

Índice

Capítulo 1	Introducción	1
1.1	Introducción General	1
1.2	Revisión Bibliográfica	4
1.2.1	Trabajos Previos	4
1.2.2	Discusión Bibliográfica	13
1.3	Hipótesis de Trabajo	15
1.4	Objetivos	15
1.4.1	Objetivo General	15
1.4.2	Objetivos Específicos	15
1.4.3	Alcances	16
1.4.4	Metodología	16
Capítulo 2	Descripción del Proyecto de Tesis	19
2.1	Topología del Convertidor	19
2.2	Modulación del Convertidor	20
2.3	Modelo Dinámico del Convertidor	22
2.3.1	Modelo lado AC	22
2.3.2	Modelo lado DC	24
2.4	Algoritmo Predictivo	25
2.5	Ecualización de Estados Ceros	29
2.6	Estrategia de Control	31
2.7	Resultados de Simulación	32
2.7.1	Análisis en Estado Transiente	33
2.7.2	Análisis en Estado Estacionario	36
Capítulo 3	Construcción y Puesta en Marcha	40
3.1	Descripción General	40
3.2	Construcción de Sensores y Acondicionadores	43
3.2.1	Acondicionador General	44
3.3	Construcción de Puentes H y Aislación Eléctrica	45
3.4	Implementación de Tiempos Muertos	46
3.5	Implementación de Algoritmo de Enganche qPLL	49
3.6	Prototipo CMA	50
3.7	Desempeño de Celdas Convertidor Multinivel Asimétrico	52
3.8	Ecualización de estados válidos	57
Capítulo 4	Resultados Experimentales	58
4.1	Desempeño del CMA con Control Predictivo	58
4.2	Pruebas de Control de Corriente	61
4.3	Sintonización de Parámetros del Control Maestro	62
4.4	Análisis de resultados	62
Capítulo 5	Conclusiones	69
5.1	Sumario	69
5.2	Conclusiones	70
5.3	Trabajos Futuros	71
Capítulo 6	Bibliografía	72
Capítulo 7	Anexos	75

7.1	Código DSP.....	75
7.2	Código FPGA.....	88
7.3	PCB	92
7.3.1	Placa Puente H.....	92
7.3.2	Placa Sensor de Voltaje	93
7.3.3	Placa Acondicionadora de Voltaje	94
7.3.4	Placa Sensor de Corriente.....	94
7.3.5	Placa Acondicionadora de Corriente	95

Índice de Figuras

Fig. 2.1. Topología Multinivel Asimétrica	20
Fig. 2.2. Circuito Simplificado CMA	23
Fig. 2.3. Esquema Control Predictivo	25
Fig. 2.4. Señal celda HPC. (a) Señal con Conmutaciones no Deseadas. (b) Señal Esperada.	27
Fig. 2.5. Estados Cero en Puente H	30
Fig. 2.6. Esquema de control sistema monofásico	32
Fig. 2.7. Formas de Onda en Estado Transiente	35
Fig. 2.8. Formas de Onda Estado Estacionario.....	37
Fig. 2.9. Espectro armónico Simulación. (a) Tensión del convertidor, (b) corriente del convertidor.....	39
Fig. 3.1. Esquema de Elementos del Prototipo.....	40
Fig. 3.2. Sensores Aislados. (a) Sensor de Voltaje, (b) Sensor de Corriente	43
Fig. 3.3. Circuito Acondicionador General	44
Fig. 3.4. Esquema General Puente H.....	45
Fig. 3.5. Construcción Puente H.....	46
Fig. 3.6. Puente H Clásico	47
Fig. 3.7. Prueba Implementación de tiempo muerto	48
Fig. 3.8. Algoritmo qPLL	49
Fig. 3.9. Esquema Conexión Prototipo CMA.....	50
Fig. 3.10. CMA Experimental	52
Fig. 3.11. Esquema de Conexión para Prueba de Celdas	53
Fig. 3.12. Celda HPC con Modulación Escalera	54
Fig. 3.13. Celda MPC con Modulación Escalera	54
Fig. 3.14. Celda LPC con Modulación Escalera	55
Fig. 3.15. Salida de Voltaje del CMA	55
Fig. 3.16. Salida de Voltaje y Corriente del CMA	56
Fig. 3.17. Conmutación de tablas de estado en prototipo experimental	57
Fig. 4.1 Tensión de la celda HPC sin matriz de restricciones	59
Fig. 4.2 Tensión de la celda HPC con matriz de restricciones	59
Fig. 4.3 Desempeño Matriz de Restricción	60
Fig. 4.4 Desempeño Control de Corriente Predictivo	61
Fig. 4.5 Esquema de Control Maestro	62
Fig. 4.6. Voltaje DC HPC y Corriente del Convertidor	63
Fig. 4.7. Corrientes Antes del Cambio en la Irradiancia	64
Fig. 4.8. Corrientes Después del Cambio en la Irradiancia	64
Fig. 4.9 Espectro armónico Experimental. (a) Tensión del convertidor, (b) corriente del convertidor.....	67

Índice de Tablas

Tabla I. Matriz de Estados Válidos.	21
Tabla II. Matriz de Restricciones.	28
Tabla III. Tablas de Estados Cero.	30
Tabla IV. Parámetros de Simulación.....	32
Tabla V Elementos Prototipo	41
Tabla VI. Parámetros Implementación.....	42
Tabla VII. Tabla Comparativa THD i_c y v_c con control predictivo	68