

# Indice

## Parte I. Pilas eléctricas

### CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PILAS ELÉCTRICAS

Conceptos generales. . . . .	19
Origen de la pila eléctrica . . . . .	20
Disolución. . . . .	21
Ionización. . . . .	22
Polarización . . . . .	25
Despolarización . . . . .	26
Elementos constitutivos de una pila eléctrica . . . . .	27
Constantes de una pila eléctrica . . . . .	27
Fuerza electromotriz de una pila eléctrica . . . . .	27
Resistencia interior de una pila eléctrica . . . . .	28
Corriente de régimen de una pila eléctrica . . . . .	28
Capacidad de una pila eléctrica . . . . .	29

### CAPÍTULO 2. TIPOS DE PILAS ELÉCTRICAS

Pila Daniell . . . . .	31
Perfeccionamiento de la pila Daniell . . . . .	33
Pila Leclanche . . . . .	36
Pilas secas . . . . .	38
Pila seca de magnesio . . . . .	45
Pila seca de mercurio . . . . .	45
Pila patrón . . . . .	46
Pila despolarizada por óxido . . . . .	49
Pila despolarizada por aire . . . . .	53
Pila de electrolito sólido . . . . .	56
Pila de electrolito plástico . . . . .	58
Pilas de reserva . . . . .	59

### CAPÍTULO 3. ACOPLAMIENTO DE PILAS ELÉCTRICAS

Generalidades . . . . .	65
Acoplamiento en serie de pilas eléctricas . . . . .	65

Acoplamiento en paralelo de pilas eléctricas . . . . .	68
Elección del acoplamiento más apropiado . . . . .	72
Acoplamiento mixto de pilas eléctricas . . . . .	72
Resumen . . . . .	76
Ejemplo de aplicación . . . . .	77
Consejos para el empleo de las pilas eléctricas . . . . .	80

## Parte II. Acumuladores

### CAPÍTULO 1. ACUMULADORES DE PLOMO

Generalidades . . . . .	87
Acumulador de plomo. Partes constituyentes . . . . .	95
Recipiente . . . . .	98
Placas . . . . .	100
Separadores. . . . .	104
Electrolito . . . . .	107
Conexiones . . . . .	112
Desmontaje de la batería . . . . .	115
Montaje de la batería . . . . .	123

### CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUMULADORES DE PLOMO

Generalidades . . . . .	127
Características de carga . . . . .	127
Características de descarga. . . . .	130
Acoplamiento de acumuladores . . . . .	131
Acoplamiento en serie . . . . .	131
Acoplamiento en paralelo . . . . .	132
Acoplamiento mixto . . . . .	132
Características técnicas de una batería de acumuladores . . . . .	133
Capacidad . . . . .	134
Intensidades de carga y descarga. . . . .	135
Tensiones de carga y descarga . . . . .	136
Rendimiento . . . . .	136

