

# Índice analítico

<b>1. EL CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Tensiones y corrientes senoidales .....	1
1.1.1. Magnitudes en el campo magnético .....	1
1.1.2. Obtención de tensiones senoidales .....	3
1.1.3. Magnitudes y sus diversas representaciones .....	8
Ejercicios sobre 1.1.1 a 1.1.3 .....	13
1.1.4. Valores eficaces .....	13
Ejercicios sobre 1.1.4 .....	15
1.2. Bobina en un circuito de corriente alterna .....	16
1.2.1. Inductancia de la bobina .....	16
Ejercicios sobre 1.2.1 .....	20
1.2.2. Impedancia de la bobina .....	20
1.2.3. Potencias en la bobina .....	25
Ejercicios sobre 1.2.2 y 1.2.3 .....	27
1.3. Circuitos con bobinas y resistores óhmicos .....	27
1.3.1. Conexión en serie .....	27
Ejercicios sobre 1.3.1 .....	32
1.3.2. Conexión en paralelo .....	32
1.3.3. Pérdidas en la bobina .....	34
Ejercicios sobre 1.3.2 y 1.3.3 .....	35
1.4. Condensadores en el circuito de corriente alterna .....	36
1.4.1. Impedancia del condensador .....	36
1.4.2. Potencia en el condensador .....	40
Ejercicios sobre 1.4 .....	41
1.5. Circuitos con condensadores y resistores .....	41
1.5.1. Conexión en serie .....	41
1.5.2. Conexión en paralelo .....	43
1.5.3. Pérdidas en el condensador .....	43
Ejercicios sobre 1.5 .....	44
1.6. Circuitos con bobinas, condensadores y resistores .....	44
1.6.1. Conexión en serie .....	44
1.6.2. Conexión en paralelo .....	47
1.6.3. Compensación .....	49
Ejercicios sobre 1.6.1 a 1.6.3 .....	52
1.6.4. Circuitos oscilantes .....	53
Ejercicios sobre 1.6.4 .....	68

<b>2. CORRIENTES TRIFÁSICAS</b> .....	<b>57</b>
2.1. Generación de tensiones desfasadas .....	57
Ejercicios sobre 2.1 .....	61
2.2. Red trifásica cargada .....	61
2.2.1. Conexión en estrella .....	61
2.2.2. Conexión en triángulo .....	62
2.2.3. Comparación entre la conexión en estrella y en triángulo .....	63
2.2.4. Carga asimétrica .....	64
Ejercicios sobre 2.2 .....	65
<b>3. TRANSFORMADORES</b> .....	<b>67</b>
3.1. Transformadores monofásicos .....	67
3.1.1. Estructura y funcionamiento .....	67
3.1.2. Razón de transformación de las tensiones .....	68
3.1.3. Razón de transformación de las intensidades .....	69
Ejercicios sobre 3.1 .....	70
3.2. Transformadores con diferentes cargas .....	70
3.2.1. Transformador en vacío .....	70
3.2.2. Cortocircuito .....	71
3.2.3. Carga con resistores y reactancias .....	75
Ejercicios sobre 3.2 .....	76
3.3. Transformadores pequeños .....	76
3.3.1. Estructura, núcleo, bobinados .....	77
3.3.2. Comportamiento frente al cortocircuito .....	81
3.3.3. Tipos de transformadores pequeños .....	81
3.3.3.1. Transformadores de seguridad .....	81
3.3.3.2. Transformadores de conexión a la red .....	82
3.3.3.3. Transformadores de encendido .....	82
Ejercicios sobre 3.3 .....	83
3.4. Transformadores de campo de dispersión .....	83
3.5. Autotransformadores .....	84
Ejercicios sobre 3.4 y 3.5 .....	85
3.6. Transformadores de medida .....	85
3.6.1. Transformadores de medida de tensión .....	85
3.6.2. Transformadores de medida de intensidad .....	86
Ejercicios sobre 3.6 .....	88
3.7. Transformadores trifásicos .....	89
3.7.1. Estructura, grupos de conexión, bobinados .....	89
3.7.2. Refrigeración y dispositivos protectores .....	93
3.7.3. Conexión de transformadores en paralelo .....	95
3.7.4. Rendimiento de transformadores .....	95
3.7.5. Placa de características de transformadores .....	96
Ejercicios sobre 3.7 .....	97

