

INDICE

Prefacio	XI
Acerca del autor	XIV
Capítulo 1	
Introducción	1
1.1. Qué	1
1.2. Cuándo	2
1.3. Dónde	2
1.4. Cómo	3
Capítulo 2	
Circuitos en estado estable senoidal	5
2.1. Introducción	5
2.2. Principios de favores y de impedancia	5
2.3. Análisis de redes monofásicas	10
2.4. Redes trifásicas	14
2.4.1. Arreglos de conexiones	15
2.4.2. Condiciones balanceadas	16
2.4.3. Transformaciones de conexiones	21
2.4.4. Análisis	23
2.5. Flujo de potencia	28
2.5.1. Circuitos monofásicos	28
2.5.2. Circuitos trifásicos	28
2.5.3. Medición de potencia	34
2.4.4. Corrección del factor de potencia	35
2.6. Circuitos con frecuencias múltiples	38
2.7. Código para el análisis computacional	39
Resumen	43
Problemas	44
Capítulo 3.	
Circuitos magnéticos y conversión de energía	49
3.1. Introducción	49
3.2. Leyes y reglas	49
3.3. Ferromagnetismo	54
3.3.1. Saturación	54
3.3.2. Histéresis	57
3.3.3. Temperatura de Curie y magnetostricción	57
3.4. Circuitos magnéticos	57
3.4.1. Metodología de análisis	58
3.4.2. Efecto de los bordes en el entrehierro	59
3.4.3. Flujo de fuga	61
3.4.4. Circuitos magnéticos en serie	61
3.4.5. Circuitos magnéticos en paralelo	69
3.5. Energía e inductancia	76
3.5.1. Inductancia	76
3.5.2. Energía	80
3.6. Excitación senoidal	81
3.7. Imanes permanentes	83
3.7.1. Clasificación y características	84

3.7.2. Desempeño	85
3.8. Conversión de energía	90
3.8.1. Formulación de modelos	90
3.8.2. Fuerza y energías	92
3.8.3. Fuerza y coenergía	98
3.8.4. Sistemas con doble excitación	102
3.9. Diseño de solenoides	103
3.9.1. Dimensionamiento burdo	104
3.9.2. Circuito magnético	106
3.9.3. Diseño prueba	108
3.10. Código para el análisis computacional	113
Resumen	126
Problemas	127
Referencias	130
Capítulo 4.	
Transformadores	131
4.1. Introducción	131
4.2. Construcción física	132
4.3. El transformador ideal	133
4.3.1. Diagramas de circuitos	137
4.3.2. Relaciones de tensión y de corriente	137
4.3.3. Relaciones de potencia	139
4.4. El transformador real	141
4.4.1. Transformador con núcleo sin pérdidas	141
4.4.2. Propiedades del núcleo ferromagnético	143
4.4.3. Utilidad de las implicaciones de desempeño	152
4.4.4. Placa de datos y polaridad de los devanados	155
4.5. Determinación experimental de los parámetros	156
4.5.1. Pruebas preliminares	157
4.5.2. Prueba de cortocircuito	157
4.5.3. Prueba de circuito abierto	158
4.6. Evaluación de desempeño	161
4.6.1. Análisis voltaje – corriente	161
4.6.2. Circuito equivalente aproximado	163
4.6.3. Eficiencia	166
4.6.4. Regulación de tensión	171
4.6.5. Corriente de arranque	173
4.7. Transformadores de distribución residencial	175
4.8. Autotransformadores trifásicos	179
4.9.1. Esquemas de conexión	180
4.9.2. Análisis del desempeño del transformador	183
4.10. Transformador con embobinados en derivación	185
4.10.1. Ajuste fijo de las derivaciones bajo carga	187
4.11. Transformadores de instrumentación	188
4.11.1. Transformadores de potencial	188
4.11.2. Transformadores de corriente	188
4.12. Diseño de transformadores	189
4.12.1. Dimensionamiento del volumen del núcleo	189

4.12.2. Análisis del circuito magnético	192
4.12.3. Parámetros del circuito equivalente	194
4.12.4. Ejemplo de diseño	198
4.13. Código para análisis computacional	203
Resumen	221
Problemas	222
Referencias	227
Capítulo 5	
Máquinas de CD	229
5.1. Introducción	229
5.2. Construcción física	229
5.3. Principios de tensión y de par	232
5.3.1. Campo magnético sin carga	232
5.3.2. Tensión inducida en el devanado de la armadura	239
5.4. Clasificación por devanado de campo	241
5.4.1. Devanados de campos básicos	241
5.4.2. Arreglos de conexión de campos	242
5.5. Naturaleza e interacción de los campos magnéticos	243
5.5.1. Circuitos magnéticos principales	243
5.5.2. Interacción de los campos magnéticos	245
5.6. Desempeño del generador	251
5.6.1. Generador de cd excitado separadamente	252
5.6.2. Generador de cd en paralelo (Shunt)	254
5.6.3. Generador de cd con excitación en serie	256
5.6.4. Generador de cd compuesto acumulativo (Aditivo)	256
5.6.5. Generador compuesto diferencial de cd	258
5.7. Desempeño de motores	259
5.7.1. Motor de cd con excitación en paralelo	263
5.7.2. Motor de cd con excitación en serie	263
5.7.3. Motor compuesto acumulativo de cd	266
5.7.4. Motor de excitación compuesta sustractiva de cd	269
5.8. Control de motores	271
5.8.1. Control de arranque	271
5.8.2. Control de velocidad	272
5.9. Diseño de motores de cd	275
5.9.1. Clasificación y estandarizaciones	276
5.9.2. Dimensionamiento del volumen y del diámetro interior	277
5.9.3. Diseño de armadura	279
5.9.4. Diseño de polos de campo	286
5.9.5. Análisis del circuito magnético	288
5.9.6. Diseño de devanado de campo	290
5.9.7. Refinamiento del diseño	291
5.9.8. Diseño muestra	291
5.10. Códigos para el análisis computacional	299
Resumen	310
Problemas	311
Referencias	316
Capítulo 6.	

