

# CONTENIDO

## CAPITULO 1

### FUNCIÓNES Y COMPONENTES DE LA ELECTRONICA DE POTENCIA

1.1	INTRODUCCIÓN.....	15
1.2	RELACIONES ELÉCTRICAS .....	17
	1.2.1 RESISTENCIAS VARIABLES .....	18
	1.2.2 POTENCIÓMETROS BOBINADOS.....	20
	1.2.3 DESIGNACIÓN DE RESISTENCIAS .....	21
	1.2.4 TOLERANCIA DE LAS RESISTENCIAS .....	22
1.3	RESISTENCIAS NO LINEALES.....	24
1.4	CONDENSADORES .....	26
	1.4.1 ARREGLO DE CONDENSADORES .....	30
	1.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS CONDENSADORES .....	30
	1.4.3 CONDENSADORES POLARIZADOS.....	31
	1.4.4 MARCAS DE CONDENSADORES .....	31
1.5	EL DIODO .....	36
	1.5.1 DIODO DE RECTIFICACIÓN RÁPIDA.....	39
	1.5.2 PÉRDIDAS DE CONDUCCIÓN.....	40
	1.5.3 ELECCIÓN DE UN DIODO .....	41
1.6	TABLA DE CÁLCULO PARA LAS INSTALACIONES RECTIFICADORAS .....	43
1.7	CIRCUITOS CON DIODOS.....	46
1.8	LAS CANTIDADES SENOIDALES .....	48
1.9	CANTIDADES PERIÓDICAS NO SENOIDALES .....	50
1.10	RECTIFICACIÓN MONOFÁSICA Y DE MEDIA ONDA .....	51
	1.10.1 RECTIFICADOR MONOFÁSICO DE MEDIA ONDA CON CARGA RESISTIVA .....	52
	1.10.2 RECTIFICADOR MONOFÁSICO DE MEDIA ONDA CON CARGA INDUCTIVA .....	53
1.11	EL DIODO DE RUEDA LIBRE .....	54
1.12	RECTIFICACIÓN MONOFÁSICA DE ONDA COMPLETA .....	57
1.13	EL PUENTE DE GRAETZ .....	59
1.14	EL PUENTE RECTIFICADOR .....	67
1.15	FILTROS PARA RECTIFICADORES.....	68
	1.15.1 FILTRO PARA MEDIA ONDA.....	69
	1.15.2 FILTRO PARA ONDA COMPLETA.....	70
	1.15.3 FILTRO CON INDUCTOR.....	72
1.16	EL CARGADOR DE BATERÍAS CON RESISTOR EN SERIE.....	74
1.17	CARGADOR DE BATERÍA CON INDUCTOR EN SERIE .....	75

## CAPÍTULO 2 TRANSISTORES

2.1	INTRODUCCIÓN.....	77
2.2	EL EFECTO TRANSISTOR .....	78
2.2.1	TRANSISTOR BLOQUEADO .....	79
2.2.2	TRANSISTOR SATURADO .....	79
2.3	CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSISTOR NPN .....	79
2.3.1	CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSISTOR NPN .....	80
2.4	PUNTO DE FUNCIONAMIENTO.....	81
2.4.1	LÍNEA DE CARGA .....	82
2.4.2	POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR .....	84
2.4.3	POLARIZACIÓN DE UNA FUENTE.....	85
2.5	TRANSISTOR EN CONMUTACIÓN .....	85
2.5.1	TIEMPOS DE CONMUTACIÓN .....	87
2.5.2	CONMUTACIÓN DE UNA CARGA INDUCTIVA .....	88
2.5.3	MONTAJE DE DARLINGTON.....	91
2.5.4	TRANSISTOR EN AMPLIFICACIÓN.....	92
2.6	MEDICIONES Y PRUEBAS CON TRANSISTORES.....	102
2.7	TRANSISTOR DE POTENCIA .....	108
2.8	TRANSISTOR MOS.....	115
2.8.1	CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS.....	116
2.9	TRANSISTOR MOSFET .....	119
2.9.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	120
2.10	TRANSISTOR IGBT .....	121
2.10.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	122
2.10.2	CARACTERÍSTICAS DE CONMUTACIÓN .....	125
2.10.3	MANDO DE UN IGBT A TRAVÉS DE LA LECTURA DE CORRIENTE .....	125

