

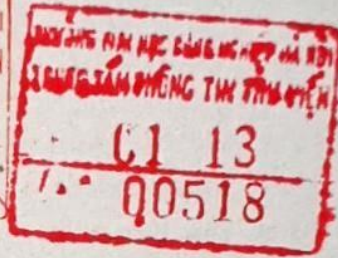
LÝ THUYẾT TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

KIỀU KHẮC LÂU

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC



KIỀU KHẮC LÂU



LÝ THUYẾT TRƯỜNG ĐIỆN TỬ

(Tái bản lần thứ hai)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay các hệ thống thông tin vô tuyến được sử dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực của đời sống xã hội con người. Nó đóng vai trò rất quan trọng và không thể thiếu được đối với mọi quốc gia. Trong thông tin bằng vô tuyến thì sóng điện từ là phương tiện cơ bản để truyền tin. Vì sóng điện từ có thể lan truyền trong chân không cũng như trong các môi trường vật chất khác nhau với tốc độ rất lớn và tổn hao nhỏ nên nó được sử dụng để truyền tin từ nơi này đến nơi khác trên trái đất hoặc giữa trái đất với vệ tinh nhân tạo và con tàu vũ trụ rất tiện lợi và nhanh chóng. Sóng điện từ là sự lan truyền trường điện từ trong chân không hoặc trong các môi trường vật chất khác nhau. Cuốn sách "Lý thuyết trường điện từ" nhằm trình bày những định luật, các nguyên lý cơ bản của trường điện từ cùng các quy luật và tính chất lan truyền của nó trong chân không cũng như trong các môi trường vật chất khác nhau. Cuốn sách gồm 4 chương :

Chương 1 : Trình bày tóm tắt các định luật thực nghiệm về các hiện tượng điện từ, thiết lập được các phương trình cơ bản của trường điện từ gọi là các phương trình Macxoen. Từ các phương trình này các định lý và nguyên lý cơ bản của trường điện từ được dẫn ra như : định lý Umôp Pôntinh, định lý nghiệm duy nhất, điều kiện bờ tổng quát, nguyên lý đối lẫn, nguyên lý tương hỗ, nguyên lý đồng dạng điện động.

Chương 2 : Nêu các phương pháp tích phân (tìm nghiệm) các phương trình Macxoen. Ở đây các phương trình Macxoen được chuyển về dạng phương trình sóng cho các vectơ cường độ trường, cho các thế điện động và cho các vectơ Hec của trường. Nghiệm của các phương trình sóng trên được tìm bằng các phương pháp Dalămbê, phương pháp thế chậm. Áp dụng phương pháp thế chậm dẫn ra được trường bức xạ điện từ của các nguồn nguyên tố như : lưỡng cực điện, lưỡng cực từ, diện tích mặt Huyghen.

Chương 3 : Mô tả các quy luật và tính chất lan truyền của sóng điện từ phẳng trong các môi trường đồng nhất đẳng hướng và không đẳng hướng, sự phản xạ, khúc xạ và các dạng phân cực của sóng phẳng. Các biểu thức của trường trong các môi trường khác nhau được tìm từ nghiệm của các phương trình Macxoen hoặc phương trình sóng của sóng phẳng.

Chương 4 : Trình bày sự nhiễu xạ của sóng điện từ phẳng tại các vật chướng ngại như nhiễu xạ trên vật dẫn điện trụ tròn dài vô hạn, nhiễu xạ qua lỗ chữ nhật trên màn chắn phẳng dẫn điện rộng vô hạn. Các nguyên lý quan trọng để giải bài toán nhiễu xạ sóng điện từ được dẫn ra như : nguyên lý Huyghen - Kiêchôp, nguyên lý dòng tương đương.

Sau mỗi chương 1, 2 và 3 đều có các bài tập cần thiết để ôn luyện và kiểm tra. Cuối cuốn sách dẫn ra một số phụ lục cần thiết để bổ sung cho các kết luận ở các chương.

Cuốn sách có thể dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên đại học và cao đẳng kỹ thuật ngành vô tuyến điện tử và tài liệu tham khảo cho các cán bộ giảng dạy và nghiên cứu trong các lĩnh vực : kỹ thuật siêu cao tần, anten, truyền sóng vô tuyến, điện tử viễn thông. Cuốn sách chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được các ý kiến đóng góp xây dựng nhằm hoàn thiện cuốn sách.

