



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CENTRO DE MEDIOS  
BIBLIOTECA

# Contenido

<b>Prefacio</b>	<b>xiii</b>
<b>Capítulo 1 Introducción a los sistemas de control</b>	<b>1</b>
1-1 Introducción	1
1-2 Ejemplos de sistemas de control	3
1-3 Control en lazo cerrado en comparación con el control en lazo abierto	6
1-4 Diseño de los sistemas de control	8
1-5 Panorama del libro	9
Ejemplo de problemas y soluciones	10
Problemas	11
<b>Capítulo 2 La transformada de Laplace</b>	<b>13</b>
2-1 Introducción	13
2-2 Panorama de las variables complejas y las funciones complejas	14
2-3 Transformada de Laplace	17
2-4 Teoremas de la transformada de Laplace	27
2-5 Transformada inversa de Laplace	35
2-6 Expansión en fracciones parciales con MATLAB	41

- 2-7 Solución de ecuaciones diferenciales lineales e invariantes con el tiempo 44
  - Ejemplo de problemas y soluciones 46
  - Problemas 55

### Capítulo 3 Modelo matemático de sistemas lineales

57

- 3-1 Introducción 57
- 3-2 Función de transferencia y de respuesta impulso 60
- 3-3 Diagramas de bloque 63
- 3-4 Modelado en el espacio de estados 70
- 3-5 Representación en el espacio de estados de sistemas dinámicos 76
- 3-6 Sistemas mecánicos 81
- 3-7 Sistemas eléctricos 87
- 3-8 Sistema del nivel de líquido 92
- 3-9 Sistemas térmicos 96
- 3-10 Linealización de modelos matemáticos no lineales 100
  - Ejemplo de problemas y soluciones 105
  - Problemas 129

### Capítulo 4 Análisis de la respuesta transitoria

134

- 4-1 Introducción 134
- 4-2 Sistemas de primer orden 136
- 4-3 Sistemas de segundo orden 141
- 4-4 Análisis de respuesta transitoria con MATLAB 160
- 4-5 Un problema de ejemplo resuelto con MATLAB 178
  - Ejemplo de problemas y soluciones 187
  - Problemas 207

### Capítulo 5 Acciones básicas de control y respuesta de sistemas de control

211

- 5-1 Introducción 211
- 5-2 Acciones básicas de control 212
- 5-3 Efectos de las acciones de control integral y derivativa sobre el desempeño de un sistema 219
- 5-4 Sistemas de orden superior 228
- 5-5 Criterio de estabilidad de Routh 232
- 5-6 Controladores neumáticos 238
- 5-7 Controladores hidráulicos 255
- 5-8 Controladores electrónicos 262

- 5-9 Adelanto de fase y atraso de fase en una respuesta senoidal 269
- 5-10 Errores en estado estable en los sistemas de control de realimentación unitaria 274
- Ejemplo de problemas y soluciones 282
- Problemas 309

## Capítulo 6 Análisis del lugar geométrico de las raíces

317

- 6-1 Introducción 317
- 6-2 Gráficas del lugar geométrico de las raíces 319
- 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 330
- 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 338
- 6-5 Casos especiales 348
- 6-6 Análisis de sistemas de control mediante el lugar geométrico de las raíces 357
- 6-7 Lugares geométricos de las raíces para sistemas con retardo de transporte 360
- 6-8 Gráficas de contornos de las raíces 364
- Ejemplo de problemas y soluciones 368
- Problemas 400

## Capítulo 7 Diseño de sistemas de control mediante el método del lugar geométrico de las raíces

404

- 7-1 Introducción 404
- 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 407
- 7-3 Compensación de adelanto 409
- 7-4 Compensación de atraso 418
- 7-5 Compensación de atraso-adelanto 427
- Ejemplo de problemas y soluciones 439
- Problemas 467

## Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia

471

- 8-1 Introducción 471
- 8-2 Trazas de Bode 473
- 8-3 Graficación de trazas de Bode con MATLAB 492
- 8-4 Trazas polares 504
- 8-5 Obtención de trazas de Nyquist con MATLAB 512
- 8-6 Trazas de magnitud logarítmica contra la fase 519

- 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 521
- 8-8 Análisis de estabilidad 532
- 8-9 Estabilidad relativa 542
- 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado 556
- 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 567
  - Ejemplo de problemas y soluciones 573
  - Problemas 605

## **Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia**

**609**

- 9-1 Introducción 609
- 9-2 Compensación de adelanto 612
- 9-3 Compensación de atraso 621
- 9-4 Compensación de atraso-adelanto 630
- 9-5 Comentarios finales 636
  - Ejemplo de problemas y soluciones 639
  - Problemas 667

## **Capítulo 10 Controles PID e introducción al control robusto**

**669**

- 10-1 Introducción 669
- 10-2 Reglas de sintonización para controladores PID 670
- 10-3 Modificaciones de los esquemas de control PID 679
- 10-4 Control de dos grados de libertad 683
- 10-5 Consideraciones de diseño para el control robusto 685
  - Ejemplo de problemas y soluciones 690
  - Problemas 703

## **Capítulo 11 Análisis de sistemas de control en el espacio de estados**

**710**

- 11-1 Introducción 710
- 11-2 Representaciones en el espacio de estados de los sistemas basados en la función de transferencia 711
- 11-3 Transformación de modelos de sistemas con MATLAB 718
- 11-4 Solución de la ecuación de estado lineal e invariante con el tiempo 722
- 11-5 Algunos resultados útiles en el análisis matricial 729
- 11-6 Controlabilidad 737
- 11-7 Observabilidad 743
  - Ejemplo de problemas y soluciones 749
  - Problemas 783

- 12-1 Introducción 786
- 12-2 Ubicación de polos 787
- 12-3 Solución de problemas de ubicación de polos con MATLAB 798
- 12-4 Diseño de sistemas del tipo regulador mediante la ubicación de polos 803
- 12-5 Observadores de estado 813
- 12-6 Diseño de observadores de estado con MATLAB 837
- 12-7 Diseño de sistemas de seguimiento 843
- 12-8 Ejemplo del diseño de un sistema de control con MATLAB 852
  - Ejemplo de problemas y soluciones 864
  - Problemas 893

**Capítulo 13 Análisis de estabilidad de Liapunov y control óptimo cuadrático**

- 13-1 Introducción 896
- 13-2 Análisis de estabilidad de Liapunov 897
- 13-3 Análisis de la estabilidad de Liapunov de los sistemas lineales e invariantes con el tiempo 907
- 13-4 Sistemas de control con modelo de referencia 912
- 13-5 Control óptimo cuadrático 915
- 13-6 Solución de problemas de control óptimo cuadrático con MATLAB 925
  - Ejemplo de problemas y soluciones 935
  - Problemas 958

**Apéndice Antecedentes necesarios para el uso efectivo de MATLAB**

- A-1 Introducción 960
- A-2 Graficación de curvas de respuesta 965
- A-3 Cálculo de funciones matriciales 967
- A-4 Modelos matemáticos de sistemas lineales 977

**Bibliografía****Índice**