## CAPÍTULO 3

### RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA, RECTIFICACIÓN CONTROLADA, TRIACS Y DIACS

3.1	RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA .....	127
3.1.1	RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA DE MEDIA ONDA .....	127
3.1.2	RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA DE ONDA COMPLETA .....	131
3.2	TIRISTORES .....	138
3.2.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	139
3.2.2	CARACTERÍSTICAS DEL ÁNODO .....	141
3.2.3	ACTIVACIÓN (DISPARO) O ARRANQUE DE UN TIRISTOR.....	143
3.2.4	DESACTIVACIÓN DEL TIRISTOR.....	143
3.3	DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS .....	146
3.3.1	CONTROL DE UNA CARGA .....	148
3.4	LA RECTIFICACIÓN CONTROLADA.....	149
3.4.1	RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA.....	154
3.5	REPRESENTACIÓN DE UN PUNTE MIXTO Y SUS PRINCIPALES RELACIONES .....	158
3.5.1	PUNTE COMPLETO .....	160
3.6	RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA CONTROLADA .....	170
3.6.1	RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA DE MEDIA ONDA.....	170
3.6.2	RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA DE ONDA COMPLETA.....	171
3.7	MEDICIONES Y PRUEBAS.....	177
3.8	RECTIFICADOR CONTROLADO SOBRE UNA FUERZA ELECTROMOTRIZ.....	179

3.9	RECTIFICACIÓN CONTROLADA SOBRE CARGA INDUCTIVA.....	181
3.10	EL TRIAC .....	183
3.10.1	ESTRUCTURA .....	184
3.11	EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN CONVERTIDOR .....	188
3.12	PUENTE RECTIFICADOR.....	190
3.13	EL TIRISTOR DIODO BIDIRECCIONAL (DIAC) .....	191

## CAPÍTULO 4

### INVERSORES (ONDULADORES), GRADUADORES Y CONVERTIDORES DE CORRIENTE CONTINUA A CORRIENTE CONTINUA

4.1	INTRODUCCIÓN .....	193
4.2	PRINCIPIO DEL INVERSOR .....	194
4.3	INVERSOR MONOFÁSICO CON PUNTO O TAP MEDIO .....	195
4.4	INVERSOR MONOFÁSICO EN PUENTE.....	196
4.4.1	CONTROL DESJUNTADO .....	198
4.4.2	CONTROL ADYACENTE DEFASADO .....	198
4.5	INVERSOR (ONDULADOR) TRIFÁSICO .....	199
4.6	INVERSOR DE PULSO MODULADO DE BANDA ANCHA .....	202
4.7	EL PUENTE INVERSOR TRIFÁSICO .....	207
4.8	EL GRADUADOR.....	211
4.8.1	GRADUADOR POR DEFASAMIENTO .....	216
4.8.2	GRADUADOR TRIFÁSICO .....	217
4.8.3	GRADUADOR TRIFÁSICO DE TREN DE ONDAS .....	218
4.8.4	AGRUPAMIENTO EN DELTA DE TRES GRADUADORES MONOFÁSICOS .....	219
4.8.5	OTROS MONTAJES DE GRADUADORES .....	220
4.9	PRUEBAS Y ENSAYOS CON GRADUADORES.....	221
4.10	CONVERTIDORES DE CORRIENTE DIRECTA (C.D.) A CORRIENTE DIRECTA.....	223
4.10.1	CONVERTIDOR C.D. A C.D. TIPO SERIE .....	226
4.10.2	CONVERTIDOR C.D. A C.D. PARALELO .....	229
4.11	CONSTRUCCIÓN DE LOS CONVERTIDORES.....	233
4.11.1	CONVERTIDOR CON TRANSISTOR.....	233
4.11.2	CONVERTIDOR CON TIRISTOR .....	233
4.12	MEDICIONES Y PRUEBAS .....	237

