

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LAS FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	7
1.1. INTRODUCCIÓN	9
1.2. LA RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.....	10
1.3. ENERGÍA ELECTROQUÍMICA.....	11
1.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	12
1.4.1. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	13
1.4.2. SITUACIÓN ACTUAL Y PREVISIONES DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN 2000	15
1.4.2.1. Energía solar fotovoltaica en España	16
1.5. ENERGÍA EÓLICA	19
1.5.1. PARTES DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO	19
1.5.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EÓLICA	22
CAPÍTULO 2. GENERACIÓN Y ACUMULACIÓN DE ENERGÍA EN CENTRALES SOLARES	23
2.1. INTRODUCCIÓN	25
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA	25
2.2.1. EL PANEL SOLAR O MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	28
2.3. NORMATIVA SOBRE PANELES SOLARES O MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	34
2.4. INTERCONEXIÓN DE PANELES SOLARES O MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	34
2.5. SEGUIMIENTO DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA	36
2.5.1. MODULACIÓN DEL MPPT	38
2.5.2. MUESTREO DEL MPPT	40
2.6. CÁLCULOS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA....	40
2.6.1. INSTALACIONES DE CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS	45
2.6.2. TIPOS DE CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS	47
2.7. ACUMULADOR DE ENERGÍA. BATERÍA DE PLOMO-ÁCIDO.....	48
2.7.1. INTRODUCCIÓN.....	48
2.8. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BATERÍA DE PLOMO	50

2.9. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS BATERÍAS	53
2.9.1. CAPACIDAD	53
2.9.2. POTENCIA DE UNA BATERÍA	57
2.9.3. ENERGÍA DE UNA BATERÍA	57
2.9.4. RENDIMIENTO DE UNA BATERÍA	57
2.9.5. SOBRECARGA DE UNA BATERÍA	58
2.9.6. DESCARGA PROFUNDA DE LAS BATERÍAS	58
2.9.7. AUTODESCARGA DE LAS BATERÍAS	59
2.9.8. TENSIONES DE TRABAJO	59
2.9.9. RESISTENCIA INTERNA DE LAS BATERÍAS	60
2.9.10. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACUMULADOR PLOMO-ÁCIDO	60
2.9.11. CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS HERMÉTICAS	61
2.9.12. ESTADO DE CARGA DE LAS BATERÍAS	61
2.9.13. TEST DE LAS BATERÍAS	63
2.9.14. SISTEMAS DE CARGA DE BATERÍAS	63
2.9.15. CARGA DEL ACUMULADOR DE PLOMO-ÁCIDO	64
2.9.16. CARGA A TENSION CONSTANTE (U)	65
2.9.17. CARGA A INTENSIDAD CONSTANTE (IA)	66
2.9.18. CARGA A INTENSIDAD Y TENSION CONSTANTE (IU)	67
2.9.19. CARGA CON TENSION CRECIENTE (WA)	69
2.10. REGULADORES PARA LA CARGA DE BATERÍAS (CARGADORES DE BATERÍAS)	70
2.10.1. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE CARGADORES DE BATERÍAS	72
2.10.2. LAS BATERÍAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: DIMENSIONADO	72

CAPÍTULO 3. CONVERTIDORES CONTINUA-ALterna (INVERSORES)	73
3.1. INTRODUCCIÓN	75
3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONVERTIDORES CONTINUA-ALterna	76
3.3. CONCEPTOS BÁSICOS EN INVERSORES	77
3.3.1. INTERRUPTORES CONTROLADOS DE POTENCIA	78
3.4. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LOS CONVERTIDORES CONTINUA-ALterna	80
3.4.1. INVERSOR MONOFÁSICO. TOPOLOGÍA EN SEMIPUENTE	81
3.4.2. INVERSOR MONOFÁSICO. TOPOLOGÍA EN PUENTE	84
3.5. INVERSORES TRIFÁSICOS (VSI)	92