Número de elementos necesarios de una batería . . . . .	138	Duración . . . . .	218
Datos prácticos para la instalación de baterías de acumuladores de plomo . . . . .	144	Influencia de la temperatura . . . . .	220
Ejemplo de cálculo de una batería estacionaria de acumuladores de plomo . . . . .	147	Elementos de oposición . . . . .	221
<b>CAPÍTULO 3. AVERÍAS Y REPARACIONES DE BATERÍAS DE ACUMULADORES DE PLOMO</b>		Número de elementos necesarios de una batería . . . . .	222
Generalidades . . . . .	151	Datos prácticos para la instalación de baterías de acumuladores alcalinos . . . . .	228
Cortocircuitos internos . . . . .	152	Conservación de las baterías de acumuladores alcalinos . . . . .	229
Separadores . . . . .	154	Averías y reparaciones de acumuladores alcalinos . . . . .	231
Impurezas . . . . .	159	<b>CAPÍTULO 5. LOS ACUMULADORES ELÉCTRICOS EN SERVICIO</b>	
Discontinuidad . . . . .	160	Conceptos generales . . . . .	237
Sulfatación de la batería . . . . .	160	Clases de servicio de una batería de acumuladores . . . . .	239
Remedios para la sulfatación . . . . .	164	Sistemas de carga de las baterías de acumuladores . . . . .	240
Comprobaciones con el densímetro . . . . .	165	Carga de mantenimiento . . . . .	246
Densidad demasiado baja o demasiado alta . . . . .	168	Procedimientos de carga de los acumuladores . . . . .	246
Comprobaciones con el voltímetro . . . . .	171	Protección contra la inversión de corriente . . . . .	247
Medida de la tensión con la batería en reposo . . . . .	172	Carga de baterías de acumuladores a partir de una alimentación de corriente continua . . . . .	252
Comprobación de la batería durante la descarga . . . . .	173	Carga de una batería por aumento de tensión de los generadores . . . . .	252
Reparaciones de las baterías . . . . .	176	Carga de una batería por empleo de máquinas especiales . . . . .	261
<b>CAPÍTULO 4. ACUMULADORES ALCALINOS</b>		Carga de baterías de acumuladores a partir de una alimentación de corriente alterna . . . . .	267
Generalidades . . . . .	191	Carga de una batería mediante grupo convertidor rotativo . . . . .	267
Constitución de un acumulador alcalino . . . . .	194	Carga de una batería mediante rectificador estático . . . . .	274
Ventajas de los acumuladores alcalinos . . . . .	198	Regulación de la carga de baterías de acumuladores a partir de una alimentación de corriente alterna . . . . .	281
Partes constituyentes de un acumulador alcalino. Placas positivas . . . . .	199	Regulación de carga de baterías por medio de resistencia . . . . .	282
Placas negativas . . . . .	204	Regulación de carga de baterías por medio de inductancia . . . . .	284
Recipiente . . . . .	204	Regulación de carga de baterías por transformador de tomas . . . . .	287
Montaje . . . . .	207	Regulación de carga de baterías por autotransformador de variación continua . . . . .	289
Características de carga . . . . .	211		
Características de descarga . . . . .	212		
Acoplamiento de acumuladores alcalinos . . . . .	213		
Capacidad de los acumuladores alcalinos . . . . .	213		
Intensidades de carga y descarga . . . . .	214		
Tensiones de carga y descarga . . . . .	216		
Rendimiento . . . . .	218		

Regulación de carga de baterías por medio de lámparas de autorregulación . . . . .	292	Rendimiento . . . . .	342
Regulación de carga de baterías por medio de tiristores . . . . .	294	Rendimiento de un generador . . . . .	343
Ejemplos constructivos de modernos cargadores de baterías mediante rectificadores estáticos . . . . .	300	Rendimiento de un motor . . . . .	344
Determinación de la polaridad en el circuito de carga de una batería de acumuladores . . . . .	314	Cálculo de la potencia absorbida si se conocen la potencia útil y el rendimiento . . . . .	345
Precauciones que deben adoptarse antes de realizar la carga de una batería . . . . .	315	Rendimiento a diferentes cargas. Rendimiento de un grupo motor-generador . . . . .	346
Controles que deben realizarse durante la carga de una batería . . . . .	316		
Precauciones que deben adoptarse durante la carga de una batería . . . . .	317	<b>CAPÍTULO 3. TIPOS CONSTRUCTIVOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>	
Resumen general de la carga de baterías . . . . .	319	Tipos constructivos de máquinas eléctricas . . . . .	351
Carga de una batería nueva . . . . .	320	Máquinas sin cojinetes . . . . .	353
		Máquinas con escudos portacojinetes . . . . .	355
		Máquinas con escudos portacojinetes y soportes de cojinete . . . . .	359
		Máquinas con soportes de cojinete solamente . . . . .	361
		Máquinas con cojinetes de guía, cojinetes de apoyo y escudos portacojinetes . . . . .	365
<b>Parte III. Conceptos generales sobre máquinas eléctricas</b>		<b>CAPÍTULO 4. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>	
<b>CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>		Estructura de una máquina eléctrica . . . . .	371
Objeto de las máquinas eléctricas . . . . .	325	Partes constructivas de las máquinas eléctricas . . . . .	373
Constitución general de una máquina eléctrica . . . . .	326	Tipos estructurales de máquinas eléctricas . . . . .	376
Régimen de las máquinas eléctricas . . . . .	327	<b>CAPÍTULO 5. CALENTAMIENTO DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>	
Potencia nominal . . . . .	332	Generalidades . . . . .	381
Tensión de servicio, tensión normal de servicio y tensión nominal . . . . .	334	Medio refrigerante . . . . .	382
Corriente nominal y velocidad nominal . . . . .	338	Determinación de la temperatura en las máquinas eléctricas . . . . .	383
		Medida directa de la temperatura en las máquinas eléctricas . . . . .	389
		Medida indirecta de la temperatura en las máquinas eléctricas . . . . .	384
		Duración de la prueba de calentamiento . . . . .	385
		Clasificación de los aislantes empleados en las máquinas eléctricas . . . . .	386
<b>CAPÍTULO 2. RENDIMIENTO DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS</b>			
Potencia perdida en una máquina eléctrica . . . . .	339		
Potencia absorbida por una máquina eléctrica . . . . .	340		
Potencia suministrada por una máquina eléctrica . . . . .	340		

