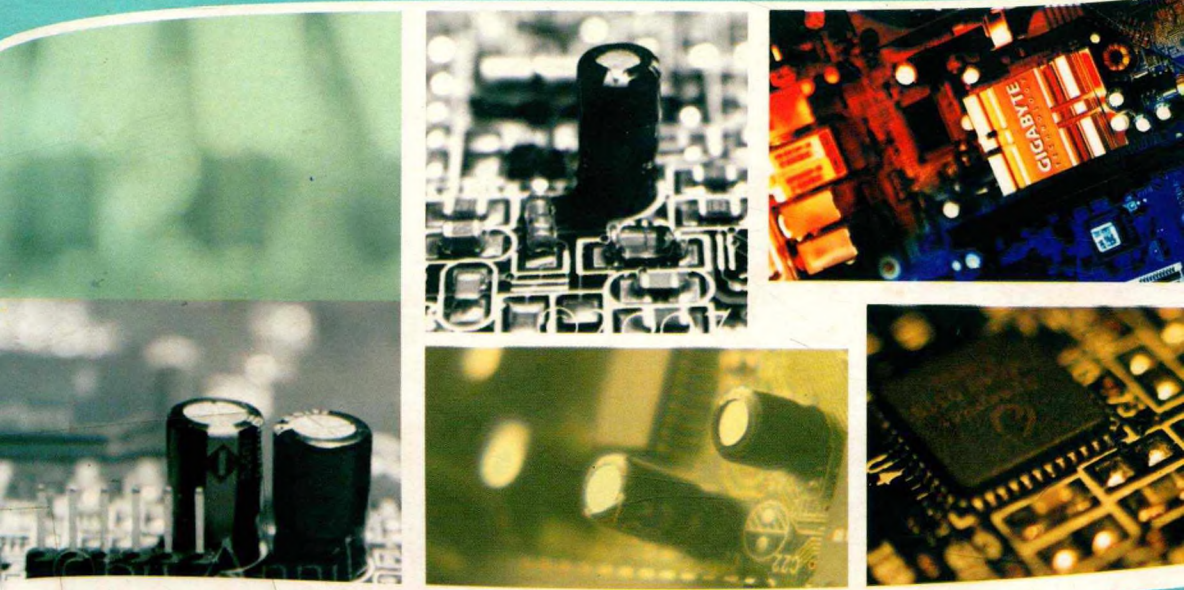


PM.005304

Ê VẤN DOANH (chủ biên)
NGUYỄN THẾ CÔNG
TRẦN VĂN THỊNH

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

LÝ THUYẾT, THIẾT KẾ, ỨNG DỤNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

LÊ VĂN DOANH - NGUYỄN THẾ CÔNG - TRẦN VĂN THỊNH
Chủ biên : LÊ VĂN DOANH

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT
LÝ THUYẾT - THIẾT KẾ - ỨNG DỤNG
TẬP I

In lần 2 có chỉnh sửa



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

MỞ ĐẦU

Điện tử công suất là lĩnh vực kỹ thuật hiện đại, nghiên cứu ứng dụng các linh kiện bán dẫn công suất làm việc ở chế độ chuyển mạch vào quá trình biến đổi điện năng.

Sự ra đời và hoàn thiện của các linh kiện điện tử công suất như : diot công suất, tiristo, GTO, triac, MOSFET công suất, IGBT, SID, MCT... với những tính năng dòng điện, điện áp, tốc độ chuyển mạch ngày càng được nâng cao làm cho kỹ thuật điện truyền thống thay đổi một cách sâu sắc.

Trọng nghiên cứu điện tử công suất có ba cách tiếp cận :

1. Về linh kiện : Nghiên cứu bản chất vật lý, các quá trình diễn ra trong các linh kiện, các tính năng kỹ thuật và phạm vi ứng dụng của các linh kiện điện tử công suất.

2. Về cấu trúc : Nghiên cứu các sơ đồ phối hợp các linh kiện điện tử công suất và các thiết bị điện-điện tử khác hợp thành mạch động lực nhằm tạo nên các bộ biến đổi phù hợp với mục đích sử dụng.

