chế tạo từ vật liệu có hằng số điện môi và suy hao thấp, với hằng số điện môi ≤ 5 và suy hao $\leq 0,05$.

Các đặc tính điện môi của chất lỏng được sử dụng trong phantom phải là những đặc tính được liệt kê trong bảng sau:

Bảng 2.3: Tính chất điện môi của dung dịch tương đương mô

| Tần số MHZ | Hằng số điện môi (ϵ_r) | Suất dẫn điện (σ) S/m |
|-----------------------|---|--|
| 300 | 45,3 | 0,87 |
| 450 | 43,5 | 0,87 |
| 835 | 41,5 | 0,90 |
| 900 | 41,5 | 0,97 |
| 1 450 | 40,5 | 1,20 |
| 1 800 | 40,0 | 1,40 |
| 1 900 | 40,0 | 1,40 |
| 1 950 | 40,0 | 1,40 |
| 2 000 | 40,0 | 1,40 |
| 2 450 | 39,2 | 1,80 |
| 3 000 | 38,5 | 2,40 |

Các đặc tính điện môi của chất lỏng tương đương mô phải được đo trong vòng 24 giờ trước khi các phép đo SAR:

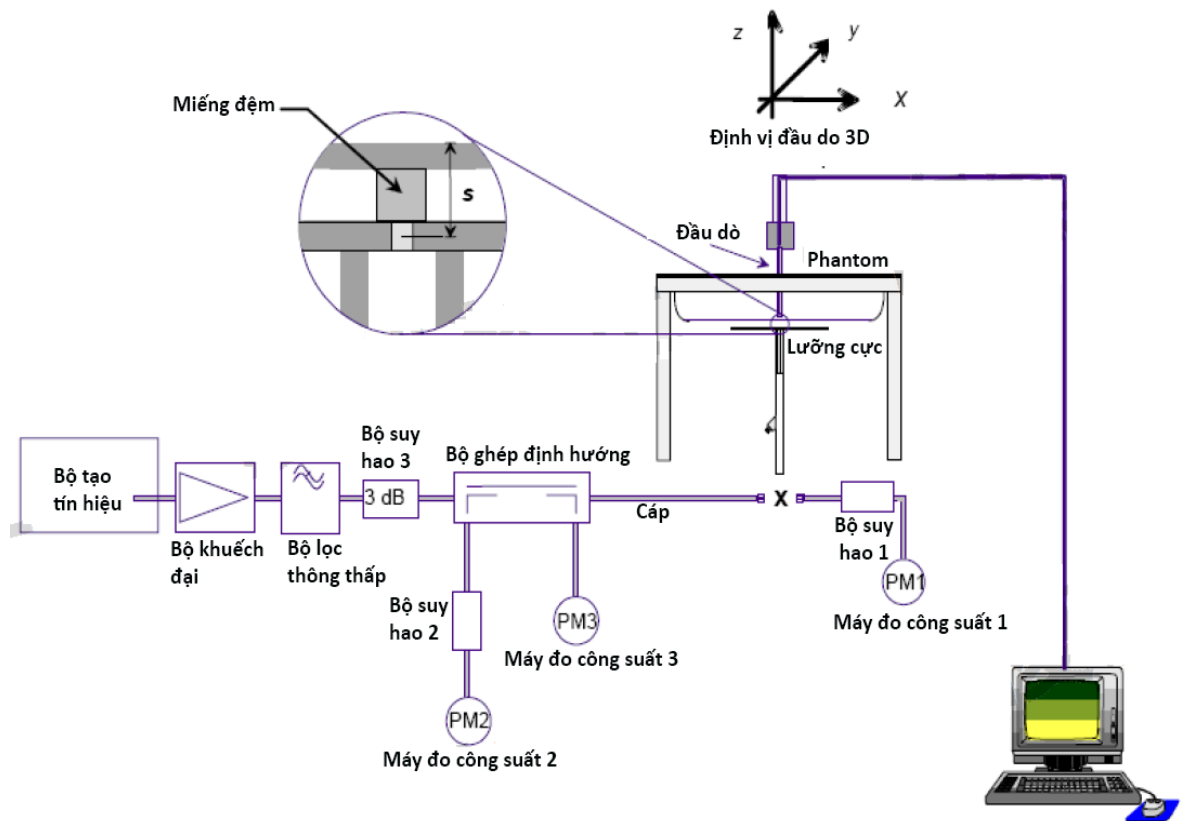
- Đối với các tần số trên 300 MHz nhưng dưới 2 GHz, độ dẫn điện đo được và hằng số điện môi phải nằm trong khoảng $\pm 5\%$ giá trị trong Bảng 2.3

- Đối với các tần số trong dải từ 2 GHz đến 3 GHz, độ dẫn đo được phải nằm trong $\pm 5\%$ các giá trị mục tiêu trong Bảng 2.3 Dung sai của khả năng cho phép tương đối đo được phải không quá $\pm 10\%$.
- Để giảm thiểu phản xạ từ bề mặt trên của chất lỏng mô phỏng mô thì độ sâu ít nhất phải là 15 cm, xấp xỉ khoảng cách giữa hai tai của đầu người thông thường. Chất lỏng phải được khuấy đều cẩn thận trước khi đo, và không được có bọt khí. Độ nhớt của chất lỏng không được ảnh hưởng tới chuyển động của đầu dò.

2.3.2.2. Kiểm tra hệ thống

Mục đích của việc kiểm tra hệ thống là để xác minh rằng hệ thống hoạt động đúng với các thông số kỹ thuật của nó. Việc kiểm tra hệ thống sẽ được thực hiện để phát hiện sự sai lệch có thể xảy ra và những điểm không ổn định trong hệ thống, như là:

- thay đổi các thông số dung dịch, ví dụ, do nước bốc hơi hoặc thay đổi nhiệt độ
- lỗi thành phần
- lệch thành phần
- lỗi của người vận hành trong thiết lập hoặc các thông số phần mềm
- các điều kiện bất lợi trong hệ thống, ví dụ, nhiễu RF



Hình 2.3: Cài đặt kiểm tra hệ thống

Đầu tiên máy đo công suất PM1 (bao gồm cả bộ suy hao Att1) được kết nối với cáp để đo công suất chuyển tiếp tại vị trí của đầu nối lưỡng cực (X). Bộ tạo tín hiệu được điều chỉnh cho công suất chuyển tiếp mong muốn tại đầu nối lưỡng cực (có tính đến sự suy giảm của (Att1) được đo bởi đồng hồ đo điện PM1. Sau khi kết nối cáp với lưỡng cực, tín hiệu máy phát được điều chỉnh lại để có cùng số đọc tại máy đo công suất PM2 [9].