Límites de temperatura de las máquinas eléctricas . . . . .	386
---	-----

**CAPÍTULO 6. CLASES DE SERVICIO DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

Servicio . . . . .	391
Tiempos de funcionamiento de una máquina eléctrica . . . . .	391
Clases de servicio de las máquinas eléctricas . . . . .	392
Servicio permanente . . . . .	393
Servicio temporal . . . . .	394
Servicio intermitente . . . . .	395
Servicio continuo con carga intermitente . . . . .	396
Servicio continuo con carga temporal . . . . .	397

**CAPÍTULO 7. PROTECCIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS CONTRA LOS AGENTES EXTERIORES**

Clases de protección de las máquinas eléctricas . . . . .	399
Protección contra contactos de personas . . . . .	399
Protección contra introducción de cuerpos extraños . . . . .	401
Protección contra penetración de agua . . . . .	401
Protecciones especiales . . . . .	404
Tipos de construcción de máquinas eléctricas según su protección contra los agentes exteriores . . . . .	404
Máquinas de construcción abierta . . . . .	405
Máquinas de construcción protegida . . . . .	406
Máquinas de construcción cerrada . . . . .	407
Máquinas de construcción especial . . . . .	408

**CAPÍTULO 8. FUNDACIONES PARA MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

Fundaciones . . . . .	411
Fundaciones fijas . . . . .	412
Fundaciones elásticas . . . . .	416

**Parte IV. Máquinas eléctricas de corriente continua.**

**CAPÍTULO 1. REPASO DE ALGUNOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES**

Generalidades . . . . .	429
Campo magnético de una corriente . . . . .	429
Campo magnético de un solenoide . . . . .	430
Solenoide con núcleo de hierro . . . . .	431
Circuito magnético . . . . .	432
Producción de corrientes inducidas . . . . .	437
Sentido de la corriente inducida . . . . .	439
Valor de la fuerza electromotriz inducida . . . . .	444
Autoinducción . . . . .	446
Corrientes de Foucault . . . . .	447
Producción de corriente eléctrica por medio de una espira girando en un campo magnético . . . . .	449
Producción de un movimiento por medio de una espira situada en un campo magnético y alimentada con corriente continua . . . . .	454

**CAPÍTULO 2. CONSTITUCIÓN GENERAL DE UNA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA**

Conceptos generales . . . . .	461
Principio de funcionamiento . . . . .	464
Inductor . . . . .	465
Inducido . . . . .	470
Colector . . . . .	474
Reacción de inducido . . . . .	476
Comutación . . . . .	478
Mejora de la comutación . . . . .	482
Polos auxiliares de comutación . . . . .	483
Devanados de compensación . . . . .	487
Inducidos multipolares . . . . .	489
Devanados de inducido . . . . .	490
Devanado bipolar . . . . .	491
Conexión de las bobinas de un devanado de inducido . . . . .	494
Devanados multipolares . . . . .	497
Devanados imbricados y devanados ondulados . . . . .	498
Pasos de un devanado . . . . .	500
Ejemplos sencillos de devanados . . . . .	504
Ejemplos de devanados en máquinas construidas . . . . .	506

Condiciones de simetría de un devanado de inducido . . . . .	510
Conexiones compensadoras . . . . .	513
Normas para la elección de un devanado de inducido . . . . .	515

**CAPÍTULO 3. CONEXIONADO Y EXCITACIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE CORRIENTE CONTINUA**

Generalidades . . . . .	517
Designación de bornes en las máquinas eléctricas de corriente continua . . . . .	517
Designación de bornes (Generadores y motores) . . . . .	518
Arrancador . . . . .	519
Regulador de tensión . . . . .	521
Sistemas de excitación de las máquinas eléctricas de corriente continua . . . . .	522
Máquinas con excitación independiente . . . . .	523
Generador de excitación independiente . . . . .	526
Motor de excitación independiente . . . . .	530
Fundamento de la autoexcitación . . . . .	533
Máquinas con excitación shunt . . . . .	538
Generador shunt . . . . .	540
Motor shunt . . . . .	542
Máquinas de excitación serie . . . . .	542
Motor serie . . . . .	547
Máquinas con excitación compound . . . . .	548
Generador compound . . . . .	552
Motor compound . . . . .	553
Máquinas con excitación mixta . . . . .	554
Máquinas con excitación propia . . . . .	557