3. Về điều khiển : Nghiên cứu các chiến lược điều khiển khác nhau để tạo nên bộ biến đổi điện tử công suất với các tính năng cần thiết. Chú trọng các kỹ thuật điều khiển nâng cao để tạo nên các bộ biến đổi thông minh, linh hoạt, có các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật, năng lượng tối ưu.

Ở Việt Nam cho đến nay đã có khá nhiều giáo trình, tài liệu tham khảo, sách hướng dẫn bài tập về điện tử công suất được biên soạn và biên dịch. Tuy nhiên do sự phát triển sôi động trong lĩnh vực này nên nhiều vấn đề mới của điện tử công suất như các linh kiện MOSFET công suất, GBT, SID, MCT chưa được giới thiệu. Công cụ mô phỏng các mạch và linh kiện điện tử công suất chưa được trình bày. Cho đến nay chưa có tài liệu nước ngoài và trong nước đề cập đến việc thiết kế các bộ biến đổi điện tử công suất.

Nhằm bổ sung cho chỗ trống này, chúng tôi mong muốn giới thiệu cách đầy đủ và hoàn chỉnh về điện tử công suất hiện đại trong bộ sách gồm hai tập. Tập một trình bày những vấn đề chung về điện tử công suất thông qua lý thuyết, đặc biệt là phương pháp và ví dụ cụ thể về thiết kế các bộ biến đổi công suất. Tập hai trình bày phân mềm mô phỏng thiết bị điện tử công suất và những ứng dụng của điện tử công suất trong truyền động điện, truyền tải và phân phối điện năng, trong công nghiệp điện hóa, trong kỹ thuật chiếu sáng, kỹ thuật điện nhiệt, trong các nguồn năng lượng mới.

Tập một gồm 13 chương :

Chương 1 : Đại cương về điện tử công suất

Chương 2 : Diốt công suất

Chương 3 : Tiristo, GTO và Triac

Chương 4 : Tranzito công suất, MOSFET công suất

Chương 5 : Tranzito lưỡng cực công cách ly IGBT, tiristo MOS
có điều khiển MCT và các linh kiện cảm ứng tĩnh SID

Chương 6 : Bộ chỉnh lưu diốt

Chương 7 : Bộ chỉnh lưu có điều khiển

Chương 8 : Thiết kế bộ chỉnh lưu

Chương 9 : Bộ điều áp xoay chiều

Chương 10 : Bộ điều áp một chiều

Chương 11 : Bộ biến tần

Chương 12 : Điều khiển các bộ biến đổi

Chương 13 : Ghép nối, tản nhiệt, bảo vệ các thiết bị điện tử
công suất

Tập hai trình bày những ứng dụng của điện tử công suất, gồm 10 chương :

Chương 14 : Mô phỏng thiết bị điện tử công suất

Chương 15 : Truyền tải điện một chiều cao áp

Chương 16 : Điện tử công suất trong điều chỉnh điện áp

Chương 17 : Điện tử công suất trong công nghệ điện hóa

Chương 18 : Điện tử công suất trong kỹ thuật gia nhiệt

Chương 19 : Chất lượng điện năng

Chương 20 : Chấn lưu điện tử

Chương 21 : Bộ nguồn liên tục UPS

Chương 22 : Điện tử công suất trong truyền động điện

Chương 23 : Điện tử công suất trong các nguồn năng lượng mới.

Cuối cuốn sách là phần phụ lục các linh kiện điện tử công suất, máy biến áp, dây dẫn để phục vụ cho việc thiết kế các bộ biến đổi điện tử công suất. Trong cuốn sách này có nhiều thiết kế mẫu và bài tập có lời giải sẵn. Các thiết kế mẫu dựa trên kinh nghiệm nhiều năm hướng dẫn thiết kế môn học Điện tử công suất tại Bộ môn Thiết bị Điện–Điện tử, Khoa Điện, trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Phần lớn các thiết kế này đã được ứng dụng và đang hoạt động.