Các yêu cầu về thành phần và thiết bị như sau:

- Bộ tạo tín hiệu và bộ khuếch đại phải ổn định (sau khi khởi động). Nếu bộ tạo tín hiệu có thể cung cấp từ 15 dBm trở lên, thì ta sẽ không cần phải sử dụng tới một bộ khuếch đại. Một số bộ khuếch đại công suất cao sẽ không hoạt động ở mức thấp hơn nhiều so với công suất đầu ra tối đa của chúng.

- Bộ lọc thông thấp được chèn sau bộ khuếch đại làm giảm ảnh hưởng của sóng hài và nhiễu từ bộ khuếch đại. Đối với hầu hết các bộ khuếch đại trong hoạt động bình thường, bộ lọc là không cần thiết.
- Bộ suy hao lắp ngay sau bộ khuếch đại cải thiện sự phù hợp nguồn và độ chính xác của cảm biến đo công suất.
- Bộ ghép định hướng (hệ số ghép -20 dB được khuyến nghị) được sử dụng để giám sát công suất chuyển tiếp và điều chỉnh đầu ra bộ tạo tín hiệu để có công suất chuyển tiếp không đổi. Một bộ ghép chất lượng trung bình là đủ vì các tải (lưỡng cực và đầu nguồn) đều phù hợp.
- Máy đo công suất PM2 và PM3 phải có độ trôi thấp và độ phân giải $0,01$ dBm.

2.3.2.3. Tần số kiểm tra

Một thiết bị phải tương thích với các tiêu chuẩn phơi nhiễm hiện hành ở tất cả các kênh được truyền bởi thiết bị. Tuy nhiên, việc thử nghiệm ở mọi kênh là không thực tế và không cần thiết. Đối với mỗi chế độ hoạt động của thiết bị cầm tay, các thử nghiệm phải được thực hiện ở kênh gần tâm nhất của mỗi dải tần số phát. Nếu độ rộng của tần số phát băng tần, ($\Delta f = f_{high} - f_{low}$) vượt quá 1% tần số trung tâm f_c của nó, khi đó các kênh tại các tần số thấp nhất và cao nhất của băng tần phát cũng cần được kiểm tra. Hơn nữa, nếu chiều rộng của băng tần phát vượt quá 10% tần số trung tâm của nó, công thức sau đây sẽ được sử dụng để xác định số lượng kênh, N_c , sẽ được kiểm tra:

$$N_c = 2 * roundup[10 * (f_{high} - f_{low}) / f_c] + 1 \quad (2.4)$$

Trong đó:

- f_c là tần số trung tâm của dải tính bằng hertz
- f_{high} là tần số cao nhất trong băng tần tính bằng hertz
- f_{low} là tần số thấp nhất trong dải tính bằng hertz
- N_c là số kênh
- Δf là độ rộng của dải tần phát tính bằng hertz

2.3.2.4. Các bước thực hiện

Các bước thực hiện chính bao gồm:

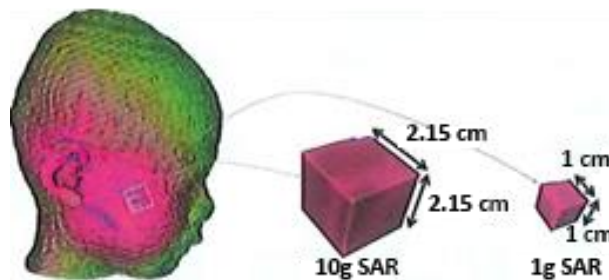
Bước 1: Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, hệ thống.

Bước 2: Chạy kiểm tra hệ thống.

Bước 3: Thực hiện đo kiểm 2 bước: Thực hiện quét vùng và quét thu phóng, ghi nhận kết quả.

Trên thế giới hiện đang có hai phương pháp thử đang được sử dụng rộng rãi, tương ứng là hai ngưỡng yêu cầu khác nhau. Phương pháp thử theo FCC/IEEE được sử dụng tại Bắc Mỹ, Hàn Quốc và ICNIRP được sử dụng ở phần lớn các nước còn lại.

Hai phương pháp thử nêu trên khác nhau chủ yếu ở cách tính toán giá trị trung bình. Phương pháp thử đang được FCC sử dụng tính toán tỷ lệ hấp thụ trên 1 gram mô (theo hình lập phương) tại đầu và thân còn phương pháp theo ICNIRP tính toán trên 10 gram mô. Như ta đã biết, cường độ sóng điện từ sẽ giảm dần theo khoảng cách, càng xa nguồn phát thì cường độ càng giảm, do đó tỷ lệ hấp thụ sẽ giảm. Vì vậy, tỷ lệ hấp thụ càng đi sâu vào mô thì càng giảm nên có thể thấy phương pháp đo theo yêu cầu của FCC sẽ cho ra giá trị lớn hơn phương pháp đo theo ICNIRP, có nghĩa là yêu cầu đối với thiết bị khắt khe hơn. Tất cả các phương pháp đo đều yêu cầu lấy mẫu tại khu vực hấp thụ lớn nhất.

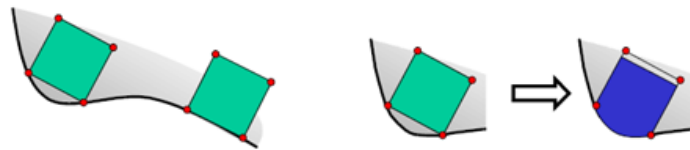


Hình 2.4: Yêu cầu lấy mẫu tính toán độ hấp thụ

Thể tích trung bình phải có dạng hình khối với kích thước cạnh thiết lập khối lượng 1 g hoặc 10 g. Chiều dài cạnh của khối lập phương 1 g phải là 10 mm, và chiều dài cạnh của hình lập phương 10 g phải là 21,5 mm.

a) *Phương pháp ba điểm*

Một mặt khối lập phương có thể được gắn vào bề mặt phantom bằng cách định hướng nó sao cho ba đỉnh của nó là trùng với bề mặt. Vị trí của năm đỉnh còn lại của hình lập phương có thể được xác định sau đó. Không gian giữa khối lập phương và bề mặt phantom phải được bao gồm trong khối lượng trung bình vì có thể đó là vùng có chỉ số SAR cao. Điều này có thể được thực hiện bằng cách làm biến dạng bề mặt của khối để phù hợp với bề mặt lõm bên trong của phantom, sau đó làm biến dạng bề mặt đối diện của khối lập phương theo cách tương tự để duy trì khối lượng trung bình 1 g hoặc 10 g. Ba điểm định vị nên được quét qua bề mặt phantom để đánh giá tối đa SAR xảy ra trên bất kỳ hình khối 1 g hoặc 10 g nào [8].