## CAPÍTULO 5

### DISIPADORES TÉRMICOS Y PROTECCIÓN DE SEMICONDUCTORES

5.1	INTRODUCCIÓN. ....	243
5.1.1	RESISTENCIA TÉRMICA .....	244
5.2	APLICACIÓN A LAS COMPONENTES ELECTRÓNICAS .....	245
5.2.1	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA TÉRMICA DEL RADIADOR .....	246
5.2.2	ARREGLO DE RESISTENCIAS TÉRMICAS .....	247
5.3	PROTECCIÓN DE SEMICONDUCTORES .....	257
5.4	PROTECCIÓN TOTAL .....	258
5.4.1	PROTECCIÓN INTERNA .....	259
5.5	ARREGLO DE FUSIBLES .....	260
5.5.1	EVOLUCIÓN DE $I^2T$ EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN .....	262
5.5.2	TENSIÓN DE CORTE $V_m$ .....	263
5.5.3	PROTECCIÓN DE CORRIENTE DIRECTA .....	263

5.6	PROTECCIÓN DE DIODOS CONTRA CORTOCIRCUITO .....	264
5.7	PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES .....	273
5.8	DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LAS RESISTENCIAS Y DE LOS CONDENSADORES.....	275
5.8.1	SOBRETENSIONES DEBIDAS A LA INERCIA DE LOS PORTADORES DE CARGA .....	280
5.9	DIODOS RÁPIDOS .....	282
5.10	PROTECCIÓN POR CIRCUITOS LIMITADORES DE CRESTA .....	285
5.10.1	VALOR MÍNIMO DEL CONDENSADOR .....	288
5.11	PROTECCIÓN POR DIODO TRANSIL .....	289
5.12	CÁLCULO DE UN DIODO TRANSIL .....	292

## CAPÍTULO 6

### LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE CORRIENTE DIRECTA

6.1	MÁQUINAS ROTATORIAS DE CORRIENTE CONTINUA.....	295
6.1.1	FUERZA ELECTROMAGNÉTICA .....	295
6.1.2	CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA .....	296
6.1.3	PRINCIPIO DE REVERSIBILIDAD .....	297
6.1.4	MODOS Y CUADRANTES DE FUNCIONAMIENTO .....	298
6.2	EL GENERADOR DE CORRIENTE DIRECTA.....	299
6.2.1	LA VARIACIÓN DE LA F.E.M. Y LA CARACTERÍSTICA DE VACÍO .....	301
6.2.2	PROPORCIONALIDAD ENTRE LA F.E.M. Y LA VELOCIDAD .....	302
6.2.3	FUNCIONAMIENTO CON CARGA .....	302
6.2.4	LA REACCIÓN MAGNÉTICA DE INDUCIDO .....	303
6.3	CONMUTACIÓN.....	304
6.3.1	CARACTERÍSTICAS CON CARGA .....	305
6.4	DISTINTOS TIPOS DE EXCITACIÓN.....	306
6.4.1	LA AUTOEXCITACIÓN PARALELA O EXCITACIÓN SHUNT.....	307
6.4.2	AUTOEXCITACIÓN SERIE.....	307
6.4.3	AUTOEXCITACIÓN COMPUESTA .....	308
6.5	EL BALANCE ENERGÉTICO.....	308
6.6	PRUEBAS DE LABORATORIO.....	313
6.7	EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA.....	316
6.7.1	MOTOR CON EXCITACIÓN SEPARADA.....	316
6.7.2	MOTORES CON EXCITACIÓN SERIE .....	317
6.7.3	MOTOR CON EXCITACIÓN DERIVACIÓN O SHUNT.....	318
6.7.4	EL MOTOR DE EXCITACIÓN SEPARADA.....	318
6.7.5	OPERACIÓN CON CARGA .....	324
6.8	POTENCIA Y PAR ELECTROMAGNÉTICO.....	325
6.9	CARACTERÍSTICA ELECTROMAGNÉTICA.....	326
6.9.1	CARACTERÍSTICA MECÁNICA.....	326
6.9.2	PUNTO DE FUNCIONAMIENTO O DE OPERACIÓN.....	327
6.10	BALANCE ENERGÉTICO .....	328
6.11	EL MOTOR CON EXCITACIÓN SERIE .....	329
6.11.1	CORRIENTE DE ARRANQUE.....	331
6.11.2	COMPORTAMIENTO EN VACÍO .....	333
6.12	POTENCIA Y PAR ELECTROMAGNÉTICO .....	334
6.13	BALANCE ENERGÉTICO .....	338
6.14	PRUEBAS DE LABORATORIO .....	345

