

Tabla de Contenidos

RESUMEN	II
TABLA DE CONTENIDOS.....	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
NOMENCLATURA.....	IX
ABREVIACIONES.....	X
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.2. ESTADO DEL ARTE.....	2
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	4
1.6. TEMARIO.....	4
CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL CONVERTIDOR.....	6
2.1. INTRODUCCIÓN	6
2.2. DESCRIPCIÓN DEL CONVERTIDOR TIRISTORIZADO DOBLE ESTRELLA.....	6
2.2.1 <i>El tiristor</i>	8
2.3. CÁLCULO DE COMPONENTES PASIVAS.....	10
2.3.1 <i>Inductor de Salida</i>	11
2.3.2 <i>Filtros de Entrada Sintonizados</i>	11
2.4. DISEÑO DE ACCIONAMIENTO PARA TIRISTORES.....	13
2.4.1 <i>DSP</i>	14
2.4.2 <i>Buffer de Salida</i>	16
2.4.3 <i>Enlace de Fibra Óptica</i>	17
2.4.4 <i>Tarjeta de Disparo</i>	17
2.5. DISEÑO DE SENSORES Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES PARA SINCRONIZACIÓN Y CONTROL.....	18
2.5.1 <i>Sensor de Voltaje</i>	19
2.5.2 <i>Sensor de Corriente</i>	24
2.5.3 <i>Buffer de Entrada</i>	27
2.5.4 <i>Tarjeta de Protección de Señales para DSP</i>	31
2.6. MODELO TÉRMICO.....	33
2.6.1 <i>Transmisión Térmica por Conducción</i>	33
2.6.2 <i>Transmisión Térmica por Radiación</i>	35
2.6.3 <i>Transmisión Térmica por Convección</i>	35
2.6.4 <i>Transmisión Térmica por Convección Forzada</i>	37
2.6.5 <i>Disipación de Potencia</i>	38
2.7. DISEÑO ESTRUCTURAL	39
2.8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	41
CAPÍTULO 3. CONTROL E IMPLEMENTACIÓN	42
3.1. INTRODUCCIÓN	42
3.2. DISEÑO ESQUEMA DE CONTROL	42
3.3. CONTROL DE CORRIENTE	48
3.3.1 <i>PLL</i>	49
3.4. PARÁMETROS DE IMPLEMENTACIÓN	50
3.5. DSP	51
3.6. SINCRONIZACIÓN Y PATRONES DE DISPARO RECTIFICADOR	53
3.7. RESULTADOS EXPERIMENTALES	54
3.7.1 <i>Formas de Onda del Convertidor</i>	55
3.7.2 <i>Respuesta de Señal de Salida</i>	56
3.8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES	59
4.1. SUMARIO	59
4.2. CONCLUSIONES	59
4.3. TRABAJOS FUTUROS	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXO A. ESQUEMAS ELÉCTRICOS.....	66
ANEXO B. ESTRUCTURA CONVERTIDOR.....	76
ANEXO C. CÁLCULOS PARÁMETROS	81
C.1. CÁLCULO INDUCTANCIA DE ENLACE.....	81
C.2. CÁLCULO DE COMPONENTES TÉRMICOS	81
C.2.1 <i>Parámetros</i>	81
C.2.2 <i>Resistencia Térmica y Potencia a Disipar</i>	81
C.2.3 <i>Disipador de Calor</i>	83
ANEXO D. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE TIRISTORES.....	85
ANEXO E. CÓDIGO DSP	87