Hình 2.5: Phương pháp ba điểm

b) Phương pháp mặt tiếp tuyến

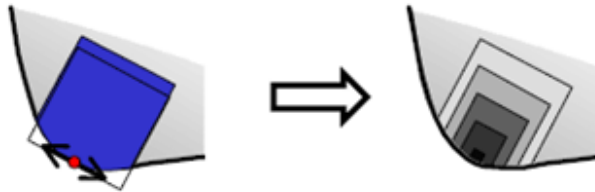
Một phương pháp khác là chọn một điểm trên bề mặt hình nộm và xác định đây là tâm của một mặt khối lập phương. Hai vectơ tiếp tuyến sau đó được đánh giá và chúng có thể được sử dụng để sắp xếp bề mặt của khối lập phương tiếp tuyến với bề mặt phantom. Phần còn lại các mặt của khối lập phương sau đó được đặt trước khi khối lập phương được quay theo một vectơ pháp tuyến đối với bề mặt phantom để đánh giá SAR trung bình theo không gian đỉnh. Mặt đối diện của khối lập phương là mặt kéo dài hoặc co lại để duy trì khối lượng trung bình 1 g hoặc 10 g. Các khối lập phương phải được quét và xoay tại các điểm dọc theo bề mặt của phantom để tìm SAR tối đa trên bất kỳ khối 1 g hoặc 10 g nào [8].



Hình 2.6: Phương của mặt tiếp tuyến

c) Phương pháp tính trung bình

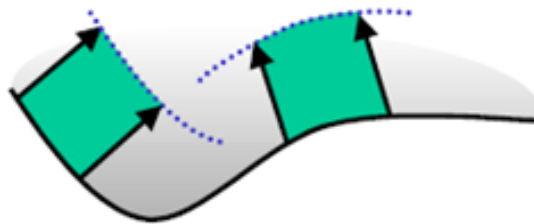
Mục tiêu chính là thu được khối lượng trung bình là 1 g hoặc 10 g. Để đạt được điều này, điểm SAR có thể được thêm từng lớp để làm cho khối lập phương tăng lên cho đến khi khối lượng của nó vượt quá 1 g hoặc 10 g [8].



Hình 2.7: Phương pháp lấy trung bình

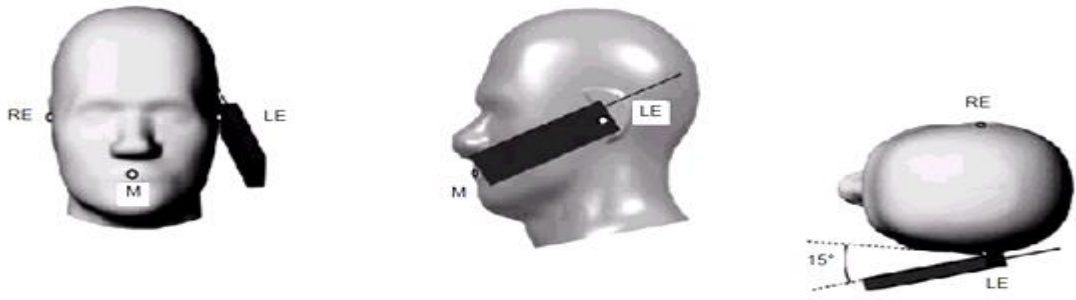
d) Phương pháp chiết trung bình

Các giá trị SAR trung bình theo không gian đỉnh được tìm thấy bằng cách di chuyển khối trung bình qua một vùng đã chọn, ví dụ: một khu vực có SAR cục bộ cao hơn một số tiêu chí. Quá trình quét khối có thể được thực hiện song song với bề mặt của phantom. Điều này đảm bảo rằng thể tích di chuyển gần với hình dạng khối lập phương và phù hợp với bề mặt [8].



Hình 2.8: Phương pháp chiết trung bình

Thiết bị phải được thử nghiệm tại tất cả các bề mặt mà người dùng có thể tiếp xúc trong quá trình sử dụng. Do vậy, với mỗi mẫu thử, tại mỗi một vị trí thử, mẫu thử sẽ được thử tại nhiều hướng (trên, dưới, trái, phải ...). Tại mỗi vị trí thử nghiệm, mẫu thử sẽ được thử hai lần: theo phương nằm ngang và nghiêng một góc 15°.

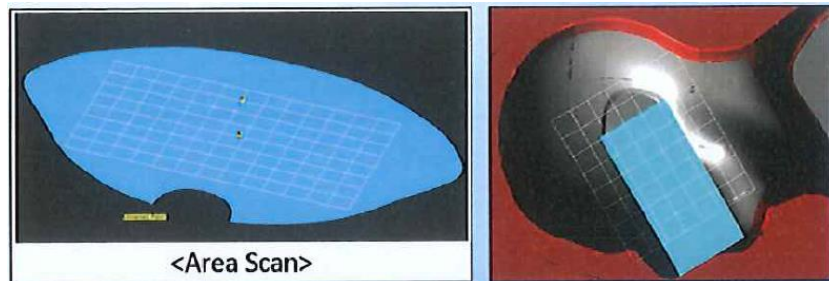


(RE: điểm tham khảo phải; LE: điểm tham khảo trái; M: điểm tham khảo miệng)

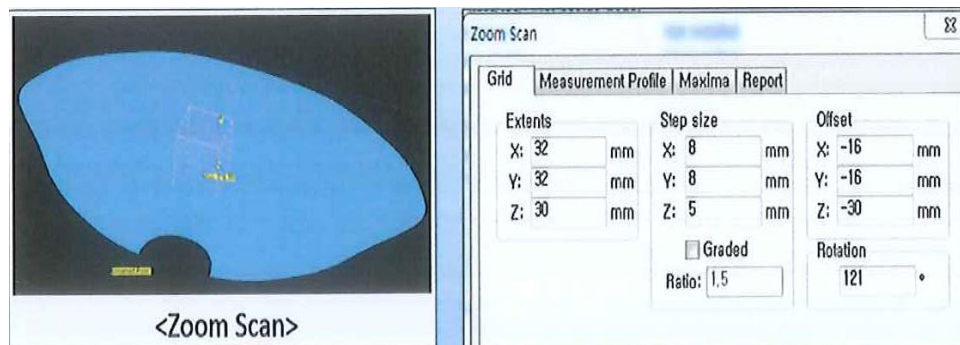
Hình 2.9: Vị trí thử nghiệm

Có hai giai đoạn để đo giá trị hấp thụ: quét vùng (area scan) và quét thu phóng (zoom scan). Quét vùng là quá trình đầu đo sẽ đo trên một khoảng diện tích lớn hơn vật cần đo. Khoảng cách lưới tối đa là 20mm đối với tần số bằng hoặc dưới 3GHz và $60/f(\text{GHz})$ mm đối với tần số trên 3GHz. Sau khi đo toàn bộ phần diện tích, thiết bị sẽ nhận biết được vùng có giá trị SAR lớn nhất để tiến hành đo kỹ hơn tại khu vực đó, quá trình sau gọi là quét thu phóng.

