
Contenido

Prefacio	xi
1. Introducción a los sistemas de control automático	1
1.1 Introducción	1
1.2 Control en lazo cerrado contra control en lazo abierto	2
1.3 Antecedentes históricos y matemáticos	7
1.4 Compendio del libro	10
2. La representación de la planta	13
2.1 Introducción	13
2.2 Funciones de transferencia y diagramas de bloque	15
2.3 Representación de variables de estado	34
2.4 Variables de fase	51
2.5 Variables físicas	59
2.6 Transformación lineal de las variables de estado	69
2.7 Limitaciones de los modelos matemáticos	77
2.8 Conclusiones	95
2.9 Problemas	96
2.A Apéndice al capítulo 2. Dinámica de aviones	103
3. Representación de sistemas en lazo cerrado	115
3.1 Introducción	115
3.2 Efectos de la retroalimentación en el problema de retroalimentación de la salida	116
3.3 Retroalimentación lineal de las variables de estado. Un ejemplo	139

3.4	Retroalimentación lineal de las variables de estado.	
	Caso general	149
3.5	Controlabilidad y ubicación de polos	165
3.6	Conclusiones	180
3.7	Problemas	181
4.	Respuesta en tiempo	191
4.1	Introducción	191
4.2	Métodos de expansión en fracciones parciales	192
4.3	Respuesta a la función escalón de sistemas dominantemente de primer orden	210
4.4	Respuesta a la función escalón de sistemas dominantemente de segundo orden	224
4.5	Respuesta en el tiempo de las variables de estado	238
4.6	Métodos en el dominio del tiempo	249
4.7	Errores en estado permanente a entradas simples	252
4.8	Conclusiones	258
4.9	Problemas	259
5.	Respuesta en frecuencia	267
5.1	Introducción	267
5.2	Función de la respuesta en frecuencia	269
5.3	Gráfica de Bode para la magnitud. Aproximación asintótica	275
5.4	Gráfica de Bode para la fase. Aproximación asintótica	290
5.5	Identificación de la planta	309
5.6	Tomando en cuenta la incertidumbre en el modelado	320
5.7	Conclusiones	334
5.8	Problemas	334
6.	Estabilidad	343
6.1	Introducción	343
6.2	Definiciones de estabilidad	344
6.3	El criterio de Routh-Hurwitz	350
6.4	El criterio de Nyquist	361
6.5	Respuesta en lazo cerrado y diagramas de Nyquist	378
6.6	Estabilidad robusta	395
6.7	Desempeño y robustez	404
6.8	Conclusiones	413
6.9	Problemas	414
7.	El método lugar geométrico de las raíces	421
7.1	Introducción	421
7.2	El método lugar geométrico de las raíces	424
7.3	Reglas adicionales para la construcción del lugar geométrico de las raíces	434
7.4	Ejemplos adicionales y reglas del lugar geométrico de las raíces para K negativa	455

7.5	El plano de la respuesta en lazo cerrado	467
7.6	El lugar geométrico de las raíces con parámetros distintos de K	470
7.7	Conclusiones	476
7.8	Problemas	476
7.A	Apéndice al capítulo 7. Construcción rápida del lugar geométrico de las raíces	482
8.	Diseño de sistemas de control	489
8.1	Introducción	489
8.2	Principios generales para el diseño de compensadores en serie empleando técnicas de respuesta en frecuencia	491
8.3	Bloques funcionales de los compensadores en serie: control proporcional	504
8.4	Bloques funcionales de los compensadores en serie: compensadores de atraso, compensadores PI	516
8.5	Bloques funcionales de los compensadores en serie: compensadores de adelanto, compensadores PID	522
8.6	Bloques funcionales de los compensadores en serie: caída en alta frecuencia, filtros de muesca, cancelación de la dinámica de la planta	538
8.7	Ejemplo de un diseño real usando un compensador de atraso-adelanto	544
8.8	Un ejemplo usando una caída y un filtro de muesca para cancelar la dinámica de la planta	560
8.9	Control de plantas inestables	569
8.10	Control de plantas con ceros en el semiplano derecho	575
8.11	Control mediante la ubicación de polos	586
8.12	Retroalimentación de las variables de estado. La ventaja de las mediciones adicionales	595
8.13	Conclusiones	602
8.14	Problemas	604
Apéndices		613
A	La transformada de Laplace. Resumen	613
B	Tabla de la transformada de Laplace	619
C	Inversión de matrices, valores y vectores característicos	621
D	Herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para sistemas de control: Introducción a MATLAB®	627
Referencias		631
Índice de fenómenos físicos		637
Índice		639