

Índice general

Justificación y objetivos de la tesis	XIX
---	-----

Parte I Sistemas lineales con retardos temporales

1. Modelado	3
1.1. Sistemas dinámicos con retardos temporales	3
1.2. Ecuaciones diferenciales retardadas	4
1.3. Modelos lineales en variables de estado.	6
1.3.1. Modelos continuos en variables de estado.	6
1.3.2. Modelo en bucle cerrado.	8
1.3.3. Modelos discretizados en variables de estado.	9
1.3.4. Sistemas con retardos no múltiplos del periodo de muestreo:	12
1.4. Modelos en representación entrada-salida	16
2. Criterios de estabilidad	19
2.1. Introducción	19
2.1.1. Concepto de estabilidad para sistemas con retardos ...	19
2.1.2. Estabilidad dependiente o independiente del retardo ..	20
2.2. Aproximaciones en frecuencia	22
2.3. Aproximaciones temporales	26
2.3.1. Criterios de estabilidad derivados del teorema de Razimukhin	28
2.3.2. Criterios de estabilidad derivados del teorema de Krasovskii	33
2.4. Criterios de estabilidad para sistemas discretos	36
3. Estrategias de control	39
3.1. Introducción.	39
3.2. Aproximaciones a partir de reguladores con estructura fija ...	40
3.3. Esquemas basados en la compensación del retardo (DTC) ...	42
3.3.1. El Predictor de Smith	42
3.3.2. DTC para sistemas con un modo integrador	47
3.3.3. DTC para sistemas inestables	59

3.4. Asignación Finita del Espectro (FSA). 70

Parte II Compensadores de tiempo muerto para sistemas estables o inestables con retardos

4. DTC para el control de sistemas estables o con un modo integrador 77

4.1. Planteamiento del problema 77

4.2. Esquema de predicción estable 79

4.2.1. Esquema básico de estabilización: 80

4.2.2. Un simple DTC (SDTC) 82

4.2.3. Mejora de la robustez 83

4.3. Rechazo de perturbaciones 84

4.3.1. Sistemas estables 85

4.3.2. Sistemas integrativos 86

4.3.3. Efectos del filtro F_2 sobre el IAE 86

4.4. Ajuste del DTC propuesto 87

4.5. Simulaciones 88

4.6. Resultados experimentales 102

5. DTC para el control de sistemas estables o inestables 109

5.1. Predicción estable de un proceso inestable 109

5.2. DTC para sistemas inestables de fase mínima 110

5.2.1. Esquema de predicción 110

5.2.2. Estabilidad interna 114

5.2.3. Estabilidad robusta 116

5.2.4. Simulaciones y comparación con otros DTCs 117

5.2.5. Control de sistemas con acción integral 127

5.2.6. Rechazo de perturbaciones tipo rampa 136

5.3. DTC para sistemas de fase no mínima 138

5.3.1. Esquema de predicción 138

5.3.2. Simulaciones y comparaciones 141

5.3.3. Resultados experimentales 143

Parte III Predictor de estados MIMO para el control de sistemas estables o inestables con retardos

6. Predictor-observador de estados MIMO para el control de sistema inestables 153

6.1. Introducción 153

6.2. Errores en el retardo modelado menores que un periodo de muestreo 154

6.2.1. Esquema de predicción d-pasos hacia delante 160

6.2.2.	Esquema de control en bucle cerrado.....	161
6.2.3.	Estabilidad robusta del sistema en bucle cerrado	163
6.2.4.	Principio de separación del predictor-observador.....	164
6.2.5.	Resultados experimentales	166
6.3.	Errores en el retardo modelado mayores que un periodo de muestreo	170
6.3.1.	Sistema en bucle cerrado	173
6.3.2.	Estabilidad dependiente del retardo.....	173
6.3.3.	Estabilidad robusta del sistema en bucle cerrado	176
6.3.4.	Resultados experimentales	179
6.4.	Sistemas con multiples retardos, en las entradas/salidas y/o estados.	180

Parte IV Otras técnicas

7.	Transformaciones lineales para el control de sistemas con retardados temporales	191
7.1.	Introducción	191
7.2.	Control parcial de sistemas SISO	192
7.3.	Control parcial de sistemas con retardos temporales.....	197
8.	Predicción basada en los coeficientes del modelo a partir de la representación externa.	205
8.1.	Medidas escasas	205
8.2.	Predictor basado en los coeficientes de la representación externa	206

Parte V Plataformas experimentales

9.	Sistemas de control empotrados	217
9.1.	MaRTE OS para el desarrollo de sistemas empotrados	217
9.1.1.	Desarrollo de la plataforma.	219
9.1.2.	Evaluación.	222
9.2.	Control de un mini-helicóptero de 4 rotores	225
9.2.1.	Descripción del prototipo	225
9.2.2.	Plataforma experimental	225
9.2.3.	Esquema de control.....	227
9.3.	Control de fuerza e impacto de un robot lineal	230
9.3.1.	Descripción de la plataforma.....	230
9.3.2.	Sistema de control	231
10.	Prototipo de laboratorio de un helicóptero de 4 rotores de Quanser[©]	235

Parte VI Conclusions

11. Conclusions and future work	243
11.1. Conclusions.....	243
11.2. Publications derived from this thesis.....	245
11.3. Future work.....	246

Parte VII Apéndices

A. Pruebas de teoremas y lemas	249
B. Funciones de sensibilidad de los DTCs propuestos	257
Notación y acrónimos	265
Referencias	267