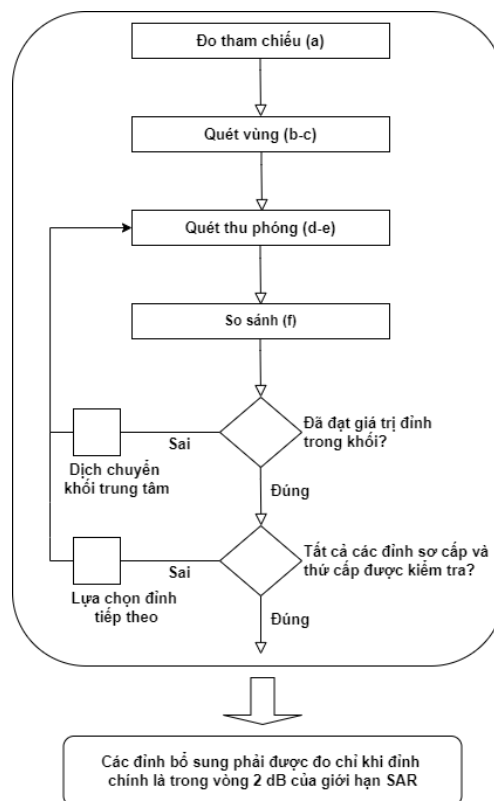
Quá trình quét thu phóng là quá trình đầu đo sẽ dịch chuyển theo ba phương x, y, z tại mỗi vị trí đo thay vì hai phương như quét vùng. Trong cả hai quá trình quét vùng và quét thu phóng, phần mềm sẽ chia khu vực cần đo ra theo dạng lưới (ma trận), khoảng cách giữa các điểm đo phụ thuộc vào tần số bước sóng của thiết bị phát. Ví dụ đối với Zoom scan, khoảng cách các điểm sẽ bằng $24/f$ mm tuy nhiên không được nhỏ hơn 8 mm, với f là tần số phát sóng tính theo GHz.



Hình 2.10: Quá trình quét vùng (area scan)



Hình 2.11: Quá trình quét thu phóng (zoom scan)

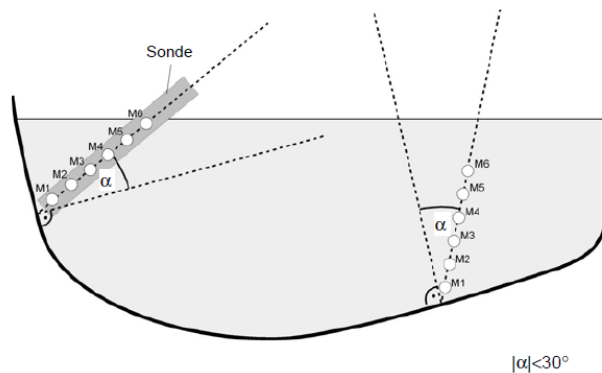


Hình 2.12: Sơ đồ các bước thực hiện

Cụ thể:

- Đo SAR cục bộ tại điểm thử nghiệm trong vòng 10 mm trở xuống theo hướng từ bề mặt bên trong của hình nộm. Điểm kiểm tra gần tại;
- Đo sự phân bố SAR trong phantom (quét vùng area scan). SAR phân bố được quét dọc theo bề mặt bên trong của một bên của đầu phantom, ít nhất là cho một khu vực lớn hơn hình chiếu của điện thoại và ăng-ten. Bước lưới không gian phải nhỏ hơn 20 mm. Nếu sử dụng quét bề mặt, thì khoảng cách giữa các

tâm của các lưỡng cực đầu dò và bề mặt bên trong của hình nộm phải nhỏ hơn hoặc bằng 8,0 mm ($\pm 1,0$ mm). Tại tất cả các điểm đo, góc của đầu dò so với đường bình thường đối với bề mặt được khuyến nghị không được nhỏ hơn 30° (xem Hình 2.17); Nếu góc lớn hơn 30° và khoảng cách đo gần hơn một đường kính đầu dò, thì hiệu ứng biên có thể trở nên lớn hơn và phụ thuộc vào sự phân cực.



Hình 2.13: Định hướng của đầu dò so với đường bình thường so với bề mặt

- c) Từ phân phối SAR đã quét, xác định vị trí của giá trị SAR tối đa, như cũng như các vị trí của giá trị SAR bất kỳ cực đại nào trong khoảng 2 dB so với giá trị tối đa giá trị không nằm trong khu vực quét thu phóng (zoom scan).
- d) Đo SAR với bước lưới từ 8 mm trở xuống với kích thước tối thiểu là 30 mm chiều sâu 30 mm và 30 mm (quét thu phóng). Bước lưới theo chiều dọc hướng phải nhỏ hơn hoặc bằng 5 mm. Các lưới riêng biệt sẽ được tập trung vào mỗi điểm SAR cực đại được xác định trong bước c).
- e) Sử dụng các quy trình nội suy và ngoại suy được định nghĩa mô tả trong đề xác định các giá trị SAR cục bộ ở độ phân giải không gian cần thiết để tính trung bình khối lượng;
- f) Độ lệch của phép đo là sự khác biệt giữa SAR được đo trong bước f) và a), phải được ghi vào độ không đảm bảo đo.

Kết luận chương 2:

Chương này đã xét tới một vài phương pháp và quy trình đo phơi nhiễm điện từ từ các thiết bị điện tử, cầm tay sử dụng gần con người. Thứ nhất là về hệ thống đo

trường ngoài và hệ thống đo trường bên trong, các kỹ thuật đo SAR này đang gặp thách thức rất lớn về thời gian đo và tính chính xác trong xác định SAR của thiết bị. Để giải quyết bài toán này, chúng ta sử dụng hệ thống DASY52 cùng các phương pháp, kỹ thuật để ước lượng nhanh, cho phép ta có quy trình đo đơn giản và hiệu quả nhằm xác định giá trị cực đại SAR của thiết bị điện tử có sử dụng ăng ten thu phát sóng. Cụ thể, ưu điểm của hệ thống DASY52 có thể thấy như sau:

Bảng 2.4: Bảng so sánh các hệ thống đo SAR

| Hệ thống Đặc điểm | Hệ thống DASY52 | Hệ thống đo trường ngoài Hệ thống đo trường trong |
|------------------------------------|--|--|
| Tốc độ xử lý | Sử dụng hoàn toàn là máy móc, thiết bị tự động cùng các công nghệ mới nhất được tích hợp, nên tốc độ tính toán xử lý rất cao, thời gian đo kiểm ngắn | Sử dụng các thiết bị cũ và chủ yếu là do con người thao tác, rồi đưa vào tính toán xử lý. Do đó tốc độ chậm, thời gian xử lý lớn |
| Quy trình vận hành | Quy trình đơn giản do hầu hết là tự động hóa | Quy trình phức tạp, nhiều thao tác của con người vận hành |
| Độ chính xác | Độ chính xác cao, sai số rất thấp | Độ chính xác chưa cao |
| Hiệu quả | Hiệu quả về thời gian, kinh tế | Chưa thực sự hiệu quả |

CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG QUY TRÌNH ĐO PHƠI NHIỄM

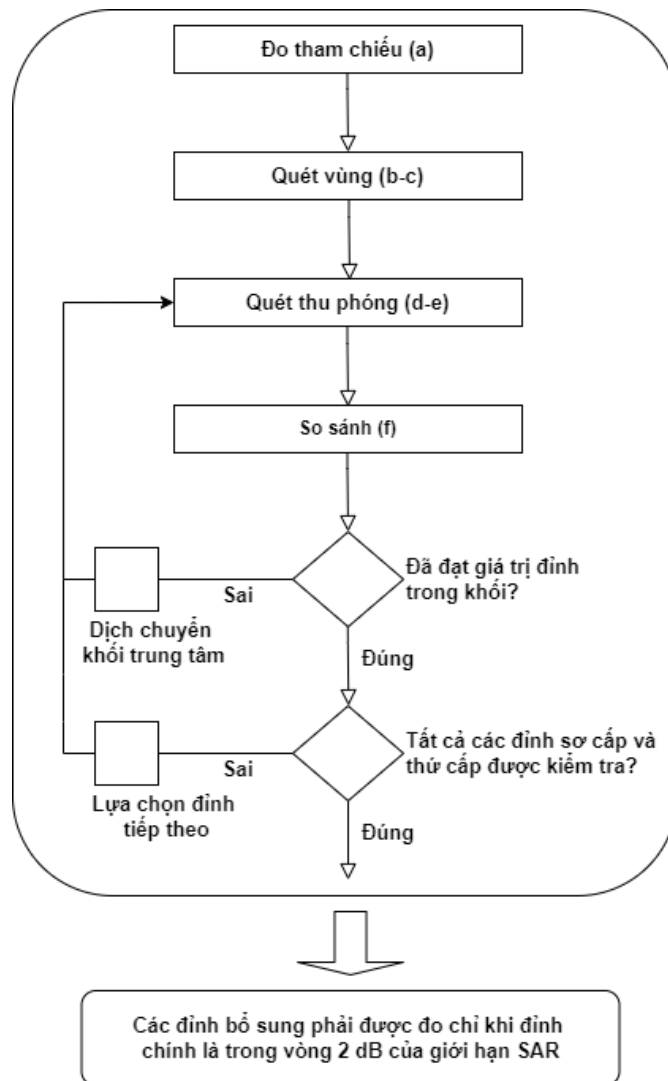
Chương 3 sẽ đi vào triển khai đo thực tế tỷ lệ hấp thụ SAR trên thiết bị di động cụ thể, để thấy được những ưu điểm của hệ thống mới DASY52 như đã nêu ở chương 2. Từ đó rút ra nhận xét, kết luận về các kết quả thu được.

Quy trình thử nghiệm của phương pháp này gồm 3 bước:

Bước 1: Chuẩn bị dụng cụ, thiết bị, hệ thống.

Bước 2: Chạy kiểm tra hệ thống.

Bước 3: Thực hiện đo kiểm 2 bước: Thực hiện quét vùng và quét thu phóng, ghi nhận kết quả.



Có hai bước đo cơ bản để đo giá trị hấp thụ là: quét vùng và quét thu phóng. Quét vùng sẽ đo trên một khoảng diện tích lớn hơn vật cần đo. Đo trong một không


gian hình lập phương xung quanh điểm có giá trị SAR lớn nhất trong mặt phẳng đo ở bước đo quét vùng, quá trình này gọi là quét thu phóng. Trong cả hai quá trình quét vùng và quét thu phóng, phần mềm sẽ chia khu vực cần đo ra theo dạng lưới (ma trận), khoảng cách giữa các điểm đo phụ thuộc vào tần số bước sóng của thiết bị phát. Giá trị SAR lớn nhất cần được xác định là giá trị SAR trung bình theo không gian.

3.1. Thiết bị đo

3.1.1. Đầu dò trường E

Đầu dò được thiết kế và hiệu chuẩn đặc biệt để sử dụng trong chất lỏng ở các tần số khác nhau. Đầu dò này được tích hợp hệ thống phát hiện bề mặt quang học để tránh tiếp xúc với hình nộm.

Bảng 3.1: Thiết bị đầu dò trường E

| Đầu dò EX3DV4 | | |
|----------------------|--|---|
| Cấu tạo | Thiết kế đối xứng với lõi tam giác. Được che chắn tích hợp chống lại các điện tích tĩnh bằng vật liệu bao bọc PEEK (chịu được trong môi trường có các chất dung môi hữu cơ..., DGBE) |  |
| Tần số | 10MHz – 6GHz Trực tính: $\pm 0.2\text{dB}$ (30MHz-6GHz) | |
| Định hướng | $\pm 0.3\text{ dB}$ trong TSL (quay quanh trục đầu dò) $\pm 0.5\text{ dB}$ trong TSL (quay bình thường sang trục đầu dò) | |
| Dải động | $10\mu\text{W/g}$ - 100mW/g Trực tính: $\pm 0.2\text{dB}$ (nhiều: thường $< 1\mu\text{W/g}$) | |
| Kích thước | Chiều dài: 337mm Đường kính đầu dò: 2,5mm Khoảng cách từ đầu dò tới tâm lưỡng cực: 1mm | |

3.1.2. Bộ thu thập dữ liệu điện


Thiết bị điện tử thu thập dữ liệu (DAE) bao gồm một bộ khuếch đại điện kế có độ nhạy cao với khả năng tự động quy về không, một kênh và bộ ghép kênh chuyển mạch, một bộ chuyển đổi nhanh AD16 bit và một bộ giải mã lệnh và đơn vị điều khiển logic. Việc truyền dữ liệu xuống máy chủ được thực hiện thông qua một đường xuống quang cho dữ liệu và thông tin trạng thái cũng như một đường lên quang cho các lệnh và đồng hồ.



Hình 3.1: Hình ảnh của DAE

3.1.3. Phantom


Bảng 3.2: Hình nộm SAM Twin

| SAM Twin | | |
|-------------------------|---|--|
| Độ dày vỏ | 0 ± 0.2 mm Điểm giữa tai 6 ± 0.2 mm |  |
| Thể tích lắp đầy | 25 lít | |
| Kích thước | Dài: 1000mm Rộng: 500 mm Cao: có thể điều chỉnh | |
| Khu vực đo | Tay trái, tay phải, hình nộm phẳng | |

Một nắp màu trắng được sử dụng để chạm vào hình nộm trong thời gian nghỉ để ngăn chặn sự bay hơi của nước và thay đổi các thông số của dung dịch. Ở trên đỉnh

của hình nộm được đánh dấu ba điểm tham chiếu được cung cấp sẵn để xác định vị trí hình nộm với cánh tay rô bốt.

