

# ÍNDICE

PRÓLOGO .....	19
PREFACIO .....	23
BIBLIOGRAFÍA .....	25
UNIDADES .....	27
CAPÍTULO 1. LA CORRIENTE ALTERNA .....	29
Funciones periódicas .....	29
Valor eficaz .....	33
Valor medio de una función alterna .....	35
Factores de onda .....	37
Funciones armónicas o senoidales .....	37
Notación y significado de signos .....	40
Relación entre tensiones e intensidades senoidales .....	41
Resistencia óhmica pura .....	41
Asociación serie y paralelo de resistencias .....	43
Autoinducción pura .....	43
Asociación serie y paralelo de autoinducciones .....	45
Condensador puro .....	46
Asociación serie y paralelo de condensadores .....	48
Circuito misto serie. Impedancia, Ángulo $\varphi$ .....	50
Circuito mixto paralelo. Admitancia, Ángulo $\varphi$ .....	54
Potencias activa, reactiva y aparente .....	59
Cálculo fasorial .....	64
Fasor .....	65
Álgebra fasorial .....	66
Suma (resta) .....	67
Derivación .....	68
Integración .....	69
Producto por una constante .....	70
Producto de dos funciones senoidales .....	70

Tratamiento fasorial de elementos de circuito .....	70
Resistencia óhmica pura .....	70
Autoinducción pura .....	71
Capacidad pura .....	72
Aplicación del cálculo fasorial a la resolución de circuitos .....	73
Impedancia y admitancia complejas .....	73
Asociación de impedancias y admitancias .....	76
Potencia aparente compleja .....	77
Ley de Joule en corriente alterna .....	78
Teorema de Boucherot .....	80
Elementos de circuitos de corriente alterna .....	82
Fuentes de corriente alterna .....	83
Inductancias mutuas .....	83
Análisis de circuitos en corriente alterna senoidal .....	85
Resumen .....	88
Ejercicios .....	91
CAPÍTULO 2. ELEMENTOS REALES .....	99
Conductores reales .....	99
Tabla 1. Características de materiales conductores .....	102
Condensadores reales .....	105
Constante de tiempo específica .....	108
Energía electrostática .....	108
Tabla 2. Características de materiales dieléctricos .....	109
Comportamiento en corriente alterna. Factor de pérdidas. Modelos serie y paralelo .....	110
Bobinas reales con núcleo de aire .....	114
Energía magnética .....	119
Factor de calidad .....	122
Resonancia .....	124
Resonancia serie .....	125
Resonancia paralelo .....	127
Inductancias mutuas .....	130
Flujos propios y mutuos. Ecuaciones .....	130
Acoplamiento magnético .....	134
Ecuaciones electromagnéticas .....	135
Homología de bornas .....	136
Energía almacenada .....	137
Régimen senoidal. Modelado .....	138
Transferencia de potencia .....	140
Conexiones serie y paralelo .....	142

Bobinas reales con núcleo ferromagnético .....	144
Pérdidas en el hierro. Histéresis. Corrientes de torbellino .....	146
Ferroresonancia .....	155
Ferroresonancia serie .....	156
Ferroresonancia paralelo .....	161
Resumen .....	165
Ejercicios .....	168
CAPÍTULO 3. MÁQUINAS Y ELEMENTOS MONOFÁSICOS .....	173
Generadores síncronos monofásicos .....	173
Detalles constructivos .....	175
Reacción de inducido .....	177
Líneas monofásicas de transmisión .....	181
Rendimiento y regulación .....	188
Líneas sin pérdidas .....	190
Transformadores monofásico .....	191
Transformador ideal .....	192
Magnitudes o valores reflejados en un transformador ideal .....	194
Potencias .....	196
Modelado de un transformador ideal .....	197
Transformador real .....	197
Ecuaciones del transformador real .....	200
Regulación y rendimiento .....	203
Modelo práctico del transformador monofásico .....	205
Valores nominales. Corrientes de vacío. Tensiones de corto- circuito .....	205
Detalles constructivos .....	208
Transformadores de medida .....	209
Errores en los transformadores de medida .....	210
Transformadores de tensión .....	211
Transformadores de intensidad .....	212
Receptores monofásicos reales .....	213
Corrección del factor de potencia .....	214
Puentes de corriente alterna .....	219
Medida de capacidades .....	221
Puente de WIEN. Puente de SCHERING .....	221
Medida de autoinducciones .....	223
Puente de MAXWELL .....	224
Puente de HAY .....	225
Resumen .....	226
Ejercicios .....	229

CAPÍTULO 4. SISTEMAS E INSTALACIONES MONOFÁSICAS ..	235
Valores nominales .....	237
Conexión de elementos monofásicos .....	241
Resolución de redes monofásicas .....	242
Aplicación de magnitudes unitarias .....	247
Magnitudes unitarias en transformadores .....	250
Cambio de bases en impedancias .....	255
Resolución de redes en magnitudes unitarias .....	256
Ejercicios .....	259
 CAPÍTULO 5. CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA .....	 265
Sistemas polifásicos equilibrados .....	265
Sistema trifásico equilibrado .....	267
Constitución de sistemas trifásicos .....	269
Justificación del uso de sistemas trifásicos .....	270
Conexiones estrella y triángulo. Tensiones e intensidades .....	272
Equivalencias entre estrella y triángulo .....	276
Potencias en sistemas trifásicos .....	279
Simetría Cíclica. Concepto de tetrapolos y de octopolo .....	281
Tetrapolo .....	282
Simetría cíclica .....	284
Octopolo .....	287
Valores definitorios de un sistema de corriente alterna trifásica .....	289
Medida de potencia activa .....	290
Método general con tres vatímetros .....	291
Medida de potencia activa con dos vatímetros .....	292
Método de Aron .....	293
Método dual .....	295
Medida de potencia activa con un vatímetro. Neutro artificial ....	296
Vatímetros polifásicos .....	299
Medida de potencia reactiva .....	300
Procedimiento general .....	300
Medida de potencia reactiva con varímetros .....	301
Medida de potencia reactiva con vatímetros .....	301
Medida de energías .....	305
Resumen .....	309
Ejercicios .....	315
 CAPÍTULO 6. MÁQUINAS, LÍNEAS Y RECEPTORES TRIFÁ- SICOS .....	 319
Generador trifásico .....	319

