
Índice general

1. Introducción	1
1.1. Magnitudes eléctricas	2
1.1.1. Carga y corriente eléctrica	2
1.1.2. Voltaje	5
1.1.3. Flujo magnético	6
1.1.4. Energía y potencia eléctrica	11
1.2. Terminales y puertas	13
1.3. Referencias de polaridad	14
1.4. Clases de circuitos	17
1.4.1. Parámetros concentrados y distribuidos	18
1.4.2. Lineales y no lineales	19
1.4.3. Invariantes y variables en el tiempo	20
1.4.4. Estáticos y dinámicos	20
1.4.5. Activos y pasivos	20
1.5. Leyes de Kirchhoff	22
1.5.1. Ley de Kirchhoff de corrientes	23
1.5.2. Ley de Kirchhoff de voltajes	25
1.6. Balance de potencias	28
1.7. Dualidad	31
2. Circuitos resistivos con generadores ideales	35
2.1. Generadores ideales	36
2.1.1. Generador ideal de tensión	37
2.1.2. Generador ideal de intensidad	38
2.1.3. Principio de superposición	39
2.2. Resistencia. Ley de Ohm	42

2.3.	Interruptor	44
2.4.	Elementos resistivos no lineales: el diodo	46
2.5.	Circuitos equivalentes	52
2.6.	Asociación de generadores ideales	53
2.7.	Simplificación de circuitos resistivos	54
2.7.1.	Asociación serie: divisor de tensión	54
2.7.2.	Asociación paralelo: divisor de intensidad	55
2.7.3.	Configuración estrella-triángulo	59
2.7.4.	Configuración en puente	64
2.7.5.	Circuitos genéricos	68
2.8.	Regla de sustitución	70
2.9.	Desacoplamiento debido a fuentes ideales	71
3.	Fuentes reales	75
3.1.	Fuente real de tensión continua	77
3.2.	Fuente real de corriente continua	80
3.3.	Máxima transferencia de potencia desde una fuente	81
3.4.	Equivalencia entre fuentes reales	85
3.5.	Asociación de fuentes reales	87
3.6.	Traslación de fuentes	92
3.7.	Fuentes reales y circuitos equivalentes	99
3.7.1.	Circuito equivalente Thévenin	99
3.7.2.	Circuito equivalente Norton	107
3.7.3.	Obtención de circuitos equivalentes	109
3.7.4.	Máxima transferencia de potencia	117
4.	Ecuaciones de nudos y de mallas para circuitos resistivos	119
4.1.	Balance de incógnitas y ecuaciones en circuitos resistivos	120
4.2.	Ecuaciones de nudos sin fuentes de tensión	123
4.2.1.	Tensiones de nudos como variables básicas	124
4.2.2.	Ecuación de un nudo arbitrario	126
4.2.3.	Sistema de ecuaciones: matriz de conductancias de nudos	127
4.2.4.	Formulación por inspección	128
4.2.5.	Formulación matricial	132
4.3.	Teorema de Tellegen	135
4.4.	Ecuaciones de mallas sin fuentes de intensidad	137
4.4.1.	Intensidades de mallas como variables básicas	138
4.4.2.	Ecuación de una malla arbitraria	140
4.4.3.	Sistema de ecuaciones: matriz de resistencias de mallas	142
4.4.4.	Formulación por inspección	143
4.5.	Ecuaciones de nudos con fuentes de tensión: supernudos	146
4.6.	Ecuaciones de mallas con fuentes de intensidad: supermallas	157



5. Componentes activos de dos puertas	169
5.1. Fuentes dependientes lineales	170
5.1.1. Fuentes de tensión	171
5.1.2. Fuentes de intensidad	174
5.1.3. Potencia y energía	177
5.2. Transformaciones en circuitos con fuentes dependientes	178
5.2.1. Equivalencia entre fuentes dependientes	178
5.2.2. Traslación de fuentes dependientes	181
5.2.3. Teorema de superposición con fuentes dependientes	183
5.2.4. Resistencias equivalentes con fuentes dependientes	187
5.3. Ecuaciones de nudos con fuentes dependientes	189
5.4. Amplificador operacional ideal	195
5.5. Amplificador operacional realimentado: configuraciones básicas	199
5.6. Ecuaciones de nudos con amplificadores operacionales	206
6. Componentes dinámicos	211
6.1. Condensador	212
6.2. Inductancia	217
6.3. Elementos pasivos reales	223
6.4. Inductancias acopladas	229
6.4.1. Relaciones $v - i$	229
6.4.2. Terminales correspondientes	231
6.4.3. Energía almacenada y transferida	234
6.4.4. Flujo mutuo y flujos de dispersión	238
6.5. Acoplamiento perfecto	240
6.6. Transformador ideal	243
6.6.1. Adaptación de elementos pasivos lineales	246
6.6.2. Modelo basado en fuentes dependientes	249
6.7. Circuito equivalente de inductancias acopladas	253
7. Formas de onda	261
7.1. Clasificación de formas de onda	262
7.2. Formas de onda no periódicas	263
7.2.1. Rampa	264
7.2.2. Escalón	267
7.2.3. Impulso	272
7.2.4. Exponencial	275
7.2.5. Sinusoidal	277
7.2.6. Exponencial compleja	277
7.3. Formas de onda periódicas	279
7.3.1. Sinusoidal	280
7.3.2. Continua	282
7.3.3. Valor medio y eficaz	283
7.4. Discontinuidades en elementos dinámicos	285
7.5. Modelado de condiciones iniciales	287