Bảng 3.3: Hình nộm ELI

| Hình nộm ELI | | |
|-------------------------|--|---|
| Độ dày vỏ | 2 ± 0.2 mm (độ vồng: <1%) |  |
| Thể tích lấp đầy | 30 lít | |
| Kích thước | Chục elip chính: 600mm Trục nhỏ: 400 mm | |

Phantom ELI được thiết kế để kiểm tra sự tuân thủ của các thiết bị không dây cầm tay và gắn trên cơ thể trong dải tần từ 30MHz đến 6GHz. ELI4 tương thích với chất lỏng mô phỏng tiêu chuẩn và các dung dịch mô phỏng mô đã biết.

3.1.4. Thiết bị giữ

Được sử dụng kết hợp với phantom SAM V5.0/V5.0c hoặc ELI. Thiết bị gắn cho máy thu phát sóng cầm tay cho phép xoay thiết bị được gắn trên nó đến các vị trí, tọa độ mong muốn. Ở đầu, trục quay ở vị trí lỗ tai mô phỏng khi con người sử dụng thiết bị di động. Giá đỡ thiết bị có thể được khóa để định vị các phần phantom ở các khu vực khác nhau (đầu trái, đầu phải, mặt phẳng). Dễ dàng để gắn nhiều loại thiết bị có kích thước khác nhau như điện thoại thông minh, sách điện tử, máy tính bảng, ...



Hình 3.2: Thiết bị giữ cho phép gắn các thiết bị thu phát sóng cầm tay

Phần mở rộng có trọng lượng nhẹ và được làm từ POM, thủy tinh acrylic và bọt xốp. Nó dễ dàng vừa khít với phần trên của thiết bị được gắn vào với điện thoại. Bộ phận mở rộng này phù hợp với cả phantom SAM Twin và ELI.



Hình 3.3: Bộ phận mở rộng cho phép gắn laptop và các thiết bị đeo

3.1.5. Dung dịch mô phỏng

Đối với phép đo phân bố trường bên trong phantom SAM bằng DASY, phantom phải chứa khoảng 25 lít chất lỏng mô phỏng mô cơ thể đồng nhất. Đối với thử nghiệm ảnh hưởng của SAR trên phần đầu, chiều cao dung dịch từ điểm chuẩn của tai (ERP) của phantom đến bề mặt trên 45cm của chất lỏng lớn hơn 15 cm.



Hình 3.4: Chiều cao của dung dịch

Thành phần của dung dịch có thể được sửa đổi cho phù hợp để đạt được các thông số mô phỏng mô mong muốn cần thiết để đánh giá SAR thông thường.

Bảng 3.4: Thành phần dung dịch mô phỏng

| Phần đầu | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|----------------------|---------------------|
| Tần số (MHz) | Nước (%) | Đường (%) | Cellulose | Muối (%) | Preventol | DGBE (%) | Suất dẫn điện (σ) | Hằng số điện môi |

| | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------------------|
| | | | (%) | | (%) | | | (ϵ_r) |
| 835 | 40.3 | 57.9 | 0.2 | 1.4 | 0.2 | 0 | 0.90 | 41.5 |
| 1800, 1900, 2000 | 55.2 | 0 | 0 | 0.3 | 0 | 44.5 | 1.40 | 40.0 |

Kết quả kiểm tra thông số điện môi mô:

Bảng 3.5: Kết quả kiểm tra thông số điện môi dung dịch mô phỏng

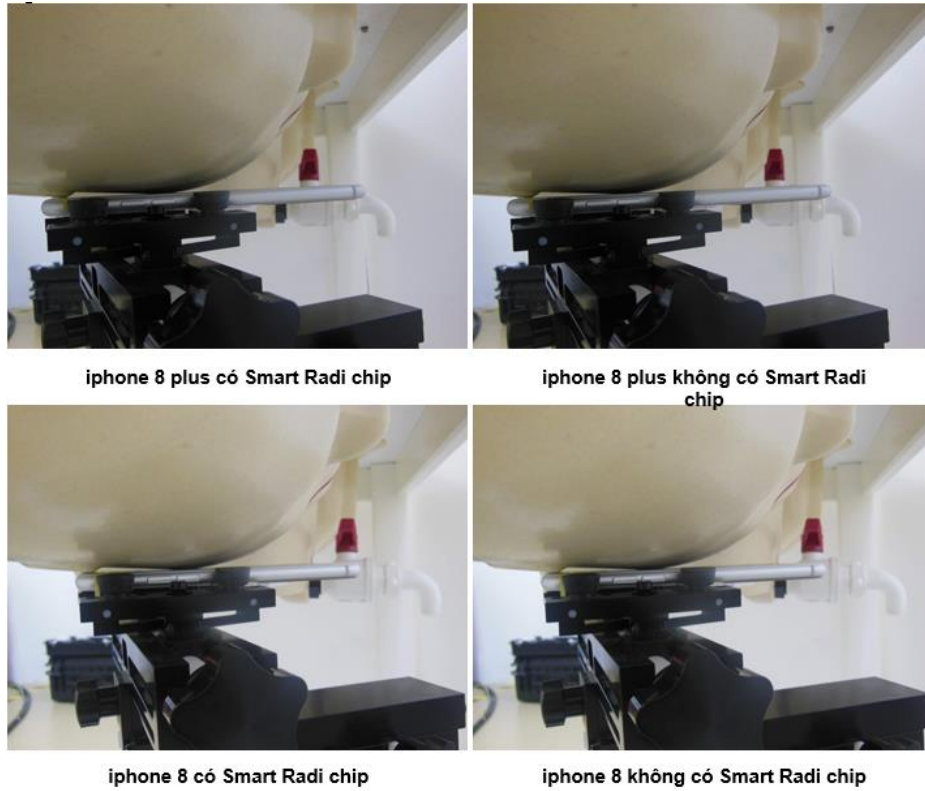
| Tần số (MHz) | Loại mô | Nhiệt độ dung dịch ($^{\circ}\text{C}$) | Suất dẫn điện (σ) | Hằng số điện môi (ϵ_r) | Suất dẫn điện mong muốn (σ) | Hằng số điện môi mong muốn (ϵ_r) | Delta (σ) (%) | Delta (ϵ_r) (%) | Giới hạn (%) |
|-----------------|----------|---|-------------------------------|---|--|--|------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 835 | Phần đầu | 22.8 | 0.927 | 42.674 | 0.90 | 41.50 | 3.00 | 2.83 | ± 5 |
| 1900 | Phần đầu | 22.9 | 1.427 | 41.191 | 1.40 | 40.00 | 1.93 | 2.98 | ± 5 |