Valores nominales .....	323
Motor síncrono .....	325
Campo giratorio .....	326
Compensador síncrono .....	329
Motor asíncrono o de inducción .....	330
Valores nominales .....	335
Arranque de un motor de inducción .....	336
Líneas trifásicas .....	338
Rendimiento y regulación .....	343
Transformadores trifásicos .....	343
Relaciones de conexión y de transformación complejas .....	347
Grupo de conexión .....	351
Ecuaciones y modelado de transformadores trifásicos .....	352
Modelo práctico del transformador trifásico .....	354
Características nominales .....	355
Receptores trifásicos .....	361
Resumen .....	363
Ejercicios .....	368
CAPÍTULO 7. SISTEMAS E INSTALACIONES TRIFÁSICAS .....	373
Sistema monofásico equivalente .....	374
Valores nominales .....	376
Conexión de elementos .....	377
Resolución de redes trifásicas equilibradas .....	378
Aplicación de magnitudes unitarias .....	378
Resolución de sistemas trifásicos en magnitudes unitarias .....	379
Ejercicios .....	383
CAPÍTULO 8. DESEQUILIBRIOS EN SISTEMAS TRIFÁSICOS ..	389
Concepto de red infinita. Potencia de cortocircuito .....	389
Desequilibrios en redes infinitas .....	391
Componentes Simétricas .....	394
Teorema de Fortescue .....	394
Propiedades relacionadas con las componentes simétricas .....	399
Potencias en componentes simétricas .....	400
Comportamiento de elementos con simetría cíclica en CS .....	401
Tetrapolos. Dipolos secuenciales .....	401
Medida de impedancias secuenciales .....	405
Octopolos. Cuadripolos secuenciales .....	410
Medida de parámetros secuenciales de octopolos .....	411
Octopolos de conexión. Cuadripolos secuenciales .....	412

Cuadripolo de conexión de una estrella .....	413
Cuadripolo de conexión de un triángulo D1 .....	414
Cuadripolo de conexión de un triángulo D11 .....	415
Cuadripolo de conexión de un zig-zag .....	416
Cuadro resumen de cuadripolos secuenciales de conexión .....	419
Medida de componentes simétricas .....	420
Medida de componentes homopolares .....	420
Intensidad homopolar .....	420
Tensión homopolar .....	422
Medida de componentes inversas .....	424
Intensidad inversa .....	424
Tensión inversa .....	425
Ejercicios .....	427
 CAPÍTULO 9. DESEQUILIBRIOS EN SISTEMAS TRIFÁSICOS. MODELOS SECUENCIALES DE MÁQUINAS E INSTALACIONES .....	
Máquinas Síncronas .....	431
Máquinas Asíncronas .....	434
Líneas de Transporte .....	435
Transformadores .....	437
Tabla de cuadripolos homopolares de transformadores trifásicos ....	445
Receptores .....	445
Redes secuenciales .....	446
Ejercicios .....	449
 CAPÍTULO 10. DESEQUILIBRIOS EN SISTEMAS TRIFÁSICOS. DEFECTOS LOCALIZADOS .....	
Defectos tipo derivación. Variables de defecto. Tetrapolo y hexapolo de defecto .....	451
Derivación de una fase a neutro (tierra) .....	452
Derivación entre dos fases .....	455
Derivación simultánea de dos fases a neutro (tierra) .....	456
Propagación del defecto .....	459
Condiciones de pre-defecto .....	460
Aportaciones del defecto .....	463
Otras derivaciones .....	464
Resumen de defectos derivación .....	465
Defectos tipo serie. Variables de defecto. Octopolo y hexapolo de de- fecto .....	467
Ejercicios .....	470

Defecto de una fase .....	472
Defecto de dos fases .....	474
Propagación del defecto .....	476
Ejercicios .....	480
<b>CAPÍTULO 11. CORRIENTES PERIÓDICAS NO SENOIDALES ...</b>	<b>485</b>
Desarrollo en serie de Fourier .....	486
Simetría par .....	488
Simetría impar .....	489
Simetría de semionda .....	490
Valores eficaces .....	492
Factores de distorsión y de rizado .....	494
Potencias .....	495
Potencia activa .....	495
Potencia aparente .....	497
Factor de potencia .....	497
Potencia reactiva .....	498
Relaciones entre tensión e intensidad .....	502
Resistencia, autoinducción y capacidad .....	502
Conjunto R-L-C .....	504
Red o Circuito armónicos .....	505
Corrientes no senoidales en Sistemas Trifásicos .....	510
Rectificadores .....	516
Monofásicos de media onda .....	517
Monofásicos de doble onda .....	521
Rectificadores trifásicos en estrella .....	523
Rectificadores trifásicos en doble estrella o hexafásico .....	526
Rectificador dodecafásico .....	528
Ejercicios .....	530
<b>APÉNDICE 1: Propiedades trigonométricas .....</b>	<b>533</b>
<b>APÉNDICE 2: Números complejos .....</b>	<b>534</b>
<b>APÉNDICE 3: Desarrollos y características de ondas .....</b>	<b>535</b>
Funciones rectangulares .....	535
Funciones trapezoidales .....	539
Funciones triangulares .....	541