

Editorial Marcombo

www.marcombo.com

PRÓLOGO A LA 2ª EDICIÓN XV

CAPITULO 1. Introducción a la Electrónica de Potencia 1

- 1.1 Generalidades 1
- 1.2 Campo de aplicación 2
- 1.3 Método de análisis 4
- 1.4 Integración de las ecuaciones diferenciales 6
 - 1.4.1 Caso en que la ecuación es de primer orden 6
 - 1.4.2 Caso en que la ecuación es de segundo orden 8
 - 1.4.3 Aplicación del cálculo operacional 11
 - 1.4.4 Integración numérica 13
- 1.5 Repaso sobre las formas de onda periódicas 16
 - 1.5.1 Valores característicos de una onda 16
 - 1.5.2 El desarrollo en serie de Fourier 16
 - 1.5.3 Potencia 20

CAPITULO 2. Diodo y transistor de potencia 22

- 2.1 Diodo. Construcción y encapsulado 22
- 2.2 Características estáticas 28
 - 2.2.1 Diodo en estado de bloqueo 28
 - 2.2.2 Diodo en estado de conducción 30
- 2.3 Características dinámicas del diodo 33
 - 2.3.1 Recuperación inversa y directa 33
 - 2.3.2 Sobrecargas transitorias 38
- 2.4 Transistor. Construcción y encapsulado 38
- 2.5 Transistor de unión al corte y en saturación 46
- 2.6 Características dinámicas del transistor de unión 47
- 2.7 Avalanche secundaria 51
- 2.8 Protección en la conmutación 53
- 2.9 El transistor FET al corte y en saturación 55
- 2.10 Características dinámicas del FET de potencia 58
- 2.11 El transistor IGT 63
- 2.12 Transistores de potencia inteligentes (Smart Power) 65

CAPITULO 3. Tiristor. Estados de bloqueo y conducción 67

- 3.1 Generalidades. Construcción 67
 - 3.1.1 Estructura de la pastilla semiconductor 68
 - 3.1.2 Encapsulado 69
- 3.2 Estado de bloqueo 72
 - 3.2.1 Fenómenos internos en bloqueo directo 73
 - 3.2.2 Fenómenos internos en bloqueo inverso 75
 - 3.2.3 Características eléctricas en bloqueo. Pérdidas 75
- 3.3 Estado de conducción 76
 - 3.3.1 Fenómenos internos en conducción 76
 - 3.3.2 Características eléctricas. Parámetros de intensidad 78
 - 3.3.3 Pérdidas en conducción 79
- 3.4 El tiristor asimétrico 81

CAPITULO 4. Tiristor. Disparo y bloqueo 83

- 4.1 Formas de disparo 83
 - 4.1.1 Disparo por tensión excesiva 84
 - 4.1.2 Disparo por derivada de tensión 85
 - 4.1.3 Disparo por luz 88
 - 4.1.4 Disparo por impulso de puerta 89
- 4.2 Tiempos de disparo 91
 - 4.2.1 Disparo sobre circuito resistivo 91
 - 4.2.2 Disparo sobre circuito inductivo 92
- 4.3 Características de puerta 93
- 4.4 Bloqueo 95
 - 4.4.1 Bloqueo estático 96
 - 4.4.2 Bloqueo dinámico 96
- 4.5 Procedimientos exteriores de bloqueo 98
 - 4.5.1 Bloqueo por fuente inversa de tensión (FIT) 99
 - 4.5.2 Bloqueo por fuente inversa de intensidad (FII) 101

CAPITULO 5. Otros componentes. Asociación, refrigeración y protección 108

- 5.1 El triac 108
 - 5.1.1 Modos de funcionamiento 109
 - 5.1.2 Construcción y encapsulado 111
- 5.2 Otros tiristores 112
 - 5.2.1 El SCS (Silicon Controlled Switch) 112
 - 5.2.2 El GTO (Gate Turn-Off Switch) 113
 - 5.2.3 El tiristor fotosensible 122
- 5.3 El ignitrón 123
- 5.4 Componentes pasivos de potencia 125
 - 5.4.1 Resistencias 126
 - 5.4.2 Condensadores 128
 - 5.4.3 Bobinas y transformadores 132
- 5.5 Componentes para disparo y control 154
 - 5.5.1 El transistor monounión 155
 - 5.5.2 El transistor monounión programable (PUT) 156
 - 5.5.3 El diac 157
 - 5.5.4 Optoacopladores 158
 - 5.5.5 Transformadores de impulsos 160
 - 5.5.6 Circuitos integrados y módulos 169
- 5.6 Asociación de semiconductores 170
 - 5.6.1 Diodos en serie y en paralelo 170
 - 5.6.2 Tiristores en serie y en paralelo 175
- 5.7 Refrigeración de semiconductores 179
- 5.8 Protección de semiconductores 183
 - 5.8.1 Protección contra sobretensiones 183
 - 5.8.2 Protección contra sobreintensidades 188