3.2. Kết quả đo

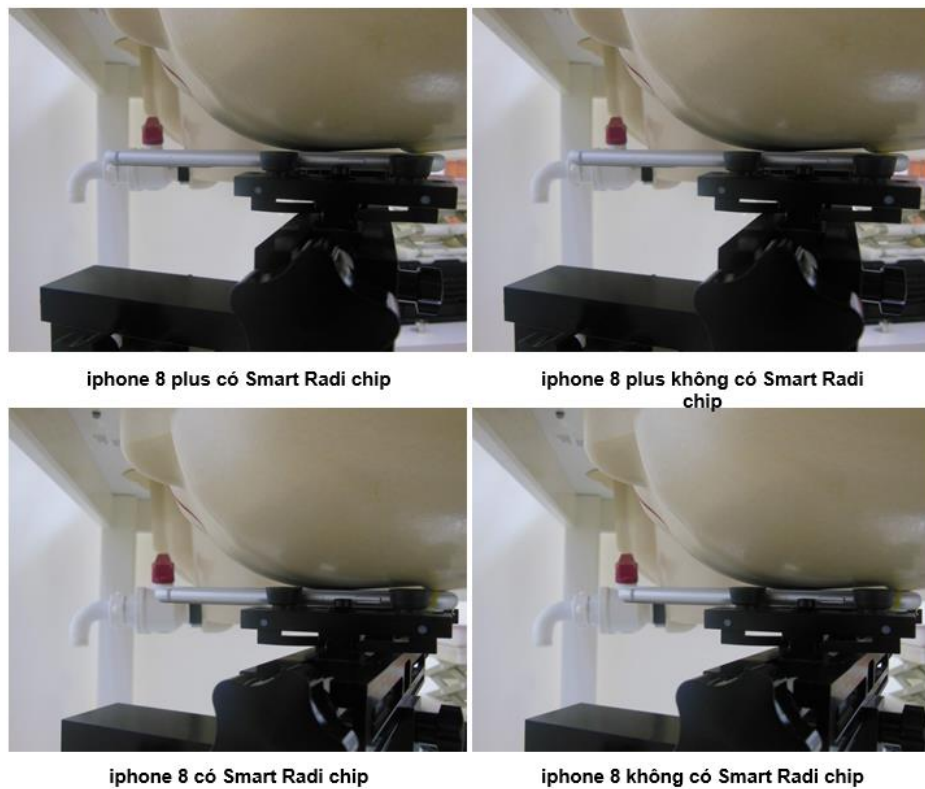
Công nghệ Cellsafe® Radi Chip™ bao gồm nhiều lớp vật liệu hấp thụ sóng có công thức đặc biệt, kết hợp với một chip PCB và RF thụ động được thiết kế đặc biệt. Các lớp này hấp thụ hầu hết tín hiệu RF được truyền từ ăng-ten của điện thoại di động trong khi chip điều khiển PCB và phân tán tín hiệu về phía sau điện thoại.



Hình 3.5: Mẫu thử iphone 8 plus và iphone 8



Hình 3.6: Vị trí má phải



Hình 3.7: Vị trí má trái

Bảng 3.6: Kết quả SAR của mẫu iphone 8/ iphone 8 plus

| TT | Băng tần | Chế độ | Vị trí | Kênh | Tần số (MHz) | Mẫu thử | Dùng Smart Radi chip | Đo trên 1g SAR (W/kg) | Đo trên 10g SAR (W/kg) |
|-----|---------------|--------------|------------|------|--------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| #01 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má phải | 4182 | 836.4 | iphone 8 plus | Có Chip1 | 0.118 | 0.082 |
| #02 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má phải | 4182 | 836.4 | iphone 8 plus | Không có | 0.201 | 0.139 |
| #03 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má trái | 4182 | 836.4 | iphone 8 plus | Có Chip1 | 0.161 | 0.111 |
| #04 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má trái | 4182 | 836.4 | iphone 8 plus | Không có | 0.258 | 0.178 |
| #05 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má phải | 4182 | 836.4 | iphone 8 | Có Chip1 | 0.120 | 0.084 |
| #06 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má phải | 4182 | 836.4 | iphone 8 | Không có | 0.244 | 0.170 |
| #07 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má trái | 4182 | 836.4 | iphone 8 | Có Chip1 | 0.157 | 0.108 |
| #08 | WCDMA Band V | RMC 12.2Kbps | Má trái | 4182 | 836.4 | iphone 8 | Không có | 0.308 | 0.215 |
| #09 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Má phải | 9400 | 1880 | iphone 8 plus | Có Chip1 | 0.193 | 0.111 |
| #10 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Má phải | 9400 | 1880 | iphone 8 plus | Không có | 0.550 | 0.315 |
| #11 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Má trái | 9400 | 1880 | iphone 8 plus | Có Chip1 | 0.140 | 0.084 |
| #12 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Má trái | 9400 | 1880 | iphone 8 plus | Không có | 0.282 | 0.173 |
| #13 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Má phải | 9400 | 1880 | iphone 8 | Có Chip1 | 0.171 | 0.100 |
| #14 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Má phải | 9400 | 1880 | iphone 8 | Không có | 0.921 | 0.529 |
| #15 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Left Cheek | 9400 | 1880 | iphone 8 | Có Chip1 | 0.134 | 0.080 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------------------|-----------------|---------------|------|------|----------|----------|-------|-------|
| #16 | WCDMA Band II | RMC 12.2Kbps | Left Cheek | 9400 | 1880 | iphone 8 | Không có | 0.442 | 0.263 |
|-----|------------------|-----------------|---------------|------|------|----------|----------|-------|-------|

Giá trị SAR cao nhất được tìm thấy trong quá trình thử nghiệm đối với mẫu iphone8 và iphone8 plus có và không sử dụng chip smart radi, như sau:

Bảng 3.7: Kết quả đo giá trị SAR bằng DASY52

| Kết quả đo được bằng hệ thống DASY52 | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|
| Băng tần | | Giá trị SAR cao nhất | | | |
| | | Sử dụng Smart Radi chip | | Không sử dụng Smart Radi chip | |
| | | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) |
| iphone 8 plus | WCDMA Band V | 0.161 | 0.111 | 0.258 | 0.178 |
| | WCDMA Band II | 0.193 | 0.111 | 0.550 | 0.315 |
| iphone 8 | WCDMA Band V | 0.157 | 0.108 | 0.308 | 0.215 |
| | WCDMA Band II | 0.171 | 0.100 | 0.921 | 0.529 |

3.3. Kết luận và kiến nghị

Để thấy được tính hiệu quả của hệ thống DASY52, ta sử dụng phép đo SAR bằng đầu dò trường E cấy được, đẳng hướng với đường trở kháng cao. Chỉ số SAR có thể tính toán được theo công thức (2.1), thu được kết quả:

Bảng 3.8: Kết quả đo giá trị SAR bằng đầu dò trường E

| Kết quả đo được bằng đầu dò trường E | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|
| Băng tần | | Giá trị SAR cao nhất | | | |
| | | Sử dụng Smart Radi chip | | Không sử dụng Smart Radi chip | |
| | | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) |
| iphone 8 plus | WCDMA Band V | 0.121 | 0.089 | 0.205 | 0.128 |
| | WCDMA Band II | 0.154 | 0.109 | 0.350 | 0.240 |

| | | | | | |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| iphone 8 | WCDMA Band V | 0.133 | 0.106 | 0.201 | 0.210 |
| | WCDMA Band II | 0.142 | 0.120 | 0.788 | 0.419 |

Sử dụng phương pháp đo dòng điện tiếp xúc theo quy trình đo trường ngoài. Nối một thiết bị đo dòng điện vào giữa tay và điện thoại di động để đo dòng điện tiếp xúc.