<b>4. MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATORIAS</b> .....	<b>99</b>
4.1. Fundamentos mecánicos .....	99
4.1.1. Medida de la frecuencia de giro .....	99
4.1.2. Medida del par .....	100
4.1.3. Relación entre la frecuencia de giro, el par y la potencia .....	103
Ejercicios sobre 4.1 .....	104
4.2. Motores asíncronos .....	104
4.2.1. Funcionamiento de los motores asíncronos trifásicos .....	104
4.2.1.1. Campo giratorio en el motor asíncrono trifásico .....	105
4.2.1.2. Obtención del par motor en los motores asíncronos trifásicos .....	109
Ejercicios sobre 4.2.1 .....	112
4.2.2. Motor asíncrono trifásico de rotor en jaula de ardilla .....	112
4.2.2.1. Construcción de un motor de rotor en jaula de ardilla .....	112
4.2.2.2. Funcionamiento de régimen del motor de rotor en jaula de ardilla .....	113
4.2.2.3. Motor de rotor en jaula de ardilla con rotor de corriente desplazada .....	114
Ejercicios sobre 4.2.2.1 a 4.2.2.3 .....	117
4.2.2.4. Métodos de arranque de los motores de rotor en jaula de ardilla .....	117
Ejercicios sobre 4.2.2.4 .....	120
4.2.3. Motor asíncrono de rotor bobinado y anillos rozantes .....	121
4.2.3.1. Construcción del motor de rotor con anillos rozantes .....	121
4.2.3.2. Funcionamiento del motor de rotor con anillos rozantes .....	122
Ejercicios sobre 4.2.3 .....	124
4.2.4. Variación de la frecuencia de giro en los motores asíncronos trifásicos .....	124
4.2.4.1. Cambio del número de polos .....	125
4.2.4.2. Mando de la velocidad de giro mediante la frecuencia .....	126
4.2.4.3. Mando por deslizamiento en los motores de rotor con anillos rozantes .....	127
4.2.4.4. Mando de la frecuencia de giro mediante la tensión .....	127
Ejercicios sobre 4.2.4 .....	128
4.2.5. Motores asíncronos monofásicos .....	129
4.2.5.1. Funcionamiento de los motores asíncronos monofásicos .....	129
4.2.5.2. Motor monofásico sin devanado auxiliar .....	131
4.2.5.3. Motores monofásicos con devanado auxiliar .....	131
Ejercicios sobre 4.2.5.1 a 4.2.5.3 .....	133
4.2.5.4. Motores asíncronos trifásicos conectados a tensión alterna monofásica (conexión Steinmetz) .....	133
4.2.5.5. Motor de polos divididos o hendidos .....	134
4.2.6. Motor lineal .....	135
Ejercicios sobre 4.2.5.4 a 4.2.6 .....	136
4.3. Máquinas síncronas .....	137
4.3.1. Generador síncrono .....	137
4.3.2. Diferentes tipos de generadores síncronos industriales .....	142
Ejercicios sobre 4.3.1 y 4.3.2 .....	144
4.3.3. Motores síncronos .....	144
Ejercicios sobre 4.3.3 .....	148
4.4. Máquinas con colector .....	148
4.4.1. Generadores de corriente continua .....	149
4.4.1.1. Funcionamiento de los generadores de corriente continua .....	149
Ejercicios sobre 4.4.1.1. ....	154



