

# Contenido

Prefacio xi

## 1

### Introducción 1

- 1.1 Definiciones y unidades 2
- 1.2 Carga y corriente 6
- 1.3 Voltaje, energía y potencia 9
- 1.4 Elementos activos y pasivos 13
- 1.5 Análisis de circuitos 16
- Problemas 17

## 2

### Circuitos resistivos 20

- 2.1 Ley de Ohm 21
- 2.2 Leyes de Kirchhoff 26
- 2.3 Resistencias en serie y división de voltaje 34
- 2.4 Resistencias en paralelo y división de voltaje 39
- 2.5 Ejemplos de análisis 45
- 2.6 Ampérmetros, voltímetros y óhmetros 51
- 2.7 Resistores físicos 54
- Problemas 56

## 3

### Fuentes dependientes 62

- 3.1 Definiciones 63
- 3.2 Circuitos con fuentes dependientes 65
- 3.3 Amplificadores operacionales 67
- 3.4 Circuitos amplificadores 70
- Problemas 74

## **4** Métodos de análisis 81

- 4.1 Análisis nodal 82
- 4.2 Ejemplo 87
- 4.3 Circuitos con fuentes de voltaje 89
- 4.4 Circuitos con amplificadores operacionales 94
- 4.5 Análisis de mallas 97
- 4.6 Circuitos con fuentes de corriente 101
- 4.7 Dualidad 105
- 4.8 Análisis de circuitos con computadora usando SPICE 109
  - Problemas 115
  - Problemas de aplicación en computadoras 122

## **5** Teoremas sobre redes 123

- 5.1 Circuitos lineales 124
- 5.2 Superposición 129
- 5.3 Teoremas de Thévenin y Norton 135
- 5.4 Fuentes prácticas 145
- 5.5 Transferencia de potencia máxima 150
- 5.6 El programa SPICE y los circuitos equivalentes de Thévenin 153
  - Problemas 155
  - Problemas para aplicación en computadoras 161

## **6** Independencia de ecuaciones 162

- 6.1 Gráfica de una red 163
- 6.2 Árboles y eslabones 165
- 6.3 Ecuaciones de voltaje independientes 167
- 6.4 Ecuaciones de corriente independientes 172
- 6.5 Una aplicación de circuitos 176
  - Problemas 178

## **7** Elementos de almacenamiento de energía 181

- 7.1 Capacitores 182
- 7.2 Almacenamiento de energía en capacitores 187
- 7.3 Capacitores en serie y en paralelo 189

- 7.4 Inductores 193
- 7.5 Almacenamiento de energía en inductores 197
- 7.6 Inductores en serie y en paralelo 199
- 7.7 Estado estacionario en  $cd$  202
- 7.8 Capacitores e inductores prácticos 205
- 7.9 Dualidad y linealidad 207
- 7.10 Circuitos singulares 209
- Problemas 213

## **8** Circuitos $RC$ y $RL$ sencillos 220

- 8.1 Circuito  $RC$  sin fuentes 221
- 8.2 Constantes de tiempo 225
- 8.3 Circuito  $RL$  sin fuentes 230
- 8.4 Respuesta a una función de excitación constante 236
- 8.5 El caso general 240
- 8.6 Procedimiento abreviado 243
- 8.7 La función escalón unitario 248
- 8.8 La respuesta al escalón 253
- 8.9 Aplicación de la superposición 259
- 8.10 SPICE y la respuesta transitoria 263
- Problemas 266
- Problemas de aplicación en computadoras 273

## **9** Circuitos de segundo orden 274

- 9.1 Circuitos con dos elementos de almacenamiento 276
- 9.2 Ecuaciones de segundo orden 278
- 9.3 La respuesta natural 280
- 9.4 Tipos de frecuencias naturales 283
- 9.5 Respuesta forzada 288
- 9.6 Excitación con una frecuencia natural 291
- 9.7 Respuesta completa 295
- 9.8 El circuito  $RLC$  en paralelo 299
- 9.9 El circuito  $RLC$  en serie 305
- 9.10 Métodos alternos para la obtención de las ecuaciones descriptivas 310
- 9.11 Programas SPICE para respuestas transitorias de circuitos de orden mayor 314
- Problemas 318
- Problemas de aplicación en computadora 326

