

労働安全衛生総合研究所技術指針

TECHNICAL RECOMMENDATIONS
OF THE NATIONAL INSTITUTE
OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

JNIOOSH-TR-46-6:2025

工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2025)

第6編 本質安全防爆構造 “i”

(対応国際規格 IEC 60079-11:2023)

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”



工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）改正委員会

本 委 員 会

委 員 長	土橋 律	東京理科大学
副 委 員 長	野田 和俊	立命館大学
委 員	石川 静	一般社団法人日本電機工業会
〃	中嶋 信二	一般社団法人日本電気計測器工業会(新コスモス電機株式会社)
〃	上野 泰史	IDEC 株式会社
〃	菱田 徹	星和電機株式会社
〃	田弘 伸輔	一般社団法人日本電気協会
〃	田部井 亮太	一般財団法人日本海事協会
〃	郡司 利幸	ENEOS 株式会社
〃	胡摩崎 由治	三菱ケミカル株式会社
〃	原田 大	横河電機株式会社
〃	山口 祐市	DEKRA サーティフィケーション・ジャパン株式会社
〃	堀尾 康明	DEKRA サーティフィケーション・ジャパン株式会社
〃	山隈 瑞樹	公益社団法人産業安全技術協会
〃	小金 実成	公益社団法人産業安全技術協会
行政参加者	牧 宣彰	厚生労働省
事 務 局	大塚 輝人	独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
〃	遠藤 雄大	独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所

第 3 分科会（第 6 編，第 7 編担当）

主 査	堀尾 康明	DEKRA サーティフィケーション・ジャパン株式会社
幹 事	久保 卓郎	公益社団法人産業安全技術協会
委 員	武藤 雅彰	株式会社中村電機製作所
〃	北村 正英	理研計器株式会社
〃	佐藤 英徳	公益社団法人産業安全技術協会

目 次

第 6 編 本質安全防爆構造 “I”	1
1 適用範囲	1
2 引用文書	8
3 用語，定義及び略語	9
3.1 用語及び定義	9
3.2 略語（abbreviated terms）	13
4 機器のグループ，等級及び保護レベル	14
5 点火適合性に対する要求事項	14
5.1 一般事項	14
5.2 評価のための条件	15
5.2.1 一般事項	15
5.2.2 保護レベル“ia”	16
5.2.3 保護レベル“ib”	16
5.2.4 保護レベル“ic”	16
5.2.5 感電の危険を生じない機器又はシステム	17
5.3 火花点火の適合性	18
5.3.1 一般事項	18
5.3.2 保護レベル“ia”及び“ib”	19
5.3.3 保護レベル“ic”	19
5.3.4 安全率の適用	19
5.3.5 被制御半導体による制限をもたない回路	20
5.3.6 被制御半導体による制限をもつ回路	20
5.4 熱発火の適合性	21
5.4.1 一般事項	21
5.4.2 グループ I 及び II の小形部品に対する温度	21
5.4.3 グループ I 及び II の本安機器内の配線	22
5.4.4 グループ I 及び II のプリント基板のトラック	23
5.4.5 粉じんに対する本安機器及びコンポーネント温度	25
5.5 単純機器	26
6 機器の構造	27
6.1 一般事項	27
6.2 容器	27
6.2.1 一般事項	27
6.2.2 表 7 に従う機器	28
6.2.3 表 8 又は表 9 に従う機器	28

6.2.4	グループ IIIC 本安機器の容器	28
6.2.5	離隔部の保護	28
6.3	外部回路の接続端子部	29
6.3.1	端子	29
6.3.2	接地端子	32
6.3.3	プラグ及びソケット	32
6.3.4	恒久的に接続するケーブル	32
6.3.5	非危険場所で使用する本安機器の接続部及びその附属品	32
6.4	内部接続部及びコネクタ	34
6.4.1	一般事項	34
6.4.2	故障しない接続部	34
6.4.3	内部接続用コネクタ、プラグインカード用コネクタ及びコンポーネント用コネクタ	36
6.4.4	接地導体及び接続部	36
6.5	導電性部分の離隔	37
6.5.1	本質安全防爆構造が依存する離隔	37
6.5.2	表 7 による離隔距離	37
6.5.3	軽減した離隔距離	37
6.5.4	離隔の故障（機能失敗）	38
6.5.5	導電性部分の間の電圧	44
6.5.6	離隔のタイプ	44
6.5.7	複合離隔距離	51
6.5.8	プリント基板集成体	52
6.5.9	金属部品による離隔	54
6.5.10	非金属製絶縁離隔板による離隔	54
6.5.11	内部配線の絶縁	54
6.6	樹脂充填	55
6.6.1	一般事項	55
6.6.2	爆発性雰囲気遮断のために用いる樹脂充填	56
6.6.3	部分（parts）にアクセスを回避するための機械的保護	59
6.6.4	ヒューズの保護のために用いる樹脂充填	60
6.6.5	離隔のための樹脂充填	60
6.6.6	保護コンポーネントの定格を向上させるために用いる樹脂充填	60
6.6.7	樹脂充填部内の自由空間	60
6.7	コーティング、樹脂充填材料の仕様	61
6.8	逆接続に対する保護	62
6.9	耐電圧に関する要求事項	62
7	コンポーネント及び集成体の特性及び故障（機能失敗）	62

7.1	本質安全防爆構造が依存するコンポーネントの定格	62
7.2	コンポーネントの故障（機能失敗）	63
7.3	製造上のバリエーション（差異）	63
7.4	抵抗器	63
7.4.1	一般事項.....	63
7.4.2	本質安全防爆構造が依存する抵抗器.....	63
7.5	コンデンサ	65
7.5.1	一般事項.....	65
7.5.2	本質安全防爆構造が依存するコンデンサ	65
7.5.3	ブロッキングコンデンサ	65
7.5.4	故障しないフィルタコンデンサ	66
7.6	インダクタ及び巻線.....	66
7.6.1	一般事項.....	66
7.6.2	本質安全防爆構造が依存するインダクタ	66
7.6.3	故障しないように絶縁したインダクタ	67
7.6.4	制動巻線.....	67
7.6.5	コモンモードチョークコイル（EMI 除去フィルタ）	67
7.7	半導体	68
7.7.1	半導体の故障（機能失敗）	68
7.7.2	本質安全防爆構造が依存する半導体.....	69
7.7.3	本質安全防爆構造が依存する半導体の過渡的影響.....	69
7.7.4	シャント電圧制限の半導体	70
7.7.5	本質安全防爆構造が依存するシャント集成体	70
7.7.6	電圧制限の故障（機能失敗）に対する故障しない安全集成体	70
7.7.7	半導体電流制限.....	71
7.7.8	プログラマブルコンポーネントの使用	71
7.8	変圧器	71
7.8.1	一般事項.....	71
7.8.2	本質安全防爆構造が依存する変圧器.....	72
7.8.3	本質安全防爆構造が依存する変圧器構造	72
7.8.4	本質安全防爆構造が依存する変圧器の保護方法—保護レベル“ia”及び“ib”	73
7.8.5	保護レベル“ic”の変圧器に対する要求事項	74
7.9	リレー	74
7.9.1	一般事項.....	74
7.9.2	本質安全防爆構造が依存するリレー	74
7.10	信号アイソレータ	75
7.10.1	一般事項.....	75

7.10.2	本質安全防爆構造が依存する信号アイソレータ	76
7.10.3	本安回路と非本安回路との間の信号アイソレータ	76
7.10.4	本安回路の間の信号アイソレータ	77
7.11	ヒューズ	77
7.12	一次及び二次セル並びに一次及び二次バッテリー	78
7.12.1	一般事項	78
7.12.2	本安機器で使用するセル及びバッテリーの構造	79
7.12.3	電解液の漏れ	79
7.12.4	換気	80
7.12.5	セルの電圧	80
7.12.6	他の防爆構造で保護した機器のバッテリー	80
7.12.7	爆発性雰囲気中で使用及び交換するバッテリー	81
7.12.8	爆発性雰囲気中で使用するが交換しない交換可能バッテリー	81
7.12.9	バッテリー充電用の外部接点	81
7.13	圧電デバイス	81
7.14	ガス検知用セル	81
7.14.1	電気化学セル	81
7.14.2	触媒センサ	81
7.15	スーパーキャパシタ	82
7.16	サーマルデバイス	82
7.16.1	一般事項	82
7.16.2	温度制限に用いるサーマルデバイス	82
7.16.3	電流制限に用いる PPTC デバイス	84
7.17	機械的スイッチ	84
8	特定の機器に対する補足要求事項	84
8.1	ダイオード形安全保持器	84
8.1.1	一般事項	84
8.1.2	構造	84
8.2	FISCO 機器	85
9	型式検証及び型式試験	85
9.1	火花点火試験	85
9.1.1	一般事項	85
9.1.2	火花点火試験装置及びその使用方法	85
9.1.3	試験用混合ガス及び火花点火試験装置の校正電流	86
9.2	基準曲線及び表を用いる火花点火の評価	87
9.2.1	一般事項	87
9.2.2	単純な抵抗性回路の評価	87

9.2.3	単純な容量性回路の評価	88
9.2.4	単純な誘導性回路の評価	91
9.2.5	抵抗制限電源に対する外部インダクタンス・抵抗比 (L_0/R_0) の決定	91
9.2.6	インダクタンス及び静電容量の両方をもつ回路.....	92
9.3	温度試験.....	93
9.4	機械的試験.....	94
9.4.1	樹脂充填部.....	94
9.4.2	樹脂充填又はコーティングしたヒューズの適合性.....	94
9.4.3	隔離板	94
9.4.4	ケーブル引張試験.....	94
9.5	プリント基板の故障しない接続部の電流容量	94
9.6	耐電圧試験.....	94
9.7	軽減した離隔距離の適用のための固体絶縁及び充填コンパウンドを介した距離の品質保証	95
9.7.1	一般事項.....	95
9.7.2	前処理	95
9.7.3	交流電力周波電圧試験	96
9.7.4	部分放電試験.....	96
9.8	PCB コーティングの型式試験.....	97
9.9	信号アイソレータの差動漏れ電流試験.....	97
9.10	アイソレータの試験.....	98
9.10.1	一般事項.....	98
9.10.2	熱処理及び耐電圧試験	98
9.10.3	耐電圧試験及び短絡試験	99
9.11	圧電デバイスを内蔵する本安機器の試験	100
9.12	PTC デバイスの試験	100
9.13	仕様が明確でないコンポーネントのパラメータの決定	100
9.14	セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの試験.....	101
9.14.1	試験条件.....	101
9.14.2	セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの電解液漏れ試験	102
9.14.3	セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの火花点火及び表面温度.....	103
9.14.4	バッテリー容器の圧力試験	104
9.14.5	バッテリー抵抗.....	105
9.15	コモンモードチョークの蓄積エネルギーの決定.....	105
9.16	時間依存性の電流制限によって保護されたコンポーネントの型式試験.....	106
9.17	変圧器の試験	107
9.17.1	一般事項.....	107
9.17.2	保護レベル“ia”及び“ib”の主電源変圧器	108

9.17.3	主電源からガルバニック絶縁された保護レベル“ia”及び“ib”の変圧器	108
9.17.4	保護レベル“ic”の変圧器	109
10	ルーチン試験及び検証	109
10.1	代替の軽減した離隔距離	109
10.2	ダイオード形安全保持器のルーチン試験	109
10.2.1	安全保持器の完成品	109
10.2.2	2ダイオード形“ia”安全保持器用ダイオード	109
10.3	変圧器のルーチン試験	109
10.3.1	保護レベル“ia”及び“ib”	109
10.3.2	保護レベル“ic”	110
10.4	コンフォーマルコーティング及び樹脂充填のルーチン試験	110
11	表示	111
11.1	本安機器及び本安関連機器	111
11.1.1	一般事項	111
11.1.2	本安パラメータ	111
11.1.3	FISCO	111
11.1.4	接続端子部の表示	111
11.1.5	非危険場所用の附属品	112
11.2	警告表示	112
12	取扱説明書	112
12.1	一般事項	112
12.2	特定の使用条件	113
附属書 A		114
附属書 B		133
B.1	原理	133
B.2	火花点火試験装置	133
B.3	火花点火試験装置の感度	134
B.4	タングステン線の準備及び清掃	134
B.5	新品のカドニウム円板の前処理	134
B.6	火花点火試験装置の制限事項	135
B.7	大電流で使用するための火花点火試験装置の修正	135
附属書 C		141
C.1	絶縁空間距離、充填物離隔距離及び固体離隔距離	141
C.2	沿面距離	142
C.3	大気圧補正係数の適用例	143
附属書 D		146
D.1	概要	146

D.2	回路構成	147
D.3	試験機器	148
D.4	試験用負荷.....	148
D.5	電源電圧	149
D.6	電源変動試験.....	149
D.7	負荷変動試験.....	149
D.8	過渡エネルギーの計算	150
附属書 E	.....	152
E.1	概要.....	152
E.2	機器の要求事項	152
E.3	FISCO フィールドデバイス	153
附属書 F	.....	156
F.1	概要	156
F.2	初期試験	156
F.3	後続試験	156
F.4	合格及び不合格の例示	157
附属書 G	.....	163
	一般的な出力特性	163
G.1	概要	163
G.2	線形ソース.....	163
G.3	非線形ソース.....	163
G.4	曲線	164
附属書 H	.....	175
H.1	概要	175
H.2	独立した本安機器.....	175
H.3	他の本安回路から電源供給される本安機器	175
H.4	本安関連機器.....	175
H.5	耐圧防爆容器によって保護した本安関連機器	175
H.6	保護レベル“ic”の本安機器	176
H.7	“ia”の出力をもつ保護レベル“ib”の本安機器.....	176
H.8	FISCO	176
附属書 I	.....	178
文献	.....	180

前版からの主な変更点

前版（JNIOOSH-TR-46-6:2015）からの主な変更点は次のとおり。

変更部分の説明	箇条	変更の種類		
		軽微又は編集上の変更	拡張	大きな技術的変更
節の入れ換えを含む編集上の変更がきわめて多数ある。数が多すぎるのでこの表には記載しない。	全て	✓		
グループ IIC 又はグループ IIB+H ₂ に対する触媒エレメントの保護は、この編の適用範囲から除外した。	1 7.14.2			C2
要求事項の拡張。大気圧を 60 kPa に低下。	1 6.5.6.1		B1	
表 1 において、第 1 編（総則）の箇条 14 を「適用」に変更。これは、技術的要求には影響しない。	2	✓		
いくつかの定義を削除。これらは第 1 編（総則）に記載されている。（箇条番号は、前版のもの） 3.2 コーティング 3.3 コンフォーマルコーティング 3.7.1 数えられる故障 3.7.3 数えられない故障 3.18 繰返しピーク電圧 3.20 樹脂充填 3.21 キャスティング 3.23 ガルバニック絶縁	3	✓		
いくつかの定義を削除。これらはもはや必要とは考えられない。（箇条番号は、前版のもの） 3.7.2 故障 3.10.3 故障を生じない隔離	3	✓		
ダイオード形安全保持器は、ガルバニック絶縁機能のあるデバイスを指さない。	3.1.7 7.7.5		✓	
本安パラメータ及び U_m として指定された値を超える短い過渡現象が生じることがあるが、これらを考慮に入れる必要はない。	3.1.12 7.7.3	✓		
新しい定義—火花点火試験装置	3.1.14	✓		
新しい定義—電気化学キャパシタ	3.1.15		✓	
新しい定義—過渡定格	3.1.16.1		✓	
新しい定義—過渡エネルギー（以前は、通過エネルギー（let-through energy））	3.1.16.2	✓		
新しい定義—非危険場所用の附属品	3.1.17	✓		
産業規格へ適合していることの検証は、この編の要求事項ではないことを明記。	5.1	✓		
追加された評価の条件を明記。	5.2.1	✓		
使用時到達温度の適用についてを明記。	5.2.1 (g)			C1
保護レベル“ia”及び“ib”の要求事項は、常に保護レベル“ic”には十分であるという文章の追加	5.2.2		✓	
保護レベル“ic”に対しては、故障は火花点火の評価及び U_o , I_o , L_i , G_i 及び L_i/R_i の決定のときだけ考慮する。短絡故障及びその後のコンポーネントの故障の発生は、現版では、数えられない故障に含まれる。	5.2.4 6.5.4.3 6.5.4.4 6.5.4.5			C3
保護レベル“ic”に対しては、本質安全防爆構造が依存するコンポーネントのタイプは限定される。	5.2.4		✓	
U_m の宣言のため、感電ハザードを生じない機器又はシステム（例えば、SELV/PELV）に対する要求事項を明記。	5.2.5 12.1 c)	A1		

火花点火の評価を適用するか、適用しないかを明記。	5.3.1	✓		
火花点火の評価を代表的な回路に対して課すことを明記。	5.3.1 9.1.1	✓		
通常の周囲環境における火花点火の評価は、使用時到達温度 -60 °C ~ 100 °C に適する。	5.3.1		✓	
主電源装置の火花点火試験は、主電源の通常電圧の 110 % ではなく U_m で行う。	5.3.4.2 d)	✓		
火花点火の評価に対するオプションとして、附属書 G を追加。	5.3.4.1 5.3.4.2 9.2.6 c) 附属書 G		✓	
被制御半導体による制限をもつ回路に対する要求事項を明記。被制御半導体による制限をもつ回路に対する定常状態及び過渡状態での火花点火の適合性を考慮する必要性を含む。	5.3.6 附属書 D			C4
グループ I 及び II に拡張された熱発火評価のため、第 1 編（総則）に規定する電圧に対する 10 % の安全マージンを除外。	5.4.1		✓	
プリント基板上のトラックに対する T4 についての 1.3 W 制限は、現版では、周囲温度 40 °C のときだけに適用する。	5.4.1			C5
第 1 編（総則）の温度試験に対して要求する 5 K 及び 10 K のマージンは、現版では保護レベル“ic”に適用する。	5.4.2			C6
電線の熱的評価のための式を修正。	5.4.3			C7
爆発性雰囲気にさらされるプリント基板のトラック配線だけが温度等級を要求することの明瞭化。	5.4.4	✓		
注記を追加し、プリント基板のトラック配線の温度上昇を決定するための得られるデータの例を明示（出典：IPC-2221 及び IPC-2152）	5.4.4	✓		
どの寸法が製造上の公差（トラック幅、基板厚さ及び導体厚さ）によって減少できるかを明瞭化。	5.4.4	✓		
基板厚さ、層の数、銅の厚さ、コンポーネント下のトラック及び周囲温度に対する減少率（reduction factor）を導入することによる表 4 の使い方の明瞭化。	5.4.4		✓	
許容される電流、トラック幅、トラック厚さ、周囲温度及び基板厚さの線形内挿を許容することを追加。	5.4.4		✓	
表 4 の外挿を禁止。	5.4.4			C1
産業規格を反映し、表 4 を適用するデフォルトの基板厚さを 1.6 mm から 1.55 mm へ短縮。	5.4.4		✓	
コンポーネント下のトラックの低減係数を、コンポーネント下のトラックの部分が 10 mm を超える場合だけに適用することを明瞭化。	5.4.4		✓	
グループ III に対する熱発火の適合性のための 1.3 W の限界値の使用をグループ I を含むものに拡張。	5.4.5		✓	
表 4 の使用に当たり、基板厚さ、銅厚さ及び周囲温度係数を拡張	5.4.4		✓	
グループ I 及び II に合わせて、グループ IIIA 及び IIIB にも容器の要求事項を追加。	6.2.1		✓	
第 1 編（総則）の容器の要求事項を、表 7（前版では表 5）による IP5X の性能をもつ容器に対する離隔距離を用いてグループ IIIC 用機器に適用することを明記。	6.2.4 a)1)			C1
軽減した離隔距離の使用が IP54 の性能をもつ容器に依存するとき、特定の使用条件の要求事項を追加。	6.2.5.1			C8
プラグ及びソケットは、軽減した離隔距離の要求事項に従うことが可能。	6.3.3		✓	
バッテリーの充電接続部を火花点火保護するための容器の使用（前版の 7.4.9）を、全ての非危険場所の外部配線接続端子部を含むものに拡張	6.3.5.2		✓	

非危険場所の外部配線接続端子部から認証書に列挙された附属品までの接続のための U_m を定義する必要がなくなった。ただし、附属品は適切に表示が付けられ、かつ、取扱説明書に列挙されていること。	6.3.5.3 11.1.5 12.1 j)		✓	
この編に従って、非危険場所の附属品を評価する必要がなくなった。	6.3.5.3		✓	
セル及びバッテリーを非危険場所で充電することは、その製造者及び第 1 編（総則）が指定する制限内でなければならないあることを明記。	6.3.5.3	✓		
導体、コネクタ及びプリント基板のトラックは、それらの故障（機能失敗）を数えられる故障とするためには、適切な定格をもたなければならない。	6.4.1			C9
回路が、コネクタを外した後も本質安全性を保持することを、要求事項として規定。	6.4.1			C1
故障しない接続部が、故障による接続の外れの後も電流を流し続けることができることが要求事項となった。	6.4.2.2 6.4.2.3			C10
二つの 1 mm 幅のトラックで達成される故障しないプリント基板接続に、銅の厚さの要求事項を追加。	6.4.2.4			C11
故障しないプリント基板接続部のオプションを拡大。	6.4.2.4		B2	
第 5 編（安全増防爆構造）の保護レベル“eb”に従う接続部が、故障しないとみなすことができることを明記。	6.4.2.5	✓		
次のことを明記。 コンポーネントの製造者が指定している場合を除き、コンポーネント実装の絶縁には信頼性がない。ただし、コンポーネント製造者の推奨事項と同様である場合、はんだパッドへの短絡を除く。	6.5.1	✓		
前版の附属書 F に規定されていた代替の空間距離の要求事項が、この編の本体に移動された。		A2		
表 8（軽減した離隔距離）を用いたとき、特定の使用条件は、過電圧カテゴリ（OVC）I/II だけに要求する。	6.5.3.2		✓	
表 8（軽減した離隔距離）中の耐電圧性能の要求事項を明瞭化。	6.5.3.2			C12
表 9（保護レベル“ic”に対する軽減した離隔距離少）を用いるとき、主電源に対して OVC III を必要とするときには特定の使用条件を要求する。	6.5.3.2			C13
表 8（軽減した離隔距離）は、前版の表 F.1 を元に行っているが、追加の要求事項を含む。	6.5.3.2		✓	
表 8（軽減した離隔距離）を用いるとき、ルーチン試験は、最も厳しい周囲温度では行う必要がなくなった。	6.5.3.2		✓	
表 9（保護レベル“ic”に対する軽減した離隔距離）は、前版の表 F.2 を元に行っているが、追加の要求事項を含む。	6.5.3.3		✓	
外部配線接続端子部をばく露するとき、故障しない離隔のため、オプションを追加。	6.5.4.2		✓	
離隔の表で、電圧には非反復性過渡現象を含む必要がないことを明瞭化。	表 7 表 8 表 9	✓		
軽減した離隔の表を用いるときに要求する型式試験及びルーチン試験の決定。	表 8 6.5.6.2 6.5.6.3 6.5.6.5 9.7			C14
離隔距離のオプションを追加。	表 8 表 9		✓	
充填物及び固体絶縁材を介した離隔の全てに対し、耐電圧試験を要求しないこととした。	6.5.6.2 6.5.6.3		✓	

比較トラッキング指数 (CTI) が未知のときは CTI 値が 100 であるものとすることができ、また、材料の中にはトラッキングしないものとみなされるものがある。	6.5.6.4		✓	
沿面距離の評価のための要求事項を拡張し、かつ、明瞭化。	6.5.6.4		✓	
スプレーによるとき、コンフォーマルコーティングを 2 層設けることは要求しないこととなった。	6.5.6.5		✓	
複合隔離距離の考え方が、軽減した距離の表に拡張された。	6.5.7		✓	
隔離に用いられる金属部分は、接地を要しない。	6.5.9		✓	
フレーム又は接地に接続される金属部分が二つの回路を隔離するために用いられる場合、特定の使用条件が必要となった。	6.5.9.1			C15
金属部分による隔離は、故障しない接続部を必要とすることを明記。	6.5.9.1			C1
保護レベル“ic”のための非金属の絶縁隔離板に対する要求事項を緩和。	6.5.10		✓	
個別の本安回路の内部配線間の絶縁に対する要求事項を追加。	6.5.11.3		✓	
樹脂充填の目的に従って、樹脂充填の要求事項が分割され、かつ、拡張された。	6.6		✓	
樹脂充填のルーチン検証を追加。	6.6.1 10.4			C16
通常運転中、樹脂充填に指定された COT を超えてはならない。COT を超える温度のためのコンパウンドに対する損傷に関する要求事項がより厳格となった。	6.6.1 a)			C17
コンポーネントの内部以外の樹脂充填内における自由空間は許容される。	6.6.1 6.6.7		✓	
コーティング、樹脂充填及びモルディング用の材料の仕様に対する要求事項。	6.7			C18
逆接続に対する保護に用いるコンポーネントは、7.1 に従って定格を決める。	6.8			C1
電圧、電流及び電力の三つの全てに対して 2/3 の定格が保護レベル“ia”及び“ib”には適用しないという環境が存在することを明記した。	7.1	✓		
保護レベル“ic”に対しては、電力定格には、故障の適用に際し 1.5 の安全率を要求しない。	7.1		✓	
保護レベル“ic”のコンポーネントは、故障の適用に際し、製造者の定格の範囲内で使用しない場合、故障するとみなす。	7.2			C19
製造上のばらつきの適用の明記を追加。	7.3	✓		
列挙した抵抗器（フィルム、巻線及びプリント）ではないタイプの抵抗器は、数えられる故障として故障すると、自身の温度を制限するとみなすことはできない。	7.4.2			C20
安全率を適用する電圧定格は、抵抗器のシリーズの定格であり、抵抗を基にしたものではないことを明瞭化。	7.4.2	✓		
スーパーキャパシタに直列に接続した抵抗器の電力定格を明記。	7.4.2	✓		
ヒューズ、電球のフィラメント又は赤外線光源のコールドレジスタンス、周囲温度ではなく、使用時到達温度で評価する。	7.4.2			C21
赤外線センサのフィラメントは、制限用抵抗器として使用することができる。	7.4.2		✓	
コンデンサの自己発熱は考慮してなくてもよいことを明記。	7.5.1		✓	
表 7 及び表 9 を用いるとき、ブロッキングコンデンサを 2 個直列接続する配列では、各コンデンサ間の隔離は、故障しない隔離の半分だけでよい（これは、表 8 で既に許容されていた）。	7.5.3		✓	

インダクタ及び変圧器の故障モードを明記。	7.6.1 7.8.1	✓		
IEC 60317 の引用を更新。	7.6.3	✓		
コモンモードチョークの漏れインダクタンスだけ、又はコイル 1 個だけのインダクタンスを考慮することを許容するコモンモードチョークの要求事項及び試験を追加。	7.6.5 9.15		✓	
半導体の評価は、故障率を基に行うことはできないことを明記。	7.7.1			C1
集積回路で生成された昇圧電圧が他の接続されたピンに現れることを考慮する必要は無い。	7.7.1 c)		✓	
故障して最大電力を消費するとみなされることを回避するため、複雑ではない半導体の許容を追加。	7.7.1.d) 2)		✓	
半導体の過渡定格は、電流制限によって生じる過渡現象だけに適用する。	7.7.3		✓	
本質安全防爆構造が依存する半導体の過渡電力定格の評価を行うとき、安全率 1.0 が要求されることを明記。	7.7.3	✓		
保護レベル“ic”に対しては、半導体の過渡定格はダイオード形安全保持器についてだけ必要である。	7.7.3		✓	
二個のダイオードが保護レベル“ia”の安全シャントに用いられている場合、ダイオード一個だけの故障（機能失敗）は、単一シャント経路の故障（機能失敗）に拡張する。このことは、ダイオードから基準電圧（例えば、接地）までのトラッキングは、故障しないものである必要はないことを意味する。	7.7.6		✓	
被制御半導体による電流制限は、保護レベル“ia”に対して許容される。	7.7.7		✓	
プログラマブルコンポーネントに対する要求事項を明記。	7.7.8			C1
変圧器は、その巻線比によって定義される値を超えて、電圧又は電流を増加させるとみなす必要はない。	7.8.1	✓		
表 17 に 10 A の列を追加。	7.8.3		✓	
箔／スクリーンの厚さに 10 A の列を追加。	7.8.3		✓	
主電源の変圧器に対する要求事項には、主電源からガバナック絶縁されていない、いかなる変圧器も含まれることを明記。	7.8.4.1			C1
主電源からガバナック絶縁されている変圧器に対する要求事項を軽減。	7.8.4.2		✓	
保護レベル“ic”の変圧器に対する要求事項を明記。	7.8.5 9.17.4	✓		
保護レベル“ic”の変圧器に対する要求事項を追加。	7.8.5			C22
リレーの定格に関する要求事項を明記。	7.9.2	✓		
コイルとリレーの接点との間の数えられる故障としての分離は許容されない。	7.9.2 a)			C23
IEC 61810-1 に従うため、内部の軽減した分離処理に依拠するリレーのオプションの追加。	7.9.2		✓	
保護レベル“ic”で使用するリレーは、適用する産業規格だけに従えばよい。	7.9.2		✓	
第 11 編（光放射を用いる機器及び伝送システムの保護“op”）は、自己完結形のフォトカプラには適用しない。	7.10.1	✓		
非光学的信号アイソレータに対するオプションを追加。	7.10.2		✓	
単独のヒューズで十分であることを明瞭化。	7.11	✓		
ヒューズのコールドレジスタンスは、遮断電流の制限に用いることができないことを明記。	7.11			C1
保護レベル“ic”で使用するヒューズは、その開放が予期される場合、点火リスクを有するものと考えなければならない。	7.11			C24

U_m に接続したヒューズの遮断容量は、最大推定電流が取扱説明書に記述されている場合、1500 A 未満でもよいことを明記。	7.11 12.1 j)			C25
爆発する可能性のあるセルは、これが特定の機器の内部で安全に使用できるという、セルの製造者からの宣言は必要ではなくなった。	7.12.1		✓	
セルに対しては、温度上昇及び電解液の漏れを考慮することが望ましいことを明記。	7.12.1			C1
単体セルの短絡は、数えられない故障とみなすことを明記。	7.12.2			C1
水素の濃度の証明は、バッテリーの製造者ではなく、機器の製造者から入手できる。	7.12.4		✓	
密封形セル及びバッテリーの容器に対する、9.14.4 の圧力試験は不要となった。	7.12.4		✓	
セルの電圧の決定方法を明記。	7.12.5	✓		
これらの要求事項が交換可能なバッテリーだけに適用されることを明瞭化。	7.12.8	✓		
水晶振動子は圧電デバイスの要求事項から除外し、保護レベル“ic”に対する要求事項を拡張。	7.13		✓	
触媒センサの熱的評価は、触媒反応による加熱を考慮しなければならないことを明瞭化。	7.14.2			C1
スーパーキャパシタは、限定的な容量をもつが、それ自身の電圧を制限する能力はもたないバッテリーとして取り扱わなければならないことを明記。	7.15 9.14			C26
PTC を含む、サーマルデバイスに対する要求事項及び試験を追加。	7.16 9.12			C27
メカニカルスイッチには熱発火評価を要求しないことを明記。	7.17	✓		
ダイオード形安全保持器内の保護ダイオードは、ヒューズ又は抵抗器によって保護し、被制御半導体による制限で保護してはならないことを明記。	8.1.1	✓		
ダイオード形安全保持器の接地端子部に対する追加オプション。	8.1.2.2		✓	
試験条件が5.2に示されているように、火花点火試験装置を適用するとき、主電源の供給電圧の 110 %を用いるという要求事項を削除。	9.1.1		✓	
(容量性回路だけでなく) 全ての回路は、火花試験中、適用する際は回復時間を要することを明瞭化。	9.1.2	✓		
電極を取り外しても試験回路を十分に復帰させられないとき、火花点火試験装置の速度低下を許容することを追加。	9.1.2		✓	
火花試験中、インダクタの抵抗に対する温度の影響を考慮しなければならないことを明瞭化。	9.1.2			C1
予期しない故障(機能失敗)がある場合、火花点火試験装置の感度を点検してもよいことを明瞭化。	9.1.2	✓		
火花点火試験装置の校正のための最小点火電流を追加。	9.1.3	✓		
抵抗による有効静電容量を低減するための数式のオプションを追加。	9.2.3.3		✓	
インダクタンス及び静電容量の組合せの検討が、外部配線接続端子部だけでなく、機器の内部に対しても必要であることを明記。	9.2.6	✓		
インダクタンス及び静電容量の組合せにおいて安全率が維持されていることを示す評価が許容される。.	9.2.6 b)		✓	
パラメータを、集中定数のインダクタンス及び静電容量の組合せに対して指定する場合、このことは、認証書又は文書に記載しなければならない。	9.2.6	✓		

保護レベル“ic”に対しては、充填物及び隔離板に対する 30 N 試験は適用しない。	9.4.1 9.4.3		✓	
樹脂充填ヒューズの水中浸漬温度は、他の試験との整合性のため、2 °C 低くされた。	9.4.2	✓		
仕様が明確ではないコンポーネントのパラメータは、周囲温度だけではなく、使用時到達温度も考慮して決定しなければならない。	9.13	✓		
フォトカプラに対する試験を明記及び修正。	9.10		✓	
圧電デバイスに対する試験は、そのサンプルが試験中に損傷を受けない限り、単独のサンプル一個だけでよいことを明瞭化。	9.11	✓		
電解液漏れ試験については、一次セルは未使用のもので、かつ、制限デバイスは外して行わなければならない。	9.14.1	✓		
試験中に放電するとき、電流は連続的でなければならないことを明瞭化。	9.14.1			C1
セル本来の機構によりその電流を制限するものは、保護レベル “ia” に用いてもよい。	9.14.1		✓	
短絡試験中に爆発又は発火するセルは、保護レベル“ia”及び“ib”に用いてはならない。	9.14.1	✓		
セル及びバッテリーに対する電解液漏れ試験及び表面温度試験の要求事項を、試験サンプル数、試験温度、及び粉じん層を伴う試験に関して修正した。	9.14.1			C28
保護レベル“ic” に対して、電解液漏れの要求事項に適合するためのオプションとして、放電するまで短絡する試験を追加。	9.14.2 a)		✓	
樹脂充填に対する漏れた電解液による損傷の代替評価を追加。	9.14.2		✓	
離隔が維持されているときは、電流制限後にバッテリーの火花点火を行ってもよい。	9.14.3.2		✓	
大きな短絡電流をもつ 4.5 V 未満の単独のリチウムセルの火花点火リスクを考慮するための要求事項を追加。	9.14.3.2			C29
単独のセルについては、温度が最高となる点を特定する必要はなく、セルの中央部の温度を測定することで十分である。	9.14.3.3		✓	
電流制限デバイスを無効にしたサンプルが入手不能な場合、保護レベル“ib”のセル及びバッテリーの熱発火の評価について、リチウムイオン充電可能セルの代替試験を追加した。このセルが電解液を漏らすことが想定される場合、7.12.3 を適用する。	9.14.3.3 b) 9.14.2		✓	
試験のため制限デバイスを取り外している場合、さらに制限デバイスを取り付けたままにしたサンプル 10 個を試験する必要はない。	9.14.3.3		✓	
保護レベル“ic”のセル又はバッテリーの熱発火への適合試験のためには、サンプル一個だけを試験すればよい。	9.14.3.3 c)		✓	
ダイオード形安全保持器及び安全シャントに対する過渡試験は、被制御半導体による電流制限を含めるように拡張した。	9.16		✓	
変圧器の耐電圧試験は、室温で行う試験であることを明瞭化。	9.17.1	✓		
主電源からガルバニック絶縁されている変圧器に対する試験要求事項の軽減。	9.17.3		✓	
異なる本安回路間にガルバニック絶縁を必要とする変圧器の巻線は、それが 500 V を超える場合、耐電圧試験は 2Uで行う。	10.3.1			C30
保護レベル“ic”の変圧器は、他に適用する産業規格がないか、又は適用する産業規格にルーチン試験の規定がない場合、ルーチン試験にかける。	10.3.2			C31

IP 記号の表示は、特定の使用条件に含まれることとなったため、要求しない。	11		✓	
容器の試験のフローチャートを追加。	附属書 I	✓		
電圧制限技術のリストを削除。	前版の 8.7.3	A3		
ハンドライト及びキャップライトに対する要求事項は、他の箇所（他の規格を含む）で取り上げられているので、これを削除。	前版の 9.3	✓		

注記 表に引用されている技術的変更には、新版における技術的変更の重要度が含まれているが、前版からの全ての変更を網羅したリストではない。

表の説明：

A) 定義

軽微及び編集上の変更

明記

技術的要求事項の軽減

軽微な技術的変更

編集上（誤記等）の修正

これらは、編集上又は軽微な技術的変更により要求事項を修正する変更である。これには、何ら技術的変更を伴うことなく技術的要求事項を明確化するための用語上の変更、又は要求レベルの低下が含まれる。

拡張

技術的オプションの追加

新しいオプションを加える方法で新しい要求事項を追加する又は要求事項を修正する変更であるが、前版に完全に適合する機器に対して要求事項を強化するものではない。したがって、前版（JNIOOSH-TR-46-6:2015）に適合している製品に対しては考慮する必要はない。

大きな技術的変更

技術的要求事項の追加

技術的要求事項の強化

前の版に適合している製品であっても必ずしも後の版の要求事項を満たすことができないような要求事項の変更（追加、レベルの強化又は削除）である。これらの変更は、前の版に適合している製品に対しては考慮しなくてはならない。これらの変更に関する更なる情報は、下の B) に記載している。

注記 これらの変更は、現時点の技術上の知見を反映したものである。ただし、これらの変更が、既に市場に投入されている機器に対して影響を及ぼすことは望ましくない。

B) 「大きな」変更の背景に関する情報

A1 U_m は、ガルバニック絶縁にまたがって印加するものである。

A2 前版の附属書 F「実装プリント基板に対する代替離隔距離及びコンポーネントの代替離隔」は、本版では本文に統合され、代替の離隔距離の表は、表 8 及び表 9 に移された。

- A3 c) のバッテリーを除く。これが、電圧制限シャントデバイスとして使用できることを示す記載はなくなった。しかし、そのような用途で使用することを変更する意図はない。
- B1 機器は、第1編（総則）で指定する既定値 80 kPa 未満の大気圧の下で使用可能であるが、80 kPa 未満で作動する本安関連機器の絶縁空間距離の増加などの追加要求事項を満たすこと。
- B2 この値は、IPC-6012Bに規定される値を基にしたものであり、許容差を考慮に入れている。
- C1 明瞭化された要求事項は、多くの場合で既に適用されていると認識されている。この変更は、これらが等しく、矛盾なく適用されることを確保するためである。
- C2 触媒センサは、電氣的刺激がなくとも水素を自然発火させることがわかっているので、本質安全防爆構造による防爆保護には適さない。
- C3 離隔の故障（機能失敗）及びその後のコンポーネントの故障（機能失敗）は、“ic”に対しては数えられない故障とみなす。これは、用語の変更だけと見込まれるが、ここで強調するのは、ある場合には評価方法を変える可能性があることである。
- C4 定常状態における最大電圧及び最大電流は、過渡現象とは異なる火花点火リスクを呈する。過渡現象はこれらの電圧又は電流のいずれかを超える場合である。したがって、定常状態と過渡現象は別々に考慮する必要がある。過渡現象に関する附属書が改定された。
- C5 電線の評価に伴う変更。
- C6 保護レベル“ic”の熱的評価は、実質的に、通常運転下で行うものであるもので、マージンは、要求される安全率と考える。
- C7 電線の温度上昇を計算するために用いる式を訂正した。
- C8 軽減した離隔距離が IP54 の容器に依存し、かつ、ケーブルグランド、ねじアダプタ及び閉止エレメントがその IP を維持するために必要である場合、これは第1編（総則）にも従う必要がある。
- C9 導体、コネクタ及びプリント基板のトラックは、それらの故障（機能失敗）を数えられる故障とするためには、適切な定格をもたなければならない。
- C10 故障しない接続部は、接続部の故障後も電流を流す能力を保持することは、新たに要求事項となった。
- C11 2本の幅 1 mm のトラックで達成する故障しないプリント基板接続には、新たに銅の厚さに対する要求事項が追加された。
- C12 軽減した離隔の安全は絶縁材料の適切な耐電圧に依存し、これは表 8 に追加されている。
- C13 表 9（保護レベル“ic”に対する軽減した離隔）を用いるとき、主電源装置に過電圧カテゴリ II/I が必要なときは、特定の使用条件が要求される。
- C14 前版は IEC 60664-1 及び IEC 60664-3 に定める試験への参照があったが、どの試験を適用するかの記述がなかった。この版では、それらを本文中に含めることによって適用する試験を明瞭にした。
- C15 これは、本安回路とフレーム又は接地との間の絶縁が耐電圧の要求事項を満たさない場合に、以前から要求されていた特定の使用条件に対応するものである。
- C16 樹脂充填の適用が製造中許容されることを確実とするため、ルーチン検査の要求事項が樹脂充填部分に対して追加された。
- C17 連続運転温度（COT）は第1編（総則）に指定されているものから修正されている。COT より高い温度が可能なとき、前版では、目に見える損傷がないことが要求事項であったが、本版では、内部

的にも外部的にも損傷があつてはならない。

- C18 コーティング、樹脂充填及びモールディングに要求する仕様は、第1編（総則）に規定されているものから修正されている。
- C19 前版では、離隔の故障（機能失敗）の結果としてコンポーネントが製造者の仕様外で動作する場合のコンポーネントの故障（機能失敗）の考え方について規定していなかった。これは必要なものと考えられるが、火花点火についてだけである。
- C20 これは、コンポーネントに対する要求事項を再編成した結果である。
- C21 コールドレジスタンスは、前版までは最低の周囲温度で測定することが許容されていた。
- C22 Ex nL の要求事項をこの編（本質安全防爆構造）の Ex ic に転換するとき、全てのコンポーネントが対応できるわけではないと認識されていた。これは、Ex ia の変圧器構造が Ex ic 機器に要求されることを意味していた。
- C23 コイルとリレー接点との間の数えられる故障としての離隔は、許容されなくなった。
- C24 保護レベル“ic”機器内のヒューズは、その開放が予想される事象である場合、点火リスクとして考慮しなければならない。
- C25 主電源に接続されたヒューズは、遮断容量 1,500 A 未満が許容される。しかし、使用者及び設置者は、このようなケースでは、取扱説明書に最大推定電流を記載するのが要求事項となっていることを知っておく必要がある。
- C26 スーパーキャパシタに対する要求事項が追加された。
- C27 サーマルデバイス（PTC その他）の使用に対する要求事項が追加された。
- C28 セル及びバッテリーに対する電解液漏れ試験及び表面温度試験の要求事項を、試験サンプル数、試験温度、及び粉じん層を伴う試験に関して修正した。
- C29 ある種のリチウム電池の短絡時に火花点火することが実証された。
- C30 本安回路内の、一次及び二次巻線をもつ変圧器に対するルーチン試験が変更された。
- C31 Ex ic 回路内で使用する変圧器に対する特定のルーチン試験が追加された。

第 6 編 本質安全防爆構造 “i”

1 適用範囲

この編は、爆発性雰囲気中使用する本安機器、及び、そのような雰囲気中使用する本安回路に接続する本安関連機器の構造及び試験について規定する。

この防爆構造は、内部の電気回路自体が周辺の爆発性雰囲気に点火する能力がないような電気機器に適用する。これには、例えば主電源が取り外されてバッテリー電源で駆動される回路のように、ある条件下だけにおいて本質安全となる回路を内蔵する電気機器を含む。

この編は、爆発性雰囲気内の電気回路の本質安全防爆構造が、爆発性雰囲気外に設置した、又は第 1 編（総則）に掲げる他の防爆構造によって保護した電気機器又は電気機器の一部の設計及び構造に依存することがある場合、これらの電気機器又は電気機器の一部にも適用する。この編を適用することにより、爆発性雰囲気にさら（曝）される電気回路が、その雰囲気での使用に適するかを評価する。

この編は、本安回路に接続するセンサに適用するが、グループ IIC 又はグループ IIB+H₂ のための触媒エレメントの保護には適用しない。

この編は Ex ケーブルグラウンドには適用しない。

本安システムに対する要求事項は、IEC 60079-25 に示す。

この編は、表 1 に示すものを除き、第 1 編の一般要求事項を補足及び修正する。この編の要求事項と第 1 編の要求事項とが相反するときは、この編の要求事項を優先する。

他に規定がない限り、この編の要求事項は、本安機器及び本安関連機器の両方に適用し、一般的名称である「機器（apparatus）」をこの編を通じて使用する。

この編は、電気機器だけに適用する。そのため、この編で使用する「機器（equipment）」の用語は、常に「電気機器（electrical equipment）」を意味する。

この編は、第 1 編の大気条件下で使用する機器に適用し、60 kPa～110 kPa に拡張した大気圧の下での使用に対しては、追加の要求事項を適用する。

指針活用上の留意点

対応国際規格（IEC 60079-11:2023）では“apparatus”と“equipment”とが混在しているが、この編では、特に使い分けが必要のない箇所は、両方とも「機器」と表記している。

表 1 第 6 編と第 1 編（総則）との関係

第 1 編			第 6 編への第 1 編の適用の有無		
			本安機器		本安関連機器
第1編 (2015) (参考)	第1編 (2020) (参考)	箇条／細分箇条 (規定)	グループⅠ及び グループⅡ	グループⅢ	
3	3	用語及び定義	適用	適用	適用
4	4	機器のグループ	適用	適用	適用
5	5	温度			
5.1	5.1	環境の影響	適用	適用	適用
5.2	5.2	使用時到達温度	適用	適用	適用
5.3	5.3	最高表面温度	適用	適用	適用を除外
6	6	全ての機器に対する要求事項			
6.1	6.1	一般事項	適用	適用	適用
6.2	6.2	機械的強度	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
6.3	6.3	開放時間	適用を除外	適用を除外	適用を除外
6.4	6.4	(例えば、大形回転機の) 容器内の循環電流	適用を除外	適用を除外	適用を除外
6.5	6.5	ガスケットの保持	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
6.6	6.6	電磁的エネルギー又は超音波エネルギーを放射する機器			
-	6.6.1	一般事項	適用	適用	適用を除外
6.6.1	6.6.2	無線周波源	適用	適用	適用を除外
6.6.3	6.6.3	超音波源	適用	適用	適用を除外
6.6.2	6.6.4	レーザ、照明器具及び他の非拡散連続波光源	修正適用	修正適用	適用を除外
7	7	非金属容器及び容器の非金属部分			
7.1	7.1	一般事項	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
7.2	7.2	熱安定性	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
7.3	7.3	紫外線に対する耐光性	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
7.4	7.4	外表面の非金属材への静電気帯電	適用	適用	適用を除外
7.5	7.5	附属の外部導電性部分	適用	適用	適用を除外

第 1 編			第 6 編への第 1 編の適用の有無		
			本安機器		本安関連機器
第1編 (2015) (参考)	第1編 (2020) (参考)	箇条／細分箇条 (規定)	グループⅠ及び グループⅡ	グループⅢ	
8	8	金属容器及び容器の金属部分	適用	適用	適用を除外
9	9	ねじ締付け部	適用を除外	適用を除外	適用を除外
10	10	インターロックデバイス	適用	適用	適用を除外
11	11	ブッシング	適用を除外	適用を除外	適用を除外
12	-	固着用材料	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
-	12	(将来のための予約)	-	-	-
13	13	Ex コンポーネント	適用	適用	適用
14	14	接続端子部			
14.1	14.1	一般事項	適用	適用	適用
14.2	-	端子区画	適用	適用	適用
14.3	14.2	防爆構造	適用	適用	修正適用
14.4	14.3	沿面距離及び絶縁空間距離	適用	適用	適用
15	15	接地用又はボンディング用導線の接続端子部	適用を除外	適用を除外	適用を除外
16	16	容器への引込み			
16.1	16.1	一般事項	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
16.2	16.2	引込み具の識別	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
16.3	16.3	ケーブルグラウンド	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
16.4	16.4	閉止用エレメント	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
16.5	16.5	ねじアダプタ	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
16.6	16.6	分岐点及び引込み点の温度	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
16.7	16.7	ケーブルシースの静電荷	適用	適用	適用
17	17	回転機に対する補足の要求事項	適用を除外	適用を除外	適用を除外
18	18	開閉装置に対する補足の要求事項	適用を除外	適用を除外	適用を除外

第 1 編			第 6 編への第 1 編の適用の有無		
			本安機器		本安関連機器
第1編 (2015) (参考)	第1編 (2020) (参考)	箇条／細分箇条 (規定)	グループⅠ及び グループⅡ	グループⅢ	
19	-	ヒューズに対する補足の要求事項	適用を除外	適用を除外	適用を除外
-	19	将来の使用のため保留			
20	20	現場で行う配線のための外部プラグ、コンセント及びコネクタ（差込接続器）に対する補足の要求事項	適用を除外	適用を除外	適用を除外
21	21	照明器具に対する補足の要求事項	適用を除外	適用を除外	適用を除外
22	22	キャップライト及びハンドライトに対する補足の要求事項			
22.1	22.1	グループⅠのキャップライト	適用	適用を除外	適用を除外
22.2	22.2	グループⅡ及びグループⅢのキャップライト及びハンドライト	適用を除外	適用を除外	適用を除外
23	23	セル及びバッテリーを組み込んだ機器			
23.1	23.1	一般事項	適用	適用	適用
23.2	23.2	バッテリーを構成するためのセル間の接続	適用を除外	適用を除外	適用を除外
23.3	23.3	セルの種類	修正適用	修正適用	修正適用
23.4	23.4	バッテリー内のセル	適用	適用	適用
23.5	23.5	バッテリーの定格	適用	適用	適用
23.6	23.6	互換性	適用	適用	適用
23.7	23.7	一次バッテリーの充電	適用	適用	適用
23.8	23.8	漏液	適用	適用	適用
23.9	23.9	接続	適用	適用	適用
23.10	23.10	バッテリーの向き	適用	適用	適用
23.11	23.11	セル又はバッテリーの交換	適用	適用	適用
23.12	23.12	交換可能なバッテリーパック	適用	適用	適用
24	24	文書	適用	適用	適用
25	25	文書へのプロトタイプ又はサンプルの適合	適用	適用	適用
26	26	型式試験			
26.1	26.1	一般事項	適用	適用	適用
26.2	26.2	試験時の構成	適用	適用	適用
26.3	26.3	爆発性試験混合ガス中での試験	適用	適用	適用
26.4	26.4	容器の試験			
26.4.1	26.4.1	試験の順序	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
26.4.2	26.4.2	衝撃試験	適用を除外。ただし、a の場合を除く。	適用を除外。ただし、a の場合を除く。	適用を除外。ただし、a の場合を除く。

第 1 編			第 6 編への第 1 編の適用の有無		
			本安機器		本安関連機器
第1編 (2015) (参考)	第1編 (2020) (参考)	箇条／細分箇条 (規定)	グループⅠ及び グループⅡ	グループⅢ	
26.4.3	26.4.3	落下試験	適用	適用	適用
26.4.4	26.4.4	判定基準	適用	適用	適用
26.4.5	26.4.5	容器の保護等級 (IP)	適用	適用	適用
26.5	26.5	温度試験			
26.5.1	26.5.1	温度測定			
26.5.1.1	26.5.1.1	一般事項	適用	適用	適用を除外
26.5.1.2	26.5.1.2	使用時到達温度	適用	適用	適用
26.5.1.3	26.5.1.3	最高表面温度	修正適用	修正適用	適用を除外
26.5.2	26.5.2	熱衝撃試験	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
26.5.3	26.5.3	小形部品の発火試験 (グループⅠ及びⅡ)	適用	適用を除外	適用を除外
26.6	26.6	ブッシングのトルク試験	適用を除外	適用を除外	適用を除外
26.7	26.7	非金属製容器又は容器の非金属製部分	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
26.8	26.8	高温熱安定性	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
26.9	26.9	低温熱安定性	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
26.10	26.10	耐光性	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
26.11	26.11	グループⅠの機器の化成品に対する耐性	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外	適用を除外
26.12	26.12	接地の連続性	適用を除外	適用を除外	適用を除外
26.13	26.13	容器の非金属材料部分の表面抵抗試験	適用	適用	適用を除外
26.14	26.14	静電容量の測定	適用	適用	適用を除外
26.15	26.15	通気ファンの定格の検証	適用を除外	適用を除外	適用を除外
26.16	26.16	エラストマー製シール用 O リングの代替認定方法	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
NR	26.17	放電電荷試験	適用	適用を除外	適用を除外
27	27	ルーチン試験	適用	適用	適用
28	28	製造者の責任	適用 ^b	適用 ^b	適用
29	29	表示			
29.1	29.1	適用性	適用	適用	適用

第 1 編			第 6 編への第 1 編の適用の有無		
			本安機器		本安関連機器
第1編 (2015) (参考)	第1編 (2020) (参考)	箇条／細分箇条 (規定)	グループⅠ及び グループⅡ	グループⅢ	
29.2	29.2	場所	適用	適用	適用
29.3	29.3	一般事項	適用	適用	適用
29.4	29.4	爆発性ガス雰囲気の防爆表示 (Ex マーキング)	適用	適用を除外	適用
29.5	29.5	爆発性粉じん雰囲気用の防爆記号 (Ex マーキング)	適用を除外	適用	適用
29.6	29.6	複合防爆構造 (又はレベル)	適用	適用	適用
29.7	29.7	多重防爆構造	適用	適用	適用
29.8	29.8	二つの独立した Gb 防爆構造 (又はレベル) を用いた Ga 機器	適用	適用を除外	適用を除外
NR	29.9	隔壁	適用	適用	適用を除外
29.9	29.10	Ex コンポーネント	適用	適用	適用
29.10	29.11	小形防爆機器及び小形 Ex コンポーネント	適用	適用	適用
29.11	29.12	極小形防爆機器及び極小形 Ex コンポーネント	適用	適用	適用
29.12	29.13	警告表示	適用	適用	適用
29.13	-	機器防爆レベル (EPL) の代替表示	適用	適用	適用
29.13.1	-	爆発性ガス雰囲気で使用 する防爆構造の代替表示	適用	適用を除外	適用
29.13.2	-	爆発性粉じん雰囲気で使用 する防爆構造の代替表示	適用を除外	適用	適用
29.14	29.14	セル及びバッテリー	適用	適用	適用
29.15	29.15	インバータで駆動する回転機	適用を除外	適用を除外	適用を除外
29.16	29.16	表示例	例だけ	例だけ	例だけ
30	30	取扱説明書			
30.1	30.1	一般事項	適用	適用	適用
30.2	30.2	セル及びバッテリー	適用	適用	適用
30.3	30.3	電動機	適用を除外	適用を除外	適用を除外
30.4	30.4	換気ファン	適用を除外	適用を除外	適用を除外
-	30.5	ケーブルグランド	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
附属書A	附属書 A	ケーブルグランドに対する補足の要求事項	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。	適用を除外。ただし、6.2.5.1 を適用する場合を除く。
附属書B	附属書 B	Ex コンポーネントに対する要求事項	適用	適用	適用
附属書C	附属書 C	衝撃試験装置の一例	参考附属書	参考附属書	参考附属書
附属書D	附属書 D	インバータ駆動の電動機	参考附属書	参考附属書	参考附属書
附属書E	附属書 E	回転機の温度上昇試験	参考附属書	参考附属書	参考附属書

第 1 編			第 6 編への第 1 編の適用の有無		
			本安機器		本安関連機器
第1編 (2015) (参考)	第 1 編 (2020) (参考)	箇条／細分箇条 (規定)	グループⅠ及び グループⅡ	グループⅢ	
附属書F	附属書 F	非金属製容器又は容器の非 金属製部分の試験のフロー チャート	参考附属書	参考附属書	参考附属書
-	附属書G	ケーブルグラウンドの試験の フローチャート	参考附属書	参考附属書	参考附属書
-	附属書H	電動機のベアリング又はシ ャフトブラシの放電となる シャフト電圧。放電エネル ギー計算。	参考附属書	参考附属書	参考附属書
<p>適用－第 1 編のこの箇条／細分箇条を変更することなく適用する。</p> <p>適用を除外－第 1 編のこの箇条／細分箇条は適用しない。</p> <p>修正適用－第 1 編のこの箇条／細分箇条は、この編で詳述するように修正する。</p> <p>注記 1 適用する第 1 編（総則）の箇条／細分箇条は、規定である箇条／細分箇条のタイトルによって識別される。この編には、第 1 編（Ex 2020）の特定の要求事項には反する規定がある。第 1 編の現行版（Ex 2020）及び前版（Ex 2015）の箇条／細分箇条番号を参考情報として記載している。これは、必要なときに第 1 編（Ex 2015）の一般的要求事項をこの第 6 編と併せて使用することを可能にするためである。第 1 編の前版（Ex 2015）には存在しない要求事項が現行版（Ex 2020）には存在する場合（Ex2015 の欄に"."で表示）、又は、要求事項の間で齟齬があるときは、後編を優先する。</p> <p>注記 2 表中の網掛けの行は、それが箇条の先頭であることを示す。適用性が全ての細分箇条について等しい場合には、「適用」又は「適用を除外」が先頭の行に掲げられており、細分箇条は展開されない。個々の細分箇条の適用性が異なる場合には、これらは表に展開され、各々の適用性が掲げられている。</p> <p>^a 6.2.5.1 を適用する場合、又は 9.4.1 若しくは 9.11 で要求される場合を除き適用外。</p> <p>^b 単純機器については適用外。3.1.5 及び 5.5 参照。</p>					

