

Contenido

Prefacio	xiii
Capítulo 1 Introducción a los sistemas de control	1
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
Capítulo 2 La transformada de Laplace	13
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

Capítulo 12 Diseño de sistemas de control en el espacio de estados	786
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	896
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	960
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	983
Índice	987