

# Tabla de Contenidos

<b>RESUMEN</b> .....	<b>II</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABREVIACIONES</b> .....	<b>X</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.2. ESTADO DEL ARTE .....	3
1.3. HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	4
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	5
1.6. TEMARIO.....	5
<b>CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL CONVERTIDOR</b> .....	<b>6</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	6
2.2. DESCRIPCIÓN DE CONVERTIDORES FUENTE CORRIENTE Y ENLACE DC.....	7
2.3. CÁLCULO DE COMPONENTES PASIVAS .....	9
2.3.1 <i>Filtro de Entrada</i> .....	9
2.3.2 <i>Inductor de Enlace</i> .....	11
2.4. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL Y PLL A UTILIZAR .....	11
2.4.1 <i>Control Corriente de Enlace</i> .....	12
2.4.2 <i>PLL</i> .....	14
2.4.3 <i>Inversor</i> .....	15
2.5. DISEÑO DE ACCIONAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES .....	16
2.5.1 <i>Enlace de Fibra Óptica</i> .....	16
2.5.2 <i>Buffer de Salida</i> .....	16
2.5.3 <i>Interruptor de Potencia</i> .....	18
2.5.4 <i>Sensor de Corriente</i> .....	19
2.5.5 <i>Sensor de Voltaje</i> .....	23
2.5.6 <i>Buffer de Entrada</i> .....	24
2.6. MODELO TÉRMICO.....	25
2.6.1 <i>Transmisión Térmica por Conducción</i> .....	26
2.6.2 <i>Transmisión Térmica por Radiación</i> .....	28
2.6.3 <i>Transmisión Térmica por Convección</i> .....	28
2.6.4 <i>Transmisión Térmica por Convección Forzada</i> .....	30
2.6.5 <i>Pérdidas por Conducción y Conmutación</i> .....	31
2.7. DISEÑO ESTRUCTURAL .....	32
2.8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	33

<b>CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>34</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	34
3.2. PARÁMETROS DE IMPLEMENTACIÓN .....	34
3.3. INTERRUPTOR DE POTENCIA .....	35
3.4. DSP .....	37
3.5. SINCRONIZACIÓN Y PATRONES DE DISPARO RECTIFICADOR .....	39
3.6. INVERSOR .....	40
3.7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	41
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>42</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	42
4.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	42
4.2.1 <i>Formas de Onda del Convertidor</i> .....	42
4.3. CONTROL .....	47
4.4. ANÁLISIS .....	48
4.5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	49
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO A. ESQUEMAS ELÉCTICOS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO B. ESTRUCTURA DEL CONVERTIDOR.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO C. CÁLCULO DE PARÁMETROS.....</b>	<b>68</b>
C.1. CÁLCULO DEL FILTRO AC .....	68
C.2. CÁLCULO INDUCTANCIA DE ENLACE .....	69
C.3. CÁLCULO DE COMPONENTES TÉRMICOS.....	69
C.3.1 <i>Parámetros</i> .....	69
C.3.2 <i>Resistencia Térmica y Potencia a Disipar</i> .....	70
C.3.3 <i>Disipador de Calor</i> .....	72
<b>ANEXO D. CÓDIGOS .....</b>	<b>75</b>
D.1. CÓDIGO DSP.....	75

# Lista de Tablas

TABLA 3.1 PARÁMETROS COMPONENTES PASIVOS .....	34
TABLA 3.2 PARÁMETROS DISIPADOR Y CONTROL DE TEMPERATURA.....	35
TABLA 3.3 VALORES MEDIDOS DE LA RESPUESTA DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA .....	36
TABLA C.1 PARÁMETROS PARA OBTENER FILTRO DE ENTRADA .....	68
TABLA C.2 PARÁMETROS FILTRO REQUERIDO .....	69
TABLA C.3 PARÁMETROS PARA OBTENER INDUCTANCIA DE ENLACE .....	69
TABLA C.4 DATOS REQUERIDOS PARA EL MODELO TÉRMICO .....	70