Quyển sách này dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên ngành điện của các trường đại học. Nó cũng được dùng làm tài liệu tham khảo cho các lớp cao học, hệ nghiên cứu sinh và các kỹ sư điện đang làm việc trong các cơ quan nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị điện–điện tử.

Quyển sách do nhóm Điều khiển thiết bị điện–điện tử thuộc Bộ môn Thiết bị Điện–Điện tử Khoa Điện, trường Đại học Bách khoa Hà Nội viết. PGS. TS. Lê Văn Doanh chủ biên.

Các tác giả chân thành cảm ơn tập thể Bộ môn Thiết bị Điện–Điện tử Khoa Điện trường Đại học Bách khoa, đơn vị Anh hùng lao động đã đồng viên và tạo điều kiện tốt cho việc hoàn thành quyển sách này.

Mọi thư từ góp ý xin gửi về Bộ môn Thiết bị Điện–Điện tử Khoa Điện trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Điện thoại : 8692511.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả

MỤC LỤC

<i>Mở đầu</i>	3
Chương 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT	19
1.1. Sơ lược lịch sử phát triển của điện tử công suất	19
1.2. Các linh kiện điện tử công suất điển hình và phạm vi ứng dụng của chúng	20
1.3. Đặc tính chuyển mạch của các linh kiện điện tử công suất	23
1.4. Các bộ biến đổi điện tử công suất	30
Chương 2. DIÓT CÔNG SUẤT	33
2.1. Một số tính chất của chuyển tiếp PN	33
2.2. Đặc tính tĩnh của diốt	35
2.2.1. Trạng thái dẫn	35
2.2.2. Trạng thái khóa	37
2.2.3. Hiện tượng chuyển mạch	38
2.3. Các thông số định mức của diốt	42
2.3.1. Dòng điện định mức	42
2.3.2. Điện áp ngược định mức	43
2.3.3. Tốc độ biến thiên dòng điện và tốc độ biến thiên điện áp	44
2.4. Một số diốt đặc biệt	46
2.4.1. Diốt cao áp	46
2.4.2. Diốt thác có điều khiển	47
2.4.3. Diốt nhanh	47
2.4.4. Diốt có điện áp rơi nhỏ	47
2.4.5. Diốt Zener	48
2.4.6. Diốt quang	48
2.4.7. Diốt phát quang LED	48
2.5. Các ứng dụng điển hình của diốt công suất	49

2.5.1. Chinh lưu	49
2.5.2. Bộ nhân điện áp	49
2.5.3. Bộ ghim điện áp	50
2.6. Catalog lựa chọn diốt công suất	50
Chương 3. TIRISTO, GTO VÀ TRIAC	53
3.1. Cấu tạo của tiristo	53
3.2. Sự hoạt động của tiristo	55
3.2.1. Tiristo phân cực ngược	55
3.2.2. Tiristo phân cực thuận	56
3.3. Đặc tính điều khiển	60
3.4. Đặc tính động	61
3.4.1. Chuyển mạch đóng	61
3.4.2. Hạn chế tốc độ tăng dòng điện	62
3.5. Khóa tiristo	63
3.5.1. Thời gian khóa	64
3.5.2. Hạn chế tốc độ khôi phục điện áp thuận	65
3.6. Catốt ngắn và anốt ngắn	65
3.6.1. Catốt ngắn	65
3.6.2. Anốt ngắn	66
3.7. Các tiristo đặc biệt	67
3.7.1. Tiristo công suất khuếch đại	67
3.7.2. Tiristo cực nhanh	67
3.7.3. Tiristo không đối xứng	68
3.7.4. Tiristo dẫn ngược	68
3.8. GTO	69
3.8.1. Cấu trúc của GTO	69
3.8.2. Môi GTO	70
3.8.3. Khóa GTO	71
3.8.4. Các đại lượng đặc trưng cho GTO	76
3.8.5. Lưu ý về điều khiển	77
3.9. TRIAC	79
3.8.1. Cấu tạo của triac	79
3.9.2. Đặc tính tĩnh	80
3.9.3. Môi triac	80

