

Contenido

Introducción	v
Sobre los autores	ix
Capítulo 1. Conceptos y leyes básicas	1
1.1. Carga eléctrica: campo eléctrico y magnético	1
1.2. Tensión y corriente	1
1.3. Convenio de polaridades	2
1.4. Potencia y energía	3
1.5. Criterios generador y receptor	4
1.6. Leyes de Kirchoff	6
1.6.1. Ley de Kirchoff de corrientes	6
1.6.2. Ley de Kirchoff de tensiones	7
1.7. Consideraciones finales	8
1.8. Ejercicios	8
Capítulo 2. Señales y formas de onda	11
2.1. Señales y ondas	11
2.2. Clasificación de ondas	12
2.2.1. Ondas pares e impares	12
2.2.2. Ondas continuas y alternas	13
2.2.3. Ondas periódicas y no periódicas	13
2.3. Valores asociados a ondas periódicas	15
2.3.1. Valor máximo, de pico o de cresta	15
2.3.2. Valor de pico a pico	15
2.3.3. Valor medio	15
2.3.4. Valor eficaz	16
2.3.5. Factor de amplitud	16
2.3.6. Factor de forma	17
2.4. Ondas más utilizadas en teoría de circuitos	18
	xi

2.4.1.	Ondas sinusoidales	18
2.4.1.1.	Valores característicos de las ondas sinusoidales	19
2.4.1.2.	Comparación de ondas sinusoidales	21
2.4.2.	Otras formas de onda básicas en teoría de circuitos	23
2.4.2.1.	Función escalón unitario	23
2.4.2.2.	Función pulso unitario	24
2.4.2.3.	Función rampa unitaria	24
2.4.2.4.	Función exponencial	25
2.5.	Operaciones básicas con ondas	26
2.5.1.	Operaciones realizadas sobre la variable dependiente $x(t)$	26
2.5.1.1.	Escalado	26
2.5.1.2.	Suma de ondas	26
2.5.1.3.	Multiplicación de ondas	26
2.5.1.4.	Derivación de ondas	27
2.5.1.5.	Integración de ondas	27
2.5.2.	Operaciones realizadas sobre la variable independiente t	27
2.5.2.1.	Escalado en el tiempo	27
2.5.2.2.	Desplazamiento en el tiempo	28
2.5.2.3.	Precedencia en las reglas	29
2.6.	Consideraciones finales	30
2.7.	Ejercicios	30
Capítulo 3.	Componentes de los circuitos	33
3.1.	Resistencia y conductancia	33
3.1.1.	Ecuación característica: ley de Ohm	35
3.1.2.	Potencia y energía: ley de Joule	37
3.1.3.	Asociación de resistencias	39
3.2.	La bobina	42
3.2.1.	Ecuación característica: coeficiente de autoinducción	43
3.2.2.	Potencia y energía	47
3.2.3.	Asociación de bobinas	49
3.2.4.	Conservación de flujo	51
3.2.5.	La bobina real	52
3.3.	El condensador	53
3.3.1.	Ecuación característica: capacidad	54
3.3.2.	Potencia y energía	56
3.3.3.	Asociación de condensadores	58
3.3.4.	Conservación de la carga	60
3.3.5.	El condensador real	61
3.4.	Dualidad	61
3.5.	Fuentes independientes	62
3.5.1.	Fuentes independientes de tensión	62
3.5.2.	Fuentes independientes de corriente	63
3.5.3.	Asociación de fuentes	64
3.6.	Fuentes dependientes	66
3.6.1.	Fuente dependiente de tensión controlada por tensión	67

3.6.2.	Fuente dependiente de corriente controlada por tensión	67
3.6.3.	Fuente dependiente de tensión controlada por corriente	68
3.6.4.	Fuente dependiente de corriente controlada por corriente	68
3.7.	Fuentes reales	70
3.7.1.	Fuente de tensión con resistencia en serie	70
3.7.2.	Fuente de corriente con resistencia en paralelo	72
3.8.	Medida de tensiones, corrientes y potencias	75
3.9.	Consideraciones finales	77
3.10.	Ejercicios	77
Capítulo 4.	Circuitos resistivos	83
4.1.	Divisor de tensión	83
4.2.	Divisor de corriente	87
4.3.	Puente de Wheatstone	89
4.4.	Transformación estrella/triángulo	91
4.5.	Equivalencia de fuentes reales	96
4.6.	Asociación de fuentes reales	99
4.7.	Movilidad de fuentes	101
4.8.	Resolución por inspección	104
4.9.	Balance de potencias	106
4.10.	Consideraciones finales	107
4.11.	Ejercicios	107
Capítulo 5.	Análisis de circuitos	111
5.1.	Ramas, nudos y mallas	111
5.2.	Método de las corrientes de malla	112
5.2.1.	Ecuaciones necesarias	112
5.2.2.	Método	113
5.2.3.	Expresión matricial del método de mallas	115
5.2.4.	Fuentes dependientes	116
5.2.5.	Supermallas	119
5.3.	Método de las tensiones de nudo	122
5.3.1.	Ecuaciones necesarias	123
5.3.2.	Método	123
5.3.3.	Expresión matricial	126
5.3.4.	Fuentes dependientes	128
5.3.5.	Supernudos	132
5.4.	Consideraciones finales	138
5.5.	Ejercicios	138
Capítulo 6.	Principios y teoremas	145
6.1.	Principio de superposición	145
6.2.	Teorema de Thévenin	151
6.3.	Cálculo de la resistencia de Thévenin	154
6.4.	Teorema de Norton	156