CAPITULO 6. Interruptores estáticos 195

- 6.1 Características generales 195
- 6.2 Interruptores estáticos de c.c. con tiristores 197
 - 6.2.1 Bloqueo por condensador en paralelo 197
 - 6.2.2 Bloqueo con inductancia en serie con la carga 200
- 6.3 Interruptores estáticos de c.a. con tiristores o triacs 204
 - 6.3.1 Interruptores monofásicos de bloqueo natural 204
 - 6.3.2 Interruptores trifásicos de bloqueo natural 208
 - 6.3.3 Interruptores de bloqueo forzado 213
- 6.4 Interruptores estáticos con transistores 217
 - 6.4.1 Interruptores de c.c 217
 - 6.4.2 Interruptores de c.a. monofásicos 217
 - 6.4.3 Interruptores de c.a. trifásicos 219

CAPITULO 7. Reguladores 221

- 7.1 Introducción 221
- 7.2 Reguladores de c.c. disipativos 221
- 7.3 Reguladores de c.c. no disipativos (troceadores) 223
 - 7.3.1 Circuitos de frecuencia variable. Bloqueo por LC 227
 - 7.3.2 El circuito de Morgan 230
 - 7.3.3 Circuitos con tiempo de conducción variable. Bloqueo por condensador en paralelo 235
 - 7.3.4 El circuito de Jones 237
 - 7.3.5 Bloqueo por fuente inversa de intensidad (FII) 239
 - 7.3.6 Circuitos elevadores 239
 - 7.3.7 Ejemplo de circuito de mando 242
- 7.4 Reguladores de c.a. 244
 - 7.4.1 El regulador total monofásico con control de fase y carga inductiva 246
 - 7.4.2 Reguladores totales trifásicos con control de fase y carga resistiva 249
 - 7.4.3 El regulador con inductancia saturable polarizada 252
 - 7.4.4 El estabilizador ferromagnético 253
- 7.5 Fuentes conmutadas 256
 - 7.5.1 El regulador directo con transformador 258
 - 7.5.2 El convertidor con transformador de toma media 260
 - 7.5.3 El convertidor con batería de toma media 262
 - 7.5.4 El convertidor en puente 265

CAPITULO 8. Rectificadores no controlados (I) 266

- 8.1 Generalidades. Montajes 266
- 8.2 Montajes de media onda con secundario en estrella 270
 - 8.2.1 Tensiones 273
 - 8.2.2 Intensidades 275
 - 8.2.3 Caídas de tensión 276
 - 8.2.4 Rendimiento 279
- 8.3 Montajes de onda completa con secundario en estrella 280
 - 8.3.1 Tensiones 281
 - 8.3.2 Intensidades 282

- 8.3.3 Caídas de tensión 283
- 8.3.4 Rendimiento 285

CAPITULO 9. Rectificadores no controlados (II) 286

- 9.1 Montajes de onda completa con secundario en polígono 286
 - 9.1.1 Tensiones 288
 - 9.1.2 Intensidades 289
 - 9.1.3 Caídas de tensión 291
- 9.2 Asociación de rectificadores 293
 - 9.2.1 Asociación en serie 293
 - 9.2.2 Asociación en paralelo 293
- 9.3 Filtros 298
- 9.4 Tabla resumen 299

CAPITULO 10. Rectificadores controlados 302

- 10.1 Introducción 302
- 10.2 Montajes de media onda 302
 - 10.2.1 Tensiones 305
 - 10.2.2 Intensidades 306
 - 10.2.3 Caídas de tensión 307
- 10.3 Montajes de onda completa con secundario en estrella 308
 - 10.3.1 Montajes totalmente controlados 309
 - 10.3.2 Montajes semicontrolados 310
- 10.4 Montajes de onda completa con secundario en polígono 314
 - 10.4.1 Montajes totalmente controlados 314
 - 10.4.2 Montajes semicontrolados 315
- 10.5 Filtros 315

