

CONTENIDO

Acerca del autor	xiii
Prólogo	xv
Al estudiante	xix
Agradecimientos	xxi
Capítulo 1. Leyes generales del campo electromagnético	1
1.1. Introducción	1
1.2. Definición de magnitudes fundamentales.....	2
1.2.1. Densidad de carga ρ_v	2
1.2.2. Campo eléctrico \mathbf{E}	4
1.2.3. Densidad de corriente \mathbf{J}	4
1.2.4. Desplazamiento eléctrico \mathbf{D} , polarización \mathbf{P} , permitividad ϵ	10
1.2.5. Inducción magnética \mathbf{B}	13
1.2.6. Campo magnético \mathbf{H} , imanación \mathbf{M} , permeabilidad μ	15
1.3. Ley de conservación de la carga. Ecuación de continuidad.....	17
1.4. El campo electromagnético. Fuerza de Lorentz. Ecuaciones de Maxwell	19
1.5. Caracterización de los medios.....	23
1.6. Interpretación física de las ecuaciones de Maxwell.....	25
1.6.1. Ecuación $\text{div } \mathbf{D} = \rho_v$. Ley de Gauss.....	25
1.6.2. Ecuación $\text{div } \mathbf{B} = 0$. Carácter solenoidal del campo magnético	32
1.6.3. Ecuación $\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$. Ley de Ampère-Maxwell.....	33
1.6.4. Ecuación $\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$. Ley de Faraday.....	40
1.7. Condiciones de contorno.....	59
1.7.1. Componentes normales.....	59
1.7.2. Componentes tangenciales.....	60
1.7.3. Condiciones de contorno para materiales dieléctricos y magnéticos	62
1.7.4. Condiciones de contorno en buenos conductores.....	63
Problemas	64
Biografías.....	73
Bibliografía.....	76
Capítulo 2. Divisiones del Electromagnetismo	79
2.1. Introducción	79
2.2. Electrostática.....	83

2.2.1. Campo electrostático y potencial escalar	83
2.2.2. Capacidad y condensadores	102
2.3. Resistencia eléctrica.....	110
2.4. Electrocinética. Generadores de fuerza electromotriz.....	116
2.5. Magnetostática	122
2.5.1. Campo magnético, inducción y potencial vector	122
2.5.2. Inductancia: coeficientes de autoinducción e inducción mutua.....	130
2.6. Campos electromagnéticos variables	137
2.6.1. Corriente de desplazamiento y campo magnético	137
2.6.2. Ley de Faraday. Voltaje y diferencia de potencial.....	141
2.6.3. F.e.m.s. de autoinducción e inducción mutua. Convenio de punto	145
2.6.4. Ondas electromagnéticas	151
2.6.5. Potenciales retardados. Campos cuasiestacionarios	163
2.7. Balance energético en el campo electromagnético	173
2.7.1. Potencia disipada en un elemento ohmico. Ley de Joule	173
2.7.2. Energía almacenada en campo eléctrico	175
2.7.3. Energía almacenada en el campo magnético	177
2.7.4. Teoría de Poynting	179
2.8. Apéndice: Relatividad y Ecuaciones de Maxwell.....	191
2.8.1. Sistemas de referencia. Transformación galileana	191
2.8.2. Transformación de Lorentz.....	192
2.8.3. La naturaleza relativa de los campos eléctricos y magnéticos.....	194
Problemas	197
Biografías.....	206
Bibliografía.....	211
Capítulo 3. Introducción a la Teoría de los circuitos eléctricos.....	213
3.1. Introducción	213
3.2. Variables que intervienen en el estudio de los circuitos eléctricos. Convenio de signos.....	215
3.2.1. Corriente eléctrica.....	215
3.2.2. Tensión. Diferencia de potencial.....	216
3.2.3. Potencia eléctrica	217
3.3. Elementos activos ideales. fuentes o generadores.....	219
3.4. Tipos de excitación y formas de onda.....	222
3.4.1. Clasificación de ondas	222
3.4.2. Ondas periódicas. Valores asociados.....	223