2 引用文書

次に掲げる文書は、この編に引用されることによって、この編の規定の一部を構成する。これらの引用文書のうちで、発行年を付記してあるものは、記載の年の版だけがこの編の規定を構成するものであって、その後の改正版・追補は適用しない。発行年を付記していない引用文書は、その最新版（追補を含む。）を適用する。ただし、技術指針（JNIOOSH-TR-46）の編については、最新版及びその一つ前の版を適用する。

引用文書に対応又は類似する国内規格又は労働安全衛生総合研究所技術指針が存在する場合、当該規格又は指針が併記されている。これらの国内規格又は技術指針は、対応する引用文書と内容が一致していない部分を除き、これに代えて適用することができる。引用文書に対応する国内規格と技術指針とが同時に存在するときは、技術指針を優先する。

注記 引用文書との整合性の程度が明確である場合、IDT（一致）、MOD（一部修正）又はNEQ（同等ではない）の略が併記されている。有効な部分は、引用されている国際規格等と一致する部分だけである。

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-1 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第1編 総則

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety "e"*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-5 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第5編 安全増
防爆構造“e”

IEC 60079-25, *Explosive atmospheres – Part 25: Intrinsically safe electrical systems*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

対応国内規格：JIS C 4003:2010, 電気絶縁—熱的耐久性評価及び呼び方 (MOD)

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

対応国内規格：JIS C 6575-1:2009, ミニチュアヒューズ—第1部：ミニチュアヒューズに関する用語及びミニチュアヒューズリンクに対する通則 (MOD)

対応国内規格：JIS C 6575-1:2009/AMENDMENT 1:2013, ミニチュアヒューズ—第1部：ミニチュアヒューズに関する用語及びミニチュアヒューズリンクに対する通則（追補1）
(MOD)

対応国内規格：JIS C 6575-2:2005, ミニチュアヒューズ—第2部：管形ヒューズリンク (MOD)

対応国内規格：JIS C 6575-2:2005/AMENDMENT 1:2013, ミニチュアヒューズ—第2部：管形ヒューズリンク（追補1）(MOD)

対応国内規格：JIS C 6575-3:2016, ミニチュアヒューズ—第3部：サブミニチュアヒューズリンク (MOD)

IEC 60317-0-1, *Specifications for particular types of winding wires – Part 0-1: General requirements - Enamelled round copper wire*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

対応国内規格：JIS C 60664-1:2009, 低圧系統内機器の絶縁協調—第 1 部：基本原則，要求事項及び試験 (IDT)

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

対応国内規格：JIS C 60664-3:2019, 低圧系統内機器の絶縁協調—第 3 部：汚損保護のためのコーティング，ポッティング及びモールドイングの使用) (IDT)

IEC 60691, *Thermal-links - Requirements and application guide*

IEC 60747-5-5, *Semiconductor devices - Part 5-5: Optoelectronic devices - Photocouplers*

IEC 60747-17, *Semiconductor devices - Part 17: Magnetic and capacitive coupler for basic and reinforced insulation*

IEC 60851-5, *Winding wires - Test methods - Part 5: Electrical properties*

IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - Part 1: General requirements*

IEC 61158-2, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61810-1, *Electromechanical elementary relays - Part 1: General and safety requirements*

IEC 62133-2, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications - Part 2: Lithium systems*

ANSI/UL 248 series, *Low-Voltage Fuses*

ANSI/UL 746E, *Polymeric Materials - Industrial Laminates, Filament Wound Tubing, Vulcanized Fibre, and Materials Used In Printed Wiring Boards*

UL 810A, *Standard for Electrochemical Capacitors*

DIN VDE V 0884-11, *Semiconductor devices - Part 11: Magnetic and capacitive coupler for basic and reinforced isolation*

3 用語，定義及び略語

3.1 用語及び定義

この編で用いる主な用語及び定義は，第 1 編に規定する用語及び定義によるほか，次による。

3.1.1

本質安全防爆構造 “i” (intrinsic safety “i”)

爆発性雰囲気にとさら（曝）される機器内部及び相互接続配線の電気エネルギーを火花又は発熱の影響によって着火が生じるレベル未満に制限した防爆構造。

3.1.2

本安機器 (intrinsically safe apparatus)

危険場所にあるとき，全ての回路が本安回路である電気機器。

3.1.3

本安関連機器 (associated apparatus)

本安回路及び非本安回路の両方を内包し，非本安回路が本安回路に悪影響を与えることがないように構成されている電気機器。

注記 本安関連機器は、次のいずれかになる。

- a) 他の防爆構造により保護され、当該の爆発性雰囲気での使用に適するもの。
- b) 当該の爆発性雰囲気での使用に適する防爆構造によって保護されず、爆発性雰囲気では使用されないもの。

3.1.4

本安回路 (intrinsically safe circuit)

この編で規定する、通常運転及び特定の故障条件を含む条件において生じるいかなる火花又は熱的影響によっても、所定の爆発性雰囲気に点火することがない回路。

3.1.5

単純機器 (simple apparatus)

明確な電氣的パラメータをもつ、単純な構造の電気コンポーネント又は電気コンポーネントの組合せであって、それを使用する回路の本質安全防爆構造に適合するもの。

3.1.6

システム構成図 (control drawing)

本安機器又は本安関連機器について製造者が作成した図面又は他の文書であって、他の回路又は機器との相互接続を可能にする電氣的パラメータを詳述したもの。

3.1.7

ダイオード形安全保持器 (diode safety barrier)

ガルバニック絶縁機能のない本安関連機器であって、ヒューズ、抵抗器、又はこれらの組合せによって保護したシャントダイオード又はダイオードチェーン（ツェナーダイオードを含む）を組み込み、より大型の機器の一部としてではなく、単独の機器として製造されたもの。

3.1.8

I_n

ヒューズの定格 (fuse rating I_n)

ヒューズの公称電流定格。

3.1.9

フィールドバス本安コンセプト (FISCO, Fieldbus Intrinsically Safe Concept)

バスから電力の供給を受け、かつ、特定の要求事項に従って設計された本安システム構成。

注記 この要求事項は、IEC 61158-2, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition* に規定されている。

3.1.9.1

故障しない接続部 (infallible connection)

接合部、相互接続配線及びプリント基板のトラック配線を含む接続部であって、運転中及び保管中に開放するとはみなさないもの。

注記 ここで考慮する特定の条件は、この編に規定されている。

3.1.10

内部配線 (internal wiring)

製造者が機器内に設けた配線や電氣的接続部。

3.1.11

ライブメンテナンス (live maintenance)

本安関連機器、本安機器及び本安回路の通電中に行うメンテナンス作業。

3.1.12

本安パラメータ (intrinsic safety parameters)

注記 1 接続端子部における電圧、電流及び電力は、この編で許容される程度の、ごく短時間の規定パラメータ値を超える過渡現象をもってもよい。

注記 2 機器には、本安パラメータ一式を複数付与することが出来る。

3.1.12.1

U_i

本安回路許容電圧 (maximum input voltage)

本質安全防爆構造を損なうことなく、機器の本安外部配線接続端子部に印加することができる最大（ピーク）電圧。

3.1.12.2

I_i

本安回路許容電流 (maximum input current)

本質安全防爆構造を損なうことなく、機器の本安外部配線接続端子部に接続された外部回路から取り出し、その接続端子部に流すことができる最大（ピーク）電流。

3.1.12.3

P_i

本安回路許容電力 (maximum input power)

本質安全防爆構造を損なうことなく、機器の本安外部配線接続端子部に接続された外部回路から取り出し、その接続端子部に供給することができる最大電力。

3.1.12.4

C_i

最大内部静電容量 (maximum internal capacitance)

機器の本安外部配線接続端子部に現れるとみなす、機器の最大等価内部静電容量。

3.1.12.5

L_i

最大内部インダクタンス (maximum internal inductance)

機器の本安外部配線接続端子部に現れるとみなす、機器の最大等価内部インダクタンス。

3.1.12.6

L_i/R_i

最大内部インダクタンス・抵抗比 (maximum internal inductance to resistance ratio)

機器の本安外部配線接続端子部に現れるとみなすインダクタンスと抵抗との比の最大値。

3.1.12.7

U_o

本安回路最大電圧 (maximum output voltage)

機器の本安外部配線接続端子部に現れる最大（ピーク）電圧。

3.1.12.8

I_o

本安回路最大電流 (maximum output current)

機器の本安外部配線接続端子部から取り出すことができる最大（ピーク）電流。

3.1.12.9

P_o

本安回路最大電力 (maximum output power)

機器の本安外部配線接続端子部から取り出すことができる最大電力。

3.1.12.10

C_o

本安回路許容静電容量 (maximum external capacitance)

本質安全防爆構造を損なうことなく、機器の本安外部配線接続端子部に接続できる最大静電容量。

3.1.12.11

L_o

本安回路許容インダクタンス (maximum external inductance)

本質安全防爆構造を損なうことなく、機器の本安外部配線接続端子部に接続できる最大インダクタンス。

3.1.12.12

L_o/R_o

本安回路許容インダクタンス・抵抗比 (maximum external inductance to resistance ratio)

本質安全防爆構造を損なうことなく、機器の本安外部配線接続端子部に接続できるインダクタンスと抵抗との比の最大値。

3.1.12.13

U_m (maximum RMS AC or DC voltage)

最大電圧（交流実効値又は直流）...(非本安回路許容電圧)...

本質安全防爆構造を損なうことなく、本安関連機器の非本安外部配線接続端子部、又は本安機器の外部配線接続端子部のうち非危険場所使用に限定されたものに印加できる最大電圧。

例 本安機器の非危険場所での使用に限定された外部配線接続端子部の例としては、バッテリー充電用接点及びデータインタフェースがある。

注記 1 U_m の値は、外部配線接続端子部のグループによって異なる値となることがあり、かつ、交流電圧の場合と直流電圧の場合とで異なることがある。

注記 2 指定のパラメータを超える過渡現象があってもよい。

3.1.13

モールドイング (moulding)

型枠の中に対象のコンポーネントを配置し、プラスチック材料をそのコンポーネントの周囲に圧力下で注入し、部分的又は全体的にコンポーネントを樹脂充填する工程。

注記 この工程は、射出成型、オーバーモールド成型又はインサート成型とも呼ばれる。

3.1.14

火花点火試験装置 (spark test apparatus)

回路からの電気火花が指定の爆発性ガス雰囲気に着火できないことを実験的に検証するために用いる装置。

3.1.15 スーパーキャパシタ (supercapacitor)

電気化学キャパシタ (electrochemical capacitor)。

電気化学セル中の電気二重層を用いて電氣的エネルギーを蓄積するデバイス。

注記 電気化学キャパシタを電解コンデンサと混同しないこと。

3.1.16

過渡現象 (transients)

3.1.16.1

過渡定格 (transients rating)

コンポーネントの定格のうち過渡現象に関係するもの。

例 一例として、 Pt 値又はせん頭サージ順電流 (peak non-repetitive surge current) がある。

3.1.16.2

過渡エネルギー (transient energy)

回路によって供給されるエネルギーのうち定常状態を超えるもの。

3.1.17

非危険場所附属品 (non-hazardous area accessory)

<本質安全防爆構造>

本安機器が非危険場所にある間だけ、エンドユーザーによって一時的に本安機器が接続される電気機器。

例 例としては、バッテリー充電器及びデータ読取機がある。

3.1.18

被制御半導体 (controlled semiconductor)

半導体コンポーネントのうち、別の電気入力を用いてその出力の開閉や調節ができるもの。

例 トランジスタ、サイリスタ、電圧レギュレータ又は電流レギュレータ

注記 上記の入力及び出力は、集積回路の構成要素であってもよい。

3.2 略語 (abbreviated terms)

略語のリストを表 2 に示す。

表 2 略語リスト

略語	完全表記（英語）	完全表記（日本語）	追加情報
COT	continuous operating temperature	連続運転温度	
CTI	comparative tracking index	比較トラッキング指数	IEC 60122 に従って測定
DUT	device under test	供試デバイス	
ES1	Electrical energy source class 1	クラス 1 電気エネルギー源	IEC 62368-1 に定義
FISCO	fieldbus intrinsically safe concept	フィールドバス本安コンセプト	3.1.9 参照
OVC	overvoltage category	過電圧カテゴリ	IEC 60664-1 に定義
PCB	printed circuit board	プリント基板	
PCBA	printed circuit board assembly	プリント基板アセンブリ	
PELV	protective extra-low voltage	保護特別低電圧	例えば、IEC 60364-4-41 に適合
PDV	partial discharge voltage	部分放電電圧	
PPTC	polymeric positive temperature coefficient	ポリマー正温度係数	
PTC	positive temperature coefficient	正温度係数	PPTC を含む
SELV	safety extra-low voltage	安全特別低電圧	例えば、IEC 60364-4-41 に適合

4 機器のグループ、等級及び保護レベル

本安機器及び本安関連機器の本安回路は、第 1 編の機器のグループ化の要求事項に従ってグループ化する。

本安機器には、第 1 編の温度要求事項に従って最高表面温度又は温度等級を割り当てる。温度等級は、本安関連機器には適用しない。

注記 別の防爆構造で保護された本安関連機器を内蔵する機器には、その防爆構造の要求事項に従って、温度等級及び機器グループを割り当てる。この機器に対する機器グループは、Ex db [ia IIC Ga] IIB T4 Gb と表示された機器のように、本質安全防爆構造のためのグループと異なってもよい。

本安機器及び本安関連機器の本安回路には、次に示す保護レベルを一つ以上割り当てる。

- － 保護レベル“ia”（EPL Ma, Ga, Da の場合）
- － 保護レベル“ib”（EPL Mb, Gb, Db の場合）
- － 保護レベル“ic”（EPL Gc, Dc の場合）

この編の要求事項は、他に記載がない限り、全ての保護レベルに適用する。

本安機器には、二つ以上の保護レベル、機器グループ又は温度等級を指定することができ、かつ、このような様々なケースに対して異なる本安パラメータを割り当てることができる。

5 点火適合性に対する要求事項

5.1 一般事項

この編に適合するためは、次の二つの基本的事項が必須である。

- 1) 本安回路は、5.3 の火花点火に関する要求事項を満たすこと
- 2) 本安関連機器は、5.4 の熱発火に関する要求事項を満たすこと

これらは、5.2 に定める条件下で、適用する保護レベル、機器グループ、及び、本安機器については更に最高表面温度について評価する。

これらの要求事項は、次の点も考慮してこの編に従うことにより満たされる。

- － 6.5 による導電性部分の間の隔離

- 6.3 による外部配線接続端子部の隔離及び 6.4 による内部接続
- 箇条 7 によるコンポーネントの定格

本安パラメータ、 U_m 及び、5.2.5 で要求する場合は機器の最高定格電圧を各接続端子部に割り当てることのできる。

注記 IEC 60079-14 は、 U_m が 250 V 未満の本安関連機器に適応する回路又は電源のタイプを指定している。

—— 指針活用上の留意点

ユーザーのための工場防爆設備ガイド (JNIO SH-TR-NO. 44) は同様の内容を指定している。

製造者がライブメンテナンスの手順を規定している場合、このライブメンテナンスの実施が本質安全防爆構造を損なってはならない (12.1 d) 参照)。

9.6 a) を除き、この編の要求事項を満たすためには産業規格で十分であることが定められている場合、産業規格に適合していることを検証することはこの編の要求事項ではない。

5.2 評価のための条件

5.2.1 一般事項

本安回路は、この編中で許容されている場合を除き、最も厳しい条件下で点火を生じてはならない。この条件には、次のものが含まれるが、これに限定されるものではない。

- a) 保護レベルに応じて、5.2.2、5.2.3 又は 5.2.4 に定める状況で。
- b) 5.2.5 で修正される場合を除き、非本安接続端子部に U_m 以下の任意の電圧を印加して。
- c) 本安接続端子部に U_i 以下の任意の電圧、 I_i 以下の任意の電流、又は P_i 以下の任意の電力のうち該当するものを印加して。
- d) 該当する場合、本安接続端子部に C_o で定義される最大静電容量以下の任意の値を接続して。
- e) 該当する場合、本安接続端子部に L_o で定義される最大インダクタンス以下の任意の値、又は L_o/R_o で定義されるインダクタンス・抵抗比以下の値を接続して。
- f) 機器の任意の本安接続端子部に、開放、短絡及び地絡を含む最も厳しい負荷を接続して。
- g) 機器の当該部分に対して指定された使用時到達温度範囲内の最も厳しい温度で。箇条 7 によるコンポーネントの定格、及び、保護レベル“ia”及び“ib”の熱発火の適合性については、コンポーネントの実装条件の影響及びコンポーネントの局所的な使用時到達温度を考慮しなければならない。関係する故障による他のコンポーネントからの加熱を考慮する必要もあるかもしれない。

例：

- 近接して設置された並列のコンポーネントで、同じ故障電流を担うものからの加熱は、通常考慮する必要がある。
- 機器内の他の部分における独立した故障による使用時到達温度を超える加熱は、通常、考慮する必要はない。

注記 コンポーネントの定格は、コンポーネントに故障を適用することなく評価する。一方、その熱発火の適合性は、箇条 7 による最も厳しい故障をコンポーネントに適用して評価する。

h) 機器の製造上の公差の範囲内で適用する，関係パラメータの最も厳しい値を用いて（7.3 参照）。

一つの故障が，引き続き一つ又は二つ以上の故障につながる場合，最初及びその後の故障は，一つの単独故障とみなす。単独故障の筋書きの範囲内では，全ての数えられる故障及び数えられない故障は，固定したもの（static）とみなす。例えば，一度コンポーネントの短絡故障を適用すれば，この故障モードは，故障シナリオ全体にわたって維持しなければならない。

最高表面温度の決定においては，電圧及び電力に対して安全率 1.0 を適用する。

—— 指針活用上の留意点 ——

対応国際規格（IEC 60079-11:2023）における用語を次のように表記する。

“fault”＝「故障」

“failure”＝「故障（機能失敗）」

5.2.2 保護レベル“ia”

保護レベル“ia”の本安回路は，次の各状況において評価する。

- a) 故障を適用しない最も厳しい条件で
 - b) 最も厳しい条件となるように複数の数えられない故障を適用して
 - c) 一つの数えられる故障，及び最も厳しい条件となるように複数の数えられない故障を適用して
 - d) 二つの数えられる故障，及び最も厳しい条件となるように複数の数えられない故障を適用して
- 適用する故障は，上記それぞれの状況で異なる場合がある。

回路を火花点火について評価する場合，5.3.4 に従って，次の安全率を適用する。

- a), b) 及び c) に対して，1.5
- d) に対して，1.0

数えられる故障が一つしか起きない場合，d) の要求事項は適用しなくてよい。

数えられる故障が一つも起きない場合，c) 及び d) の要求事項は適用しなくてよい。

保護レベル“ia”の要求事項に適合する設計は，保護レベル“ib”及び“ic”にも適する。

5.2.3 保護レベル“ib”

保護レベル“ib”の本安回路は，次の各状況に従って評価する。

- a) 故障を適用しない最も厳しい条件で
 - b) 最も厳しい条件となるように複数の数えられない故障を適用して
 - c) 一つの数えられる故障，及び，最も厳しい条件となるように複数の数えられない故障を適用して
- 適用する故障は，上記それぞれの状況で異なる場合がある。

火花点火のための回路に評価においては，5.3.4 に従って，安全率 1.5 を適用する。

数えられる故障が一つも起きない場合，c) の要求事項は適用しなくてよい。

保護レベル“ib”の要求事項に適合する設計は，保護レベル“ic”にも適する。

5.2.4 保護レベル“ic”

保護レベル“ic”の本安回路は，次の各条件に従って評価する。

- a) 故障を適用しない最も厳しい条件で

- b) 5.3 による火花点火の適合性について、及び、該当する場合、 U_0 、 I_0 、 L_i 、 C_i 及び L_i/R_i の決定において：最も厳しい条件となるように複数の数えられない故障を適用して

注記 5.4 に従う熱発火の適合性に対しては、故障は適用されない。

数えられる故障は適用しない。

次のいずれかに該当するコンポーネントに対してだけ、7.1 に適合することを要求する。

- － 火花点火の適合性のため、電圧又は電流を定義するもの。本質安全防爆構造のよりどころとなる他のコンポーネントを保護するために用いるコンポーネントを含む。
- － U_0 又は I_0 を定義するもの
- － 6.8 による逆接続に対する保護を与えるもの

該当する場合、 P_0 及び P_i は、最も厳しい通常運転条件下で決定する。

火花点火のための回路を火花点火について評価する場合、5.3.4 に従って、安全率 1.0 を適用する。

5.2.5 感電の危険を生じない機器又はシステム

特別低電圧に制限され、かつ、人体の健康に対して危険となるおそれのある感電のリスクを防止するため他の規格又は規則に従って設計された機器又はシステムは、感電の危険を生じない機器又はシステムとみなすことができる。

例 1 そのような他の規格等には、SELV、PELV、ES1 が規定されている。

この編の要求により、互いにガルバニック絶縁されていない接続端子部間に U_m を適用する場合、製造者が指定する最大定格電圧のみの適用を考慮してよい。ただし、次の要求事項を満たさなければならない。

注記 1 製造者の定格電圧は、通常、差動モードと呼ばれる。

- a) 接続端子部は、感電の危険を生じない機器又はシステムだけに接続する。
- b) この編の要求により、非本安回路と他の回路との間にガルバニック絶縁を用いた回路の接続端子部間に U_m を適用する場合、印加電圧は次のうちの高い方とする。
 - － U_m
 - － 定格電圧又は U_m から派生した電圧（例えば、通常運転下で、電圧を U_m を超える値に昇圧するコンポーネントをもつ回路の場合）

注記 2 この場合、ガルバニック絶縁間の電圧は、通常、コモンモードと呼ばれる。

注記 3 非危険場所の附属品に対する要求事項は、6.3.5 に詳細に定められている。

- c) 第 1 編の表示の要求事項に従って認証書番号に記号 X を付し、かつ、特定の使用条件として認証書に次の全ての事項を記載する。
 - － 接続端子部に接続する機器又はシステムに適用する要求事項の詳細。例えば、それが SELV、PELV、ES1 又は等価なものでなければならないこと。
 - － 機器の内部で回路を構成する非本安接続端子部間に印加可能な許容最大電圧

注記 4 電源のタイプ又はモデルを特定することは、この編の要求事項ではない。

例 2 シリアルポートは交流実効値 250 V の U_m をもつことを宣言しているが、データポートのいかなる二つのピンの間も最大電圧は 6 V である。回路は、データポートの二つのピンの間に差動モードで 6 V を印加するが、コモンモードで交流実効値 250 V をデータポートとガルバニック絶縁された回

路（接地又は本安回路のような）との間に印加して評価する。特定の使用条件には、シリアルポートの接続部に印加する最大電圧は 6 V であること、及び、IEC 62368-1 に準拠する機器だけが使用できることを記載する。データポート及び本安回路との間のいかなるガバナニク絶縁にも、 U_m （この例では、交流実効値 250 V）のための離隔が必要となる。

5.3 火花点火の適合性

5.3.1 一般事項

本安回路は、爆発性雰囲気さらされる開放又は混触が生じると考えられる箇所ごとに、そこで得られる火花エネルギーが、その回路の保護レベルに対し、5.2 に定める条件及び安全率の下で、指定の機器グループ爆発性雰囲気を指定の機器グループに応じた爆発性雰囲気に点火し得ないことを確認するための評価を行う。

注記 「火花」という用語は、この編全体にわたって使用され、試験を行う回路の入り・切りを指す。このような入り・切りが目に見える火花を生じる必要はない。

火花点火は、次のように評価する。ただし、この編に他の記述がある場合を除く。

a) 通常開閉する接点間において、及び

例 1 通常開閉する接点の例としては、使用者が工具を使うことなくアクセス可能で、手動で操作するプラグ・ソケット、スイッチ、押ボタン、可変抵抗器（ポテンショメータ）がある。

b) 本安回路の接続端子部において（接続端子部に指定された C_0 、 L_0 及び L_0/R_0 のうち該当するものを接続して）。取扱説明書に他の記述がない限り、接続端子部の評価のときは、 C_0 及び L_0 は別々に適用する。

火花点火は、次の条件では考慮する必要はない。

- 1) 6.5.4.2 に従う故障しない離隔間において
- 2) 6.4.2 に従う故障しない接続部に対して直列に
- 3) 6.6.1 及び 6.6.2.1 に定める火花点火に対する保護のための要求事項を満たす樹脂充填の内部において
- 4) 本安関連機器の内部において（本安回路接続端子部を除く）
- 5) 6.3.1 に適合する個別の回路の端子間において

グループ III に対しては、グループ IIB のエネルギー制限値を適用する。

火花点火の評価には、評価対象の実際の回路の代わりに、火花点火に関して同等あるいはより厳しくなるような代替回路を用いてもよい。

例 2

- － 7.4.2 に従う抵抗器によって制限されたコンデンサからの火花点火は、固定電圧をもつ抵抗性回路とみなすことができる。
- － 回路のある部分内の全てのコンデンサは、その静電容量の合計値に相当する一つのコンデンサに置き換えることができる。

使用時到達温度が $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ である場合、附属書 A 及び附属書 G の点火データを用い、かつ、通常の周囲温度において 9.1 に従って実施する火花点火試験を採用してもよい。追加の安全率、又は機器内の故障に起因する発熱を考慮する必要はない。この範囲外の使用時到達温度で使用するよう設計された機器に対しては、特別な検討を行う。

5.3.2 保護レベル“ia”及び“ib”

保護レベル“ia”及び“ib”については、火花点火の評価は、この編に他に定めがある場合を除き、次の全ての箇所に対して適用する。

- a) 数えられる故障又は数えられない故障とみなす回路の開放又は混触（離隔の故障（機能失敗）を含む）がある箇所
- b) 数えられる故障又は数えられない故障とみなす地絡故障がある箇所

火花点火の評価（例えば、火花点火試験装置の適用）は、5.2.2 及び 5.2.3 に定める故障の適用後に実施し、故障の数として追加してはならない。

5.3.3 保護レベル“ic”

保護レベル“ic”については、火花点火の評価は、この編に他に定めがある場合を除き、次の全ての箇所に対して適用する。

- a) その故障（機能失敗）が 6.5.4 により数えられない故障とみなす、導電性部分の離隔間
- b) 通常運転条件下で製造者の指定する仕様を超えて稼働されるコンポーネントの全ての箇所

通常運転では生じない（例えば、電源の故障（機能失敗）の結果として）とされる、 U_m の印加によって生じる過渡現象であって、通常運転では生じないもの（例えば、電源の故障（機能失敗）は、火花点火の適合性の目的上は考慮しない。

5.3.4 安全率の適用

5.3.4.1 安全率 1.0

5.2 の火花点火の評価のため、安全率 1.0 が要求される場合、次のうちのいずれか一つによってこれを得る。

- a) 附属書 A の表において、安全率 1.0 の列を用いて
- b) 附属書 A の曲線を用いて
- c) 附属書 G を、安全率 1.5 を削除することなく用いて
- d) 9.1 による試験を、9.1.3.1 による試験用混合ガスをを用いて実施して

5.3.4.2 安全率 1.5

5.2 の火花点火の評価のため、安全率 1.5 が要求される場合、次のうちのいずれか一つによってこれを得る。

- a) 附属書 A の表において、安全率 1.5 の列を用いて
- b) 附属書 A の曲線、又は附属書 A の表において、安全率 1.0 の列を用いて。ただし、これらの曲線又は表を適用する前に、次のいずれかを行う。
 - 1) 誘導性回路については、電流を 1.5 倍に増加する。
 - 2) 容量性回路については、電圧を 1.5 倍に増加する。
 - 3) 抵抗性回路については、電流を 1.5 倍に増加するか、又は、消極的な代替法として、代わりに電圧を 1.5 倍に増加してもよい。
- c) 附属書 G を用いて（限界曲線には、すでに安全率 1.5 が含まれている）
- d) 9.1 による試験を、次のいずれかを適用して実施して
 - 1) 5.2 に定める条件の電流及び電圧で開始し、かつ、9.1.3.1 に定める試験用混合ガスをを用いて試験

を行う場合：

- － 誘導性及び抵抗性回路については、可能な限り、制限抵抗の値を小さくすることによって、電流を、評価電流の 1.5 倍に増加する。ただし、このようにして安全率 1.5 を確保することが实际的でない場合、要求電流に達するまで電圧を増加する。
- － 容量性回路については、電圧を 1.5 倍に増加する。

2) 5.3.4.2 d) 1) が实际的でない場合、9.1.3.2 に従って、より点火しやすい試験混合ガスを用いる。

e) 附属書 F を用いて（この附属書では、混合ガスに対して安全率を適用）

注記 安全率を適用する目的は、実際（オリジナル）よりも点火を起こしやすいことが実証できる回路、又は、実際の回路をより点火しやすい混合ガスを用いて試験することによって、型式試験又は理論的評価のいずれかが実施されることを確実なものにすることである。一般的に、指定の安全率を達成するための異なる方法の間で、厳密な等価性を確保することは不可能であるが、この編に記載する方法は、許容可能な代替法である。

5.3.5 被制御半導体による制限をもたない回路

本質安全防爆構造が被制御半導体による制限に依存していない場合、この回路は、次のいずれか一つを用いて評価を行う。

- a) 9.1 に示す火花点火試験を用いて
- b) FISCO 機器の接続端子部において：附属書 E に定める本安パラメータ制限値に従うもの。
- c) 9.2 に定める評価によって

例 ツェナーダイオードを後付けした抵抗器をもつ電圧源で構成する台形出力特性については、9.2 は、ツェナーダイオードを回路から取り除き、線形特性を残したままで評価することで、使用できる。

- d) 線形出力特性については、線形出力電源に関する附属書 G を用いて
- e) 台形出力特性については、矩形出力電源に関する附属書 G を用いて

注記 附属書 A の基準曲線及び表を用いて評価された回路は、火花点火試験装置を用いて試験すると点火を生じるかもしれない。それでも、この表は評価に用いることができる。なぜなら、火花点火試験装置の感度は変化するものであり、基準曲線及び表は多数の試験結果から得られたものだからである。

5.3.6 被制御半導体による制限をもつ回路

被制御半導体による制限をもつ回路で本質安全防爆構造がその作動に依存している場合、この回路は、次の二つの場合の両方において火花点火の適合性を確認するために評価を行う。

- ・制限が起動していないときの定常状態において
- ・制限が起動したときの過渡応答に対して

これら二つの場合、評価では、制限及び負荷の両方に対して、5.2 に定める条件下で遭遇すると見込まれる最も厳しい状態の負荷を考慮する。この負荷は、抵抗器、固定の電圧負荷（ツェナーのような）、又は定電流源負荷（この条件下で存在する可能性のあるインダクタンス及び静電容量の組合せ）の可能性がある。

制限の過渡応答を火花点火試験装置を用いて（9.1 又は附属書 F のいずれかを用いて）試験する場合、その回路は、各主電源の切断（ブレーク）とその後の火花点火試験装置の起動（メイク）との間に完全に

復帰されるように配置する。タングステン線のカドミウム円板電極上での跳ね返りによる接触（メイク）及びかい離（ブレイク）は考慮しない。試験は、復帰時間が製品の回路より短縮された代表的な回路上で実行してもよい。

接続端子部のパラメータが、調整可能な半導体制限機能をもつ回路によって制限される場合、 U_0 及び I_0 は、過渡応答のピーク値ではなく、定常状態の限界値から計算する。

評価には、定常状態及び過渡応答の適合性を証明するため、該当する場合、次のうち一つ以上を含めることができる。

- a) 9.1 に示す火花点火試験への適合性
- b) FISCO 機器の接続端子部において：附属書 E に示す本安パラメータに従うこと
- c) 電圧又は電流に安全率を適用することが实际的でない場合、附属書 F への適合性
- d) 線形出力特性の場合、9.2 で規定する評価
- e) 定常状態の出力特性が表 A.1 に適合する線形特性の範囲内に完全に含まれる場合、定常状態の適合性を証明してもよい；過渡状態の特性が表 A.1 に適合する範囲内に完全に含まれる場合、線形特性過渡状態の適合性を証明してもよい。
- f) 回路に直接接続した、被制御半導体による電流制限電源が一個しかない場合、定常状態の適合性は、非線形電源についての附属書 G を用いて証明してもよい。
- g) 過渡適合性は、附属書 D に従って評価してもよい。

定常状態及び過渡応答に対して、異なる手法を用いてよい。スイッチング動作をする被制御半導体による制限は、定常状態の適合性を証明するために用いるいかなる試験の実施中も、トリガー又は遮断してはならない。

5.4 熱発火の適合性

5.4.1 一般事項

爆発性雰囲気と接触する可能性のある本安機器の全ての表面は、5.2 に示す条件下で、その機器が第 1 編（総則）の最高表面温度に関する要求事項に従っていることを確認するために評価を行う。ただし、この要求事項は、次の箇条によって修正する。

- a) グループ I 及び II に対しては、5.4.2、5.4.3 及び 5.4.4
- b) グループ I 及びグループ III に対しては、5.4.5

評価は、入力電圧、電流又は電力（この編で要求するものを除く）に対して、第 1 編で要求するいかなる追加のファクタを適用することなく実施する。

温度等級は、コンポーネントの熱的ふるまいの知識を基にした、又は同等の機器を参考にした熱的モデルを用いて評価してもよい。必要なときは、9.3 に従って試験を実施する。

トラック又は配線における最大消費電力が 1.3 W 以下の場合、温度等級 T4 に対して、又は最高周囲温度 40 °C でグループ I に対して、許容されるとみなす。粉じんが遮断され、トラック又は配線における最大消費電力が 3.3 W 以下の場合、最高周囲温度 40 °C において、グループ I に対しては適するものとみなす。40 °C を超える周囲温度においてこの評価を用いるときは、これらの電力制限値は、第 1 編（総則）の「表面積 20 mm² 以上のコンポーネントに対する温度等級の評価」で指定するものに低減する。

5.4.2 グループ I 及び II の小形部品に対する温度

第1編（総則）の「グループI又はIIの機器の小形コンポーネントの温度（に対する特例）」を適用し、かつ、試験の要求事項は、第1編の「小形コンポーネントの発火試験」に定めるものを適用する。

最高表面温度を決定するための型式試験において、第1編によって必要となる5 K及び10 Kのマーヅンは、7.16.2.4 b) 及び保護等級“ic”に対する表面温度の要求事項に適用する。

第1編に定める「小形部品のサイズによる温度等級の評価のための表」を用いるときは、第1編で要求する5 K及び10 Kのマーヅンは、保護レベル“ia”又は“ib”の表面温度の要求事項に対しては適用しないが、それ以外のときは、このマーヅンを適用する。

5.4.3 グループI及びIIの本安機器内の配線

自己発熱による電線の最高温度に対応する最大許容電流は、銅線については表3から求める。金属一般については、次の式で算出できる。

$$I = I_f \sqrt{\frac{(t - T_a)(1 + a(T - T_a))}{(T - T_a)(1 + a(t - T_a))}}$$

ここで、記号等は、次による。

a : T_a における電線材料の抵抗温度係数 (K^{-1})

I : 最大許容電流の実効値 (A)

I_f : 周囲温度 T_a において電線が融解する電流値 (A)

T : 電線材料の融解温度 ($^{\circ}C$) (銅 1,083 $^{\circ}C$, 金 1,064 $^{\circ}C$)

T_a : 最高周囲温度 ($^{\circ}C$)

t : 熱発火の適合性のためのしきい (閾) 値温度 ($^{\circ}C$)。これは、自己発熱及び周囲温度による総合的な電線の温度でもある。

材料の抵抗温度係数が T_a 以外で指定されている場合、 T_a での α_a は次式で求めることができる。

$$\alpha_a = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_r} + (T_a - T_r)\right)}$$

ここで、記号等は、次による。

T_r : 既知の基準周囲温度 ($^{\circ}C$) (例えば、20 $^{\circ}C$)

α_r : 既知の T_r における抵抗温度係数 (K^{-1}) (例えば、20 $^{\circ}C$ では銅 0.00427 K^{-1} , 金 0.004201 K^{-1}) ¹

T_a に対し異なる周囲温度において、電線の融解電流が得られる場合 (例えば、電線の製造者が、20 $^{\circ}C$ における融解電流を指定している場合)、 I_f は次式で求めることができる。

$$I_f = I_r \sqrt{\frac{(T - T_a)}{(T - T_r)}}$$

ここで、記号等は、次による。

I_r : 周囲温度 T_r において、電線が融解する電流 (A)

¹ 銅の抵抗温度係数の出典: D.H Dellinger, Bulletin of the Bureau of Standards Vol 7 No 1 page 89, November 1910

例 表面積 20 mm²未満の銅線（温度等級 T4）

$$\alpha = 0.00427 \text{ K}^{-1}$$

$I_t = 1.6 \text{ A}$ （実験的に決定，又は電線の製造者が指定）

$$T = 1,083 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

T4 に対する t （小形部品， $t \leq 275 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ）

式を適用すると， $I = 1.3 \text{ A}$ となる。（これは，電線の温度が $275 \text{ }^{\circ}\text{C}$ を超えないようにするために許容される，最高通常電流又は故障電流である。）

表 3 銅線の温度分類（周囲温度 $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下）

直径 α mm	断面積 α mm ²	温度等級ごとの最大許容電流 A		
		T1～T4 及び グループ I	T5	T6
0.035	0.000962	0.53	0.48	0.43
0.05	0.00196	1.04	0.93	0.84
0.1	0.00785	2.1	1.9	1.7
0.2	0.0314	3.7	3.3	3.0
0.35	0.0962	6.4	5.6	5.0
0.5	0.196	7.7	6.9	6.7

α 直径及び断面積は電線の製造者が示す公称値である。
 最大許容電流は単位 A（アンペア）で表し，交流実効値又は直流値である。
 より線については，断面積は，導線の全てのより線の合計値である。
 この表は，リボンケーブルなどの柔軟な平形導線にも適用する。ただし，プリント基板の導線には適用しない。

5.4.4 グループ I 及び II のプリント基板のトラック

爆発性雰囲気にはさらされるプリント基板のトラックの温度等級は，使用可能な解析手法及びデータを用いて，又は試験によって決定する。全てのケースにおいて，トラックの温度等級の決定のため，最大連続電流を用いる。トラック長が 10 mm 以下のときは，温度等級の区分から除外する。製造上の公差は，これらの要求事項に従って決定したトラック幅，基板厚さ，又は導体厚さから， 10% 又は 1 mm のいずれか小さい値を超えて減少させるものであってはならない。

注記 使用可能なデータの例として，IPC-2221 及び IPC-2152 がある。

トラックが銅で作られている場合，温度等級は，表 4 を用いて決定してもよい。表中の値は，実際の基板厚さ，トラック層の数，銅製導体の厚さ，周囲温度，及びトラックが 0.25 W を超える電力を消費するコンポーネントの下を通るか否かによって調整する。表 4 及び調整係数を適用するときは，電流，トラック幅，トラック厚さ，周囲温度及び基板厚さの値を線形内挿することを許容する。いかなる数値又は調整係数も外挿してはならない。最大許容電流 I_p は，次式で計算する。

$$I_p = I \times \lambda_B \times \lambda_L \times \lambda_T \times \lambda_C \times \lambda_A$$

ここで，記号等は，次による。

I : 表 4 に示す温度等級に対する最大許容電流

λ_B : 基板厚さの係数

λ_L : 層数の係数

λ_T : 銅製導体の厚さの係数

λ_C : コンポーネント下の係数

λ_A : 周囲温度の係数

例

次のものに対する最大許容電流を求める。

T5 ($T_{\text{amb}} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) の定格をもつ幅 1 mm のトラックで長さ 10 mm を超え、基板厚さ 1.55 mm の二層回路基板上にあり、かつ、銅製導体の厚さは 18 μm で電力を消費するコンポーネントの下を通らない。

表 4 において、幅 1 mm のトラックで T5 ($T_{\text{amb}} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) であるものの最大許容電流は $I = 4.8\text{ A}$ である。

$$\lambda_B = 1.00, \lambda_L = 0.67, \lambda_T = 0.67, \lambda_C = 1.00, \lambda_A = 0.83$$

$$I_P = 4.8\text{ A} \times 1.00 \times 0.67 \times 0.67 \times 1.00 \times 0.83 = 1.79\text{ A}$$

表 4 プリント基板上のトラックの温度等級

最小トラック幅 mm	温度等級ごとの最大許容電流 (最高周囲温度40 °C)		
	T1~T4及びグループI A	T5 A	T6 A
0.075	0.8	0.6	0.5
0.1	1.0	0.8	0.7
0.125	1.2	1.0	0.8
0.15	1.4	1.1	1.0
0.2	1.8	1.4	1.2
0.3	2.4	1.9	1.7
0.4	3.0	2.4	2.1
0.5	3.5	2.8	2.5
0.7	4.6	3.5	3.2
1.0	5.9	4.8	4.1
1.5	8.0	6.4	5.6
2.0	9.9	7.9	6.9
2.5	11.6	9.3	8.1
3.0	13.3	10.7	9.3
4.0	16.4	13.2	11.4
5.0	19.3	15.5	13.5
6.0	22.0	17.7	15.4

最大許容電流は、単位A（アンペア）で表し、交流実効値又は直流値である。

この表は、厚さ1.55 mm以上のプリント基板で厚さ33 μm の銅の単層をもつものに適用する。表中の数値は、上の最大許容電流に下に示す各係数を掛けることによって調整する。

基板厚さ (mm)	係数 (λ_B)
1.55	1.00
1.00	0.91
0.75	0.87
0.50	0.83
トラック層の数	係数 (λ_L)
1	1.00
2	0.67
> 2	0.50

銅製導体厚さ (μm)	係数 (λ_T)
70	1.30
51	1.20
33	1.00
18	0.67

コンポーネント下 ^a	係数 (λ_C)
なし	1.00
あり	0.67

周囲温度 (°C)	係数 (λ_T)		
	T4	T5	T6
40	1.00	1.00	1.00
60	0.83	0.83	0.83
80	0.77	0.64	0.40
100	0.66	-	-

^a コンポーネントの下を通るトラックのセクションの長さが10 mmを超える場合に、通常又は故障条件下で0.25 W以上を消費するコンポーネント下を通るトラックに適用する。

5.4.5 粉じんに対する本安機器及びコンポーネント温度

熱的発火の適合性のために考慮する温度は、粉じんと接触する本安機器の表面の温度とする。

例 1 IP5X 以上の容器で保護した本安機器では、その容器の表面温度を測定する。このことは、表 1 に示

す第1編（総則）の容器に関する要求事項が適用されているか否かには関係ない。

例2 EPLDa又は指定の粉じん層をもつEPLDbで、6.2.4 a)を満たさない容器を有するものについては、9.14.3.3の試験は、粉じんを満たした容器及び容器の外側に厚さ200 mmの粉じん層を詰めて実施する。温度はセルの表面で測定する。

表面温度の評価の代替法として、グループI及びIIIに対する熱発火の適合性の目的のためには、5.2に定める条件下において、いかなるコンポーネントの最大消費電力も表5に従い、かつ、連続短絡電流が250 mA未満である場合、この本安機器は、粉じんに完全に埋もれている場合、又は粉じん層の厚さが定められない場合のいずれにおいても使用に適するとみなす。この場合、グループIIIに対しては、この本安機器には、粉じん層の厚さが制御できないときの最高表面温度のT135 °Cと表示する。

注記 電流レベル250 mAは、電線又はトラックからの熱発火のリスクに対処するためのものである。

表5 粉じんに埋もれたコンポーネント内の最大許容消費電力

最高周囲温度 °C	40	70	100
許容電力 mW	750	650	550
これらの数値間の線形補間は許容する。			

5.5 単純機器

次のものは、単純機器とみなす。

- 受動コンポーネント。例えば、スイッチ、接続箱、抵抗器、単純な半導体デバイス等
- 明確に定義されたパラメータをもつ単純な回路にある、単体コンポーネントの組合せで構成した蓄積エネルギー源。例えば、コンデンサ、インダクタ等であり、これらの値はシステム全体の安全性を決定するときに考慮する。
- 熱電対、光電池などのエネルギー生成源であって、1.5 V、100 mA及び25 mW以下しか発生しないもの。

単純機器は、この編の箇条11及び第1編の製造者の責任に関する要求事項を除き、この編の該当する全ての要求事項に適合しなければならない。製造者又は本安システムの設計者は、該当する場合、材料データシート及び試験報告書を含め、この箇条に適合していることを証明しなければならない。

次のことは、常に考慮する。

- 単純機器は、次のいずれかの手法を組み込むことによって安全性を確保することはできない。
 - 電圧の制限
 - 電流の制限
 - 抑制デバイス
- 単純機器は、利用可能な電圧又は電流を増幅する手段（例えば、DC-DCコンバータ）をもっていない。
- 単純機器が、本安回路の接地との絶縁を完全に維持することが必要なときは、6.9に従って、接地までの試験電圧に耐えなければならない。その端子は、6.3.1に適合しなければならない。
- 非金属製容器は、第1編（総則）に定める外部非金属製材料の静電気に対する要求事項に適合しなければならない。

- 5) 金属製容器及び容器の金属部分は、第 1 編（総則）の該当する要求事項に適合しなければならない。
- 6) スイッチ、プラグ、ソケット及び端子を定格内の本安回路で使用するときは、これらの温度上昇は 40 K 未満であるものとしてよい。他のタイプの単純機器については、最高温度は 5.4 に従って評価する。

単純機器が、他の電気回路をもつ機器の一部をなす場合、単純機器を含む機器全体をこの編の要求事項に従って評価する。これには、5.5 c) に従う機器を含む。

注記 1 触媒反応又は他の電気化学機構を用いたセンサは、通常、単純機器ではない。

注記 2 単純機器が製造者の仕様（例えば、電氣的及び熱的定格）に適合することを検証することは、この編の要求事項ではない。

—— 指針活用上の留意点 ——

単純機器は IEC 規格では第一者（製造者）認証の対象となっているが、わが国の検定制度では第一者認証は認められていない。わが国では、単純機器は電気機械器具に該当するため、適用除外となるものを除き、登録型式検定機関の検定を受けなければならない。

6 機器の構造

6.1 一般事項

この箇条に示す要求事項は、他の関連する細分箇条に特に記載がない限り、本質安全防爆構造に寄与する本安機器の特性だけに適用する。

例 充填コンパウンドを用いる樹脂充填に対する要求事項は、6.5.6.2 又は 6.6 を満たす必要がある場合に限り適用する。

6.2 容器

6.2.1 一般事項

湿気若しくは粉じんの侵入によって、又は導電性部分に接近することによって本質安全防爆構造が損なわれる可能性がある場合（例えば、機器の部分が離隔の要求事項に依存する場合は、用途及び環境条件に適した容器を使用する。

要求する保護等級は用途によって変わる。例えば、グループ I 及びグループ III の機器に対しては、IEC 60529 に従って、保護等級 IP54 以上が要求される場合がある。

注記 用途及び環境条件に適していることを検証することは、この編の要求事項ではない。

導電性部分への接触を防止するための容器は、異物の侵入保護のための容器とは物理的に異なっているもよい。

本質安全防爆構造に関係する容器の表面部の指定は、第 1 編の文書に関する要求事項による文書及び使用者の取扱説明書に記載する（12.1 f）参照）。

容器の引込部に対する特定の要求事項（例えば、IP 等級）は、製造者の取扱説明書に明記する。

表 7 の離隔の要求事項、又は表 8 若しくは表 9 の軽減した離隔距離の要求事項に従うグループ I, II, IIIA 及び IIIB に対する本安機器の容器は、該当する場合、6.2.2 又は 6.2.3 の要求事項を満たさなければならない。詳細は、附属書 I を参照のこと。

グループ IIIC に対する本安機器の容器は、6.2.4 の要求事項を満たさなければならない。

表 7 の離隔の要求事項、又は表 8 若しくは表 9 の軽減した離隔距離の要求事項に従う、全てのグループに対する本安関連機器（又は、その部分）の容器は、該当する場合、6.2.2 又は 6.2.3 の要求事項を満たさなければならない。

6.2.2 表 7 に従う機器

表 7 の離隔の要求事項に依拠する機器の部分は、IEC 60529 に従い、保護等級 IP2X 以上の性能をもつ容器を備えなければならない。

容器は、第 1 編（総則）の容器の試験にかける必要はない。ただし、携帯式機器又はパーソナル機器の容器については、第 1 編の落下試験を適用する。

6.2.3 表 8 又は表 9 に従う機器

機器の、表 8 又は表 9 の軽減した離隔距離の要求事項に依拠する部分は、本質安全防爆構造が依存する離隔を確保するために、次のいずれか一つにより離隔部を保護しなければならない。

- a) 容器は、IEC 60529 に従い、保護等級 IP54 以上の性能を備え、かつ、6.2.5.1 の要求事項を満たす。
- b) 離隔部は、6.2.5.2 によって保護する。
- c) 固定設備に対しては、IEC 60529 に従い、保護等級 IP2X 以上の性能をもつ容器を備え、かつ、設置及び使用は、IEC 60664-1 に従い、汚染度 2 又は 1 の環境内に限定する。容器は、第 1 編（総則）の容器の試験にかける必要はない。認証番号には、第 1 編の表示の要求事項に従って記号 X を付記し、かつ、特定の使用条件に、設置上の要求事項の制限を詳細に記載する。

記載例 「機器は、IEC 60664-1 に定義する汚染度 2 を達成する、管理された環境内だけで使用すること」（結露による一時的な導電性の汚染がたまに生じることを除けば、非導電性物質による汚染だけが生じることが予測される。）

6.2.4 グループ IIIC 本安機器の容器

機器の、表 7、表 8 又は表 9 の離隔距離の要求事項に依拠する部分は、次のいずれか一つにより離隔部を保護しなければならない。この保護は、本質安全防爆構造のよりどころとなる。

- a) 容器は、次に示す 1) 又は 2) のいずれかの保護等級の性能を備え、かつ、6.2.5.1 の要求事項を満たす。
 - 1) 離隔が、表 7 の空間距離及び離隔距離の要求事項を満たすことによって達成される場合、IEC 60529 に従い、保護等級 IP5X 以上。
 - 2) 離隔が、表 8 又は表 9 の空間距離及び離隔距離の要求事項を満たすことによって達成される場合、IEC 60529 に従い、保護等級 IP54 以上。
- b) 離隔部は、6.2.5.2 によって保護する。

6.2.5 離隔部の保護

6.2.5.1 容器による保護

離隔部は、表 1 に示す第 1 編（総則）による要求事項を適用した後、指定の IP 等級を備える容器を用いることによって 6.2.3 a) 又は 6.2.4 a) を満足するように保護することができる。

容器の健全性が、配線に用いる開口部のシールに依っている場合、第 1 編の表示の要求事項に従って認証番号には記号 X を付記し、認証書の特定の使用条件には、当該機器には、第 1 編の要求事項に適合する

ケーブルグランド、ねじアダプタ及び閉止用エレメントだけが使用可能であることを明記する。

—— 指針活用上の留意点 ——

わが国ではケーブルグランド、ねじアダプタ及び閉止用エレメントは、単体としては法に基づく型式検定の対象外であり、防爆機器に組み込んで試験等を行うことが要求されている。したがって、この項で要求される特定の使用条件については、防爆機器に組み込んで試験等を実施したケーブルグランド、ねじアダプタ及び閉止用エレメントを具体的に指定することが望ましい。

6.2.5.2 他の手法による保護

離隔部は、IEC 60529 に従い、保護等級 IP2X 以上を備える容器を用いることによって 6.2.3 b) 又は 6.2.4 b) を満足するように保護することができる。ただし、離隔部は次のいずれかでなければならない。

- a) 6.5.6.5 に適合するコーティングによって保護されている。
- b) 6.5.6.2 に適合する樹脂充填又は充填コンパウンドによって保護されている。
- c) 6.5.6.3 に適合する固体絶縁を介する。
- d) 多層プリント基板 (PCB) の内層上に位置する。

容器は、第 1 編 (総則) の容器の試験にかける必要はない。ただし、携帯式機器及びパーソナル機器については、第 1 編の落下試験を適用する。

6.3 外部回路の接続端子部

6.3.1 端子

6.5.1 の要求事項を満たすことに加えて、本安回路の端子は、次の a) 又は b) に示す手法の一つ以上によって非本安回路の端子から離隔する。

- a) 本安回路の裸導電性部分と非本安回路の裸導電性部分との間の絶縁空間距離は 50 mm 以上とする。
端子の配置及び配線方法は、配線がずれても回路間の混触が生じないように配慮する。
- b) 本安回路の端子と非本安回路の端子を別々の容器に収めることによって、又は、絶縁隔離板又は接地した金属隔離板を共通のカバーをもつ端子間に配置することによって離隔を達成するときは、次を適用する。
 - 1) 端子間を離隔するために使用する隔離板は、容器の壁から 1.5 mm 以内に近づける。又は、代替法として、隔離板の周囲では、端子の裸導電性部分間はその方向にも 50 mm 以上離す。
 - 2) 金属隔離板は接地し、かつ、隔離板を現場で接続している間、損傷に耐えるに十分な強度及び剛性をもたなければならない。このような隔離板は、厚さ 0.45 mm 以上とするか、又はそれに満たない場合、9.4.3 に適合しなければならない。さらに、金属隔離板は、故障条件で溶け落ち、又は接地との接続を失うことがないように、十分な電流容量をもたせる。
 - 3) 非金属の絶縁隔離板は、適切な CTI 及び十分な厚さとし、その目的を損なう歪みが起きないように、確実に保持する。絶縁隔離板は、厚さ 0.9 mm 以上とするか、又はそれに満たない場合、9.4.3 に適合しなければならない。

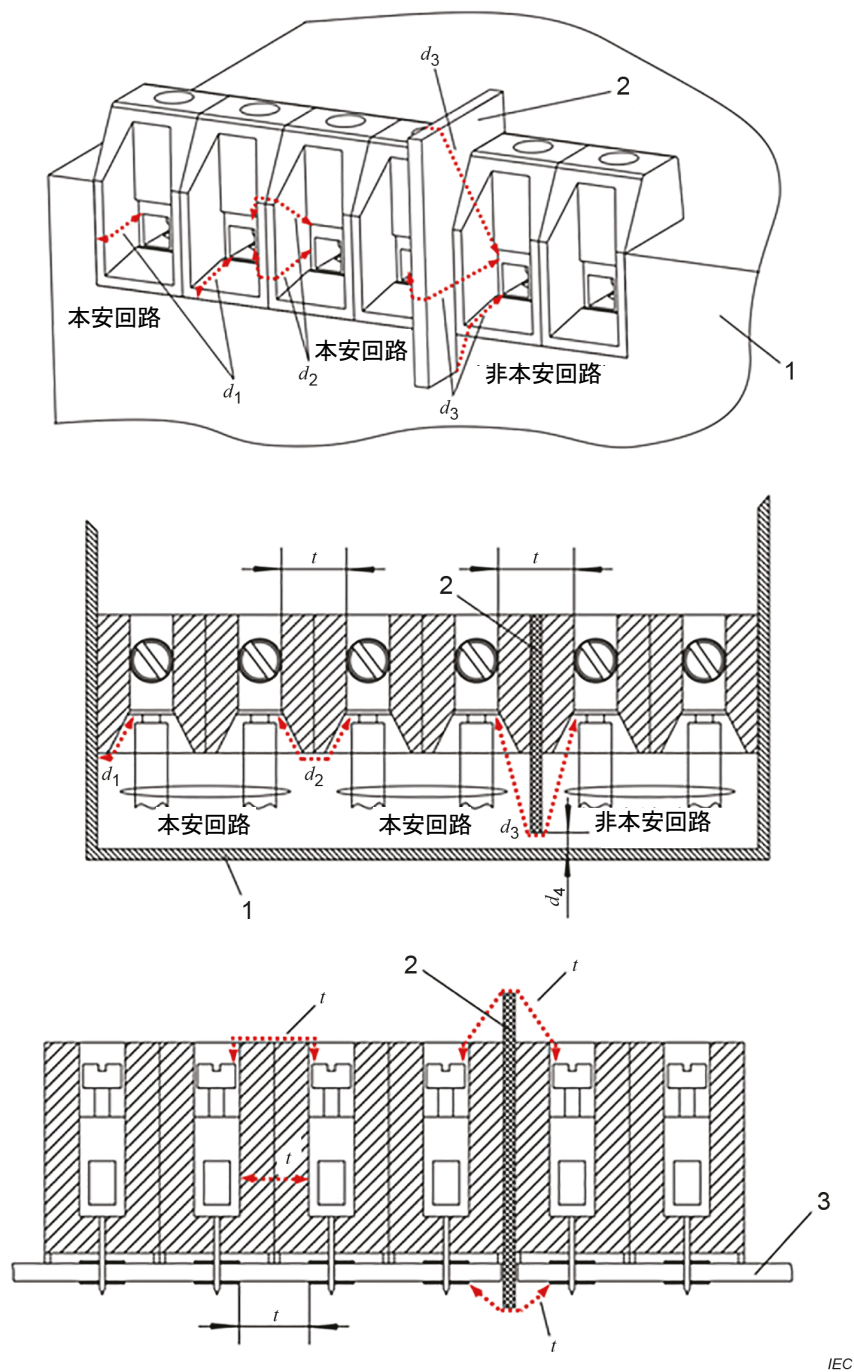
6.5.1 の要求事項を満足することに加えて、外部回路との接続を受け止める接続端子部の裸導電性部分相互間の絶縁空間距離及び沿面距離 (図 1 の d_1 及び d_2 参照) は、次のいずれも満たさなければならない。