# 10

## Excitación senoidal y fasores 327

- 10.1 Propiedades de las senoidales 329
- 10.2 Un ejemplo de circuito  $RL$  333
- 10.3 Un método alterno usando números complejos 335
- 10.4 Excitaciones complejas 340
- 10.5 Fasores 343
- 10.6 Relaciones voltaje-corriente en fasores 346
- 10.7 Impedancia y admitancia 351
- 10.8 Leyes de Kirchhoff y combinaciones de impedancia 356
- 10.9 Circuitos de fasores 359
- Problemas 363

# 11

## Análisis del estado permanente de la ca 368

- 11.1 Análisis nodal 369
- 11.2 Análisis de mallas 375
- 11.3 Teorema sobre redes 378
- 11.4 Diagrama de fasores 384
- 11.5 Aplicación del programa SPICE a circuitos en estado permanente 388
- Problemas 390
- Problemas para aplicación de computadora 398

# 12

## Potencia de estado permanente de ca 399

- 12.1 Potencia media 400
- 12.2 Superposición y potencia 407
- 12.3 Valores RMS 411
- 12.4 Factores de potencia 414
- 12.5 Potencia compleja 418
- 12.6 Medición de potencia 422
- Problemas 424

# 13

## Circuitos trifásicos 432

- 13.1 Sistemas monofásicos de tres hilos 434
- 13.2 Sistemas trifásicos  $Y-Y$  438
- 13.3 La conexión Delta 446
- 13.4 Transformaciones  $Y-\Delta$  450
- 13.5 Medición de potencia 455

- 13.6 Uso del programa SPICE para análisis de circuitos trifásicos 459
- Problemas 462
- Problemas de aplicación de computadora 465

## **14** Frecuencia compleja y funciones de redes 466

- 14.1 La senoidal amortiguada 467
- 14.2 Frecuencia compleja y fasores generalizados 471
- 14.3 Impedancia y admitancia 473
- 14.4 Funciones de redes 479
- 14.5 Polos y ceros 482
- 14.6 Respuesta natural de la función de la red 485
- 14.7 Frecuencias naturales 489
- 14.8 Redes de dos puertos o bipuertos 491
- 14.9 Aplicaciones de parámetros de bipuerto 500
- 14.10 Interconexiones de redes de bipuerto 506
- Problemas 512

## **15** Respuesta a la frecuencia 519

- 15.1 Respuestas en amplitud y fase 520
- 15.2 Filtros 523
- 15.3 Resonancia 528
- 15.4 Funciones pasabanda y factor de calidad 530
- 15.5 Uso de las gráficas de polos-ceros 534
- 15.6 Escalamiento de la función de la red 538
- 15.7 El decibel 542
- 15.8 Respuesta a la frecuencia usando SPICE 545
- Problemas 547
- Problemas para aplicación en computadora 555

## **16** Transformadores 556

- 16.1 Inductancia mutua 558
- 16.2 Almacenamiento de energía 568
- 16.3 Circuitos con transformadores lineales 571
- 16.4 Impedancia reflejada 576
- 16.5 El transformador ideal 578
- 16.6 Circuitos equivalentes 585
- 16.7 Análisis con el programa SPICE para transformadores 587
- Problemas 589
- Problemas de aplicación de computadora 594

# 17

## Métodos de Fourier 595

- 17.1 La serie de Fourier trigonométrica 596
- 17.2 Propiedades de simetría 604
- 17.3 Respuesta a excitaciones periódicas 609
- 17.4 La serie exponencial de Fourier 612
- 17.5 Espectros de frecuencia 616
- 17.6 Una transformada de Fourier 619
- 17.7 Operaciones de la transformada de Fourier 625
- 17.8 Las series de Fourier y el programa SPICE 630
  - Problemas 632
  - Problemas para aplicación de computadora 636

# 18

## Transformada de Laplace 637

- 18.1 Definición 638
- 18.2 Algunos resultados especiales 642
- 18.3 La función impulso 649
- 18.4 La transformada inversa 653
- 18.5 Aplicaciones a ecuaciones integrodiferenciales 660
- 18.6 El circuito transformado 664
- 18.7 Funciones de red 671
  - Problemas 677

**Apéndice A**    **Determinantes y regla de Cramer 683**

**Apéndice B**    **Eliminación gaussiana 687**

**Apéndice C**    **Números complejos 690**

**Apéndice D**    **Fórmula de Euler 696**

**Apéndice E**    **Métodos computacionales 700**

**Apéndice F**    **Respuestas a problemas impares  
seleccionados 711**

**Índice 717**