Motores de inducción	317
6.1. Introducción	317
6.2. Clasificación y construcción física	317
6.3. Devanado y fmm del estator	319
6.3.1. Devanados de estator	319
6.3.2. Fmm del devanado	319
6.3.3. Onda viajera de entrehierro del estator	326
6.3.4. Velocidad síncrona	327
6.4. Acción y deslizamiento del rotor	328
6.4.1. Tensiones inducidas en el devanado del rotor	328
6.4.2. Onda viajera del entrehierro del rotor	331
6.5. Circuito equivalente	333
6.6. Determinación experimental de los parámetros	335
6.6.1. Pruebas del rotor bloqueado	336
6.6.2. Prueba de vacío	337
6.7. Naturaleza y cálculos del desempeño	340
6.7.1. Flujo de potencia en el motor de inducción	340
6.7.2. Determinación del par desarrollado	341
6.7.3. Naturaleza del par desarrollado	348
6.7.4. Sensibilidad de la frecuencia de los parámetros del rotor	325
6.7.5. Evaluación del desempeño de la máquina	353
6.8. Arranque a tensión reducida	355
6.8.1. Arranque de autotransformador	357
6.8.2. Arrancador de estado sólido	358
6.9. Control de velocidad	358
6.9.1. Control de la resistencia del rotor	359
6.9.2. Control de tensión	359
6.9.3. Cambio de polos	360
6.9.4. Control de frecuencia	361
6.10. Motores monofásicos	366
6.10.1. Campo en el entrehierro	367
6.10.2. Circuito equivalente	368
6.10.3. Naturaleza del desempeño	370
6.10.4. Devanado auxiliar de arranque	373
6.11. Diseño de motores de inducción	375
6.11.1. Clasificación y estandarización	375
6.11.2. Dimensionamiento del volumen y del diámetro interior	377
6.11.3. Diseño del estator	379
6.11.4. Diseño del rotor	385
6.11.5. Parámetros del circuito equivalente	389
6.11.6. Refinamiento del diseño	396
6.11.7. Ejemplo del diseño	395
6.12. Código para el análisis computacional	404
Resumen	417
Problemas	417
Referencias	420
Capítulo 7.	
Máquinas síncronas	421

7.1. Introducción	421
7.2. Clasificación y construcción física	422
7.2.1. Devanado y fmm del estator	422
7.2.2. Devanados del rotor y campos del entrehierro	425
7.3. Tensiones generadas al circuito equivalente	428
7.3.1. Flujos y voltajes de los devanados	429
7.3.2. Circuito equivalente por fase: caso del rotor redondo (cilíndrico)	431
7.3.3. Linealización magnética	434
7.4. Parámetros del circuito equivalente a partir de los datos de prueba	437
7.5. Desempeño de generador	441
7.5.1. Diagramas fasorial del generador síncrono	441
7.5.2. Par electromagnético desarrollado	443
7.5.3. Generadores síncronos aislados	445
7.5.4. Generadores síncronos interconectados	449
7.6. Desempeño del motor	455
7.7. Desempeño de la maquina de los polos salientes	458
7.8. Motores autosíncronicos	465
7.8.1. Motores de cd sin escobillas	465
7.8.2. Motores de reluctancia conmutada	470
7.9. Diseños de maquinas síncronas	476
7.9.1. Estándares y clasificaciones	476
7.9.2. Dimensionamientos del volumen y diámetro interior	477
7.9.3. Diseño de estator	479
7.9.4. Dimensionamiento del entrehierro	483
7.9.5. Diseño del rotor	483
7.9.6. Parámetros de circuito equivalente	491
7.9.7. Refinamiento del diseño	492
7.9.8. Ejemplo de diseño	492
7.10. Código para análisis computacional	499
Resumen	511
Problemas	512
Referencias	515
Apéndice A	
Factores de Devanado	517
A.1. Factor de distribución	517
A.2. Factor de paso	520
A.3. Factor de devanado	521
Apéndice B	
Factores de convesión	523
Apéndice C	
Tablas de alambre magneto	525
C.1. Alambre redondo con película de aislante	525
C.2. Alambre cuadrado con película de aislante	526
Índice	527