－ 異なる本安回路間は，6 mm 以上

－ 地絡が本質安全防爆構造を損なう場合，異なる本安回路間，及び接地した部分から 3 mm 以上

上記の離隔手法は，外部配線が端子から外れたとき，IEC 60529 に従い，保護等級 IP2X 以上を有する容器によって保護されていない導体又はコンポーネントと混触すると本質安全防爆構造が損なわれる可能性がある場合にも適用する。

堅固に固定していない金属部が動くことがあることも考慮する。図 1 は，端子の間で考慮する離隔距離を示す。



凡例

1 カバー／容器

2 6.3.1 に従う離隔板：この例では、ベースと同質のものとするか、又はベースに固着する

3 プリント基板

t 6.5.1 に従う離隔距離

$d_1 \geq 3 \text{ mm}$ (カバー／容器が導電性で接地している場合)

$d_2 \geq 6 \text{ mm}$

$d_3 \geq 50 \text{ mm}$ 又は $d_4 \leq 1.5 \text{ mm}$

図1 端子での隔離

6.3.2 接地端子

本質安全防爆構造を維持するため接地が必要であるときは、次を適用する。

- a) この目的で使用する端子は、それ自体が緩まないように実装部に固定し、かつ、導体が本来の位置から脱落することがない構造とする。
- b) 芯線を直接締め付けることを意図した端子台で多芯より線を使用する場合であっても、導体を損傷することなく、適切な接触を維持しなければならない。
- c) 通常使用時における温度変化によって、端子台の接触が著しく損なわれてはならない。
- d) より線を締め付けるための端子には、弾力性のある介在部分を含める。
- e) 4 mm² までの断面積をもつ導線に対応する端子台は、より小さい断面積をもつ（複数の）導体の効果的な接続にも適したものでなければならない。

第5編（安全増防爆構造）の電氣的接続部の要求事項に適合する端子は、これらの要求事項に従っているとみなす。

次のものは、使用してはならない。

- － 導体を損傷させるおそれのある鋭い角をもつ端子
- － 通常の締め付けによる、回転、ねじれ又は永久変形のおそれのある端子
- － 端子内の接触圧を伝える絶縁材料

6.3.3 プラグ及びソケット

機器が、外部接続用の一つ以上のプラグ及びソケットを備え、誤接続によって本質安全防爆構造に悪影響を及ぼす可能性がある場合、次の要求事項を適用する。

- a) 外部の本安回路を接続するために使用するプラグ及びソケットは、外部の非本安回路を接続するために使用するプラグ及びソケットから離隔し、かつ、誤接続できない構造とする。
- b) 個別の本安回路間、又は個別の非本安回路間を接続するために使用するプラグ及びソケットは、次のいずれかでなければならない。
 - 1) キー溝などによって誤接続できないようにする。
 - 2) 対となるプラグ及びソケットは、誤接続したことが一目瞭然となるように、表示又はカラーコードなどによって識別する。

プラグ及びソケットにあらかじめ配線が付属していない場合、その接続端子部は 6.3.1 に適合しなければならない。あらかじめ配線が付属している場合、又は、接続部には特別な工具（例えばクランプによって）の使用を必要とし、より線がばらける可能性がないようにしている場合、接続端子部は、6.2.2、6.2.3 又は 6.2.4 の該当する条件下において、表 7、表 8 又は表 9 だけに従えばよい。

コネクタに接地回路が接続され、かつ、本質安全防爆構造が接地接続に依存する場合、コネクタは、6.4.4 に従って製造しなければならない。

6.3.4 恒久的に接続するケーブル

外部接続用のケーブルと一体にして製造した機器は、機器内部でのケーブル終端部の破損によって本質安全防爆構造を損なう可能性がある場合（例えば、ケーブル内の一つ以上の本安回路が存在し、破損によって不安全的な内部短絡を生じる可能性がある場合）、そのケーブルに対して、9.4.4 の引張試験を行う

6.3.5 非危険場所で使用する本安機器の接続部及びその附属品

6.3.5.1 一般事項

本安機器は、非危険場所だけで使用する附属品（例えば、データのダウンロード又はバッテリーの充電のための接続部）への接続に限定した外部配線接続端子部を備えていてもよい。これらの接続部は、6.3.5.2 及び 6.3.5.3 に適合しなければならない。

6.3.5 の要求事項は、次のものには適用しない。

- － 製造、試験、修理又はオーバーホールに用いる接続端子部
- － エンドユーザがアクセスできない接続端子部

注記 修理及びオーバーホールについては、IEC 60079-19 で扱う。

6.3.5.2 危険場所における火花点火に対する保護

これらの接続部は、機器が危険場所にあるとき、火花点火を生じないように保護しなければならない。これは、次のいずれかによる。

- － この編に従って、出力を制限する。
- － グループ II の本安機器については、非危険場所での使用を意図する接続端子部を保護等級 IP3X 以上の容器で保護する。機器には 11.2 d) に定める警告表示を施し、かつ、接点間の離隔距離は、内部回路の開放電圧（例えば、バッテリーの開放電圧）を考慮して、6.5.1 に適合させる。

6.3.5.3 本質安全防爆構造が依存するコンポーネントの保護

保護レベル“ia”及び“ib”については、接続端子部には、ガルバニック絶縁を介した接続も含めて、非危険場所で接続されている間に本安機器内部の本質安全防爆構造が依存するコンポーネントの定格が確実に 7.1 に適合するように、保護を備えなければならない。この接続端子部は、非危険場所で接続する（ガルバニック絶縁を通した接続を含む）。

例 ワイヤレス充電は、ガルバニック絶縁による接続を実現したものである。

保護回路及びコンポーネントが本安機器又は非危険場所の附属品のいずれに位置するかによって、次のうちの一つを適用する。

- a) 本安機器の接続端子部が、認証書に記された非危険場所の附属品の使用だけに限定されていない場合、この接続部に印加できる最大電圧 U_m は、認証書に記載し、かつ、機器に表示する。
- b) 保護回路のいかなる部分も非危険場所の附属品の内部に位置する場合、その附属品は認証書に記載する。非本安機器に接続される非危険場所の附属品の接続端子部に印加する最高定格入力電圧 U_m は、認証書に記載し、かつ、附属品の表示は 11.1.5 に適合しなければならない。

注記 1 附属品と本安機器との間の接続のためのパラメータを特定することは、この編の要求事項ではない。

5.2 の数えられる故障の解析、離隔距離、熱的点火又は火花点火の考慮は、非危険場所の附属品には要求しない。ただし、保護コンポーネントは、数えられない故障をコンポーネントに適用した後、7.1 の要求事項に適合しなければならない。

例 7.1 に適合するヒューズ及びツェナーダイオードは、この要求事項を満たす。

注記 2 IEC 60079-14 には、 U_m が 250 V 未満の本安関連機器に適応する回路又は電源のタイプを指定している。

二次セル及びバッテリーの充電は、セル及びバッテリーの製造者が指定する制限内で、かつ、第 1 編の二次

セルの表に規定されている方法に従って実行する。

6.4 内部接続部及びコネクタ

6.4.1 一般事項

保護レベル“ia”及び“ib”については、6.4.2に適合しない場合、導体、コネクタ又はプリント基板のトラック（その接続部を含む）について次の開放故障（機能失敗）を考慮する。

- － 得られるデータを用いて最大電流に応じた定格である場合、数えられる故障
- － 数えられない故障

注記 1 導体、コネクタ又はプリント基板のトラックの電流定格に関する機器製造者の仕様に適合していることを検証することは、この編の要求事項ではない。

注記 2 得られるデータの例としては、IPC-2221 及び IPC-2152 がある。

開放故障（機能失敗）後、接続部が自由に動く場合、断線を招く故障であるとともに、その可動域の範囲内でのいかなる回路の部分の短絡故障も数えられる故障とみなす。

保護レベル“ic”については、接続部は、5.2.1 f) を含む通常運転条件下での最大電流に適応しなければならず、かつ、開放故障（機能失敗）を起こしてはならない。

全ての保護レベルについては、コネクタの完全な断線が生じても、回路は本質安全性を保持しなければならない。

6.4.2 故障しない接続部

6.4.2.1 一般事項

コネクタ、電線、プリント基板又は 6.4.2.2, 6.4.2.3, 6.4.2.4 及び 6.4.2.5 の該当する箇条に従う他の手法を経由する接続部、並びに IP2X 以上の容器で保護された接続部は、接続端子部を露出したときを含み、開路故障（機能失敗）しないものとみなす。

6.4.2.2 コネクタ

コネクタは、接続部が、保護レベル“ia”の回路に対しては三つ以上の独立した接続エレメントから、及び保護レベル“ib”の回路に対しては二つ以上の独立した接続エレメントから構成される場合、故障しないとみなす（図 2 参照）。三つのエレメントは、並列に接続する。コネクタがある角度で取り外せる場合、一つの接続部は、各コネクタの末端に、又はその近くになければならない。

次のいずれかの条件を満たさなければならない。

- － 各接続エレメントは、5.2 に定める条件下で、全電流を流すことができる定格であること。
- － 全電流を流すため二本以上の導体が必要である場合、5.2 に定める条件下で、残っている導体で全電流を流すことができること

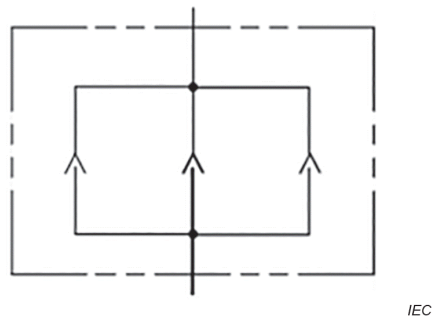


図 2 a) 三つの独立した接続エレメントの例

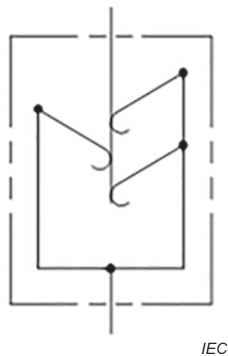


図 2 b) 独立していない三つの接続エレメントの例

図 2 独立した及び独立していない接続エレメントの例示

6.4.2.3 配線

配線は、次のいずれかの場合、故障しない接続部とみなす。

- a) 2本の電線が並列であり、かつ、得られるデータを用いて 5.2 に定める条件下で、全電流を流すことができる定格である場合。その場合、電線のうち 1 本だけが外れるとみなす。

注記 外れた電線の再接続は、6.4.1 に従って対処する。

- b) 単一の電線が直径 0.5 mm 以上で、かつ、支持されていない部分の長さが 50 mm 未満、若しくは、その接続点に隣接して機械的に堅固に固定されている場合
- c) 単一の電線が、より線又は柔軟なリボンタイプの構造であり、断面積が 0.125 mm²（直径 0.4 mm）以上であり、使用中曲げられることがなく、かつ、支持されていない部分の長さが 50 mm 未満、若しくは、その接続点に隣接して堅固に固定されている場合

6.4.2.4 プリント基板

次のプリント基板のトラック及びスルーホールは、故障しない接続部を作るとみなす。

- a) 銅のトラック及びスルーホールで表 6 に適合するもの

- b) 単一のトラック及びスルーホールで、トラック幅又はスルーホールの円周が 1 mm 以上であり、次のいずれかであるもの
- 1) 9.5 の試験の要求事項に適合する。
 - 2) 得られるデータを用いて、最大電流を流すために適切なサイズであることを示すことができる。

表 6 故障しないプリント基板のトラック及びスルーホールの要求事項

保護レベル	トラック又はスルーホールの数	導体厚さの最小値 (μm)	トラック幅又はスルーホールの円周の最小値 (mm)
“ia”	1	30 (外層) 24 (内層)	2
	2	30 (外層) 24 (内層)	1
	3	適切なサイズ	適切なサイズ
“ib”	1	30 (外層) 24 (内層)	2
	2	適切なサイズ	適切なサイズ

例 適切なサイズであることを示すために得られるデータの例として、IPC-2221 及び IPC-2152 がある。

6.4.2.5 他の接続部

他の接続部は、次の場合、故障しないとみなす。

- a) 二つの接続部が並列であり、5.2 に定める条件下で、各接続部が全電流を流すことができる定格をもつ。
- b) はんだ付けした単一の接合部であって、電線をプリント基板の穴（スルーホールを含む）に通しており、かつ、次のいずれかであるもの。
 - － 穴で、又は穴の近傍ではんだ付けしている
 - － 圧着接続している
 - － ろう付け又は溶接している
- c) コンポーネントの製造者の推奨又は適用する産業規格に従って実装した表面実装形コンポーネントのはんだ接合接続部のとき。

注記 適用する産業規格の例として、IEC-61191-2 及び IPC-A-610 がある。

- d) 第 5 編（安全増防爆構造）の保護レベル“eb”に適合する単一の接続部である。

6.4.3 内部接続用コネクタ、プラグインカード用コネクタ及びコンポーネント用コネクタ

これらのコネクタは、同一の機器内において、誤接続、又は他のコネクタへの誤挿入がない設計とする。ただし、本質安全防爆構造を損なわない場合、又は、誤接続がはっきりと識別できる場合は、この限りではない。保護レベル“ic”については、このことは、通常運転の一部として回路にアクセスするようになっているときだけ適用する。

保護レベル“ia”及び“ib”については、コネクタによる接続が本質安全防爆構造を維持するために必要である場合、6.4.2.2 の要求事項を適用する。

6.4.4 接地導体及び接続部

本質安全防爆構造を維持するため接地が必要である場合、この目的で用いるいかなる導体、コネクタ、及びプリント基板のトラックも、5.2に定める条件下で、6.4.2の要求事項を満たさなければならない。

注記 容器、導体、金属スクリーン、プリント基板上のトラック、プラグインコネクタの分離接触部及びダイオード形安全保持器の接地が本質安全防爆構造を維持するために必要になることがある。

6.5 導電性部分の隔離

6.5.1 本質安全防爆構造が依存する隔離

本質安全防爆構造性が、次のいずれかの導電性部分間の隔離に依存する場合、その隔離は、6.5.4の故障解析の後、6.5.2及び6.5.3に従って維持する。

- 本安回路と非本安回路との間
- 異なる本安回路の間
- 一つの本安回路の異なる部分間、例えば、電流制限コンポーネント間
- 一つの回路と接地した金属部分若しくは絶縁した金属部分との間

保護レベル“ia”及び“ib”については、この要求事項は、この編に他の定めがない限り、コンポーネント内の内部隔離に適用する。

保護レベル“ic”については、この要求事項は、この編に他の定めがない限り、コンポーネント内の内部隔離には適用しない。

注記 1 第1編によって、関係する適用する産業規格の安全性に関する要求事項を満たすため、追加の隔離が必要となる。

注記 2 異なるタイプの隔離の詳細については6.5.6参照。

隔離距離は、導体又は導電性部分のいかなる動きも考慮に入れて、測定及び評価を行う。製造上の公差で、隔離距離が最小要求値から1 mm又は10 %のいずれか小さい値を超えて減少してはならない。

注記 3 評価の方法は、附属書C参照。

保護レベル“ia”及び“ib”については、本質安全防爆構造のために既製の電子コンポーネント本体までの隔離距離が必要な場合、隔離を確保するためにコンポーネントの絶縁体部分を考慮に入れてはならない。ただし、この絶縁の厚さがコンポーネントの製造者によって指定されている場合を除く。

例 1 コンポーネントがプリント基板上のトラックを覆って、又はこれに隣接して取り付けられている場合、コンポーネントの導電性部分とトラックとの隔離

例 2 絶縁した抵抗器と隣接するコンポーネント若しくは導電性部分との間

はんだ用のフットプリントが、コンポーネントの製造者の推奨するものと同等の設計である場合、コンポーネントのいかなる内部導電性部分とそのはんだパッドとの間の短絡も考慮する必要はない。

6.5.2 表7による隔離距離

表7による隔離距離は、6.2.2の条件下、又は該当する6.2.4の要求事項における基準隔離距離を示す。

注記 表7に示す隔離距離の要求事項は、汚染度3及びOVC IIIに対するIEC 60664-1に示されたものと同様のものである。

6.5.3 軽減した隔離距離

6.5.3.1 一般事項

表8又は表9は、6.2.3又は6.2.4の条件下において、次のものに対する、表7の要求事項からの軽減し

た離隔距離を示す。

- － 実装プリント基板
- － 絶縁材料。ただし、この編によって、表 7 だけが許容されている場合を除く。
- － ガルバニック絶縁されたコンポーネント。例えば、リレー及び信号アイソレータ（変圧器を除く）。

注記 表 8 及び表 9 は、IEC 60664-1 に由来する軽減した離隔距離を適用するため、低減した汚染度及び定義された OVC を利用している。

6.5.3.2 表 8 による軽減した離隔距離

表 8 の離隔の要求事項を満たす機器は、次に従わなければならない。

主電源からの電力で駆動する本安関連機器に対しては、主電源は、機器の製造者による制限がない限り、IEC 60664-1 に定義する OVC III であるものとする。OVC が OVC I 又は II に制限されている場合、このことは、設置条件として製造者が提供する文書に含める。第 1 編（総則）の表示の要求事項に従って、認証番号には記号 X を付記し、認証書の特定の使用条件には、設置の要求事項を詳細に記載する。

主電源に接続していないか、又は OVC I 又は II に対して指定されているように、機器の内部を適切に保護するため、減少した過渡過電圧を受ける回路は、制限の観点から表 8 の OVC I 又は II の欄を用いる。

6.5.3.3 保護レベル“ic”に対する軽減した離隔距離

表 9 は、保護レベル ic で交流実効値 250 V／直流又はピーク電圧 375 V までのものに対して用いる。ただし、次の要求事項を満たさなければならない。

- a) 主電源に接続していないか、又は OVC I 又は II に対して指定されているように、機器の内部を適切に保護するため、低減した過渡過電圧を受ける回路は、制限の観点から OVC I 又は II の回路とみなす。
- b) 主電源からの電力で駆動する本安関連機器であって、適切な内部保護をもたないものに対しては、主電源は、IEC 60664-1 に定義する OVC I 又は II に制限する。このことは、設置条件として製造者が提供する文書に含める。第 1 編（総則）の表示の要求事項に従って、認証番号には記号 X を付記し、認証書の特定の使用条件には、設置の要求事項を詳細に記載する。
- c) 機器の定格電圧、又は考慮する機器のいかなる部分に加わる公称電圧も、交流実効値 60 V 又は直流 85 V 以下である場合、一般の産業規格に追加する離隔距離の要求事項は一切ない。

6.5.4 離隔の故障（機能失敗）

6.5.4.1 一般事項

6.2 に準拠した容器内部での離隔の故障（機能失敗）は、6.5.4.2、6.5.4.3、6.5.4.4 及び 6.5.4.5 に従って検討する。

離隔は、短絡故障だけを考慮する。

6.5.4.2 故障しない離隔

表 7、表 8 又は表 9 の値に従う離隔距離は、6.2.2、6.2.3 又は 6.2.4 の該当する条件下において、故障しないとみなす。

接続端子部にエンドユーザがアクセスできる場合、離隔距離は、離隔が次のいずれかに該当する場合に限って、故障しないとみなす。

- a) 固体絶縁による離隔（多層プリント基板の内層上のトラックの位置を含む）

- b) 樹脂充填
- c) この編に従うコーティングによる被覆
- d) IEC 60529 による保護等級 IP2X 以上の容器によって保護

6.5.4.3 表 7 による離隔距離

保護レベル“ia”及び“ib”については、表 7 に規定する値未満、かつ、その値の 1/3 以上の離隔距離は、数えられる故障を生じるとみなす。

保護レベル“ia”については、表 7 の総合距離が、6.5.7 に従って、二つのセクションを組み合わせることによって構成される場合、総合的な離隔の評価においては、一つの数えられる故障をいずれかのセクションに適用するが、両方には適用しない。

保護レベル“ia”及び“ib”については、表 7 に規定する値の 1/3 未満の離隔距離は、数えられない故障を生じるとみなす。

保護レベル“ic”については、6.5.7 によって許容する場合を除き、離隔距離が表 7 に規定する値未満の場合、数えられない故障を生じるとみなす。

6.5.4.4 表 8 による離隔距離

保護レベル“ia”及び“ib”については、6.5.7 に従うように使用する場合を除き、表 8 に規定する値未満、かつ、その値の 1/2 以上の離隔距離は、数えられる故障を生じるとみなす。耐電圧試験電圧は、9.7 及び 9.8 のいずれか該当するものに定める値とする。

保護レベル“ia”については、表 8 の総合距離が、6.5.7 に従って、二つのセクションを組み合わせることによって構成される場合、総合的な離隔の評価においては、一つの数えられる故障をいずれかのセクションに適用するが、両方には適用しない。

保護レベル“ia”及び“ib”については、表 8 に規定する値の 1/2 未満の離隔距離は、数えられない故障を生じるとみなす。

保護レベル“ic”については、表 8 に規定する距離の適用が可能であり、離隔距離が表 8 に規定する値未満の場合、数えられない故障を生じるとみなす。

例 OVC III の保護レベル“ic”の回路には表 9 は適用しないが、表 7 及び表 8 は適用可能である。

6.5.4.5 表 9 による離隔距離

保護レベル“ic”については、6.5.7 によって許容する場合を除き、離隔距離が表 9 に規定する値未満の場合、数えられない故障を生じるとみなす。

表 7 絶縁空間距離，沿面距離及び離隔距離

1	2		3		4		5		6		7	
電圧(ピーク値) ^a V	絶縁空間距離 mm		充填物離隔距離 mm		固体離隔距離 mm		沿面距離 mm		コーティングで保護した離隔距離 mm		CTI ^b	
保護レベル	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia	ib, ic
10	1.5	0.4	0.5	0.2	0.5	0.2	1.5	1.0	0.5	0.3	-	-
30	2.0	0.8	0.7	0.2	0.5	0.2	2.0	1.3	0.7	0.3	100	100
60	3.0	0.8	1.0	0.3	0.5	0.3	3.0	1.9	1.0	0.6	100	100
90	4.0	0.8	1.3	0.3	0.7	0.3	4.0	2.1	1.3	0.6	100	100
190	5.0	1.5	1.7	0.6	0.8	0.6	8.0	2.5	2.6	1.1	175	175
375	6.0	2.5	2.0	0.6	1.0	0.6	10.0	4.0	3.3	1.7	175	175
550	7.0	4.0	2.4	0.8	1.2	0.8	15.0	6.3	5.0	2.4	275	175
750	8.0	5.0	2.7	0.9	1.4	0.9	18.0	10.0	6.0	2.9	275	175
1,000	10.0	7.0	3.3	1.1	1.7	1.1	25.0	12.5	8.3	4.0	275	175
1,300	14.0	8.0	4.6	1.7	2.3	1.7	36.0	13.0	12.0	5.8	275	175
1,575	16.0	10.0	5.3	-	2.7	-	49.0	15.0	16.3		275	175
3,300	-	18.0	9.0	-	4.5	-	-	32.0	-	-	-	-
4,700	-	22.0	12.0	-	6.0	-	-	50.0	-	-	-	-
9,500	-	45.0	20.0	-	10.0	-	-	100.0	-	-	-	-
15,600	-	70.0	33.0	-	16.5	-	-	150.0	-	-	-	-
^a 繰返しピーク電圧を含むが，過渡現象は無視してよい。 ^b 6.5.6.4参照。10 V以下においては，絶縁材料のCTIは特定しなくてもよい。												

表 8 軽減した離隔距離

1	2		3				4		5		6	7	
定格絶縁電圧	絶縁空間距離 mm		沿面距離 mm				タイプ1保護下の 離隔距離 ^c		タイプ2保護下の 離隔距離 ^c 又は充 填物離隔距離		固体 離隔 距離	タイプ1及びタイプ2保護の耐電圧試 験、固体離隔距離及び充填物離隔距離	
交流実効 値又は直 流 ^a	OVC Ⅲ mm	OVC Ⅰ又はⅡ mm	プリン ト基板 ^d mm	材料グループ ^b			OVC Ⅲ mm	OVC Ⅰ又はⅡ mm	OVC Ⅲ mm	OVC Ⅰ又はⅡ mm		OVC Ⅲ	OVC Ⅰ又はⅡ
				Ⅰ (CTI ≥ 600) mm	Ⅱ (CTI ≥ 400) mm	Ⅲ (CTI ≥ 100) mm							
10	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	840 V AC _{RMS}	620 V AC _{RMS}
32	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	840 V AC _{RMS}	620 V AC _{RMS}
50	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0.20	0.20	0.20	0.20	840 V AC _{RMS}	620 V AC _{RMS}
63	1.50	0.32	0.32	1.26 ^h	1.80 ^h	2.50 ^h	0.75	0.32	0.45 0.20 ^f	0.20	0.20	1,390 V AC _{RMS}	840 V AC _{RMS}
100	1.50	0.32	0.32	1.42 ^h	2.00 ^h	2.80 ^h	0.75	0.32	0.45 0.20 ^f	0.20	0.20	2,600 V AC _{RMS}	2,600 V AC _{RMS}
150	3.00	1.50 1.30 ^e	1.50 1.30 ^e	1.57 ^h	2.17 ^h	3.14 ^h	1.50	0.65	1.20 0.20 ^f	0.45 0.20 ^f	0.20 ^g	2,830 V AC _{RMS} PDV: 849 V _{peak}	2,700 V AC _{RMS} PDV: 849 V _{peak}
300	5.50	3.00	3.00	3.00 ^h	4.13 ^h	6.00 ^h	2.75	1.50	1.50 0.20 ^f	1.20 0.20 ^f	0.20 ^g	4,240 V AC _{RMS} PDV: 1,167 V _{peak}	3,000 V AC _{RMS} PDV: 1,167 V _{peak}
600	8.00	5.50	6.10	6.10 ^h	8.60 ^h	12.00 ^h	4.00	3.20	3.00 0.20 ^f	1.50 0.20 ^f	0.20 ^g	5,660 V AC _{RMS} PDV: 1,803 V _{peak}	4,240 V AC _{RMS} PDV: 1,803 V _{peak}
^a 繰返しピーク電圧を含むが、過渡現象は無視してよい。 ^b 材料グループはIEC 60664-1による。6.5.6.4参照。 ^c タイプはIEC 60664-3による。6.5.6.5参照。 ^d プリント基板のCTIは、電圧10 V～100Vについては≥100、150 V～400Vについては≥175、及び400V超については≥275とする。 ^e 型式試験の耐電圧試験にU = 2,065 V AC _{RMS} を印加するときは、低い方の値を許容する。 ^f 10.1による耐電圧の要求事項に対してはルーチン試験を要求する。 ^g 9.7による型式試験を要求する（6.5.6.3参照） ^h ガルバニック絶縁にまたがって備えられ又は位置するコンポーネント及び部品だけに適用する。ガルバニック絶縁がない場合、プリント基板の欄を用いる。 ⁱ 耐電圧の要求事項は、製品に用いる充填コンパウンドの適合性を検証するためのものである。試験結果が、絶縁に平行に生じる通電経路によって影響を受けないように注意することが望ましい。													

表 9 保護レベル“ic”に対する軽減した離隔距離

1		2	3			4			5	6
電圧 AC _{RMS} 又はDC ^a	電圧 ピーク値	絶縁空間 距離	沿面距離			コーティングで保護した離隔距離			固体離隔距離 及び充填物離 隔距離	タイプ1及びタイ プ2保護の耐電圧 試験
			材料グループ ^b							
			I (CTI ≥ 600)	II (CTI ≥ 400)	III (CTI ≥ 100)	コンフォー マルコーテ ィング	タイプ1保護	タイプ2保護		
V	V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V AC _{RMS}
60 ^f	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 ^c	-	0.40	0.63	0.90	1.25	0.30	0.20	0.10	0.15	780
-	90 ^d	0.40	-	-	1.25	0.30	-	-	0.15	-
80 ^c	-	0.40	0.67	0.95	1.30	0.40	0.22	0.10	0.30	780
100 ^c	-	0.50	0.71	1.00	1.40	0.40	0.25	0.10	0.30	1,300
125 ^c	-	0.50	0.75	1.05	1.50	0.40	0.28	0.20	0.30	1,325
-	190 ^d	0.50	-	-	1.50 ^e	0.40	-	-	0.30	-
160 ^c	-	1.25	0.80	1.10	1.60	0.85	0.63	0.20	0.30	1,360
200 ^c	-	1.25	1.50	1.50	2.00	0.85	0.63	0.45	0.30	1,768
250 ^c	-	1.25	1.50	1.80	2.50	0.85	0.63	0.45	0.30	1,768
-	375 ^d	1.25	-	-	2.50 ^e	0.85	-	-	0.30	-

^a 繰返しピーク電圧を含むが、過渡現象は無視してよい。

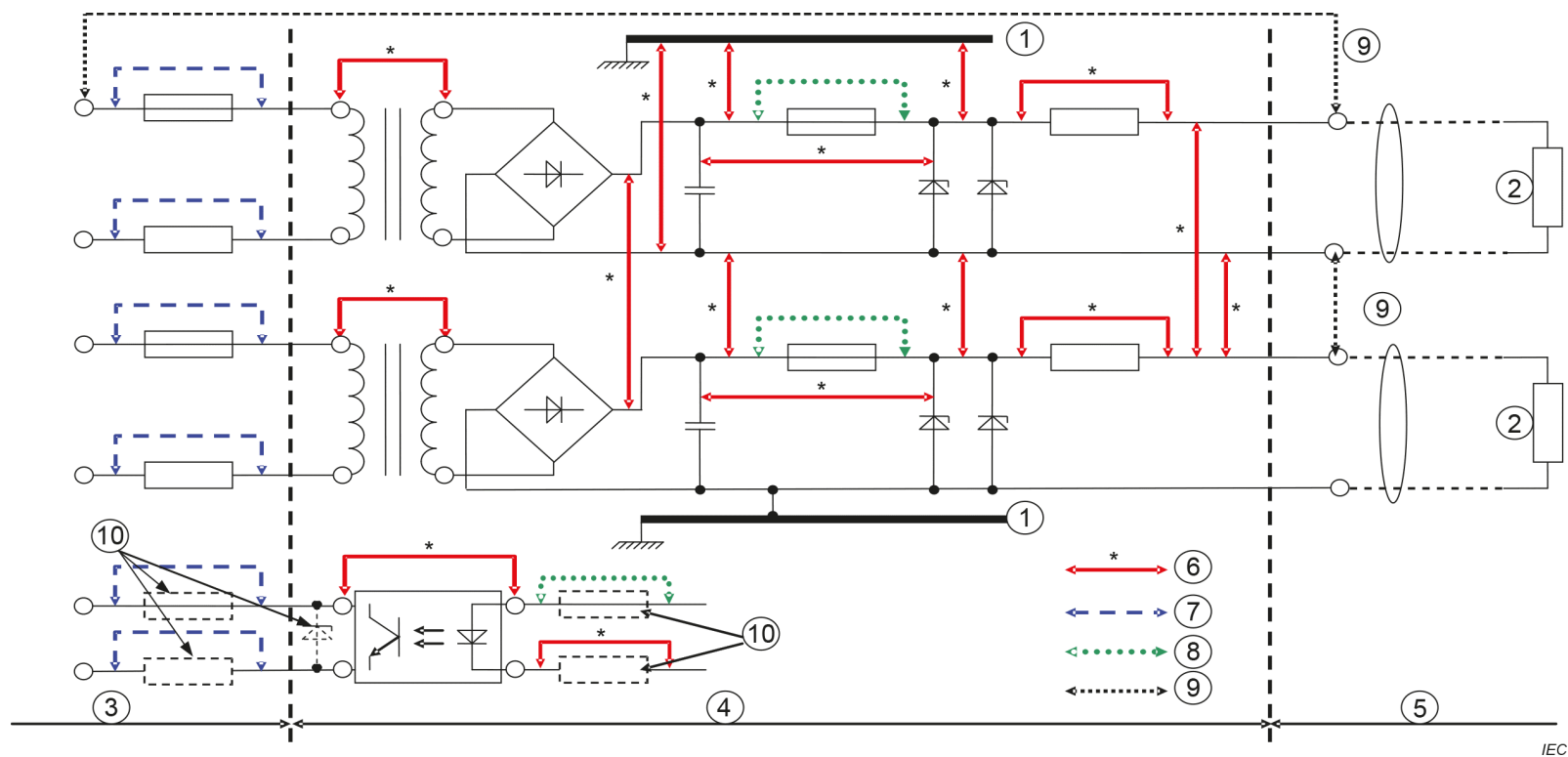
^b 材料グループはIEC 60664-1による。6.5.6.4参照。

^c 裸プリント基板及びプリント基板上の異なるコンポーネントの間については、最小沿面距離は絶縁空間距離まで軽減することができる。これは、コンポーネントに沿っては適用しない。プリント基板のCTIは、電圧10 V～100Vについては≥ 100、100Vからこの表の最大電圧までについては≥ 175とする。

^d 第1編の前版との互換性のために設けられた。

^e 材料グループIIIa以上は、CTI ≥ 175

^f 一般の産業規格にあるものに追加する離隔距離はない。



凡例

- 1 シャーシ
- 2 負荷
- 3 U_m で定義する非本安回路
- 4 それ自身は本質安全防爆構造ではない本安回路の部分
- 5 本安回路
- 6 表7, 表8又は表9が適用する寸法
- 7 一般の産業規格が適用する寸法
- 8 7.11 に従う寸法
- 9 異なる本安回路の出力端子間及び本安回路から非本安回路の出力端子との間についての 6.3.1 に従う寸法
- 10 例えば, 7.8.4.2 又は 7.10.2 に従って適用する保護用コンポーネント

図3 導電性部分の離隔の例示

6.5.5 導電性部分の間の電圧

表 7, 表 8 又は表 9 を用いるとき, 二つの導電性部分間に考慮する電圧値は, 次のうちの該当するいずれか一つでなければならない。

- a) 機器の内部でガルバニック絶縁された回路に対して: この二つの回路が, どこか一点で互いに接続されているとき, 離隔部の両端に発生する最も高い電圧で, 次のいずれかに由来するもの。

— 回路の最大電圧

— 同様の機器の内部で発生する電圧

一方の電圧が他方の電圧の 20 %未満の場合, その電圧は無視する。主電源電圧には, 主電源の標準誤差を加えることはしない。そのような正弦波電圧のピーク電圧は次の式から求める。

$\sqrt{2} \times$ 定格電圧の RMS 値

- b) 一つの回路の部分間: 二つの導電性部分の間に生じる電圧の最大ピーク値。これは, 通常, その回路の最大電圧であるが, その回路に接続している別の電圧源の電圧の和である可能性もある。電圧の和である場合, 一方の電圧が他方の 20%未満であるときはこれを無視する。

全てのケースにおいて, 最大電圧を求めるため, 5.2 に定める条件を適用する。

いかなる外部電圧も, 電圧値 U_m , 又は 5.2.5 を適用するときは定格電圧, 又は, 入力する接続端子部に宣言された U_i , 若しくは指定された非危険場所用附属品の保護コンポーネントによって定義される最大電圧をもつものとする。

導電性部分の離隔の例は, 図 3 に示す。

6.5.6 離隔のタイプ

6.5.6.1 絶縁空間距離

絶縁空間距離は, 表 7, 表 8 及び表 9 の第 2 列に示すものであり, 次のものに対して適用する。

— 大気圧 60 kPa~110 kPa で使用する本安機器

— 大気圧 80 kPa~110 kPa で使用する本安関連機器

大気圧 60 kPa~80 kPa で使用することを意図する本安関連機器については, 第 2 列にある空間絶縁距離を, 大気圧補正係数 1.34 倍して, 非本安機器内の臨界離隔距離, 及び本安回路と非本安回路との間の離隔距離に適用する。

注記 異なる入力電圧又は異なる圧力に対する過電圧カテゴリを指定することが可能である。例えば, 80 kPa~110 kPa に対しては $U_m = 250 \text{ V}$, 及び 60 kPa~110 kPa に対しては $U_m = 125 \text{ V}$ となる。

周囲圧力 60 kPa~80 kPa で使用するために設計した本安関連機器の表示には, シンボル P_a 又は P_{amb} を周囲圧力の下限值及び上限値とともに含める。又は, これが実現できない場合, 第 1 編の表示の要求事項に従って認証番号に記号 X を付記するとともに, 認証書の特定の使用条件には制限の詳細を記載する。

絶縁部分を空間絶縁距離の拡大のために使用する場合, 6.5.10 の要求事項を満たさなければならない。他の絶縁部分は, 表 7 の第 4 列, 又は表 8 の第 6 列若しくは表 9 の第 5 列の該当するものに従わなければならない。

6.5.6.2 充填物離隔距離

充填コンパウンドが 6.6.1 及び 6.6.5 の要求事項を満たす場合, 表 7 の第 3 列, 又は表 8 若しくは表 9 の第 5 列の離隔距離を適用する。この離隔距離は, 充填コンパウンドと固体絶縁との間の境界にも適用して

よい。ただし、充填コンパウンドは、導電性部分及び固体絶縁の両方に接着していなければならない（例えば、プリント基板上のトラック）。

表 8 による充填コンパウンドは、第 7 列の耐電圧の要求事項に従わなければならない。材料の製造者から提供された仕様は、この要求事項に適合していることを証明するために用いることができる。それによらない場合、9.7 に従って試験を行う。

注記 充填コンパウンドを介する沿面距離の要求事項を除外したのは、汚染の可能性を取り除いたことによる。

6.5.6.3 固体離隔距離

固体絶縁物を介した離隔距離は、次のいずれかに従わなければならない。

- 表 7 の第 4 列
- 表 8 の第 6 列
- 表 9 の第 5 列

表 8 による固体絶縁は、第 7 列の耐電圧の要求事項に従わなければならない。材料の製造者から提供された仕様は、この要求事項に適合していることを証明するために用いることができる。それによらない場合、9.7 に従って試験を行う。

軽減した固体離隔距離の型式試験が表 8 によって明示的に要求されている場合、型式試験は、表 8 の第 7 列の該当する試験電圧を適用して、9.7 に従って行う。部分放電試験は、表 8 の第 7 列に PDV が指定されている場合に限って要求する。

絶縁体が二個以上の電気絶縁材料要素から作られている場合、この複合物は、一つの固体とみなすことができる。

この編の目的上、固体絶縁は、あらかじめ製造した状態（例えば、配線上のシート又はスリーブ若しくはエラストマー絶縁）か、又はモールドイングすることが望ましい。

ワニス及び同様のコーティングは、固体絶縁とみなしてはならない。

プリント基板の中間層の隣り合うトラック間の離隔距離は、固体離隔距離とみなしてよい。

6.5.6.4 沿面距離

表 7 の第 5 列に指定されている沿面距離については、絶縁材料は表 7 の第 7 列に従わなければならない。

表 8 又は表 9 の第 3 列に指定されている沿面距離については、絶縁材料は、それぞれの材料グループ又は CTI 値に従わなければならない。

材料の製造者によって提供された CTI の仕様は、要求事項に適合していることを証明するために用いてよい。

CTI 値が不明の絶縁材料については、CTI が 100 であるものとする。ガラス、セラミック又は他の無機絶縁材料でトラッキングを起こさないものについては、沿面距離に対する要求事項は全くない。

表 8 において、材料グループに対して指定されている沿面距離は、ガルバニック絶縁にまたがるコンポーネント及びガルバニック絶縁にまたがる部品で電圧 50 V_{RMS} を超えるものに適用する。それ以外の場合、プリント基板の列に指定されている沿面距離は、コンポーネント及び部品にも適用する。

接合部を固着しており、かつ、その固着材が隣接する材料の絶縁特性と同等の絶縁特性をもつ場合、接

合部を通過する絶縁空間距離及び沿面距離は考慮しなくてよい。

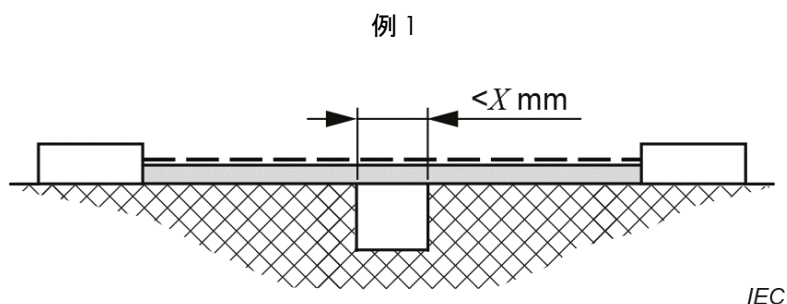
これらの距離を測定又は評価する方法は、図 4 に従う。表 7、表 8 又は表 9 並びに保護レベルに適用する距離 X の値は、表 10 に示す。次のことは、いずれも沿面経路の評価に適用する。

- 距離が、指定距離 X 以上である場合、沿面距離は輪郭に沿って測定する。
- 指定距離 X 未満のいかなる距離も、絶縁部の最も不利な位置での直線距離とする。図 4 の例 1 及び 3 参照のこと。

表 10 図 4 の沿面距離及び空間絶縁距離 X

保護レベル	表 7 mm	表 8 mm	表 9 mm
“ia”及び“ib”	3.0	2.0	n/a
“ic”	1.5	1.0	1.0

沿面距離が、例えば、導電性部分が介在しているときのように、より短い距離を足し合わせたものからできている場合、この距離は、6.5.7 に従って、これらの総和で表す。



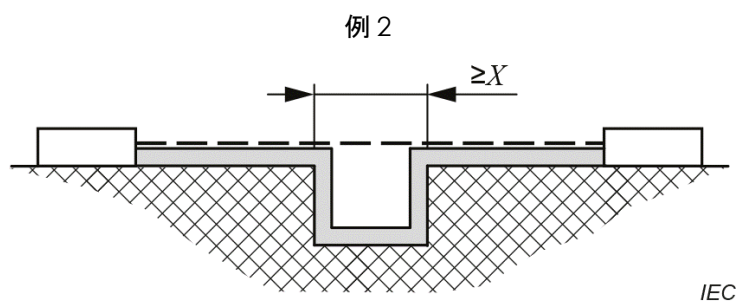
条件：対象となる経路に、側面が平行、又は一方へ行くほど側面間が狭くなる一つの溝があり、この溝の深さは任意であるが、幅は X mm 未満である場合

規則：沿面距離及び絶縁空間距離は、図示のように溝を真向かいに横切って測定する。

絶縁空間距離

▬
沿面距離

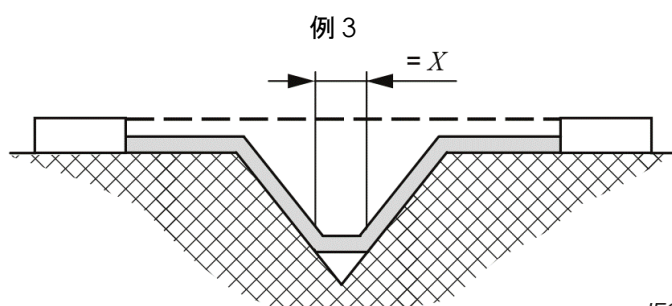
図 4 (1/5)



条件：対象となる経路に，幅 X mm 以上の，側面が平行な溝がある場合

規則：絶縁空間距離はを真向かいに横切って測定する。

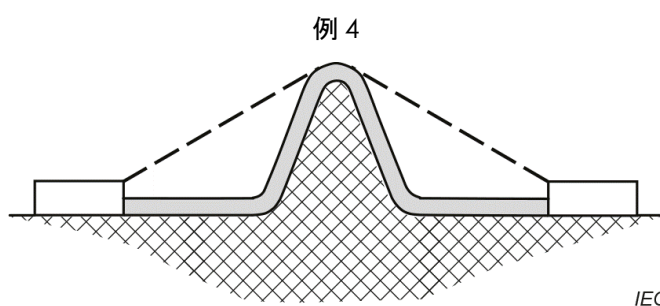
----- 絶縁空間距離 沿面距離



条件：対象となる経路に，幅が X mm を超え，断面がV字形の溝がある場合

規則：絶縁空間距離は見通し距離である。沿面距離の経路は溝の輪郭に沿うが， X mm のところで溝の底を近道する。

----- 絶縁空間距離 沿面距離

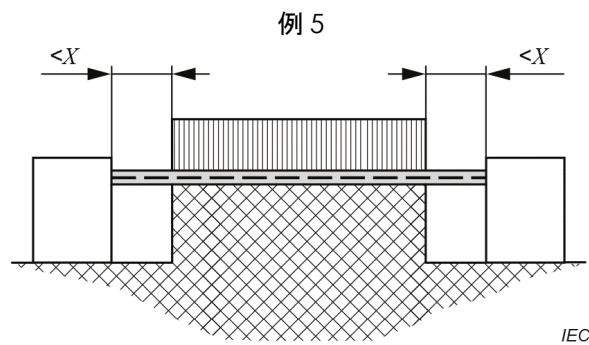


条件：対象となる経路にリブがある場合

規則：絶縁空間距離はリブの頂部を通る最短の空気中経路である。見通し距離である。沿面距離の経路は溝の輪郭に沿うが， X mm のところで溝の底を近道する。

----- 絶縁空間距離 沿面距離

図 4 (2/5)

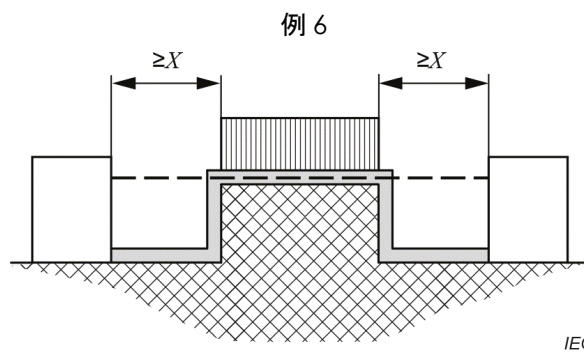


条件：対象となる経路に固着していない接合部があり，その両側に幅 X mm 未満の溝がある場合

規則：沿面距離及び絶縁空間距離の経路は図示する見通し距離である。

絶縁空間距離

▬
沿面距離

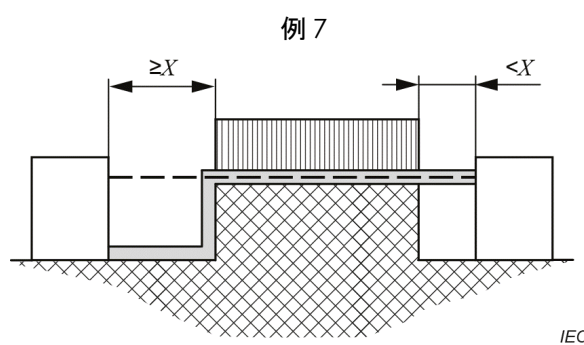


条件：対象となる経路に固着していない接合部があり，その両側に幅 X mm 以上の溝がある場合

規則：絶縁空間距離の経路は見通し距離である。沿面距離の経路は溝の輪郭に沿う。

絶縁空間距離

▬
沿面距離



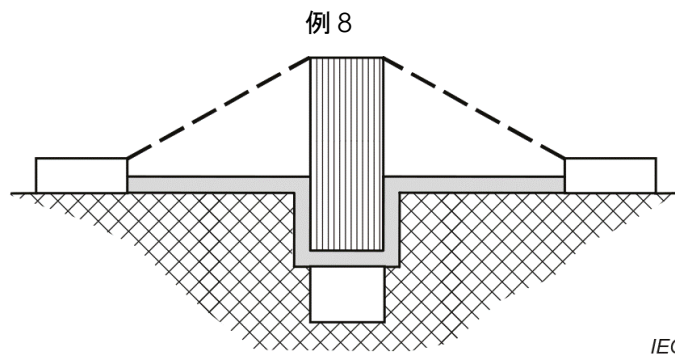
条件：対象となる経路に固着していない接合部があり，片側に幅 X mm 未満の溝が，もう一方の側には幅 X mm 以上の溝がある場合

規則：沿面距離及び絶縁空間距離の経路は，図示のとおりである。

絶縁空間距離

▬
沿面距離

図 4 (3/5)



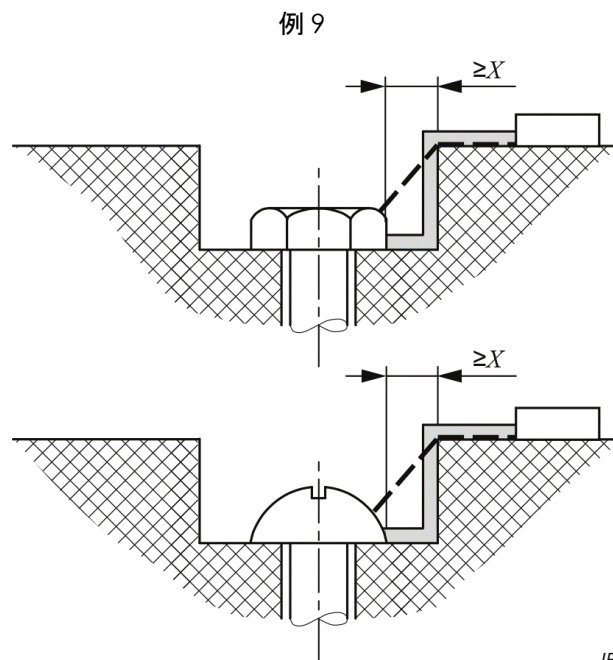
IEC

条件：固着していない接合部を通る沿面距離が，障壁の上を越える沿面距離未満の場合

規則：絶縁空間距離は，障壁の上を越える最短の空気経路である。

絶縁空間距離

沿面距離



IEC

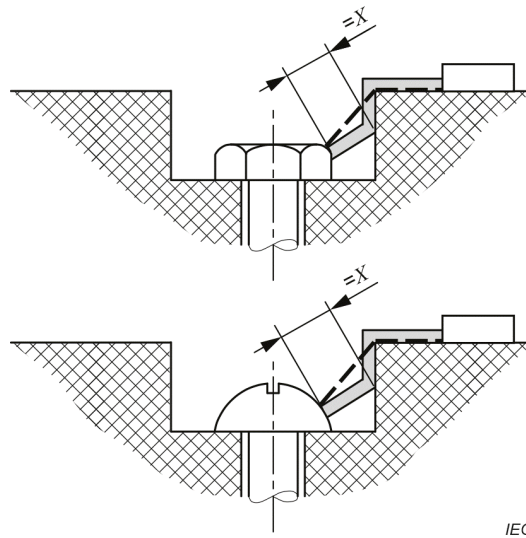
ねじの頭部と凹部の壁との間のギャップが十分に広いので考慮を要する場合

絶縁空間距離

沿面距離

図 4 (4/5)

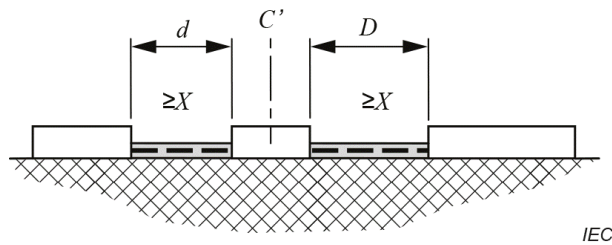
例 10



ねじの頭部と凹部の壁との間が狭いので考慮しない場合。沿面距離が $X\text{ mm}$ に等しいときは、ねじから壁まで行う。

----- 絶縁空間距離 沿面距離

例 11



絶縁空間距離は、 $d + D$ である。
沿面距離もまた、 $d + D$ である。
C' 絶縁経路内で導体の間に挟まれた導電性部分

----- 絶縁空間距離 沿面距離

図 4 (5/5)

図 4 沿面距離及び絶縁空間距離の決定方法

6.5.6.5 コーティングで保護した離隔距離

コーティングで保護した離隔距離は、表 7 の第 6 列、表 8 の第 4 若しくは 5 列、又は表 9 の第 4 列の該当するものに従わなければならない。

コーティングは、水分の侵入及び汚染に対する保護を必要とする導体間の導電路をシールし、かつ、有効で、持続性があり、破損しないシールを与えなければならない。コーティングは、導電性部分及び絶縁

物の両方に付着しなければならない。

コーティングを施し、その後 10.4 による検査を行うときは、そのコーティングが完全で均一であることを確認する。

コーティングの製造者が指定するコーティングの COT レーティングは、少なくとも、いかなるコンフォーマルコーティングされたコンポーネント又は部分の使用時到達温度の上限及び下限にも等しくなければならない。

均一で信頼性のあるコーティングを達成し、かつ、必要に応じて適切な検査手法を導入するため、コーティング製造者のいかなる推奨事項にも従うことが望ましい。

例 検査手法の一例が IPC-A-610 に記述されている。

タイプ 1 及びタイプ 2 保護を達成するために用いるコーティングは、9.8 に定める型式試験にかける。

プリント基板上の離隔距離については、IEC 60664-3 に従うタイプ 1 及びタイプ 2 保護の要求事項を満たすはんだマスクは、コンフォーマルコーティングとみなしてよい。ただし、はんだ中にいかなる損傷も生じてはならない。

IEC 61010-1 又は ANSI/UL 746E によるコーティングは、上に指定した IEC 60664-3 による試験を行うことなく、タイプ 1 保護を達成するために用いてよい。ただし、これらの規格で考慮することを要求している適用上の制限があることに注意する。

注記 コーティングに対する製造者の仕様に適合していることを検証することは、この編の要求事項ではない。

コーティングの方法及び検査の手順は、適用する場合、第 1 編の文書に関する要求事項に従って、文書に明記しなければならない。コーティングが、例えば、はんだ付けした接合部及びコンポーネントのリード線などの導電性部分がコーティングから突き出ることを十分防止できるとみなされる場合、このことは文書に記載するとともに、形式試験によって確認する。

裸導体又は導電性部分がコーティングから突き出ている場合、コーティングの CTI は表 7 の第 7 列に従うか、又は、表 8 若しくは表 9 の対応する材料グループ若しくは CTI 値に従わなければならない。

6.5.7 複合離隔距離

離隔距離が、異なるタイプの離隔距離の組合せから成る場合（例えば、絶縁空間距離及び固体絶縁の組合せ、同一のタイプの離隔セクションの組合せ、又は導電性物質によって妨げられたプリント基板上の沿面経路）、等価総合離隔距離は、次に従って算出する。

離隔距離は、該当する表の列に記載の最小要求離隔距離の百分率に変換する。

等価総合離隔距離は、算出した全ての百分率の総和となる。

表 7 に従う離隔距離に対して：

- 保護レベル“ia”及び“ib”については、33.3%未満は無視する。総合した離隔距離が故障しないためには、総和は 100%以上でなければならない。
- 保護レベル“ic”については、総和は 100%以上でなければならない。

表 8 又は表 9 に従う離隔距離に対して：

- 保護レベル“ia”及び“ib”については、0.2 mm 又は 50%未満のいかなる離隔距離も無視する。総合した離隔距離が故障しないためには、総和は 100%以上でなければならない。

- ー 保護レベル“ic”については、総和は 100%以上でなければならない。
- ー 表 8 の第 7 列及び表 9 の第 6 列で定義される電圧は、複合離隔にまたがって印加する。

注記 更なる手引きは附属書 C に記載されている。

本安関連機器に対して 6.5.6.1 に従って大気圧補正係数を適用する場合、複合離隔距離の総和が要求値の 100%以下であるか否かを考慮するときは、その補正係数は絶縁空間距離だけに適用する。補正係数は、絶縁空間距離が複合離隔距離のなかで考慮されるか否かの決定には使用しない。

6.5.8 プリント基板集成体

PCBA に対する沿面距離及び絶縁空間距離は、次の事項に従わなければならない（図 5 参照）。

- PCBA が、6.5.6.5 によるコンフォーマルコーティングで覆われているとき、沿面距離及び絶縁空間距離に対する要求事項は、コーティングの外側にある導電性部分だけに適用する。これには次のものがある。
 - ー コーティングから突き出たトラック
 - ー PCBA の自由表面で、一方の面だけがコーティングされているもの
 - ー コンポーネントの裸部分でコーティングから突き出る可能性のあるもの
- コーティングが、コンポーネントの接続ピン、はんだ接合部及び導電性部分を覆っているときは、6.5.6.5 の要求事項は、回路若しくは回路の部分、及びその固定したコンポーネントに適用する。