6.5.	Condición de máxima transferencia de potencia	161
6.6.	Consideraciones finales	164
6.7.	Ejercicios	165
Capítulo 7.	Circuitos RC y RL	169
7.1.	Respuesta natural: circuito RC	169
7.2.	Respuesta natural: circuito RL	173
7.3.	Constante de tiempo	176
7.4.	Respuesta forzada: circuito RC	176
7.5.	Respuesta forzada: circuito RL	181
7.6.	Circuitos de primer orden	185
7.7.	Cambios secuenciales	185
7.8.	Consideraciones finales	190
7.9.	Ejercicios	190
Capítulo 8.	Circuitos RCL	195
8.1.	Ecuación diferencial de circuitos de segundo orden excitados mediante escalón	195
8.2.	Solución de la ecuación diferencial de circuitos de segundo orden excitados mediante escalón	197
8.2.1.	Solución general de la ecuación diferencial homogénea	197
8.2.1.1.	Respuesta sobreamortiguada	198
8.2.1.2.	Respuesta críticamente amortiguada	199
8.2.1.3.	Respuesta subamortiguada	201
8.2.2.	Solución particular de la ecuación diferencial completa	202
8.3.	Respuesta natural y a escalón del circuito RCL serie	205
8.3.1.	Planteamiento de las ecuaciones diferenciales	205
8.3.2.	Condiciones iniciales	208
8.4.	Respuestas natural y a escalón del circuito RCL paralelo	215
8.4.1.	Planteamiento de las ecuaciones diferenciales	216
8.4.2.	Condiciones iniciales	218
8.5.	Otros circuitos de segundo orden	225
8.5.1.	Planteamiento de la ecuación diferencial	225
8.5.2.	Condiciones iniciales	226
8.6.	Cambios secuenciales	230
8.7.	Potencia y energía	232
8.8.	Consideraciones finales	234
8.9.	Ejercicios	235
Capítulo 9.	Circuitos de corriente alterna	239
9.1.	Respuesta sinusoidal: transitorio y régimen permanente	239
9.2.	Representación de ondas sinusoidales: fasor	241
9.3.	Resistencias en régimen sinusoidal: corriente, potencia y energía	243
9.4.	Bobinas en régimen sinusoidal: corriente, potencia y energía	245
9.5.	Condensadores en régimen sinusoidal: corriente, potencia y energía	247
9.6.	Impedancia: resistencia y reactancia. Resonancia	249

9.7. Admitancia: conductancia y susceptancia. Antirresonancia	252
9.8. Leyes de Kirchoff	254
9.9. Elementos en serie y paralelo	255
9.10. Transformación estrella/triángulo	258
9.11. Diagramas fasoriales	260
9.12. Potencia instantánea y energía en un conjunto de componentes	261
9.13. Potencia activa, reactiva y aparente	263
9.14. Potencia compleja. Triángulo de potencias	264
9.15. Factor de potencia y compensación de la potencia reactiva	265
9.16. Balance de potencias: teorema de Boucherot	268
9.17. Consideraciones finales	269
9.18. Ejercicios	270
Capítulo 10. Análisis de circuitos de corriente alterna y teoremas	277
10.1. Resolución de circuitos de corriente alterna por mallas	277
10.2. Resolución de circuitos de corriente alterna por el método de nudos	284
10.3. Principio de superposición en corriente alterna	289
10.4. Teorema de reciprocidad	293
10.5. Teorema de compensación	295
10.6. Teoremas de Thévenin y Norton	298
10.7. Teorema de Millman	304
10.8. Condición de máxima transferencia de potencia	305
10.9. Adaptación de impedancias	308
10.10. Consideraciones finales	312
10.11. Ejercicios	313
Capítulo 11. Acoplamientos magnéticos y transformadores	319
11.1. Inductancia mutua	319
11.2. Polaridad y criterio de puntos	322
11.3. Determinación de bornes homólogos	323
11.4. Energía en un acoplamiento magnético	325
11.5. Circuitos equivalentes no acoplados	328
11.6. Transformador lineal con núcleo de aire	331
11.7. Transformador ideal con núcleo de hierro	333
11.8. Transformador perfecto	336
11.9. Transformador real	338
11.10. Autotransformador	340
11.11. Circuitos con transformadores	341
11.12. Consideraciones finales	344
11.13. Ejercicios	344
Capítulo 12. Circuitos trifásicos de corriente alterna	349
12.1. Fases y secuencia de fases	349
12.2. Fuentes trifásicas y equivalencias	350
12.3. Tensiones e intensidades de fase y de línea	356

12.4. Líneas y receptores trifásicos	356
12.5. Análisis de circuitos trifásicos	359
12.6. Circuito equilibrado estrella/estrella y monofásico equivalente	362
12.7. Circuito equilibrado triángulo/triángulo y monofásico equivalente	364
12.8. Circuito monofásico equivalente de un circuito trifásico equilibrado	367
12.9. La red eléctrica trifásica. Convenio de tensiones	369
12.10. Potencia instantánea y potencia media	371
12.11. Potencia activa, reactiva y aparente	373
12.12. Potencia compleja y triángulo de potencias	377
12.13. Balance de potencias: teorema de Boucherot	379
12.14. Corrección del factor de potencia	380
12.15. Medida de potencias activa y reactiva	382
12.16. Consideraciones finales	388
12.17. Ejercicios	389
Anexo A. Sistema internacional de unidades	395
Anexo B. Aritmética compleja	397
Anexo C. Resolución de circuitos utilizando Matlab/Octave	399
Bibliografía	405