**CAPÍTULO 4. DISPOSICIÓN CONSTRUCTIVA DE LAS MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA**

Conceptos generales . . . . .	559
Eje . . . . .	559
Cojinetes . . . . .	562
Inducido . . . . .	569
Núcleo magnético . . . . .	569
Organos sustentadores del núcleo magnético . . . . .	572
Arrollamiento de inducido . . . . .	576
Organos de sujeción del arrollamiento de inducido . . . . .	579
Barnizado del inducido . . . . .	581

Equilibrado del inducido . . . . .	582
Sistema inductor . . . . .	582
Culata o carcasa . . . . .	583
Polos inductores . . . . .	586
Polos de comutación . . . . .	587
Arrollamientos del sistema inductor . . . . .	588
Colector . . . . .	593
Conexión del colector con las bobinas del inducido . . . . .	598
Escobillas . . . . .	599
Portaescobillas . . . . .	601
Puentes portaescobillas . . . . .	603

**CAPÍTULO 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA**

Generalidades . . . . .	607
Fuerza electromotriz en vacío de un generador de corriente continua . . . . .	607
Fuerza electromotriz en carga de un generador de corriente continua . . . . .	613
Tensión en bornes y caídas de tensión en un generador de corriente continua . . . . .	615
Tensión en bornes normalizadas, para generadores de corriente continua . . . . .	621
Par resistente de un generador de corriente continua . . . . .	621
Curvas características de los generadores de corriente continua . . . . .	624
Característica en vacío . . . . .	626
Característica en carga . . . . .	628
Característica de caída de tensión . . . . .	630
Característica de regulación . . . . .	632
Característica exterior . . . . .	637
Variación porcentual de tensión . . . . .	639

**CAPÍTULO 6. TIPOS DE GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA**

Generalidades . . . . .	645
Generador de excitación independiente. Conexionado . . . . .	645
Generador de excitación independiente. Puesta en marcha y parada . . . . .	647
Generador de excitación independiente. Cambio del sentido de giro . . . . .	649

Generador de excitación independiente. Condiciones de servicio . . . . .	650	Sistemas de acoplamiento utilizados prácticamente . . . . .	709
Generador de excitación independiente. Campos de aplicación . . . . .	655	Características generales del acoplamiento en paralelo . . . . .	710
Generador de excitación shunt. Conexionado . . . . .	656	Acoplamiento en paralelo de generadores de excitación independiente . . . . .	720
Generador de excitación shunt. Condiciones de cebado . . . . .	658	Acoplamiento en paralelo de generadores shunt . . . . .	721
Generador de excitación shunt. Puesta en marcha y parada . . . . .	661	Acoplamiento en paralelo de generadores serie . . . . .	723
Generador de excitación shunt. Cambio del sentido de giro . . . . .	662	Acoplamiento en paralelo de generadores compound . . . . .	727
Generador de excitación shunt. Condiciones de servicio . . . . .	664	Acoplamiento en serie de generadores shunt . . . . .	729
Generador de excitación shunt. Campos de aplicación . . . . .	677	Acoplamiento en serie de generadores serie . . . . .	730
Generador de excitación serie. Conexionado . . . . .	679	Acoplamiento en serie de generadores shunt y serie . . . . .	731
Generador de excitación serie. Condiciones de cebado . . . . .	680		
Generador de excitación serie. Cambio del sentido de giro . . . . .	682	<b>CAPÍTULO 8. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA</b>	
Generador de excitación serie. Condiciones de servicio . . . . .	682	Funcionamiento como motor de la máquina eléctrica de corriente continua . . . . .	733
Generador de excitación serie. Campos de aplicación . . . . .	688	Fuerza contraelectromotriz de un motor de corriente continua . . . . .	734
Generador de excitación compound. Conexionado . . . . .	692	Tensión en bornes y caídas de tensión en un motor de corriente continua . . . . .	736
Generador de excitación compound. Relaciones entre los arrollamientos serie y shunt . . . . .	694	Corriente de carga de un motor de corriente continua . . . . .	741
Generador de excitación compound. Puesta en marcha y parada . . . . .	696	Velocidad de un motor de corriente continua . . . . .	742
Generador de excitación compound. Cambio del sentido de giro . . . . .	696	Corriente de arranque de los motores de corriente continua . . . . .	743
Generador de excitación compound. Condiciones de servicio . . . . .	696	Potencia y par motor de un motor de corriente continua . . . . .	744
Generador de excitación compound. Campos de aplicación . . . . .	701	Curvas características de los motores de corriente continua . . . . .	746
Corriente de carga y tensión en bornes de un generador, en función de la resistencia exterior . . . . .	702	Característica mecánica de un motor de corriente continua . . . . .	749
		Característica mecánica $M_e = f(n)$ de las máquinas accionadas . . . . .	751
<b>CAPÍTULO 7. ACOPLAMIENTO DE GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA</b>		Regímenes de funcionamiento de un motor de corriente continua . . . . .	752
Conceptos generales . . . . .	707	Estabilidad de funcionamiento de un motor . . . . .	755
Condiciones generales de estabilidad . . . . .	708		