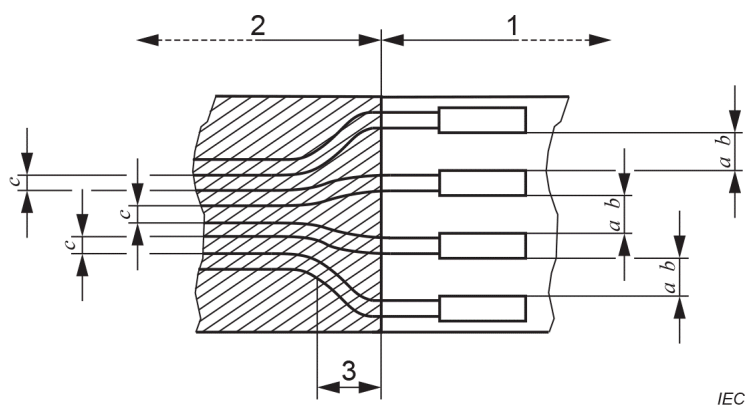


図 5a 部分的にコーティングされた基板をもつ PCBA

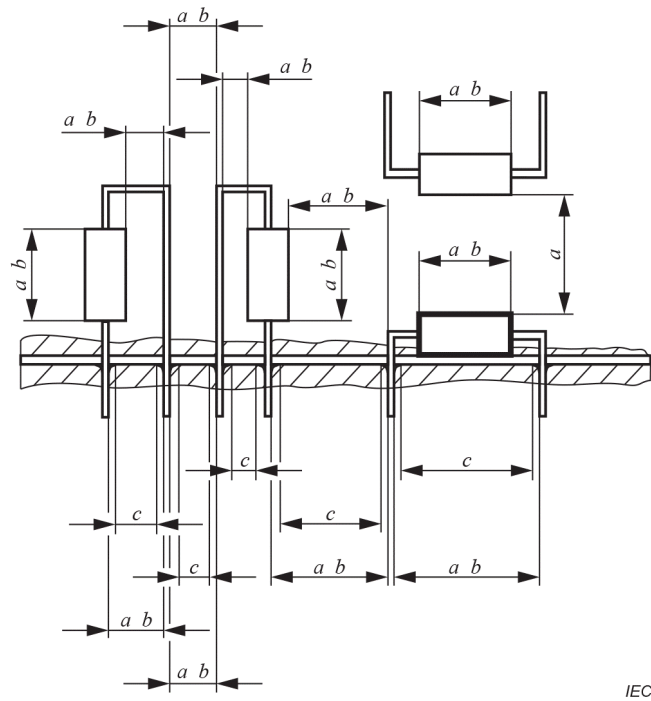


図 5b はんだリードが突き出ている PCBA

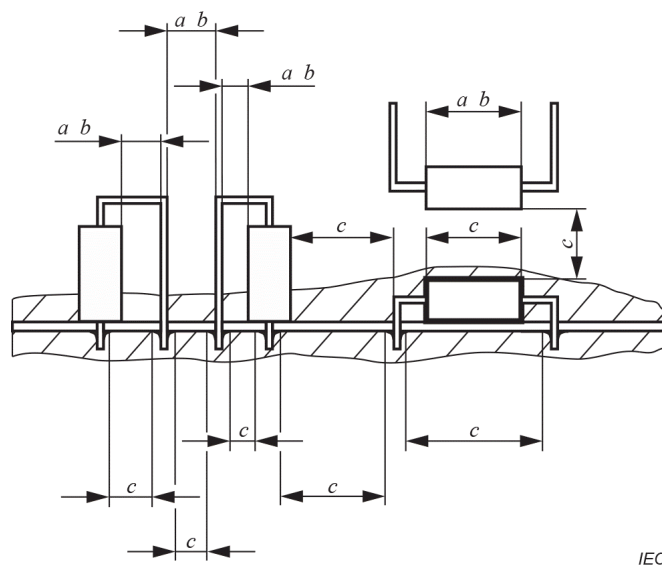


図 5c はんだリードを折り曲げもしくは切り取り、完全にコーティングで覆った PCBA

図 5 (2/2)

注記 コーティングの厚さは、正確な比率ではない。

凡例

- a 6.5.6.1 の絶縁空間距離の要求事項を適用
- b 6.5.6.4 の沿面距離の要求事項を適用
- c 6.5.6.5 のコーティングで保護した離隔距離の要求事項を適用
- 1 コーティングされていない領域
- 2 コーティングされた領域
- 3 遷移領域, a, b, c の複合離隔距離を適用

図 5 PCBA 上の沿面距離及び絶縁空間距離

6.5.9 金属部品による離隔

6.5.9.1 一般事項

金属部品による離隔は、金属部分への絶縁破壊が、本質安全防爆構造を損なうことのない電位（例えば、接地電位又はバッテリーの端子の電位）となるとときに限って用いる。この場合、金属部分に対する離隔の要求事項は適用しない。

金属部分への接続が、本安回路とフレーム若しくは接地との間の絶縁を喪失し、そのことにより本質安全防爆構造を損ない得る場合、第1編の表示の要求事項に従って、認証番号には記号Xを付記し、認証書の特別の使用条件には、6.9で要求する制限の詳細を記載する。

例 電流制限抵抗が、回路と接地された金属部分との間の短絡によってバイパスされる場合、本質安全防爆構造は接地された金属部分との離隔に依存する。

プリント基板のトラック（例えば、接地されたトラック）が対象とする複数の導電性トラックの間においてこれを離隔する場合、沿面距離の要求事項は適用しないが、絶縁空間距離の要求事項はそのまま適用する。十分な寸法を有する金属隔離板があるため、離隔が必要なコンポーネント間では放電が発生しない場合、絶縁空間距離の要求事項は適用しない。

離隔に用いる金属部分は、損傷を受けないほどの強度及び硬さを有し、かつ、5.2に定める条件下において、焼失又は接続の喪失を防止するため十分な厚さ及び電流容量をもつものでなければならない。

6.5.9.2 保護レベル“ia”及び“ib”

保護レベル“ia”及び“ib”については、次による：

- a) 金属部分（例えば、プリント基板のトラック、スクリーン又は離隔板）が他の回路から本安回路を離隔する場合、その金属部分は、これに対するいかなる接続も同じく、6.4.2に適合しなければならない。
- b) コネクタを介して接続がなされる場合、コネクタは6.4.2.2に従う構造でなければならない。
- c) 本質安全防爆構造が金属離隔板に依存する場合、その金属離隔板は、厚さ 0.45 mm 以上であるか、又はその厚さに満たない場合、9.4.3に適合しなければならない。

6.5.9.3 保護レベル“ic”

保護レベル“ic”については、制御した電位に接続した金属部分までの離隔距離が要求する離隔距離に従わない場合、金属部分は、連続的にさらされる可能性のある最大電流を流すことができないなければならない。

6.5.10 非金属製絶縁離隔板による離隔

保護レベル“ia”及び“ib”については、離隔を保持するために用いる非金属製絶縁離隔板は、該当する離隔の要求事項に従っており、かつ、次のいずれかでなければならない。

- a) 厚さが 0.9 mm 以上である。
- b) 9.4.3に適合する。

保護レベル“ic”の非金属製絶縁離隔板については、該当する離隔の要求事項以外の最小厚さに関する制限以外はなく、9.4.3も適用しない。

6.5.11 内部配線の絶縁

6.5.11.1 一般事項

ワニス及び同様のコーティングを除き、内部配線の導体を覆う絶縁は、固体絶縁とみなしてよい。

(6.5.6.3 参照)。

絶縁した電線の導体の離隔距離は、電線の押出絶縁部の肉厚を足し合わせて求める。この電線は、別々の電線として、又はケーブルの形状で、若しくはケーブル内で接触する。

絶縁電線を流れる最大電流によって、電線の製造者が指定した温度定格を超えることがあってはならない。

固体離隔距離に従う電線の絶縁は、導体の破損が発生したとき、故障するとともに、絶縁の厚さが減少することもみなさない。

6.5.11.2 本安回路と非本安回路との間の絶縁

本安回路の心線の導体と非本安回路の心線の導体との間の距離は、いずれの心線間であっても、6.5.7 の要求事項を考慮に入れて、表 7 の第 4 列に従わなければならない。ただし、次のいずれかを適用する場合を除く。

- 本安回路又は非本安回路のいずれかの心線が、6.4.4 に従う接地したスクリーンに内包されている。
- 導体間の最大電圧が 375 V（ピーク値）である保護レベル“ib”及び“ic”の機器で、本安回路の心線の絶縁が、9.6 に従う試験において、試験電圧 2,000 V_{RMS}に耐えることができる。

注記 この試験電圧に耐えることができる絶縁を達成する一つの方法は、心線に絶縁スリーブを追加することである。

6.5.11.3 単独の本安回路間の絶縁

単独の本安回路のいかなる心線の導体間の距離も、6.5.7 の要求事項を考慮に入れて、表 7 の第 4 列に従わなければならない。ただし、次のいずれかを適用する場合を除く。

- いずれかの本安回路の心線が、接地したスクリーンに内包されている。
- 導体間の最大電圧が 90 V（ピーク値）である単独の本安回路間の絶縁が、9.6 に従う試験において、試験電圧 1,000 V_{RMS}（又は、心線と絶縁間に 500 V_{RMS}）に耐えることができる。

6.6 樹脂充填

6.6.1 一般事項

樹脂充填は、次の一つ又は組合せに対して用いてよい。ただし、これに限定はしない。

- 爆発性雰囲気の遮断：
 - ・火花点火に対する保護（6.6.2.1 参照）
 - ・熱発火に対する保護（6.6.2.2 参照）
- 導電性部分へのアクセスを回避するための機械的保護の具備（6.6.3 参照）
- 7.11 で要求するヒューズの保護（6.6.4 参照）
- 6.5.6.2 による離隔距離の適用（6.6.5 参照）
- 保護コンポーネントの定格の設定（6.6.6 参照）

樹脂充填には、キャスティング、注入法（pouring）又はモールドディングを適用してよい。樹脂充填を用いる場合、10.4 のルーチン検証の要求事項に従う検証方法は、文書に記載する。

コンパウンド内のコンポーネント及び離隔部の失敗（機能失敗）は、5.2 に定める条件下で評価する。

本安機器については、樹脂充填した導電性部分、及びコンパウンドから突き出たコンポーネント若しくは露出部に接続した全ての回路は、本質安全防爆構造とするか、又は第 1 編に記載する他の防爆構造の一

つで保護する。樹脂充填が 6.6.2.1 に従っている場合、内部での火花点火の可能性を考慮する必要はない。

次の要求事項は、樹脂充填用コンパウンド、及び、該当する場合、成型箱（ポッティングボックス）又は容器の部分（部品）にも適用する。

- a) コンパウンドの製造者が指定するコンパウンドの COT は、通常運転条件下で、コンパウンドと樹脂充填したコンポーネント若しくは部品との間のインタフェースにおける最高及び最低温度と少なくとも等しくなければならない。5.2 に定める条件下で、コンパウンドに内部的にも外部的にも本質安全防爆構造を損なうような損傷が生じない場合、コンパウンドの COT 定格を超える温度を許容する。

例 このような損傷には、コンパウンド内のひび、樹脂充填された部分の露出、剥離、容認できない縮小、膨張、分解、軟化又はオーバーヒートの証拠などがある。

- b) コンパウンドから導電性部分が露出している場合、コンパウンドは、その自由表面において、表 7、表 8 又は表 9 の該当するものに定める値以上の CTI 値をもたなければならない。
- c) 9.4.1 の試験に合格した材料に限っては、露出し、保護されていない自由表面をもち、これによって容器の一部を形成しなければならない。
- d) コンパウンドは、導電性の部品、コンポーネント及び構造の全てに接着していなければならない。ただし、これらがコンパウンドで完全に包まれているときはこの限りではない。回路のいかなる部分、例えば、裸の又は絶縁した導体又はコンポーネント若しくはプリント基板の基板も充填部から突き出ている場合には、シールを維持しなければならず、したがって、コンパウンドはこれらのインタフェースに接着していなくてはならない。
- e) 樹脂充填工程において、コンパウンド中のボイドを防止するための手法は、第 1 編の文書に関する要求事項に基づき、文書に記載する。

自由空間は、それが 6.6.7 に従っている場合、樹脂充填部の内部に許容する。

6.6.2 爆発性雰囲気遮断のために用いる樹脂充填

6.6.2.1 火花点火に対する保護

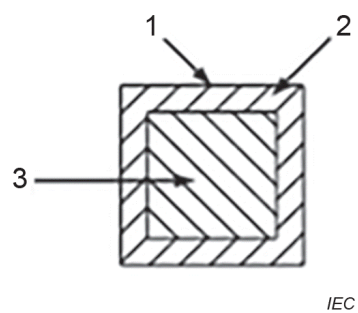
コンポーネントから爆発性雰囲気遮断するため、充填又は注入成形（pouring）を用いる場合、充填コンパウンドの自由空間までの最小厚さは、表 7 の第 3 列、又は表 8 及び表 9 の第 5 列に示す値の 1/2 以上で、かつ、1 mm 以上とする（図 6 参照）。

充填コンパウンドが、表 7 の第 4 列に適合する固体絶縁材料の容器に接触し、かつ、接着しているとき、他のいかなる離隔も要求しない（図 7、図 8 及び図 9 参照）。

充填コンパウンドが、金属容器に直接接触し、かつ、接着している場合：

- a) 充填部に自由空間がなく（6.6.7 参照）、かつ、金属容器の離隔の故障（機能失敗）が本質安全防爆構造を損なわない場合、その充填部には最小厚さの要求はない。
- b) 金属容器については、最小厚さの要求はない。
- c) この容器が、機器の外部容器も形成する場合、6.2 にも適合しなければならない（図 9 参照）。

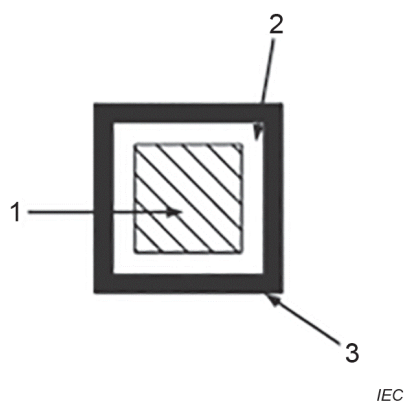
注記 6.2 及び 6.9 の要求事項は、ひきつづき適用される。



凡例

- 1 自由空間，外壁
- 2 コンパウンド
- 3 コンポーネントーコンパウンドがコンポーネント内に侵入する必要はない

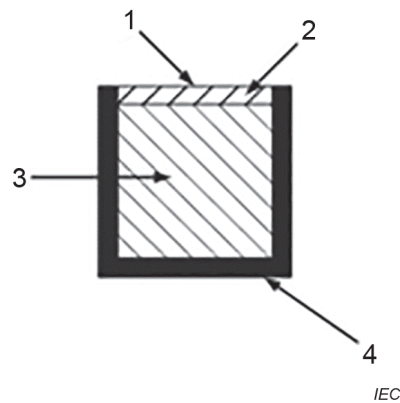
図 6 独立した外部容器のない樹脂充填



凡例

- 1 コンポーネントーコンパウンドがコンポーネント内に侵入する必要はない
- 2 コンパウンドー指定の厚さはない
- 3 金属又は絶縁性の容器

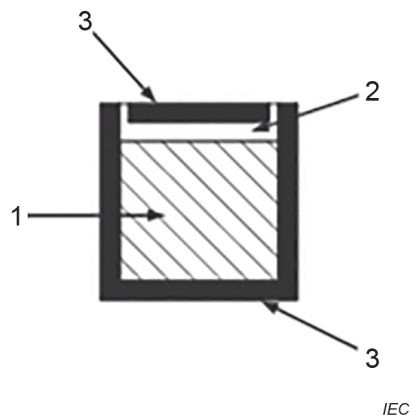
図 7 使用者が取り外すことのできるカバー又は開口部をもたない完全な容器



凡例

- 1 自由表面，外壁
- 2 コンパウンド
- 3 コンポーネントーコンパウンドがコンポーネント内に侵入する必要はない
- 4 金属又は絶縁性の容器

図8 コンパウンドが外壁の一部を形成する容器



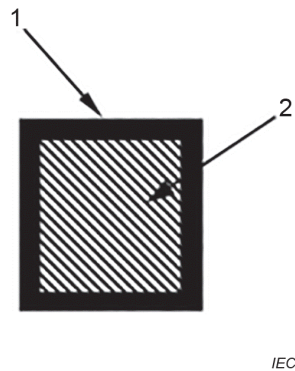
凡例

- 1 コンポーネントーコンパウンドがコンポーネント内に侵入する必要はない
- 2 コンパウンド
- 3 金属又は絶縁性の容器

図9 カバーをもつ容器

コンポーネント及び本安回路から爆発性雰囲気を遮断するため，モールドイングを用いる場合，自由空間までの最小厚さは，表 7 の第 4 列に従い，かつ，0.5 mm 以上とする（図 10 及び図 11 参照）。プラスチックが，厚さ 0.5 mm 以上であり，表 7 の第 4 列に適合する固体絶縁材料の容器に接触し，かつ，接着しているとき，他のいかなる離隔も要求しない（図 7，図 8 及び図 9 参照）。

図 10 は，固定されないコンポーネントを包むモールドイングを示す。

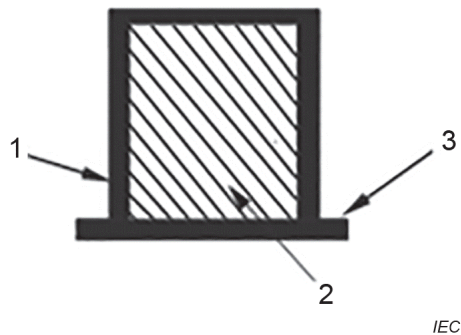


凡例

- 1 モールディング
- 2 コンポーネント

図 10 取付けしないコンポーネントを覆うモールディング

図 11 は、圧力下でモールディングする前に、最初にプリント基板（アイテム 3）に取り付けるコンポーネントを示すものである。これは、インサート成形とも呼ばれる。



凡例

- 1 モールディング
- 2 コンポーネント
- 3 厚さ 0.5 mm 以上のプリント基板

図 11 プリント基板に取り付けしたコンポーネントを覆うモールディング

例 コンポーネントを覆うモールディングの適用例には、ヒューズ、圧電デバイス（抑制コンポーネント付き）及びエネルギー貯蔵デバイス（抑制コンポーネント付き）がある。

6.6.2.2 熱的点火に対する追加の保護に対する要求事項

本安機器の内部において、高熱のコンポーネント（例えば、ダイオード及び抵抗器）の着火能力を低減するためにコンパウンドを用いる場合、コンパウンドの容積及び厚さによって、確実に 5.4 に適合するようにする。

6.6.3 部分（parts）にアクセスを回避するための機械的保護

部分へのアクセスを防止するために樹脂充填を用いるときは、自由空間までの最小厚さは、表 7 の第 3

列に示す値の 1/2 以上で、かつ、1 mm 以上とする。

6.6.4 ヒューズの保護のために用いる樹脂充填

コンパウンドを充填又は注入するときは、自由空間までの最小厚さは、表 7 の第 3 列に示す値の 1/2 以上で、かつ、1 mm 以上とする。モールディングするときは、自由空間までの最小厚さは、表 7 の第 4 列に示す値以上で、かつ、0.5 mm 以上とする。コンパウンドは、ヒューズ本体の内部のいかなる自由空間にも侵入してはならない。

6.6.5 離隔のための樹脂充填

6.5.6.2 に従う離隔をもたせるため、樹脂充填を必要とする部分に対しては、充填コンパウンドの自由空間と充填された導電性部分又はコンポーネントとの間の最小離隔距離は、表 7 の第 3 列、又は表 8 若しくは表 9 の第 5 列の該当するものに示す値の 1/2 以上で、かつ、1 mm 以上とする。充填コンパウンドが、表 7 の第 4 列、表 8 の第 6 列又は表 9 の第 5 列の該当するものに適合する、固体絶縁材料の容器に接触し、かつ、接着しているときは、いかなる離隔も要求しない。

6.6.6 保護コンポーネントの定格を向上させるために用いる樹脂充填

樹脂充填は、5.2 に定める条件下で、配置が適切であることを証明することができれば、熱伝導率を高めることによって、保護コンポーネント（例えば、ツェナーダイオード）の定格を向上させるために用いてもよい。

6.6.7 樹脂充填部内の自由空間

6.6.7.1 一般事項

樹脂充填を爆発性雰囲気の遮断のために用いる場合、樹脂充填部内の自由空間は 6.6.7.2 及び 6.6.7.3 の該当するものに適合しなければならない。ただし、コンポーネント（例えば、トランジスタ、リレー、ヒューズ）の容積が 1 cm³ 未満のときは、同コンポーネント内の自由空間は、考慮する必要はない。

自由空間は、充填部内で、その中にあるコンポーネントからコンパウンドが損傷を受けることを防止するために用いてはならない。

6.6.7.2 自由空間の容積

グループ I 及びグループ II に対しては、個々の自由空間は、表 11 に示す容積及びコンパウンドの厚さに従い、かつ、一つの充填部の容積内の自由空間の総体積は、次の値を超えてはならない。

- a) 保護レベル“ib”及び“ic”に対して、100 cm³
- b) 保護レベル“ia”に対して、10 cm³

グループ III に対しては、自由空間の総体積には限界を設けませんが、各個別の自由空間の体積は、表 12 に示す容積及びコンパウンドの厚さに従わなければならない。

6.6.7.3 自由空間の保護

自由空間をもつ集成体は、樹脂充填によって、又は復旧できないユニットを形成し、かつ、単一体を成す容器によって、その自由空間へのアクセスに対して保護しなければならない。

6.6.7.2 に示すように、コンポーネント内部の自由空間の例外があるが、自由空間を保護するためのコンパウンドの厚さは、グループ I 及びグループ II に対しては表 11、グループ III に対しては表 12 に定める厚さとしなければならない。

表 11 個別の自由空間に隣接するコンパウンドの最小厚さ（グループⅠ及びグループⅡ）

保護レベル	自由空間に隣接するコンパウンドの 下記のものに対する最小厚さ	自由空間 ≤ 1 cm ³	自由空間 > 1 cm ³ , ≤ 10 cm ³	自由空間 > 10 cm ³
“ia”	自由空間又は自由表面	3 mm	許容しない	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着あり	容器壁を含め 3 mm ^a	許容しない	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着なし	容器壁を含めず 3 mm	許容しない	許容しない
“ib”	自由空間又は自由表面	1 mm	3 mm	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着あり	容器壁を含め 1 mm ^a	容器壁を含め 3 mm ^a	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着なし	容器壁を含めず 1 mm	3 mm	許容しない
“ic”	自由空間又は自由表面	1 mm	3 mm	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着あり	容器壁を含め 1 mm ^b	容器壁を含め 3 mm ^b	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着なし	1 mm	3 mm	許容しない
^a 容器壁の厚さ ≥ 1 mm, コンパウンドは接着を維持するに十分な厚さだけが必要。				
^b 保護レベル“ic”に対しては, 容器壁の厚さの下限値はない。				
この表に引用されている物質の厚さは, 第 1 編で要求される他の機械的試験に適合することを意味するものではない。				

表 12 個別の自由空間に隣接するコンパウンドの最小厚さ（グループⅢ）

保護レベル	自由空間に隣接するコンパウンドの 下記のものに対する最小厚さ	自由空間 ≤ 1 cm ³	自由空間 > 1 cm ³ , ≤ 100 cm ³	自由空間 > 100 cm ³
“ia”	自由空間又は自由表面	3 mm	3 mm	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着あり	容器壁を含め 3 mm ^a	容器壁を含め 3 mm ^a	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着なし	3 mm	3 mm	許容しない
“ib”	自由空間又は自由表面	1 mm	3 mm	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着あり	容器壁を含め 1 mm ^a	容器壁を含め 3 mm ^a	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着なし	1 mm	3 mm	許容しない
“ic”	自由空間又は自由表面	1 mm	1 mm	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着あり	容器壁を含め 1 mm ^b	容器壁を含め 1 mm ^b	許容しない
	非金属又は金属容器, 接着なし	1 mm	1 mm	許容しない
^a 容器壁の厚さ ≥ 1 mm, コンパウンドは接着を維持するに十分な厚さだけが必要。				
^b 保護レベル“ic”に対しては, 容器壁の厚さの下限値はない。				
この表に引用されている物質の厚さは, 第 1 編で要求される他の機械的試験に適合することを意味するものではない。				

6.7 コーティング、樹脂充填材料の仕様

第 1 編の文書の箇条による文書には, コンフォーマルコーティング及び樹脂充填を本質安全防爆構造を達成するために適用するときは, その材料を指定する。

これには, 次の材料パラメータを含む。

- COT
- 適用する場合, CTI 値
- 表 8 又は表 9 を適用するときのコーティング材について: そのコーティング分類 (タイプ 1 又はタイプ 2 保護のいずれか)
- コーティング材について: 適用可能な場合, 必要な表面処理 (洗浄, 温度調整, その他)
- コンパウンドがコンポーネントに適切に接着するために適用する場合, 樹脂充填に用いる材料について: コンポーネントの前処理のための要求事項 (例えば, 洗浄, エッチング)

材料が, 型式試験に適合するために必要とされるときは, 次のことも管理する。

- コーティング材の製造者の名称又は登録商標

2) 材料の識別（タイプ指定及び色を含む）

材料の特性に関するデータの出典を明らかにする。

注記 1 型式及びフィルターの割合の許容範囲、難燃剤、紫外線安定剤その他は、材料の特性に顕著に影響することがある。

注記 2 製造者の材料仕様の適合性を検証する必要があることは、この編の要求事項ではない。

6.8 逆接続に対する保護

逆接続の結果、本質安全防爆構造が無効化することを防止するため、本安機器内に保護対策を講じなければならない。逆接続は、次のもので生じる可能性がある。

- － 本安機器への電源
- － バッテリーのセル又はスーパーキャパシタ間の接続部

この目的のため、単体のダイオードで 7.1 に従う定格のものは許容可能とする。

6.9 耐電圧に関する要求事項

本質安全防爆構造を維持するために必要な場合、本安回路と機器又は部分の筐体（接地してもよい）との間の絶縁は、9.6 に記述する試験において、試験電圧を本安回路の電圧の 2 倍、又は 500 V AC_{RMS} のいずれか高い方としたとき、この試験に従うことが可能なものでなければならない。回路がこの要求事項を満たさない場合、第 1 編の表示に関する要求事項に従って、認証番号に記号 X を付記し、認証書の特別な使用条件に、正しい設置に関する必要情報を詳細に記載する。

ガルバニック絶縁された本安回路と非本安回路との間の絶縁は、 $2U + 1,000$ V 以上（最低でも 1,500 V AC_{RMS}）の試験電圧に耐えなければならない。ここで、 U は、6.5.5 による適用する電圧である。

複数の異なる本安回路の間での絶縁破壊が不安全状態を生じる可能性がある場合、これらの回路間の絶縁は、 $2U$ 以上（最低でも 500 V AC_{RMS}）の試験電圧に耐えなければならない。ここで、 U は、6.5.5 による適用する電圧である。

この要求事項への適合性は、コンポーネント又は材料の製造者の仕様によって証明してもよい。

7 コンポーネント及び集成体の特性及び故障（機能失敗）

7.1 本質安全防爆構造が依存するコンポーネントの定格

保護レベル“ia”及び“ib”については、5.2.2 及び 5.2.3 に定める条件において、本質安全防爆構造が依存するコンポーネントは、製造者の指定する電流、電圧及び電力の最大値のうち、該当するものの 2/3 を超えて運転してはならない。ただし、この編で許容する場合はこの限りではない。

保護レベル“ic”については、この編に別段の定めがない限り、5.2.4 に定める条件において、本質安全防爆構造が依存するコンポーネントは、製造者の指定する電流及び電圧の最大定格を超えて運転してはならない。電力定格については、次による。

- a) 数えられない故障を適用して、製造者の定格最大電力で、及び
- b) 通常運転下において、定格電力の 2/3 以下で

全ての保護レベルに対して、パラメータがコンポーネントの製造者から提供されている場合、安全率を適用するパラメータ（例えば、電圧及び電流）を決定するためにコンポーネント及びコンポーネントの集成体の試験又は解析を実施する必要はない。なぜなら、5.2 の安全率は、試験又は解析の必要性を除去し

ているからである。

例 1 安全率は、ツェナーダイオードの電力定格に対して適用するが、ツェナー電圧に対しては適用しない。これは、ツェナーダイオードは、自身の電圧を制限するが、電力は制限できないからである。

例 2 プリント基板上に実装した半導体に許容される最大消費電力は、半導体の実装条件及び環境条件を考慮した上で、最大許容接合部温度に達するために要する電力の $2/3$ である。

例 3 製造者が $10\text{ V}+10\%$ であると指定したツェナーダイオードは、最大値 11 V とみなす。このとき、温度上昇による電圧増加のような影響は考慮する必要はない。

7.2 コンポーネントの故障（機能失敗）

保護レベル“ia”及び“ib”については、コンポーネントの定格が 7.1 に適合する場合、コンポーネントがそのモードには故障しないとみなす場合を除き、その故障（機能失敗）は数えられる故障とする。定格が 7.1 に従っていないコンポーネントの故障（機能失敗）は、この編に特段の定めがない限り、数えられない故障とする。

保護レベル“ic”については、5.2.4 に定める条件下において、コンポーネントが製造者の定格内で運転しない場合、その短絡又は開路故障（機能失敗）は、この編に特段の定めがない限り、数えられない故障とする。他の全ての条件及び故障モードについては、コンポーネントの故障（機能失敗）は考慮する必要がない。

7.3 製造上のバリエーション（差異）

保護レベル“ia”及び“ib”，並びに保護レベル“ic”に対する火花点火の評価に対しては、5.2 の条件を適用する評価において、製造工程で得られる最も厳しい値を考慮する。これは、考慮するケースによって異なる可能性がある

コンポーネントに対しては、数値の許容差は、コンポーネントの製造者が指定するものとしてよい。代替法として、機器の製造者が、製造工程で保証される絶対的な最大値又は最小値（いずれか該当するもの）を指定してもよい。

例 1 この評価の目的上、製造者は、本質安全防爆構造が依存する抵抗器の抵抗の絶対的最小値を用いる。生産の際、抵抗の公称値から許容差を引いた値が評価に用いた絶対的最小値以上であれば、抵抗器の公称値に変更があっても追加の評価をせず使用できる。

例 2 それらの値のルーチン測定に基づき、生産の際にコンポーネントを選択する。

保護レベル“ic”については、機器の代表的なサンプルを用いて熱発火の適合性を評価してよい。このサンプルは、実質的に最も厳しいケースとみなすものであり、各コンポーネントについて最も厳しいケースの許容値を考慮する必要はない。

7.4 抵抗器

7.4.1 一般事項

保護レベル“ia”及び“ib”については、7.4.2 に従っていない場合、抵抗器の開路故障、短絡故障及び開放故障と短絡故障との間のいかなる抵抗値への故障（機能失敗）も数えられない故障とみなす。

保護レベル“ic”については、7.4.2 に適合しない抵抗器は、7.2 に定める故障を生じるとみなす。

7.4.2 本質安全防爆構造が依存する抵抗器

定格が 7.1 の要求事項に従い、かつ、以下の事項に適合する抵抗器は、表 13 に従った故障を起こす可

能性があるとみなす。

抵抗器は、次のうちのいずれかでなければならない。

- a) 皮膜形
- b) 断線したときに巻線がほどけないように保護を施した巻線形
- c) 印刷抵抗体であって、6.5.6.5 に適合するコーティングで覆われ又は 6.6 に従って樹脂充填したハイブリッド回路及び類似の回路で使用するもの

表 13 抵抗器の定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率 ^a			故障モード			通常運転値
	U^b	I^c	P	開放	短絡	$<(R - Tol)$ 又は $>(R + Tol)$	
“ia”及び“ib”	1.5	1.5	1.5	数えられる故障	適用しない	適用しない	$R \pm Tol$
“ic”	1.0	1.0	1.5^d 1.0^d	適用しない	適用しない	適用しない	$R \pm Tol$
^a 5.4 に従う熱発火の適合性のための定格に対しては安全率 1.0 ^b 電圧定格は、抵抗器のシリーズに指定された一定値とし、抵抗による低減した電圧とはしない。 ^c 電流定格は、通常指定されないが、低抵抗の抵抗器には存在することがある。 ^d 7.1 参照。 (Tol は許容差を表す。)							

抵抗器の外部接続部は、その抵抗器自体の熱発火の適合性のみを保証する場合を除き、6.5.1 に適合しなければならない。隔離の要求事項は、抵抗器の内部には適用しない。抵抗器の製造者によってコーティングされた巻線をもつ、適切な定格の巻線抵抗器の巻線間の故障は、考慮する必要はない。抵抗器の絶縁性表面は、製造者が定義した電圧定格において、表 7 の第 7 列、又は表 8 の脚注 d) に示す、必要な CTI 値に適合するものとする。表 9 を適用するとき、抵抗器の絶縁性表面は、抵抗器の製造者が別途指定していない場合、材料グループ IIIa であるとする。

コンデンサ又はスーパーキャパシタの充電又は放電を制限するため、抵抗器及びコンデンサ又はスーパーキャパシタが直列接続されている場合、抵抗器の電力定格は、静電容量の両端の電圧を用いて計算した電力（コンデンサをバッテリーとみなして）、又は、ワット単位で CU^2 に等しい総有効電力（ C は最大静電容量、 U は最大電圧）のいずれか小さい方を基にして評価する。

コンデンサ又はスーパーキャパシタの充電又は放電中の直列抵抗器の電力定格を除き、7.4.2 の要求事項を満たす抵抗器は、想定するいかなる過渡現象にも耐えることが可能であるとみなす。

バッテリー又はスーパーキャパシタの内部抵抗は、本質安全防爆構造の評価において、制限要素として用いてよい。その場合、抵抗の最小値は、セルの製造者が指定するか、又は 9.14.5 に従って決定する。

以下のコンポーネントの抵抗は、制限要素として用いてよい。ただし、これらのコンポーネントは、その通常運転定格内で使用する。

- － ヒューズ
- － ハンドライト又はキャップライトの電球のフィラメント
- － ガス検知器の赤外線源

この抵抗は、最低使用時到達温度におけるコールドレジスタンスとし、9.8 に従って決定するか、又は

コンポーネントの製造者が指定する。

注記 電球は、本質安全構造以外の防爆構造によって保護する必要があるかもしれない。

7.5 コンデンサ

7.5.1 一般事項

保護レベル“ia”及び“ib”については、7.5.2、7.5.3 又は 7.5.4 に従っていない場合、コンデンサの開放故障、短絡故障及び最大指定静電容量未満のいかなる値への故障（機能失敗）も数えられない故障とみなす。静電容量は、最大定格値から増加するとはみなさない。

保護レベル“ic”については、7.5.2 に従っていないコンデンサは、7.2 に定める故障を生じるとみなす。

コンデンサは、エネルギー貯蔵コンポーネントとみなす。

コンデンサの自己加熱は、考慮する必要はない。

注記 スーパーキャパシタに対する要求事項は、7.15 で取り扱う。

7.5.2 本質安全防爆構造が依存するコンデンサ

定格が 7.1 の要求事項に従い、かつ、以下の事項に適合するコンデンサは、表 14 に従った故障を起こす可能性があるとはみなす。

表 14 コンデンサの定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード			通常運転値
	U	I	P	開放	短絡	$C < (C_{nom} - Tol)$	
“ia”及び“ib”	1.5	N/A	N/A	数えられる故障	数えられる故障 ^a	数えられる故障	$C_{nom} \pm Tol$
“ic”	1.0	N/A	N/A	適用しない	適用しない	適用しない	$C_{nom} \pm Tol$

^a 6.5.4.2 に従った内部及び外部離隔をもつコンデンサは、短絡故障（機能失敗）をするとはみなさない。

コンデンサの外部接続部は、6.5.1 に適合しなければならない。コンデンサの短絡故障（機能失敗）が数えられる故障である場合、及び、保護レベル“ic”に対しては、離隔の要求事項は、コンデンサの内部には適用しない。

コンデンサが、本質安全防爆構造のため、ガルバニック絶縁を要求する複数の回路間に配置されている場合、各コンデンサの絶縁は、6.9 の耐電圧の要求事項に従わなければならない。このとき、試験電圧は、電極間、及び、各電極とコンデンサの外部の導電性部分との間に印加する。

7.5.3 ブロッキングコンデンサ

本質安全防爆構造が直流電流のブロッキングに依存する場合、電解コンデンサ（タンタル電解コンデンサを含む）は用いてはならない。

容量結合の影響を考慮する。最高公称運転周波数によって、回路のその部分（製造者が指定する部分）に生じる電流を考慮する。非本安回路から本安回路への過渡エネルギー（例えば、 U_m のピーク値を印加した結果）は、9.11 の許容点火エネルギーに従う。

保護レベル“ia”に対しては、直流ブロッキングは、二個の直列コンデンサで実現してもよい。ただし、コンデンサは次のものでなければならない。

- 7.5.2 に適合する
- 固体誘電体タイプである
- 各々が 6.9 の耐電圧要求事項に従っている

二個のコンデンサのいずれも、数えられる故障として、短絡故障又は開路故障を生じるものとみなす。しかし、集成体間の総合距離が 6.5.4.2 に従っており、かつ、各コンデンサにまたがる距離が故障しない離隔距離の要求値の半分以上である場合、二つ目の数えられる故障はコンデンサ集成体には適用しない。

注記 コンデンサの内部及び外部の離隔距離が 6.5.4.2 を満たす場合、コンデンサ 1 個だけが要求される。

7.5.4 故障しないフィルタコンデンサ

機器のきょう（筐）体と本安回路との間に接続するコンデンサは、6.9 に適合しなければならない。それらが回路短絡故障（機能失敗）すると、回路の本質安全防爆構造が依存するコンポーネントをバイパスすることになる場合、次のいずれかでなければならない。

- a) 外部的にも内部的にも、6.5.4.2 の故障しない離隔の要求事項を維持する
- b) 7.5.3 のブロッキングコンデンサの要求事項に適合する

注記 きょう（筐）体一回路間に接続するコンデンサの通常の目的は、高調波を除去することである（例えば、貫通形（フィードスルー）コンデンサ）。

7.6 インダクタ及び巻線

7.6.1 一般事項

インダクタ及び巻線は、7.6 に適合しなければならない。ただし、7.8 に記載する変圧器の巻線は、この限りではない。

注記 変圧器の巻線に対する R 又は L/R の値は、7.6 を用いて決定することができる。変圧器の巻線は、7.6.3 に記載する評価方法が役に立つかもしれない。

保護レベル“ia”及び“ib”については、7.6.2、7.6.3、7.6.4 又は 7.6.5.2 に従っていない場合、インダクタの開放と短絡との間のいかなる抵抗値への故障（機能失敗）も、7.2 に従って数えられない故障とみなす。インダクタの仕様から求めた値以下のインダクタンス・抵抗比だけを考慮する。インダクタンスは、その最大定格値から増加するとはみなさない。

コモンモードチョークのインダクタンスは、7.6.5 に従って評価する。

保護レベル“ic”については、7.6.2 又は 7.6.4 に適合しないインダクタは、7.2 に定めるような故障を起こすとみなす。

インダクタは、エネルギー貯蔵コンポーネントとみなす。

注記 7.6 の目的のため、巻線はインダクタとみなす。

7.6.2 本質安全防爆構造が依存するインダクタ

定格が 7.1 の要求事項に従い、かつ、以下の事項に適合するインダクタは、表 15 に従った故障を起こす可能性があるとはみなす。

表 15 インダクタの定格及び故障モード

保護 レベル	定格に適用する 安全率			故障モード					通常運転値
	U	I	P	開放	短絡	$R < (R_{nom} - Tol)$	$L < (L_{nom} - Tol)$	$L/R > max$	
“ia”及び “ib”	N/A	1.5	N/A	数えられる 故障	数えられる 故障 ^a	数えられる 故障 ^a	数えられる 故障	適用しない	$L_{nom} \pm Tol$ $R_{nom} \pm Tol$
“ic”	N/A	1.0	N/A	適用しない	適用しない	適用しない	適用しない	適用しない	$L_{nom} \pm Tol$ $R_{nom} \pm Tol$

^a 7.6.3 に従うインダクタは、その定格値より低い抵抗となる故障を起こすとはみなさない。

インダクタの外部接続部は、6.5.1 に適合しなければならないが、隔離の要求事項は、コンデンサの内部には適用しない。

7.6.3 故障しないように絶縁したインダクタ

絶縁した導体から作ったインダクタは、次の全てに従っている場合、その定格値より低い抵抗となる故障を起こすとはみなさない（許容差を考慮に入れて）。

- インダクタは 7.6.2 に適合する。
- インダクタの巻線に用いる電線の公称導体径が 0.05 mm 以上である。
- 導体を二つ以上の絶縁層で覆うか、若しくは、隣接導体との間が 0.5 mm を超える厚さの固体絶縁物の単一層で覆う、又は、次のいずれかに従うエナメル丸線によって構成する。
 - グレード 1 のエナメル丸線であって、IEC 60317-0-1 によるグレード 2 用に規定されている最小絶縁破壊電圧の要求事項に従っており、かつ、IEC 60851-5 の絶縁連続性試験による試験を行ったとき、故障は、直径に関係なく、電線 30 m につき 6 個以下である。
 - IEC 60317-0-1 によるグレード 2 のエナメル丸線

注記 グレード 1 又はグレード 2 の絶縁が製造者の仕様に適合することを検証することは、この編の要求事項ではない。

- 巻線は、浸漬、滴下又は真空含浸によって適切な材料を含浸して固める。このとき、次のことを考慮する。
 - 巻線を縛るか包み、かつ、湿気を取り除くために乾燥した後に固化を行う。
 - 固化は、該当するタイプの固化材の製造者の指示に従って実行する。
 - 固化は、導体間の空間をできる限り完全に満たし、かつ、導体間で十分な結合を達成するように行う。
 - 溶剤を含む固化材を使用する場合、固化及び乾燥工程は、2 回以上実行する。
 - 塗り又はスプレーによるコーティングは、固化とはみなさない。

7.6.4 制動巻線

インダクタンスの影響を最小化するため短絡して使用する制動巻線は、信頼性の高い機械的構造（例えば、継ぎ目のない金属チューブ又ははんだで裸線を連続的に短絡した巻線）である場合、断線故障しないとみなす。

7.6.5 コモンモードチョークコイル（EMI 除去フィルタ）

7.6.5.1 一般事項

回路から供給される過渡エネルギーに加えて、コモンモードチョーク内部に蓄えられた回収可能エネルギーが、9.15に従って試験したとき、表D.1に定めるエネルギー制限値以下の場合、このコモンモードチョークは、漏れインダクタンスに対応したインダクタンスをもつとみなす。

上記が満たされない場合、次のことを適用する。

- a) 保護レベル“ia”及び“ib”については、コモンモードチョークが7.6.5.2に従っていない場合、そのコモンモードチョークのインダクタンスは、他の開回路をもつ1個の巻線のインダクタンスとする。
- b) 保護レベル“ic”については、リターンパスがチョークだけを通ることができる場合、コモンモードチョークは、漏れインダクタンスに対応するインダクタンスをもつとみなす。それ以外の場合、インダクタンスは、他の開回路をもつ1個の巻線のインダクタンスとする。

注記 コモンモードチョークは、通常、電磁障害を低減するため、ディファレンシャルモードで使用される。

7.6.5.2 故障しないコモンモードチョーク

保護レベル“ia”及び“ib”に対するコモンモードチョークは、次のことに従っている場合、漏れインダクタンスと同値のインダクタンスをもつとみなしてよい。

- a) インダクタは、7.6.2の要求事項に従って定格を定める。
- b) 電流のリターンパスは、コモンモードチョークだけを通る。
- c) 次のいずれかである。
 - 1) 7.6.3の要求事項に従っている。
 - 2) 6.9に従って、耐電圧要求事項を満たす。
 - 3) 入力と出力との間の隔離は、6.5.4.2に従っているが、隔離の要求事項は内部には適用しない。
 - 4) 構造的に確実に、巻線及びその接続部が6.5.4.2に従って隔離されている。

7.7 半導体

7.7.1 半導体の故障（機能失敗）

ここで述べる以外の特定の故障モードの故障率を基にした集積回路の解析は、この編では許容しない。機器の製造及び試験において、ソフトウェアを用いてもよい。

例 IEC 61508による解析は、本質安全防爆構造を証明するには不十分である。

保護レベル“ia”及び“ib”については、半導体は、次のような故障を起こすものとみなす。

- a) 7.7.2 及び 7.7.3 に従っていない場合、開路又は短絡故障（機能失敗）は、数えられない故障とみなす。
- b) 集積回路は、その外部接続部の間で短絡及び開路のいかなる組合せも存在できるような故障を起こすものとみなす。いかなる組合せも想定できるが、一度その故障を適用したら、例えば、二番目の故障の適用によってそれを変えることはできない。この故障状態においては、デバイスに接続するいかなる静電容量及びインダクタンスも、故障を適用した上で最も厳しい接続状態を考慮する。
- c) 電圧変換器（例えば、電圧の増幅又はフラッシュメモリ内の電圧反転）をもつ集積回路の外部ピンに生じ得る電圧を考慮するとき、内部電圧を考慮する必要はない。ただし、これは、通常運転において、増幅された電圧が、いかなる外部ピンにも現れず、かつ、変換にコンデンサ又はインダクタ

のような外部コンポーネントを用いていない場合に限る。通常運転条件下において、集積回路のいかなる外部ピンにも増幅された電圧が現れる場合、増幅された電圧は、そのピン及び同じパッケージのピンで、内部で集積回路に接続されていないもの（例えば、未接続ピン）にだけ現れるとみなす。

注記 半導体が製造者の仕様に適合することを検証することは、この編の要求事項ではない。

d) 保護レベル“ia”及び“ib”の熱発火の評価においては、半導体は、数えられない故障を起こして、5.2に定める条件下において、その取付け箇所で可能な最大電力を消費する状態となるとみなす。ただし、次のうちいずれかを適用する場合はこの限りではない。

- 1) 7.7.2 の要求事項の範囲内で作動しているダイオード（LED 及びツェナーダイオードを含む）は、順方向導電モード又はツェナーモードのいずれか該当するモードだけで電力を消費するとみなす。
- 2) 7.7.2 の要求事項の範囲内で作動している、トランジスタ、サイリスタ及びトライアックのような比較的複雑ではない被制御半導体は、短絡又は開路故障（機能失敗）を起こすものとみなす。加えて、被制御半導体の熱的発火の評価には、任意の意図した導通又はトリガー状態とともに、その半導体を組み込んだ回路内の他のコンポーネントの故障（機能失敗）によって駆動される任意の状態において、正常に作動している状態を含めなければならない。例えば、電界効果トランジスタのゲートを駆動する回路の故障によりオン抵抗が高くなり、発熱が生じる場合がある。

保護レベル“ic”については、7.7.2 に従っていない半導体は、7.2 に定める故障を起こすものとみなす。

7.7.2 本質安全防爆構造が依存する半導体

定格が 7.1 の要求事項に従い、かつ、以下の事項に適合する半導体は、表 16 に従った故障を起こす可能性があるとみなす。

表 16 半導体の定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード		
	U^b	I^b	P^b	開放	短絡	他の故障 ^a
“ia”及び“ib”	1.5	1.5	1.5	数えられる故障	数えられる故障 ^a	数えられる故障
“ic”	1.0	1.0	1.5 ^c 1.0 ^c	適用しない	適用しない	適用しない

^a 7.7.1 による故障（機能失敗）
^b 安全率は、パラメータに対応した内部制限を備える半導体（集積回路を含む）の定格付けには適用しない。これには、例えば、ダイオードの電圧定格、及び、電流制限集積回路の電流定格がある。
^c 7.1 参照

半導体の外部接続部は、該当する場合、6.5.1 に従わなければならないが、隔離の要求事項は、シールした半導体の内部には適用しない。

7.7.3 本質安全防爆構造が依存する半導体の過渡的影響

本質安全防爆構造が依存する半導体であって、ヒューズによって、又は被制御半導体による電流制限によって保護されるものは、安全率 1.0 で、制限回路のスイッチング中（ヒューズの開放、又は被制御半導体による制限の応答時間）に生じる最大過渡電流パルスに対する最大定格を定める。これは、9.16 に従

って証明しなければならない。

本質安全防爆構造が依存する半導体であって、被制御半導体による電圧制限（例えば、クローバ）によって制御されているものは、安全率 1.0 で、制限回路のスイッチング中に印加される最大電圧に対する最大定格を定める。適切に保護された単体の過渡制限シャントデバイス（例えば、ツェナーダイオード）は、この過渡現象中の最大電圧を低減するために使用してもよい。

U_m 及び U_i に加わる過度過電圧を含む、他のいかなる過渡現象も、半導体の過渡定格について考慮する必要はない。

例 半導体の定格を定めるときには、スイッチング電源から生じる過渡現象を考慮する必要はない。

保護レベル“ic”については、上記の要求事項は、ダイオード形安全保持器に対してだけ適用する。

7.7.4 シャント電圧制限の半導体

半導体は、次のものに対して、適用される安全率をもって 7.7.2 及び 7.7.3 に適合する場合、シャント電圧制限デバイスとして使用してもよい。

a) ダイオード、ダイオード接続のトランジスタ、サイリスタ及び同等の半導体デバイスに対して：取付け箇所を流れる短絡電流以上の順方向電流定格、及び

b) ツェナーダイオードに対して：

1) ツェナーモードにおいて消費される電力に応じた定格、及び

2) 取付け箇所を流れる短絡電流以上の順方向電流定格をもつこと

注記 順方向の最大電流は、ツェナーダイオードの全体的構成がいかなる故障電流も十分流すことができることを確実にするために必要である。

シャント制限デバイスは、通常運転中に導通してもよい。

7.7.5 本質安全防爆構造が依存するシャント集成体

被制御シャント半導体を含むコンポーネントの回路集成体は、次の要求事項を満たす場合、シャント制限に用いてもよい。

a) 全てのコンポーネントは、7.7.2、7.7.3 及び 7.7.4 に適合する定格をもたなければならない。

b) 複数の独立したシャントパスが存在する場合、集成体の電圧は、最も高電圧のシャントパスの電圧とする。

c) ガルバニック絶縁を備えていないシャント集成体が、より大きな機器の一部ではなく、個別の機器として製造されている場合、その集成体は 8.1.2 に従わなければならない。

注記 インダクタのようなコンポーネントの火花点火を防止するためにシャントコンポーネントが使用されている場合、6.6.2 による樹脂充填が必要となることがある。

7.7.6 電圧制限の故障（機能失敗）に対する故障しない安全集成体

保護レベル“ia”については、次のシャント集成体の構造は、7.7.5 に適合する場合、出力電圧制限の故障（機能失敗）に対しては、故障しないものとみなす。

a) ダイオード、ツェナーダイオード若しくはダイオードチェーンの二つの並列なパス：一つのダイオード若しくはツェナーダイオードの開放又は短絡故障（機能失敗）だけを、一つの数えられる故障とみなす。

b) ブリッジ接続ダイオードの集成体

- c) 二つの独立した被制御半導体電圧制限回路、ただし入力及び出力回路がともに本安回路であるか、若しくは、それらにいかなる過渡電圧も加わらないことを示すことができる場合に限る、又は
- d) 本安関連機器については、被制御半導体による電圧制限回路に過渡電圧が加わりえる場合、三つの独立した回路

7.7.7 半導体電流制限

被制御及び非被制御半導体は、7.7.2 及び 7.7.3 に適合する場合、ブロッキング又は電流制限の目的で使用してもよい。

7.7.8 プログラマブルコンポーネントの使用

この箇条で考慮するプログラマブルコンポーネントは、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、プログラマブルロジック及び主たる機能として揮発性及び不揮発性メモリを備えるコンポーネントである。副機能として、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ又はプログラマブルロジックを内蔵する、より集積度の高いコンポーネントもまたプログラマブルコンポーネントとみなす。

注記 マイクロコントローラ及びマイクロプロセッサは、ソフトウェアコードを走らせることを意図しているものであり、一方、プログラマブルロジックコンポーネントは、ハードウェア記述言語によって構成することが可能である。

全ての保護レベルについて、使用時到達温度は、プログラマブルコンポーネントが正常に作動するものとして決定する。

保護レベル“ia”及び“ib”については、プログラマブルコンポーネントの故障（機能失敗）は、数えられない故障とする。

保護レベル“ic”については、プログラマブルコンポーネントは次のとおり。

- a) 本質安全防爆構造が被制御レベルに依存する場合、回路のハードウェア制御（例えば、電圧、電流、温度制御）の設定レベルに依存してもよい。
- b) 熱発火の適合性及びコンポーネントの定格設定のため、回路の制御のためコントロールループの一部を構成してもよい。
- c) 火花点火のリスクを生じるようなコンディションの変化に対応できると信頼してはならない。

保護レベル“ic”の例

- 火花点火の適合性がクローバに依存する場合、プログラマブルコンポーネントは、クローバのハードウェアトリガのしきい値の制御に使用することができるが、クローバのトリガには使用することはできない。
- 着火性火花の防止がプログラマブルコンポーネントに依存する場合、プログラマブルコンポーネントを U_0 を定義した電圧レギュレータのコントロールループの範囲内で使用することはできないが、電圧制御器のセットポイントを設定するためには使用してもよい。
- I_0 を回路短絡火花点火限界内に抑えることがプログラマブルコンポーネントに依存する場合、プログラマブルコンポーネントを I_0 を制限する出力のコントロールループの範囲内で使用することはできないが、電流レギュレータのセットポイントを設定するためには使用してもよい。

7.8 変圧器

7.8.1 一般事項

変圧器内部の故障の組合せで、出力電圧又は電流の増加を来すものは考慮しない。

変圧器は、エネルギー貯蔵コンポーネントとみなす。

7.8.2 に従っていない変圧器は、次のように評価する。

- a) 変圧器の巻線間のガルバニック絶縁の短絡は、数えられない故障とみなす。
- b) 保護レベル“ia”及び“ib”については、開放と短絡との間の抵抗値となる巻線の故障（機能失敗）は、数えられない故障とみなす。ただし、巻線が 7.6.2 又は 7.6.3 に従っているときはこの限りではない。
- c) 保護レベル“ic”については、巻線内の短絡及び巻線の開放は、発生するものとする。ただし、変圧器の構造が機器の型式に適用する産業規格に従っている場合はこの限りではない。

7.8.2 本質安全防爆構造が依存する変圧器

保護レベル“ia”及び“ib”については、通常定格内で使用され、7.8.3 及び 7.8.4 の要求事項を満たす変圧器は、該当する巻線間に故障しないガルバニック絶縁を備えたとみなす。

保護レベル“ia”及び“ib”の変圧器で、これに本質安全防爆構造が依存するものは、9.17.2 又は 9.17.3 のいずれか該当するものによる型式試験にかける。

保護レベル“c”については、回路の通常運転電圧、電流及び電力に応じた定格をもち、7.8.5 の要求事項を満たす変圧器は、該当する巻線間に故障しないガルバニック絶縁を備えたとみなす。

本質安全防爆構造が依存する変圧器は、10.3 に従ってルーチン試験にかける。

7.8.3 本質安全防爆構造が依存する変圧器構造

変圧器の巻線は、例えば、含浸又は樹脂充填によって固化する。

注記 1 巻線を固化するため含浸を用いることは、隔離の要求事項を満たさない可能性がある。

本安回路に電源を供給するための全ての巻線は、次の構造（タイプ 1 又は 2）のうちの一つとし、他の全ての巻線から隔離する。

タイプ 1 の構造：巻線は、次のいずれかに巻く。

タイプ 1a) 鉄心の一つの脚部に並んで

タイプ 1b) 鉄心の異なる脚部に

巻線は、表 7 に従って隔離する。

タイプ 2 の構造：巻線は、次のいずれかによって重ねて巻く。

タイプ 2a) 巻線間に、表 7 に従う固体絶縁物を挟む。

タイプ 2b) 巻線間に、6.5.9 に従う銅はく（箔）スクリーン、又は等価な電線スクリーンを挟む。銅はく（箔）スクリーン又は電線スクリーンの厚さは、表 17 による。

注記 2 これは、巻線とスクリーンとの間で短絡が発生したときに、スクリーンが、ヒューズ又は回路遮断器が機能するまで流れる電流に損傷することなく耐えることを確実にする。

製造上、表 17 の値から 10 % 又は 0.1 mm のいずれか小さい方の値を超えて短縮してはならない。

表 17 スクリーンの最小はく（箔）厚さ又は最小電線径

ヒューズの定格	A	0.1	0.5	1	2	3	5	10
最大電流	A	0.17	0.85	1.7	3.4	5.1	8.5	17
はく（箔）スクリーンの最小厚さ	mm	0.05	0.05	0.075	0.15	0.25	0.3	0.5
スクリーンの電線の最小径	mm	0.2	0.45	0.63	0.9	1.12	1.4	1.8

はく（箔）スクリーンには、基準電位につながる機械的に分かれた二本のリード線を設ける。基準電位は、例えば、接地又はバッテリーの陰極端子であり、各リード線は、流れる可能性のある最大連続電流を流す定格とする。

例 最大連続電流の例としては、回路遮断器が作動する直前の電流又は、ヒューズの I_n の 1.7 倍の電流がある。

電線スクリーンは、電氣的に独立した二つ以上の電線の層で構成する。各電線の層には、流れる可能性のある最大連続電流を流す定格をもつ接続部を備える。層間絶縁に対する唯一の要求事項は、9.6 に従って、全ての隣接する層が 500 V_{RMS} の耐電圧試験に耐えることである。

フェライトコアを使用する変圧器においては、鉄心の接地に対する要求事項はないが、鉄心の材料が絶縁物であることを証明するために適切な情報がある場合を除き、フェライトは、離隔の目的においては導電性であるとみなす。

7.8.4 本質安全防爆構造が依存する変圧器の保護方法—保護レベル“ic”及び“ib”

7.8.4.1 主電源変圧器

全ての主電源変圧器（一つ以上の巻線が主電源からガルバニック絶縁されていない全ての変圧器を含む）は、接地接続部を備える。ただし、例えば、絶縁鉄心を使用した変圧器のように、本質安全防爆構造のため接地を要しない場合はこの限りではない。

本安回路に電源の供給の供給を意図する主電源の入力回路は、7.11 に適合するヒューズ又は適切な定格の回路遮断器のいずれかによって保護する。

入力巻線及び出力巻線が、接地された金属スクリーン（タイプ 2b）構造で離隔されている場合、各非接地ラインは、ヒューズ又は回路遮断器で保護する。

ヒューズ又は回路遮断器に加えて、7.16.2.1 及び 7.16.2.3 に従う埋込み式サーマルデバイスが、変圧器の過熱に対する保護として用いられている場合、このデバイスは一つで十分とみなす。