3.9.4. Chuyển mạch triac	82
Chương 4. TRANZITO CÔNG SUẤT, MOSFET CÔNG SUẤT	87
4.1. Tranzito công suất	87
4.1.1. Nguyên lý	87
4.1.2. Khóa tranzito	89
4.1.3. Tranzito bão hòa	90
4.1.4. Đặc tính tĩnh	92
4.1.5. Hiện tượng thác trong chuyển tiếp C-B	94
4.1.6. Diện tích an toàn	96
4.1.7. Chuyển mạch đóng	98
4.1.8. Chuyển mạch mở	102
4.2. Sơ đồ Darlington	107
4.2.1. Hệ số khuếch đại dòng điện	107
4.2.2. Điện trở ổn định	109
4.2.3. Chuyển mạch đóng	110
4.2.4. Chuyển mạch mở	111
4.2.5. Sơ đồ Darlington tích hợp	113
4.3. MOSFET công suất	114
4.3.1. Cấu trúc và hoạt động của MOSFET công suất nhỏ	114
4.3.2. MOSFET công suất	115
4.3.3. Đặc tính tĩnh	116
4.3.4. Điện trở biểu kiến ở trạng thái dẫn	117
4.3.5. Diện tích an toàn	118
4.3.6. Sự chuyển mạch	120
4.4. Phối hợp MOSFET và BJT	124
4.4.1. Sơ đồ nối tầng	124
4.4.2. Sơ đồ nối tiếp	124
Chương 5. TRANZITO LƯỜNG CỰC CÔNG CÁCH LY IGBT, TIRISTO MOS CÓ ĐIỀU KHIỂN MCT VÀ LINH KIỆN CẢM ỨNG TĨNH SID	127
5.1. Tranzito lưỡng cực công cách ly IGBT	127
5.1.1. Cấu trúc của IGBT	127

7.8. Chính lưu cầu ba pha có điều khiển và bán điều khiển	207
7.9. Chính lưu sáu pha	217
7.10. Chính lưu 12 pha	214
7.11. Chế độ có tải của bộ chỉnh lưu	216
7.11.1. Hiện tượng chuyển mạch	216
7.11.2. Hiện tượng trùng dẫn	219
7.11.3. Đặc tính ngoài	222
7.12. Sự làm việc ở chế độ nghịch lưu	223
7.13. So sánh và lựa chọn các sơ đồ chỉnh lưu theo quan điểm dạng sóng dòng điện chỉnh lưu	226
Chương 8. THIẾT KẾ BỘ CHỈNH LƯU CÔNG SUẤT	239
8.1. Nội dung thiết kế	239
8.2. Mô tả khái quát công nghệ của tải	240
8.3. Lựa chọn sơ đồ thiết kế	240
8.4. Tính chọn các thông số cơ bản của mạch động lực	251
8.4.1. Tính chọn van động lực	251
8.4.2. Tính toán máy biến áp	254
8.4.3. Tính chọn các thiết bị bảo vệ	264
8.5. Tính toán cuộn kháng lọc dòng điện đập mạch	270
8.5.1. Khái quát	270
8.5.2. Thiết kế cuộn kháng lọc (CKL) dòng điện đập mạch	273
8.6. Tính toán cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn	275
8.6.1. Khái quát	275
8.6.2. Thiết kế cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn	278
8.7. Tính toán, vẽ các đường cong dòng điện, điện áp của tải và của các van	280
8.8. Thiết kế mạch điều khiển	282
8.8.1. Sơ đồ nguyên lý	282
8.8.2. Tính toán các thông số của sơ đồ mạch điều khiển	291

