

ÍNDICE

1.	Estado de la Técnica.....	1
1.1.	Generadores eléctricos en sistemas de conversión de energía eólica.....	6
1.2.	Control de turbinas eólicas	11
2.	Objetivos de la Tesis.....	17
3.	Modelado del Sistema de Conversión de Energía Eólica.....	23
3.1	Introducción	25
3.2	Modelado del Generador Síncrono de Imanes Permanentes (GSIP).....	26
3.2.1.	Ecuaciones del generador en el sistema de referencia síncrono.....	31
3.2.2.	Ecuaciones mecánicas del GSIP.....	35
3.3	Modelado de Convertidores Trifásicos Bidireccionales	37
3.3.1	Modelado rectificador boost en el marco de referencia síncrono.....	40
3.3.2	Modelo de pequeña señal Rectificador Boost.	41
3.4	Modelo del conjunto del Sistema de Conversión de Energía Eólica.....	44
3.4.1	Modelado turbina eólica	44
3.4.2	Modelo del sistema mecánico.....	50
4.	Control del Sistema de Conversión de Energía Eólica.....	53
4.1	Introducción	55
4.2	Lazos de Control de Corriente.....	57
4.2.1	Técnicas control vectorial en GSIP	58
4.2.1.1	Corriente reactiva igual a cero ($i_d=0$).....	59
4.2.1.2	Factor de potencia unitario UPF	60
4.2.1.3	Máximo par por unidad de corriente.....	62
4.2.1.4	Técnica de flujo constante.....	64
4.2.1.5	Comparación de las técnicas de control vectorial	64
4.3.	Modelado del lazo de control de corriente	67
4.4.	Diseño y sintonización de controladores en el lazo de corriente en el rectificador trifásico controlado.	70
4.5.	Lazo de control de velocidad GSIP.....	71
4.5.1.	Desempeño del lazo de control de velocidad	77
4.5.1.1.	Comportamiento del lazo de velocidad con cambios de tipo escalón.....	77
4.5.1.2.	Comportamiento del lazo de velocidad ante cambios de tipo rampa.....	82

4.6. Control de Potencia del SCEE	84
___ 4.6.1. Control de potencia mediante el par electromagnético (T_e).....	85
___ 4.6.2. Control de potencia, mediante el control de velocidad de rotación (ω_{ref}).	87
4.7. Conclusiones	91
5. Técnicas de Estimación de Velocidad y Posición.....	93
5.1.Introducción	95
5.2.Descripción de técnicas de estimación de velocidad y posición en GSIP	95
5.3.Phase Locked Loop trifásico (PLL).....	99
5.4.Observador por modos deslizantes (OMD)	109
5.5.Observador Simplificado de Kalman (OSK).....	117
5.6.Comparación entre estimadores de velocidad y posición.	125
5.7 Conclusiones.....	128
6. Técnicas de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia.....	129
6.1. Introducción.....	131
6.2. MPPT de bucle abierto.	133
___ 6.2.1. Desempeño experimental del MPPT en bucle abierto.	134
6.3. MPPT en bucle cerrado	138
___ 6.3.1. Sintonización del MPPT P&O clásico.	140
___ 6.3.2. Desempeño experimental MPPT P&O clásico.....	142
6.4. Algoritmo MPPT P&O modificado	146
___ 6.4.1. Desempeño experimental P&O modificado.....	148
6.5. Comparación del comportamiento de los algoritmos MPPT	156
6.6. Conclusiones	159
7. Desempeño del convertidor Back-to-Back con el GSIP, y el efecto de la Sincronización en las Señales Portadoras en la Modulación PWM	161
7.1 Introducción	163
7.2 Desempeño del convertidor back-to-back acoplado al GSIP.	163
7.3 Efectos de la corriente sobre los condensadores electrolíticos.	173
7.4 Análisis de corriente en DC-Link en el convertidor Back-to-Back.....	174
7.5 Desarrollo experimental para la medir el efecto de la sincronización en la señal portadora PWM, en el convertidor back-to-back.	179
7.6 Conclusiones.....	187

8.	Conclusiones Generales.....	189
9.	Líneas Futuras de Investigación.....	193
10.	Referencias y Publicaciones Derivadas	197
A.	Determinación experimental parámetros del GSIP	213
B.	Modelado y Control del Inversor con Conexión a Red.....	217
	B.1 Diseño y sintonización del controlador de corriente en el inversor con conexión a red.	222
	B.2 Diseño de lazo de control de voltaje en la DC-Link.	223
C.	Análisis térmico experimental del prototipo del SCEE.....	227
D.	Descripción del emulador del SCEE.....	229
E.	Determinación de curvas características conjunto turbina eólica y GSIP.....	235
F.	Parámetros del prototipo experimental	237
G.	Transformaciones de Coordenadas	239