ヒューズ、ヒューズホルダー、回路遮断器及びサーマルデバイスは、適切な承認された規格に適合しなければならない。

電源周波数変圧器は、9.17.2.1 による試験にかけ、また、他の変圧器は 9.17.2.2 による試験にかける。

注記 ヒューズ、ヒューズホルダ、回路遮断器及びサーマルデバイスに対する製造者の仕様を検証することは、この編の要求事項ではない

7.8.4.2 主電源からガルバニック絶縁された変圧器

主電源からガルバニック絶縁された変圧器は直接主電源の電圧には接続されていないので、9.17.3 の軽減した試験要求事項を適用する。

注記 主電源に直接接続されていない変圧器は、軽減した OVC で二次回路に接続されているとみなす。

この変圧器は、信号回路又はスイッチング電源で使用される結合変成器が該当する。

これらの変圧器を主電源電圧を供給する非本安回路に接続するときは、7.8.4.1 に従う保護手段を適用するか、又は、7.11 による適切な定格のヒューズによって安全率 1.0 で保護された単体のシャントツェナーダイオードを電源に接続して、規定外の電力が変圧器のガルバニック絶縁を損なわないようにする。

9.17.3 の定格入力電圧は、ツェナーダイオードの定格電圧とする。

これらの変圧器が本安回路だけに接続され、かつ、ヒューズが存在しないときは、各巻線には、5.2 に定める条件下において流れる最大電流を流す。

7.8.5 保護レベル“ic”の変圧器に対する要求事項

保護レベル“ic”については、本質安全防爆構造が依存する変圧器は、 U_m 又は U_i に等しい定格入力を備え、かつ、基礎絶縁を規定した適用産業規格の該当する安全性要求事項に従わなければならない。表 7 又は表 9 のうち該当するものの要求事項は、変圧器の外部接続部には適用するが、巻線間の内部離隔には適用しない。

保護レベル“ic”の変圧器は、9.17.4 の型式試験にかける。

7.9 リレー

7.9.1 一般事項

リレーのコイルは、エネルギー蓄積コンポーネントとみなす。インダクタンス・抵抗比がインダクタンスの仕様の数値以下であることを考慮する。インダクタンスは、その最大定格値を超えて増加するとは考えない。

7.9.2 に従っていない場合、リレーは次に従って評価する。

- コイルと接点との間、及び接点間でのリレーの絶縁短絡は、数えられない故障とする。
- 保護レベル“ia”及び“ib”については、開放と短絡との間の抵抗値となるコイルの故障（機能失敗）は、数えられない故障とする。
- 保護レベル“ic”については、コイルの開放及び短絡故障（機能失敗）は、数えられない故障とする。

7.9.2 本質安全防爆構造が依存するリレー

本質安全防爆構造が依存するリレーは、6.9 の耐電圧要求事項に従わなければならない。

保護レベル“ia”及び“ib”については、本質安全防爆構造が依存するリレーであって、通常運転下においてその仕様の範囲で作動するもの、及び、次の該当するもの全てに従っているものは、コイルと接点との間又は異なる接点間に、故障しないガルバニック絶縁を備えるものとみなす。

- a) コイルと接点との間の離隔は、6.5.4.2 に従っている。
- b) コイルは、5.2 に定める条件下において、コイルに印加される最大電力を消費する性能をもつ。
- c) コイルが本安回路に接続されているとき、通常使用中の接点は、その製造者の定格を超えない。
- d) 公称接点電流が 5～10 A_{RMS}、又は皮相電流が 100～500 VA 若しくは電圧が 250 V A_C_{RMS} を超える場合、次のいずれか一つを適用する。
 - 1) リレー内部での必要な沿面距離及び絶縁空間距離は 2 倍とする。
 - 2) 6.5.3 による軽減した離隔距離をリレーに適用するときは、次の条件を満たす場合に限り、IEC 61810-1 を満たすリレーを許容する。
 - リレーは、6.5.5 で要求する電圧以上の定格絶縁電圧に対して、IEC 61810-1 による強化絶

縁に適合する。

- 定格絶縁電圧に対する IEC 61810-1 によるリレーの評価を、少なくとも、この編の条件下で使用されるものと同じ OVC で行う。
- 定格絶縁電圧に対する IEC 61810-1 によるリレーの評価を、汚染度 2 以上で行う。
- 通常作動中の接点は、このリレーに対する IEC 61810-1 の評価の定格の範囲内で使用する。

この編による離隔の要求事項及び耐電圧の要求事項は、このリレーに対しても適用するが、部分放電試験は要求しない。

- e) 電流値又は電力値が d) の指定値より大きい場合、本安回路及び非本安回路は、次のうちの一つだけを適用する場合、同じリレーに接続する。

- 1) これらのリレーを、6.5.9 に適合する金属隔壁 (partition) 又は 6.5.10 に適合する絶縁隔壁で仕切る。このような絶縁隔壁の寸法は、リレーの作動によって発生するイオンを考慮に入れる。このイオン化が生じると、一般に、6.5.4.2 に示す値より大きな沿面距離及び絶縁空間距離が必要となる。

- 2) 6.5.3 による軽減した離隔距離をリレーに適用するときは、次の条件を満たす場合に限り、IEC 61810-1 を満たすリレーを許容する。

- リレーは、6.5.5 で要求する電圧以上の定格絶縁電圧に対して、IEC 61810-1 による強化絶縁に適合する。
- 定格絶縁電圧に対する IEC 61810-1 によるリレーの評価を、少なくとも、この編の条件下で使用されるものと同じ OVC で行う。
- 定格絶縁電圧に対する IEC 61810-1 によるリレーの評価を、汚染度 3 以上で行う。

注記 リレーは汚染度 2 で使用するが、リレー作動時のイオン化の発生を考慮し、リレーの内部距離は汚染度 3 に応じて規定する。

- 通常作動中の接点は、このリレーに対する IEC 61810-1 の評価の定格の範囲内で使用する。

この編による離隔の要求事項及び耐電圧の要求事項は、このリレーに対しても適用するが、部分放電試験は要求しない。

- f) リレーが、本安回路内に接点を有し、かつ、非本安回路内にも他の接点を有する場合、本安回路接点と非本安回路接点は、表 7 に加えて、6.5.10 に適合する絶縁隔壁又は 6.5.9 に適合する金属隔壁で離隔する。リレーは、壊れ又は損傷を受けた接点が外れて、本安回路と非本安回路との間の離隔の健全性を損なうことがないように設計する。

- g) 絶縁又は接地金属隔壁が、密閉式のリレーエンクロージャに埋め込まれている場合、9.4.3 は、そのエンクロージャに適用し、絶縁又は接地金属隔壁それ自体には適用しない。

保護レベル “ic” については、リレーの構造が機器に適用する産業規格に従っている場合、耐電圧及び離隔距離に関すること以外には、何ら追加の構造上の要求事項はない。

7.10 信号アイソレータ

7.10.1 一般事項

7.10 の要求事項は、光学的、磁氣的、容量結合及びガルバニック絶縁の信号アイソレータで、変圧器

(7.8 参照), リレー (7.9 参照) 又は単体のコンデンサ (7.5 参照) 以外のものに適用する。

保護レベル“ia”及び“ib”については, 7.10.2 及び 7.10.3 若しくは 7.10.4 に従っていない場合, 信号アイソレータが故障 (機能失敗) してガルバニック絶縁にまたがって短絡すること, 及び, いかなる抵抗値を示すことも数えられない故障とみなす。

保護レベル“ic”については, 7.10.2 及び 7.10.3 若しくは 7.10.4 に従っていない信号アイソレータは, ガルバニック絶縁にまたがるものを含め, 7.2 に示すように故障するとみなす。IEC 60079-28 の要求事項は, この編への適合のためには, 自己完結形の光学アイソレータ (フォトカプラ) には適用する必要はない。

7.10.2 本質安全防爆構造が依存する信号アイソレータ

定格が 7.1 の要求事項に従い, かつ, 以下の事項に適合する信号アイソレータは, 表 18 に従った故障を起こす可能性があるとみなす。

表 18 信号アイソレータの定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード	
	U	I	P	ガルバニック絶縁にまたがる短絡	他の故障
“ia”及び“ib”	1.0	1.0	1.0	数えられる故障 ^a	数えられる故障
“ic”	1.0	1.0	1.0	適用しない	適用しない

^a 7.10.3又は7.10.4に従う信号アイソレータは, 絶縁部にまたがって短絡故障するとはみなさない。

外部保護コンポーネントが信号アイソレータの定格を満たす必要がある場合, 数えられる故障は, その保護コンポーネントには適用してはならず, かつ, 保護コンポーネントの定格には安全率 1.0 をかける。例えば, 7.11 による適切な定格のヒューズによって安全率 1.0 で保護された単体のシャントツェナーダイオードは適切に保護されているとみなす。そのようなコンポーネントに対しては, 一般的な産業規格による離隔距離を適用する (図 3 参照)。

信号アイソレータの絶縁部にまたがる外部接続部は, 6.5.1 に従わなければならないが, 離隔の要求事項は, 7.10.3 で要求する場合を除き, 樹脂充填又はシールされた信号アイソレータの内部には適用しない。

信号アイソレータは, ガルバニック絶縁にまたがって, 6.9 による耐電圧の要求事項に従わなければならない。このコンポーネントの故障しない離隔距離に対する製造者の定格絶縁電圧は, 6.9 で要求する試験電圧未満であってはならない。

非光学的信号アイソレータ, 及び電力伝達用光学的アイソレータ (フォトカプラ) は, 対象の装置のデータ速度の最も厳しい条件下において, 9.9 によって測定するか, 又は信号アイソレータの製造者から入手した資料に基づき, 差動漏れ電流伝送限界値 50 µA に従わなければならない。信号アイソレータの電流伝達は, 機器の評価においては考慮する必要はない。

注記 光学的信号アイソレータは, 既知のアーキテクチャで光学的に伝達されたエネルギーは限界を超えないという前提を基に, 伝達された電流の評価からは除外される。

7.10.3 本安回路と非本安回路との間の信号アイソレータ

信号アイソレータは, 次の一つ以上に従っている場合, 本安回路と非本安回路との間に故障しない離隔を備えるとみなす。

a) 光学的信号アイソレータであって, 6.5.5 で要求する電圧以上の絶縁定格をもち, IEC 60747-5-5 に

よる強化絶縁のための構造、材料及び試験の要求事項を満たすもの。この信号アイソレータは、更に、7.10.2に従わなければならない。

- b) 非光学的信号アイソレータであって、6.5.5 で要求する電圧以上の絶縁定格をもち、DIN VDE V 0884-11 又は IEC 60747-17 による強化絶縁のための構造、材料及び試験の要求事項を満たすもの。この信号アイソレータは、更に、7.10.2に従わなければならない。
- c) 信号アイソレータであって、7.10.2に従っており、更にデバイスの内部に適用する 6.5.4.2 の隔離の要求事項に従っているもの。ただし、シールしたデバイスの内部には、表 7 の第 5, 6 及び 7 列、又は表 8 及び表 9 の第 3 及び 4 列は適用しない。
- d) 光学的信号アイソレータであって、ガルバニック絶縁にまたがって 6.9 の要求事項に従っており、かつ、保護レベル“ia”及び“ib”については、9.10 の試験に適合するもの。光学的信号アイソレータの定格は 7.1 又は 7.10.2 に従う必要はない。ただし、6.5.4.2 の隔離の要求事項は、絶縁部にまたがる外部接続部、及び光学信号アイソレータの内部に適用する。内部をシールしたデバイスには、表 7 の第 5, 6 及び 7 列、又は表 8 の第 3, 4 列及び 5 列、及び表 9 の第 3 及び 4 列は適用しない。

注記 IEC 60747-5-5, DIN VDE V 0884-11 又は IEC 60747-17 に反して、信号アイソレータの製造者の仕様に適合することを検証することは、この編の要求事項ではない。

7.10.4 本安回路の間の信号アイソレータ

信号アイソレータは、7.10.2 又は 7.10.3 d) に従っている場合、別々の本安回路間に故障しない隔離を与えるとみなす。保護技術（例えば、7.10.2 に示すもの）が、絶縁コンポーネントの定格を超えることを回避するために必要になることがある。

7.11 ヒューズ

本質安全防爆構造がヒューズの開放に依存する場合、評価のため、ヒューズは $1.7 \times I_n$ の電流を連続して流すことができるものとみなす。単体の適切な定格をもつヒューズは、十分な保護性能をもつ。

保護レベル“ia”及び“ib”の本安機器については、爆発危険場所に設置したとき、電流を流すことができるヒューズは、6.6 に従って樹脂充填する。

保護レベル“ic”については、ヒューズの開放が生じると見込まれる場合、その開放は唯一の着火リスクとみなす。このような例として、接続端子部での短絡又は過負荷によってヒューズの開放が生じる場合がある。

ヒューズが樹脂充填又はコーティングされている場合、コンパウンド又はコーティングはヒューズの内部に侵入してはならない。このことは、次のうちいずれか一つによって証明しなければならない。

- a) 9.4.2 に従う、サンプルの試験
- b) ヒューズが樹脂充填又はコーティングに対して許容できることの、ヒューズの製造者の宣言書
- c) 樹脂充填又はコーティングの前に行うヒューズのシール

コンポーネントを保護するために用いるヒューズは、機器の容器を開くことによってだけ交換可能とする。交換可能なヒューズについては、そのタイプ識別及びヒューズの定格 I_n 、又は本質安全防爆構造上重要な特性をヒューズの直近に表示する。

ヒューズは、6.5.4.2 に適合する必要はないが、回路開放したとき、5.2 に定める条件下において印加される可能性のある最大電圧以上の定格をもたなければならない。ヒューズ及びヒューズホルダの構造に関

する一般産業規格を適用し、かつ、その実装方法（配線接続を含む）が、ヒューズ及びヒューズホルダがもつ絶縁空間距離、沿面距離その他の離隔距離を減少してはならない。本質安全防爆構造のため必要な場合、回路の他の部分との離隔距離は、6.5.1に従わなければならない。

保護レベル“ia”及び“ib”については、ヒューズの開放は考慮するが、数えられる故障ではない。

ヒューズは、それを実装する回路の最大推定電流以上の遮断容量（該当する交流又は直流）をもたなければならない。交流 250 V 以下の主電源システムに対しては、通常、推定電流は交流 1,500 A とみなす。ヒューズの遮断容量は、IEC 60127 シリーズ又は ANSI/UL 248 シリーズに従って決定し、ヒューズの製造者はこれを明示しなければならない。コールドレジスタンスは、ヒューズの遮断容量に準拠する目的のためには使用してはならない。

注記 これは、コールドレジスタンスを回路の他の部分での電流制限のため、又は他のコンポーネントを保護するために用いることを排除するものではない。7.4.2 参照。

指定の U_m をもつ接続端子部については、ヒューズの遮断容量が 1,500 A 未満でもよい。この場合、製造者は、その回路に許容する最大推定電流を指定し、取扱説明書に記載しなければならない。

推定電流をヒューズの定格遮断容量以下の値に制限するために、電流制限コンポーネント又はデバイスが必要とする場合、このコンポーネント又はデバイスは、これに本質安全防爆構造が依存するものであり、かつ、その定格値は、次に示す値以上とする。

- － 電流定格 $1.7 \times I_n$ （適切な安全率を適用）
- － 電圧定格（安全率 1.0 適用）、例えば U_m 又は U_i
- － 電力定格 $(1.7 \times I_n)^2 \times$ 制限デバイスの最大抵抗値（適切な安全率を適用）

抵抗器をまたぐ離隔距離は、 $1.7 \times I_n \times$ 抵抗器の最大抵抗値で求めた電圧を用いて決定する。

7.12 一次及び二次セル並びに一次及び二次バッテリー

7.12.1 一般事項

第 1 編（総則）のセル及びバッテリーの要求事項にかかわらず、セル及びバッテリーは、本質安全防爆構造が損なわれない限り、本安機器に並列に接続することを許容する。例えば、5.3、5.4.4、7.12.3 及び 9.14.3.3 は、一つ以上の並列セル又はスーパーキャパシタの短絡の条件下で考慮するものである。

注記 第 1 編の並列バッテリーに対する要求事項は、第 1 編に掲げる別の防爆構造のいずれかによって保護している本安関連機器のセル及びバッテリーに適用する。

リチウムタイプのように、セル及びバッテリーのなかには、短絡又は逆充電をすると爆発するものがある。このようなタイプのセルは、例えば IEC 62133 又は UL 1642 のような、適用する産業規格の該当する安全性要求事項に適合しなければならない。

取扱説明書、及び、該当する場合、機器の表示は、セル及びバッテリーの安全上の措置に使用者の注意が向くようにする。

使用者がバッテリーを交換することを意図している場合（例えば、7.12.7 又は 7.12.8 を適用する場合）、機器には、11.2 の a) に規定する警告ラベルを表示する。

二次バッテリーが使用されているが、危険場所では交換できない場合、機器には、11.2 の c) に規定する警告ラベルを表示する。

セル又はバッテリーを危険場所で再充電する場合、充電回路は、本安機器の一部として完全に指定し、機

器の評価の一部として評価する。充電システムは、5.2 に定める条件下において、その充電電圧及び充電電流は、セル又はバッテリーの製造者の指定する制限値を超えてはならない。

EPL Da 又は EPL Db のためのセル又はバッテリーをもつ本安機器でセルを危険場所で充電する場合、9.14 に定めるセルの温度上昇及び電解液漏れの試験は、充電条件下においても考慮する。

7.12.2 本安機器で使用するセル及びバッテリーの構造

本安機器で使用するセル及びバッテリーの火花点火能力及び表面温度は、9.14.3 に従って、試験又は評価する。セル又はバッテリーの構造は、次のタイプのうちのいずれかとする。

a) 密封形セル

b) 制御弁式セル又はバッテリー

c) 圧力逃がし装置はないが、a) 及び b) と同様の手法で密封することを意図したセル又はバッテリー

このようなセル又はバッテリーは、その耐用年数の間、電解液の追加を必要とせず、かつ、次に適合する密封した金属又はプラスチック容器とする。

1) 継ぎ目又は接合部がなく（例えば、引抜き、スピニング加工又はモールディング）、接合は、溶解、共晶法、溶接又は接着剤による。接着剤は、容器の構造によって保持し、かつ、ワッシャ及び O リングなどの恒久的に圧縮をかけるシールデバイス（エラストマー又はプラスチック製）を用いてシールする。

2) 上記には適合しないスウェーピング、圧着、収縮、又は二つ折りした容器の部分、又は、ガスの透過性がある材料（例えば、紙を基にした材料）を用いた部分は、シールしているとはみなさない。

3) 端子周囲のシールは、上記のような構造とする、又は熱硬化性又は熱可塑性の充填材の注入シールのいずれかとする。

d) セル又はバッテリーで、当該電解液と共に使用することに適しているものとして充填材の製造者が指定した充填材で樹脂充填し、かつ、6.6 に適合するもの。

a) 又は b) に適合することの宣言書は、そのセル又はバッテリーの製造者から入手する。c) 又は d) に適合するか否かは、セル又はバッテリーの物理的な検査、及び、必要なときは、その構造図によって決定する。

注記 適用可能なガス密封形セル又は制御弁式セルの規格への適合性を示す製造者のデータシートは、適合性の宣言とみなされる。セル又はバッテリーの製造者の仕様に適合することを検証する必要性は、この編では要求していない。

バッテリーが数個の独立したセル又はより小形のバッテリーで構成され、この編の離隔及びその他の要求事項に適合する明確に定義した構造で組み合わせられている場合、各セル又はより小形のバッテリーは、9.14.3 に示す試験にかける。6.5.4.2 に従う内部離隔で構成されたバッテリーについては、セル間の短絡は考慮する必要はない。しかし、単一セルの短絡故障（機能失敗）は、一つの数えられない故障とみなす。ただし、表面温度試験は、単一セルが短絡故障することだけを考慮する。

明確に状況を定義していないときは、バッテリーは、その外部端子間で短絡故障（機能失敗）を生じるとみなす。

7.12.3 電解液の漏れ

セル及びバッテリーは、電解液の流出が起きないタイプのものとするか、又は電解液が本質安全防爆構造が依存する部品を損傷させないようにセル又はバッテリーを封止する。電解液で本安回路が損傷することを防止するため封止されていないセル及びバッテリーは、9.14.2 に従って試験を行うか、又は、セル又はバッテリーの製造者から、その製品が 9.14.2 に適合することを記した書面を入手する。電解液が漏れるセル及びバッテリーを 6.6 に従って樹脂充填する場合、樹脂充填後に、9.14.2 に従って試験を行う。

7.12.4 換気

本安機器が充電式のセル又はバッテリーを実装する場合、製造者は、電気若しくは電子コンポーネント又は接続部を内蔵する機器内のいかなる自由空間も、その水素濃度が体積分率 2 %を超えないことを証明しなければならない。代替法として、機器が保護レベル“ia”又は“ib”，及びグループ IIC に対する要求事項を満たす場合、ガス抜き穴又は水素濃度の制限の要求事項は適用しない。

注記 1 バッテリー製造者が示す水素濃度に関する仕様の適合性を検証する必要があることは、この編の要求事項ではない。

本安機器の内部のバッテリー容器で、密封され（目視できる穴、漏れ口、溝のようなベントがない）、一次又は二次の制御弁式セル又はバッテリーを収容するものは、9.14.4 に従って試験し、バッテリー容器内部の大気圧を超える圧力が、30 kPa 以下でなければならない。

密封形セルで、9.14 の試験実施中、明らかに換気がないもの、及びそのようなセルを収容する容器は、9.14.4 に従って試験を行う必要はない。

注記 2 密封形及び制御弁式セルの内部は、より高い圧力になるかもしれない。制御弁式セルは、製造者が指定するように、セルに備えるバルブの圧力を制限する。

7.12.5 セルの電圧

評価及び試験のため、セルの電圧は、第 1 編（総則）の一次セルの表及び二次セルの表で規定した値とする。セルがこれらの表に列挙されていないときは、最大開路電圧を決定するために、9.13 に従って、(23±5) °C で、機器の製造者が指定する方法を用いて充電後に試験を行う。公称電圧は、セルの製造者が指定する電圧とする。

7.12.6 他の防爆構造で保護した機器のバッテリー

例 この細分箇条は、他の防爆構造（例えば、耐圧容器）で保護されているが、外部電源を切り、容器を爆発性雰囲気内で開けるとときには本質安全防爆構造が必要なバッテリー及び本安関連回路を内蔵する機器に対して適用可能である。

この要求事項は、他の防爆構造の要求事項を補足するものである。

バッテリー区画（compartment）、又はバッテリー区画を機器に装着する手段は、機器の本質安全防爆構造に悪影響を及ぼすことなく、バッテリー又は完全なバッテリー区画を設置及び交換できるような構造とする。

バッテリーから取り出す電流を制限するために、電流制限抵抗器を使用するときは、その抵抗器の定格は、7.4.2 に従って定める。

セル又はバッテリーに直列につないだ電流制限抵抗器は、他で保護しない限り、最大電圧 U_m においてその定格を定める。この例として、保護は、7.7.2 に従う定格をもつ単体のツェナーダイオードを用いることによって達成できる。

バッテリー安全性を確保するために必要な電流制限デバイスは、バッテリーの一部として電流制限デバイス

に組み込むことは要求しない。

7.12.7 爆発性雰囲気中で使用及び交換するバッテリー

バッテリーが、バッテリー自体の安全性を確保するために電流制限デバイスを必要とし、かつ、爆発性雰囲気中で使用及び交換することを意図している場合、その電流制限デバイスと一体で全体が交換可能なユニットを形成しなければならない。ユニットは、本安出力端子及び（備えられる場合）充電用の適切に保護した本安端子だけが露出するように樹脂充填するか、又は封止する。

ユニットは、事前の衝撃試験は省略するが、第1編（総則）の落下試験にかける。落下試験において、ユニット及び／又は電流制限デバイスからセルが飛び出し又は分離して、ユニットの本質安全防爆構造を損なうことがなければ、その構造は適切であるとみなす。

7.12.8 爆発性雰囲気中で使用するが交換しない交換可能バッテリー

セル又はバッテリーが、バッテリー自体の安全性を確保するために電流制限デバイスを必要とし、かつ、爆発性雰囲気中で交換することを意図していない場合、それは、7.12.7に従って保護するか、又は、代替法として、工具を用いるか、又は第1編（総則）によるインターロックデバイスによらなければ開くことができない区画に収納してもよい。セル又はバッテリーは、次にも適合しなければならない。

- a) バッテリーの区画、又は（バッテリーの）機器への装着手段は、機器の本質安全防爆構造を損なうことなく、セル又はバッテリーを設置及び交換できるように構成する。
- b) 無線受信機又は送受信機のような携帯用機器、又は人が持ち運んで使用可能な機器は、事前の衝撃試験は省略するが、第1編（総則）の落下試験にかける。落下試験において、機器からバッテリー又はセルが飛び出し又は分離して、機器又はバッテリーの本質安全防爆構造を損なうことがなければ、その構造は適切とみなす。
- c) 機器には、11.2のb)に規定する警告ラベルを表示する。

7.12.9 バッテリー充電用の外部接点

バッテリー充電用の外部接点は、6.3.5による要求事項を満たさなければならない。

7.13 圧電デバイス

水晶発振器（例えば、クロック発振器）以外の圧電デバイス（piezoelectric devices）は、9.11に従って試験する。

保護レベル“ic”については、9.11の試験は、例えば、不規則なスペーシング又は火花接点が直接接続されていることによって圧電回路が直接短絡できる場合にだけ適用する。離隔距離を決定するために用いる電圧は、次のうちの該当する一つとする。

- a) 圧電素子が通常運転中に衝撃にさらされることがないときは、回路の通常運転電圧
- b) 圧電素子が通常運転中に衝撃にさらされることがあるときは、9.11の試験で発生した最大電圧

7.14 ガス検知用セル

7.14.1 電気化学セル

ガス検知に使用する電気化学セルは、これが電圧及び電流を増加させ、火花点火の適合性に影響を与えることがあることを考慮する。ただし、電気化学セルは、機器の熱発火評価に関しては、電力増加を考慮する必要はない。

7.14.2 触媒センサ

触媒センサは、グループ I, IIA, IIB 及び III の本安機器に対してだけ許容する。

触媒反応による温度上昇は、5.4 による熱発火の適合性においては考慮しなければならない。これは、第 1 編（総則）に定める小形コンポーネントの発火試験の適用によってもよい。

7.15 スーパーキャパシタ

スーパーキャパシタは、本質安全防爆構造が損なわれない限り、本安機器内で並列接続することを許容する。

スーパーキャパシタに印加する電圧は、5.2 に従って故障を適用するときであっても製造者が指定する上限を超えてはならない。スーパーキャパシタの使用時到達温度は、スーパーキャパシタの製造者が定めた許容値を超えてはならない。

本質安全防爆構造が依存するコンポーネントの電力定格、及び熱発火ハザードに対するスーパーキャパシタの影響を考慮するとき、蓄積するエネルギーは仕様上の静電容量により制限されるものとしてよい。

保護レベル“ia”及び“ib”については、次を適用する。

- a) スーパーキャパシタの短絡故障（機能失敗）は、数えられない故障とする。
- b) スーパーキャパシタに逆極性が印加される可能性がある場合、7.7.2 に従って、保護定格をもつ保護を設けなくてはならない。
- c) スーパーキャパシタは、9.14.2 の電解液漏れ試験にかけるか、又は UL 810A による構造及び性能の要求事項を満たさなければならない。加えて、スーパーキャパシタは、9.14 の火花点火試験及び表面温度試験にかける。

注記 UL 810A に対するスーパーキャパシタの製造者の仕様の適合性を検証することは、この編の要求事項ではない

保護レベル“ic”については、スーパーキャパシタは 7.2 に定める故障を生じるとみなす。

7.16 サーマルデバイス

7.16.1 一般事項

保護レベル“ia”及び“ib”については、7.16.2 又は 7.16.3 に従っていない場合、サーマルデバイスの開放と短絡との間のいかなる抵抗値への故障（機能失敗）も、数えられない故障とする。

保護レベル“ic”については、7.16.2 又は 7.16.3 に従っていない抵抗性サーマルデバイスは、7.2 に定める故障を生じるとみなす。

7.4 で対象とする抵抗器又は 7.11 で対象とするヒューズは、7.16 からは除外する。

7.16.2 温度制限に用いるサーマルデバイス

7.16.2.1 一般事項

温度センサを含むサーマルデバイスは、7.16.2.2, 7.16.2.3 又は 7.16.2.4, 及び次の全てに従っている場合、本質安全防爆構造の温度制限のため用いることができる。

- a) 7.1 の要求事項に従って、定格が定められていること
- b) サーマルデバイスと保護部品間に十分な熱的結合があり、9.3 によって検証されていること
- c) サーマルデバイスの外部接続部は 6.5.1 に従わなければならないが、離隔の要求事項はサーマルデバイスの内部には適用しない。

7.16.2.2 温度センサ

温度センサは、次の全てに従わなければならない。

- 温度センサは、コントロールユニット（例えば、被制御半導体による制限とともに用いる）内部で使用する
- 温度センサは、表 19 による故障を生じる可能性があるとする。

表 19 温度センサの定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード		
	U	I^a	P^a	開放	短絡	$0 < R_T^c < \infty$
“ia”及び“ib”	1.0	1.5	1.5	数えられる故障	数えられる故障	数えられる故障
“ic”	1.0	1.0	1.5^b 1.0^b	適用しない	適用しない	適用しない
^a 指定ある場合 ^b 7.1参照 ^c 最も厳しい抵抗，又は等価（例えば，熱電対電圧），要求する最高温度において						

7.16.2.3 スイッチングサーマルデバイス

復帰できないサーマルヒューズ，及び復帰可能なサーマルスイッチ若しくはサーマルトリップは，表 20による故障を生じる可能性があるとする。

表 20 スイッチングサーマルデバイスの定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード	
	U	I	P	開放故障（機能失敗） ^a	$0 < R < \infty$
“ia”及び“ib”	1.0	1.0	N/A	数えられる故障 ^{b,c}	数えられる故障
“ic”	1.0	1.0	N/A	適用しない	適用しない
^a 最高開放温度で ^b IEC 60691に従うデバイスは，開放故障するとはみなさない。 ^c 7.8.4.1によって単体のデバイスが許容される場合，又は7.10.2で開放故障（機能失敗）は考慮する必要がない場合を除く。					

7.16.2.4 温度制限に用いる PTC デバイス

PTC デバイス（PPTC デバイスを含む）は，追加の制御回路を用いることなく，温度制限に用いてもよい。ただし，次のことを条件とする。

- 9.12 の試験を満たすこと。
- 第 1 編の最高表面温度試験で要求する温度マージンを適用すること
- スイッチングスピードが被保護コンポーネントに与える衝撃の説明がなされること
- 表 21 による故障を起こすとみなすこと

表 21 温度制限に用いる PTC デバイスの定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード		
	U	I	P	開放	短絡	$0 < R < \infty$
“ia”及び“ib”	1.5	N/A	N/A	数えられる故障	数えられる故障	数えられる故障
“ic”	1.0	N/A	N/A	適用しない	適用しない	適用しない

7.16.3 電流制限に用いる PPTC デバイス

7.1 の要求事項に従って定格を定めた PPTC デバイスは、熱発火の適合性、コンポーネントの電力定格、及び P_0 の決定の目的で、電流制限のため自己発熱を利用してもよい。ただし、次の全てに従わなければならない。

- a) 温度評価はデバイスで消費できる最大電力を考慮に入れ、かつ、遮断温度をもとにしないこと
- b) PPTC デバイスの外部接続部は 6.5.1 に従うが、隔離の要求事項は内部には適用しないこと
- c) 表 22 による故障を起こすとみなすこと

表 22 電流制限に用いる PPTC デバイスの定格及び故障モード

保護レベル	定格に適用する安全率			故障モード		
	U	I_{TRIP}^a	I_{MAX}^b	開放	短絡	$0 < R < \infty$
“ia”及び“ib”	1.5	1.0	1.5	数えられる故障	数えられる故障	数えられる故障
“ic”	1.0	1.0	1.0	適用しない	適用しない	適用しない
^a 最低周囲温度において、デバイスが高インピーダンスモードにトリップする最大電流 ^b 損傷を受けることなくデバイスが耐える最大電流。これは、全ての関係する PPTC デバイスを短絡して、5.2 に定める条件下において可能な最大過渡電流と比較する。						

7.17 機械的スイッチ

機器の一部を構成し、5.2 に定める条件下において製造者の仕様の範囲内で作動する機械的スイッチは、開くか閉じるかだけを考慮すればよい。

8 特定の機器に対する補足要求事項

8.1 ダイオード形安全保持器

8.1.1 一般事項

ダイオード形安全保持器内部のダイオードは本安回路に加わる電圧を制限し、それに続く抵抗器は回路に流入する電流を制限する。ダイオードは、ヒューズ又は抵抗器で保護する。これらの集成体は、本安回路と非本安回路との間のインタフェースとして使用することを意図しており、10.2 のルーチン試験の対象とする。

安全保持器の過渡現象への耐性は、9.16 に従って試験する。

2 個のダイオード又はダイオードチェーンだけを内蔵し、保護レベル“ia”に使用するダイオード形安全保持器は、それらのダイオードを 10.2.2 に規定するルーチン試験にかけた場合に限り、7.7.6 に従う故障しない集成体として許容する。この場合、5.2 の適用に当たっては、1 個のダイオードの故障（機能失敗）だけを考慮する。

保護レベル“ic”については、ダイオード形安全保持器に最低限要求するものは、7.1 に従って運転するダイオード 1 個及び電流制限抵抗器 1 個である。

8.1.2 構造

8.1.2.1 実装

構造は、例えば実装にかかわる形状又は色を非対称にすることにより、複数の安全保持器を一緒に実装した際にいかなる誤実装も明確になるようにする。

8.1.2.2 接地接続用端子部

接地電位になる可能性がある回路用接続端子部に加え、安全保持器には、追加の接地接続用として、次のうちの一つ以上を設ける。

- － 6.3.2 による接続端子部 1 個
- － 絶縁電線 2 本、ただしそれぞれが、断面積 1.5 mm^2 以上の銅線で、かつ、連続的な最大電流を流す定格をもつ
- － 4 mm^2 以上の断面積をもつ絶縁銅線 1 本

8.1.2.3 コンポーネントの保護

集成体は、本質安全防爆構造が依存するいかなるコンポーネントの修理又は交換も防止するため、6.6 に従う樹脂充填、又は修復不可能なユニットを形成する容器のいずれかによって、外部からのアクセスに対して保護する。集成体全体で一つの構成要素を成さなければならない。

8.2 FISCO 機器

FISCO システムでを使用することを意図する機器は、附属書 E に従い、かつ、11.1.3 による表示を設ける。

9 型式検証及び型式試験

9.1 火花点火試験

9.1.1 一般事項

火花点火試験は、対象機器の最も厳しい回路と同等以上の着火能力をもつ代表的回路を用いて行う。製造上の公差のためコンポーネントを使用することが不可能な場合（例えば、ツェナーダイオード）、10 個から成るサンプルセットから最も厳しいコンポーネントを使用する。

安全率は、5.3.4.1 d) 又は 5.3.4.2 d) の該当する方の記述を考慮して決める。

9.1.2 に記述する試験を代表回路に適用中、点火が生じてはならない。

9.1.2 火花点火試験装置及びその使用方法

火花点火試験装置は、附属書 B に規定するものとする。ただし、附属書 B に、その装置が適切ではないことを示している場合はこの限りではない。この場合、同等の感度をもつ代替の試験装置を使用し、それを使用した理由を最終的な試験及び評価の文書に含めなければならない。

一連の試験を行う前に、9.1.3 に従って火花点火試験装置の感度を確認する。そのため、 $(95 \pm 5) \text{ mH}$ の空芯コイルに $(24 \pm 0.24) \text{ V}$ の直流電源を接続した回路で試験装置を作動させる。この回路の電流は、機器グループ及び試験用混合ガスの安全率に応じて、表 23 又は表 24 の「点火」の列に示す値の該当する方に示す値に設定する。正極の電極保持板が 440 回転するまでに、爆発性試験用混合ガスに点火する場合、感度は満足するとみなす。感度が不十分であるときは、B.3 を手引きとして参照する。

火花点火試験装置内で、各回路は、電極保持板を次に示す数だけ回転させて試験し、一度の点火も起きてはならない。

- a) 直流、容量性回路に対して、400～440 回転（5 分）、各極性で 200～220 回転
- b) 交流回路に対して、1,000～1,100 回転（12.5 分）

各放電又は遮断の間に、回路が復帰するまで十分な時間（時定数の 3 倍以上）が確保されているかに注

意する。回路の復帰に要する時間は、火花点火試験装置を標準速度で使用し、かつ、電極 4 本を用いたとき、通常は 20 ms 未満でなければならない。

この時間では復帰に不十分な場合、開放とその後の電極・円板の短絡と間の持続時間を増加させるため、1 本以上の電極を取り除くとともに、火花の数を同等に維持するために、回転数を増加する。電極を 1 本だけ残して全て取り除いても十分な復帰時間が得られない場合、火花点火試験装置の回転速度を減少してもよいが、容量性回路については、時定数の 4 倍を達成するために必要な時間未満とはせず、また、火花点火試験装置の適切な感度は確保する。

a) 又は b) による各試験の後、火花点火試験装置の感度を検証する。感度が 9.1.3 に適合しない場合、試験対象の回路に対する点火試験は無効とみなし、もう一度行わなければならない。

インダクタを試験するときは、使用時到達温度のコイル抵抗に対する影響を考慮に入れて、確実に最も厳しい条件の電流がインダクタを流れるようにする。試験中の自己発熱の影響は無視する。

装置の感度が高すぎるという疑いのあるときは（例えば、試験で想定外の点火があった場合）、感度を表 23 及び表 24 の該当する方の「不点火」の列の数値以上の値を適用して確認してもよい。400 回転以内に点火が発生した場合、過大感度の原因調査を行い、かつ、試験対象の回路に対する点火試験は無効とみなし、もう一度行わなければならない。

注記 火花点火試験装置のタングステン線の曲り、ささくれ、又はカドミウムのコーティングは、装置の点火感度を変えることがある。これによって、試験結果が無効となる可能性がある。

9.1.3 試験用混合ガス及び火花点火試験装置の校正電流

9.1.3.1 爆発試験用混合ガス及び校正電流（安全率 1.0）

試験する装置の機器グループに応じて、表 23 に示す爆発試験用混合ガスを使用する。

表 23 安全率 1.0 に対応した爆発試験用混合ガスの組成

機器グループ	爆発試験用混合ガスの組成 空気に対する体積分率	点火のための校正電流 mA	不点火のための最小校正電流 mA
I	(8.3 ± 0.3) %メタン	110~111	87
IIA	(5.25 ± 0.25) %プロパン	100~101	79
IIB	(7.8 ± 0.5) %エチレン	65~66	51
IIC	(21 ± 2) %水素	30~30.5	23

特別なケースとして、特定のガス又は蒸気の中で使用するために試験し、表示をする機器は、そのガス又は蒸気が、空気中で最も容易に点火する濃度で試験を行う。

可燃性ガス又は蒸気は、純度 95 %未満のものは使用してはならない。

注記 市販のガス又は蒸気の純度は、通常、試験用として適切である。試験室の温度及び空気圧の通常の変化、並びに爆発性試験混合ガス内の空気の湿度の影響も軽微と見込まれる。それらの変化による顕著な影響があれば、火花点火試験装置の定期的な校正中に明らかになるであろう。

9.1.3.2 爆発試験用混合ガス及び校正電流（安全率 1.5）

9.1.2 の試験を実施するとき、試験用混合ガスは 9.1.3.1 に定めるものを使用し、安全率を適用する場合、5.3.4.2 d) 1) によって試験回路の電圧又は電流のいずれか適用するものを増加することが望ましい。この方法（試験回路の電圧又は電流を増加すること）が実用的でなく、安全率を達成するためより着火しや

すい試験混合ガスを使用する場合，表 24 に示す組成の試験用混合ガスを用いる。このガスによる試験は，安全率 1.5 とみなす。

表 24 安全率 1.5 に対応した爆発試験用混合ガスの組成

機器 グループ	爆発試験用混合ガスの組成 空気に対する体積分率					点火のため の校正電流 mA	不点火のため の最小校正電流 mA
	酸素－水素－空気混合ガス			酸素－水素混合ガス			
	水素	空気	酸素	水素	酸素		
I	52 ± 0.5	48 ± 0.5	-	85 ± 0.5	15 ± 0.5	73～74	57
IIA	48 ± 0.5	52 ± 0.5	-	81 ± 0.5	19 ± 0.5	66～67	51
IIB	38 ± 0.5	62 ± 0.5	-	75 ± 0.5	25 ± 0.5	43～44	33
IIC	30 ± 0.5	53 ± 0.5	17 ± 0.5	60 ± 0.5	40 ± 0.5	20～21	16

9.2 基準曲線及び表を用いる火花点火の評価

9.2.1 一般事項

点火適合性の評価に供する回路は，曲線を得るために単純な回路に近似する場合，図 A.1～図 A.6，又は表 A.1 及び表 A.2 を評価に使用してよい。

次の手順を適用する。

- － 5.2 で指定する条件下において，コンポーネントの許容値，供給電圧の変化，離隔の故障及びコンポーネント故障を考慮して，最も厳しい回路構成を決定する。
- － 5.3.4 に定める方法を用いて，5.2 に定める安全率を適用する。

得られた回路のパラメータが図 A.1～図 A.6 の基準曲線，又は表 A.1 及び表 A.2 の値の限界値以内であることを検証する。

注記 附属書 A の図及び表は，点火／不点火の二元論ではなく，着火確率をもとにしている。したがって，火花点火試験装置を用いて試験したとき附属書 A に従う回路が点火を生じること，及び 9.1 の火花点火試験に合格する回路が附属書 A に従わないことのいずれもありうる。火花点火試験装置の感度は変化する，そして，曲線及び表は多数のそのような試験から得られたものである。

9.2.2 単純な抵抗性回路の評価

9.2.2.1 一般事項

単純な抵抗性回路を図 12 に示す。これは、固定抵抗で制限された電圧源から成り、容量性又は誘導性のエネルギー蓄積コンポーネントは含まない。このような回路の火花点火評価は、図 A.1 又は表 A.1 に示す数値を用いて行ってよい。

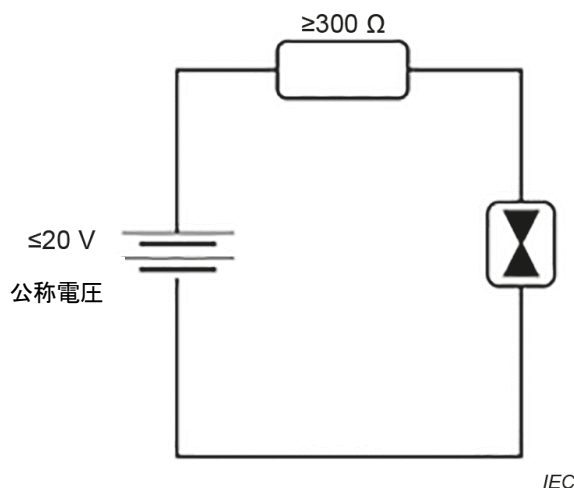


図 12 単純な抵抗性回路の例示

9.2.2.2 単純な抵抗性回路の評価の例

単純な抵抗性回路の構成図を図 12 に示す。この回路の火花点火評価は、次に従って実施する。

- 抵抗器の値の決定—抵抗器は 7.4.2 に適合し、その値は $300\ \Omega$ とする。許容差は適用しない。
- 最大電圧の決定—7.12.5 に従って、バッテリーの最高開路電圧を決定する。例として、火花点火評価のための最高バッテリー電圧は $23.5\ \text{V}$ とする。
- 最大短絡電流の決定—最大短絡電流は最大電圧を最小抵抗で除して求める。すなわち、 $23.5\ \text{V} / 300\ \Omega = 78.3\ \text{mA}$ となる。回路は抵抗性なので、5.2 及び 5.3.4 の要求事項を適用し、安全率を 1.5 とすると、短絡電流は $1.5 \times 78.3\ \text{mA} = 117.5\ \text{mA}$ となる。
- 火花点火適合性の検証—グループ IIC に対しては表 A.1 から、 $23.5\ \text{V}$ の抵抗性回路では最小点火電流は $275\ \text{mA}$ となる。したがって、この回路は、火花点火に関しては本質安全であると評価できる。

9.2.3 単純な容量性回路の評価

9.2.3.1 一般事項

単純な容量性回路を図 13 に示す。9.2.2 に従って評価するとき、電圧と抵抗の組合せが短絡電流を機器グループ及び安全率に対して適切に制限する場合、図 A.2 及び図 A.3 の基準曲線又は表 A.2 にある数値を適用してもよい。

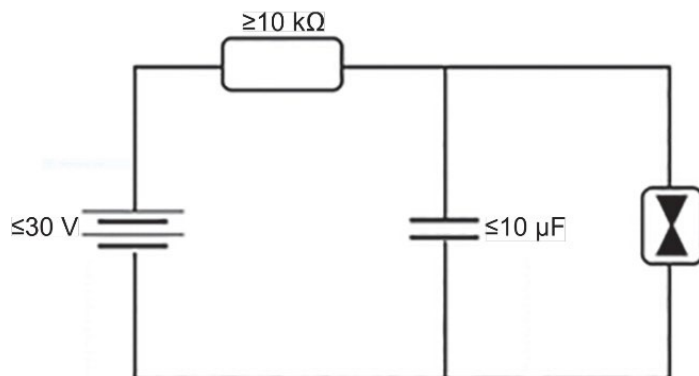


図 13 単純な容量性回路の例示

注記 既に本質安全である抵抗性回路によって電圧源が切り離されていること、及び図 A.2 及び図 A.3 並びに表 A.2 にある点火データを生成するときに大きな安全率が含まれているため、この条件下で容量性点火評価中に抵抗制限エネルギーの影響は考慮する必要はない。

9.2.3.2 単純な容量性回路の評価の例

グループ I の機器を意図した図 13 の回路を検討する。これは、10 kΩ の抵抗器を通して 10 μF のコンデンサを 30 V のバッテリーから成る。この例では、30 V 及び 10 μF という値は最大値であり、10 kΩ は最小値と考える。この回路の火花点火評価は、次に従って実施する。

- 9.2.2 に従って、抵抗性点火評価を完了する。
- 最大電圧の決定—この例では、指定の最高バッテリー電圧は 30 V である。10 kΩ の抵抗器は 7.4.2 に従って定格を定めているのでいかなる故障も適用せず、かつ、9.2.2 に示すように、コンデンサの短絡又は開放故障（機能失敗）は、結果的に単純な抵抗回路になる。安全率 1.5 を必要とする場合、表 A.2 の 30 V で安全率 1.5 の列、又は図 A.2 又は表 A.2 を $30\text{ V} \times 1.5 = 45\text{ V}$ で安全率 1.0 の列のいずれかを用いる。
- 最大静電容量の決定—この例では、静電容量の最大値は 10 μF と指定している。指定した静電容量が公称値の場合は、許容差を追加する。
- 火花点火適合性の検証—グループ I に対する図 A.2 では、45 V において、最大 3 μF が許容されている。この例では、回路の最大静電容量は 10 μF であるので、本質安全とは評価できない。

注記 この回路が本質安全であると評価できるように変更を行うには、いつかの可能性がある。回路電圧又は静電容量を減少するか、又は、9.2.3.3 に従って、7.4.2 に従う抵抗器を 10 μF のコンデンサに直列に挿入するか、若しくは 6.6.2 による樹脂充填を採用する。

9.2.3.3 直列抵抗によって保護したときの有効静電容量減少の許容値

コンデンサに直列に抵抗を接続し、抵抗とコンデンサの組合せから発生する放電エネルギー（図 14 の

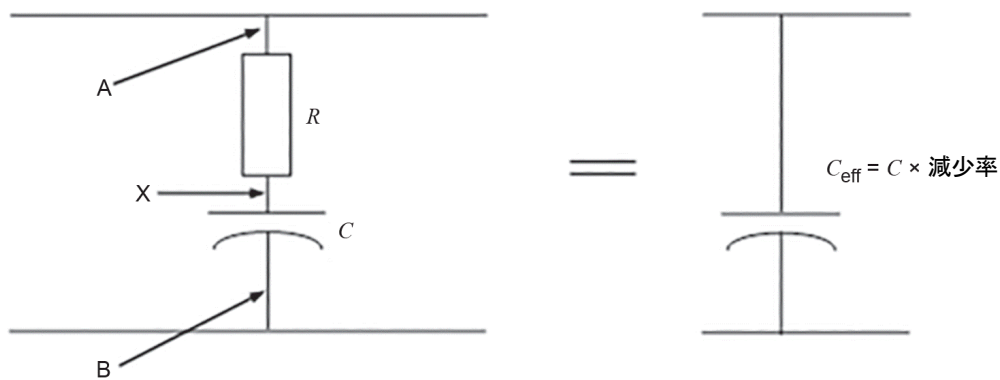
ノード A と B との間のエネルギー) を制限しようとするとき、これら二つのノード間の有効静電容量の評価は、抵抗を除外し、静電容量に減少率を掛けることによって単純化してもよい。減少率は、表 25 を用いて決定し、抵抗が 40 Ωを超える場合、次の式を用いてもよい。

$$\beta = \frac{1}{\left(1 + \frac{R}{28}\right)}$$

ここで、 β は減少率 (Reduction Factor)、 R は抵抗である。

代替法として、回路を試験するか、又はグループ I に対しては、図 A.2 を用いて、同図に値を示す抵抗付きの有効静電容量を決定してもよい。

抵抗は 7.4.2 に従わなければならない、かつ、ノード X は、6.5.4.2 に従って、他の導電性部分から隔離しなければならない。



IEC

図 14 有効静電容量

表 25 直列抵抗で保護したときの有効静電容量減少の許容値

抵抗 R	減少率 β
0	1.00
1	0.97
2	0.96
3	0.94
4	0.91
5	0.87
6	0.85
7	0.83
8	0.79
9	0.77
10	0.74
12	0.70
14	0.66
16	0.63
18	0.61
20	0.57
25	0.54
30	0.49
40	0.41

9.2.4 単純な誘導性回路の評価

9.2.4.1 一般事項

単純な誘導性回路を図 15 に示す。このような単純な誘導性回路の火花点火評価は、図 A.4、図 A.5 又は図 A.6 の該当するものを適用することによって行ってもよい。

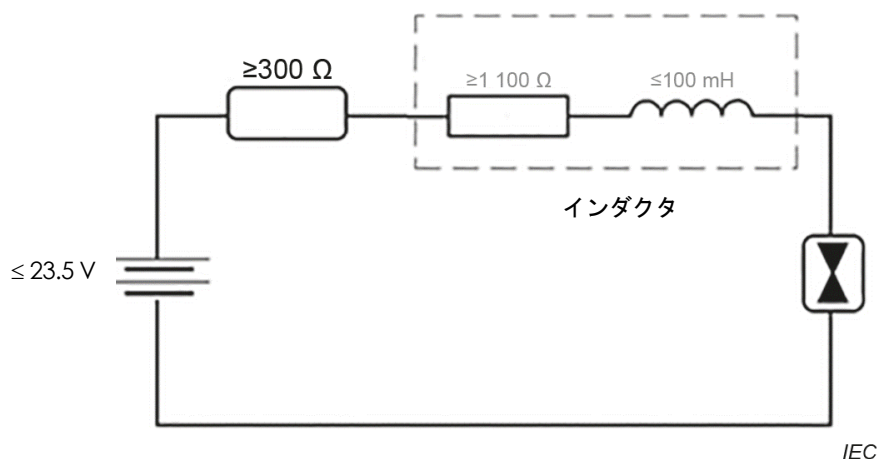


図 15 単純な誘導性回路の例示

9.2.4.2 単純な誘導性回路の評価の例

図 15 に示すように、グループ IIC の爆発性雰囲気中で安全率 1.5 を要求する回路であり、適切に取り付けた 300 Ω の電流制限抵抗器をもつ 23.5 V のバッテリーから 1,100 Ω・100 mH のインダクタに給電する。この例では、300 Ω 及び 1,100 Ω は最小値、及び、100 mH は最大値と指定されている。

この回路の火花点火評価は、次のように実施する。

- 最大電圧の決定—7.12.5 に従って、バッテリー電圧の最高値を決定する。この例では、火花点火評価のための最高バッテリー電圧は 23.5 V と仮定する。
- 9.2.2 に従って抵抗性点火評価を完了する。この回路例では、安全率を含む最大短絡電流は 118 mA であり、かつ、表 A.1 から得られる制限値は 275 mA であるので、本質安全であると評価できる。
- インダクタを流れる最大電流の決定—抵抗値 300 Ω 及び 1,100 Ω は最小値と指定されているので、負荷に流れ得る最大電流は、 $23.5 \text{ V} / (300 \text{ } \Omega + 1,100 \text{ } \Omega) = 16.8 \text{ mA}$ である。抵抗値 300 Ω は 7.4.2 によって定格が決められており、かつ、インダクタの短絡故障（機能失敗）は上の b) の考え方となるので故障を適用する必要はない。5.2 の要求事項を適用すると、安全率 1.5 に対して、この回路の電流は、 $1.5 \times 16.8 \text{ mA} = 25.2 \text{ mA}$ に増加される。
- 火花点火適合性の検証—グループ IIC に対する図 A.4 を参照すると、100 mH のインダクタに対して、24 V に対する最小点火電流は 28.3 mA である。したがって、この回路は、グループ IIC に対する火花点火に関しては本質安全であると評価できる。

注記 図 A.4、図 A.5 及び図 A.6 は、空芯コイルを用いて得られたものである。通常、この限界値は非空芯コイルにも適用する。ただし、ときには、これに代えて、9.1 の火花点火試験が必要となることがある。

9.2.5 抵抗制限電源に対する外部インダクタンス・抵抗比 (L_o/R_o) の決定

線形回路については、抵抗制限電源に接続することのできる最大外部インダクタンス・抵抗比 (L_0/R_0) は、次の式を用いて算出してもよい。

注記 1 L_0/R_0 を特定することは、この編の要求事項ではない。

この式は、安全率 1.5 の電流を考慮しており、機器の出力端子に現れる最大静電容量が C_0 の 1 % を超えるときは使用できない。

$$\frac{L_0}{R_0} = \frac{8eR_s + \sqrt{(64e^2R_s^2 - 72U_0^2eL_s)}}{4.5U_0^2} \text{ H}/\Omega$$

ここで、記号等は、次による。

e : 火花点火試験装置の最小点火エネルギー (J) : グループごとに次のとおり。

- － グループ I の機器 : 525 μJ
- － グループ IIA の機器 : 320 μJ
- － グループ IIB の機器 : 160 μJ
- － グループ IIC の機器 : 40 μJ

R_s : 電源の最小出力抵抗値 (Ω)

U_0 : 最大開放電圧値 (V)

L_s : 電源端子に現れる最大インダクタンス値 (H)

したがって、 $L_s=0$ のときは、次となる。

$$\frac{L_0}{R_0} = \frac{32eR_s}{9U_0^2} \text{ H}/\Omega$$

安全率 1.0 を要求するときは、 L_0/R_0 の値を 2.25 倍する。

注記 2 L_0/R_0 は、通常、分布定数（ケーブルなど）に適用する。集中定数のインダクタンス及び抵抗に適用するときは、特別な考慮を必要とする。

代替法として、非線形電源に対する L_0/R_0 は、数個のディスクリットな L_0 及び R_0 をもつ回路を試験して決定してもよい。このとき、9.1 の火花点火試験装置を用いて試験を行う。使用する R_0 の値は、実質的短絡回路（出力電流 I_0 は最大）から実質的開放回路（ I_0 はほぼ 0）までの範囲をもち、 L_0/R_0 が、火花点火試験において不合格とならないことが確実な傾向を得ることが望ましい。

9.2.6 インダクタンス及び静電容量の両方をもつ回路

インダクタンス及び静電容量の両方をもつ回路については、コンデンサに蓄えられたエネルギーがインダクタに供給する電源を増強し、又はその逆がある場合、その回路は、次に示す方法のうち一つを用いて適合性を評価する。

- a) 静電容量とインダクタンスとを組合せて、9.1 又は附属書 F に従って試験する。
- b) 静電容量とインダクタンスとの組合せが、電源に接続されたとき、必要な安全率を維持することを評価する。

例 5.2 に定める全ての条件下で、コンデンサがインダクタからのエネルギーをシャントする場合。

c) 附属書 G を用いる。

d) リニア回路（抵抗による電流制限回路）が評価対象のときは、次の 1) 又は 2) を適用してもよい。

1) 9.2.3 及び 9.2.4 によって決定したインダクタンス及び静電容量は、次の場合には許容する。

- － ケーブルのように、インダクタンス及びキャパシタンスが分布している
- － ケーブルを除く回路のインダクタンスの総和<インダクタンスの許容値の 1 %未満
- － ケーブルを除く外部回路の静電容量の総和<静電容量の許容値の 1 %未満

2) 回路のインダクタンスの総和及び静電容量の総和（ケーブルを除く）がともに、9.2.3 及び 9.2.4 によって決定したインダクタンス及び静電容量の許容値の 1 %以上である場合、その許容値を半分の値にする。

減じた回路の静電容量（ケーブルを含む）は、グループ I, IIA, IIB 及び III に対しては 1 µF 以下、及びグループ IIC に対しては 600 nF 以下でなければならない。

この手法によって決定した許容インダクタンス及び及び許容静電容量の値は、それぞれ回路内の全ての集中定数及び分布定数のインダクタンスの和、及び、全ての集中定数及び分布定数の静電容量の和以上でなければならない。

インダクタンスの許容値を用いた評価の代替法として、インダクタンス・抵抗比を用いてもよい。

上記の手法の適用によって、集中定数のインダクタンス及び静電容量とともに使用する L_0 及び C_0 の値が減少する場合、このことは、製造者の取扱説明書又は認証書に記載し、集中定数のインダクタンス及び静電容量をとともにこれ以上減少することなく接続できるようにする。

9.3 温度試験

9.14 によって試験したセル、バッテリー及びスーパーキャパシタを除き、保護レベル“ia”及び“ib”については、コンポーネントの温度特性が非線形である場合、試験は、最高周囲温度で行うか、又は、コンポーネントの温度特性について十分な情報がある場合、試験温度から外挿する。