Lista de Tablas

TABLA 3.1 POLOS DE LAZO CERRADO PARA DIFERENTES PUNTOS DE OPERACIÓN47

TABLA 3.2 PARÁMETROS COMPONENTES PASIVOS50

TABLA 3.3 PARÁMETROS DISIPADOR Y CONTROL DE TEMPERATURA.....51

TABLA 3.4 VALORES MEDIDOS DE LA RESPUESTA ANTE UN CAMBIO DE REFERENCIA.....56

TABLA C.1 PARÁMETROS PARA OBTENER INDUCTANCIA DE ENLACE DC81

TABLA C.2 DATOS REQUERIDOS PARA EL MODELO TÉRMICO82

Lista de Figuras

Fig. 2.1 Esquema Convertidor General.....	6
Fig. 2.2. Modelo simplificado.....	7
Fig. 2.3. Semiconductor SCR.....	8
Fig. 2.4 Curva característica de un tiristor.....	9
Fig. 2.5 Esquema de componentes de control y disparos de los SCR's.....	13
Fig. 2.6 Esquema de generación de un pulso α	14
Fig. 2.7 Desfase entre rampas.....	15
Fig. 2.8 Buffer de salida.....	16
Fig. 2.9 A) Transmisor, B) Receptor, C) Partes que componen un cable monopar.....	17
Fig. 2.10 Tarjeta de Disparo de un SCR.....	18
Fig. 2.11 Esquema sensado y acondicionamiento de señales.....	19
Fig. 2.12 Sensor de Voltaje: Etapa 1.....	20
Fig. 2.13 Arreglo resistivo para dos rangos de medición.....	20
Fig. 2.14 Sensor de Voltaje: Etapa 2.....	22
Fig. 2.15. Curva de adaptación entre voltaje de entrada y corriente de salida.....	23
Fig. 2.16. Sensor de Efecto Hall, modelo HAS 100-S.....	24
Fig. 2.17 Sensor de Corriente: Etapa 1.....	25
Fig. 2.18 Sensor de Corriente: Etapa 2.....	26
Fig. 2.19. Curva de adaptación entre voltaje de entrada y corriente de salida.....	26
Fig. 2.20 Buffer de entrada para señal DC.....	28
Fig. 2.21. Curva de adaptación entre corriente de entrada y el voltaje de salida.....	29
Fig. 2.22 Buffer de entrada para señal AC.....	30
Fig. 2.23 Circuito doble recortador para un canal.....	31
Fig. 2.24 Regulador de Voltaje ajustable.....	32
Fig. 2.25 Divisor resistivo.....	32
Fig. 2.26 Mecanismo de propagación de calor por conducción.....	34
Fig. 2.27 Analogía de elementos de montaje real y circuito equivalente de resistencias térmicas.....	34
Fig. 2.28 Factor de reducción para el área de convección natural a un disipador de calor.....	36
Fig. 2.29 Gráfico corrección de velocidad del flujo de aire.....	37
Fig. 2.30 Gráfico relación de superficies v/s factor de forma.....	38
Fig. 2.31 Curvas Características de potencia perdida en estado de conducción.....	39
Fig. 2.32 Convertidor fuente corriente proyectado en Autodesk Inventor.....	41
Fig. 3.1 Modelo simplificado del convertidor tiristorizado.....	42
Fig. 3.2 Curva de operación.....	44
Fig. 3.3 Diagrama de bloques del sistema con un controlador PI.....	45
Fig. 3.4 Lugar Geométrico de las raíces usando un controlador PI.....	46
Fig. 3.5 Recorrido que hacen los polos de lazo cerrado.....	48
Fig. 3.6 Esquema de control.....	49
Fig. 3.7 Esquema de sincronización (PLL).....	50
Fig. 3.8 Componentes presentes en DSP modelo F28M35H52C1.....	52
Fig. 3.9 DSP diagrama de con características de cada subsistema.....	52
Fig. 3.10 Diagrama de flujo de algoritmos.....	53
Fig. 3.11 Sincronización de señales de disparo.....	54
Fig. 3.12 Corriente DC, voltaje DC y voltaje de alimentación.....	55
Fig. 3.13 Respuesta del sistema ante cambio de referencia desde 0.5 [A] a 11.5 [A].....	56
Fig. 3.14 Respuesta del sistema ante cambio de referencia desde 6 [A] a 11.5 [A].....	57
Fig. 3.15 Respuesta del sistema antes de aplicar un cambio de referencia.....	57
Fig. 3.16 Respuesta del sistema en estado estacionario después del cambio de referencia.....	58
Fig. C.1 Esquema de resistencias térmicas para un switch.....	82
Fig. C.2 Disipador de calor empleado.....	83
Fig. C.3 Área efectiva por Convección (Izq.) y Radiación (Der.).....	84

Nomenclatura

i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}	:	Corrientes de entrada
v_{sa}, v_{sb}, v_{sc}	:	Voltaje de línea de entrada
v_a, v_b, v_c	:	Voltaje primer secundario de transformador
$v_{a'}, v_{b'}, v_{c'}$:	Voltaje segundo secundario de transformador
i_a, i_b, i_c	:	Corriente primer secundario de transformador
$i_{a'}, i_{b'}, i_{c'}$:	Corriente segundo secundario de transformador
v_{dc}	:	Voltaje de salida DC
i_{dc}	:	Corriente de salida DC
L_{dc}^1, L_{dc}^2	:	Inductancia de salida DC
R_{dc}	:	Carga de salida
f_i	:	Frecuencia de fundamental 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
X_C, X_L	:	Reactancia capacitiva e inductiva del filtro de entrada.
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 (C urrent S ource C onverter).
DC	:	Corriente directa (D irect C urrent).
AC	:	Corriente alterna (A ltern C urrent).
RMS	:	Valor eficaz de voltaje (R oot M ean S quare).
PLL	:	Lazo de seguimiento de fase (P hase L ocked L oop)
AMP-OP	:	A mplificador O peracional
FF	:	Factor de forma
DSP	:	Procesador de señales digitales (D igital S ignal P rocesor)
SCR	:	Tiristor (S ilicon C ontrolled R ectifier)
FFT	:	Transformada rápida de Furrier (F ast F urrier T ransform)
GPIO	:	Entrada/Salida de Propósito General (G eneral P urpose I nput/ O utput)
RLV	:	Carga compuesta por una resistencia, una inductancia y un voltaje.