8.9. Thiết kế tủ điện	293
8.10. Ví dụ tính toán bộ nguồn chỉnh lưu	294
8.10.1. Lựa chọn sơ đồ	295
8.10.2. Tính chọn tiristo	296
8.10.3. Tính chọn máy biến áp chỉnh lưu	298
8.10.4. Thiết kế cuộn kháng lọc	310
8.10.5. Tính chọn các thiết bị bảo vệ mạch động lực	318
8.10.6. Tính toán các thông số của mạch điều khiển	322
Chương 9. BỘ ĐIỀU ÁP XOAY CHIỀU	339
9.1. Bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều một pha	339
9.1.1. Sơ đồ	339
9.1.2. Điều áp xoay chiều một pha tải thuần trở	340
9.1.3. Điều áp xoay chiều một pha tải R-L	341
9.2. Đặc tính điều khiển	344
9.3. Bộ điều áp ba pha	346
9.4. Nhóm tam giác từ ba bộ điều áp xoay chiều một pha	353
9.5. Bộ điều áp ba pha hỗn hợp	355
9.5.1. Sự hoạt động của sơ đồ	355
9.5.2. Các đặc tính	356
9.5.3. So sánh các bộ điều áp ba pha	357
9.5.4. Lựa chọn bộ điều áp xoay chiều	358
9.5.5. Lưu ý về bộ bù tĩnh	359
9.6. Thiết kế bộ điều áp xoay chiều	369
9.6.1. Trình tự thiết kế	369
9.6.2. Thiết kế bộ điều áp một pha	370
9.6.3. Thiết kế bộ điều áp xoay chiều ba pha	392
Chương 10. BỘ ĐIỀU ÁP MỘT CHIỀU	415
10.1. Đại cương về bộ điều áp một chiều	415
10.1.1. Đặc tính chuyển mạch của nguồn hoặc tải	415
10.1.2. Tính thuận nghịch của các nguồn	416
10.1.3. Cải thiện và chuyển đổi loại nguồn	417

Chương 11. BIẾN ĐỔI TẦN SỐ	481
11.1. Định nghĩa, phân loại bộ biến tần	481
11.2. Nguyên lý hoạt động của bộ biến tần trực tiếp một pha	483
11.2.1. Tải thuần trở	483
11.2.2. Sự làm việc của các nhóm bị khóa	483
11.2.3. Biến tần trực tiếp ba pha	488
11.2.4. Sự làm việc có dòng điện vòng	491
11.2.5. Điều khiển biến tần trực tiếp	495
11.2.6. Bộ biến tần đường bao	497
11.3. Bộ nghịch lưu	198
11.3.1. Đại cương	498
11.3.2. Bộ nghịch lưu áp một pha	499
11.3.3. Bộ nghịch lưu có máy biến áp điểm giữa	500
11.3.4. Bộ nghịch lưu nửa cầu	506
11.3.5. Bộ nghịch lưu cầu	509
11.4. Bộ nghịch lưu áp ba pha một sóng trong nửa chu kỳ	512
11.4.1. Nguyên lý	513
11.4.2. Các quan hệ chung	514
11.4.3. Áp dụng vào điều khiển toàn sóng	516
11.5. Bộ nghịch lưu dòng một sóng trong một nửa chu kỳ	519
11.5.1. Bộ nghịch lưu dòng một pha	519
11.5.2. Bộ nghịch lưu cầu ba pha	523
11.5.3. Các tính chất của bộ nghịch lưu dòng	527
11.6. Bộ nghịch lưu áp một pha điều biến độ rộng xung	528
11.6.1. Bộ nghịch lưu nửa cầu điều biến sin - tam giác	529
11.6.2. Bộ nghịch lưu cầu biến sin - tam giác	534
11.7. Các loại điều biến khác	536
11.7.1. Điều biến sigma - delta	536
11.7.2. Điều biến tính toán trước	536