温度測定は、やりやすい方法で行う。測定素子が、測定温度を著しく低下させることがあってはならない。

巻線の温度上昇を決定するため、次の方法を許容する。

- － 巻線の抵抗を測定する。そのときの周囲温度を記録する。
- － 試験電流（電流値は一つ以上）を流して巻線の最大抵抗を測定し、測定時の周囲温度を記録する。
- － 次の式から温度上昇を計算する。

$$\Delta T = \frac{R}{r}(k + t_1) - (k + t_2)$$

ここで、記号等は、次による。

ΔT : 温度上昇 (K)

r : 周囲温度 t_1 での巻線の抵抗値 (Ω)

R : 試験電流を流した時の巻線の最大抵抗値 (Ω)

t_1 : r 測定時の周囲温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 : R 測定時の周囲温度 ($^{\circ}\text{C}$)

k : 0°C での巻線の抵抗温度係数の逆数。銅では、234.5 K である。

9.4 機械的試験

9.4.1 樹脂充填部

保護レベル“ia”及び“ib”については、露出した樹脂充填部の表面に、直径（ 6 ± 0.2 ）mmで先端が平らな金属棒によって30 Nの力を10秒間、垂直に加える。樹脂充填部に、損傷、恒久的な変形、又は1 mmを超えるずれが生じてはならない。

全ての保護レベルについては、樹脂充填部の露出した表面が存在し、これが本質安全防爆構造のために必要な容器の一部を形成する場合、第1編（総則）に従い、同編の衝撃試験の表の「容器及び外部から接近可能な部分（透光性部分以外）」にある落下距離 h を用いて、樹脂充填部の表面に対して衝撃試験を行う。

注記 衝撃試験の要求事項には、第1編の他の要求事項（例えば、高温及び低温に対する熱安定性）を含まない。

9.4.2 樹脂充填又はコーティングしたヒューズの適合性

ヒューズに樹脂充填又はコーティングが要求され、かつ、ヒューズ内部に樹脂が流れ込んで本質安全性に影響を与えるおそれがある場合、樹脂充填又はコーティングを適用する前のヒューズのサンプル5個に対して、次の試験を行う。

初期温度（ 23 ± 5 ）℃の試験サンプルを用いて、それらを急激に（ 50 ± 2 ）℃の水の中に入れ、25 mm以上の深さに一分以上沈める。試験中にサンプルから気泡が発生しなければ、この試験に適合とみなす。

代替法として、文書に規定するように樹脂充填又はコーティングした5個のヒューズのサンプルに対して、文書に指定したように樹脂充填又はコーティングを実施した後に、内部に充填材又はコーティングが侵入していないことを確認する試験を実施してもよい。

9.4.3 隔離板

保護レベル“ia”及び“ib”については、隔離板は、その設置位置において、直径（ 6 ± 0.2 ）mmの硬い試験棒を介して加えられた30 N以上の力に耐えなければならない。力は、隔離板のほぼ中央に10秒以上加える。隔離板の目的に適しないような歪みが生じてはならない。

保護レベル“ic”の隔離板に対しては、いかなる試験も要求しない。

9.4.4 ケーブル引張試験

ケーブル引張試験は、ケーブルに対し、機器のケーブル配線口の方向で30 N以上の張力を加えて行う。試験時間は1時間以上とする

ケーブルの被覆は移動してもよいが、ケーブルの端末には目に見える移動が観測されてはならない。

この試験は、恒久的に接続しているがケーブルの一部を形成してはいない個別の導線には適用しない。

9.5 プリント基板の故障しない接続部の電流容量

保護レベル“ia”及び“ib”については、接続部の電流容量は、最高使用時到達温度において、5.2に定める条件下で接続部に流れる最大連続電流の1.5倍の電流を1時間以上流して試験を行う。この試験電流を流すことで、接続部が開放故障を起こしてはならず、又は、接続部が基材のいかなる箇所においても外れてはならない。

9.6 耐電圧試験

耐電圧試験が必要な場合、次のいずれかに従って実施する

- a) 適用する産業規格に従って行う。
- b) 周波数 48 Hz～62 Hz の正弦波に近い交流電圧を用いる。
- c) 規定の交流電圧の 1.4 倍の電圧でリップルが 3 %p-p 以下の直流電圧を用いる。

電圧は、b) 及び c) については、10 秒以上かけて規定値まで安定的に増加し、規定値を 60 秒以上維持する。試験中、印加電圧は一定であり、かつ、試験中に流れる電流は、いかなるときも 5 mARMS 以下でなければならない。

9.7 軽減した離隔距離の適用のための固体絶縁及び充填コンパウンドを介した距離の品質保証

9.7.1 一般事項

この型式試験は、軽減した離隔距離の適用のための固体絶縁及び充填コンパウンドを介した距離の品質を保証するものである。

この型式試験は、次のパートから成る。

- a) 9.7.2 による前処理
- b) 9.7.3 による交流電力周波電圧試験
- c) 9.7.4 による部分放電試験

試験中、サンプルには通電しない。

9.7.2 前処理

9.7.2.1 ドライヒート前処理

サンプル 6 個を、最高使用時到達温度より 10 K～15 K 高い温度（ただし、80 °C 以上）としたエアオーブン内で 48 時間以上前処理（放置）する。

注記 この手順は、IEC 60068-2-2 の試験に従うものである。

9.7.2.2 ドライヒートサイクル前処理

この試験は、部分放電試験を適用する場合にだけ要求する。

9.7.2.1 のドライヒート前処理後、同じ 6 個のサンプルを次に示す温度サイクルにさらす。

最低温度：最低使用時到達温度より 5 K～10 K 低い温度

最高温度：9.7.2.1 に示すドライヒート前処理温度と同じ

サイクル持続時間：各温度を 10 時間以上確保し、24 時間

温度変化速度（レート）：2 時間以内

サイクル数：3

注記 この手順は、IEC 60068-2-2 の試験に従うものである。

9.7.2.3 高速温度変化前処理

この試験は、部分放電試験を適用する場合にだけ要求する。

9.7.2.2 のドライヒートサイクル後、同じ 6 個のサンプルを次に示す高速温度変化にさらす。

最低温度：最低使用時到達温度より 5 K～10 K 低い温度

最高温度：9.7.2.1 に示すドライヒート前処理温度と同じ

サイクル持続時間：各温度を (30±2) 分確保し、60 分

温度変化速度（レート）：30 秒以内

サイクル数：50

注記 この手順は、IEC 60068-2-14 の Na 試験に従うものである。

9.7.2.4 高湿度前処理

上記の試験を行った 6 個のサンプルを、9.7.3 の交流電力周波電圧試験にかける前に、次の高湿度前処理を施す。

高湿度試験は、相対湿度 $(93 \pm 3) \%$ の空気を満たしたチャンバー内で実施する。チャンバー内の空気の温度は $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ に保つ。

高湿度にさらす前に、サンプルは温度を $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ とし、この温度を 4 時間以上維持する。チャンバー内の空気を攪拌し、かつ、チャンバーは、サンプルが結露によって濡れないように設計する。

サンプルは、高湿度に 96 時間以上さらし続ける。

注記 この手順は、IEC 60068-2-78 の Cab 試験に従うものである。

9.7.3 交流電力周波電圧試験

交流電力周波電圧試験は、9.7.2.4 に定める高湿度前処理の終了後、1 時間以内に開始し終了する。

試験は、周波数 48 Hz～62 Hz で行う。この試験では直流電圧は許容しない。

試験電圧の波形は、正弦波に近いものとする。この要求事項のため、実効値に対するピーク値の比を $\sqrt{2} \pm 3\%$ とする。試験電圧は、表 8 の第 7 列に示す。

電源は、試験電圧を維持するため、起こる可能性のあるいかなる漏れ電流も考慮に入れて、十分なボルトアンペア容量をもたなければならない。印加電圧は、試験中、一定値を維持する。試験に流れる電流は、いかなる時でも 100 mARMS 以下でなければならない。

電圧は、0 V から指定の値まで 5 秒以内で徐々に増加させ、60 秒以上維持する。

試験中、絶縁破壊が生じてはならない。

9.7.4 部分放電試験

次の試験は、9.7.3 に示す交流電力周波電圧試験の後で実施する。

正弦波電力周波試験電圧の波形は、正弦波に近いものとする。この条件は、実効値に対するピーク値の比が $\sqrt{2} \pm 3\%$ であれば満たされる。

試験は、周波数 48 Hz～62 Hz で行う。

ピーク値 U_t は、表 8 に定める PDV 値である。

注記 表 8 に PDV 値が示されていない場合、この編による部分放電試験は要求されない。

部分放電試験の方法は、IEC 60664-1 に記述されているものとする。

部分放電ヒステリシスに従って、試験電圧 U_t の 1.25 倍の初期値を印加する。

電圧は、0 V から一様に初期試験電圧、すなわち $1.25 \times U_t$ まで増加する。これを、指定時間 t_1 、すなわち 5 秒維持する。部分放電が全く生じなかった場合、 t_1 経過後、試験電圧を 0 まで低下する。部分放電が発生した場合、電圧を試験電圧 U_t まで低下し、これを指定時間 t_2 、すなわち 15 秒維持し、この間に部分放電の大きさを測定する（図 16 参照）。

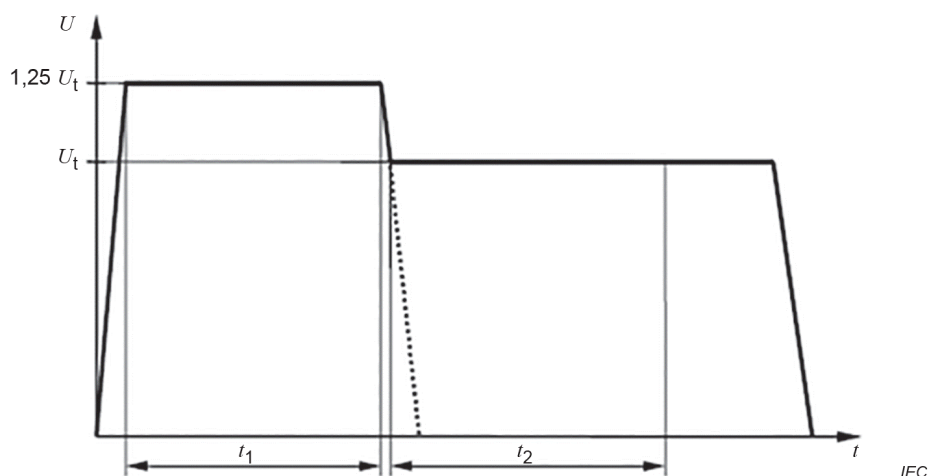


図 16 試験電圧

次のいずれも満たす場合，絶縁は適合である。

- － 絶縁部の破壊が全く発生しない。
- － この電圧試験の適用中，部分放電が発生しなかったか，又は t_2 の後，放電の大きさが 5 pC 以下である。

ノイズレベルは，部分放電計の読取値から差し引いてはならない。

9.8 PCB コーティングの型式試験

タイプ 1 及びタイプ 2 保護を達成するために用いるコーティングは，IEC 60664-3 の附属書 A の表 A.1 のテストシーケンス 1 に定められた型式試験にかける。

型式試験は，次のことを適用して実施する。

- － 最低使用時到達温度から 5 K 以上低下させて，低温前処理用及び高速温度変化用の最低温度とする。
- － タイプ 1 保護については，インパルス電圧試験の試験電圧は，表 8 の第 7 列又は表 9 の第 6 列のいずれか該当するものに定める交流電圧値を $\sqrt{2}$ 倍した値とする。部分放電試験はタイプ 1 保護には要求しない。
- － タイプ 2 保護については，交流電力周波電圧試験（9.7.3 参照）の試験電圧及び部分放電試験の U_t （9.7.4 参照）は，表 8 の第 7 列又は表 9 の第 6 列のいずれか該当するものに定める電圧値とする。部分放電試験は，これらの表に PDV が定められているものだけに対し要求する。

9.9 信号アイソレータの差動漏れ電流試験

信号出力側に電力端子及び接地端子もつ信号アイソレータのサンプル 3 個を差動漏れ電流試験にかける。信号アイソレータの信号入力側には，その装置の公称作動電圧で作動させる。入力信号のロジックハイ（logic high），ロジックロー（logic low）及びトグリグ（toggling）を装置の最高データレート又はそれ以上，かつ，50%デューティファクタで，信号アイソレータの電源側の全ての入力部に印加する。図 17 に示すように，各試験条件において出力側に生じる電圧は，コンポーネントの電源端子と接地端子間に取り付けた $10 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ の負荷において 0.5 V 未満でなければならない。

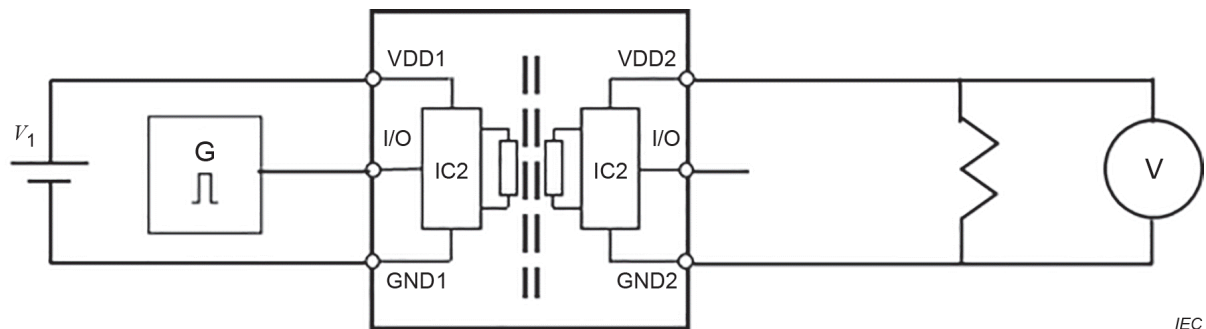


図 17 推奨する差動漏洩測定のためのバイアス回路

注記 出力側の抵抗負荷及び電圧閾値は、測定を容易にするため選択するものであり、それ以外に意味はない。

9.10 アイソレータの試験

9.10.1 一般事項

保護レベル“ia”及び“ib”については、本安回路と非本安回路との間の絶縁を行うフォトカプラに対して、次に示す試験を行う。

サンプルは、9.10.2及び9.10.3に定める両方の試験に適合しなければならない。

9.10.2 熱処理及び耐電圧試験

9.10.2.1 一般事項

熱処理のための最高温度は、過負荷試験によって決定する。過負荷試験には、受光側試験及び発光側試験のそれぞれに対しサンプル 5 個（合計 10 個）を用いる。その後、サンプル 10 個は、熱処理及び耐電圧試験にかける。

9.10.2.2 受光側での過負荷試験

アイソレータの発光側は、定格の負荷（例えば、 $I_f = I_N$ ）で作動させる。

受光側は、コンポーネントを損傷しない特定の電力（例えば、コレクターエミッタ間）で作動させる。この値は、予備試験を行って決めるか、又はデータシートから読み取る。

熱平衡に達した後、電力を増加する。再び熱平衡に達した後、更に電力を熱平衡に達し、かつ、次のいずれかになるまで段階的に増加する。

- 受光側の半導体が損傷するまで。損傷すると、作動停止するか、又は消費電力が極端に低下する。
- 受光側の半導体の電力が、回路の一部を成す保護コンポーネント又は集成体によって制限されるポイントに達するまで。

各サンプルについて、受光側の最高表面温度を周囲温度とともに記録する。

9.10.2.3 発光側での過負荷試験

アイソレータの受光側は、抵抗 R を直列接続して電源電圧 U に接続する。 U 及び R はそれぞれ次式で求める。

$$U = 4 \times \frac{P_{max}}{I_{max}}$$

$$R = \frac{U}{I_{max}}$$

ここで、 P_{max} は、受光側の最大許容電力、 I_{max} は受光側の最大許容電流である。

発光側は、コンポーネントを損傷しない特定の電力で作動させる。この値は、予備試験を行って決めるか、又はデータシートから読み取る。

熱平衡に達した後、電力を増加する。再び熱平衡に達した後、更に電力を段階的に熱平衡に達し、かつ、次のいずれかになるまで段階的に増加する。

- a) 発光側の半導体が損傷するまで。損傷すると、作動停止するか、又は消費電力が極端に低下する。
- b) 発光側の半導体の電力が、回路の一部を成す保護コンポーネント又は集成体によって制限されるポイントに達するまで。

各サンプルについて、発光側の最高表面温度を周囲温度とともに記録する。

9.10.2.4 熱処理及び耐電圧試験

9.10.2.2 及び 9.10.2.3 で使用した 10 個のサンプル全てを 9.10.2.2 又は 9.10.2.3 で記録した最高表面温度に 10 K～15 K 加えた温度とした恒温槽に 6～6.2 時間放置する。

アイソレータを $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ まで冷却した後、耐電圧試験にかける。この試験では、本安端子－非本安端子間に 1500 V（交流 48 Hz～62 Hz）の電圧を印加し、10 秒以内に 3.0～3.15 kV まで増加して、この電圧を (65 ± 5) 秒間印加する。

耐電圧試験では、受光側と送光側との間で絶縁破壊してはならず、かつ、漏れ電流は 5 mARMS 以下でなければならない。

9.10.3 耐電圧試験及び短絡試験

9.10.3.1 一般事項

新しいサンプル 3 個（9.10.2 の試験で使用していないもの）をこの試験に用いる。

フォトカプラは、耐電圧予備試験（9.10.3.2）にかけ、次いで短絡電流試験（9.10.3.3）、引き続き耐電圧試験（9.10.3.4）にかける。

9.10.3.2 耐電圧予備試験

短絡電流試験の前に、これらのサンプルは、その本安側－非本安側間に実効値 4.0～4.2 kVRMS を印加する耐電圧試験（9.6 b）による）において、絶縁破壊することなく耐えなければならない。耐電圧試験中、9.6 b）で測定した漏れ電流は 1 mARMS 以下でなければならない。

9.10.3.3 短絡電流試験

サンプル 3 個全てを短絡電流試験にかける。試験回路の開放電圧は、5.2 に定める条件下において、フォトカプラに印加可能な最大電圧とする（例えば、 U_m のピーク値）。試験回路の有効な瞬時短絡電流容量は 200 A 以上とする。試験回路は、試験電流がフォトカプラの非本安側を通して流れるように、フォトカプラに接続する。回路の一部を形成する保護用のコンポーネント又は集成体は、試験中、接続したままでよい。フォトカプラは、短絡電流試験中、破裂し、又は発火してはならない。

9.10.3.4 耐電圧試験

各サンプルは、 $2U + 1,000 \text{ V}_{\text{RMS}}$ 又は $1,500 \text{ V}_{\text{RMS}}$ のうち大きい値を、フォトカプラの本安側－非本安側間に印加する耐電圧試験（9.6 b）による）に絶縁破壊することなく耐えなければならない。耐電圧試験中、9.6 b）で測定した漏れ電流は $1 \text{ mA}_{\text{RMS}}$ 以下でなければならない。

9.11 圧電デバイスを内蔵する本安機器の試験

一つのサンプルに対して、次の測定を行う。

- － 圧電デバイスの静電容量
- － 使用状態にある本安機器のアクセス可能な全て箇所に対して衝撃試験を行うとき、デバイスの両端に発生する電圧を測定する。衝撃試験は、第 1 編（総則）の衝撃試験の表の「高」の列の値による。この試験は、第 1 編の衝撃試験装置を使用して周囲温度（ 20 ± 10 ） $^{\circ}\text{C}$ で行う。試験は、一つのサンプルについて 2 回行い、高い方の発生電圧値を採用する。この試験は、同じサンプルで完結することが望ましいが、試験中に損傷を受けた場合、二つ目のサンプルが必要なことがある。

圧電デバイスを内蔵する本安機器に、直接の物理的衝撃を防ぐためにガードが設けられている場合、衝撃試験は、ガード及び本安機器の両方を、製造者が意図するように試験装置に搭載した上で、ガードに対して行う。

測定した最大電圧において、圧電デバイスの静電容量に蓄えられる最大エネルギーは、次の値以下でなければならない。

- － グループ I の機器： $1,500 \mu\text{J}$
- － グループ IIA の機器： $950 \mu\text{J}$
- － グループ IIB 及びグループ III の機器： $250 \mu\text{J}$
- － グループ IIC の機器： $50 \mu\text{J}$

圧電デバイスの電氣的出力が保護コンポーネント又はガードによって制限される場合、衝撃によって、このコンポーネント又はガードに本質安全防爆構造を損なうような損傷が生じてはならない。

衝撃エネルギーが規定値を超えるのを防ぐため、本安機器を外部の物理的衝撃から保護する必要がある場合、第 1 編の表示の要求事項に従って、その要求事項の詳細を特定の使用条件として定め、かつ、記号 X を認証書番号の後に付ける。さらに、認証書に記載する特定の使用条件の項に、設置要求事項を詳述する。

9.12 PTC デバイスの試験

保護レベル“ia”及び“ib”についてはサンプル 10 個以上、また、保護レベル“ic”についてはサンプル 1 個以上を用いて、これらがコンポーネント及び機器を制御する能力について試験する。このとき、PTC の表面温度を考慮する。熱的結合は、これらサンプルの試験から明確となった最も厳しいケースを採用する。

9.13 仕様が明確でないコンポーネントのパラメータの決定

製造者一社以上から、未使用のコンポーネントのサンプル 10 個を入手し、該当パラメータを測定する。温度特性を決定する場合を除き、試験（測定）は、通常、最も厳しい使用時到達温度で行う。ただし、必要な場合、温度に敏感に反応するコンポーネントは、その最も厳しい条件を得るために、より低い温度で試験を行う。

コンポーネントのサンプル 10 個を測定して得られた各パラメータの最も厳しい値を、そのコンポーネ

ントを代表する値として採用し、かつ、このパラメータを、第1編の要求に従って文書に記載する。

9.14 セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの試験

9.14.1 試験条件

9.14.1.1 一般事項

二次セル若しくは二次バッテリー、又はスーパーキャパシタは、試験を行う前に、満充電して放電するサイクルを2回以上繰り返す。2回目の放電の際、又は、必要に応じてもう1回満充電して放電する際、セル、バッテリー又はスーパーキャパシタの容量が製造者の仕様内に収まっていることを確認する。これは、確実に、製造者の仕様内に収まる満充電したサンプルで試験するためである。

次に示す試験で使用する一次セルは、新品で、使用歴のないものでなければならない。

9.14.3.3 b) によって許容する場合を除き、試験のために短絡が必要なときは、短絡リンクの抵抗値を、短絡との接続部を除き、 $3\text{ m}\Omega$ 以下とするか、又は短絡リンク両端の電圧降下を 200 mV 以下、若しくはセルの起電力の 15% 以下とする。短絡は、実用上可能な限り、セル、バッテリー又はスーパーキャパシタの端子部の近くで行う。

電流及び電圧は、放電中、連続していなければならない。電流又は電圧の突然のゼロへの低下はあってはならない。

注記 不連続性のないセル又はスーパーキャパシタについては、電圧及び電流は、自然な曲線に沿って減少することが見込まれる

9.14.2 の電解液漏れ及び 9.14.3 の表面温度のための短絡試験は、セル容器又はバッテリーケースの内部及び外部の全ての電流制限デバイスを取り外すか、バイパスするか、又は無効化して実行する。内部の電流制限デバイスを取り外し、又はバイパスし、若しくは無効化したサンプルは、セル又はバッテリーの製造者から入手し、また、サンプルの安全な使用又は試験に必要な特別の指示書又は注意書きも併せて入手する。セル又はスーパーキャパシタの機構で、例えばシャットダウン機能をもつセパレータ又は電解液のオーム抵抗のように本来の機能として備わるものは、この箇条では電流制限デバイスとはみなさないで、取り外し、又はバイパスし、若しくは無効化する必要はなく、かつ、そのようなセル又はスーパーキャパシタは、保護レベル“ia”又は“ib”とみなすことができる。

短絡回路試験がセル又はバッテリーの爆発又は発火という結果に終わった場合、これを保護レベル“ia”又は“ib”用として使用してはならない。

9.14.1.2 粉じん層のない試験

EPL Ma, Mb, Ga, Gb 及び Db については、粉じん層が規定されていない場合、9.14.2 及び 9.14.3.3 に定める試験は、次のように実施する。

- a) サンプル3個に対して、最低使用時到達温度又は $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ のいずれか高い温度（許容幅 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）で
- b) サンプル3個に対して、最高使用時到達温度の $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ で
- c) サンプル3個に対して、 $(23\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ で

9.14.1.3 粉じん層のある試験

EPL Db でセル又はスーパーキャパシタが粉じんと直接接触する可能性がある場合、及び EPL Da については、9.14.3.3 は、第1編に定める該当する厚さの粉じん層において、次のいずれかで試験を実施する。

- 1) サンプル3個を最高使用時到達温度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、及びサンプル3個を $23\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ で

2) 熱暴走が生じる可能性がない場合、サンプル 3 個を 23 ± 5 °C で。この場合、空気中での最高温度上昇を試験中に到達した最高温度に加算する。空気中でのセル又はスーパーキャパシタの試験については、9.14.2 及び 9.14.3.3 は、次のように実施する。

- i) サンプル 3 個に対して、最低使用時到達温度又は -20 °C のいずれか高い温度（許容幅 ± 2 °C）で
- ii) サンプル 3 個に対して、最高使用時到達温度の ± 2 °C で
- iii) サンプル 3 個に対して、 (23 ± 5) °C で

EPL Da 又は EPL Db については、9.14.2 及び 9.14.3.3 の試験は、機器の容器の内部又は外部のいずれかに該当する粉じん層を設けて実施する。

—— 指針活用上の留意点 ——

合計のサンプル数とその内訳は以下になる。

- i) 9.14.1.2 を適用する場合: 16 個 (9.14.1.2 により 9 個, 9.14.1.4 により 7 個)
- ii) 9.14.1.3 の 1) を適用する場合: 13 個 (9.14.1.3 の 1) により 6 個, 9.14.1.4 により 7 個)
- iii) 9.14.1.3 の 2) を適用する場合: 19 個 (9.14.1.3 の 2) により 12 個, 9.14.1.4 により 7 個)
- iv) 9.14.1.2 及び 9.14.1.3 の 1) を適用する場合: 22 個 (9.14.1.4 の 7 個は共通のため, i) と ii) の合計から差し引く)
- v) 9.14.1.2 及び 9.14.1.3 の 2) を適用する場合: 19 個 (試験に共通の部分があるため, iii) と同じ)

9.14.1.4 追加の試験

9.14.1.2 及び 9.14.1.3 の試験後、更に 7 個の試験サンプルを上記の a), b) 又は c) のうち、試験セル又はスーパーキャパシタの表面が最高温度となる温度で試験する。

—— 指針活用上の留意点 ——

「上記」は 9.14.1.2 を指すが、本項は 9.14.1.3 に対しても適用される。その場合の温度は、9.14.1.3 の 1) 又は 2) で得られる最高温度とする。9.14.1.2 と 9.14.1.3 の両方を適用する場合、それぞれの試験で得られる温度のうち、より高い方の温度で試験する。

9.14.2 セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの電解液漏れ試験

9.14.3.3 b) の代替の短絡リンク抵抗値を用いて試験にかける二次リチウムイオンセルは、電解液を漏洩するものとし、7.12.3 の要求事項を適用する。これができない場合、9.14.1 に定める試験サンプルを、次に示すうちの最も過酷な試験にかける。

- a) 保護レベル“ia”及び“ib”については、放電し終わるまで短絡させる。保護レベル“ic”については、この試験は要求しないが、それでも、セル、バッテリー及びスーパーキャパシタに対し、9.14.2 への適合性を確立するには十分である。
- b) 製造者の推奨範囲内で入力又は充電電流を流す。
- c) 完全に放電した又は転極した一個のセルを用いて、製造者の推奨範囲内でバッテリーを充電する。

上記の条件には、5.2 の適用によって生じた条件に起因するいかなる逆充電も含める。ただし、これらの条件には、セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの製造者が推奨する充電レートを超える外部充電回路の使用は含めない。

上記の試験後、試験サンプルをその容器の不連続部（例えば、シール部）を下向きとし、又はデバイスの製造者が指定した向きにして吸取り紙の上に 12 時間以上置く。吸取り紙又は試験サンプルの外部表面部に、目に見える電解液の痕跡があってはならない。

7.12.2 に適合するために樹脂充填を適用した場合、試験が終了したときセルの検査を行い、本質安全防爆構造を損なう損傷があってはならない。代替法として、電解液を直接充填剤のサンプルに浸して、電解液の樹脂充填との親和性を試験してもよい。このサンプルの厚さは、装置を代表するものでなければならない。12 時間以上経過後、充填剤に、7.12.2 への適合性を無効にするような目に見える損傷があってはならない。

EPL Da 及び Db については、セルが粉じんと直接接触する可能性がある場合、電解液漏れ試験は、粉じん層なしでよいが、9.14.1 で得られた最高温度で行う。

注記 セルの製造者は、この試験へのセルの適応性を決定するためのアプローチが求められることがある。

—— 指針活用上の留意点 ——

「上記」は 9.14.1.2 を指すが、本項は 9.14.1.3 に対しても適用される。その場合の温度は、9.14.1.3 の 1)又は 2)で得られる最高温度とする。9.14.1.2 と 9.14.1.3 の両方を適用する場合、それぞれの試験で得られる温度のうち、より高い方の温度で試験する。

9.14.3 セル、バッテリー及びスーパーキャパシタの火花点火及び表面温度

9.14.3.1 一般事項

9.14.3 の目的上、セルという用語にはスーパーキャパシタも含む。

注記 1 ある種のセル（例えば、ニッケルカドミウム）は、通常の周囲温度より低い温度で最大短絡電流を示す。

注記 2 セル、バッテリー又はスーパーキャパシタの中には、短絡試験中に発火し又は爆発するものがある。

セル及びバッテリーは、9.14.1 の要求事項を考慮し、9.14.3.2 及び 9.14.3.3 に従って試験又は評価する。

9.14.3.2 火花点火の評価

火花点火の評価又は試験は、セル又はバッテリーの外部端子部で行う。ただし、電流制限デバイスが含まれており、かつ、このデバイスとセル又はバッテリーとの間が次に該当する場合、この限りではない。

- 故障しない離隔距離を維持している。これには、セルの容器上で異極性の導電性部分の間を含む。
- 6.6 に従って樹脂充填している

この場合、試験又は評価には、電流制限デバイスも含めてよい。

機器が、爆発性雰囲気内で交換してはならないセルを 1 個以上含む場合、セル単体のピーク開路電圧が 4.5 V 未満であれば、単体のセルの端子部での火花点火放電の試験は要求しない。ただし、スーパーキャパシタ並びにリチウムイオンセル及びバッテリーで、火花点火リスクを考慮するほどの大きな短絡電流がある場合はこの限りではない。

注記 1 ピーク回路電圧 4.5 V 未満の単体セルを火花点火試験から除外することを許容するのは、セルの端子間には無視できるほどのインダクタンスしかなく、そのため、純粋な抵抗性回路となり、空気中では端子間で火花を発して絶縁破壊するのに必要な電圧に満たないからである。この根拠は、この編で対象とする他のいかなるケースにおける火花点火試験にも適用しない。なぜなら、相互配線用導

体が回路にある程度のインダクタンスをもたらすためである。

注記 2 リチウムイオンセルについては、セルの端子間のインダクタンスが無視できない。なぜなら、セルのなかには、非常に大きな短絡電流を生じ、かつ、ピーク回路電圧 4.5 V 未満であっても火花点火が生じるものがあることが実験的に証明されたからである。この課題に対処するため、より具体的な提案を得るための研究が現在進行中である。

注記 3 個々のセル又はスーパーキャパシタの火花点火試験のために、必要な安全率を達成するための一つの方法は、セルの集成体を用いることである（電圧用に 2 個を直列接続したもの、又は電流用に 2 個を並列接続したもののうちから適切な方を選択）。

9.14.3.3 熱発火の評価

9.14.1 に従って、規定数のセル又はバッテリーを短絡し、得られた温度の測定値を熱発火の評価に用いる。

注記 第 1 編で要求する、グループ II に対する最高表面温度測定のための 5 K 又は 10 K の温度マージンは、ここでも適用する。

セル又はバッテリーは、完成品の機器内部でのその取付け位置の熱的影響を模擬するように配置する。爆発性雰囲気に出る可能性があるセル又はバッテリーの最も熱い表面上で温度を決定し、得られた最大値を採用する。単体セルを試験する場合、セルの縦軸方向の中央部の温度を測定すれば十分である。外部被覆を取り付けているときは、温度はその外部被覆とセル又はバッテリーの金属表面との境界で測定する。

最高表面温度の決定は、次による。

a) 保護レベル“ia”及び“ib”については、最高表面温度試験中に電解液の漏れが発生した場合、7.12.3 の要求事項も考慮することが望ましい。直列接続した二個以上のセルで構成するバッテリーの最高表面温度を決定するときは、セルが互いに適切に隔離されているのであれば、各セルの最高表面温度の測定のためには、一度に一つの（測定対象の）セルだけを短絡すればよい。

注記 これは、同時に二つ以上のセルが短絡する可能性が極端に低いことに基づく。

b) 保護レベル“ib”については、次の全てに該当するときは、二次リチウムイオンを代わりに試験する。このとき、9.14.1 に規定する条件と同一の条件下において、IEC62133-2 に規定する短絡試験に従って、短絡リンク抵抗 (80 ± 20) m Ω を取り付ける。この代替法による短絡試験は、9.14.2 への適合性を示すためには用いてはならない。

- 9.14.1 による短絡リンク抵抗を取り付けて実施した短絡試験が、停止又は電圧及び電流の突発的な低下によって失敗した
- 9.14.1 による短絡リンク抵抗試験が、セル又はバッテリーの爆発又は火災という結果にはならなかった
- 内部の電流制限デバイスを取り外し、バイパスし又は無効化したサンプルを入手できない

c) 保護レベル“ic”については、最高表面温度は、通常作動条件において単体のセルを試験することによって決定する。このとき、全ての保護デバイスは取り付けたまとする。

9.14.4 バッテリー容器の圧力試験

放出圧力を決定するために、5 個のバッテリー容器のサンプルを圧力試験にかける。圧力は、容器内部に加える。放出が起こるまで圧力を徐々に増加する。そのときの最大圧力を記録し、その値は 30 kPa 以下でなければならない。

記録した最大放出圧力を 60 秒以上、バッテリー容器のサンプルに加える。試験後、サンプルを目視検査し、目に見える損傷又は永久歪みがあつてはならない。

バッテリー容器内の離隔距離が表 7 に基づく場合、第 1 編（総則）の熱安定性試験にかけられていないサンプルで圧力試験を行ってもよい。バッテリー容器内の離隔距離が表 8 及び表 9 に基づく場合、第 1 編（総則）の熱安定性試験にかけたサンプルで圧力試験を行う。さらに、携帯式機器の場合、第 1 編（総則）の落下試験も行ったサンプルを用いる。

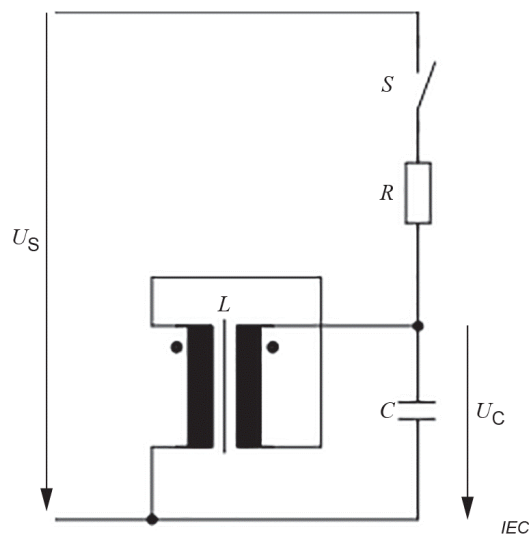
9.14.5 バッテリー抵抗

短絡電流は、セル又はバッテリーのサンプル 10 個に対する試験から求める。

最小内部抵抗は、7.12.5 によるピーク開路電圧及び短絡電流測定値の最大値を用いて算出する。

9.15 コモンモードチョークの蓄積エネルギーの決定

コモンモードチョークに蓄えられる最大エネルギーの測定は、図 18 のステップに従って行う。



凡例

L 被試験コモンモードチョーク（巻線は直列に接続）

U_S 評価対象の回路内で使用可能な最大電圧

R 抵抗（ U_S と組み合わせて試験電流を決定する）

S 跳ね返りのない機械的接点又はトランジスタスイッチ。トランジスタを用いる場合、結果の計算には、その内部静電容量を C に加算する。

C チョークから戻ってくるエネルギーの測定に用いるコンデンサ

図 18 インダクタ試験回路

C は、高分子コンデンサ又はフィルムコンデンサの静電容量である。測定誤差を最小化するため、有効静電容量が C の静電容量値の 10%未満のスイッチを用いる。静電容量は、スイッチを閉じているとき、その静電容量に蓄えられるエネルギーが、チョークに蓄えられるエネルギーの 1%未満となるようにする。

$$E = \frac{0.5LU_S^2}{(R + R_{CHOKE})^2}$$

ここで、 R_{CHOKE} は試験中のチョークの抵抗である。

U_C は、オシロスコープで観測する。

試験は、スイッチ S を閉じてまた開くことによって行い、図 19 に示すように、振動波形の最初の半周期で到達するピーク電圧 \hat{U}_c を求める。スイッチ S は、繰り返し開閉してもよいが、その場合、コモンモードチョークの発熱が確実に無視できるデューティサイクルとしなければならない。

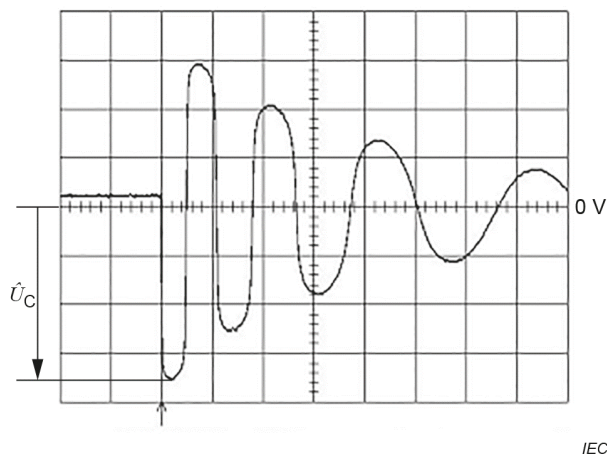


図 19 振動波形の測定

コモンモードチョークに蓄えられるエネルギーは、次式で求める。

$$E = \frac{1}{2} C \hat{U}_c^2$$

試験は、最も厳しい条件（ \hat{U}_c の最高値）を決定するため、一つのサンプルに対して、チョークの使用時到達温度の範囲内の異なる温度で繰り返し行う。フェライト材料のキュリー温度を超えて試験を行う必要はない。

保護レベル“ia”及び“ib”については、残りのコモンモードチョークのサンプル 9 個に最も厳しい温度で測定を行う。

9.16 時間依存性の電流制限によって保護されたコンポーネントの型式試験

本質安全防爆構造が依存する半導体コンポーネントが、ヒューズによって、又は被制御半導体による電流制限によって保護されている場合、電流制限作動中の過渡現象に対する耐久性は、次のようにして証明する。

デバイスの製造者から適切なデータが入手できるときは、例えば、ヒューズの I^2t 定格が保護サイリスタの I^2t 定格未満である場合のように、保護デバイスの過渡定格は、制限デバイスの過渡定格と同等以上である可能性がある。

これができないときは、過渡現象の大きさを、保護デバイスの過渡現象に耐える能力と比較する。過渡現象の大きさは、次のように求める。

a) 5.2 に定める条件下において、最大過渡電流を決定する。

例 1 最大電流を例示すると、次のとおり。

- 1) U_m , U_i 又はバッテリー電圧を、直列接続抵抗とヒューズのコールドレジスタンスとの和で除した値
- 2) 変圧器の二次側から流れる過渡電流。電力回路の最も厳しい条件下で測定する。
- 3) 電力入力端子部における I

b) 電流制限回路の作動時間は、次のいずれか一つによって決定する。

- 1) 電流制限デバイスの製造者のデータから。例えば、ヒューズの I^2t 定格を用いる場合、作動時間はこの定格を a) で決定した電流の二乗で除した値となる。
- 2) ヒューズについては、50 μ s, 又は a) で決定した電流において、ヒューズの製造者が指定した最大ヒューズ開放時間のいずれか大きい方。この時間が指定されていない場合、ヒューズ 10 個に対してこの電流を流して、最大ヒューズ開放時間を測定する。
- 3) 半導体制限回路については、最も厳しい条件下（コンポーネントの値、電圧、電流、タイミング及び温度を含む）において、制限がかかることなく流れる電流が最大連続電流を超えるときのパルス幅。この時間（パルス幅）は、次のいずれかによって入手する。
 - i) コンポーネントのデータから計算する（例えば、回路シミュレーションによって）。
 - ii) 最も厳しい条件を代表する回路を測定し、その測定値に安全率 1.5 を掛ける。

保護デバイスの過渡現象に耐える性能は、次のいずれかによって決定する。

c) 保護コンポーネントの製造者が指定した当該コンポーネントの過渡定格と比較

d) 次の試験

- 1) 保護コンポーネントについて、その保護機能を実行するための主要値を測定する。

例 2 主要値を例示すると、次のとおり。

- － ダイオードの順方向電圧
- － ツェナーダイオードのツェナー電圧
- － サイリスタ又はバイポーラジャンクショントランジスタの飽和電圧
- － FET のオン抵抗及びオフ抵抗

- 2) 各保護コンポーネントに、9.16 a) から得た矩形電流パルスを流す。この電流のパルス幅は、9.16 b) で決定した作動時間に等しくし、約 20 ms のインターバルを設ける。復帰可能な電流制限回路については、パルス数は、設計上の最大要求数より多くすることが望ましい。
- 3) 保護コンポーネントの主要値は、9.16 d) 1) と同様の電流で再度測定する。その測定値は、以前にそのコンポーネントにパルス電流を流して得た値から 5% 以下のずれでなければならない（試験装置の誤差を含む）、コンポーネント製造者の仕様から外れてはならない。試験後、コンポーネントは、その主要な機能について、コンポーネント製造者の仕様に適合していることを確認する。

特定の製造者によって製造された一般的な範囲から、最も厳しい条件を用いて、一般的な範囲内のより緩い条件を許容できることを証明してもよい。

例 3 ヒューズ電流のための 12 V ツェナーダイオードの試験は、同じヒューズ電流での同タイプの 5.2 V ツェナーダイオードの適応性を証明するものとみなす。

9.17 変圧器の試験

9.17.1 一般事項

変圧器が、次に規定する型式試験に合格し、かつ、変圧器が $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ までクールダウンした後、6.9 による該当する電圧を用いた 9.6 による耐電圧試験に耐える場合、安全な電気絶縁の要求事項を満足する。

直列接続抵抗器が変圧器に組み込まれているか、又は変圧器とともに樹脂充填され、変圧器と抵抗器との間に裸充電部がない場合、又は、6.5.4.2 に従う故障しない離隔をもつように取り付けられており、かつ、5.2 を適用後も抵抗器が回路に残っている場合、巻線の出力端は、抵抗器を介することなく、短絡するとみなしてはならない。

9.17.2 保護レベル“ia”及び“ib”の主電源変圧器

9.17.2.1 主電源周波数で作動する主電源変圧器

主電源変圧器及びそれと関連するデバイス（例えば、巻線の端子部に接続するヒューズ、遮断器、サーマルデバイス及び抵抗器）は、出力巻線のいずれか一つが短絡し、他の全ての出力巻線が最大定格負荷状態にあっても、電源一本安回路間の安全な電気絶縁を維持しなければならない。

入力電圧は、変圧器の定格電圧に設定する。入力電流は、ヒューズの I_n の 1.70 倍～1.87 倍とするか、又は、二次巻線の負荷を増して、遮断器が作動することなく流れる最大連続電流に合わせる。全ての二次巻線が短絡状態に達することによって負荷の増加を制限する場合、定格入力電圧及びそのような条件で到達する最大入力電流を用いて試験を続行する。

自動復帰式のサーマルトリップを使用する場合、試験時間は 12 時間以上とするが、それ以外の場合、試験は 6 時間以上、又は手動復帰式のサーマルトリップが動作するまで続ける。

9.17.2.2 非主電源周波数で作動する主電源変圧器

主電源からガルバニック絶縁されておらず、かつ、主電源の周波数では作動しない変圧器は、機能回路（functional circuit）内で試験する。この機能回路は、5.2 に定める条件を代表するもので、実際である場合、周波数範囲、入力電圧範囲及び負荷の変化を含む。

入力電流は、ヒューズの I_n の 1.70 倍～1.87 倍とするか、又は、変圧器を使用する DC/DC コンバータ回路に適用する入力電圧、周波数及び負荷を範囲内で調整して、遮断器が作動することなく流れる最大連続電流に合わせる。

自動復帰式のサーマルトリップを使用する場合、試験時間は 12 時間以上とするが、それ以外の場合、試験は 6 時間以上、又は手動復帰式のサーマルトリップが動作するまで続ける。

9.17.2.3 許容基準

タイプ 1 及びタイプ 2a の変圧器については、変圧器巻線の温度は、IEC 60085 に定める絶縁等級に対する許容値又は絶縁材料の COT 以下でなければならない。巻線の温度は、9.3 に従って測定する。

タイプ 2b の変圧器については、本安回路内で使用する巻線を接地から絶縁する必要があるときは、要求事項は上記のとおりとする。ただし、接地からの絶縁が不要な場合、火災が発生しなければ、その変圧器は許容する。

9.17.3 主電源からガルバニック絶縁された保護レベル“ia”及び“ib”の変圧器

変圧器及びそれと関連するデバイス（例えば、巻線の端子部に接続するヒューズ、遮断器、サーマルデバイス及び抵抗器）は、絶縁の定格が正しいことを確実にするため、変圧器内で、巻線を開放することなく最大電力消費を生じさせる負荷に接続したとき、安全な電気絶縁を維持しなければならない。

変圧器は、5.2 の要求事項を考慮に入れ、最も厳しい作動条件を代表できる機能回路内で試験する。

最も厳しい条件には、周波数範囲、入力電圧範囲及び負荷の変化を含む。

入力電圧は、入力電圧、周波数又は負荷を変圧器が使われている回路に適用する範囲内で調整して、そ

の最大値に合わせる。ヒューズによる制限については、電流は $1.70I_n \sim 1.87I_n$ とし、遮断器については、遮断器が作動することなく流すことのできる最大連続電流とする。変圧器を交流電流条件で作動させることが実際的でない場合、各巻線には $1.70I_n \sim 1.87I_n$ の直流を流し、電流伝達率が電流を増加させるときは、この電流伝達率を考慮する。

自動復帰式のサーマルトリップを使用する場合、試験時間は 12 時間以上とするが、それ以外の場合、試験は 6 時間以上、又は手動復帰式のサーマルトリップが動作するまで続ける。

許容基準は、9.17.2.3 に定めるとおりとする。

9.17.4 保護レベル“ic”の変圧器

タイプ 2b の変圧器の本質安全防爆構造のために接地からの絶縁が必要でない場合を除き、変圧器は 5.2.4 に定める条件にさらし、かつ、変圧器巻線の温度は、IEC 60085 に定める絶縁等級に対する許容値又は絶縁材料の COT 以下でなければならない。巻線の温度は、9.3 に従って測定する。

10 ルーチン試験及び検証

10.1 代替の軽減した離隔距離

表 8 の第 5 列の代替離隔距離が、ルーチン耐電圧試験のための要求事項を示すときは、9.6 に定める試験を、6.9 で要求する電圧におけるルーチン試験として実施する。

ルーチン試験は、ガルバニック絶縁回路にだけに実行可能なので、意図する製造手順（コーティング、ポッティング）に問題がなかったことを検証するために、代表的な試験用導体をプリント基板の設計に含めてもよい。

10.2 ダイオード形安全保持器のルーチン試験

10.2.1 安全保持器の完成品

安全保持器の正常動作及びヒューズの抵抗値を検査するため、安全保持器の完成品 1 台ごとにルーチン試験を行う。この試験を行うため、取り外し可能なリンクは、それを取り外しても本質安全防爆構造を維持する場合に限り、使用してよい。

注記 取り外し可能なリンクは、一般に、保護レベル“ic”の安全保持器には必要ではない。

10.2.2 2 ダイオード形“ia”安全保持器用ダイオード

次の試験の前及び後に、ダイオードの製造者が指定する方法で、各ダイオード両端の電圧を周囲温度で測定する。

- a) 各ダイオードを 150 °C の温度に 2 時間ばく露する。
- b) 各ダイオードに対し、9.16 に従うパルス電流試験を行う。

10.3 変圧器のルーチン試験

10.3.1 保護レベル“ia”及び“ib”

ルーチン試験においては、変圧器に印加する電圧は、表 26 に示す値に適合しなければならない。ただし、 U は 6.5.5 a) に従って決定する電圧である。試験する巻線の最高定格電圧である。試験電圧は、60 秒以上印加する。

代替法として、印加時間を 1 秒以上に短縮し、上記の試験電圧の 1.2 倍で試験を行ってもよい。

印加電圧は、試験中、一定とする。試験中に流れる電流は、回路設計から予測される値以下とし、かつ、

いかなる場合も 5 mARMS 以下でなければならない。

これらの試験中、巻線相互間、又は巻線と鉄心との間若しくは巻線とスクリーンとの間で絶縁破壊が生じてはならない。

表 26 変圧器に対するルーチン試験電圧

適用箇所	試験電圧（交流実効値） ^a	
	主電源の変圧器	主電源以外の変圧器
非本安の一次巻線と二次側巻線との間	4U 又は 2,500 V のいずれか高い方	2U + 1,000 V 又は 1,500 V のいずれか高い方
全ての巻線と鉄心若しくはスクリーンとの間	2U 又は 1,000 V のいずれか高い方	2U 又は 500 V のいずれか高い方
本安回路に給電する各巻線と他の巻線との間	2U + 1,000 V 又は 1,500 V のいずれか高い方	2U 又は 500 V のいずれか高い方
各本安回路巻線の間	2U 又は 500 V のいずれか高い方	2U 又は 500 V のいずれか高い方
^a 交流実効値電圧の 1.4 倍の直流電圧を印加してもよい。		

10.3.2 保護レベル“ic”

保護レベル“ic”については、機器の型式に適用する産業規格の中にルーチン耐電圧試験が規定されている場合、その試験を適用してよい。適用する産業規格でルーチン試験が要求されていない場合、この編によるいかなるルーチン試験も不要である。適用する産業規格がない場合、保護レベル“ia”及び“ib”の変圧器に指定されたルーチン試験を用いる。

10.4 コンフォーマルコーティング及び樹脂充填のルーチン試験

本質安全防爆構造の一部としてコンフォーマルコーティング又は樹脂充填を用いる機器は、ルーチン検証にかける。

コンフォーマルコーティング又は樹脂充填に何らの損傷も見られてはならない。この損傷には、次のものを含むが、これに限定はされない。

- － ひび
- － 樹脂充填又はコーティングされた部分のカバリングの不均一さ
- － 許容できない縮み
- － 膨潤
- － 分解
- － 接着の故障（機能失敗）（接着部分の分離）又は剥落
- － 軟化

ルーチン検証は、製造工程に信用があればバッチ検証に置き換えてもよい。この場合、ISO 2859-1 に基づく次の基準を適用する。

- － 製造バッチ 100 個までの場合、8 をサンプリングし、故障（機能失敗）が一つもないこと
- － 製造バッチ 101 個～1,000 個までの場合、32 をサンプリングし、故障（機能失敗）が一つもないこと
- － 製造バッチ 1,001 個～10,000 個までの場合、80 をサンプリングし、故障（機能失敗）が一つもないこと

ー 製造バッチが 10,000 個を超える場合、より小さいバッチに分割する。

一つでも検査結果が適合しない場合、そのバッチ内の残りの全てのサンプルを検査する。バッチ検証を再考するに足る信頼性が確保できるまでは、その後のバッチは全数検査する。

樹脂充填工程の検証のため破壊検査を採用する場合、より少ないサンプル数での検査を許容する。スケジュール図面に記載されていない場合、この破壊検査は、各製造バッチの最初及び最後だけに実施する。この検証のための代表的サンプルを許容する。

注記 検査不適合の判明後、このバッチ試験方法の再考は、認証書を発行する機関の裁量の下で行う。

11 表示

11.1 本安機器及び本安関連機器

11.1.1 一般事項

本安機器及び本安関連機器には、少なくとも第 1 編（総則）に規定する必要最低限の表示を行う。警告表示の文章は、該当する場合、第 1 編の警告表示の表の文章から引用する。

6.5.6.1 で要求がある場合、表示には圧力範囲を含める。

注記 表示の例示は、附属書 H に示す。

11.1.2 本安パラメータ

実行できる場合、本質安全防爆構造に関係する全てのパラメータの表示を行う。 L_o 及び L_o/R_o の両方を表示する場合、 L_o/R_o は L_o の代わりとして、例えば"又は (or) "を間にはさんで表示する。

注記 表示用の標準的なシンボルは、この編の箇条 3 及び第 1 編に記載している。

実用上の理由で、イタリック文字又は添字の使用が制限されるか又は不可能なときは、簡素化した表現を使用してよい。たとえば、" U_o "ではなく" U_o "とする。

11.1.3 FISCO

附属書 E の要求事項に従った機器に対しては、各機器には更に、“FISCO”の語を表示し、その後に、機能、すなわち、‘電源（若しくは power supply）’、‘フィールドデバイス（若しくは field device）’又は‘ターミネータ（若しくは terminator）’を表示する。

FISCO システム及び従来の本安システムの両方で使用できるように、機器に両方とも表示している場合、FISCO の表示と従来の本安システムに関する表示とを区別することに注意する。

FISCO の電源の場合、出力パラメータ U_o 、 I_o 、 C_o 、 L_o 、 P_o 及び L_o/R_o を、また、FISCO フィールドデバイス又はターミネータについては、入力及び内部パラメータ U_i 、 I_i 、 C_i 、 L_i 、 P_i 及び L_i/R_i を表示する必要はない。

11.1.4 接続端子部の表示

本安機器及び本安関連機器の接続端子部、端子箱、プラグ及びソケットは、明瞭に表示をし、確実に識別できなければならない。この目的のために色を使用する場合、本安接続には、ライトブルー（明青色）を使う。

プラグ及びソケットを用いて機器の部分（部品）を相互に接続し、又は機器の異なる部分を相互に接続している場合、これらのプラグ及びソケットは、本安回路だけを内蔵していることが識別できなければならない。この目的のために色を使用する場合、ライトブルー（明青色）とする。

さらに、全体の連続的な本質安全防爆構造を維持するため、正しい接続が行われるように十分かつ適切な表示をしなければならない。

注記 これを達成するために、プラグ及びソケットなどの表面又は隣接して追加のラベル表示が必要なことがある。意図が明瞭であれば、そのラベルで十分である。

11.1.5 非危険場所用の附属品

6.3.5.3 で要求する場合、非危険場所用の附属品には、少なくとも次に示す表示を行う。

- a) 製造者の名称又はその登録商標
- b) 製造者の型式識別
- c) 最高定格入力電圧

非危険場所用の附属品には防爆記号、認証番号又は出力パラメータ U_o , I_o , C_o , L_o , P_o を表示してはならない。

注記 ここでの意図は、この附属品が本安関連機器ではないことを明確にすることである。

11.2 警告表示

次の警告表示のいずれかを機器上に要求する場合、『警告』の言葉に続く、表 27 に掲げる文言は、技術的に等価な文言に置き換えてもよい。複数の警告は、合わせて一つの同等の意味の警告としてもよい。

表 27 警告表示の文言

項目	参照箇条	警告表示
a)	7.12.1	警告－YYYYYのバッテリーだけを使用せよ (Yは、製造者の名称及びセル又はバッテリーの型式番号である。)
b)	7.12.8	警告－爆発性雰囲気が存在するときはバッテリーを交換するな
c)	7.12.1	警告－危険場所ではバッテリーを充電するな
d)	6.3.5.2	警告－爆発性雰囲気が存在するときは開けるな

12 取扱説明書

12.1 一般事項

第 1 編の要求事項に加えて、取扱説明書には、該当する場合、次に示す情報を含める。

- a) 本安パラメータ
 - 1) 電源：出力データ (U_o , I_o , C_o , L_o , P_o 及び許容できる L_o/R_o 比など)
 - 2) 負荷 (power receiver)：入力データ (U_i , I_i , C_i , L_i , P_i 及び L_i/R_i 比など)
- b) 非本安回路接続端子部に適用する U_m 値
- c) 5.2.5 で要求する場合、最高定格電圧
- d) 設置、ライブメンテナンス及び使用のための特別な要求事項

注記 コントロール図面は、統合接続情報並びに設置及び使用のための特別な要求事項の推奨様式である。

- e) 本質安全防爆構造を決定する上で想定する全ての条件。例えば、保護変圧器、ガルバニック絶縁された電源から、又はダイオード形安全保持器を介して給電する電圧、
- f) 容器の表面の指定 (容器が本質安全防爆構造に関わる場合に限る)
- g) 機器が使用可能な環境条件

- h) 6.2.3 a) 及び 6.2.4 a) のように離隔距離が容器に依存する場合、IP 等級並びに容器及び容器の引込部の健全性を維持するために必要な措置
- i) 許容する非危険場所用の附属品
- j) 指定の U_m をもつ接続端子部については、回路に容認する最大推定電流が 1,500 A 未満の場合、その値

