INDICE

Prologo	IX
Capítulo 1 introducción a los sistemas de control	
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	6
abierto	
1-4 Contenido del libro	8
Capítulo 2 La transformación de Laplace	
2-1 Introducción	9
2-2 Panorama de las variables complejas y las funciones complejas	10
2-3 Transformada de Laplace	13
2-4 Teoremas de la transformada de Laplace	23
2-5 Transformada inversa de Laplace	32
2-6 Desarrollo en fracciones parciales con MATLAB	36
2-7 Solución de ecuaciones diferenciales lineales e invariantes con el	
tiempo	40
Ejemplos de problemas y soluciones	42
Problemas	51
Capítulo 3 Modelado matemático de sistemas lineales	
3-1 Introducción	53
3-2 Función de transferencia y de respuesta impulso	55
3-3 Sistemas de control automáticos	<u>58</u>
3-4 Modelado en el espacio de estados	70
3-5 Representación en el espacio de estados de sistemas dinámicos	76
3-6 Transformación de modelos matemáticos con MTLAB	83
3-7 Sistemas mecánicos	85
3-8 Sistemas eléctricos y electrónicos	90
3-9 Diagramas de flujo de señales 3-10 Linealización de modelos matemáticos no lineales	104
	112
Ejemplo de problemas y soluciones Problemas	115
Capítulo 4 Análisis de la respuesta transitoria	146
4-1 Introducción	152
4-2 Sistemas de nivel de liquido	153
4-3 Sistemas neumáticos	158
4-4 Sistemas hidráulicos	175
4-5 Sistemas térmicos	188
Ejemplo de problemas y soluciones	192
Problemas	211
Capítulo 5 Acciones básicas de control y respuesta de sistemas	
de control	219
5-1 Introducción	-
5-2 Sistemas de primer orden	221
5-3 Sistemas de primer orden	224
5-4 Sistemas de orden superior	239
5-5 análisis a la respuesta transitoria con MATLAB	243
5-6 Un problema de ejemplo resuelto con MATLAB	271

5-8 efectos de las acciones de control integral y derivativa en el comportamiento del sistema Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 6 Análisis del lugar de las raíces 6-1 Introducción 337 6-2 Gráficas del lugar de las raíces 339 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 351 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 373 6-6 Sistemas condicionalmente estables 378 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retado 7-6 Compensación paralela Ejemplo de problemas y soluciones 456	5-7 Criterio de estabilidad de Routh	275
comportamiento del sistema 281 Ejemplo de problemas y soluciones 294 Problemas 330 Capítulo 6 Análisis del lugar de las raíces 337 6-1 Introducción 337 6-2 Gráficas del lugar de las raíces 351 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 351 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 373 6-5 Sistemas con realimentación positiva 373 6-5 Sistemas con reionalmente estables 378 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 379 Fipemplo de problemas y soluciones 413 Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 413 7-1 Introducción 414 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 419 7-3 Compensación de retado 429 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retado 429 7-6 Compensación paralela 51 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Prob		
Ejemplo de problemas y soluciones 294 Problemas 330 Capítulo 6 Análisis del lugar de las raíces 337 6-1 Introducción 337 6-2 Gráficas del lugar de las raíces 339 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 351 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 373 6-6 Sistemas condicionalmente estables 378 6-5 Sistemas condicionalmente estables 378 6-6 Sistemas condicionalmente estables 378 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 379 Ejemplo de problemas y soluciones 413 Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 413 7-1 Introducción 419 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 419 7-3 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retado 429 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 458 Capítulo 8	,	281
Problemas 330 Capítulo 6 Análisis del lugar de las raíces 337 6-1 Introducción 337 6-2 Gráficas del lugar de las raíces 339 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 351 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 373 6-6 Sistemas condicionalmente estables 378 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 379 Ejemplo de problemas y soluciones 413 Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 416 7-1 Introducción 416 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 416 7-3 Compensación de adelanto 421 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retardo-adelanto 439 7-6 Compensación de retado 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 51 8-1 Diagramas de de Bode 521 8-2 Diagr		
Capítulo 6 Análisis del lugar de las raíces 6-1 Introducción 6-2 Gráficas del lugar de las raíces 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 351 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 6-6 Sistemas condicionalmente estables 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-8 Problemas 8-1 Introducción 8-2 Consideraciones preliminares de diseño 8-3 Compensación de retado 8-4 Compensación de retado 8-5 Compensación de retardo-adelanto 8-6 Compensación de retardo-adelanto 8-7 Compensación de retardo-adelanto 8-8 Introducción 8-9 Diagramas de de Bode 8-9 Diagramas de de Bode 8-1 Introducción 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 8-6 Diagramas polares 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-7 Criterio de problemas y soluciones 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-7 Criterio de problemas y soluciones 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-7 Criterio de problemas y soluciones 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-11 Determinación e	Problemas	
