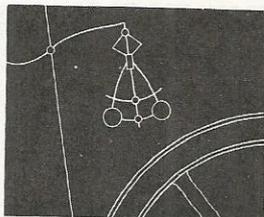


Indice general



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

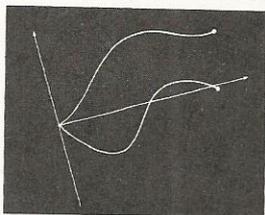
Nº 1 683



1

PANORAMA GENERAL Y RESEÑA HISTORICA DEL CONTROL CON RETROALIMENTACION 1

- 1.1 Introducción 2
- 1.2 Reseña histórica 4
- 1.3 Visión general del libro 10
- Problemas 11

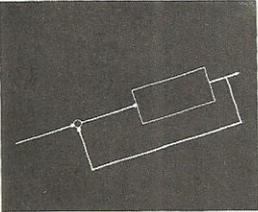


2

MODELOS Y RESPUESTAS DINAMICOS 15

- 2.1 Introducción 16
- 2.2 Dinámica de sistemas mecánicos 17
- 2.3 Modelos de circuitos eléctricos 26
- 2.4 Modelos de sistemas electromecánicos: motores y generadores 31
- 2.5 Aspectos elementales de otros sistemas dinámicos 38
 - 2.5.1 Flujo de calor 38
 - 2.5.2 Flujo de fluidos incompresibles 39
- *2.6 Linealización, escalamiento de amplitud y escalamiento de tiempo 44
 - *2.6.1 Fórmulas generales para linealización y escalamiento 47
- 2.7 Repaso de la respuesta dinámica 48
 - 2.7.1 La función de transferencia 49
 - 2.7.2 El diagrama de bloques 50
 - 2.7.3 Polos y ceros 53
 - 2.7.4 Especificaciones en el dominio del tiempo en términos de polos y ceros 58
 - 2.7.5 Efectos de un cero adicional y un polo adicional 61

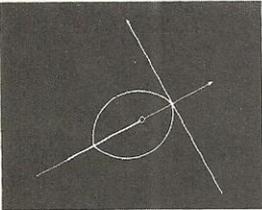
- *2.8 Obtención de modelos de datos experimentales 67
 - 2.8.1 Modelos a partir de datos de respuesta transitoria 69
 - Resumen 73
 - Problemas 74



3

PRINCIPIOS ESENCIALES DE LA RETROALIMENTACION 85

- 3.1 Estudio de un caso de retroalimentación de un sistema de control de velocidad 86
- 3.2 Características generales de la retroalimentación 91
- 3.3 Tipos de retroalimentación 93
 - 3.3.1 Retroalimentación proporcional 93
 - 3.3.2 Retroalimentación integral 95
 - 3.3.3 Retroalimentación diferencial 96
 - 3.3.4 Retroalimentación PID 97
 - *3.3.5 Antitensión del integrador: una prueba del mundo práctico 98
 - *3.3.6 Sintonía Ziegler-Nichols de reguladores PID 100
- 3.4 Precisión en el estado estacionario y sistemas tipo 104
- 3.5 Estabilidad 109
 - 3.5.1 Estabilidad con entrada y salida limitadas 109
 - 3.5.2 Criterio de estabilidad de Routh 110
 - Resumen 115
 - Problemas 115

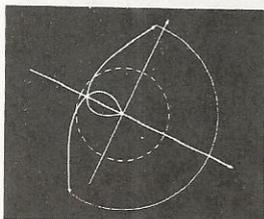


4

METODO DE DISEÑO DEL LUGAR GEOMETRICO DE LAS RAICES 127

- 4.1 Introducción 128
- 4.2 Pautas para el trazado de un lugar geométrico de raíces 133
- 4.3 Lugares geométricos de raíces ilustrativos 146
- 4.4 Selección de la ganancia desde el lugar geométrico de las raíces 169
- 4.5 Compensación dinámica: redes de adelanto y atraso 172
- *4.6 Extensiones del lugar geométrico de las raíces 180
 - 4.6.1 Retraso de tiempo 180

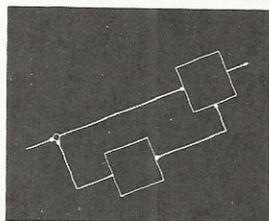
- 4.6.2 Lugares geométricos versus otros parámetros 184
- 4.6.3 Lugares geométricos de grado-cero para parámetros negativos 188
- 4.6.4 Uso del lugar geométrico de las raíces en el análisis de sistemas no lineales 191
- *4.7 Trazado del lugar geométrico de las raíces asistido por computador 199
 - Resumen 201
 - Problemas 201



5

EL METODO DE DISEÑO DE LA RESPUESTA DE FRECUENCIA 219

- 5.1 Introducción 220
- 5.2 Respuesta dinámica a partir de datos de la respuesta de frecuencia 220
 - 5.2.1 Técnicas de representación de Bode 222
- 5.3 Especificaciones 232
- 5.4 Estabilidad 233
- 5.5 El criterio de estabilidad de Nyquist 236
- 5.6 Márgenes de ganancia y de fase 251
- 5.7 Relación de ganancia-fase de Bode 256
- 5.8 Respuesta de frecuencia de lazo cerrado 261
- 5.9 Compensación 262
- 5.10 Sensibilidad 276
- *5.11 Representación alternativa de los datos 279
- *5.12 Retraso de tiempo 282
- *5.13 Obtención de un modelo de polos y ceros a partir de datos de la respuesta de frecuencia 283
 - Resumen 285
 - Problemas 286