Hà Nội tháng 12 năm 1998

Tác giả

MỞ ĐẦU

Các hiện tượng về điện và từ đã được con người quan sát, phát hiện rất sớm ngay từ những năm trước công nguyên. Dần dần theo thời gian từ ít đến nhiều, từ đơn giản đến phức tạp, từ hiện tượng đến bản chất con người đã nghiên cứu, thực nghiệm rồi xây dựng thành môn lý thuyết trường điện từ hoàn chỉnh. Quá trình tìm tòi, thực nghiệm, nghiên cứu và xây dựng môn lý thuyết trường điện từ đã trải qua 5 giai đoạn khác nhau được nêu tóm tắt trong tài liệu [8].

Trường điện từ là một dạng đặc biệt của vật chất. Nó có tính hai mặt là liên tục dưới dạng sóng và gián đoạn dưới dạng lượng tử (hạt photon). Trường điện từ thể hiện sự tồn tại và vận động qua tương tác với các hạt mang điện đứng yên hay chuyển động những lực phụ thuộc khoảng cách và vận tốc của chúng.

Tính liên tục của trường điện từ thể hiện ở cấu trúc sóng. Trong chân không trường điện từ lan truyền (sóng điện từ) với vận tốc không đổi độc lập với tần số của trường và có giá trị bằng vận tốc truyền của ánh sáng trong chân không là :

$$C = 299790.10^3 \text{m/s}$$

Giá trị này đã nhận được bởi phép đo của Rosa và Dorsey năm 1907 và sau đó được làm chính xác bởi Curtis năm 1927 [1].

Tính gián đoạn của trường điện từ thể hiện ở cấu trúc lượng tử (hay hạt). Mỗi lượng tử bức xạ (còn gọi là photon) của trường mang một năng lượng được tính theo công thức thuyết lượng tử của Anstanh :

$$W_{bx} = h\nu$$

ở đây $h = 6,623.10^{-34}$ JS là hằng số Planck, ν là tần số dao động của lượng tử bức xạ.

Tuy trường điện từ có tính hai mặt là sóng và hạt đồng thời, nhưng tùy thuộc phạm vi không gian khảo sát nghiên cứu nó mà đặc tính này hay đặc tính kia thể hiện rõ rệt hơn. Trong phạm vi vĩ mô tức trong không gian có kích thước lớn gấp nhiều lần đường kính của phân tử và nguyên tử thì trường điện từ thể hiện đặc tính sóng là chính. Còn trong phạm vi vi mô (trong không gian kích thước cỡ đường kính của phân tử và nguyên tử) đặc tính hạt của trường điện từ lại nổi trội.

Nội dung cuốn sách chỉ nghiên cứu trường điện từ ở phạm vi vĩ mô, nên chỉ xét đến đặc tính sóng của nó là chính. Với quan điểm trên lý thuyết trường điện từ còn được gọi là điện động lực học cổ điển. Môn trường lượng tử sẽ nghiên cứu trường điện từ trong phạm vi vi mô.

Trường điện từ biểu hiện rõ ở hai dạng là điện trường và từ trường khác nhau nhưng liên quan chặt chẽ với nhau. Điện trường biến đổi sinh ra từ trường và ngược lại từ trường biến đổi sinh ra điện trường.

Vì trường điện từ tác dụng lên các hạt mang điện những lực phụ thuộc vào vị trí và vận tốc của chúng (lực Lorent) nên trường điện từ là trường vectơ và có thể được biểu diễn qua các đường sức của trường. Để mô tả cấu trúc trạng thái của trường điện từ người ta sử dụng các đại lượng vật lý cơ bản là : vectơ cường độ điện trường \vec{E} , vectơ điện cảm hay cảm ứng điện \vec{D} , vectơ cường độ từ trường \vec{H} , vectơ từ cảm hay cảm ứng từ \vec{B} . Nguồn của trường điện từ là điện tích và dòng điện được đặc trưng bởi đại lượng : điện tích Q hoặc mật độ điện tích ρ , dòng điện I hoặc mật độ dòng điện \vec{J} . Tính chất của môi trường vật chất ảnh hưởng đến trường điện từ được đặc trưng bởi các tham số điện từ của nó như : độ điện thẩm hay hằng số điện môi ϵ , độ từ thẩm hay hằng số từ môi μ , độ dẫn điện riêng σ . Nói chung các đại lượng đặc trưng cho trường điện từ và nguồn của nó là các hàm vectơ hay vô hướng của tọa độ không gian và thời gian. Các tham số điện từ của môi trường có thể là hằng số, hàm số của tọa độ hoặc là đại lượng tenxơ.