6-1 Introducción 6-2 Gráficas del lugar de las raíces 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 6-5 Sistemas con realimentación positiva 6-6 Sistemas con realimentación positiva 6-6 Sistemas condicionalmente estables 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Ligares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Ligares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Ligares de las raíces 9-7 Lintroducción 9-7 Lonsideraciones preliminares de diseño 9-1 Introducción 9-2 Consideraciones preliminares de diseño 9-1 Introducción 9-2 Compensación de retado 9-1 Acompensación de retado 9-2 Longres de diseño 9-3 Compensación de retardo-adelanto 9-3 Compensación de retardo-adelanto 9-3 Compensación de retardo-adelanto 9-4 Compensación de retardo-adelanto 9-5 Compensación de retardo-adelanto 9-7 Compensación de diagramas de Bode con MATLAB 9-7 Compensación de diagramas de Bode con MATLAB 9-7 Compensación de diagramas de Bode con MATLAB 9-8 Compensación de Trazas de Nyquist con MATLAB 9-8 Compensación de Trazas de Nyquist con MATLAB 9-8 Compensación de Trazas de Nyquist con MATLAB 9-9 Estabilidad relativa 9-1 Compensación de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 9-2 Compensación de adelanto	Capítulo 6 Análisis del lugar de las raíces	
6-2 Gráficas del lugar de las raíces 6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 6-5 Sistemas con realimentación positiva 6-6 Sistemas condicionalmente estables 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 7-1 Introducción 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retardo-adelanto 7-5 Compensación de retardo-adelanto 7-6 Compensación de retardo-adelanto 7-7 Compensación de retardo-adelanto 7-8 Compensación de retardo-adelanto 7-9 Compensación de retardo-adelanto 7-1 Introducción 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de retardo-3 7-5 Compensación de retardo-3 7-6 Compensación de retardo-3 7-7 Compensación de retardo-3 7-8 Compensación de retardo-3 7-9 Compensación de retardo-3 8-1 Introducción 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 8-4 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad de Nyquist 8-9 Estabilidad retaltiva 8-1 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación experimental de funciones de transferencia 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 618		337
6-3 Resumen de las reglas generales para construir los lugares geométricos de las raíces 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 378 6-6 Sistemas condicionalmente estables 379 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 379 Ejemplo de problemas y soluciones 384 Problemas Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 421 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retado 420 7-5 Compensación de retado 421 6-7 Compensación de retado 422 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 A nálisis de estabilidad fe S50 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 576 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones Problemas 618 Problemas 619 1 Introducción 618 9-1 Introducción 619		
351 6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 358 6-5 Sistemas con realimentación positiva 373 6-6 Sistemas con dicionalmente estables 378 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 379 Ejemplo de problemas y soluciones 384 Problemas 413 Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 416 7-1 Introducción 419 7-3 Consideraciones preliminares de diseño 419 7-3 Compensación de adelanto 421 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retado 439 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad de Nyquist 540 8-9 Estabilidad relativa 575 8-11 Determinación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 621		
6-4 Gráficas del lugar geométrico de las raíces con MATLAB 6-5 Sistemas con realimentación positiva 6-6 Sistemas condicionalmente estables 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 7-8 Ejemplo de problemas y soluciones 7-9 Ejemplo de problemas y soluciones 8-10 Lintroducción 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retado 7-6 Compensación de retardo-adelanto 7-7-6 Compensación paralela 8-1 Introducción 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 8-4 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación experimental de funciones de transferencia 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-10 Determinación de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto		351