3.5.1. INVERSOR TRIFÁSICO MEDIANTE INVERSORES MONOFÁSICOS..	92
3.5.2. INVERSOR TRIFÁSICO TOPOLOGÍA EN PUENTE. MODULACIÓN 180°	93
3.5.3. INVERSOR TRIFÁSICO TOPOLOGÍA EN PUENTE. MODULACIÓN 120°	101
CAPÍTULO 4. CONTROL ESCALAR: TÉCNICAS DE MODULACIÓN PWM	113
4.1. INTRODUCCIÓN	115
4.2. MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE	117
4.3. MODULACIÓN POR ANCHURA DE UN PULSO POR SEMIPERODO	119
4.4. MODULACIÓN POR ANCHURA DE VARIOS PULSOS POR SEMIPERODO	121
4.5. MODULACIÓN POR ANCHURA DE VARIOS PULSOS SENOIDAL (SPWM)	124
4.6. MODULACIÓN POR ANCHURA DE PULSOS SENOIDALES MODIFICADA (MSPWM)	127
4.7. MODULACIÓN POR ELIMINACIÓN DE ARMÓNICOS SELECTIVOS	128
4.8. MODULACIÓN POR COMPARACIÓN TRAPEZOIDAL	131
4.9. MODULACIÓN POR INYECCIÓN DE ARMÓNICOS	132
4.10. MODULACIÓN POR CORRIENTE REGULADA	133
4.11. INVERSORES VSI MONOFÁSICOS CON MODULACIÓN SPWM	135
4.11.1. INTRODUCCIÓN A LA MODULACIÓN SPWM EN INVERSORES VSI	135
4.11.2. INVERSOR MONOFÁSICO CON CONTROL SPWM Y SALIDA DE TENSIÓN BIPOLAR	144
4.11.3. INVERSOR MONOFÁSICO CON CONTROL SPWM Y SALIDA DE TENSIÓN UNIPOLAR	147
4.11.4. RIZADO EN LA SALIDA DE UN INVERSOR MONOFÁSICO	150
4.11.5. SIMULACIÓN DE UN PUENTE INVERSOR MONOFÁSICO (SPWM)	152
4.12. INVERSORES TRIFÁSICOS CON CONTROL SPWM	153
4.12.1. RIZADO EN LA SALIDA DEL INVERSOR TRIFÁSICO	157
4.12.2. CORRIENTE EN EL BUS DE CONTINUA	159
4.12.3. SIMULACIÓN DE UN PUENTE INVERSOR TRIFÁSICO (SPWM)	160
4.13. EFECTO DE LOS TIEMPOS MUERTOS EN INVERSORES PWM	163

CAPÍTULO 5. CONTROL VECTORIAL: MODULACIÓN SVPWM	165
5.1. INTRODUCCIÓN	165
5.2. DEFINICIÓN DEL VECTOR ESPACIO	167
5.3. TRANSFORMADA DE SCOTT Y TRANSFORMADA DE PARK.....	171
5.4. VECTORES DE CONMUTACIÓN DE TENSIÓN	179
5.5. MODULACIÓN DE VECTORES ESPACIALES.....	189
5.6. LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CICLOS DE TRABAJO	196
5.7. LIMITACIONES DEL VECTOR ESPACIAL APLICADO	206
5.7.1. LIMITACIÓN IMPUESTA POR EL CÍRCULO MÁXIMO	206
5.7.2. LIMITACIÓN IMPUESTA POR EL HEXÁGONO	208
5.8. RESULTADO DE LA MODULACIÓN CON VECTORES ESPACIALES	210
 CAPÍTULO 6. MODELADO DE INVERSORES	 213
6.1. INTRODUCCIÓN	215
6.2. MODELADO DE CONVERTIDORES CONMUTADOS EN ELECTRÓNICA DE POTENCIA: MODELO DE PROMEDIADO CICLO A CICLO	215
6.3. BLOQUE CONSTRUCTIVO COMÚN A TODOS LOS CONVERTIDORES CONMUTADOS DE POTENCIA	215
6.4. PROMEDIADO CICLO A CICLO O CCA (CYCLE-BY-CYCLE AVERAGING).....	218
6.5. REGULACIÓN DE LA TENSIÓN DE SALIDA CON EL MODELO CCA EN INVERSORES VSI.....	223
6.5.1. INVERSORES MONOFÁSICOS. MODELO CCA.....	231
6.5.2. REPRESENTACIÓN CCA DE INVERSORES TRIFÁSICOS.....	235
6.5.3. CORRIENTE EN EL BUS DE CONTINUA	239
 CAPÍTULO 7. CIRCUITOS INTEGRADOS DE CONTROL DE INVERSORES VSI	 241
7.1. INTRODUCCIÓN	243
7.2. CIRCUITO INTEGRADO DE CONTROL PWM TRIFÁSICO: MA818.....	243
7.2.1. REGISTRO DE INICIALIZACIÓN	244
7.2.2. REGISTRO DE CONTROL	247
7.2.3. PROGRAMACIÓN DEL MA818	250
7.2.4. INTERFACE DEL MA818 Y EL UC80537.....	250
7.2.5. EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN DEL MA818	251