# Lista de Figuras

Fig. 2.1 Esquema Convertidor General.....	6
Fig. 2.2 Enlace fuente corriente.....	7
Fig. 2.3 Filtro amortiguamiento pasivo serie.....	10
Fig. 2.4 Esquema de control.....	12
Fig. 2.5 Lazo de control corriente de enlace.....	13
Fig. 2.6 Esquema de sincronización (PLL).....	14
Fig. 2.7 Generador de overlap.....	15
Fig. 2.8 Dispositivos de fibra óptica. De Izq. A Der. Emisor, Receptor.....	16
Fig. 2.9 Buffer de salida.....	17
Fig. 2.10 Fuente regulable.....	17
Fig. 2.11 Regulación de tensión del LM-330.....	18
Fig. 2.12 Interruptor de potencia.....	18
Fig. 2.13 Sensor de Corriente: Etapa 1.....	20
Fig. 2.14 Sensor de Corriente: Etapa 2.....	22
Fig. 2.15 Sensor de Corriente: Etapa 3.....	22
Fig. 2.16 Sensor de Voltaje: Etapa 1.....	23
Fig. 2.17 Sensor de Voltaje: Etapa 2.....	24
Fig. 2.18 Buffer de entrada.....	25
Fig. 2.19 Mecanismo de propagación de calor por conducción.....	26
Fig. 2.20 Disposición de disipador, mica siliconada, disipador de calor y medioambiente.....	27
Fig. 2.21 Esquema de resistencias térmicas dispuestas en un semiconductor.....	28
Fig. 2.22 Factor de reducción para el área de convección natural disipador de calor.....	29
Fig. 2.23 Gráfico corrección de velocidad del flujo de aire.....	30
Fig. 2.24 Gráfico relación de superficies v/s factor de forma.....	31
Fig. 2.25 Convertidor Fuente Corriente proyectado en Autodesk Inventor.....	32
Fig. 3.1 Respuesta del interruptor de potencia, gráfica tiempo de subida.....	36
Fig. 3.2 Respuesta del interruptor de potencia, gráfica tiempo de bajada.....	37
Fig. 3.3 DSP F28M35H52C1.....	38
Fig. 3.4 DSP diagrama de subsistemas DSP F28M35x.....	38
Fig. 3.5 Diagrama de flujo de algoritmos.....	39
Fig. 3.6 Voltaje de referencia tensión de entrada.....	40
Fig. 3.7 Patrones PWM de disparo para el inversor.....	41
Fig. 3.8 Overlap entre patrones de una misma pierna.....	41
Fig. 4.1 Corrientes de entrada del sistema.....	43
Fig. 4.2 FFT corriente de entrada $i_{sa}$ .....	43
Fig. 4.3 Corrientes rectificador, voltaje de alimentación y señales de sincronización.....	44
Fig. 4.4 Corriente y voltaje DC.....	45
Fig. 4.5 Corriente y voltaje de salida a 1.5[kHz].....	45
Fig. 4.6 Corriente y voltaje de salida a 10[kHz].....	46
Fig. 4.7 Corriente y voltaje de salida a 2.04[kHz], con adición de capacitor.....	46
Fig. 4.8 Gráfica de corrientes del sistema, para una referencia de 2[A].....	47
Fig. 4.9 FFT Corriente de entrada $i_{sa}$ .....	48
Fig. C.1 Esquema de resistencias térmicas para un switch.....	71
Fig. C.2 Disipador de calor empleado.....	73
Fig. C.3 Área efectiva por convección (Izq.) y radiación (Der.).....	73

