

# Tabla de Contenido.

Lista de Tablas.....	VIII
Lista de Figuras.....	VIII
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción general.....	1
1.2. Trabajos Previos. ....	2
1.3. Descripción.....	3
1.4. Problema a Resolver.....	3
1.5. Solución.....	4
1.6. Objetivos.....	4
1.6.1. Objetivo General.....	4
1.6.2. Objetivos específicos.....	4
1.7. Alcances y Limitaciones. ....	5
1.8. Resultados Esperados.....	5
<b>Capítulo 2. Marco Teórico.....</b>	<b>6</b>
2.1. Introducción.....	6
2.2. Convertidores DC/CA.....	6
2.3. Inversor fuente de voltaje o VSI.....	7
2.4. Inversor Fuente de Corriente o CSI.....	8
2.5. Modelo matemático del inversor CSI.....	9
2.6. Modulación PWM.....	11
2.6.1. Modulación senoidal PWM (SPWM).....	12
2.6.2. Modulación PS-PWM.....	13
2.7. Marco de referencia dq.....	14
2.8. Linealización.....	16
<b>Capítulo 3. Inversor Fuente de Corriente en Cascada.....</b>	<b>19</b>
3.1. Introducción.....	19
3.2. Inversor fuente de corriente.....	19
3.3. Simulaciones Inversor Fuente de corriente.....	22
3.3.1. Lazo abierto.....	22
3.3.2. Sistema en cascada con dos inversores en Lazo Abierto.....	24
3.3.3. Lazo Cerrado.....	28

3.3.4.	Sistema en cascada con dos inversores controlados en lazo cerrado. ....	29
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Diseño Control Lineal. ....</b>	<b>33</b>
4.1.	Introducción. ....	33
4.2.	Estrategia de control implementada. ....	33
4.2.1.	Simulación Estrategia de control. ....	34
4.2.2.	Resultado Control Lineal. ....	37
4.2.3.	Simulación del sistema conectado a la red. ....	39
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Armado y pruebas del Inversor. ....</b>	<b>44</b>
5.1.	Introducción. ....	44
5.2.	Armado del Inversor. ....	44
5.2.1.	Inversor Fuente de corriente. ....	44
5.2.2.	Sensor de voltaje. ....	45
5.2.3.	Sensor de corriente. ....	46
5.2.4.	Convertor de Corriente a voltaje. ....	46
5.2.5.	Tarjeta de disparo. ....	47
5.2.6.	Tarjeta DSP. ....	48
5.3.	Prueba del Inversor. ....	48
5.3.1.	Lazo abierto. ....	48
5.3.2.	Lazo cerrado. ....	52
5.4.	Distorsión armónica del voltaje de salida. ....	55
5.5.	Sumario. ....	57
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Conclusiones. ....</b>	<b>59</b>
6.1.	Conclusiones. ....	59
6.2.	Trabajos Futuros. ....	60
<b>Bibliografía. 61</b>		
<b>Anexo A.</b>	<b>Programa utilizado en el bloque c de Psim encargado de realizar el control lineal del inversor en cascada. ....</b>	<b>65</b>
A.1	Código del control lineal, programado en el bloque C de Psim que permite controlar el inversor fuente de corriente en cascada. ....	65
<b>Anexo B.</b>	<b>Esquemáticos de las tarjetas PCB's utilizadas, Funcionamiento y forma de conexión. 72</b>	
B.1	Diagrama esquemático de la pierna inversora. ....	72

B.2 Diagrama PCB de la pierna inversora y forma de conexión. ....	72
B.3 Diagrama esquemático del sensor de voltaje. ....	74
B.4 Diagrama PCB del sensor de voltaje y forma de conexión. ....	74
B.5 Diagrama esquemático del sensor de corriente. ....	75
B.6 Diagrama PCB del sensor de corriente y forma de conexión. ....	76
B.7 Diagrama esquemático del convertor corriente a voltaje. ....	77
B.8 Diagrama PCB del convertor corriente a voltaje y forma de conexión. ....	78
B.9 Diagrama esquemático de la tarjeta de disparo de los IGBT's. ....	79
B.10 Diagrama PCB de la tarjeta de disparo de los IGBT's y forma de conexión. ....	79
B.11 Diagrama esquemático del convertidor buck. ....	81
B.12 Board del convertidor buck utilizado y forma de conexión. ....	81
<b>Anexo C. Partes del Código quemado en la DSP que permite el funcionamiento de ambas celdas en lazo abierto como cerrado y de los Buck. ....</b>	<b>82</b>
C.1. Extractos del código quemado en la DSP, que permite el funcionamiento de las celdas inversoras. ....	82