8. Circuitos en corriente continua	291
8.1. Análisis de la respuesta de un circuito dinámico	292
8.1.1. Respuesta a entrada nula	293
8.1.2. Respuesta a estado nulo	295
8.1.3. Respuesta completa: régimen transitorio y permanente	299
8.2. Análisis de circuitos dinámicos en corriente continua	302
8.2.1. Cortes capacitivos	306
8.2.2. Bucles inductivos	310
8.2.3. Casos que degeneran en rampas	315
8.3. Análisis de circuitos dinámicos en un instante arbitrario	318
8.4. Medidas en corriente continua	322
8.4.1. Galvanómetro	323
8.4.2. Amperímetro	324
8.4.3. Voltímetro	326
8.4.4. Vatímetro	328
9. Circuitos en corriente alterna	333
9.1. Ondas sinusoidales y fasores	334
9.2. Respuesta en alterna de los elementos básicos	338
9.3. Ley de Ohm en alterna: impedancia y admitancia complejas	341
9.4. Análisis de circuitos en corriente alterna	346
9.4.1. Principio de superposición	348
9.4.2. Asociación de elementos pasivos	352
9.4.3. Transformaciones con fuentes reales	357
9.4.4. Circuitos equivalentes	360
9.4.5. Ecuaciones de nudos y mallas	362
9.5. Utilización de diagramas vectoriales	378
9.6. Medidas en corriente alterna	383
10. Potencia y energía en corriente alterna	389
10.1. Componentes de la potencia instantánea en corriente alterna	390
10.1.1. Intensidad en fase o contrafase con la tensión	391
10.1.2. Intensidad en cuadratura de fase con la tensión	393
10.1.3. Intensidad arbitraria	393
10.2. Potencia activa y potencia reactiva	396
10.2.1. Analogía mecánica	399
10.2.2. Signos de la potencia activa y reactiva	401
10.3. Potencia compleja y potencia aparente	402
10.4. Potencia absorbida por una impedancia	405
10.5. Potencia y energía en los elementos básicos	407
10.6. Teorema de Boucherot	412
10.7. Máxima transferencia de potencia en alterna	415
10.8. Factor de potencia	420
10.8.1. Importancia de mantener factores de potencia elevados	421
10.8.2. Corrección del factor de potencia	423
10.9. Medida de potencia en alterna	426



11. Circuitos trifásicos	431
11.1. Generación de un sistema trifásico de tensiones	432
11.2. Circuitos trifásicos equilibrados	436
11.2.1. Conexiones estrella y triángulo	437
11.2.2. Secuencias de fases	441
11.2.3. Magnitudes de línea y de fase	443
11.3. Conversión estrella-triángulo de fuentes trifásicas	448
11.4. Reducción a circuitos monofásicos equivalentes	451
11.4.1. Circuito monofásico para la conexión en estrella	451
11.4.2. Circuito monofásico para la conexión en triángulo	456
11.5. Circuitos equilibrados en tensiones	461
11.6. Potencia en circuitos trifásicos equilibrados	466
11.6.1. Potencia instantánea	466
11.6.2. Potencia activa, reactiva y aparente	467
11.6.3. Analogía mecánica de un sistema trifásico	471
11.7. Medida de potencia en circuitos trifásicos equilibrados	472
11.7.1. Medida de potencia activa con punto neutro accesible	472
11.7.2. Método de los dos vatímetros	474
11.7.3. Medida de potencia reactiva con un vatímetro	481
11.7.4. Medida de potencia con vatímetros digitales	484
12. Transitorios en circuitos de primer y segundo orden	485
12.1. Componentes de la respuesta de circuitos dinámicos	486
12.2. Circuitos de primer orden	488
12.2.1. Respuesta natural	489
12.2.2. Respuesta al escalón	492
12.2.3. Respuesta a onda sinusoidal	502
12.3. Circuitos de segundo orden	507
12.3.1. Respuesta natural	509
12.3.2. Respuesta al escalón	514
12.3.3. Respuesta a onda sinusoidal	520
12.3.4. Circuitos de segundo orden genéricos	525
12.4. Casos degenerados	536
12.4.1. Casos que provocan rampas	537
12.4.2. Casos que provocan impulsos	540
12.5. Transitorios concatenados	551