

Índice

Prólogo a la primera edición española	5
Mi agradecimiento especial...	5
Prólogo a la Primera edición en la serie de publicaciones VDE 114 (= 8ª edición revisada)	6
Prólogo a la 7ª edición revisada y ampliada	7
Prólogo a la 6ª edición revisada	8
Prólogo a la 5ª edición revisada	8
Prólogo a la 4ª edición revisada	9
Prólogo a la 3ª edición revisada	9
Prólogo a la 1ª edición	10
1 Introducción	19
2 Protección de instalaciones y aparatos eléctricos	21
2.1 Exigencias comunes para instalaciones y aparatos	21
2.1.1 Campo de aplicación	21
2.1.2 Principios para la protección contra descargas eléctricas	21
2.2 Elementos integrantes de las medidas de protección	22
2.2.1 Protección básica	22
2.2.2 Protección contra fallos	22
2.2.3 Medidas de protección intensificadas	22
2.3 Medidas de protección	23
2.4 Coordinación de los aparatos eléctricos y de las medidas de protección en instalaciones eléctricas	23
2.5 Condiciones especiales de manejo y mantenimiento	23
2.6 Medidas de protección y cumplimiento mediante disposiciones de protección	24
3 Instalaciones eléctricas y medidas de protección	27
3.1 Protección contra descargas eléctricas	27
3.1.1 Protección contra contacto directo y contra contacto indirecto	28
3.1.1.1 Protección por pequeñas tensiones: MBTS y MBTP	28
3.1.1.2 Disposición de los circuitos de corriente	29
3.1.1.3 Exigencias a los circuitos de corriente MBTS	30
3.1.1.4 Exigencias a circuitos de corriente MBTP	30
3.1.1.5 Protección mediante limitación de la corriente de contacto permanente y carga	31

3.1.2	Protección contra descargas eléctricas bajo condiciones normales (Protección contra contacto directo o protección básica)	31
3.1.3	Protección contra descargas eléctricas bajo condiciones de fallo (Protección contra contacto indirecto o protección contra defectos)	32
3.1.3.1	Toma de tierra y conductor de protección	34
3.1.4	Compensación de potencial	34
3.1.4.1	Compensación principal de potencial	34
3.1.4.2	Compensación de potencial suplementaria	35
3.2	Formas de sistemas	35
3.3	Sistemas según la forma de la toma de tierra	36
3.3.1	Sistema TN	39
3.3.1.1	Medidas y dispositivos de protección en sistemas TN	39
3.3.2	Sistemas TT	39
3.3.2.1	Medidas y dispositivos de protección en sistemas TT	39
3.3.3	Sistemas IT	40
3.3.3.1	Medidas y dispositivos de protección en sistemas IT	42
3.4	Medidas de protección en sistemas IT según DIN VDE 0100-410 (VDE 0100 parte 410):1997-01	42
3.5	Ejecución y eficacia de la compensación de potencial suplementaria	50
3.6	Otras medidas de protección	50
3.6.1	Protección mediante empleo de aparatos de la clase de protección II o mediante aislamiento similar	51
3.6.2	Protección mediante recintos no conductores	51
3.6.3	Protección mediante compensación de potencial local aislado de tierra	51
3.6.4	Protección mediante separación de protección	51
3.7	Aparatos para verificar las medidas de protección	51
4	Sistemas IT sin toma de tierra, en ejecución aislada	57
4.1	Estructura de sistemas IT con compensación de potencial suplementaria y con vigilancia del aislamiento	58
4.2	La compensación de potencial adicional en los sistemas IT	61
4.2.1	Secciones mínimas para la compensación de potencial suplementaria	62
4.3	Pruebas en sistemas IT según DIN VDE 0100-610 (VDE 0100 parte 610):1994-04	62
4.3.1	Pruebas de la eficacia de las medidas de protección en el primer fallo	65
4.3.2	Comprobación de la eficacia de las medidas de protección en caso de un segundo fallo	66
4.3.2.1	Sistema IT con compensación de potencial suplementaria y con dispositivos de vigilancia del aislamiento	66

