
Índice de contenido

Prefacio	xiii
Agradecimientos	xvii

1

Repaso de la teoría de circuitos eléctricos	1
1.1. Introducción	2
1.2. Análisis de circuitos de corriente continua	3
1.3. Análisis de circuitos de corriente alterna	7
1.4. Circuitos trifásicos	20
1.5. Medidas de la potencia y la impedancia	29
Resumen	52
Preguntas de repaso	53
Problemas	55

2

Repaso de las leyes básicas del electromagnetismo	63
2.1. Introducción	64
2.2. Ecuaciones de Maxwell	64
2.3. Materiales magnéticos y sus propiedades	75
2.4. Circuitos magnéticos	83
2.5. Autoinductancia e inductancia mutua	97
2.6. Bobinas acopladas magnéticamente	104
2.7. Pérdidas magnéticas	109
2.8. Imanes permanentes	115

Resumen	122
Preguntas de repaso	124
Problemas	126

3

Principios de la conversión de energía electromecánica	138
3.1. Introducción	139
3.2. El campo eléctrico como medio	140
3.3. El campo magnético como medio	146
3.4. Bobina en un campo magnético uniforme	156
3.5. Bobina en un campo magnético variable con el tiempo	170
3.6. Motor síncrono	181
3.7. Motor de reluctancia	182
3.8. Relés electromagnéticos	186
Resumen	190
Preguntas de repaso	193
Problemas	194

4

Transformadores	202
4.1. Introducción	203
4.2. Construcción de un transformador	204
4.3. El transformador ideal	205
4.4. El transformador no ideal	213
4.5. Regulación del voltaje	225
4.6. Criterio de la máxima eficiencia	228
4.7. Determinación de los parámetros de un transformador	232
4.8. Cálculos por unidad	239
4.9. El autotransformador	244
4.10. Transformadores trifásicos	253
4.11. El transformador de corriente constante	268
4.12. Transformadores para instrumentos	270
Resumen	273
Preguntas de repaso	276
Problemas	277

5	Generadores de corriente continua	284
5.1.	Introducción	285
5.2.	Construcción mecánica	285
5.3.	Devanados de la armadura	289
5.4.	Ecuación de la fem inducida	299
5.5.	Par desarrollado	303
5.6.	Característica de magnetización de una máquina de cc	305
5.7.	Teoría de la conmutación	307
5.8.	Reacción de la armadura	310
5.9.	Tipos de generadores de cc	314
5.10.	Regulación del voltaje	315
5.11.	Pérdidas en las máquinas de cc	316
5.12.	Generador de cc con excitación independiente	319
5.13.	Generador shunt	323
5.14.	Generador serie	330
5.15.	Generadores compound	332
5.16.	Criterio de la máxima eficiencia	339
	Resumen	341
	Preguntas de repaso	342
	Problemas	344
6	Motores de corriente continua	351
6.1.	Introducción	352
6.2.	Operación de un motor de cc	352
6.3.	Regulación de la velocidad	356
6.4.	Pérdidas en un motor de cc	356
6.5.	Motor serie	356
6.6.	Motor shunt	362
6.7.	Motor compound	368
6.8.	Métodos para el control de la velocidad	372
6.9.	El sistema Ward-Leonard	379
6.10.	Mediciones del par	382
6.11.	Frenado o inversión de marcha en motores de cc	386

Resumen	392
Preguntas de repaso	393
Problemas	395

7

Generadores síncronos	402
7.1. Introducción	403
7.2. Construcción de una máquina síncrona	404
7.3. Devanados de la armadura	405
7.4. Factor de paso	409
7.5. Factor de distribución	412
7.6. Conexiones de los devanados	414
7.7. Ecuación de la fem inducida	418
7.8. El circuito equivalente	422
7.9. Relaciones de potencia	429
7.10. Pruebas de generadores síncronos	434
7.11. La característica externa	440
7.12. Generador síncrono de polos salientes	445
7.13. Operación en paralelo de generadores síncronos	452
Resumen	460
Preguntas de repaso	463
Problemas	464

8

Motores síncronos	470
8.1. Introducción	471
8.2. Construcción y operación de un motor síncrono	471
8.3. Circuito equivalente de un motor síncrono	475
8.4. Expresiones de la potencia	482
8.5. Condición exacta para potencia máxima	489
8.6. Efecto de la excitación	493
8.7. Corrección del factor de potencia	498
Resumen	501
Preguntas de repaso	502
Problemas	504

9

Motores polifásicos de inducción	508
9.1. Introducción	509
9.2. Construcción	509
9.3. Principio de operación	511
9.4. Desarrollo de un circuito equivalente	514
9.5. Un circuito equivalente aproximado	523
9.6. Criterio de la potencia máxima	526
9.7. Criterio del par máximo	528
9.8. Criterio de la eficiencia máxima	533
9.9. Algunas conclusiones importantes	533
9.10. Parámetros del circuito equivalente	536
9.11. Arranque de motores de inducción	542
9.12. Transformación de la impedancia del rotor	547
9.13. Control de la velocidad en los motores de inducción	550
9.14. Tipos de motores de inducción	554
Resumen	555
Preguntas de repaso	560
Problemas	561

10

Motores monofásicos	565
10.1. Introducción	566
10.2. Motor de inducción monofásico	566
10.3. Análisis de un motor de inducción monofásico	572
10.4. Tipos de motores de inducción monofásicos	578
10.5. Análisis de un motor monofásico utilizando ambos devanados	583
10.6. Prueba de motores monofásicos	592
10.7. Motor de polos sombreados	598
10.8. El motor universal	602
Resumen	607
Preguntas de repaso	608
Problemas	609

11

Dinámica de las máquinas eléctricas	614
11.1. Introducción	615
11.2. Dinámica de las máquinas de cc	616
11.3. Dinámica del generador síncrono	640
Resumen	653
Preguntas de repaso	654
Problemas	655

12

Máquinas eléctricas de propósito especial	658
12.1. Introducción	659
12.2. Motores de imanes permanentes	659
12.3. Motores de pasos	666
12.4. Motores de reluctancia conmutada	673
12.5. Motores de cc sin escobillas	675
12.6. Motores de histéresis	676
12.7. Motores de inducción lineales	678
Resumen	684
Preguntas de repaso	685
Problemas	685

Apéndices

A. Sistema de unidades	687
B. La transformación de Laplace	690
Bibliografía	692
Índice analítico	693