

Índice general.

RESUMEN.....	I
RESUM	V
SUMMARY	IX
ÍNDICE.....	I
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS.	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ABREVIATURAS	X
INTRODUCCIÓN	1
.....	1
1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	1
1.1.1 <i>Las máquinas eléctricas rotativas</i>	<i>2</i>
1.1.2 <i>Los rectificadores de tubo de gas de cátodo frío (válvulas de mercurio).</i>	<i>4</i>
1.1.3 <i>Los rectificadores de tubo de gas de cátodo caliente</i>	<i>6</i>
1.1.4 <i>Los amplificadores magnéticos</i>	<i>6</i>
1.1.5 <i>La electrónica de potencia en la era moderna.</i>	<i>7</i>

1.1.6	<i>Convertidores de potencia</i>	9
1.1.7	<i>Accionamientos de motor</i>	11
1.1.8	<i>Las componentes simétricas</i>	13
1.1.9	<i>Las componentes simétricas instantáneas</i>	14
1.1.10	<i>Las componentes simétricas generalizadas</i>	14
1.2	ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL	15
1.3	DESARROLLO DEL ESTUDIO	15
1.4	OBJETIVOS	16
	ESTADO DEL ARTE	17
2.1	INTRODUCCIÓN	17
2.2	ANTECEDENTES	18
2.3	CONTROL TOLERANTE A FALLOS EN CONVERTIDORES DE 2 NIVELES	19
2.4	CONTROLES TOLERANTES A FALLOS EN CONVERTIDORES MULTINIVEL	22
2.4.1	<i>Flying Capacitor</i>	22
2.4.2	<i>Active Neutral Point Clamped</i>	24
2.5	SISTEMAS TOLERANTES A FALLOS EN CONVERTIDORES MODULARES MULTINIVEL	27
2.5.1	<i>Fundamental Phase Shift</i>	28
2.5.2	<i>Sistemas tolerantes a fallos basados en Hardware</i>	33
2.5.2.1	Hexagram Converter.....	33
2.5.2.2	Fault Tolerant Structure.....	35
2.5.3	<i>Controles Tolerantes a Fallos basados en el Fundamental Phase Shift. Topología qZSI</i>	36
2.5.4	<i>Controles Tolerantes a Fallos basados en el Fundamental Phase Shift. Topología Cascaded H-Bridge</i>	38
2.5.5	<i>Controles Tolerantes a Fallos basados en el Método Geométrico</i>	41
2.5.5.1	Offset Voltage Space Vector Modulation.....	41
2.5.5.2	Control Post-fallo Método Geométrico.....	45
2.5.5.3	Control Post-fallo Método Geométrico. Reducción Componente Homopolar ...	47
2.5.5.4	Reconfiguración del Space Vector.....	50
2.5.6	<i>Mejoras de comportamiento al Fundamental Phase Shift</i>	52
2.5.7	<i>Controles tolerantes a fallo basados en la inyección de componente homopolar</i>	53
2.5.7.1	"Neutral Shift Point" mediante inyección directa de tensión homopolar.....	53
2.5.7.2	Controles tolerantes a fallos con supresión del "Real Flow Back".....	55
2.5.7.3	Compensación simétrica en Cascaded H-Bridge - Statcom.....	58
2.5.7.4	Comparación de diferentes secuencias homopolares.....	59
2.5.8	<i>Premisas extraídas del estado del arte</i>	61
	CONCLUSIONES	66
	COMPONENTES SIMÉTRICAS	68
3.1	INTRODUCCIÓN	68
3.2	EL CONVERTIDOR MCHB	69