4.3.3	Aclaraciones a las verificaciones de sistemas IT según DIN VDE 0100-610 (VDE 0100 parte 610)	66
4.4	Protección de cables y conductores en sistemas IT	67
4.4.1	Protección en caso de cortocircuito	68
4.4.2	Protección contra sobrecarga	68
4.4.2.1	Renuncia a la protección contra sobrecarga	69
4.4.3	Disposiciones especiales para sistemas IT	69
4.4.4	Conexión de aparatos de vigilancia del aislamiento	70
4.4.4.1	Acoplamiento y fusibles	70
4.4.2.2	Suministro de tensión auxiliar y fusibles	72
5	Características y ventajas de los sistemas IT	73
5.1	Mayor seguridad de funcionamiento	74
5.2	Mayor seguridad frente a incendios	79
5.3	Mayor seguridad contra accidentes por limitación de las corrientes de contacto	81
5.4	Mayor resistencia permitida de toma de tierra	82
5.5	Anticipación en la información con sistemas IT	83
6	Aplicaciones de sistemas IT en recintos de uso médico	89
6.1	El concepto de seguridad en recintos de uso médico	89
6.2	Sistemas IT en recintos de uso médico según DIN VDE 0100-710 (VDE 0100 parte 710):2002-11	90
6.2.1	Introducción	93
6.2.2	Campo de aplicación	93
6.3	Recintos de uso médico	93
6.4	Sistemas IT	96
6.4.1	Sistemas IT médicos	96
6.4.2	Compensación de potencial suplementaria en sectores del grupo 2	96
6.4.3	Suministro de corriente para recintos de uso médico del grupo 2	97
6.4.4	Transformadores para el sistema IT	97
6.5	Protección del sistema de conductores en recintos de uso médico del grupo 2	98
6.5.1	Protección en sistemas IT con vigilancia del aislamiento	98
6.6	Dispositivo automático de conmutación en el distribuidor principal y en distribuidores para recintos de uso médico del grupo 2	101
6.6.1	Circuitos de corriente de cajas de enchufe en sistemas IT para recintos de uso médico del grupo 2	102
6.7	Verificación del sistema IT de uso médico	103
6.7.1	Primera verificación	103
6.7.2	Repetición de las pruebas	104
6.8	Redes de suministro de corriente aisladas de tierra en hospitales y en recintos de uso médico en EE.UU	104
6.8.1	Marco histórico	104

6.8.2	Exigencias NFPA actuales para las redes de suministro de corriente aisladas de tierra	106
6.9	Entorno del paciente eléctricamente seguro	108
6.9.1	Conceptos fundamentales sobre la corriente de derivación	108
6.9.2	Interrupción del conductor de protección	111
6.10	Red de suministro de corriente aislada de tierra	111
6.11	Compensación de potencial	113
6.12	Aparatos eléctricos en aplicaciones médicas según IEC TC 62A	114
6.13	Seguridad eléctrica en recintos de uso médico según IEC 60364-7-710: 2002-11, Requirements for special installations or locations – Medical locations	116
6.14	Desarrollo mundial de redes aisladas de tierra en recintos de uso médico	118
7	Aplicación de los sistemas IT	123
7.1	Los sistemas IT en la minería	123
7.1.1	Técnicas de protección en la minería bajo tierra según DIN VDE 0118 (VDE 0118):2001-11	124
7.1.2	Protección contra corrientes peligrosas a través del cuerpo en la minería bajo tierra	131
7.2	Sistemas IT y la vigilancia del aislamiento a bordo de buques	132
7.2.1	Normas y disposiciones	132
7.2.2	Formas de red autorizadas, tomando en consideración diversas normas	133
7.2.3	Sistemas TN e IT en buques	136
7.2.4	Sistemas IT en buques de la Marina Federal Alemana según BV 30	139
7.3	Sistemas IT con vigilancia del aislamiento en vehículos sobre raíles	142
7.3.1	Ejemplos de aplicación para sistemas IT con vigilancia del aislamiento	142
7.3.2	Campos de aplicación de sistemas IT con vigilancia del aislamiento	142
7.3.3	Exigencias a los dispositivos de vigilancia del aislamiento	143
7.3.4	Red de tensión continua con alimentación por baterías, orientada a la seguridad	145
7.3.5	Convertidores en los circuitos principales de corriente	146
7.4	Sistemas IT en vehículos eléctricos	147
7.4.1	Medidas de seguridad en el vehículo	150
7.4.2	Plantas de carga para vehículos eléctricos	152
7.4.3	Norma internacional para estaciones de carga de vehículos eléctricos	154
7.4.4	Aparatos de vigilancia del aislamiento según UL 2231	154