3.5. Elementos pasivos.....	224
3.5.1. Resistencia.....	226
3.5.2. Bobina. Inductancia.....	231
3.5.3. Condensador.....	233
3.6. Impedancia y admitancia operacional.....	237
3.7. Topología de redes: conceptos fundamentales.....	240
3.7.1. Definiciones.....	240
3.7.2. Propiedades.....	242
3.8. Lemas de Kirchhoff.....	242
3.8.1. Primer Lema de Kirchhoff.....	242
3.8.2. Segundo Lema de Kirchhoff.....	244
3.8.3. Elección de las ecuaciones independientes para la aplicación de los Lemas de Kirchhoff.....	245
3.9. Elementos activos reales.....	255
3.10. Asociación y transformación de fuentes.....	257
3.11. Asociación de elementos pasivos.....	262
3.11.1. Conexión serie.....	263
3.11.2. Conexión en paralelo.....	264
3.11.3. Equivalencia estrella-triángulo. Teorema de Kennelly.....	266
3.12. Análisis de circuitos por el método de las mallas.....	273
3.12.1. Método de las mallas: formulación general.....	273
3.12.2. Método de las mallas con generadores de corriente.....	279
3.13. Análisis de circuitos por el método de los nudos.....	284
3.13.1. Formulación general.....	284
3.13.2. Método de los nudos con generadores de tensión.....	289
3.14. Principio de superposición.....	295
3.15. Teoremas de Thévenin y Norton.....	299
3.16. Otros teoremas de circuitos.....	307
3.16.1. Teorema de sustitución.....	307
3.16.2. Teorema de reciprocidad.....	309
3.16.3. Teorema de Millman.....	310
3.16.4. Teorema de Tellegen.....	311
3.17. Cuadripolos.....	314
Problemas.....	320
Biografías.....	331
Bibliografía.....	337

Capítulo 4. Circuitos de corriente alterna sinusoidal	339
4.1. Introducción	339
4.2. Onda sinusoidal: generación y valores asociados	341
4.3. Representación compleja de una magnitud sinusoidal.....	346
4.4. Derivada e integral de una magnitud sinusoidal	352
4.5. El dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia	354
4.6. Respuesta sinusoidal de los elementos pasivos	359
4.7. Impedancia y admitancia compleja	364
4.8. Análisis de circuitos en régimen permanente sinusoidal.....	366
4.8.1. Generalidades.....	366
4.8.2. Asociación de elementos pasivos.....	372
4.8.3. Método de las corrientes de malla	375
4.8.4. Método de las tensiones de nudo	377
4.8.5. Principio de superposición.....	382
4.8.6. Teoremas de Thévenin y Norton.....	385
4.9. Potencia en un circuito eléctrico en régimen de corriente alterna sinusoidal	387
4.10. Potencia compleja	396
4.11. Factor de potencia: su importancia práctica	403
4.12. Corrección del factor de potencia	407
4.13. Medida de la potencia en C. A.	416
4.14. Transferencia máxima de potencia	422
4.15. Resonancia en C. A. y filtros	425
4.16. Apéndice: circuitos eléctricos con señales no sinusoidales	433
Problemas	437
Biografías.....	457
Bibliografía.....	461
Capítulo 5. Circuitos trifásicos	463
5.1. Introducción	463
5.2. Generación de tensiones trifásicas	465
5.3. Conexión en estrella equilibrada	468
5.4. Conexión en triángulo equilibrado.....	479
5.5. Cargas desequilibradas	488
5.5.1. Cargas desequilibradas conectadas en estrella	489
5.5.2. Cargas desequilibradas conectadas en triángulo	499
5.6. Potencia en sistemas trifásicos	505

5.6.1. Generalidades.....	505
5.6.2. Potencias en sistemas trifásicos equilibrados.....	507
5.7. Corrección del factor de potencia en trifásica.....	513
5.8. Medida de la potencia en sistemas trifásicos	517
5.8.1. Generalidades.....	517
5.8.2. Medida de la potencia en circuitos equilibrados	519
5.9. Transporte de energía eléctrica: ventaja de los sistemas trifásicos frente a los monofásicos	529
5.10. Componentes simétricas	530
5.10.1. Generalidades.....	530
5.10.2. El operador trifásico «a».....	531
5.10.3. Componentes simétricas de fasores desequilibrados	532
5.10.4. Impedancias debidas a las corrientes de diferente secuencia	539
5.10.5. Redes de secuencia.....	541
5.10.6. Cálculo de faltas en sistemas de potencia.....	543
Problemas	544
Biografías.....	571
Bibliografía.....	574
Capítulo 6. Régimen transitorio de los circuitos eléctricos.....	577
6.1. Introducción	577
6.2. La respuesta completa de una red lineal.....	578
6.3. Condiciones iniciales de los elementos	580
6.3.1. Resistencia.....	580
6.3.2. Inductancia	580
6.3.3. Capacidad.....	581
6.4. Análisis clásico de transitorios en sistemas de primer orden	585
6.4.1. Respuesta transitoria de un circuito R-L	586
6.4.2. Respuesta transitoria de un circuito R-C	592
6.5. Solución sistemática de redes de primer orden	594
6.6. Análisis clásico de transitorios en sistemas de segundo orden.....	609
6.6.1. Respuesta transitoria de un circuito R-L-C	609
6.7. Transformada de Laplace.....	625
6.8. Aplicaciones de la transformada de Laplace en el estudio de transitorios de circuitos eléctricos	627
6.8.1. Respuestas de los elementos pasivos simples en el plano s	627
6.9. Análisis de circuitos eléctricos por variables de estado.....	643

