

INDICE DE MATERIAS

Prólogo	XI
Prólogo a la sexta edición	XIII

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

	<u>Págs.</u>
1-1. Fundamento de los transformadores de potencia	1
1-2. Finalidad de los transformadores	5
1-3. Tipos de transformadores, designaciones y simbolismos	7
1-4. Constitución de un transformador monofásico	8
1-5. Potencia nominal de un transformador	17
1-6. Visión econométrica del transformador	18
1-7. Otra ejecución de arrollamientos	19

CAPÍTULO II

TEORÍA DEL TRANSFORMADOR MONOFASICO DE POTENCIA

II-1. Corriente de excitación o de vacío en el transformador. Corriente en la bobina de reactancia con núcleo de hierro	20
II-2. Diagrama vectorial del transformador en vacío: resistencia y reactancia de dispersión en el primario, ensayo del transformador en vacío	28
II-3. Transformador en carga	34
II-4. Reducción de los valores de un transformador a la tensión de uno de sus arrollamientos	45
II-5. Esquema equivalente al transformador	52
II-6. Esquema equivalente simplificado. Resistencia y reactancia de cortocircuito de un transformador	53
II-7. Ensayo del transformador en cortocircuito. Tensión de cortocircuito	55
II-8. Pérdidas y rendimientos en un transformador	60
II-9. Balance energético	63
II-10. Comparación económica de transformadores	64
II-11. Caída de tensión en un transformador: Efecto Ferranti	68
II-12. Corriente de cortocircuito	73
II-13. Corriente de conexión de un transformador	77
II-14. Trabajo en paralelo de transformadores monofásicos	79
II-15. Alteraciones de las principales características de un transformador de potencia al variar la tensión o la frecuencia aplicadas	89

CAPÍTULO III

TRANSFORMACIÓN DE SISTEMAS TRIFÁSICOS

	<u>Págs.</u>
III-1. Bancos trifásicos a base de transformadores monofásicos	92
III-2. Transformador de tres columnas	93
III-3. Teoría de los transformadores trifásicos en régimen equilibrado	96
III-4. Armónicas en las corrientes de excitación, en los flujos y en las tensiones.	101
III-5. Estudio de transformadores trifásicos estrella-estrella con cargas desequilibradas	107
III-6. Arrollamientos terciarios o de compensación	113
III-7. Conexiones en los transformadores trifásicos: desfases, trabajo en paralelo	115
III-8. Cargas desequilibradas en los tipos de acoplamientos normalizados	127
III-9. Terceras armónicas en las corrientes de excitación, en los flujos y en las tensiones secundarias de los acoplamientos normalizados	130
III-10. Resumen de propiedades de diversos grupos de conexión. Ejemplos de aplicación	132
III-11. Cálculo de tensiones de cortocircuito correspondientes a conjuntos de transformadores. Aplicaciones	135

CAPÍTULO IV

REGULACIÓN DE TENSIONES

IV-1. Autotransformadores monofásicos: potencia de paso y potencia propia	142
IV-2. Autotransformadores trifásicos	149
IV-3. Reguladores de inducción	150
IV-4. Transformadores con tomas	153

CAPÍTULO V

TRANSFORMACIONES ESPECIALES

V-1. Transformadores con tres arrollamientos	163
V-2. Conexión de transformadores en V	166
V-3. Transformación de sistemas trifásicos en monofásicos	167
V-4. Transformación de sistemas trifásicos en exafásicos	170
V-5. Transformación de sistemas trifásicos en dodecafásicos	173

CAPÍTULO VI

TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y DE PROTECCIÓN

VI-1. Transformadores de medida y de protección. Objetivos básicos	174
VI-2. Primeras ideas sobre transformadores de corriente	176
VI-3. Primeras ideas sobre los transformadores de tensión	179
VI-4. Funcionamiento del transformador de corriente	180
VI-5. Errores de intensidad, o de relación, y de fases. Exigencias	184