7.4.4.1	UL 2231-1 Exigencias generales	155
8	Resistencia del aislamiento	161
8.1	Primera norma de seguridad en el año 1883 en Alemania	162
8.2	Un asunto complicado	162
8.3	Definición según VDE	163
8.4	Magnitudes de influencia	164
8.5	Medición del aislamiento y vigilancia	165
8.5.1	Medición en redes sin tensión	165
8.5.2	Mediciones de corriente diferencial en sistemas TN y TT	166
8.5.3	Valor absoluto vigilado permanentemente en sistemas IT	166
8.6	Vigilancia completa en sistemas IT	168
9	Riesgos para las personas por las corrientes a través del cuerpo	171
9.1	DIN VDE V 0140-479 (VDE V 0140 parte 479):1996-02 sobre los efectos de la corriente eléctrica sobre los hombres	172
9.1.1	Resistencias del cuerpo	173
9.2	Campos de acción para corriente alterna 15 Hz hasta 100 Hz	174
9.3	Conocimientos fundamentales de la electropatología	176
9.4	Consecuencias para medidas de protección contra corrientes peligrosas a través del cuerpo	177
9.5	Accidentes causados por la corriente eléctrica	179
10	Normas de aparatos para equipos de vigilancia del aislamiento	183
10.1	Aparatos de vigilancia del aislamiento según DIN EN 61557-8 (VDE 0413 parte 8):1998-05	183
10.2	Insulation monitoring devices según IEC 60364-5-53 ed. 3.1:2002-06	184
10.3	Equipos de vigilancia del aislamiento según DIN VDE 0100-530/A1	186
10.4	Aparatos de vigilancia del aislamiento según la norma americana ASTM F 1207-89	187
10.5	Aparatos de vigilancia del aislamiento según la norma americana ASTM F 1134-88	187
10.6	Aparatos de vigilancia del aislamiento según la norma americana ASTM F 1669M-96	187
10.7	Diferencia entre aparatos de vigilancia del aislamiento y aparatos de vigilancia de corriente diferencial según IEC SC 23E	188
10.8	Dispositivos para detección de fallos de aislamiento en sistemas IT	189
11	Realización metrológica de aparatos de vigilancia del aislamiento y de vigilantes de cortocircuito a tierra	193