## CAPÍTULO 7 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

7.1	INTRODUCCIÓN.....	351
7.1.1	MÁQUINAS DE SÍNCRONAS.....	352
7.1.2	MÁQUINAS DE INDUCCIÓN.....	352
7.1.3	MÁQUINAS UNIVERSALES.....	353
7.2	PROPIEDADES DE LOS CAMPOS GIRATORIOS.....	355
7.3	EL MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.....	356
7.3.1	PRINCIPIO DE OPERACIÓN.....	359
7.3.2	CANTIDADES CARACTERÍSTICAS.....	359
7.3.3	DESLIZAMIENTO (S).....	362
7.3.4	INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN.....	363
7.4	LA CONEXIÓN A LA RED O CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN.....	365
7.4.1	VELOCIDAD DE ROTACIÓN-DESLIZAMIENTO.....	366
7.4.2	LA SÓBRECORRIENTE DE ARRANQUE.....	367
7.4.3	PAR DE ARRANQUE.....	372
7.5	BALANCE ENERGÉTICO.....	376
7.6	PRUEBAS DE LABORATORIO.....	385
7.7	MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA.....	390

## CAPÍTULO 8 ACCIONAMIENTOS ELECTRÓNICOS PARA EL CONTROL DE MOTORES

8.1	INTRODUCCIÓN.....	405
8.2	ARRANCADOR CON VARIADOR DE TENSIÓN.....	406
8.3	VARIADOR CON RELACIÓN V/F CONSTANTE.....	410
8.4	FRENADO CON CORRIENTE CONTINUA.....	414
8.5	ARRANCADORES ELECTRÓNICOS PARA MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS.....	417
8.5.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	418
8.5.2	CORRIENTE DE ARRANQUE.....	424
8.6	VARIADORES DE VELOCIDAD PARA MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	425
8.7	TIPOS DE VARIADORES.....	430
8.7.1	VARIADORES REVERSIBLES.....	431
8.7.2	VARIADORES DE VELOCIDAD CON RECTIFICADORES DE MANDO.....	432
8.7.3	PUENTE COMPLETO.....	434
8.7.4	ESTUDIO DE UN PUENTE COMPLETO (UTILIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA EN FRENADO ELÉCTRICO).....	437
8.8	CHOPPER (CORTADOR) EN SERIE.....	443
8.8.1	REGULACIÓN DE VELOCIDAD.....	447
8.8.2	ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE LA VELOCIDAD.....	448
8.9	VARIADORES DE VELOCIDAD PARA MOTORES DE INDUCCIÓN.....	452
8.9.1	ESTUDIO DE LA CARACTERÍSTICA $T_{EM}=F(\Omega)$ .....	457
8.9.2	CONVERTIDORES INDIRECTOS DE FRECUENCIA.....	460
8.9.3	RECTIFICADOR TRIFÁSICO DE LA ONDA COMPLETA.....	462
8.10	EXPERIMENTOS DE LABORATORIO.....	465
8.10.1	EXPERIMENTO DE LABORATORIO NO. 1.....	465
8.10.2	EXPERIMENTO DE LABORATORIO NO. 2.....	469
8.10.3	EXPERIMENTO DE LABORATORIO NO. 3.....	474
	BIBLIOGRAFÍA.....	481