

SUMARIO

1. Introducción.....	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 CONTROL INTELIGENTE.....	2
1.2.1 Características de los sistemas inteligentes de control	3
1.2.2 Control directo y control indirecto	3
1.2.3 Sistemas borrosos.....	4
1.2.4 Sistemas borrosos y reguladores borrosos	5
1.2.5 Algunos sistemas borrosos especialmente interesantes	9
1.2.6 Reguladores borrosos adaptativos.....	10
1.2.7 Control borroso indirecto basado en modelos locales.....	11
1.3 CONVERTIDORES DC/DC: MODELADO, SIMULACIÓN Y CONTROL	13
1.3.1 Introducción.....	14
1.3.2 Convertidores dc/dc conmutados	16
1.3.3 Modelado y simulación	17
1.3.4 Técnicas de control	18
1.4 RESUMEN	24
2. Modelado del convertidor DC/DC conmutado	25
2.1 MODELO GENERAL.....	25
2.2 MODELOS DE PEQUEÑA SEÑAL CONTINUOS	27
2.2.1 Modo de conducción continua	27
2.2.2 Modo de conducción discontinua	28
2.3 MODELO DISCRETO.....	29
2.3.1 Modo de conducción continua	29
2.3.2 Modo de conducción discontinua	30
2.4 MODELOS DE PEQUEÑA SEÑAL DISCRETOS	31
2.4.1 Obtención de modelos locales.....	31
2.4.2 Modo de conducción continua	33
2.4.3 Modo de conducción discontinua	34
2.4.4 Consideraciones prácticas para el cálculo del modelo local en modo de conducción discontinua.....	37
2.5 MODELADO BORROSO BASADO EN MODELOS LOCALES	39
2.5.1 Modelos locales.....	39
2.5.2 Estimación del punto de equilibrio para un régimen de trabajo dado	40
2.5.3 Selección de los puntos de trabajo.....	41
2.6 CONCLUSIONES	46
3. Control borroso basado en modelos locales de convertidores DC/DC.....	49
3.1 INTRODUCCIÓN.....	49
3.2 CONTROL LOCAL ÓPTIMO CUADRÁTICO CON ACCIÓN INTEGRAL SUPERVISORA	50
3.2.1 Control LQR en torno al estado de equilibrio x_0	50
3.2.2 Acción integral supervisora	51
3.2.3 Observador de estado	52
3.3 REGULADOR BORROSO BASADO EN MODELOS LOCALES.....	53
3.4 ESTABILIDAD DEL REGULADOR BORROSO POR MODELOS LOCALES.....	54
3.5 IMPLEMENTACIÓN DEL REGULADOR BORROSO BASADO EN MODELOS LOCALES.....	57
3.6 IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA: CONTROL CIC BORROSO BASADO EN MODELOS LOCALES	59
3.7 CONCLUSIONES	62

4. Control borroso basado en modelos locales aplicado a un convertidor buck.....	65
4.1 PARÁMETROS NOMINALES DE DISEÑO	65
4.2 MODELOS CONTINUOS.....	66
4.2.1 Modelo de estado continuo para conducción continua	66
4.2.2 Modelo de estado para conducción discontinua	67
4.2.3 Función de transferencia continua de pequeña señal del sistema en conducción continua.....	68
4.2.4 Función de transferencia continua de pequeña señal en modo de conducción discontinua	69
4.3 MODELOS DISCRETOS.....	71
4.3.1 Modelo de estado discreto	71
4.3.2 Función de transferencia discreta de pequeña señal en conducción continua... 71	
4.3.3 Función de transferencia discreta de pequeña señal para conducción discontinua	72
4.4 MODELADO BORROSO BASADO EN MODELOS LOCALES	73
4.5 APLICACIÓN DEL CONTROL BORROSO INDIRECTO BASADO EN MODELOS LOCALES.....	83
4.6 CONSIDERACIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROLADOR PROPUESTO.....	86
4.7 CONTROL CONVENCIONAL EN MODO CORRIENTE.....	87
4.8 RESUMEN.....	89
5. Validación del controlador propuesto	91
5.1 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
5.1.1 Técnicas de simulación	91
5.1.2 Métodos de análisis de los resultados	97
5.2 RESULTADOS PRINCIPALES	98
5.2.1 Regulación con la carga	99
5.2.2 Regulación de salida.....	102
5.2.3 Regulación de entrada.....	104
5.2.4 Regulación con la carga para referencia no nominal	105
5.2.5 Regulación con la entrada para referencia no nominal.....	106
6. Conclusiones	109
6.1 APORTACIONES	109
6.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	110
7. Bibliografía	113
Anexo I. Topologías básicas	I.1
I.1 CONVERTIDOR <i>BUCK</i>	I.1
I.2 CONVERTIDOR <i>BOOST</i>	I.5
I.3 CONVERTIDOR <i>BUCK-BOOST</i>	I.6
I.4 CONVERTIDOR <i>CÚK</i>	I.7
Anexo II. Modelado de las topologías boost y buck-boost.....	II.9
II.1 MODELO DE ESTADO DEL CONVERTIDOR <i>BOOST</i>	II.9
II.2 MODELO DE ESTADO DEL CONVERTIDOR <i>BUCK-BOOST</i>	II.11
II.3 FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE PEQUEÑA SEÑAL DISCRETA DEL CONVERTIDOR <i>BOOST</i>	II.14
II.4 FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE PEQUEÑA SEÑAL DISCRETA DEL CONVERTIDOR <i>BUCK-BOOST</i>	II.16

Anexo III. Resultados de simulación para el control borroso indirecto basado en modelos locales	III.21
III.1 ESPECIFICACIONES DE LAS PRUEBAS REALIZADAS	III.21
III.2 REGULACIÓN CON LA CARGA.....	III.22
III.3 REGULACIÓN DE SALIDA.....	III.30
III.4 REGULACIÓN DE ENTRADA	III.34
III.5 REGULACIÓN CON LA CARGA PARA REFERENCIA NO NOMINAL.....	III.38
III.6 REGULACIÓN CON LA ENTRADA PARA REFERENCIA NO NOMINAL.....	III.46
III.7 TABLA RESUMEN CON INDICES DE FUNCIONAMIENTO.....	III.54