11.1	Vigilancia del aislamiento en sistemas IT de corriente alterna o de corriente trifásica	193
11.1.1	Medición de fallos de aislamiento óhmicos	193
11.1.2	Medición de la impedancia de derivación	196
11.2	Redes de tensión alterna con rectificadores o tiristores conectados directamente	197
11.2.1	Procedimiento de medida con etapa de inversión	197
11.2.2	Procedimiento de medida mediante superposición de impulsos	199
11.3	Redes de tensión continua	201
11.3.1	Procedimiento de medida de asimetría	201
11.3.2	Procedimiento de medida mediante superposición de impulsos	203
11.4	Procedimiento de medida de aplicación universal en sistemas IT de tensión alterna y continua	204
11.4.1	Procedimiento de medida AMP controlado por microcontrolador para empleo universal en sistemas IT de tensión alterna y continua	205
11.4.2	Procedimiento de medida de código de frecuencia controlado por microcontrolador para sistemas IT con influencia extrema de perturbaciones	206
11.5	Dispositivo de detección y búsqueda de fallos de aislamiento en sistemas IT de tensión alterna y continua	208
11.5.1	Disposiciones y normas para la búsqueda de fallos de aislamiento	209
11.5.2	Dispositivos fijos de búsqueda de fallos de aislamiento para sistemas IT de tensión continua	210
11.5.3	Dispositivos de búsqueda de fallos de aislamiento para sistemas IT de tensión alterna y continua	211
11.5.4	Dispositivos portátiles de búsqueda de fallos de aislamiento para sistemas IT de tensión alterna, corriente trifásica y tensión continua	214
11.6	Resumen final	215
12	Elección de los valores de respuesta para los aparatos de vigilancia del aislamiento	217
12.1	Ajuste del valor de respuesta para valores óhmicos de aislamiento	217
12.2	Ajuste del valor de respuesta en circuitos auxiliares de corriente	221
12.3	Tiempo de respuesta de los aparatos de vigilancia del aislamiento	222
13	Definiciones de la vigilancia del aislamiento	225
13.1	Definiciones según IEC 61557-8:1997-02	225
14	Física de los sistemas IT	231
14.1	Corrientes de derivación en sistemas IT	231
14.1.1	Cálculo de las corrientes de derivación en sistemas IT	232

14.1.2	Determinación de las capacidades de derivación en una red desconectada	233
14.1.3	Determinación de las capacidades de derivación durante el funcionamiento	234
14.2	Relación de tensión en sistemas IT de tensión alterna	235
14.3	Sobretensiones en sistemas IT de tensión alterna y trifásica	237
14.3.1	Fuentes de las sobretensiones	238
14.3.2	Procesos de compensación en un fallo de aislamiento unipolar ...	239
14.3.3	Elevaciones estacionarias de la tensión	240
14.3.4	Derivación a tierra intermitente	241
14.3.5	Fallos de aislamiento en el sistema de alimentación	242
14.3.6	Conexión de inductancias	242
14.3.7	Conexión de conductores y condensadores	242
14.3.8	Resonancias y armónicos superiores	243
14.3.9	Sobreelevaciones de la tensión en caso de desconexión por cortocircuito	243
14.4	El sistema IT y el segundo fallo	244
14.4.1	Posibilidades de fallos en un sistema IT de tensión alterna	246
15	Lo que debe saberse sobre sistemas IT	249
15.1	La historia de la red de suministro de corriente aislada de tierra ...	249
15.2	La historia del sistema de conductor de protección y de la vigilancia del aislamiento	257
15.3	Utilización, a nivel mundial, de sistemas IT aislados de tierra con vigilancia del aislamiento	267
15.3.1	Sistemas IT en Francia	267
15.3.1.1	Clasificación de las normas	267
15.3.1.2	Peculiaridades técnicas	268
15.3.2	Sistemas IT en el Reino Unido	269
15.3.3	Sistemas IT en la República Checa	269
15.3.4	Sistema IT en Bulgaria	270
15.3.5	Sistemas IT en Dinamarca	271
15.3.6	Sistemas IT en los Estados Unidos de América	271
15.3.7	Sistemas IT en Hungría	272
15.3.8	Sistemas IT en Bélgica	273
15.4	Primeras normas de aparatos para la vigilancia del aislamiento ...	274
15.4.1	Aparatos de vigilancia del aislamiento para vigilancia de redes de tensión alterna según DIN VDE 0413 parte 2	274
15.4.2	Aparatos de vigilancia del aislamiento para redes de tensión continua con circuitos de corriente alterna unidos galvánicamente o redes de tensión continua según VDE 0413 parte 8	274
15.4.3	Aparatos de vigilancia del aislamiento según la norma francesa UTE C 63-080/10.90	275

15.5	Sistemas IT y la vigilancia del aislamiento en recintos de uso médico según DIN VDE 0107 – Resumen histórico	275
16	Disposiciones y textos de normas sobre el sistema IT	281
17	Normas de Referencia	301
18	Abreviaturas utilizadas	309
19	Indice de figuras	311
20	Indice de términos técnicos	317