	<u>Págs.</u>
VI-6. Carga y potencia de precisión en los transformadores de corriente . . .	186
VI-7. Definiciones y clases de precisión según normas	189
VI-8. Influencia de los núcleos. Transformadores con varios núcleos . . .	194
VI-9. Intensidades límites dinámica y térmica	196
VI-10. Elección del transformador de corriente	199
VI-11. Conexiones y formas de trabajo en transformadores de corriente . .	200
VI-12. Funcionamiento del transformador de tensión inductivo	203
VI-13. Errores de tensión, o de relación, y de fase	203
VI-14. Conexiones y formas de trabajo en transformadores de tensión . .	205

APÉNDICE I

CARGAS PERMISIBLES SEGÚN CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO; TEMPERATURAS DE REFRIGERANTES, CICLOS DE CARGAS, ALTURAS DE INSTALACIÓN

Ap. I-1. Cargas admisibles en diversos casos de funcionamiento	207
Ap. I-2. Disminuciones de cargas admisibles en los casos de refrigerantes con temperaturas superiores a las normales	207
Ap. I-3. Reducciones de potencias por instalaciones en altitudes elevadas . .	208

APÉNDICE II

ASPECTOS TÉRMICOS EN LOS TRANSFORMADORES

Ap. II-1. Temperaturas de los medios de refrigeración	209
Ap. II-2. Límites de calentamientos en los elementos integrantes de los trans- formadores	209

APÉNDICE III

PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES

Ap. III-1. Naturaleza de las pérdidas en los transformadores de potencia . .	211
Ap. III-2. Nuevo estudio de la corriente de vacío. Ciclos de histéresis estático y dinámico	211
Ap. III-3. Pérdidas en el ensayo en vacío	213
Ap. III-4. Pérdidas en el ensayo en cortocircuito	213
Ap. III-5. Pérdidas que se considerarán	214
Ap. III-6. Medición de las pérdidas en vacío. Variación con la temperatura .	215
Ap. III-7. Medición de las pérdidas en cortocircuito. Variación con la tempe- ratura	215

APÉNDICE IV

ACOPLAMIENTOS DE EMPLEO GENERAL SEGÚN CEI 76

Acoplamiento de empleo general según CEI 76	217
---	-----

APÉNDICE V

LOS DESFASES Y LA PUESTA EN PARALELO DE TRANSFORMADORES

	<u>Págs.</u>
Ap. V-1. Posibilidad de obtención de otros desfases (índices horarios)	219
Ap. V-2. Posibilidades de puesta en paralelo de transformadores con distintos índices horarios	220
Ap. V-3. Proceso sistemático para la puesta en paralelo de transformadores con índices horarios ignorados	221
Ap. V-4. Determinación experimental de índices horarios	222

APÉNDICE VI

ANÁLISIS DEL DESEQUILIBRIO FASE-FASE EN LOS TRANSFORMADORES CON CONEXIONES *Dy*

Análisis del desequilibrio fase-fase en los transformadores con conexiones <i>Dy</i>	224
--	-----

APÉNDICE VII

TRANSFORMADORES CON TRES ARROLLAMIENTOS

Ap. VII-1. Esquemas equivalentes en transformadores monofásicos	227
Ap. VII-2. Esquemas equivalentes en transformadores trifásicos	228
Ap. VII-3. Ensayos para la determinación de parámetros	229
Ap. VII-4. Caídas de tensión	233
Ap. VII-5. Determinación de pérdidas en transformadores con tres arrollamientos	234