Bảng 3.9: Kết quả đo giá trị SAR bằng phương pháp đo dòng điện tiếp xúc

| Kết quả đo được bằng phương pháp đo dòng điện tiếp xúc | | | | | |
|---|---------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Băng tần | | Giá trị SAR cao nhất | | | |
| | | Sử dụng Smart Radi chip | | Không sử dụng Smart Radi chip | |
| | | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) |
| iphone 8 plus | WCDMA Band V | 0.130 | 0.100 | 0.240 | 0.108 |
| | WCDMA Band II | 0.173 | 0.097 | 0.450 | 0.265 |
| iphone 8 | WCDMA Band V | 0.107 | 0.101 | 0.258 | 0.165 |
| | WCDMA Band II | 0.150 | 0.088 | 0.811 | 0.489 |

Thời gian đo kiểm trung bình:

Bảng 3.10: Thời gian đo trung bình

| | DASY52 | Phương pháp đầu dò trường E | Phương pháp dòng điện tiếp xúc |
|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Thời gian trung bình (phút) | 7 | 30 | 20 |

Kết quả giá trị SAR mà nhà sản xuất Apple công bố:

Bảng 3.11: Giá trị SAR theo công bố của nhà sản xuất

| Mẫu thử | Giá trị SAR cao nhất | |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | Không sử dụng Smart Radi chip | |
| | 1g SAR (W/kg) | 10g SAR (W/kg) |

| | | |
|----------------------|------|------|
| iphone 8 plus | 1.19 | 1.32 |
| iphone 8 | 1.19 | 0.99 |

(Nguồn: <https://www.apple.com/legal/rfexposure>)

Các kết quả thu được trên đều nằm trong mức giới hạn cho phép của các quốc gia trên thế giới. Từ những kết quả thu được trong Bảng 3.7, 3.8, 3.9 và 3.10, DASY52 cho phép xác định giá trị SAR lớn nhất của thiết bị vô tuyến, thiết bị điện tử có sử dụng ăng ten thu phát một cách nhanh chóng và chính xác. Ưu điểm của hệ thống này là tránh được sai số đo gây ra do thiết bị, phép tính hoặc người vận hành. Giá trị ước lượng SAR và giá trị tính toán SAR khá phù hợp với nhau. Sai số giữa giá trị ước lượng và giá trị mô phỏng rất nhỏ trong hầu hết các trường hợp.

Các thiết bị điện tử cầm tay ngày càng được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam, đây là quá trình không thể đảo ngược đặc biệt xu hướng làm việc từ xa đang được áp dụng. Do đó, để giảm thiểu ảnh hưởng xấu từ các thiết bị điện tử tới sức khỏe con người, chúng ta cần bổ sung những quy định để kiểm soát mức độ phơi nhiễm đối với những thiết bị này.

KẾT LUẬN

Trong thời gian làm luận văn tác giả đã tìm hiểu, nghiên cứu và xây dựng quy trình đo phơi nhiễm, luận văn đã được:

- Nghiên cứu về phơi nhiễm cùng các tham số
- Tìm hiểu ảnh hưởng của trường điện từ tới sức khỏe con người
- Xây dựng quy trình đo phơi nhiễm trong thực tế

Song song với quy trình đo phơi nhiễm đã được Bộ thông tin và truyền thông áp dụng vào thực tế hiện nay ở Việt Nam, luận văn đã giới thiệu quy trình, phương pháp mới hiện đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới.

Với những kết quả đã đạt được, đề tài có ý nghĩa thực tiễn trong lĩnh vực đo kiểm trường điện từ đối với ngành viễn thông. Luận văn giúp người dân có nhận thức sâu sắc hơn về ảnh hưởng của sóng điện từ đối với sức khỏe con người, đặc biệt là ảnh hưởng của điện thoại di động.

Hướng phát triển của luận văn:

- Đi sâu vào nghiên cứu ảnh hưởng của trường điện từ gây ra bởi các thiết bị điện tử tới sức khỏe con người, đặc biệt là trẻ em.
- Hoàn thiện phương pháp đo phơi nhiễm theo phương pháp của FCC/IEEE.

DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Khoa học và Công nghệ (2007), *TCVN 3718-1:2005 quản lý an toàn trong trường bức xạ tần số ra-đi-ô – Phần 1: Mức phơi nhiễm lớn nhất trong dải tần từ 3kHz đến 300 GHz*.
- [2] Bộ Khoa học và Công nghệ (2007), *TCVN 3718-2:2007 quản lý an toàn trong trường bức xạ tần số ra-đi-ô – Phần 2: Phương pháp khuyến cáo để đo trường điện từ tần số ra-đi-ô liên quan đến phơi nhiễm của con người ở dải tần từ 100kHz đến 300GHz*.
- [3] Thái Hồng Nhị (2006), *Trường điện từ truyền sóng và anten*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [4] Vũ Tiến Lực (2012) – *Nghiên cứu và xây dựng quy trình đo phơi nhiễm*, Đồ án tốt nghiệp cao học Học viện công nghệ bưu chính viễn thông.
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers (2003), *IEEE Standard 1528: 2003: IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques*.
- [6] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1996), “*ICNIRP Statement: On health issues related to the use of hand-held radio telephones and base transmitters*”, published in: Health Physics 70(4):383-387, ICNIRP Publication.
- [7] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2020), “*ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 KHz to 300 GHz)*”, published in: Health Physics 118(5):483-524, ICNIRP Publication.
- [8] International Electrotechnical Commission (2016), *IEC 62209-1:2016: Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless*

communication devices - Part 1: Devices used next to the ear (Frequency range of 300 MHz to 6 GHz).

[9] International Electrotechnical Commission (2016), *IEC 62209-2:2010: Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz).*

[10] <https://wap.vinaphone.com.vn/gioi-thieu/tin-tuc/thue-bao-bang-rong-di-dong-cua-viet-nam-tang-truong-manh.html>, truy nhập tháng 01/2022.

[11] <https://kinhthedoithi.vn/43-7-trieu-nguoi-viet-dang-so-huu-smartphone.html>, truy nhập tháng 01/2022.

[12] https://dot.gov.in/sites/default/files/Specific_absorption.pdf, truy nhập tháng 02/2022