CAPITULO 11. Cicloconvertidores 317

- 11.1 Introducción 317
- 11.2 El convertidor de cuatro cuadrantes 318
 - 11.2.1 Funcionamiento sin intensidad circulatoria 321
 - 11.2.2 Funcionamiento con intensidad circulatoria 322
- 11.3 El cicloconvertidor 324
 - 11.3.1 Funcionamiento sin intensidad circulatoria 327
 - 11.3.2 Funcionamiento con intensidad circulatoria 327
- 11.4 Circuitos prácticos 329
 - 11.4.1 Circuitos simétricos 329
 - 11.4.2 Circuitos en V 329
 - 11.4.3 Circuitos en A 331

CAPITULO 12. Inversores. Configuraciones 333

- 12.1 Introducción. 333
- 12.2 Configuración del circuito de potencia 334
 - 12.2.1 Transformador de toma media 335
 - 12.2.2 Batería de toma media 336
 - 12.2.3 Puente monofásico 339
 - 12.2.4 Puente trifásico 339
- 12.3 El inversor como fuente de intensidad 342
- 12.4 Regulación de la tensión de salida 342
 - 12.4.1 Variación de la tensión de entrada 344
 - 12.4.2 Control de ancho de impulso 344
 - 12.4.3 Modulación de impulsos de alta frecuencia 349
- 12.5 Filtrado de la tensión de salida 351
 - 12.5.1 Caso monofásico con onda rectangular alterna de frecuencia fija y ancho variable 353
 - 12.5.2 Caso trifásico con onda rectangular alterna de frecuencia fija y ancho variable 359
- 12.6 El inversor con modulador y filtro integrado 361

CAPITULO 13. Inversores con transistores 364

- 13.1 Introducción 364
- 13.2 Inversores autoexcitados 364
- 13.3 Inversores con excitación independiente 369
 - 13.3.1 Circuito en puente 371
 - 13.3.2 Circuito con dos transformadores de toma media 373
 - 13.3.3 Circuito con un transformador de toma media y transistor en serie 374
 - 13.3.4 Circuito con dos transformadores de toma media y transistor en serie 375
 - 13.3.5 Circuito con dos transformadores de toma media y onda bidireccional 378
 - 13.3.6 Circuito en puente de alta frecuencia 379
 - 13.3.7 Circuito con transformador de toma media y transistor en serie de alta frecuencia 381
 - 13.3.8 Amplificador de potencia en clase B 381
 - 13.3.9 Inversor ferromonante 383
 - 13.3.10 Tabla comparativa 385

| | |
|---|-----|
| CAPITULO 14. Inversores con tiristores | 386 |
| 14.1 Introducción | 386 |
| 14.2 Inversores de bloqueo natural. El circuito de Mapham | 387 |
| 14.3 Inversores de bloqueo forzado | 391 |
| 14.3.1 El inversor en FIT de Wagner | 392 |
| 14.3.2 El inversor en FIT de Thorborg | 398 |
| 14.3.3 El inversor en FII de McMurray | 400 |
| 14.3.4 Variantes del inversor de McMurray | 407 |
| 14.3.5 Tabla de clasificación de los inversores con tiristores de bloqueo forzado | 409 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO 15. Aplicaciones. Fiabilidad. Ruido | 415 |
| 15.1 Aplicaciones más importantes | 415 |
| 15.2 Carga de baterías | 420 |
| 15.2.1 Limitación por resistencia | 421 |
| 15.2.2 Limitación por bobina | 422 |
| 15.3 Control de velocidad de motores | 426 |
| 15.3.1 Motores de c.c. | 427 |
| 15.3.2 Motores de inducción | 428 |
| 15.4 Fuentes de alimentación | 430 |
| 15.5 Estabilizadores de c.a | 434 |
| 15.5.1 Estabilizadores de tomas | 434 |
| 15.5.2 Estabilizadores de regulación continua | 436 |
| 15.5.3 Acondicionadores de línea | 439 |
| 15.6 Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) | 439 |
| 15.7 Interruptores estáticos | 444 |
| 15.8 Fiabilidad | 444 |
| 15.8.1 Teoría | 445 |
| 15.8.2 Ejemplos | 450 |
| 15.9 Ruido | 456 |

| | |
|--------------------|-----|
| BIBLIOGRAFÍA . . . | 463 |
|--------------------|-----|

| | |
|--|-----|
| NOMENCLATURA Y NOTACIÓN DE TÉRMINOS CORRESPONDIENTES A SEMICONDUCTORES DISCRETOS. EQUIVALENTES EN INGLÉS | 469 |
|--|-----|