## Lista de Tablas.

Tabla 3.1 valores de los componentes usados en la simulación, lazo abierto. ....	22
Tabla 3.2 Valores de las señales usadas en la generación de la SPWM. ....	23
Tabla 3.3 Valores utilizados en el inversor fuente de corriente en cascada. ....	30
Tabla 5.1 valores de los componentes usados en la puesta en marcha, lazo abierto 1 inversor. ....	49

## Lista de Figuras.

Fig. 2.1 Tipos de conversiones de energía ....	6
Fig. 2.2 Inversores monofásicos, configuración puente completo. ....	7
Fig. 2.3 Inversor fuente de voltaje VSI con filtro y carga RL. ....	8
Fig. 2.4 Inversor Fuente de Corriente. ....	9
Fig. 2.5 Generación PWM (pulse-width modulation). ....	11
Fig. 2.6 Generación de PWM, al comparar una señal senoidal y triangular. ....	13
Fig. 2.7 Modulación PS-PWM desfase en la portadora de 90°. ....	13
Fig. 3.1 Inversor Fuente de Corriente En cascada. ....	20

Fig. 3.2 Inversor fuente de corriente, lazo abierto Psim.....	22
Fig. 3.3 Salidas del inversor CSI en lazo abierto para diferentes índices de modulación.....	23
Fig. 3.4 Variación de la forma de onda de la salida del inversor ante entrada escalón de la corriente de entrada.....	24
Fig. 3.5 Esquema del inversor fuente de corriente en cascada, lazo abierto Psim.....	25
Fig. 3.6 Salidas del inversor CSI en cascada lazo abierto para diferentes índices de modulación.....	25
Fig. 3.7 Corrientes de entrada de cada celda que conforman el inversor $ma = 1$ .....	26
Fig. 3.8 Señales de salida de cada celda del inversor y del inversor completo con $ma=1$ .....	27
Fig. 3.9 Corrientes de entrada de cada celda que conforman el inversor $ma=0.5$ .....	27
Fig. 3.10 Señales de salida de cada celda del inversor y del inversor completo con $ma=0.5$ .....	28
Fig. 3.11 Esquema lazo cerrado de un CSI utilizando un control PI.....	28
Fig. 3.12 Señal de salida del inversor ante entrada escalón decreciente de la corriente en lazo cerrado.....	29
Fig. 3.13 Señales de salida del inversor en cascada lazo cerrado.....	30
Fig. 3.14 Señales de tensión de salida del inversor y de las celdas en lazo cerrado.....	31
Fig. 3.15 Señales de tensión de salida del inversor y de las celdas en lazo cerrado ante un escalón de corriente.....	31
Fig. 3.16 Señales PWM que accionan los diferentes Switch del inversor.....	32
Fig. 4.1 Estrategia de control lineal implementada en inversor fuente de corriente.....	34
Fig. 4.2 Señal de voltaje real e imaginaria de la salida del inversor.....	35
Fig. 4.3 Señal de $V_d$ y $V_q$ que representan la salida del inversor en el marco de referencia dq.....	35
Fig. 4.4 Señal de $V_d$ y $V_q$ al implementar un filtro pasa bajos del tipo IIR.....	36
Fig. 4.5 Señal de salida del inversor ante la entrada escalón de la corriente.....	37
Fig. 4.6 Señal PWM generada al implementar el control lineal.....	38
Fig. 4.7 Señales de voltaje del inversor en cascada, ante la entrada escalón en la corriente de una de las celdas.....	39
Fig. 4.8 Esquema del inversor fuente de corriente en cascada conectado a la red eléctrica.....	40
Fig. 4.9 Señal de salida del inversor en rojo y en azul la señal de la red eléctrica ángulo $0^\circ$ .....	41
Fig. 4.10 Potencia transferida a la red por el inversor ángulo de $0^\circ$ .....	41
Fig. 4.11 Señal de salida del inversor en rojo, en azul la señal de la red eléctrica ángulo $90^\circ$ .....	42
Fig. 4.12 Flujo de potencia en la red eléctrica para un ángulo de $90^\circ$ .....	42
Fig. 4.13 Flujo de potencia en la red eléctrica para un ángulo de $-90^\circ$ .....	43
Fig. 4.14 Señal de salida del inversor ante cambios en las corrientes de entradas.....	43
Fig. 5.1 Buck utilizado para controlar la corriente que entra al inversor.....	44
Fig. 5.2 Pierna inversora utilizada por el puente H del inversor.....	45
Fig. 5.3 Sensor de voltaje utilizado en Inversor fuente de corriente en cascada.....	45