6.9.1.	El concepto de estado.....	644
6.9.2.	Planteamiento sistemático de las ecuaciones de estado	646
6.9.3.	Solución de las ecuaciones de estado por la transformada de Laplace....	649
Problemas	655
Biografías.....		666
Bibliografía.....		672
Apéndice 1. Electromagnetismo y circuitos eléctricos. Revisión histórica ...		675
1.	Electromagnetismo	675
1.1.	Los inicios de la electricidad y el magnetismo.....	675
1.2.	La pila eléctrica. Experimentos de electrólisis.....	677
1.3.	El Electromagnetismo.....	678
1.4.	La Ley de Ohm.....	679
1.5.	La Ley de inducción de Faraday	680
1.6.	Contribuciones matemáticas al magnetismo	681
1.7.	La teoría de los campos electromagnéticos de Maxwell.....	683
1.8.	Hertz y el descubrimiento de las ondas electromagnéticas	684
1.9.	La telegrafía sin hilos y el inicio de la radio	686
1.10.	El progreso de la electrónica y las comunicaciones	687
2.	Circuitos eléctricos	690
2.1.	Ley de Ohm y Lemas de Kirhhoff.....	690
2.2.	Algunos teoremas de los circuitos eléctricos	691
2.3.	Circuitos de corriente alterna. El cálculo simbólico	692
2.4.	La potencia en corriente alterna	694
2.5.	Los sistemas polifásicos y el método de las componentes simétricas	694
2.6.	El cálculo operacional de Heaviside	697
2.7.	Los filtros eléctricos. La síntesis de los circuitos eléctricos.....	697
2.8.	La realimentación y otras contribuciones en circuitos.....	699
2.9.	Las innovaciones electrónicas y los circuitos activos	700
2.10.	De la Teoría de circuitos a la Teoría de sistemas.....	701
2.11.	El estudio de circuitos eléctricos con ayuda de ordenador	702
Bibliografía	704
Apéndice 2. Sistema Internacional de Unidades		709
1.	Introducción	709
2.	Unidades básicas	709
3.	Unidades suplementarias	710

4.	Prefijos decimales	710
5.	Tablas de unidades	711
Apéndice 3. Repaso de Análisis vectorial.....		717
1.	Introducción	717
2.	Operaciones con vectores	717
3.	Sistemas de coordenadas ortogonales	720
4.	Funciones integrales	726
4.1.	Integrales curvilíneas.....	726
4.2.	Circulación	727
4.3.	Integral de superficie	729
4.4.	Flujo.....	729
4.5.	Integral triple.....	732
5.	Funciones diferenciales.....	733
5.1.	Gradiente de un campo escalar	733
5.2.	Divergencia de un campo vectorial.....	735
5.3.	Rotacional de un campo vectorial.....	737
5.4.	El operador laplaciano.....	739
6.	Teoremas integrales	743
6.1.	Teorema de Ostrogradsky-Gauss o Teorema de la Divergencia	743
6.2.	Teorema de Stokes.....	745
7.	Identidades vectoriales.....	747
7.1.	Operaciones (U y V : escalares; \mathbf{A} y \mathbf{B} : vectores).....	747
7.2.	Relaciones.....	748
7.3.	Identidades integrales de Green.....	749
8.	Campos vectoriales irrotacionales y solenoidales.....	749
8.1.	Campo vectorial irrotacional	749
8.2.	Campo vectorial solenoidal.....	750
9.	Teorema de Hemholtz	751
Apéndice 4. Repaso del álgebra de los números complejos.....		753
1.	Introducción	753
2.	Álgebra de los números complejos	756
2.1.	Operaciones básicas	756
3.	Interpretación geométrica del operador j	758
4.	Propiedades de los operadores «Re», «Im...».....	759
5.	Propiedades de la función conjugada de un complejo	760

Apéndice 5. Transformada de Laplace	763
1. Introducción histórica	763
2. Definición de transformada de Laplace	764
3. Teoremas sobre la transformada de Laplace	764
4. Desarrollo de pares de transformadas	772
5. Síntesis de ondas utilizando el operador retardo del tiempo	776
6. Función impulso (Delta de Dirac)	779
7. Síntesis de ondas utilizando la función impulso	783
8. Transformada inversa de Laplace. Tablas transformadas	786
9. Función de transferencia. Diagrama de polos y ceros.....	792
9. La integral de convolución.....	796
10. Interpretación gráfica de la convolución	799
11. Propiedades de la integral de convolución	801
Índice de biografías	807
Índice	809