APÉNDICE VIII

IMPEDANCIAS DIRECTA, INVERSA Y HOMOPOLAR, EN LOS TRANSFORMADORES

Ap. VIII-1. Impedancias de cortocircuito inversas	235
Ap. VIII-2. Impedancias homopolares de cortocircuito	236
Ap. VIII-3. Banco trifásico <i>Yd</i> , a base de transformadores monofásicos, con neutro puesto a tierra	237
Ap. VIII-4. Transformador <i>Yd</i> con núcleo de tres columnas y neutro puesto a tierra	239
Ap. VIII-5. Banco trifásico <i>Yy</i> , con los dos neutros puestos a tierra, a base de transformadores monofásicos	240
Ap. VIII-6. Transformador <i>Yy</i> , con núcleo trifásico (sin columna de retorno), y con los dos neutros puestos a tierra	241
Ap. VIII-7. Banco trifásico <i>Yy</i> , a base de transformadores monofásicos, con sólo el neutro primario puesto a tierra (o solamente el secundario).	241
Ap. VIII-8. Transformador, con núcleo de tres columnas, <i>Yy</i> , con sólo el neutro primario puesto a tierra (o solamente el secundario)	242
Ap. VIII-9. Otros casos	243

APÉNDICE IX

**DESIGNACIONES DE TRANSFORMADORES SEGÚN LOS MEDIOS
Y MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN, DE ACUERDO CON LA
RECOMENDACIÓN CEI 76**

	<u>Págs.</u>
Ap. IX-1. Símbolos que se utilizarán	244
Ap. IX-2. Disposición de símbolos	245

APÉNDICE X

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE POLARIDADES

Ap. X-1. Método por corriente continua	246
Ap. X-2. Método por corriente alterna	246

APÉNDICE XI

**TOLERANCIAS EN LOS VALORES NOMINALES
Y EN LOS DE GARANTÍA DE LOS TRANSFORMADORES**

Tolerancias en los valores nominales y en los de garantía de los transformadores	248
--	-----

APÉNDICE XII

**CLASES DE PRECISIÓN EN TRANSFORMADORES DE MEDIDA.
CONSUMOS DE LOS APARATOS ALIMENTADOS. USOS SEGÚN
CLASES DE PRECISIÓN**

Ap. XII-1. Gráficos de errores límite en los transformadores de corriente para medida	249
Ap. XII-2. Consumos de las bobinas amperimétricas de los aparatos alimentados.	249
Ap. XII-3. Usos de los transformadores de corriente, según clases de precisión	252
Ap. XII-4. Clases de precisión para transformadores de tensión para medida y para los de protección	252
Ap. XII-5. Consumo de las bobinas voltimétricas de los aparatos alimentados .	255
Ap. XII-6. Usos de las clases de precisión	256

APÉNDICE XIII

EL ACEITE EN LOS TRANSFORMADORES

Ap. XIII-1. Función	258
Ap. XIII-2. Naturaleza	258
Ap. XIII-3. Envejecimiento	259
Ap. XIII-4. Características principales de un aceite nuevo	259
Ap. XIII-5. Características del aceite en servicio. Control	260

APÉNDICE XIV

VENTILACIÓN DE CELDAS PARA TRANSFORMADORES

	Págs.
Ap. XIV-1. Importancia de la previsión. Datos básicos	262
Ap. XIV-2. Cálculo de la ventilación necesaria	263
Ap. XIV-3. Complementos útiles en el proyecto	266

APÉNDICE XV

CAÍDAS DE TENSIÓN EN LOS TRANSFORMADORES

Ap. XV-1. General	268
Ap. XV-2. Diversidad de impedancias de cortocircuito según las tomas	268
Ap. XV-3. Expresión de la caída de tensión unitaria	269

APÉNDICE XVI

ESQUEMA EQUIVALENTE: CALCULO DE VALORES

Ap. XVI-1. Valores característicos en el esquema equivalente al transformador	272
---	-----

APÉNDICE XVII

**TRANSFORMADORES DE FRECUENCIA VARIABLE.
TRANSFORMADORES DE ADAPTACIÓN**

Ap. XVII-1. Transformadores de frecuencia variable	274
Ap. XVII-2. Transformadores de adaptación o de máxima potencia	279

APÉNDICE XVIII

DIELECTRICOS MAS RESISTENTES AL CALOR PARA TRANSFORMADORES

Ap. XVIII-1. Dieléctricos líquidos más resistentes al calor	282
Ap. XVIII-2. Dieléctricos sólidos	283