7.3. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL VECTORIAL	254
7.3.1. ARQUITECTURA Y CARACTERÍSTICAS DEL TMS320X240.....	256
7.3.2. PERIFÉRICOS ESPECÍFICOS PARA EL CONTROL DE INVERSORES.....	257
7.3.3. PATRONES DE CONMUTACIÓN EN LA MODULACIÓN SVPWM	257
7.3.3.1. Patrones de conmutación definidos por software.....	257
7.3.3.2. Patrones de conmutación definidos por hardware.....	259
7.3.4. PLATAFORMA HARDWARE PARA UNA APLICACIÓN CON DSP ...	265
CAPÍTULO 8. REDUCCIÓN DE ARMÓNICOS EN LA TENSIÓN DE SALIDA: FILTROS	269
8.1. INTRODUCCIÓN	271
8.2. TOPOLOGÍA Y DISEÑO DE FILTROS PASIVOS PARA CONVERTIDORES DC/AC	271
8.3. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN FILTRO TIPO L-C.....	274
CAPÍTULO 9. APLICACIONES DE LOS INVERSORES VSI.....	277
9.1. INTRODUCCIÓN	279
9.2. CONVERTIDORES AC/DC REVERSIBLES.....	279
9.3. ACTUACIÓN DEL INVERSOR COMO RECTIFICADOR	290
9.4. COMPENSACIÓN REACTIVA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS CON INVERSORES VSI	293
9.5. FUNCIONAMIENTO BIDIRECCIONAL DE UN PUENTE INVERSOR. EN UN CARGADOR DE BATERÍAS	295
9.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA	296
9.5.2. DESCRIPCIÓN DEL CARGADOR DE BATERÍAS	297
9.5.3. SIMULACIÓN DEL SISTEMA INVERSOR/CARGADOR.....	298
APÉNDICE 1. ANÁLISIS DE FOURIER	301
A1.1. INTRODUCCIÓN	303
A1.2. DESARROLLO EN SERIE DE FOURIER	303
A1.3. FORMAS DE SEÑALES, CONSIDERACIONES	306
A1.4. RELACIÓN CON EL VALOR EFICAZ Y LA POTENCIA	307
A1.5. EJEMPLOS SOBRE FORMAS DE ONDA TÍPICAS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.....	308

APÉNDICE 2. TRANSFORMADORES	319
A2.1. INTRODUCCIÓN	321
A2.2. ESTUDIO DEL TRANSFORMADOR	321
A2.2.1. CONSTITUCIÓN DEL TRANSFORMADOR	321
A2.2.2. RELACIONES ENTRE LA ENTRADA Y LA SALIDA	322
A2.2.3. PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR REAL	322
A2.2.4. CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN TRANSFORMADOR	322
A2.2.5. PARÁMETROS IMPORTANTES DEL TRANSFORMADOR EN CIRCUITOS RECTIFICADORES.....	323
A2.3. TRANSFORMADORES EN SISTEMAS TRIFÁSICOS.....	324
A2.3.1. CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS	325
A2.4. EJEMPLOS DE CÁLCULO DE TRANSFORMADORES	329
A2.5. CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR	331
APÉNDICE 3. RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS	333
A3.1. RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS.....	335
BIBLIOGRAFÍA	337