3.3	OPERACIÓN DEL CONVERTIDOR CON CELDAS EN FALLO.	70
3.4	LAS COMPONENTES SIMÉTRICAS, DEFINICIÓN DE LOS VECTORES ESPACIALES DE SECUENCIA	
	DIRECTA E INVERSA.	71
3.4.1	<i>Secuencia positiva o directa y su vector espacial asociado.</i>	72
3.4.2	<i>Secuencia negativa o inversa y su vector espacial asociado.</i>	74
3.4.3	<i>Secuencia cero u homopolar.</i>	76
3.5	EL MÉTODO DE LAS COMPONENTES SIMÉTRICAS.	77
	RELACIÓN ENTRE TENSIONES SIMPLES Y COMPUESTAS.	85
4.1	INTRODUCCIÓN	85
4.2	RELACIÓN INVERSA ENTRE TENSIONES SIMPLES Y COMPUESTAS.	88
4.2.1	<i>Relación secuencial constante.</i>	88
4.2.2	<i>Relación angular.</i>	89
4.2.3	<i>Relación entre secuencia inversa y homopolar.</i>	89
4.2.4	<i>Método de conversión.</i>	89
4.2.5	<i>Ejemplos resueltos.</i>	91
4.2.5.1	<i>Ejemplo 1: Conversión.</i>	91
4.2.5.2	<i>Ejemplo 2: Comprobación bidireccional.</i>	94
4.2.5.3	<i>Ejemplo 3: Fuente de tensión con desplazamiento de neutro.</i>	98
4.2.6	<i>Consideraciones y conclusiones.</i>	103
	SECUENCIA DIRECTA E INVERSA INSTANTÁNEAS, LA FRECUENCIA.	105
5.1	INTRODUCCIÓN	105
5.2	FRECUENCIA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICAS TRIFÁSICAS.	105
5.3	REPRESENTACIÓN ESPACIO-VECTORIAL DE LAS MAGNITUDES ELÉCTRICAS.	106
5.4	EL PROBLEMA DEL DESEQUILIBRIO.	112
5.5	EL PROBLEMA DE LOS ARMÓNICOS.	114
5.6	DETERMINACIÓN DEL VECTOR INSTANTÁNEO DE SECUENCIA DIRECTA, INVERSA Y DE LA	
	FRECUENCIA DEL SISTEMA A PARTIR DEL VECTOR ESPACIAL DE TENSIÓN.	121
	EQUILIBRADO DEL SISTEMA.	135
6.1	EQUILIBRADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.	135
6.1.1	<i>Aplicación al convertidor multinivel: Caso de estudio 1.</i>	138
6.1.2	<i>Aplicación al convertidor multinivel: Caso de estudio 2: Fallo múltiple.</i>	140
6.1.3	<i>Generalización del método para desequilibrios continuos.</i>	142
	BANCO DE ENSAYOS	153
7.1	CONSIDERACIONES	153
	DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.	159
8.1	CONSIDERACIONES	159
8.1.1	<i>Ensayo de desequilibrio por carga asimétrica.</i>	160

8.1.2	<i>Ensayo de desequilibrio por fallo de celda</i>	162
IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL		165
9.1	INTRODUCCIÓN	165
9.2	DIAGRAMA CONCEPTUAL	165
9.2.1	<i>Implementación en variador de baja tensión (2L)</i>	166
9.2.2	<i>Implementación en variador de media tensión (CHBMLC)</i>	167
CONCLUSIONES ,		169
APORTACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN		169
10.1	CONCLUSIONES Y APORTACIONES	169
10.2	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	172
REFERENCIAS		173
ANEXOS		180
Anexo 1.	Patente de equilibrado dinámico nº1.....	180
Anexo 2.	Patente de equilibrado dinámico nº2.....	227
Anexo 3.	Comunicación de la oficina de patentes europea con el informe de búsqueda y la indicación de cumplimiento de los requerimientos de patentabilidad de la solicitud.	260
Anexo 4.	Publicación de la concesión de patentes de la oficina española y Europea.	264
Anexo 5.	Comunicación de la empresa que ha tramitado la patente indicando que el informe de la oficina de patentes es favorable.	266
Anexo 6.	Estracto del registro de de la oficina europea de patentes indicando la concesión de la patente EP3331163.....	270
Anexo 7.	Estracto del registro de de la oficina europea de patentes indicando el estado de la patente EP3544169 a fecha de redacción de la tesis.	272
Anexo 8.	Autorización explícita de la empresa Power Electronics para la utilización de la información asociada a la patente en esta tesis.....	274