6-5 Sistemas con realimentación positiva 6-6 Sistemas condicionalmente estables 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 8-7 Ejemplo de problemas y soluciones 7-8 James de las raíces 7-1 Introducción 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retado 7-6 Compensación de retardo-adelanto 7-7 Compensación paralela 8-1 Introducción 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad 8-8 Análisis de estabilidad 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-15 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-10 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-10 Leterminación experimental de funciones de transferencia 8-10 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto		358
6-6 Sistemas condicionalmente estables 6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte 379 Ejemplo de problemas y soluciones 384 Problemas 413 Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 421 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retado 7-6 Compensación de retardo-adelanto 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad de Nyquist 540 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621		
Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retado 7-6 Compensación paralela Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 5-16 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 5-75 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 5-84 Ejemplo de problemas y soluciones 7-70 Problemas 6-12 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 6-18	6-6 Sistemas condicionalmente estables	
Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retado 7-6 Compensación paralela Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 5-16 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 5-75 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 5-84 Ejemplo de problemas y soluciones 7-70 Problemas 6-12 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 6-18	6-7 Lugares de las raíces para sistemas con retardo de transporte	379
Problemas 413 Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del lugar de las raíces 416 7-1 Introducción 419 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 419 7-3 Compensación de adelanto 429 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retardo-adelanto 439 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 621		384
lugar de las raíces4167-1 Introducción7-2 Consideraciones preliminares de diseño4197-3 Compensación de adelanto4217-4 Compensación de retado4297-5 Compensación de retardo-adelanto4397-6 Compensación paralela451Ejemplo de problemas y soluciones456Problemas488Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia4928-1 Introducción4928-2 Diagramas de de Bode5168-4 Diagramas polares5238-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB5318-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase5398-7 Criterio de estabilidad de Nyquist5408-8 Análisis de estabilidad5508-9 Estabilidad relativa5608-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria5758-11 Determinación experimental de funciones de transferencia584Ejemplo de problemas y soluciones589Problemas612Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia6189-1 Introducción9-2 Compensación de adelanto621	Problemas	413
7-1 Introducción 7-2 Consideraciones preliminares de diseño 419 7-3 Compensación de adelanto 421 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retardo-adelanto 439 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 Ejemplo de problemas y soluciones 584 Ejemplo de problemas y soluciones 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 621	Capítulo 7 Diseño de sistema de control mediante el método del	
7-2 Consideraciones preliminares de diseño 419 7-3 Compensación de adelanto 421 7-4 Compensación de retado 429 7-5 Compensación de retardo-adelanto 439 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 492 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 850 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 621	lugar de las raíces	416
7-3 Compensación de adelanto 7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retardo-adelanto 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 5-16 8-4 Diagramas polares 5-23 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 5-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 5-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad de Nyquist 8-9 Estabilidad relativa 5-70 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 5-75 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 6-12 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto	7-1 Introducción	
7-4 Compensación de retado 7-5 Compensación de retardo-adelanto 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad de Nyquist 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto	7-2 Consideraciones preliminares de diseño	419
7-5 Compensación de retardo-adelanto 7-6 Compensación paralela 451 Ejemplo de problemas y soluciones 456 Problemas 488 Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 5-4 Diagramas polares 5-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 5-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 5-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 5-9 Estabilidad relativa 5-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 5-75 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 5-84 Ejemplo de problemas y soluciones 5-89 Problemas Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621	7-3 Compensación de adelanto	421