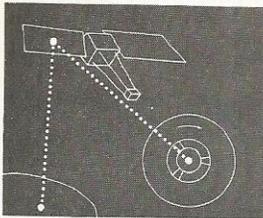


6

DISEÑO ESPACIO-ESTADO 309

- 6.1 Introducción 310
- 6.2 Descripción del sistema 311

- *6.2.1 Ecuaciones de un computador analógico 317
- *6.2.2 Transformaciones de estado 320
- 6.2.3 Funciones de transferencia de los sistemas 322
- 6.2.4 Polos, ceros y valores característicos de la descripción espacio-estado 322
- 6.3 Diseño del controlador 325
- 6.4 Selección de las localizaciones de los polos para un buen diseño 334
- 6.5 Diseño del estimador 342
 - 6.5.1 Estimadores de orden total 342
 - 6.5.2 Estimadores de orden reducido 350
 - 6.5.3 Selección del polo-estimador 354
- 6.6 Diseño del compensador: estimador y ley del control combinados 357
- 6.7 Introducción de la entrada de referencia 370
 - *6.7.1 Diseño de servomecanismos 371
- *6.8 Solución polinomial 382
- 6.9 Control integral 385
 - *6.9.1 Control robusto de rastreo 387
- *6.10 Diseño para sistemas con retraso de tiempo puro 394
- *6.11 Estabilidad de Lyapunov 397
 - Resumen 403
 - Apéndice 6A: Solución de las ecuaciones de estado 405
 - Apéndice 6B: Controlabilidad y observabilidad 409
 - Apéndice 6C: Fórmula de Ackermann para la localización de polos 417
 - Problemas 421



7

DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL: PRINCIPIOS Y CASOS DE ESTUDIO 439

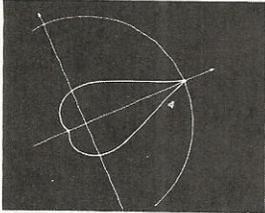
- 7.1 Introducción 440
 - 7.1.1 Un panorama esquemático del diseño de sistemas de control 440
- 7.2 Diseño de un control de orientación de un satélite 446
- 7.3 Controles lateral y longitudinal de un Boeing 747 472
 - 7.3.1 Amortiguador de desviación 472
 - 7.3.2 Piloto automático de conservación de altitud 485
- *7.4 Control de la relación combustible-aire en un motor de automóvil 493

- 7.5 Control del mecanismo de una unidad de cinta digital 502
- *7.6 Robustez de la estabilidad 519
 - Resumen 523
 - Problemas 524

***8**

CONTROL DIGITAL 537

- 8.1 Introducción 538
- 8.2 Fundamentos teóricos 538
 - 8.2.1 Transformada z 538
 - 8.2.2 Inversión de la transformada z 540
 - 8.2.3 Relación entre s y z 541
 - 8.2.4 Teorema del valor final 545
- 8.3 Diseño continuo 546
 - 8.3.1 Procedimientos de digitalización 546
 - 8.3.2 Ejemplo de diseño 551
 - 8.3.3 Límites de aplicabilidad del método 552
- 8.4 Diseño discreto 554
 - 8.4.1 Herramientas de análisis 554
 - 8.4.2 Propiedades de la retroalimentación 557
 - 8.4.3 Ejemplo de diseño 557
 - 8.4.4 Comparación del diseño 559
- 8.5 Métodos de diseño espacio-estado 560
- 8.6 Características del hardware 565
 - 8.6.1 Convertidores analógicos a digitales (A/D) 565
 - 8.6.2 Convertidores digitales a analógicos (D/A) 566
 - 8.6.3 Prefiltros analógicos 566
 - 8.6.4 El computador 570
- 8.7 Efectos del tamaño de las palabras 568
 - 8.7.1 Efectos aleatorios 569
 - 8.7.2 Efectos sistemáticos 570
- 8.8 Selección de la velocidad de muestreo 571
 - 8.8.1 Efectividad del rastreo 572
 - 8.8.2 Rechazo de la perturbación 572
 - 8.8.3 Sensibilidad de los parámetros 573
 - 8.8.4 Diseño del sistema de control 573
 - Resumen 574
 - Problemas 575



APENDICES**A TRANSFORMADAS DE LAPLACE 585****B GRAFICAS DE FLUJO DE SEÑAL:
REGLA DE MASON 589****C RESUMEN DE LA TEORIA DE MATRICES 595**

C.1 Matriz 596

C.2 Operaciones elementales con matrices 596

C.3 Traza 597

C.4 Transpuesta 597

C.5 Inversa de una matriz y determinante 597

C.6 Propiedades del determinante 598

C.7 Inversa de matrices triangulares de bloque 599

C.8 Matrices especiales 600

C.9 Rango 600

C.10 Polinomio característico 601

C.11 El teorema de Cayley-Hamilton 601

C.12 Valores y vectores característicos 601

C.13 Transformaciones de similaridad 602

C.14 Exponencial de una matriz 603

C.15 Subespacios fundamentales 603

BIBLIOGRAFIA 605**INDICE 611**