11.8. Bộ nghịch lưu áp ba pha điều biến PWM	54
11.8.1. Điều khiển nửa cầu	54
11.8.2. Dạng sóng	54
11.9. Bộ nghịch lưu dòng ba pha điều biến độ rộng xung	54
11.10. Bộ lọc tích cực	54
11.10.1. Mục đích	54
11.10.2. Cấu trúc	54
11.11. Bộ nghịch lưu cộng hưởng	54
11.11.1. Bộ nghịch lưu nối tiếp	54
11.11.2. Bộ nghịch lưu song song	55
11.11.3. Nguồn một chiều cộng hưởng	55
11.12. Bộ nghịch lưu chuyển mạch cộng hưởng và chuyển mạch mềm	56
11.12.1. Đại cương	56
11.12.2. Chuyển mạch cộng hưởng	56
11.12.3. Bộ nghịch lưu gần cộng hưởng	56
11.12.4. Ứng dụng chuyển mạch điện áp bằng không trong cao tần	57
11.12.5. Bộ nghịch lưu cộng hưởng bội MRC	57
11.12.6. Bộ nghịch lưu chuyển mạch điện áp bằng không	57
11.12.7. Mạch chốt tích cực không tiêu tán	57
11.13. Bộ nghịch lưu chuyển mạch mềm	57
11.13.1. Đại cương	57
11.13.2. Bộ nghịch lưu khâu một chiều cộng hưởng	57
11.13.3. Bộ nghịch lưu liên lạc một chiều mạch chốt tích cực	58
11.13.4. Bộ nghịch lưu liên lạc một chiều cộng hưởng có điện áp thấp	58
11.13.5. Bộ nghịch lưu chuyển mạch mềm gần cộng hưởng	58
Chương 12. ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT	59
12.1. Đại cương	59

12.2. Các yêu cầu môi tiristo	597
12.3. Các loại xung môi tiristo	600
12.4. Một số mạch môi tiristo đơn $\overline{\text{g\grave{a}n}}$	604
12.4.1. Môi qua điện trở	602
12.4.2. Mạch môi R-C	603
12.4.3. Mạch môi diac	607
12.4.4. Mạch môi kiểu tiratron xoay chiều	608
12.4.5. Mạch môi bằng tranzito một chuyển tiếp	609
12.4.6. Các mạch môi tiristo thế hệ mới	614
12.4.7. Mạch điện và mạch điều khiển tiristo	615
12.5. Mạch điều khiển các linh kiện công chuyển mạch	619
12.5.1. Mạch môi MOSFET công suất	620
12.5.2. Những lưu ý thiết kế mạch điều khiển MOSFET	625
12.5.3. Mạch điều khiển IGBT	627
12.5.4. Mạch điều khiển bazơ tranzito	627
12.5.5. Mạch điều khiển GTO	630
12.6. Một số mạch điều khiển thực tế	630
12.7. Nguyên tắc điều khiển	631
12.7.1. Nguyên tắc điều khiển thẳng đứng tuyến tính	631
12.7.2. Nguyên tắc điều khiển thẳng đứng arccos	632
Chương 13. GHÉP NỐI, LÀM MÁT, BẢO VỆ THIẾT BỊ	
DIỆN TỬ CÔNG SUẤT	633
13.1. Ghép song song các linh kiện bán dẫn công suất	633
13.2. Ghép nối tiếp các linh kiện bán dẫn công suất	635
13.3. Làm mát các linh kiện bán dẫn công suất	636
13.4. Bảo vệ thiết bị điện tử công suất	642
13.4.1. Bảo vệ dòng điện	642
13.4.2. Bảo vệ quá điện áp	644
13.4.3. Bảo vệ GTO và tranzito MOS công suất	647
HỤ LỤC	651
ÀI LIỆU THAM KHẢO	700

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT
LÝ THUYẾT - THIẾT KẾ - ỨNG DỤNG
TẬP I

LÊ VĂN DOANH - NGUYỄN THẾ CÔNG - TRẦN VĂN THINH

Chủ biên : LÊ VĂN DOANH

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS.TS TÔ ĐĂNG HẢI
Biên tập : NGỌC KHUÊ
Sửa bài : PHẠM VĂN
Vẽ bìa : TRẦN THẮNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HUNG ĐẠO - HÀ NỘI