4.4.1.2. Comportamiento de régimen y conexiones .....	154
Ejercicios sobre 4.4.1.2 .....	158
4.4.2. Motor de corriente continua .....	158
4.4.2.1. Funcionamiento de los motores de corriente continua .....	158
Ejercicios sobre 4.4.2.1 .....	161
4.4.2.2. Conexiones — Comportamiento de régimen .....	162
Ejercicios sobre 4.4.2.2 .....	166
4.4.3. Máquinas con colector para corriente alterna .....	167
4.4.4. Máquinas trifásicas con colector .....	170
Ejercicios sobre 4.4.3 y 4.4.4 .....	171
4.5. Frenado de motores eléctricos .....	171
Ejercicios sobre 4.5 .....	173
4.6. Grupos de máquinas .....	173
4.6.1. Motor convertidor o motor-generator .....	173
4.6.2. Convertidor asíncrono de frecuencia .....	174
Ejercicios sobre 4.6 .....	175
4.7. Accionamiento con motor eléctrico .....	176
4.7.1. Relación entre las dimensiones, el peso, la potencia, el par y la frecuencia de giro en las máquinas eléctricas .....	176
4.7.2. Normalización .....	176
4.7.3. Tipos .....	177
4.7.4. Tipos de protección .....	178
4.7.5. Tipos de servicios .....	180
Ejercicios sobre 4.7.1 a 4.7.5 .....	181
4.7.6. Refrigeración .....	181
4.7.7. Aislamiento .....	182
4.7.8. Protección de motores .....	182
4.7.9. Transmisión de la potencia del motor .....	184
4.7.10. Elección de una máquina .....	185
4.8. Mantenimiento de las máquinas .....	185
Ejercicios sobre 4.7.6 a 4.8 .....	186
<b>5. ELECTROMETRÍA .....</b>	<b>189</b>
5.1. Medida y errores de medida .....	189
5.1.1. Indicaciones analógicas y digitales .....	189
5.1.2. Errores de medida .....	189
5.1.3. Fuentes de errores .....	191
5.2. Explicación de los conceptos y de los instrumentos de medida con aguja .....	192
5.3. Medidas de tensión y de intensidad .....	192
5.3.1. Medida con un instrumento de bobina giratoria .....	192
5.3.1.1. Medida de valor medio .....	194
5.3.1.2. Medida del valor eficaz .....	195
5.3.2. Medida con un instrumento de hierro móvil .....	195
5.3.3. Medidas con el osciloscopio de rayos catódicos .....	196
5.3.3.1. Medida de tensiones .....	196
5.3.3.2. Medida de intensidades .....	196
5.3.3.3. Medida de tensión e intensidad .....	198
Ejercicios sobre 5.1 a 5.3 .....	199