Trạng thái và tính chất của trường điện từ ở mỗi điểm trong không gian và thời gian nào đó được xác định bởi các phương trình cơ bản. Đó là các phương Macxoen (mang tên nhà vật lý Anh 1831 - 1879). Tất cả dạng của các phương trình, định lý, nguyên lý và biểu thức của trường điện từ trong cuốn sách này đều được viết trong hệ đơn vị quốc tế SI. Bảng thứ nguyên đơn vị các đại lượng vật lý của trường điện từ trong hệ đơn vị SI được dẫn ra ở phụ lục 4 cuối cuốn sách.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
Mở đầu	5
Chương 1. CÁC ĐỊNH LUẬT VÀ NGUYÊN LÝ CƠ BẢN CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ	
1.1. Các đại lượng đặc trưng cho trường điện từ.	7
1.2. Định luật Ôm và định luật bảo toàn điện tích.	12
1.3. Các đặc trưng cơ bản của môi trường.	14
1.4. Định luật Gau-xơ.	15
1.5. Nguyên lý liên tục của từ thông - Định luật cảm ứng điện từ.	16
1.6. Định luật dòng toàn phần - Dòng điện dịch.	17
1.7. Các phương trình Macxoen.	19
1.8. Điều kiện bờ đối với các vectơ của trường điện từ	24
1.9. Năng lượng trường điện từ - Định lý Umôp - Pôntinh.	28
1.10. Định lý nghiệm duy nhất.	32
1.11. Nguyên lý tương hỗ.	35
1.12. Nguyên lý đồng dạng điện động.	38
1.13. Trường tĩnh điện.	40
1.14. Từ trường của dòng điện không đổi.	42
1.15. Bài tập	43
Chương 2. TÍCH PHÂN CÁC PHƯƠNG TRÌNH MACXOEN	
2.1. Phương trình sóng cho các vectơ cường độ trường.	45
2.2. Phương trình sóng cho các thế điện động.	46
2.3. Phương trình sóng cho các vectơ Hec.	49
2.4. Tìm nghiệm phương trình sóng.	52
2.5. Trường điện từ của lưỡng cực điện.	54
2.6. Trường điện từ của lưỡng cực từ.	59
2.7. Trường điện từ của yếu tố diện tích mặt.	63
2.8. Bài tập.	66

Chương 3. SÓNG ĐIỆN TỬ PHẪNG

3.1. Nghiệm phương trình sóng đối với sóng phẳng.	67
3.2. Sóng phẳng đồng nhất trong các môi trường đồng nhất và đẳng hướng.	71
3.3. Hiệu ứng bề mặt trong vật dẫn.	73
3.4. Sự phân cực của sóng phẳng.	76
3.5. Sự phản xạ và khúc xạ của sóng phẳng.	78
3.6. Điều kiện bờ gắn đúng Lêontôvich.	84
3.7. Sóng phẳng trong môi trường không đẳng hướng.	85
3.8. Bài tập	91

Chương 4. NHIỀU XẠ SÓNG ĐIỆN TỬ

4.1. Khái niệm về sự nhiễu xạ sóng điện từ	93
4.2. Nhiễu xạ của sóng phẳng trên vật dẫn trụ tròn dài vô hạn.	93
4.3. Nguyên lý Huyghen - Kiêchôp.	98
4.4. Nguyên lý dòng tương đương.	100
4.5. Nhiễu xạ của sóng phẳng qua lỗ trên màn chắn phẳng rộng vô hạn.	102
Phân phụ lục	106
Bảng các ký hiệu sử dụng trong sách	118
Tài liệu tham khảo	121
Mục lục	122