Consideraciones sobre el funcionamiento de los motores shunt y de excitación independiente. Motor de excitación shunt. Conexionado . . . . .	756	Frenado con recuperación de energía . . . . .	802
Motor de excitación shunt. Característica de velocidad $n = f(I)$ . . . . .	756	Frenado por inversión de corriente . . . . .	808
Motor de excitación shunt. Característica de par motor $M = f(I)$ . . . . .	759	Combinadores de mando para motores de corriente continua . . . . .	809
Motor de excitación shunt. Característica mecánica $M = f(n)$ . . . . .	760		
Motor de excitación serie. Conexionado . . . . .	761	<b>CAPÍTULO 10. MÁQUINAS ESPECIALES DE CORRIENTE CONTINUA</b>	
Motor de excitación serie. Característica de velocidad $n = f(I)$ . Motor de excitación serie. Característica de par motor $M = f(I)$ . . . . .	764	Introducción . . . . .	815
Motor de excitación serie. Característica mecánica $M = f(n)$ . . . . .	765	Máquinas especiales de corriente continua que utilizan la reacción de inducido . . . . .	816
Comparación del motor serie con el motor shunt . . . . .	768	Máquinas especiales de corriente continua que utilizan la combinación de varios arrollamientos de excitación . . . . .	817
Motor de excitación compound. Conexionado . . . . .	769	Generador Dolivo-Dobrowolsky . . . . .	818
Motor de excitación compound. Características de funcionamiento . . . . .	769	Generador tacométrico . . . . .	821
Campos de aplicación de los motores eléctricos de corriente continua . . . . .	772	Generador Rosenberg . . . . .	823
		Generador de 3 escobillas . . . . .	829
<b>CAPÍTULO 9. LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA EN SERVICIO</b>		Dynautón . . . . .	832
Inversión del sentido de giro . . . . .	777	Metadinamo . . . . .	833
Proceso de arranque . . . . .	778	Amplidina . . . . .	835
Fundamentos de la regulación de la velocidad . . . . .	785	Homeodina . . . . .	840
Regulación de la velocidad, actuando sobre la tensión en bornes . . . . .	787	Metadina . . . . .	842
Regulación de la velocidad, actuando sobre el flujo inductor. Fundamentos del frenado eléctrico . . . . .	791	Gammadina . . . . .	845
Frenado reostático . . . . .	795	Magnicón . . . . .	847
		Generador Krämer . . . . .	851
		Rototrol . . . . .	856
		<b>CAPÍTULO 11. PÉRDIDAS Y RENDIMIENTO DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE CORRIENTE CONTINUA</b>	
		Conceptos generales . . . . .	863
		Pérdidas en vacío . . . . .	864
		Pérdidas por excitación . . . . .	866
		Pérdidas en carga . . . . .	867
		Pérdidas por efecto Joule en el individuo y pérdidas adicionales . . . . .	867
		Rendimiento de las máquinas de corriente continua . . . . .	869
		Curva de rendimiento . . . . .	870
		<b>CAPÍTULO 12. EJEMPLOS PRÁCTICOS DE CONEXIONADO DE MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA</b>	