5.4. Medida de impedancias .....	199
5.4.1. Medida con el instrumento de bobinas cruzadas .....	199
5.4.2. Medida de inductancias y capacidades .....	200
5.4.2.1. Medida de inductancias mediante medidas de tensión e intensidad ....	200
5.4.2.2. Medida de inductancias con un puente .....	200
5.4.2.3. Determinación de la capacidad por comparación de tensiones y de intensidades .....	201
5.4.2.4. Medida de la capacidad con un puente .....	201
5.5. Medida de potencia .....	201
5.5.1. Medida con un instrumento electrodinámico .....	201
5.5.2. Medida de potencia en la red trifásica .....	203
5.6. Medida del factor de potencia y del ángulo de desfase .....	204
5.6.1. Medida con un instrumento electrodinámico de medida de cocientes .....	204
5.6.2. Medida del ángulo de desfase con un osciloscopio .....	206
5.7. Medida del trabajo .....	206
5.8. Medida de frecuencia .....	207
5.8.1. Medida con contadores digitales .....	207
5.8.2. Medida con instrumentos de vibración .....	208
5.8.3. Medida con el osciloscopio .....	208
5.9. Aparatos de medida registradores .....	209
5.10. Medida eléctrica de magnitudes no eléctricas .....	210
Ejercicios sobre 5.4 a 5.10 .....	213
<b>6. SEMICONDUCTORES Y FUNDAMENTOS DE LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA .....</b>	<b>215</b>
6.1. Estructura y propiedades de los materiales semiconductores .....	215
6.2. Diodo semiconductor .....	219
6.2.1. Unión pn .....	219
6.2.2. Efecto de válvula de la unión <i>pn</i> .....	220
6.2.3. Característica y punto de trabajo .....	222
6.2.4. Comportamiento de régimen de los diodos semiconductores .....	224
6.2.5. Esquema de caracterización de los componentes semiconductores .....	225
Ejercicios sobre 6.1 y 6.2 .....	225
6.3. Circuitos rectificadores .....	226
6.3.1. Estructura básica .....	226
6.3.1.1. Rectificadores unidireccionales .....	226
6.3.1.2. Rectificadores bidireccionales .....	232
6.3.2. Circuito de filtrado .....	235
6.3.3. Criterios de selección para diodos rectificadores .....	236
6.3.4. Protección de los diodos rectificadores .....	236
Ejercicios sobre 6.3 .....	237
6.4. Transistores .....	238
6.4.1. Estructura del transistor bipolar .....	238
6.4.2. Funcionamiento y curvas características del transistor bipolar .....	238
6.4.3. Obtención de la tensión de polarización de base y determinación del punto de trabajo .....	241
6.5. Transistor como conmutador .....	243
Ejercicios sobre 6.4 y 6.5 .....	243
6.6. Transistor amplificador .....	244
6.6.1. Efecto amplificador de los transistores .....	244



6.6.2. Amplificador de tensión alterna .....	245
6.6.3. Amplificador de tensión continua .....	247
Ejercicios sobre 6.6 .....	247
6.7. Fuentes de alimentación estabilizadas .....	247
6.7.1. Estabilización de tensión con diodo Zener .....	248
6.7.2. Estabilización de tensión con transistor .....	249
Ejercicios sobre 6.7 .....	250
6.8. Tiristor y triac .....	250
6.8.1. Tiristordiodo y diac .....	250
6.8.2. Tiristortriodo .....	253
Ejercicios sobre 6.8 .....	257
6.9. Componentes semiconductores especiales .....	257
6.9.1. Componentes dependientes del campo magnético .....	257
6.9.2. Componentes fotoelectrónicos .....	258
6.9.3. Circuitos integrados .....	260
Ejercicios sobre 6.9 .....	262
6.10. Multivibradores .....	262
6.10.1. Multivibrador astable .....	262
6.10.2. Multivibrador biestable .....	263
6.10.3. Multivibrador monoestables .....	263
Ejercicios sobre 6.10 .....	264
6.11. Puertas lógicas .....	265
6.11.1. Puertas Y .....	265
6.11.2. Puerta O .....	267
6.11.3. Puerta NO .....	267
Ejercicios sobre 6.11 .....	267
<b>7. MANDO Y REGULACIÓN .....</b>	<b>269</b>
7.1. Diferencia entre mando y regulación .....	270
7.2. Mando .....	272
7.2.1. Visión general sobre los mandos .....	272
7.2.2. Componentes de las cadenas de mando .....	274
7.2.2.1. Dispositivos de mando .....	274
7.2.2.2. Elementos de ajuste .....	277
7.2.2.3. Sistemas gobernables .....	281
7.2.3. Ejemplos de mando .....	281
Ejercicios sobre 7.1 y 7.2 .....	282
7.3. Regulación .....	283
7.3.1. Circuito de regulación .....	284
7.3.2. Sistemas regulados .....	285
7.3.3. Equipos y dispositivos reguladores .....	288
7.3.4. Ejemplos de regulación .....	291
7.3.5. Avances recientes en la servotecnia .....	292
Ejercicios sobre 7.3 .....	293