# Nomenclatura

$i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}$	:	Corrientes entrada
$i_r^{A-a}, i_r^{A-b}, i_r^{A-c}$	:	Corrientes entrada rectificador enlace A
$i_r^{B-a}, i_r^{B-b}, i_r^{B-c}$	:	Corrientes entrada rectificador enlace B
$i_r^{C-a}, i_r^{C-b}, i_r^{C-c}$	:	Corrientes entrada rectificador enlace C
$i_f^a, i_f^b, i_f^c$	:	Corrientes de entrada filtro
$i_{dc}^a, i_{dc}^b, i_{dc}^c$	:	Corriente de enlace DC enlaces A, B y C respectivamente
$v_{sa}, v_{sb}, v_{sc}$	:	Voltaje de fase de entrada
$v_{sab}, v_{sbc}, v_{sca}$	:	Voltaje de línea de entrada
$v_{dc}$	:	Voltaje de enlace DC
$v_l$	:	Voltaje de salida
$i_l$	:	Corriente de salida
$R_l$	:	Carga de salida
$f_i$	:	Frecuencia de alimentación
$f_r$	:	Frecuencia de resonancia de filtro
$L_f$	:	Inductancia filtro de entrada
$C_f$	:	Capacitancia filtro de entrada
$R_f$	:	Resistencia filtro de entrada
$L_{dc}^A, L_{dc}^B, L_{dc}^C$	:	Inductancia enlace DC
$X_f, X_s$	:	Reactancia capacitiva e inductiva del filtro de entrada
$h_n$	:	Índice armónico <i>n</i> -enésimo
$h_{dc}$	:	Índice armónico dominante de corriente DC
$T_a$	:	Temperatura ambiente
$T_j$	:	Temperatura juntura
$PD_{TOTAL}$	:	Potencia total a disipar
$Disp\_H$	:	Disipador: Alto
$Disp\_W$	:	Disipador: Ancho
$Disp\_L$	:	Disipador: Largo
$Disp\_Nal$	:	Disipador: Número de aletas
$Fa$	:	Flujo de aire ventilación forzada

## Abreviaciones

CSC	:	Convertidor fuente de corriente ( <b>C</b> urrent <b>S</b> ource <b>C</b> onverter).
VSC	:	Convertidor fuente de voltaje ( <b>V</b> oltage <b>S</b> ource <b>C</b> onverter).
DC	:	Corriente directa ( <b>D</b> irect <b>C</b> urrent).
AC	:	Corriente alterna ( <b>A</b> ltern <b>C</b> urrent).
MCC	:	Convertidor de acople magnético ( <b>M</b> agnetic <b>C</b> oupled <b>C</b> onverters).
MVS	:	Fuente voltaje modular ( <b>M</b> odular <b>V</b> oltage <b>S</b> ource).
MCS	:	Fuente corriente modular ( <b>M</b> odular <b>C</b> urrent <b>S</b> ource).
RMS	:	Valor eficaz de voltaje ( <b>R</b> oot <b>M</b> ean <b>S</b> quare).
HF	:	Alta frecuencia ( <b>H</b> igh <b>F</b> requency).
ERNCC	:	<b>E</b> nergías <b>R</b> enovables <b>N</b> o <b>C</b> onvencionales.
HFT	:	Transformador de alta frecuencia ( <b>H</b> igh <b>F</b> requency <b>T</b> ransformer).
PLL	:	Lazo de seguimiento de fase ( <b>P</b> hase <b>L</b> ocked <b>L</b> oop).
AFE	:	Rectificador de frente Activo ( <b>A</b> ctive <b>F</b> ront <b>E</b> nd).
AMP-OP	:	<b>A</b> mplificador <b>O</b> peracional.
THD	:	Distorsión armónica total ( <b>T</b> otal <b>H</b> armonic <b>D</b> istortion).
DSP	:	Procesador de señales digitales ( <b>D</b> igital <b>S</b> ignal <b>P</b> rocesor).
SHE	:	Eliminación selectiva de armónicos ( <b>S</b> elective <b>H</b> armonic <b>E</b> limination).
IGBT	:	Transistor bipolar de compuerta aislada ( <b>I</b> nsulated- <b>G</b> ate <b>B</b> ipolar <b>T</b> ransistor).
RMS	:	Valor cuadrático medio ( <b>R</b> oot <b>M</b> ean <b>S</b> quare).
FFT	:	Transformada rápida de Fourier ( <b>F</b> ast <b>F</b> ourier <b>T</b> ransform).