

# Contenido

<b>Capítulo 1. FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS</b> .....	1
1.1. Linealización de un sistema de ecuaciones .....	4
1.2. Modelo lineal de un sistema en rotación .....	7
1.3. Linealización de una ecuación .....	8
1.4. Modelo lineal de un robot polar de dos grados de libertad .....	10
1.5. Integración de una ecuación diferencial .....	13
1.6. Antitransformada de Laplace de una función con raíces complejas en el denominador .....	14
1.7. Antitransformada de Laplace de una función con raíces reales múltiples en el denominador .....	16
1.8. Antitransformada de Laplace. Caso general .....	18
1.9. Transformada de Laplace. Composición de rampa y escalón .....	22
1.10. Transformada de Laplace. Composición de escalones .....	25
1.11. Transformada de Laplace. Composición de rampas .....	27
1.12. Convolución de dos funciones (I) .....	29
1.13. Convolución de dos funciones (II) .....	33
1.14. Convolución de dos funciones (III) .....	37
<b>Capítulo 2. DIAGRAMAS DE BLOQUES Y FLUJOGRAMAS</b> .....	41
2.1. Simplificación de diagrama de bloques y flujograma .....	44
2.2. Conjunto motor-accionador .....	48
2.3. Función de transferencia de un sistema modelado por un conjunto de ecuaciones (I) .....	56
2.4. Función de transferencia de un sistema modelado por un conjunto de ecuaciones (II) .....	60
2.5. Modelo de una balanza autonivelante .....	65

<b>Capítulo 3. SISTEMAS FÍSICOS</b> .....	69
3.1. Depósito cónico .....	69
3.2. Tren de laminación .....	73
3.3. Accionamiento de una prensa hidráulica .....	77
3.4. Depósito de sección constante con regulación del caudal de salida .....	81
3.5. Depósito con regulación de temperatura .....	87
3.6. Control de la plumilla de un trazador .....	93
3.7. Control de posición de un eje giratorio .....	97
3.8. Control del nivel horizontal de una plataforma giratoria .....	102
3.9. Control de un péndulo .....	107
3.10. Control del nivel de radiación de un generador nuclear .....	115
3.11. Enfriador de parrilla de un horno de clinker .....	120
<b>Capítulo 4. ANÁLISIS DINÁMICO</b> .....	127
4.1. Motor de corriente continua .....	132
4.2. Horno eléctrico .....	137
4.3. Identificación y análisis de sistemas de primer orden .....	140
4.4. Comparación de la respuesta de distintos sistemas ante entrada escalón .....	142
4.5. Identificación de sistemas por su respuesta temporal (I) .....	145
4.6. Identificación de sistemas por su respuesta temporal (II) .....	151
4.7. Análisis de un sistema de segundo orden realimentado .....	158
4.8. Identificación de los parámetros de un sistema de masa oscilante .....	162
4.9. Sistema reducido equivalente .....	165
4.10. Identificación y análisis temporal de un sistema .....	167
4.11. Sistema con polo adicional .....	172
<b>Capítulo 5. ESTABILIDAD</b> .....	177
5.1. Aplicación del criterio de Routh a un sistema de cuarto orden .....	180
5.2. Cálculo del margen de estabilidad .....	182
5.3. Estabilidad de un circuito RLC .....	183
5.4. Variación del método de Routh para ajustar la respuesta dinámica de un sistema .....	186
5.5. Discusión de intervalos de estabilidad .....	191
5.6. Estudio de la estabilidad de un sistema con retardo puro (Aproximación de Padé) .....	193

<b>Capítulo 6. RÉGIMEN PERMANENTE</b> .....	197
6.1. Obtención de error de un sistema (I) .....	200
6.2. Obtención de error de un sistema (II) .....	203
6.3. Obtención de error de un sistema (III) .....	206
6.4. Error ante perturbación .....	208
6.5. Error ante entrada y perturbación .....	211
6.6. Mejora del comportamiento en régimen permanente de un grupo alternador-generator .....	215
<b>Capítulo 7. ANÁLISIS FRECUENCIAL</b> .....	223
7.1. Obtención de los diagramas de Bode, Black y polar .....	228
7.2. Obtención de los diagramas de Bode, Black y polar de un sistema de fase no mínima .....	233
7.3. Obtención de los diagramas de Bode, Black y polar de un sistema de tercer orden	237
7.4. Obtención de los diagramas de Bode, Black y polar de un sistema de tipo 1 .....	239
7.5. Identificación y análisis en frecuencia de un sistema .....	242
7.6. Lugar de las raíces .....	245
7.7. Diagrama de Nyquist (I) .....	251
7.8. Diagrama de Nyquist (II) .....	255
7.9. Diagrama de Nyquist (III) .....	261
7.10. Diagrama de Black de un conjunto accionador-motor .....	263
<b>Capítulo 8. LUGAR DE LAS RAÍCES</b> .....	267
8.1. Obtención detallada del lugar de las raíces (I) .....	271
8.2. Obtención detallada del lugar de las raíces (II) .....	279
8.3. Obtención detallada del lugar de las raíces (III) .....	284
8.4. Ajuste de la sobreoscilación de un sistema .....	290
8.5. Contorno de las raíces (I) .....	294
8.6. Contorno de las raíces (II) .....	297
8.7. Contorno de las raíces (III) .....	304
8.8. Contorno de las raíces (IV) .....	308

8.9.	Contorno de las raíces para un intervalo de variación de un parámetro . . . . .	312
8.10.	Selección del captador . . . . .	316

**Capítulo 9. DISEÑO DE REGULADORES . . . . . 325**

9.1.	Diseño de un regulador P ideal . . . . .	332
9.2.	Diseño de un regulador PI ideal . . . . .	335
9.3.	Diseño de un regulador PD ideal . . . . .	340
9.4.	Diseño de un regulador PID ideal . . . . .	344
9.5.	Diseño de un regulador PID real . . . . .	347
9.6.	Control de un sistema inestable . . . . .	352
9.7.	Diseño de un regulador PID por el primer método de Ziegler-Nichols . . . . .	357
9.8.	Diseño de un regulador PID por el segundo método de Ziegler-Nichols . . . . .	360
9.9.	Diseño de una red de adelanto . . . . .	362
9.10.	Diseño de una red de atraso para aumentar el margen de fase . . . . .	366
9.11.	Control de un servomecanismo mediante red de adelanto . . . . .	370
9.12.	Diseño de una red para controlar un sistema inestable . . . . .	378
9.13.	Diseño de red de atraso para aumentar el margen de ganancia . . . . .	383
9.14.	Diseño de red de atraso-adelanto . . . . .	386

**Capítulo 10. PROBLEMAS SELECCIONADOS . . . . . 391**

10.1.	Control de nivel de líquido . . . . .	391
10.2.	Proceso de fabricación de pasta de papel . . . . .	396
10.3.	Análisis del comportamiento dinámico de una masa con movimiento compuesto . . . . .	402
10.4.	Control de un depósito . . . . .	407
10.5.	Control de un péndulo invertido . . . . .	413
10.6.	Análisis dinámico . . . . .	420
10.7.	Análisis frecuencial de un sistema críticamente estable . . . . .	425
10.8.	Análisis frecuencial de un sistema realimentado . . . . .	431
10.9.	Diseño de un regulador y análisis del efecto de las perturbaciones . . . . .	437
10.10.	Análisis del funcionamiento de un reactor químico . . . . .	446