<b>8. MÉTODOS DE PROTECCIÓN</b> .....	295
8.1. Resumen de los peligros de la corriente eléctrica .....	295
8.2. Normas VDE .....	296
8.3. Conceptos y definiciones sobre los métodos de protección .....	297
Ejercicios sobre 8.1 a 8.3 .....	299
8.4. Métodos de protección contra tensiones de contacto peligrosas .....	299
8.4.1. Métodos de protección sin conductor especial de protección .....	300
8.4.1.1. Aislamiento protector .....	300
8.4.1.2. Protección por muy baja tensión .....	301
8.4.1.3. Protección por separación .....	303
Ejercicios sobre 8.4.1 .....	304
8.4.2. Métodos de protección con conductor especial .....	304
8.4.2.1. Protección por puesta a neutro .....	304
8.4.2.2. Protección por puesta a tierra .....	309
8.4.2.3. Circuito protector contra corriente de fallo .....	310
8.4.2.4. Circuito protector contra tensiones de fallo .....	314
8.4.2.5. Sistema con hilo de tierra de protección .....	314
Ejercicios sobre 8.4.2 .....	315
8.5. Verificación de los métodos de protección .....	316
8.5.1. Medida de la resistencia de aislamiento .....	316
8.5.2. Medida de la resistencia de difusión a tierra .....	318
8.5.3. Medida de la resistencia de bucle .....	320
8.5.4. Verificación de los circuitos de protección .....	320
Ejercicios sobre 8.5 .....	321
<b>9. INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b> .....	323
9.1. Suministro de energía a través de las redes de alta tensión y de tensión mediana .....	323
Ejercicios sobre 9.1 .....	327
9.2. Red de baja tensión .....	327
9.2.1. Subestaciones de distribución .....	327
9.2.2. Tipos de redes .....	329
9.2.3. Estructura de la red y transporte de energía .....	331
9.2.4. Conexión doméstica .....	334
9.2.5. Circuitos eléctricos en instalaciones de consumo .....	339
Ejercicios sobre 9.2 .....	339
9.3. Instalación de conexión y distribución .....	340
9.3.1. Seccionadores e interruptores .....	341
9.3.2. Interruptores de potencia .....	342
9.3.3. Dispositivos de protección de líneas .....	343
9.3.4. Dispositivos de protección de aparatos .....	344
Ejercicios sobre 9.3.1 a 9.3.4 .....	344
9.3.5. Lugares de trabajo y locales de tipo especial .....	346
9.3.6. Pérdidas de energía en las instalaciones eléctricas .....	346
9.3.7. Dispositivos de compensación en instalaciones de consumo .....	348
Ejercicios sobre 9.3.5 a 9.3.7 .....	349

<b>10. LUMINOTECNIA</b> .....	<b>351</b>
10.1. Conceptos, magnitudes y unidades en luminotecnia .....	351
Ejercicios sobre 10.1 .....	356
10.2. Requisitos de un buen alumbrado .....	356
10.2.1. Nivel y distribución de la luminosidad .....	356
10.2.2. Dirección de la luz; sombras y deslumbramiento .....	358
10.2.3. Clima de color .....	359
Ejercicios sobre 10.2 .....	360
10.3. Fuentes de luz .....	360
10.3.1. Lámparas de incandescencia .....	361
10.3.2. Lámparas de descarga en gases .....	362
Ejercicios sobre 10.3 .....	367
10.4. Luminarias .....	368
10.5. Proyecto y cálculo de una instalación de alumbrado sencilla .....	369
Ejercicios sobre 10.4 y 10.5 .....	370
<b>11. INSTALACIONES Y APARATOS DOMÉSTICOS</b> .....	<b>371</b>
11.1. Preparación de alimentos .....	371
11.2. Refrigerar y congelar .....	374
11.3. Lavado y limpieza de locales .....	376
11.4. Calentadores de agua .....	378
11.5. Calefacción de locales, ventilación y climatización .....	380
11.6. Supresión de interferencias .....	385
11.7. Reparación de aparatos eléctricos .....	387
11.8. Antenas .....	388
11.9. Pararrayos .....	392
Ejercicios sobre 11.8 y 11.9 .....	396
Índice alfabético .....	397
Origen de las figuras .....	411