この取扱説明書は、第 1 編の文書に関する要求事項の一部を成す。

12.2 特定の使用条件

この編では、設置の際の特定の要求事項に対応する方法として、特定の使用条件を用いることを許容する。この場合、第 1 編の表示に関する要求事項に従って認証番号に記号 X を付与し、認証書に列挙する特定の使用条件において、当該事象への対応方法を詳述する。複数の特定の使用条件を統合してもよい。特定の使用条件を用いることによって緩和できる事象の範囲を表 28 に示す。これらは第 1 編によって許容されるものに追加するものである。

表 28 特定の使用条件によって対応する事象

アイテム	参照先	特定の使用条件によって対応する事象
a)	5.2.5 c)	接続端子部に接続する機器又はシステムに適用する要求事項、及び非本安接続端子部間に適用可能な最大電圧
b)	6.2.3 c)	制限付きの設置条件
c)	6.5.3.2	制限付きの設置条件
d)	6.2.5.1	第1編に適合するケーブルグランド、ねじアダプタ及び閉止用エレメントだけを機器に使用する
e)	6.5.3.3	制限付きの設置条件
f)	6.5.6.1	許容する周囲圧力の範囲
g)	6.5.9.1 6.9	正しく設置するために必要な条件
h)	9.11	設置に関する要求事項

附属書 A

(規定)

火花点火の基準曲線

この附属書に掲載する曲線及び表は、単純な線形回路の点火試験から得られたものである。これは、評価する回路が図 A.1～A.6 の該当する表に描かれた単純な回路に近似できるとき、9.2 に従って適用することが可能である。これらの図に示す単純な線形回路に近似することができない回路では、代替の評価が費用であり、追加の要求事項については 5.3 を参照すること。図 A.1～A.6 に示す曲線は、安全率 1.0 のものである。

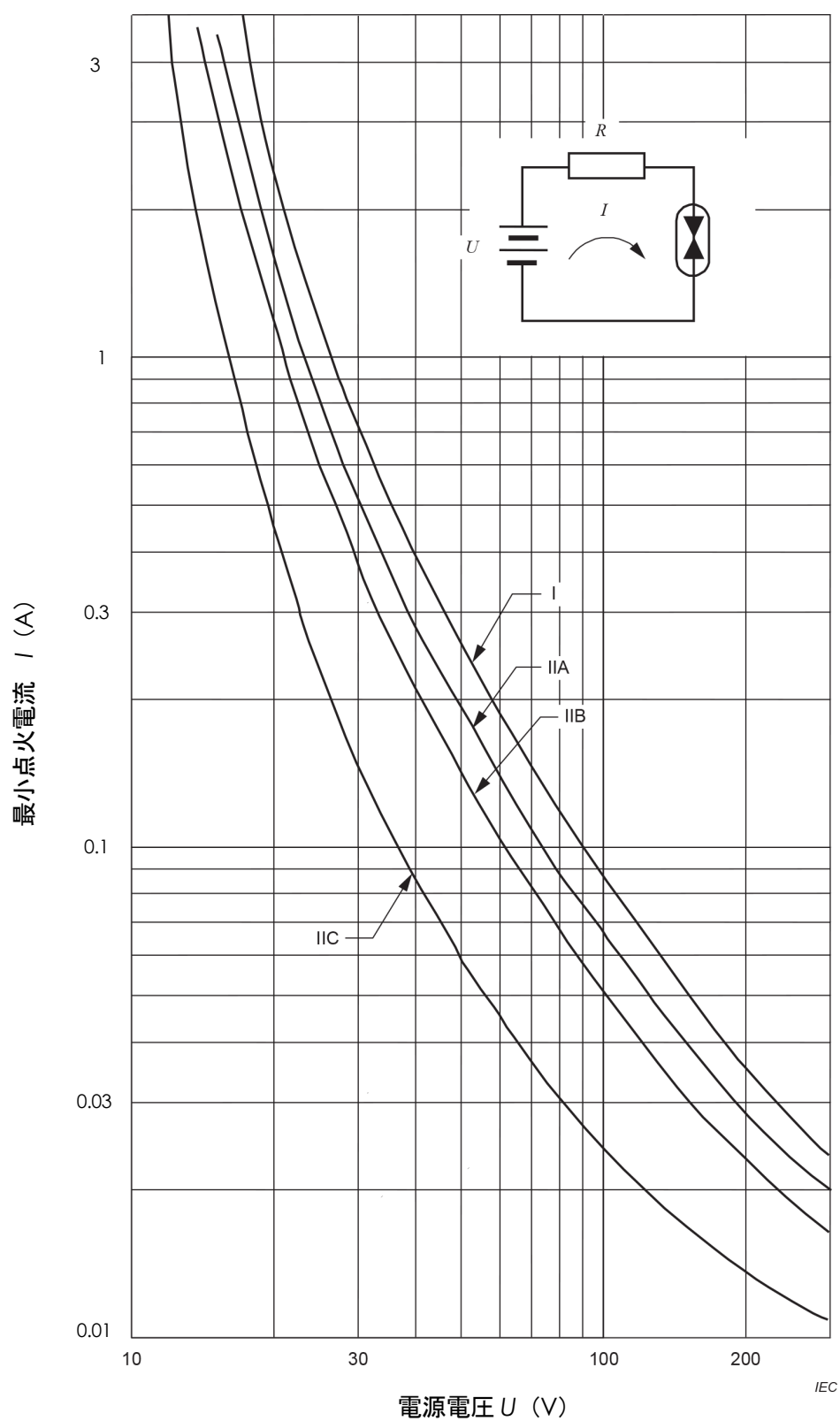
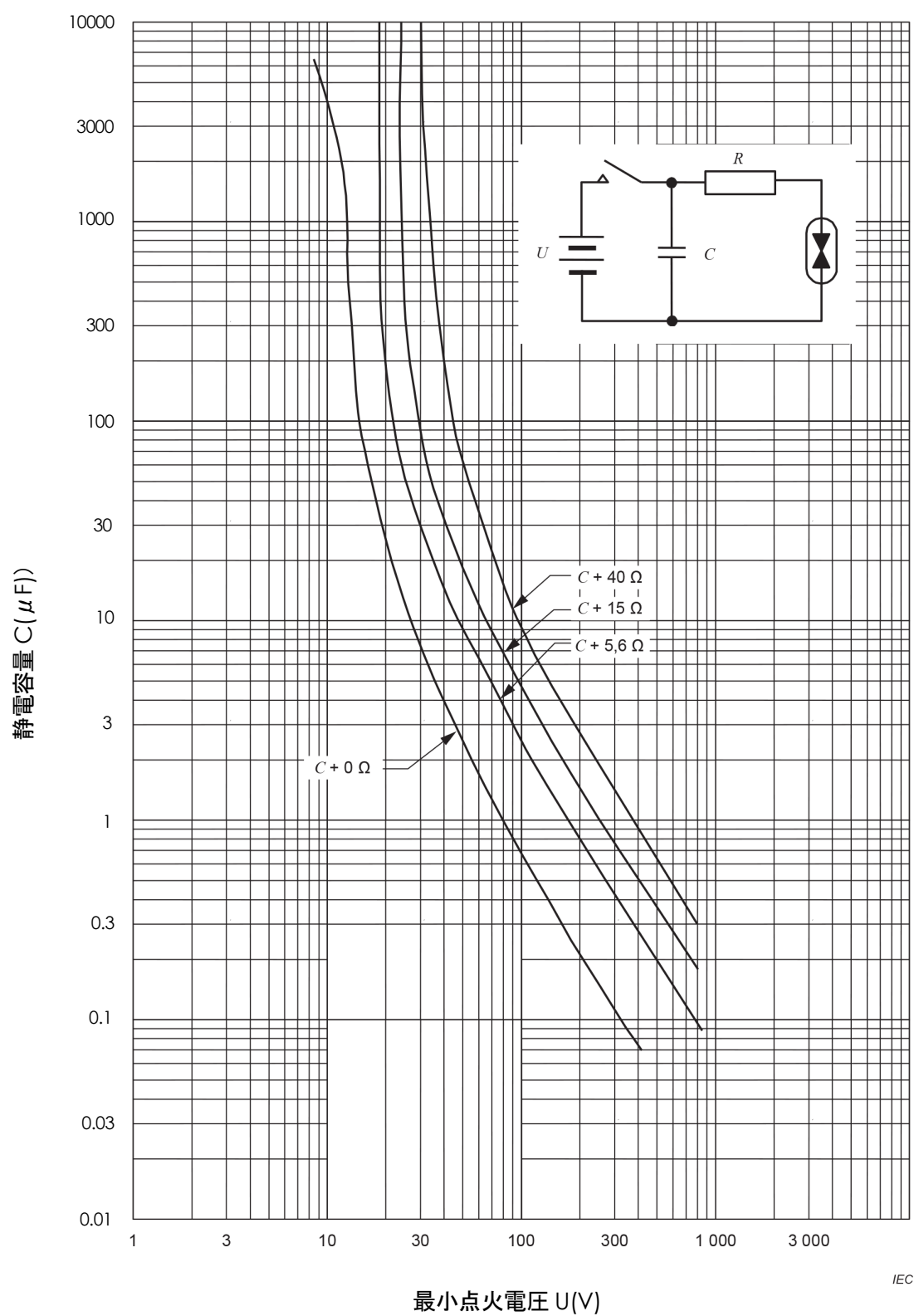


图 A.1 抵抗性回路



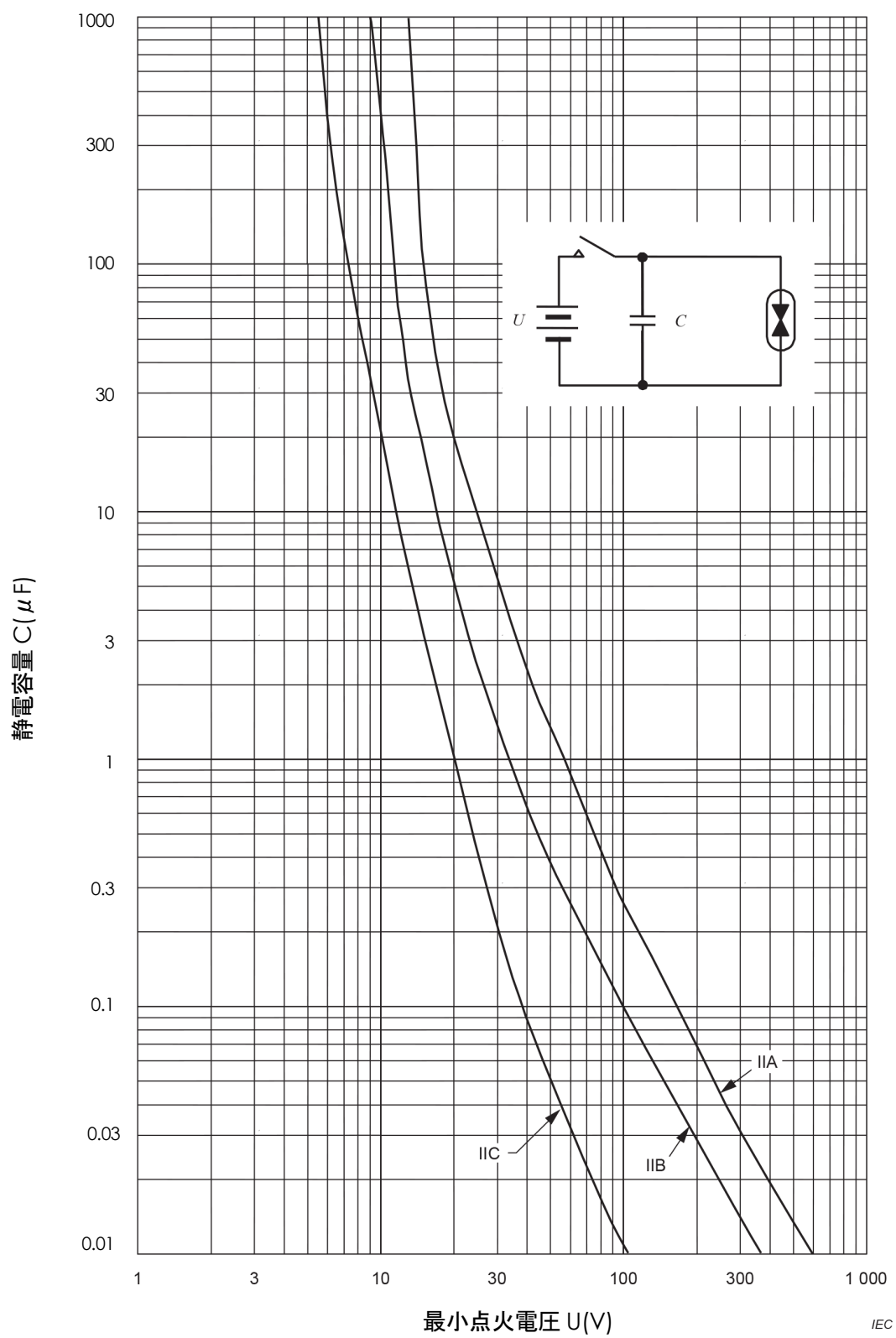
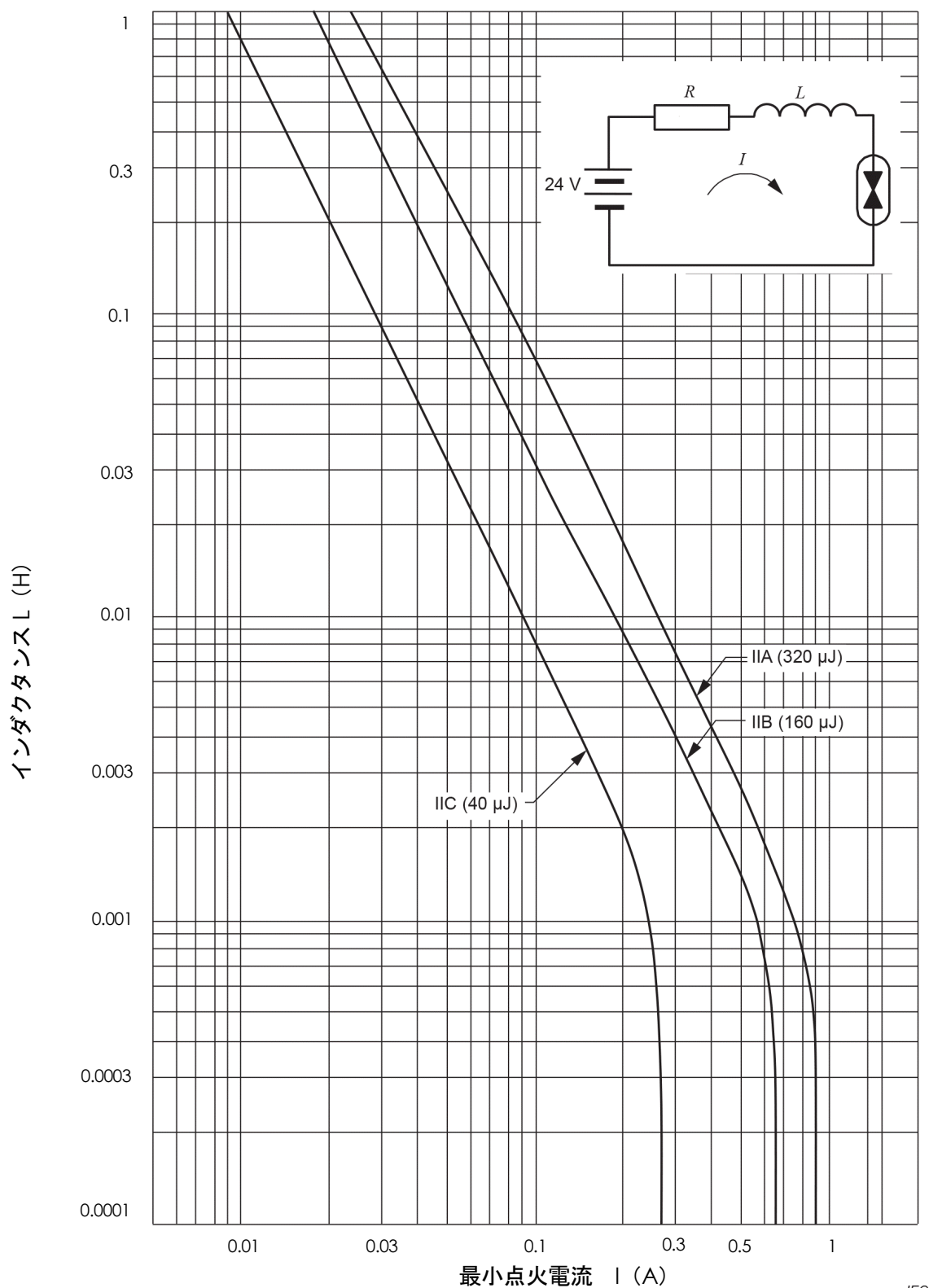


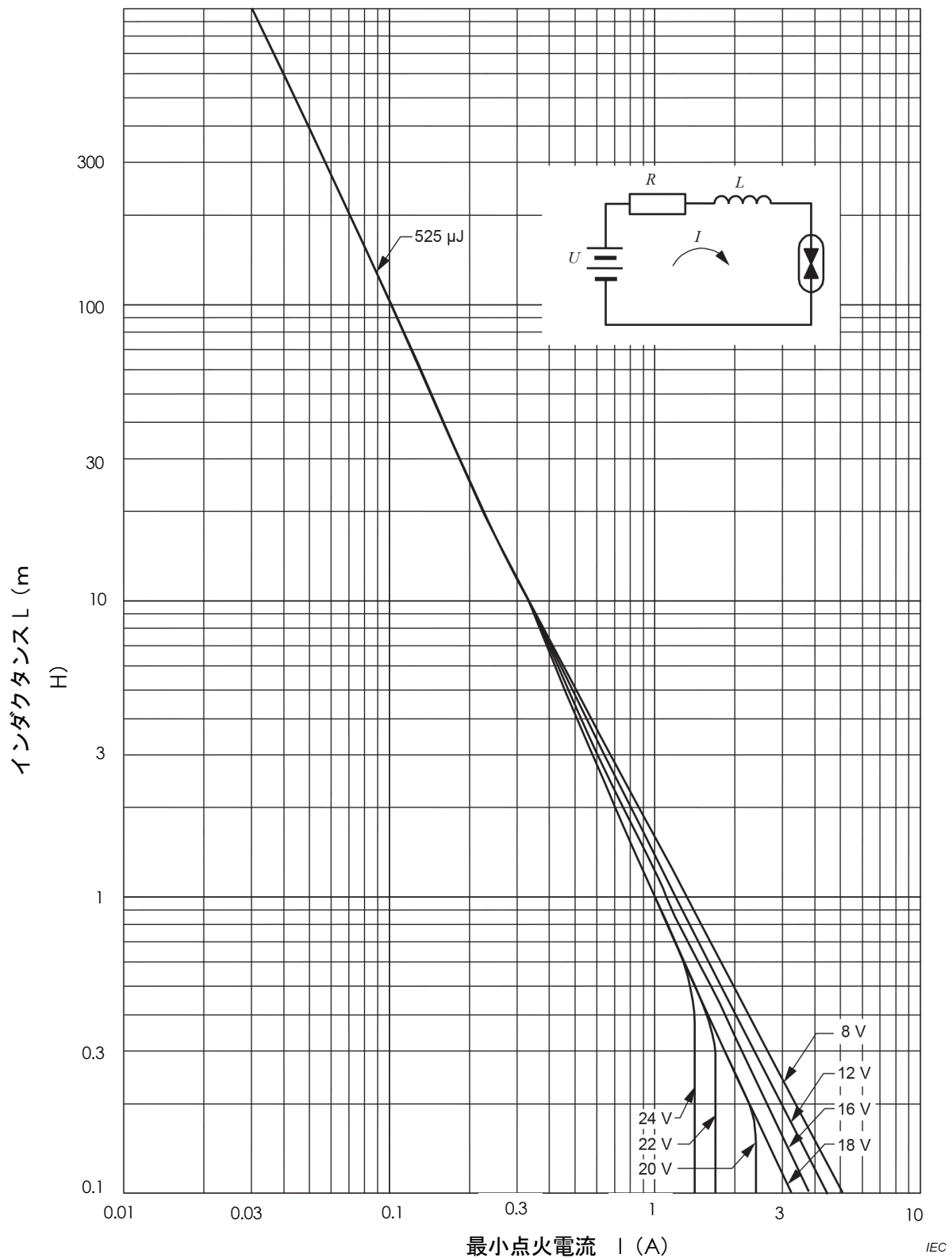
図 A.3 グループⅡの容量性回路



注記 1 回路試験電圧は 24 V である。

注記 2 注記 2 矢印で示すエネルギー値は曲線上でエネルギーが一定になる部分を示す。

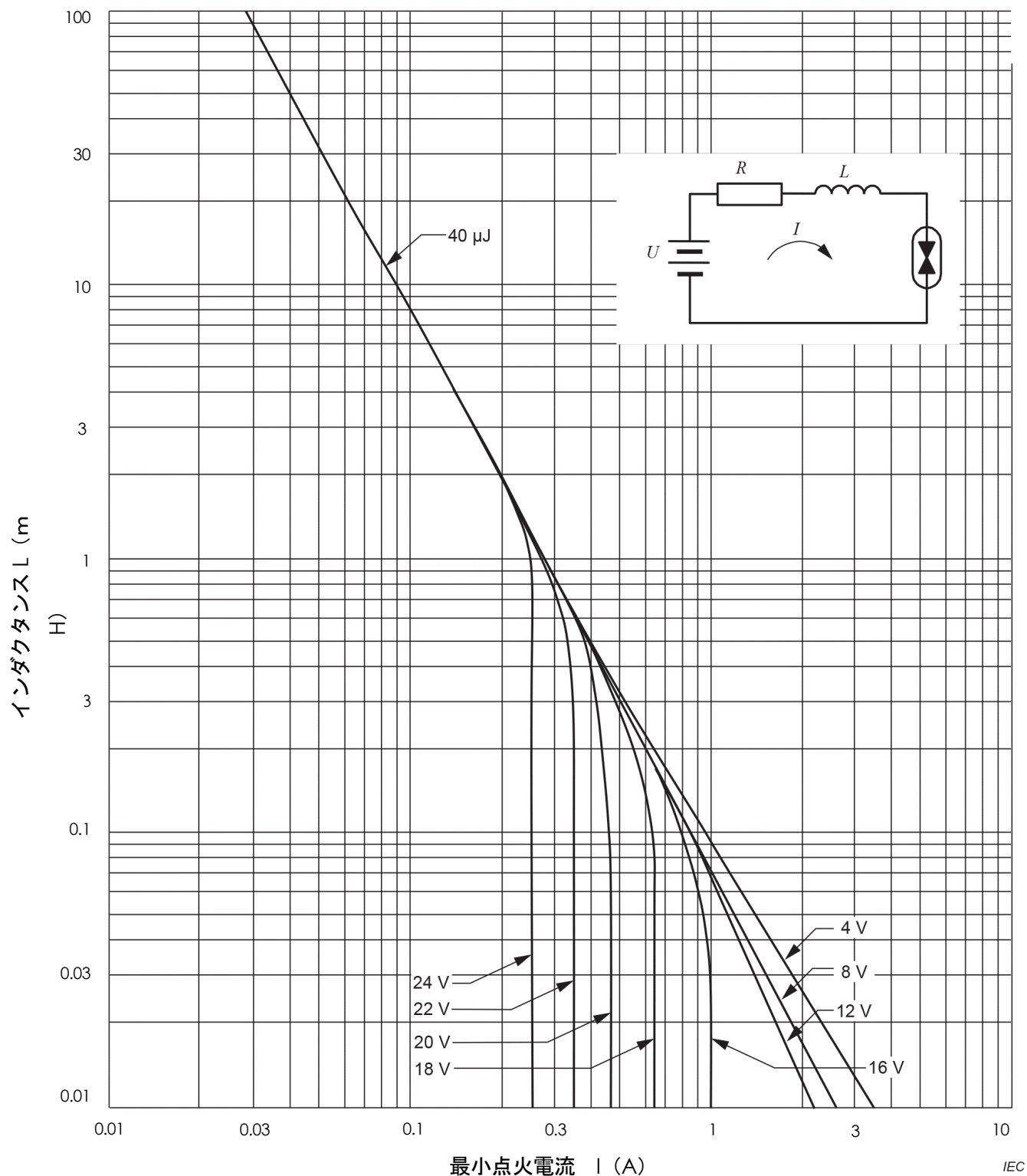
図 A.4 グループⅡの誘導性回路



注記 1 各曲線は、矢印で示す回路電圧値 U に対応する。

注記 2 矢印で示す $525 \mu\text{J}$ のエネルギー値は曲線上でエネルギーが一定になる部分を示す。

図 A.5 グループ I の誘導性回路



注記 1 各曲線は、矢印で示す回路電圧値 U に対応する。

注記 2 矢印で示す 40 μ J のエネルギー値は曲線上でエネルギーが一定になる部分を示す。

図 A.6 グループ IIC の誘導性回路

表 A.1 電圧及び機器グループに対応する許容短絡電流

電圧 V	許容短絡電流 mA							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5
12.0								
12.1	5,000	3,330						
12.2	4,720	3,150						
12.3	4,460	2,970						
12.4	4,210	2,810						
12.5	3,980	2,650						
12.6	3,770	2,510						
12.7	3,560	2,370						
12.8	3,370	2,250						
12.9	3,190	2,130						
13.0	3,020	2,020						
13.1	2,870	1,910						
13.2	2,720	1,810						
13.3	2,580	1,720						
13.4	2,450	1,630						
13.5	2,320	1,550	5,000	3,330				
13.6	2,210	1,470	4,860	3,240				
13.7	2,090	1,400	4,720	3,140				
13.8	1,990	1,330	4,580	3,050				
13.9	1,890	1,260	4,450	2,970				
14.0	1,800	1,200	4,330	2,880				
14.1	1,750	1,160	4,210	2,800				
14.2	1,700	1,130	4,090	2,730				
14.3	1,650	1,100	3,980	2,650				
14.4	1,600	1,070	3,870	2,580				
14.5	1,550	1,040	3,760	2,510				
14.6	1,510	1,010	3,660	2,440				
14.7	1,470	980	3,560	2,380				
14.8	1,430	950	3,470	2,310	5,000	3,330		
14.9	1,390	930	3,380	2,250	4,860	3,240		
15.0	1,350	900	3,290	2,190	4,730	3,150		
15.1	1,310	875	3,200	2,140	4,600	3,070		
15.2	1,280	851	3,120	2,080	4,480	2,990		
15.3	1,240	828	3,040	2,030	4,360	2,910		
15.4	1,210	806	2,960	1,980	4,250	2,830		
15.5	1,180	784	2,890	1,920	4,140	2,760		
15.6	1,150	769	2,810	1,880	4,030	2,690		
15.7	1,120	744	2,740	1,830	3,920	2,620		
15.8	1,090	724	2,680	1,780	3,820	2,550		
15.9	1,060	705	2,610	1,740	3,720	2,480		
16.0	1,030	687	2,550	1,700	3,630	2,420	5,000	3,330
16.1	1,000	669	2,480	1,660	3,540	2,360	4,830	3,220
16.2	980	652	2,420	1,610	3,450	2,300	4,660	3,110
16.3	950	636	2,360	1,570	3,360	2,240	4,490	2,990
16.4	930	620	2,310	1,540	3,280	2,190	4,320	2,880
16.5	910	604	2,250	1,500	3,200	2,130	4,240	2,830
16.6	880	589	2,200	1,470	3,120	2,080	4,160	2,770
16.7	860	575	2,150	1,430	3,040	2,030	4,080	2,720
16.8	840	560	2,100	1,400	2,970	1,980	4,000	2,670
16.9	820	547	2,050	1,370	2,900	1,930	3,740	2,490
17.0	800	533	2,000	1,340	2,830	1,890	3,480	2,320
17.1	780	523	1,960	1,310	2,760	1,840	3,450	2,300
17.2	770	513	1,930	1,280	2,700	1,800	3,420	2,280
17.3	750	503	1,890	1,260	2,630	1,760	3,390	2,260
17.4	740	493	1,850	1,240	2,570	1,720	3,360	2,240
17.5	730	484	1,820	1,210	2,510	1,680	3,320	2,210

表 A.1 電圧及び機器グループに対応する許容短絡電流（続き）

電圧 V	許容短絡電流 mA							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5
17.6	710	475	1,790	1,190	2,450	1,640	3,300	2,200
17.7	700	466	1,750	1,170	2,400	1,600	3,260	2,170
17.8	690	457	1,720	1,150	2,340	1,560	3,230	2,150
17.9	670	448	1,690	1,130	2,290	1,530	3,200	2,130
18.0	660	440	1,660	1,110	2,240	1,490	3,170	2,110
18.1	648	432	1,630	1,087	2,188	1,459	3,083	2,055
18.2	636	424	1,601	1,068	2,139	1,426	3,000	2,000
18.3	625	417	1,573	1,049	2,091	1,394	2,935	1,956
18.4	613	409	1,545	1,030	2,045	1,363	2,871	1,914
18.5	602	402	1,518	1,012	2,000	1,333	2,807	1,871
18.6	592	394	1,491	995	1,967	1,311	2,743	1,828
18.7	581	387	1,466	977	1,935	1,290	2,679	1,786
18.8	571	380	1,441	960	1,903	1,269	2,615	1,743
18.9	561	374	1,416	944	1,872	1,248	2,551	1,700
19.0	551	367	1,392	928	1,842	1,228	2,487	1,658
19.1	541	361	1,368	912	1,812	1,208	2,465	1,643
19.2	532	355	1,345	897	1,784	1,189	2,444	1,629
19.3	523	348	1,323	882	1,755	1,170	2,423	1,615
19.4	514	342	1,301	867	1,727	1,152	2,401	1,600
19.5	505	337	1,279	853	1,700	1,134	2,380	1,586
19.6	496	331	1,258	839	1,673	1,116	2,359	1,572
19.7	484	325	1,237	825	1,648	1,098	2,337	1,558
19.8	480	320	1,217	811	1,622	1,081	2,316	1,544
19.9	472	314	1,197	798	1,597	1,065	2,295	1,530
20.0	464	309	1,177	785	1,572	1,048	2,274	1,516
20.1	456	304	1,158	772	1,549	1,032	2,219	1,479
20.2	448	299	1,140	760	1,525	1,016	2,164	1,443
20.3	441	294	1,122	748	1,502	1,001	2,109	1,406
20.4	434	289	1,104	736	1,479	986	2,054	1,369
20.5	427	285	1,087	724	1,457	971	2,000	1,333
20.6	420	280	1,069	713	1,435	957	1,924	1,283
20.7	413	275	1,053	702	1,414	943	1,849	1,233
20.8	406	271	1,036	691	1,393	929	1,773	1,182
20.9	400	267	1,020	680	1,373	915	1,698	1,132
21.0	394	262	1,004	670	1,353	902	1,623	1,082
21.1	387	258	989	659	1,333	889	1,603	1,069
21.2	381	254	974	649	1,314	876	1,583	1,055
21.3	375	250	959	639	1,295	863	1,564	1,043
21.4	369	246	945	630	1,276	851	1,544	1,029
21.5	364	243	930	620	1,258	839	1,525	1,017
21.6	358	239	916	611	1,240	827	1,505	1,003
21.7	353	235	903	602	1,222	815	1,485	990
21.8	347	231	889	593	1,205	804	1,466	977.3
21.9	342	228	876	584	1,189	792	1,446	964
22.0	337	224	863	575	1,172	781	1,427	951.3
22.1	332	221	851	567	1,156	770	1,394	929.3
22.2	327	218	838	559	1,140	760	1,361	907.3
22.3	322	215	826	551	1,124	749	1,328	885.3
22.4	317	211	814	543	1,109	739	1,296	864
22.5	312	208	802	535	1,093	729	1,281	854
22.6	308	205	791	527	1,078	719	1,267	844.7
22.7	303	202	779	520	1,064	709	1,253	835.3
22.8	299	199	768	512	1,050	700	1,239	826
22.9	294	196	757	505	1,036	690	1,225	816.7
23.0	290	193	747	498	1,022	681	1,211	807.3
23.1	287	191	736	491	1,008	672	1,185	790

表 A.1 電圧及び機器グループに対応する許容短絡電流（続き）

電圧 V	許容短絡電流 mA							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5
23.2	284	189	726	484	995	663	1,160	773.3
23.3	281	187	716	477	982	655	1,135	756.7
23.4	278	185	706	471	969	646	1,110	740
23.5	275	183	696	464	956	638	1,085	723.3
23.6	272	182	687	458	944	629	1,079	719.3
23.7	270	180	677	452	932	621	1,073	715.3
23.8	267	178	668	445	920	613	1,068	712
23.9	264	176	659	439	908	605	1,062	708
24.0	261	174	650	433	896	597	1,057	704.7
24.1	259	173	644	429	885	590	1,048	698.7
24.2	256	171	637	425	873	582	1,040	693.3
24.3	253	169	631	421	862	575	1,032	688
24.4	251	167	625	416	852	568	1,024	682.7
24.5	248	166	618	412	841	561	1,016	677.3
24.6	246	164	612	408	830	554	1,008	672
24.7	244	163	606	404	820	547	1,000	666.7
24.8	241	161	601	400	810	540	991	660.7
24.9	239	159	595	396	800	533	983	655.3
25.0	237	158	589	393	790	527	975	650
25.1	234	156	583	389	780	520	964	642.7
25.2	232	155	578	385	771	514	953	635.3
25.3	230	153	572	381	762	508	942	628
25.4	228	152	567	378	752	502	931	620.7
25.5	226	150	561	374	743	496	920	613.3
25.6	223	149	556	371	734	490	916	610.7
25.7	221	148	551	367	726	484	912	608
25.8	219	146	546	364	717	478	908	605.3
25.9	217	145	541	360	708	472	904	602.7
26.0	215	143	536	357	700	467	900	600
26.1	213	142	531	354	694	463	890	593.3
26.2	211	141	526	350	688	459	881	587.3
26.3	209	139	521	347	683	455	871	580.7
26.4	207	138	516	344	677	451	862	574.7
26.5	205	137	512	341	671	447	853	568.7
26.6	203	136	507	338	666	444	847	564.7
26.7	202	134	502	335	660	440	841	560.7
26.8	200	133	498	332	655	437	835	556.7
26.9	198	132	493	329	649	433	829	552.7
27.0	196	131	489	326	644	429	824	549.3
27.1	194	130	485	323	639	426	818	545.3
27.2	193	128	480	320	634	422	813	542
27.3	191	127	476	317	629	419	808	538.7
27.4	189	126	472	315	624	416	803	535.3
27.5	188	125	468	312	619	412	798	532
27.6	186	124	464	309	614	409	793	528.7
27.7	184	123	460	306	609	406	788	525.3
27.8	183	122	456	304	604	403	783	522
27.9	181	121	452	301	599	399	778	518.7
28.0	180	120	448	299	594	396	773	515.3
28.1	178	119	444	296	590	393	768	512
28.2	176	118	440	293	585	390	764	509.3
28.3	175	117	436	291	581	387	760	506.7
28.4	173	116	433	288	576	384	756	504
28.5	172	115	429	286	572	381	752	501.3
28.6	170	114	425	284	567	378	747	498
28.7	169	113	422	281	563	375	743	495.3

表 A.1 電圧及び機器グループに対応する許容短絡電流（続き）

電圧 V	許容短絡電流 mA							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5
28.8	168	112	418	279	559	372	739	492.7
28.9	166	111	415	277	554	370	735	490
29.0	165	110	411	274	550	367	731	487.3
29.1	163	109	408	272	546	364	728	485.3
29.2	162	108	405	270	542	361	726	484
29.3	161	107	401	268	538	358	724	482.7
29.4	159	106	398	265	534	356	722	481.3
29.5	158	105	395	263	530	353	720	480
29.6	157	105	392	261	526	351	718	478.7
29.7	155	104	388	259	522	348	716	477.3
29.8	154	103	385	257	518	345	714	476
29.9	153	102	382	255	514	343	712	474.7
30.0	152	101	379	253	510	340	710	473.3
30.2	149	99.5	373	249	503	335	690	460
30.4	147	97.9	367	245	496	330	671	447.3
30.6	145	96.3	362	241	489	326	652	434.7
30.8	142	94.8	356	237	482	321	636	424
31.0	140	93.3	350	233	475	317	621	414
31.2	138	92.2	345	230	468	312	614	409.3
31.4	137	91	339	226	462	308	607	404.7
31.6	135	89.9	334	223	455	303	600	400
31.8	133	88.8	329	219	449	299	592	394.7
32.0	132	87.8	324	216	442	295	584	389.3
32.2	130	86.7	319	213	436	291	572	381.3
32.4	129	85.7	315	210	431	287	560	373.3
32.6	127	84.7	310	207	425	283	548	365.3
32.8	126	83.7	305	204	419	279	536	357.3
33.0	124	82.7	301	201	414	276	525	350
33.2	123	81.7	297	198	408	272	520	346.7
33.4	121	80.8	292	195	403	268	515	343.3
33.6	120	79.8	288	192	398	265	510	340
33.8	118	78.9	284	189	393	262	505	336.7
34.0	117	78	280	187	389	259	500	333.3
34.2	116	77.2	277	185	384	256	491	327.3
34.4	114	76.3	274	183	380	253	482	321.3
34.6	113	75.4	271	181	376	251	473	315.3
34.8	112	74.6	269	179	372	248	464	309.3
35.0	111	73.8	266	177	368	245	455	303.3
35.2	109	73	263	175	364	242	450	300
35.4	108	72.2	260	174	360	240	446	297.3
35.6	107	71.4	258	172	356	237	442	294.7
35.8	106	70.6	255	170	352	235	438	292
36.0	105	69.9	253	168	348	232	434	289.3
36.2	104	69.1	250	167	345	230	431	287.3
36.4	103	68.4	248	165	341	227	429	286
36.6	102	67.7	245	164	337	225	426	284
36.8	100	66.9	243	162	334	223	424	282.7
37.0	99.4	66.2	241	160	330	220	422	281.3
37.2	98.3	65.6	238	159	327	218	419	279.3
37.4	97.3	64.9	236	157	324	216	417	278
37.6	96.3	64.2	234	156	320	214	414	276
37.8	95.3	63.6	231	154	317	211	412	274.7
38.0	94.4	62.9	229	153	314	209	410	273.3
38.2	93.4	62.3	227	151	311	207	408	272
38.4	92.5	61.6	225	150	308	205	407	271.3
38.6	91.5	61	223	149	304	203	405	270

表 A.1 電圧及び機器グループに対応する許容短絡電流（続き）

電圧 V	許容短絡電流 mA							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5	×1	×1.5
38.8	90.6	60.4	221	147	301	201	404	269.3
39.0	89.7	59.8	219	146	298	199	403	268.7
39.2	88.8	59.2	217	145	296	197	399	266
39.4	88	58.6	215	143	293	195	395	263.3
39.6	87.1	58.1	213	142	290	193	391	260.7
39.8	86.3	57.5	211	141	287	191	387	258
40.0	85.4	57	209	139	284	190	383	255.3
40.5	83.4	55.6	205	136	278	185	362	241.3
41.0	81.4	54.3	200	133	271	181	342	228
41.5	79.6	53	196	131	265	177	336	224
42.0	77.7	51.8	192	128	259	173	331	220.7
42.5	76	50.6	188	125	253	169	321	214
43.0	74.3	49.5	184	122	247	165	312	208
43.5	72.6	48.4	180	120	242	161	307	204.7
44.0	71	47.4	176	117	237	158	303	202
44.5	69.5	46.3	173	115	231	154	294	196
45.0	68	45.3	169	113	227	151	286	190.7

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
5.0		100						
5.1		88						
5.2		79						
5.3		71						
5.4		65						
5.5		58						
5.6	1,000	54						
5.7	860	50						
5.8	750	46						
5.9	670	43						
6.0	600	40		1,000				
6.1	535	37		880				
6.2	475	34		790				
6.3	420	31		720				
6.4	370	28		650				
6.5	325	25		570				
6.6	285	22		500				
6.7	250	19.6		430				
6.8	220	17.9		380				
6.9	200	16.8		335				
7.0	175	15.7		300				
7.1	155	14.6		268				
7.2	136	13.5		240				
7.3	120	12.7		216				
7.4	110	11.9		195				
7.5	100	11.1		174				
7.6	92	10.4		160				
7.7	85	9.8		145				
7.8	79	9.3		130				
7.9	74	8.8		115				
8.0	69	8.4		100				
8.1	65	8.0		90				
8.2	61	7.6		81				
8.3	56	7.2		73				
8.4	54	6.8		66				
8.5	51	6.5		60				
8.6	49	6.2		55				
8.7	47	5.9		50		1,000		
8.8	45	5.5		46		730		
8.9	42	5.2		43		590		
9.0	40	4.9	1,000	40		500		
9.1	38	4.6	920	37		446		
9.2	36	4.3	850	34		390		
9.3	34	4.1	790	31		345		
9.4	32	3.9	750	29		300		
9.5	30	3.7	700	27		255		1,000
9.6	28	3.6	650	26		210		500
9.7	26	3.5	600	24		170		320
9.8	24	3.3	550	23		135		268
9.9	22	3.2	500	22		115		190
10.0	20.0	3.0	450	20.0		100		180
10.1	18.7	2.87	410	19.4		93		160
10.2	17.8	2.75	380	18.7		88		140
10.3	17.1	2.63	350	18.0		83		120
10.4	16.4	2.52	325	17.4		79		110
10.5	15.7	2.41	300	16.8		75		95

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値（続き）

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
10.6	15.0	2.32	280	16.2		72		90
10.7	14.2	2.23	260	15.6		69		85
10.8	13.5	2.14	240	15.0		66		80
10.9	13.0	2.05	225	14.4		63		70
11.0	12.5	1.97	210	13.8		60		67.5
11.1	11.9	1.90	195	13.2		57.0		60
11.2	11.4	1.84	180	12.6		54.0		58
11.3	10.9	1.79	170	12.1		51.0		54
11.4	10.4	1.71	160	11.7		48.0		52
11.5	10.0	1.64	150	11.2		46.0		48
11.6	9.6	1.59	140	10.8		43.0		46
11.7	9.3	1.54	130	10.3		41.0		42
11.8	9.0	1.50	120	9.9		39.0		40
11.9	8.7	1.45	110	9.4		37.0		38.6
12.0	8.4	1.41	100	9.0		36.0		38
12.1	8.1	1.37	93	8.7		34.0		36.6
12.2	7.9	1.32	87	8.4		33.0		36
12.3	7.6	1.28	81	8.1		31.0		34.3
12.4	7.2	1.24	75	7.9		30.0		34
12.5	7.0	1.2	70	7.7		28.0		32.3
12.6	6.8	1.15	66	7.4		27.0		32
12.7	6.6	1.10	62	7.1		25.4		30.5
12.8	6.4	1.06	58	6.8		24.2		30
12.9	6.2	1.03	55	6.5		23.2		29
13.0	6.0	1.0	52	6.2	1,000	22.5		28.5
13.1	5.7	0.97	49	6.0	850	21.7		27.5
13.2	5.4	0.94	46	5.8	730	21.0		27
13.3	5.3	0.91	44	5.6	630	20.2		26
13.4	5.1	0.88	42	5.5	560	19.5		25.6
13.5	4.9	0.85	40	5.3	500	19.0		24.8
13.6	4.6	0.82	38	5.2	450	18.6		24.4
13.7	4.4	0.79	36	5.0	420	18.1		23.5
13.8	4.2	0.76	34	4.9	390	17.7		23
13.9	4.1	0.74	32	4.7	360	17.3		22
14.0	4.0	0.73	30	4.60	330	17.0		21.5
14.1	3.9	0.71	29	4.49	300	16.7		20.5
14.2	3.8	0.70	28	4.39	270	16.4	1,000	20
14.3	3.7	0.68	27	4.28	240	16.1	800	19.64
14.4	3.6	0.67	26	4.18	210	15.8	500	19.48
14.5	3.5	0.65	25	4.07	185	15.5	360	19.16
14.6	3.4	0.64	24	3.97	160	15.2	320	19
14.7	3.3	0.62	23	3.86	135	14.9	268	18.6
14.8	3.2	0.61	22	3.76	120	14.6	220	18.4
14.9	3.1	0.59	21	3.65	110	14.3	190	18
15.0	3.0	0.58	20.2	3.55	100	14.0	180	17.8
15.1	2.9	0.57	19.7	3.46	95	13.7	170	17.48
15.2	2.82	0.55	19.2	3.37	91	13.4	160	17.32
15.3	2.76	0.53	18.7	3.28	88	13.1	140	17
15.4	2.68	0.521	18.2	3.19	85	12.8	130	16.8
15.5	2.60	0.508	17.8	3.11	82	12.5	120	16.48
15.6	2.52	0.497	17.4	3.03	79	12.2	110	16.32
15.7	2.45	0.487	17.0	2.95	77	11.9	100	16
15.8	2.38	0.478	16.6	2.88	74	11.6	95	15.8
15.9	2.32	0.469	16.2	2.81	72	11.3	90	15.4
16.0	2.26	0.460	15.8	2.75	70	11.0	87.5	15.2
16.1	2.20	0.451	15.4	2.69	68	10.7	85	14.8

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値 (続き)

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
16.2	2.14	0.442	15.0	2.63	66	10.5	80	14.64
16.3	2.08	0.433	14.6	2.57	64	10.2	75	14.32
16.4	2.02	0.424	14.2	2.51	62	10.0	70	14.16
16.5	1.97	0.415	13.8	2.45	60	9.8	67.5	13.8
16.6	1.92	0.406	13.4	2.40	58	9.6	65	13.64
16.7	1.88	0.398	13.0	2.34	56	9.4	60	13.32
16.8	1.84	0.390	12.6	2.29	54	9.3	58	13.16
16.9	1.80	0.382	12.3	2.24	52	9.1	56	12.8
17.0	1.76	0.375	12.0	2.20	50	9.0	54	12.64
17.1	1.71	0.367	11.7	2.15	48	8.8	52	12.32
17.2	1.66	0.360	11.4	2.11	47	8.7	50	12.16
17.3	1.62	0.353	11.1	2.06	45	8.5	48	11.8
17.4	1.59	0.346	10.8	2.02	44	8.4	46	11.6
17.5	1.56	0.339	10.5	1.97	42	8.2	44	11.2
17.6	1.53	0.333	10.2	1.93	40	8.1	42	11
17.7	1.50	0.327	9.9	1.88	39	8.0	40	10.64
17.8	1.47	0.321	9.6	1.84	38	7.9	39.2	10.48
17.9	1.44	0.315	9.3	1.80	37	7.7	38.6	10.16
18.0	1.41	0.309	9.0	1.78	36	7.6	38	10
18.1	1.38	0.303	8.8	1.75	35	7.45	37.3	9.86
18.2	1.35	0.297	8.6	1.72	34	7.31	36.6	9.8
18.3	1.32	0.291	8.4	1.70	33	7.15	36	9.68
18.4	1.29	0.285	8.2	1.69	32	7.0	34.6	9.62
18.5	1.27	0.280	8.0	1.67	31	6.85	34.3	9.5
18.6	1.24	0.275	7.9	1.66	30	6.70	34	9.42
18.7	1.21	0.270	7.8	1.64	29	6.59	32.6	9.28
18.8	1.18	0.266	7.6	1.62	28	6.48	32.3	9.21
18.9	1.15	0.262	7.4	1.60	27	6.39	32	9.07
19.0	1.12	0.258	7.2	1.58	26	6.3	31.2	9
19.1	1.09	0.252	7.0	1.56	25.0	6.21	30.5	8.86
19.2	1.06	0.251	6.8	1.55	24.2	6.12	30	8.8
19.3	1.04	0.248	6.6	1.52	23.6	6.03	29.5	8.68
19.4	1.02	0.244	6.4	1.51	23.0	5.95	29	8.62
19.5	1.00	0.240	6.2	1.49	22.5	5.87	28.5	8.5
19.6	0.98	0.235	6.0	1.47	22.0	5.8	28	8.42
19.7	0.96	0.231	5.9	1.45	21.5	5.72	27.5	8.28
19.8	0.94	0.227	5.8	1.44	21.0	5.65	27	8.21
19.9	0.92	0.223	5.7	1.42	20.5	5.57	26.5	8.07
20.0	0.90	0.220	5.6	1.41	20.0	5.5	26	8
20.1	0.88	0.217	5.5	1.39	19.5	5.42	25.6	7.87
20.2	0.86	0.213	5.4	1.38	19.2	5.35	25.2	7.8
20.3	0.84	0.209	5.3	1.36	18.9	5.27	24.8	7.75
20.4	0.82	0.206	5.2	1.35	18.6	5.2	24.4	7.62
20.5	0.8	0.203	5.1	1.33	18.3	5.12	24	7.5
20.6	0.78	0.200	5.0	1.32	18.0	5.05	23.5	7.42
20.7	0.76	0.197	4.9	1.31	17.7	4.97	23	7.33
20.8	0.75	0.194	4.8	1.30	17.4	4.9	22.5	7.16
20.9	0.74	0.191	4.7	1.28	17.2	4.84	22	7
21.0	0.73	0.188	4.6	1.27	17.0	4.78	21.5	6.93
21.1	0.72	0.185	4.52	1.25	16.8	4.73	21	6.87
21.2	0.71	0.183	4.45	1.24	16.6	4.68	20.5	6.75
21.3	0.7	0.181	4.39	1.23	16.4	4.62	20	6.62
21.4	0.69	0.179	4.32	1.22	16.2	4.56	19.8	6.56
21.5	0.68	0.176	4.25	1.20	16.0	4.5	19.64	6.5
21.6	0.67	0.174	4.18	1.19	15.8	4.44	19.48	6.37
21.7	0.66	0.172	4.11	1.17	15.6	4.38	19.32	6.25

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値（続き）

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
21.8	0.65	0.169	4.04	1.16	15.4	4.32	19.16	6.18
21.9	0.64	0.167	3.97	1.15	15.2	4.26	19	6.12
22.0	0.63	0.165	3.90	1.14	15.0	4.20	18.8	6
22.1	0.62	0.163	3.83	1.12	14.8	4.14	18.6	5.95
22.2	0.61	0.160	3.76	1.11	14.6	4.08	18.4	5.92
22.3	0.6	0.158	3.69	1.10	14.4	4.03	18.2	5.9
22.4	0.59	0.156	3.62	1.09	14.2	3.98	18	5.85
22.5	0.58	0.154	3.55	1.08	14.0	3.93	17.8	5.8
22.6	0.57	0.152	3.49	1.07	13.8	3.88	17.64	5.77
22.7	0.56	0.149	3.43	1.06	13.6	3.83	17.48	5.75
22.8	0.55	0.147	3.37	1.05	13.4	3.79	17.32	5.7
22.9	0.54	0.145	3.31	1.04	13.2	3.75	17.16	5.65
23.0	0.53	0.143	3.25	1.03	13.0	3.71	17	5.62
23.1	0.521	0.140	3.19	1.02	12.8	3.67	16.8	5.6
23.2	0.513	0.138	3.13	1.01	12.6	3.64	16.54	5.55
23.3	0.505	0.136	3.08	1.0	12.4	3.60	16.48	5.5
23.4	0.497	0.134	3.03	0.99	12.2	3.57	16.32	5.47
23.5	0.49	0.132	2.98	0.98	12.0	3.53	16.16	5.45
23.6	0.484	0.130	2.93	0.97	11.8	3.50	16	5.4
23.7	0.478	0.128	2.88	0.96	11.6	3.46	15.8	5.35
23.8	0.472	0.127	2.83	0.95	11.4	3.42	15.6	5.32
23.9	0.466	0.126	2.78	0.94	11.2	3.38	15.4	5.3
24.0	0.46	0.125	2.75	0.93	11.0	3.35	15.2	5.25
24.1	0.454	0.124	2.71	0.92	10.8	3.31	15	5.2
24.2	0.448	0.122	2.67	0.91	10.7	3.27	14.8	5.17
24.3	0.442	0.120	2.63	0.90	10.5	3.23	14.64	5.15
24.4	0.436	0.119	2.59	0.89	10.3	3.20	14.48	5.1
24.5	0.43	0.118	2.55	0.88	10.2	3.16	14.32	5.05
24.6	0.424	0.116	2.51	0.87	10.0	3.12	14.16	5.02
24.7	0.418	0.115	2.49	0.87	9.9	3.08	14	5.0
24.8	0.412	0.113	2.44	0.86	9.8	3.05	13.8	4.95
24.9	0.406	0.112	2.4	0.85	9.6	3.01	13.64	4.9
25.0	0.4	0.110	2.36	0.84	9.5	2.97	13.48	4.87
25.1	0.395	0.108	2.32	0.83	9.4	2.93	13.32	4.85
25.2	0.390	0.107	2.29	0.82	9.3	2.90	13.16	4.8
25.3	0.385	0.106	2.26	0.82	9.2	2.86	13	4.75
25.4	0.380	0.105	2.23	0.81	9.1	2.82	12.8	4.72
25.5	0.375	0.104	2.20	0.80	9.0	2.78	12.64	4.7
25.6	0.37	0.103	2.17	0.80	8.9	2.75	12.48	4.65
25.7	0.365	0.102	2.14	0.79	8.8	2.71	12.32	4.6
25.8	0.36	0.101	2.11	0.78	8.7	2.67	12.16	4.57
25.9	0.355	0.100	2.08	0.77	8.6	2.63	12	4.55
26.0	0.35	0.099	2.05	0.77	8.5	2.60	11.8	4.5
26.1	0.345	0.098	2.02	0.76	8.4	2.57	11.6	4.45
26.2	0.341	0.097	1.99	0.75	8.3	2.54	11.4	4.42
26.3	0.337	0.097	1.96	0.74	8.2	2.51	11.2	4.4
26.4	0.333	0.096	1.93	0.74	8.1	2.48	11	4.35
26.5	0.329	0.095	1.90	0.73	8.0	2.45	10.8	4.3
26.6	0.325	0.094	1.87	0.73	8.0	2.42	10.64	4.27
26.7	0.321	0.093	1.84	0.72	7.9	2.39	10.48	4.25
26.8	0.317	0.092	1.82	0.72	7.8	2.37	10.32	4.2
26.9	0.313	0.091	1.80	0.71	7.7	2.35	10.16	4.15
27.0	0.309	0.090	1.78	0.705	7.6	2.33	10	4.12
27.1	0.305	0.089	1.76	0.697	7.5	2.31	9.93	4.1
27.2	0.301	0.089	1.74	0.690	7.42	2.30	9.86	4.05
27.3	0.297	0.088	1.72	0.683	7.31	2.28	9.8	4.0

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値 (続き)

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
27.4	0.293	0.087	1.71	0.677	7.21	2.26	9.74	3.97
27.5	0.289	0.086	1.70	0.672	7.10	2.24	9.68	3.95
27.6	0.285	0.086	1.69	0.668	7.00	2.22	9.62	3.9
27.7	0.281	0.085	1.68	0.663	6.90	2.20	9.56	3.85
27.8	0.278	0.084	1.67	0.659	6.80	2.18	9.5	3.82
27.9	0.275	0.084	1.66	0.654	6.70	2.16	9.42	3.8
28.0	0.272	0.083	1.65	0.650	6.60	2.15	9.35	3.76
28.1	0.269	0.082	1.63	0.645	6.54	2.13	9.28	3.72
28.2	0.266	0.081	1.62	0.641	6.48	2.11	9.21	3.70
28.3	0.263	0.08	1.60	0.636	6.42	2.09	9.14	3.68
28.4	0.26	0.079	1.59	0.632	6.36	2.07	9.07	3.64
28.5	0.257	0.078	1.58	0.627	6.30	2.05	9	3.6
28.6	0.255	0.077	1.57	0.623	6.24	2.03	8.93	3.57
28.7	0.253	0.077	1.56	0.618	6.18	2.01	8.86	3.55
28.8	0.251	0.076	1.55	0.614	6.12	2.00	8.8	3.5
28.9	0.249	0.075	1.54	0.609	6.06	1.98	8.74	3.45
29.0	0.247	0.074	1.53	0.605	6.00	1.97	8.68	3.42
29.1	0.244	0.074	1.51	0.600	5.95	1.95	8.62	3.4
29.2	0.241	0.073	1.49	0.596	5.90	1.94	8.56	3.35
29.3	0.238	0.072	1.48	0.591	5.85	1.92	8.5	3.3
29.4	0.235	0.071	1.47	0.587	5.80	1.91	8.42	3.27
29.5	0.232	0.071	1.46	0.582	5.75	1.89	8.35	3.25
29.6	0.229	0.070	1.45	0.578	5.70	1.88	8.28	3.2
29.7	0.226	0.069	1.44	0.573	5.65	1.86	8.21	3.15
29.8	0.224	0.068	1.43	0.569	5.60	1.85	8.14	3.12
29.9	0.222	0.067	1.42	0.564	5.55	1.83	8.07	3.1
30.0	0.220	0.066	1.41	0.560	5.50	1.82	8	3.05
30.2	0.215	0.065	1.39	0.551	5.40	1.79	7.87	2.99
30.4	0.210	0.064	1.37	0.542	5.30	1.76	7.75	2.96
30.6	0.206	0.0626	1.35	0.533	5.20	1.73	7.62	2.93
30.8	0.202	0.0616	1.33	0.524	5.10	1.70	7.5	2.90
31.0	0.198	0.0605	1.32	0.515	5.00	1.67	7.33	2.87
31.2	0.194	0.0596	1.30	0.506	4.90	1.65	7.16	2.84
31.4	0.190	0.0587	1.28	0.497	4.82	1.62	7	2.81
31.6	0.186	0.0578	1.26	0.489	4.74	1.60	6.87	2.78
31.8	0.183	0.0569	1.24	0.482	4.68	1.58	6.75	2.75
32.0	0.180	0.0560	1.23	0.475	4.60	1.56	6.62	2.72
32.2	0.177	0.0551	1.21	0.467	4.52	1.54	6.5	2.69
32.4	0.174	0.0542	1.19	0.460	4.44	1.52	6.37	2.66
32.6	0.171	0.0533	1.17	0.452	4.36	1.50	6.25	2.63
32.8	0.168	0.0524	1.15	0.444	4.28	1.48	6.12	2.6
33.0	0.165	0.0515	1.14	0.437	4.20	1.46	6	2.54
33.2	0.162	0.0506	1.12	0.430	4.12	1.44	5.95	2.49
33.4	0.159	0.0498	1.10	0.424	4.05	1.42	5.9	2.45
33.6	0.156	0.0492	1.09	0.418	3.98	1.41	5.85	2.44
33.8	0.153	0.0486	1.08	0.412	3.91	1.39	5.8	2.42
34.0	0.150	0.048	1.07	0.406	3.85	1.37	5.75	2.4
34.2	0.147	0.0474	1.05	0.401	3.79	1.35	5.7	2.33
34.4	0.144	0.0468	1.04	0.397	3.74	1.33	5.65	2.28
34.6	0.141	0.0462	1.02	0.393	3.69	1.31	5.6	2.26
34.8	0.138	0.0456	1.01	0.390	3.64	1.30	5.55	2.22
35.0	0.135	0.045	1.00	0.387	3.60	1.28	5.5	2.2
35.2	0.133	0.0444	0.99	0.383	3.55	1.26	5.45	2.2
35.4	0.131	0.0438	0.97	0.380	3.50	1.24	5.4	2.2
35.6	0.129	0.0432	0.95	0.376	3.45	1.23	5.35	2.2
35.8	0.127	0.0426	0.94	0.373	3.40	1.21	5.3	2.17