Figer plo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 8-4 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad de Nyquist 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-12 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621	7-4 Compensación de retado	429
Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 492 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621	7-5 Compensación de retardo-adelanto	439
Problemas488Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia4928-1 Introducción4928-2 Diagramas de de Bode5168-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB5168-4 Diagramas polares5238-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB5318-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase5398-7 Criterio de estabilidad de Nyquist5408-8 Análisis de estabilidad5508-9 Estabilidad relativa5608-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria5758-11 Determinación experimental de funciones de transferencia584Ejemplo de problemas y soluciones589Problemas612Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia6189-1 Introducción621	7-6 Compensación paralela	451
Capítulo 8 Análisis de la respuesta en frecuencia 8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621	Ejemplo de problemas y soluciones	456
8-1 Introducción 8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621	Problemas	488
8-2 Diagramas de de Bode 8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 516 8-4 Diagramas polares 523 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621		
8-3 Representación de diagramas de Bode con MATLAB 8-4 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 8-12 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 618		492
8-4 Diagramas polares 8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 531 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 539 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621		
8-5 Obtención de Trazas de Nyquist con MATLAB 8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 621		
8-6 Diagramas de magnitud logarítmica respecto a la fase 8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 540 8-8 Análisis de estabilidad 550 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 621		
8-7 Criterio de estabilidad de Nyquist 8-8 Análisis de estabilidad 8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 534 Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621		
8-8 Análisis de estabilidad 8-9 Estabilidad relativa 560 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 618 9-2 Compensación de adelanto 621		
8-9 Estabilidad relativa 8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 560 575 575 575 584 589 612		
8-10 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado de sistemas con realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 621		
realimentación unitaria 575 8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia 584 Ejemplo de problemas y soluciones 589 Problemas 612 Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 621		560
8-11 Determinación experimental de funciones de transferencia Ejemplo de problemas y soluciones Problemas Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 584 589 612 612	·	
Ejemplo de problemas y soluciones589Problemas612Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia6189-1 Introducción9-2 Compensación de adelanto621		
Problemas Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 612 613		
Capítulo 9 Diseño de sistemas de control mediante la respuesta en frecuencia 618 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621	· · · · · ·	
frecuencia 618 9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621		012
9-1 Introducción 9-2 Compensación de adelanto 621		640
9-2 Compensación de adelanto 621		018
		621
J-S COMPENSACION ACTERATOR I DOU		
	9-4 Compensación de retardo-adelanto	
	9-5 Comentarios finales	
	Ejemplo de problemas y soluciones	

Problemas	679
Capítulo 10 Controles PID e introducción al control con dos	
grados de libertad	681
10-1 Introducción	
10-2 Reglas de sintonía para controladores PID	682
10-3 Método computacional para obtener conjuntos óptimos de valores	
de los parámetros	692
10-4 Modificaciones de los esquemas de control PID	700
10-5 Control con dos grados de libertad	703
10-6 Método de asignación de ceros para mejorar las características de	
respuesta	705
Ejemplo de problemas y soluciones	724
Problemas	745
Capítulo 11 Análisis de sistemas de control en el espacio de	
estados	752
11-1 Introducción	
11-2 Representaciones en el espacio de estados de sistemas definidos	
por su función de transferencia	753
11-3 Transformación de modelos de sistemas con MATLAB	
11-4 Solución de la ecuación de estado invariante con el tiempo	764
11-5 Algunos resultados útiles en el análisis matricial	772
11-6 Controlabilidad	779
11-7 Observabilidad	786
Ejemplo de problemas y soluciones	792
Problemas	824
Capítulo 12 Diseño de sistemas de control en el espacio de	
estados	826
12-1 Introducción	
12-2 Asignación de polos	827
12-3 Solución de problemas de asignación de polos con MATLAB	839
12-4 Diseño de servo-sistemas	843
12-5 Observadores de estado	855
12-6 Diseño de sistemas reguladores con observadores	882
12-7 Diseño de sistemas de control con observadores	890
12-8 Sistema regulador optimo cuadrático	897
Ejemplo de problemas y soluciones	910
Problemas	948
Bibliografía	952
Índice analítico	956