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値 (続き)

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
36.0	0.125	0.042	0.93	0.370	3.35	1.20	5.25	2.15
36.2	0.123	0.0414	0.91	0.366	3.30	1.18	5.2	2.15
36.4	0.121	0.0408	0.90	0.363	3.25	1.17	5.15	2.1
36.6	0.119	0.0402	0.89	0.359	3.20	1.150	5.1	2
36.8	0.117	0.0396	0.88	0.356	3.15	1.130	5.05	1.99
37.0	0.115	0.039	0.87	0.353	3.10	1.120	5	1.98
37.2	0.113	0.0384	0.86	0.347	3.05	1.100	4.95	1.96
37.4	0.111	0.0379	0.85	0.344	3.00	1.090	4.9	1.95
37.6	0.109	0.0374	0.84	0.340	2.95	1.080	4.85	1.94
37.8	0.107	0.0369	0.83	0.339	2.90	1.070	4.8	1.93
38.0	0.105	0.0364	0.82	0.336	2.85	1.060	4.75	1.92
38.2	0.103	0.0359	0.81	0.332	2.80	1.040	4.7	1.91
38.4	0.102	0.0354	0.80	0.329	2.75	1.030	4.65	1.9
38.6	0.101	0.0350	0.79	0.326	2.70	1.020	4.6	1.87
38.8	0.100	0.0346	0.78	0.323	2.65	1.010	4.55	1.86
39.0	0.099	0.0342	0.77	0.320	2.60	1.000	4.5	1.85
39.2	0.098	0.0338	0.76	0.317	2.56	0.980	4.45	1.83
39.4	0.097	0.0334	0.75	0.314	2.52	0.970	4.4	1.82
39.6	0.096	0.0331	0.75	0.311	2.48	0.960	4.35	1.8
39.8	0.095	0.0328	0.74	0.308	2.44	0.950	4.3	1.79
40.0	0.094	0.0325	0.73	0.305	2.40	0.940	4.25	1.78
40.2	0.092	0.0322	0.72	0.302	2.37	0.930	4.2	1.76
40.4	0.091	0.0319	0.71	0.299	2.35	0.920	4.15	1.75
40.6	0.090	0.0316	0.70	0.296	2.32	0.910	4.1	1.74
40.8	0.089	0.0313	0.69	0.293	2.30	0.900	4.05	1.73
41.0	0.088	0.0310	0.68	0.290	2.27	0.890	4	1.72
41.2	0.087	0.0307	0.674	0.287	2.25	0.882	3.95	1.7
41.4	0.086	0.0304	0.668	0.284	2.22	0.874	3.9	1.68
41.6	0.085	0.0301	0.662	0.281	2.20	0.866	3.85	1.67
41.8	0.084	0.0299	0.656	0.278	2.17	0.858	3.8	1.66
42.0	0.083	0.0297	0.650	0.275	2.15	0.850	3.75	1.65
42.2	0.082	0.0294	0.644	0.272	2.12	0.842	3.72	1.62
42.4	0.081	0.0292	0.638	0.269	2.10	0.834	3.68	1.61
42.6	0.079	0.0289	0.632	0.266	2.07	0.826	3.64	1.6
42.8	0.078	0.0286	0.626	0.264	2.05	0.818	3.6	1.59
43.0	0.077	0.0284	0.620	0.262	2.02	0.810	3.55	1.58
43.2	0.076	0.0281	0.614	0.259	2.00	0.802	3.5	1.56
43.4	0.075	0.0279	0.608	0.257	1.98	0.794	3.45	1.55
43.6	0.074	0.0276	0.602	0.254	1.96	0.786	3.4	1.54
43.8	0.073	0.0273	0.596	0.252	1.94	0.778	3.35	1.53
44.0	0.072	0.0271	0.590	0.25	1.92	0.770	3.3	1.52
44.2	0.071	0.0268	0.584	0.248	1.90	0.762	3.25	1.5
44.4	0.070	0.0266	0.578	0.246	1.88	0.754	3.2	1.48
44.6	0.069	0.0263	0.572	0.244	1.86	0.746	3.15	1.47
44.8	0.068	0.0261	0.566	0.242	1.84	0.738	3.1	1.46
45.0	0.067	0.0259	0.560	0.240	1.82	0.730	3.05	1.45
45.2	0.066	0.0257	0.554	0.238	1.80	0.722	3	1.42
45.4	0.065	0.0254	0.548	0.236	1.78	0.714	2.98	1.41
45.6	0.064	0.0251	0.542	0.234	1.76	0.706	2.96	1.4
45.8	0.063	0.0249	0.536	0.232	1.74	0.698	2.94	1.39
46.0	0.0623	0.0247	0.530	0.230	1.72	0.690	2.92	1.38
46.2	0.0616	0.0244	0.524	0.228	1.70	0.682	2.9	1.36
46.4	0.0609	0.0242	0.518	0.226	1.68	0.674	2.88	1.35
46.6	0.0602	0.0239	0.512	0.224	1.67	0.666	2.86	1.34
46.8	0.0596	0.0237	0.506	0.222	1.65	0.658	2.84	1.33
47.0	0.0590	0.0235	0.500	0.220	1.63	0.650	2.82	1.32

表 A.2 電圧及び機器グループに対応する許容静電容量値（続き）

電圧 V	許容静電容量値 μF							
	グループ IIC の機器		グループ IIB の機器		グループ IIA の機器		グループ I の機器	
	安全率		安全率		安全率		安全率	
	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$	$\times 1$	$\times 1.5$
47.2	0.0584	0.0232	0.495	0.218	1.61	0.644	2.8	1.3
47.4	0.0578	0.0229	0.490	0.216	1.60	0.638	2.78	1.28
47.6	0.0572	0.0227	0.485	0.214	1.59	0.632	2.76	1.27
47.8	0.0566	0.0225	0.480	0.212	1.57	0.626	2.74	1.26
48.0	0.0560	0.0223	0.475	0.210	1.56	0.620	2.72	1.25
48.2	0.0554	0.0220	0.470	0.208	1.54	0.614	2.7	1.22
48.4	0.0548	0.0218	0.465	0.206	1.53	0.609	2.68	1.21
48.6	0.0542	0.0215	0.460	0.205	1.52	0.604	2.66	1.2
48.8	0.0536	0.0213	0.455	0.203	1.50	0.599	2.64	1.19
49.0	0.0530	0.0211	0.450	0.201	1.49	0.594	2.62	1.18
49.2	0.0524	0.0208	0.445	0.198	1.48	0.589	2.6	1.16
49.4	0.0518	0.0206	0.440	0.197	1.46	0.584	2.56	1.15
49.6	0.0512	0.0204	0.435	0.196	1.45	0.579	2.52	1.14
49.8	0.0506	0.0202	0.430	0.194	1.44	0.574	2.46	1.13
50.0	0.0500	0.0200	0.425	0.193	1.43	0.570	2.46	1.12
50.5	0.0490	0.0194	0.420	0.190	1.40	0.558	2.43	1.1
51.0	0.0480	0.0190	0.415	0.187	1.37	0.547	2.4	1.08
51.5	0.0470	0.0186	0.407	0.184	1.34	0.535	2.3	1.02
52.0	0.0460	0.0183	0.400	0.181	1.31	0.524	2.25	1
52.5	0.0450	0.0178	0.392	0.178	1.28	0.512	2.2	0.99
53.0	0.0440	0.0174	0.385	0.175	1.25	0.501	2.2	0.97
53.5	0.0430	0.0170	0.380	0.172	1.22	0.490	2.2	0.96
54.0	0.0420	0.0168	0.375	0.170	1.20	0.479	2.15	0.95
54.5	0.0410	0.0166	0.367	0.168	1.18	0.468	2.15	0.94
55.0	0.0400	0.0165	0.360	0.166	1.16	0.457	2	0.94

附属書 B

(規定)

本安回路用の火花点火試験装置

B.1 原理

試験にかける回路を、火花点火試験装置の接点に接続する。その接点は、爆発性試験ガスを満たした爆発試験槽の中に置く。

規定の安全率を達成するように回路のパラメータを調整し、接点システムを作動させて所定の回数以内に、爆発性試験ガスの点火が生じるか否かを決定するための試験を行う。

他に規定がない限り、機械加工部品の機械的寸法の公差は $\pm 2\%$ 、及び電圧及び電流の許容差は $\pm 1\%$ とする。

B.2 火花点火試験装置

250 cm³以上の容積をもつ爆発試験槽内に接点を配置して火花点火試験装置を構成する。規定の爆発性試験ガスの中で、短絡火花及び開放火花を生じる配置とする。

注記 1 図 B.4 に、試験装置の設計例を示す（接点の配置については、図 B.1、図 B.2 及び図 B.3 参照）。

二つの接点電極の一方は、図 B.2 に示すように、二つの溝をもつ回転するカドミウム円板電極とする。

B.2 に記述する火花点火試験装置は、試験電流上限 3A の装置に関するものであり、B.7 では試験電流上限 10A の装置を解説している。

もう一方の接点電極は、直径 (0.2 ± 0.02) mm の 4 本のタングステン線からなり、これらのタングステン線は、電極ホルダ（図 B.3 に示す、黄銅又は他の適切な材料で製造したもの）の直径 50 mm の円周線上に締め付けて固定する。

注記 2 タングステン線が、電極ホルダの鋭角の部分で、使用開始後早い時期に破損することを防ぐために、タングステン線を固定する電極ホルダの角に、わずかに丸みをつけるとよい。

電極は、図 B.1 に示すように構成し配置する。電極ホルダが回転すると、タングステン線は、溝をもつカドミウム円板電極上をしゅう（摺）動する。電極ホルダとカドミウム円板電極との間の距離は 10 mm とする。接点用タングステン線の自由長は 11 mm とする。接点用タングステン線は、カドミウム円板電極と接触していないときに、（タングステン線がカドミウム円板電極の溝の部分に入っているときに）カドミウム円板電極の表面に垂直になるように、まっすぐにして取り付ける。

カドミウム円板電極軸の軸中心線と電極ホルダの駆動軸の軸中心線とを 31 mm 離し、互いに電氣的に絶縁し、かつ、火花点火試験装置の底板から絶縁する。電流は、両回転軸上をしゅう（摺）動する接点を通して流れ、これらの回転軸は、ギア比 50 : 12 の非導電性ギアで互いにかみ合わさっている。

電極ホルダは、モータによって、必要であれば適切な減速ギアを使用して、78～82 r/min で回転させる。カドミウム円板電極は、電極ホルダより低速で電極ホルダとは逆向きに回転させる。

ガスフローシステムを使用しないときは、底板にガスタイトベアリングブッシュが必要である。

計数又は計時デバイスを用いて、電極ホルダのシャフトの回転数を決定する。

注記 3 試験ガスに点火したとき、例えば、フォトセル又は圧力スイッチによって、自動的に駆動モータ

又はカウンタだけでも停止させるとよい。

爆発圧力開放手段をもつ場合を除き、爆発試験槽は、1,500 kPa 以上の爆発圧力に耐えなければならない。

火花点火試験装置の接点を開放したとき、端子間の自己静電容量値は 30 pF 以下でなければならない。接点を閉じたとき、端子間抵抗値は、1 A の直流電流において 0.15 Ω 以下、かつ、端子間の自己インダクタンス値は 3 μ H 以下でなければならない。

B.3 火花点火試験装置の感度

感度が規定の値でないときは、要求する感度が得られるまで、次のうち一つ以上を行う。

- 校正回路のパラメータを確認する。
- 爆発性試験混合ガスの組成を確認する。
- タングステン線を清掃する。
- タングステン線を交換する。
- 9.1.3 に規定する 95 mH / 24 V / 100 mA の回路に端子部を接続し、接点部が空気中の状態で火花点火試験装置を動作させる。このとき、電極ホルダを 2 万回転させる。
- カドミウム円板を交換し、9.1.3 に従って、火花点火試験装置を校正する。

B.4 タングステン線の準備及び清掃

タングステンは非常にもろい物質であるので、タングステン線は、比較的短時間の使用でも頻繁に先端部が割れる傾向にある。

この問題点を解決するため、次のいずれかの手順を行う。

- 図 B.5 に示すような単純な装置を用いてタングステン線を溶断する。これによって各線に小さな球体が形成されるので、これをピンセット等でわずかに圧力をかけて取り除く。

注記 1 この方法で準備したタングステン線は、平均約 12,500 回転後に交換する必要がある。

- 状態のよい工業用ニッパなどを使用して、タングステン線を切断する。

その後、タングステン線を電極ホルダに取り付け、タングステン線の先端部を含めて、表面をグレード 0 のサンドペーパー（grade 0 emery cloth）又は同等品で研磨し清掃する。

注記 2 タングステン線を清掃するときは、火花点火試験装置から電極ホルダを取り外すとよい。

経験的に、使用中の感度を安定させるには、一定の時間間隔でタングステン線を清掃し、まっすぐに直すことが有効である。この時間間隔は、タングステン線に付着物が生成する速度に依存する。この付着速度は、試験する回路に依存する。タングステン線の先端が割れた場合、又はタングステン線をまっすぐにできない場合、タングステン線を交換する。

B.5 新品のカドミウム円板の前処理

火花点火試験装置の感度を安定させるために、次の手順で、新品のカドミウム円板を前処理することを推奨する。

- 新品のカドミウム円板を火花点火試験装置に取り付ける。
- 9.1.3 に示す 95 mH / 24 V / 100 mA の回路に端子部を接続し、試験槽に空気を充填し、かつ、図 B.1 に従って接点部を取り付けて試験装置を動作させる。このとき、電極ホルダを 2 万回以上回転させる。

- c) B.4 に従って準備及び清掃した新品のタングステン線を取り付け、 $2\text{ k}\Omega$ の抵抗器を介して充電する非電解コンデンサを火花点火試験装置に接続する。
- d) 9.1.3.1 に適合するグループ IIA（又はグループ I）の爆発性試験混合ガスを使用して、 70 V （グループ I に対しては 95 V ）を容量性回路に印加し、火花点火試験装置を動作させて電極ホルダを 400 回転以上又は点火を生じるまで回転させる。点火しなかった場合、混合ガスを点検するか、タングステン線を交換するか、又は火花点火試験装置を点検する。点火した場合、電圧を 5 V 単位で減少させ、点火が生じなくなるまで繰り返す。
- e) 点火する電圧は、グループ IIA では 45 V （グループ I では 55 V ）、点火しない電圧は、グループ IIA では 40 V （グループ I では 50 V ）でなければならない。

B.6 火花点火試験装置の制限事項

B.7 で許容する場合を除き、火花点火試験装置は、次のパラメータをもつ本安回路の試験に限定する。

- a) 試験電流が 3 A 以下の回路
- b) 作動電圧 300 V 以下の抵抗性又は容量性回路
- c) インダクタンス 1 H 以下の誘導性回路
- d) 周波数 1.5 MHz 以下の回路

火花点火試験装置は、これらの制限を超える回路に使用することもできるが、感度に変動を生じる可能性がある。

試験電流が 3 A を超える場合、タングステン線の温度上昇及びカドミウムコーティングによって点火しやすくなるため、試験が無効になることがある。

誘導性回路では、試験装置の自己インダクタンス及び試験装置の回路時定数が試験結果に悪影響を及ぼさないように注意することが望ましい。

大きな時定数をもつ容量性回路及び誘導性回路は、火花点火試験装置の回転速度を落として試験してもよい。容量性回路においては、タングステン線を 2～3 本取り外して試験してもよい。火花点火試験装置の速度を落とすと、装置の感度が変わることがあることに注意する。

要求する回転数に達するまでに、火花点火試験装置の接点の開閉によって、電流が遮断されるか、又は回路の電気的数値が減少する回路に対しては、火花点火試験装置での試験は適切でないかもしれない。このような回路は、試験中、最も厳しい出力状態を維持するよう修正する。

注記 このような回路の試験については、附属書 D 及び附属書 F に詳細情報がある。

B.7 大電流で使用するための火花点火試験装置の修正

試験電流 3 A ～ 10 A で試験するためには、火花点火試験装置を次のように修正する。

タングステン線の直径を 0.2 mm から $(0.4\pm 0.03)\text{ mm}$ に変更し、その自由長を 10.5 mm まで減少する。

注記 1 自由長を減少することによって、カドミウム円板電極の磨耗を軽減する。

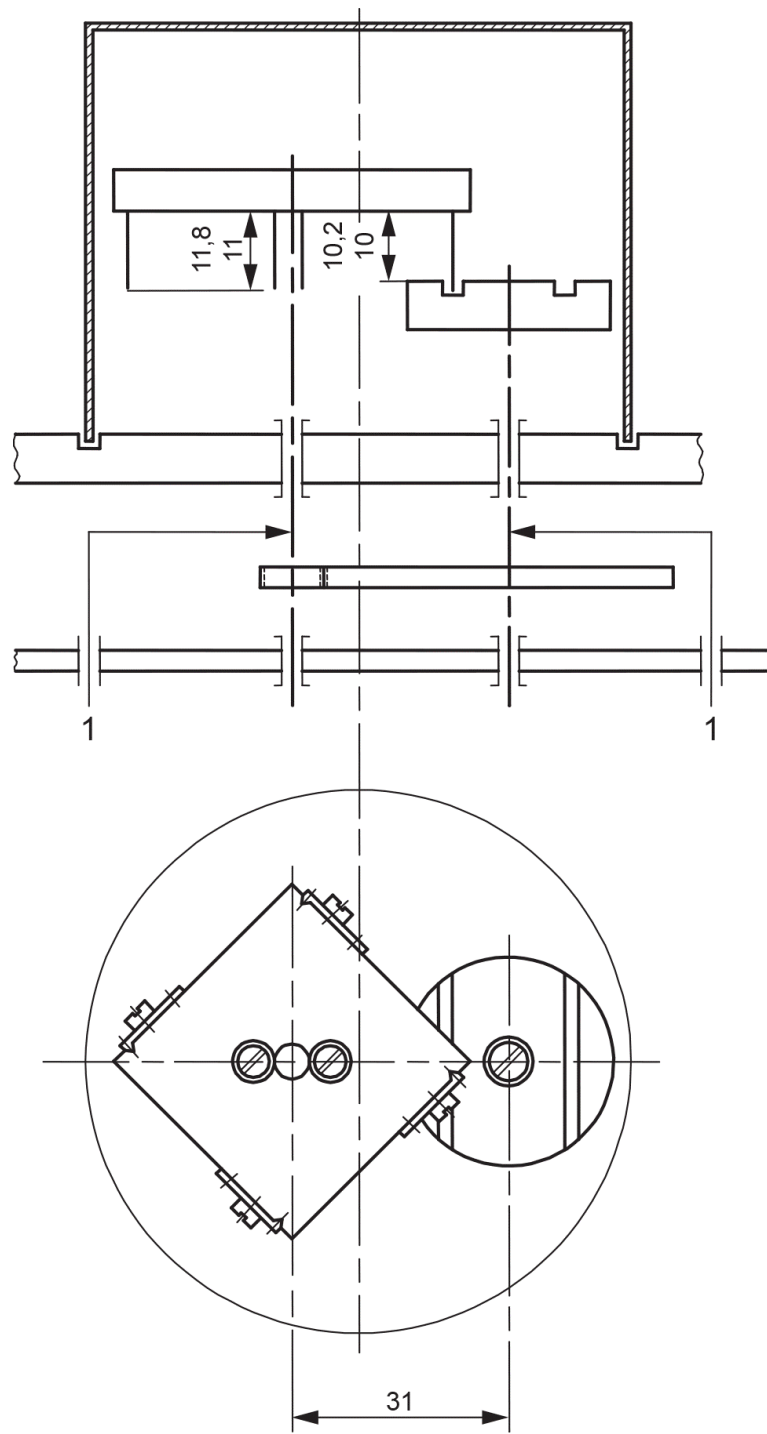
整流子の接触抵抗を含む火花点火試験装置の全抵抗を $100\text{ m}\Omega$ 未満に減少するか、又は火花点火試験装置の内部抵抗分を補償して無視できるように被試験回路を修正する。

注記 2 自動車産業で使用するタイプのブラシで、火花点火試験装置のシャフトに黄銅製のスリーブと組み合わせて取り付けるブラシは、接触面積を増やすことで接触抵抗を減少させる実用的な解決

方法の一つとして知られている。

火花点火試験装置のインダクタンス値の総計及び被試験回路への配線のインダクタンス値は最小にし、かつ、 $1\ \mu\text{H}$ 以下とする。

火花点火試験装置は、より大きな電流に対しても使用できるが、試験結果の解釈には特に注意が必要である。



単位：mm

凡例

1 被試験回路への接続部

図 B.1 本安回路用の火花点火試験装置

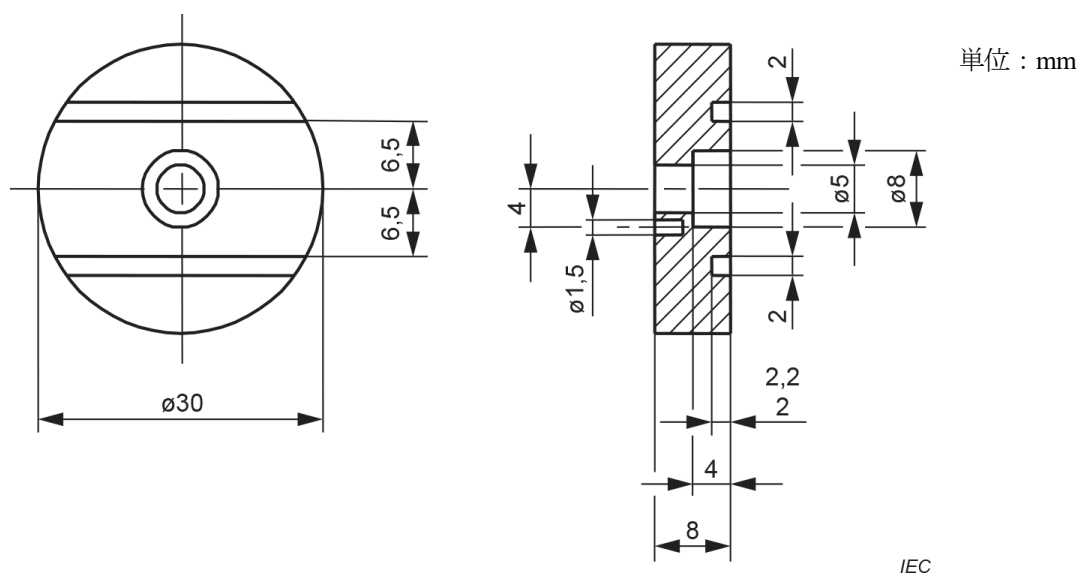


図 B.2 カドミウム円板

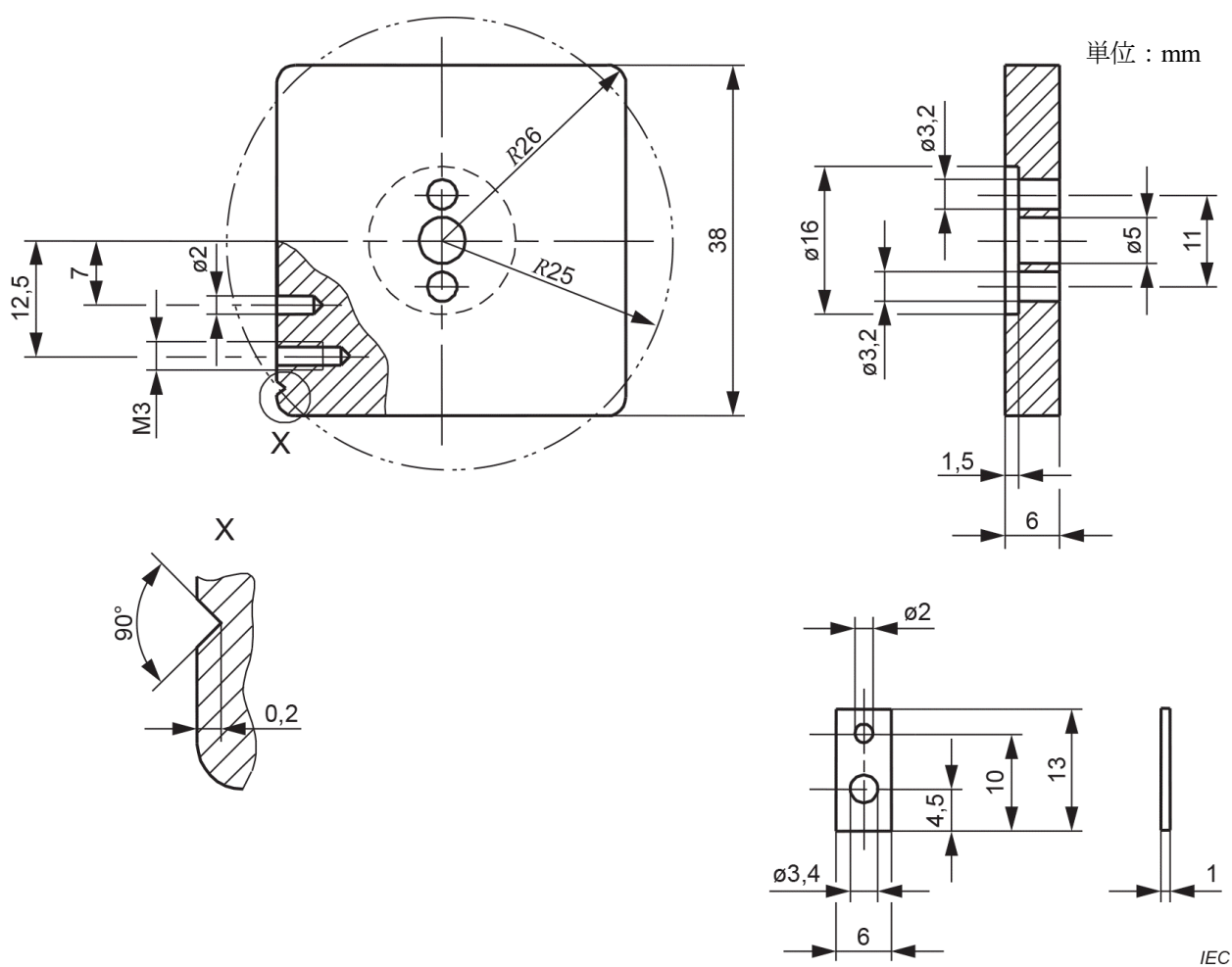
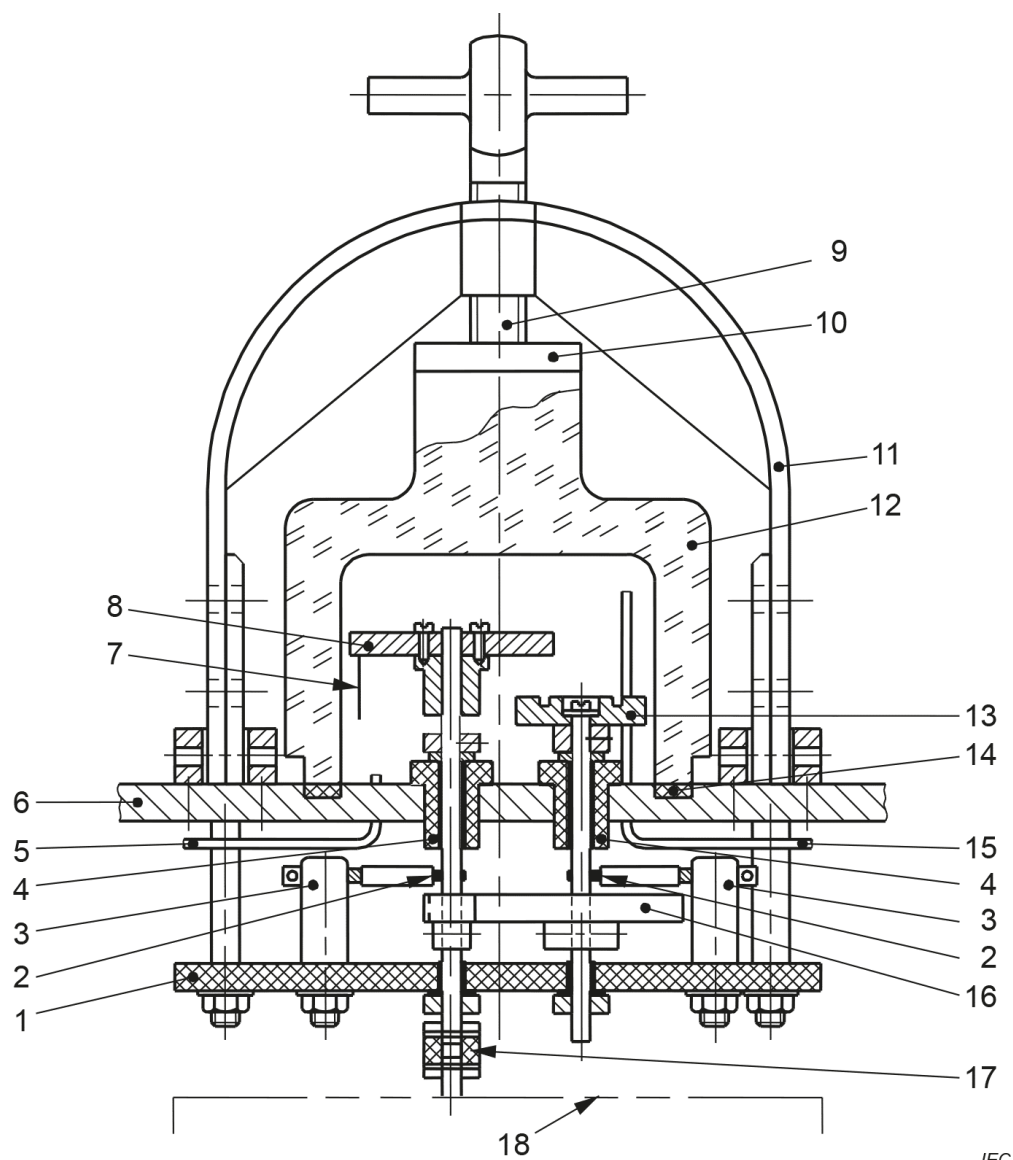


図 B.3 タングステン線ホルダ

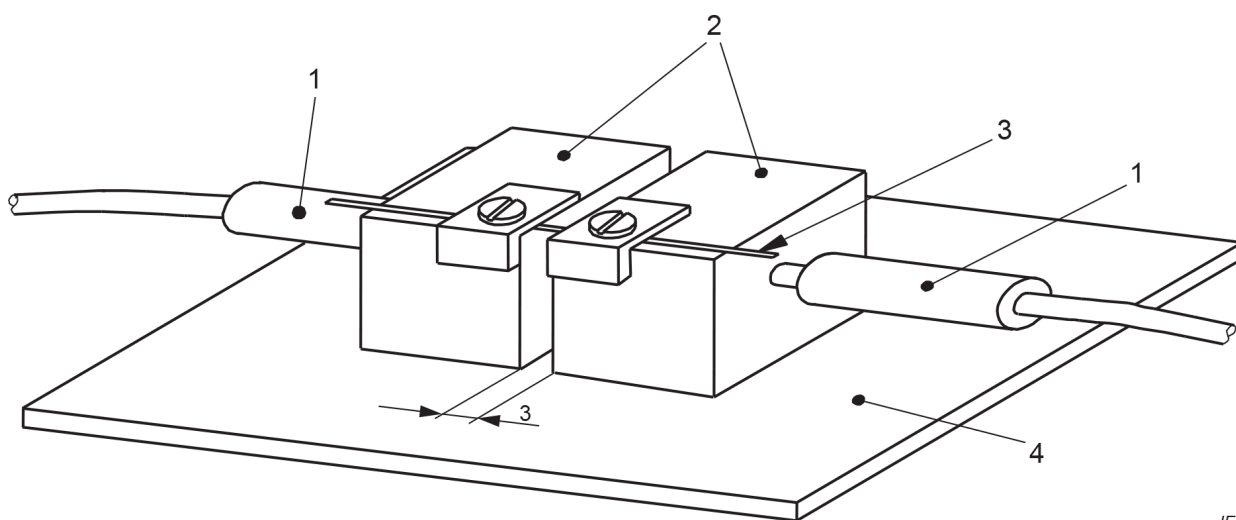


IEC

凡例

- | | |
|--------------|---------------------------|
| 1 絶縁板 | 10 圧力プレート |
| 2 電流接続部 | 11 クランプ |
| 3 絶縁ボルト | 12 試験槽 |
| 4 絶縁ベアリング | 13 カドミウム円板 |
| 5 ガス排気口 | 14 ゴムシール |
| 6 底プレート | 15 ガス供給口 |
| 7 タングステン線 | 16 ギア 50:12 |
| 8 タングステン線ホルダ | 17 絶縁カップリング |
| 9 引留めネジ | 18 80 r/min の減速ギアをもつ駆動モータ |

図 B.4 火花点火試験装置の設計例



凡例

- 1 電流入力
- 2 銅製ブロック台

- 3 タングステン線
- 4 絶縁プレート

注記 ピンセットで溶解した塊を取り除く

図 B.5 タングステン線の溶断装置

附属書 C

(参考)

沿面距離、絶縁空間距離、充填物離隔距離及び固体離隔距離の測定

C.1 絶縁空間距離、充填物離隔距離及び固体離隔距離

距離の測定に使用する電圧は、6.5.5 に従って決定する。

絶縁空間距離は、二つの導電性部分間の空気中における最短の距離とし、導電性部分間に絶縁部（例えば、6.5.10 に適合する絶縁隔壁）が存在する場合、図 C.1 に示すように、ひもを張った部分からなる経路上に沿って測定する。

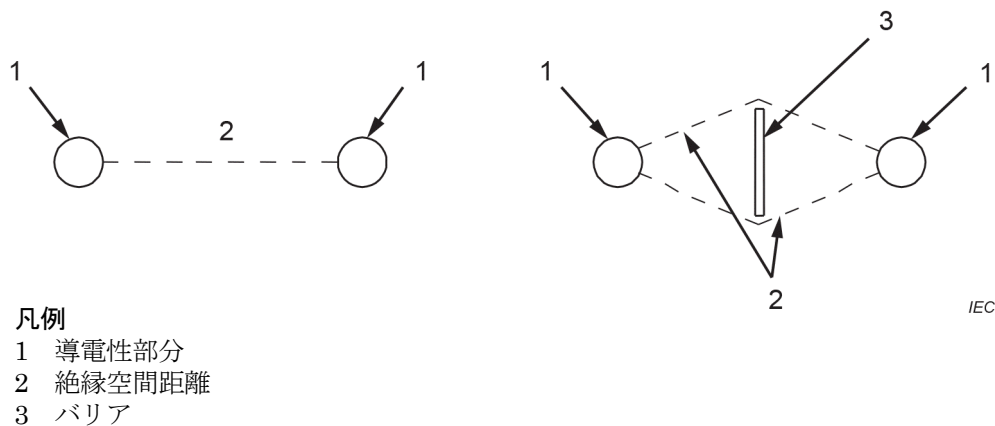


図 C.1 絶縁空間距離の測定

導電性部分間の距離が、一部は絶縁空間距離であり、かつ、一部は充填物離隔距離及び／又は固体離隔距離である場合、次の方法を用いると等価な絶縁空間距離又は等価な充填物離隔距離に換算することができる。その値は、表 7、表 8 及び表 9 の該当する列の値と比べることができる。

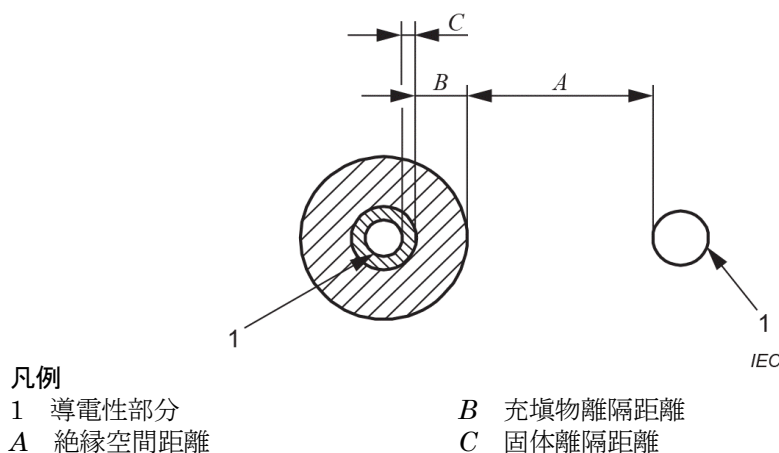


図 C.2 複合離隔距離の測定

図 C.2 において、A が表 7 の該当する値未満の場合、複合距離をなす各離隔距離は、表 7 の該当する数値の百分率に変換する。これが 33.3 % 未満の場合は無視して、残りを合算する。結果が 100 % 以上となっ

たら、離隔は故障しないものとなる。

保護レベル“ia”及び“ib”については、結果が 33.3 %～100 %の場合、離隔の故障（機能失敗）は数えられる故障である。保護レベル“ic”については、結果が 100%未満の場合、この離隔距離は本質安全防爆構造を保持するものとしては許容されない。

例として、離隔電圧が 25 V で、離隔距離が $A = 1.0 \text{ mm}$ 、 $B = 0.25 \text{ mm}$ 及び $C = 0.2 \text{ mm}$ のとき、計算は次のとおりである。

$$A = (1.0 \text{ mm} / 2.0 \text{ mm}) \times 100 \% = 50.0 \%$$

$$B = (0.25 \text{ mm} / 0.7 \text{ mm}) \times 100 \% = 35.7 \%$$

$$C = (0.2 \text{ mm} / 0.5 \text{ mm}) \times 100 \% = 40.0 \%$$

$$\text{合計} = 125.7 \%$$

この場合、100 %を超えるので、この離隔は故障しないものである。

同様の考え方は表 8 及び表 9 にも用いることができるが、表 7 に対する要求事項に代えて、表 8 及び表 9 に対する 6.5.7 の要求事項を適用する。

C.2 沿面距離

距離の測定に使用する電圧は、6.5.5 に従って決定する。

沿面距離は、絶縁物の表面に沿って測定する必要がある。したがって、次の図に示すようにして、沿面距離を測定する。

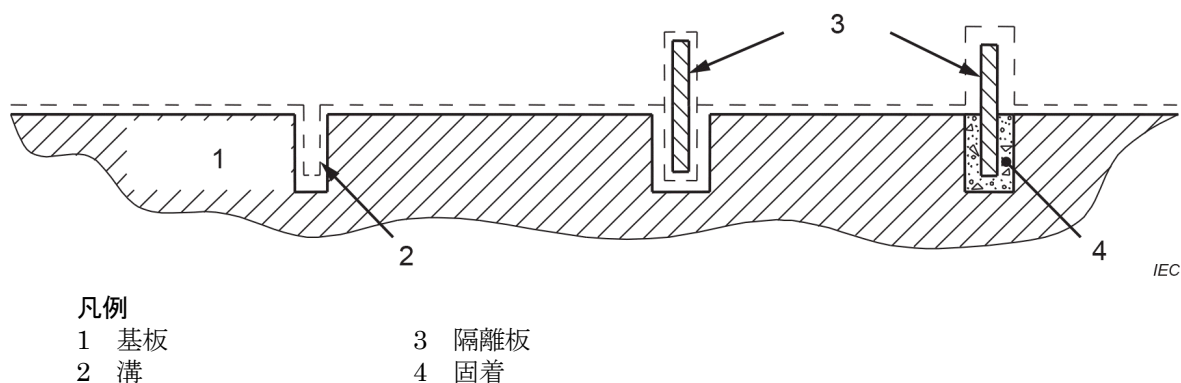
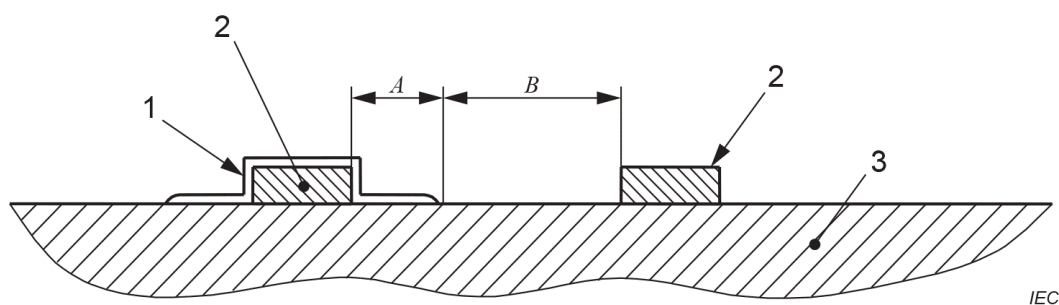


図 C.3 沿面距離の測定

次の a) ～c) の測定は、図 C.3 に示すようにして行う。

- 溝の幅が 6.5.6.4 に従って適用する値 X 以上である場合、沿面距離は、表面に意図的に作られた溝の周囲を測定する。
- 6.5.10 に適合する絶縁隔離板が挿入されているが固着されていない場合、隔離板の上部又は下部に沿って沿面距離を測定し、いずれか小さい方を採用する。
- 上記 b) の隔離板を固着する場合、常に隔離板の上部に沿って沿面距離を測定する。



凡例

- 1 コンフォーマルコーティング
2 導体
3 基板

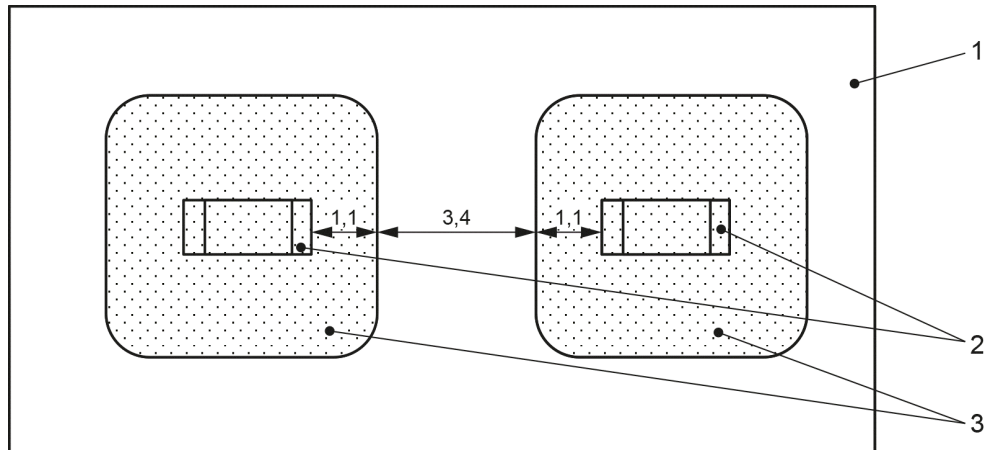
- A コンフォーマルコーティング下の離隔距離
B コーティングなしの離隔距離

図 C.4 複合沿面距離の測定

図 C.4 に示すように、必要な沿面距離を減少するためコンフォーマルコーティングを用い、かつ、沿面距離の一部にだけをコーティングしているときは、合計の有効沿面距離は、表 7 の第 6 列（又は、表 8 の第 4 列若しくは 5 列、又は表 9 の第 4 列）の適切な値の距離 A の百分率、第 5 列（又は、表 8 若しくは表 9 の第 3 列）の適切な値の距離 B の百分率、及び、これら二つの百分率の和を計算して求める。

C.3 大気圧補正係数の適用例

単位：mm



凡例

- 1 プリント基板
2 電気コンポーネント
3 コーティング

図 C.5 大気圧 60 kPa～110 kPa で設計した、二つのコーティングされたコンポーネントをもつプリント基板

次の計算は、大気圧範囲を 60 kPa～110 kPa、コンポーネント間の電圧を 375 V、及び保護レベルを“ia”及び“ib”と仮定している。

表 7 による離隔距離：

80 kPa～110 kPa に対する絶縁空間距離	6.0 mm
60 kPa～110 kPa に対する絶縁空間距離 = 6.0 mm × 1.34	8.0 mm
沿面距離	10.0 mm
コーティング下の距離	3.3 mm

図 C.5 について：

コーティング下の距離は，二つの距離 1.1 mm からなるが，これらは，いずれも 3.3 mm の 1/3 以上なので，複合離隔距離として使用できる。

距離 3.4 mm は，ともに複合絶縁空間距離及び沿面距離である。許容沿面距離は許容絶縁空間距離より長いので，この 3.4 mm は，絶縁空間距離とみなす。

絶縁空間距離 3.4 mm は 8.0 mm の 1/3 以上であるので，複合離隔距離として用いることができる。

したがって，絶縁空間距離としての総合的な複合離隔距離 3.4 mm は次のようになる。

コーティング下の距離 / 3.3 mm + 絶縁空間距離 / 8.0 mm = (1.1 + 1.1) / 3.3 + 3.4 / 8.4 = 109.1 %

沿面距離 3.4 mm は 10.0 mm の 1/3 以上であるので，複合離隔距離として用いることができる。

したがって，沿面距離としての総合的な複合離隔距離 3.4 mm は次のようになる。

コーティング下の距離 / 3.3 mm + 沿面距離 / 10.0 mm = (1.1 + 1.1) / 3.3 + 3.4 / 10.0 = 100.6 %

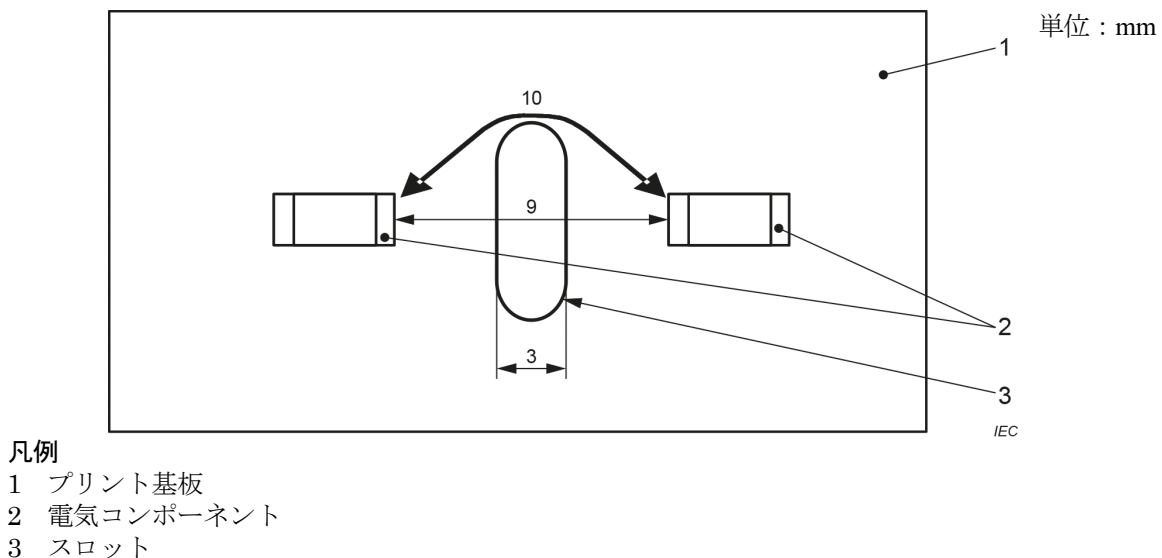
以上のことから，評価は合格である。

図 C.6 について：

絶縁空間距離 9.0 mm は許容値の 8.0 mm より大きい。

沿面距離の 10.0 mm は許容距離に等しい。

以上のことから，評価は合格である。



注記 二つの電気コンポーネントは，375 V_{peak} 以下の電圧に対して離隔した異なる電気回路に属する。

図 C.6 大気圧 60 kPa～110 kPa で設計した，3 mm のスロットをもつプリント基板

例

表 7 及び表 8 に従う沿面距離 : 10 mm

表 7 及び表 8 に従う絶縁空間距離 : $6 \text{ mm} \times 1.34 = 8.04 \text{ mm}$ (圧力範囲 60 kPa～110 kPa での本安関連機器に対する係数 1.34)

附属書 D

(規定)

過大な過渡エネルギー試験

D.1 概要

附属書 D は、適用する EPL、出力特性、機器グループ及び安全率を考慮して、被制御半導体による電流制限又は電圧制限が電源又は負荷の変動に応答している時間中、火花に放出されたエネルギーが点火を起こす可能性が十分低いことを立証するために必要な解析及び測定方法を規定する。

この附属書の手引は、全てのケースに当てはまるわけではないが、一般的な推奨事項を規定していることを考慮し、できる限りこれに従うことが望ましい。最大過渡エネルギーの探索は、異なる負荷及び電源の組合せで多くの試験を要することがある。この試験は、得られた安全マージン及び要求される保護レベルを考慮に入れて、実践的な限界以内にとどめるのがよい。5.2 に定める条件下での最大過渡出力エネルギーは、製造上の公差、電圧、電流、応答時間、閾値、半導体のタイミング、適用する故障及び負荷、並びに温度のばらつきに影響される。代表的な回路及び試験装置の構成においては、これらの許容範囲の中で、最も着火しやすい値を適用するために合理的な手法を採用することが望ましい。

この測定は、電源から出て本安負荷に入力される過渡エネルギーを対象とするものである。この測定では、負荷からエネルギーが生じることがあってもそれは対象としないので、電流プローブの位置は図 D.1 に示すようになる。例えば、電源出力側の短絡は、電源及び負荷の両方からのエネルギーを含む可能性があるが、解析及び測定においては、電源からのエネルギーだけを考慮する。

試験は、異なる電源及び負荷を用いて繰り返す必要があるが、これらの試験を二つ以上の回路で繰り返すことは要求しない。

被制御半導体による制限を起動する可能性のある 2 種類の変動、すなわち、回路へ供給する電源（アップストリーム）の変動、及び負荷（ダウンストリーム）の変動に対する過渡応答について、考慮すべきである。通常、被制御半導体による電圧制限に対しては、電源の変動が必要であり、また、被制御半導体による電流制限に対しては、負荷の変動が必要である。しかし、全ての回路に対して、両方を考慮することが望ましい。その理由は、例えば、負荷の開放故障は、被試験回路内の電圧レギュレータにオーバーシュートを生じさせ、定常状態での電圧上限を超える可能性があるからである。

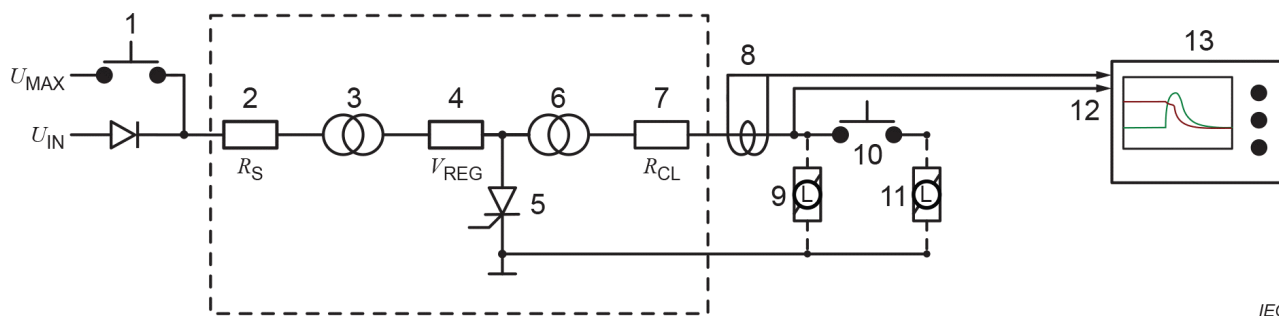
表 D.1 に、特定の機器グループにおいて、点火を生じる可能性が十分低いとみなすエネルギー制限値を示す。

表 D.1 機器グループごとのエネルギー制限値

機器グループ	過渡エネルギー
グループ I	260 μ J
グループ IIA	160 μ J
グループ IIB	80 μ J
グループ IIC	20 μ J
グループ III	80 μ J

D.2 回路構成

図 D.1 に、スイッチ（1）を用いる電源変動試験（D.6）及びスイッチ（10）を用いる負荷変動試験（D.7）のための可能な回路構成及び試験装置の構成を組み合わせで示す。回路がこの構成に対応しない場合、適切な代替試験装置を用いることが望ましい。



凡例

- 1 電源変動試験用スイッチ
- 2 R_S : 電源抵抗（ある場合）
- 3 本質安全防爆構造のために半導体で制御したシリーズ又はシャント電流制限（冗長化してもよい）
- 4 電圧レギュレータ（機能上の目的又は本質安全防爆構造のため）
- 5 シャント電圧制限（被制御半導体又はダイオードクランプのいずれか）
- 6 本質安全防爆構造のために半導体で制御した電流制限（冗長化してもよい）
- 7 R_{CL} : 出力抵抗器（スケジュール図面に定義した最小抵抗）
- 8 電流プローブ
- 9 固定負荷（該当する場合、 L 及び C を含めてよい）
- 10 負荷変動試験用スイッチ
- 11 切り替え用負荷（該当する場合、 L 及び C を含めてよい）
- 12 電圧プローブ
- 13 オシロスコープ

破線内のアイテムで、被試験回路に存在しないか、又は故障条件下で除外する必要があるものは、含めない方がよい。

図 D.1 回路構成の例

この附属書で参照する追加のパラメータは次のとおりである。

U_{MAX} : 5.2 に定める条件下で被試験回路の電源に印加される可能性のある最大電圧

U_{IN} : 電源変動を適用する前の試験用公称電圧。試験中、最も厳しいケースのエネルギー測定を確立するために、 U_{IN} のより低い値が必要となる可能性がある。

U_{LIM} : 5.3.6 の定常状態評価に使用する、(5)における最大制御又は非制御制限電圧。接続端子部において、 $U_o = U_{LIM}$ である。

I_{LIM} : 5.3.6 の定常状態評価に使用する、(3)又は(6)における最大制御又は非制御制限電流。接続端子部において、 $I_o = I_{LIM}$ である。

P_{LIM} : 要求する安全率を考慮した、回路の定常状態における許容出力特性のピーク電力

被制御半導体による制限回路は、5.3.6 の定常状態評価に使用する電圧又は電流制限値より低い電圧又は電流において遮断ポイントをもつように設計してもよい。

例 電圧でトリガされるクローバの U_{LIM} が 12 V と決定された場合、生産上は、クローバは最大 11 V で

トリガをかけ、 U_{LM} を超えるまでに1 Vのマージンもつように設計することができる。これによって、現場での回路を安定にすることが可能である。

被制御半導体による制限回路が 5.2 の数えられる故障の要求事項に従うため冗長性を用いる場合、及び、冗長回路間の相互作用が試験を無効にする可能性がある場合、冗長回路を有効及び無効にして試験を繰り返すことが望ましい。冗長回路に対するこの考慮の他には、電源及び負荷の両方の故障を想定するにあたり、5.2 で要求するものを超えて数えられる故障を適用する必要はない。

機能上の理由で存在し、かつ、本質安全防爆構造が依存するものではないコンポーネントは、いずれが最も厳しい試験結果を生じるかによって、回路に残すか、又は回路から取り外すかを選択することが望ましい。例えば、(4)の電圧レギュレータは、5.2 に定める条件下では短絡とみなされる可能性があるので、試験では短絡回路に置き換えることが望ましい。その際 U_{IN} は、それに応じて、レギュレータの可能な出力電圧の範囲となるように調整する。

D.3 試験機器

試験では、電流及び電圧を 100 MHz 以上の周波数で測定できる必要がある。デジタルストレージオシロスコープ (13) は 100 MHz 以上の帯域をもつ。このオシロスコープは、通常、二つのチャンネルの積、及びユーザが定めた時点間での積分値のトレースを表示できる。このような機能がない場合、他の方法で計算してもよい。

出力電流は、適切な帯域をもつガルバニック絶縁したオシロスコープ用電流プローブ又はクランプ (8) を用いて、また、出力電圧は、1 M Ω 以上のインピーダンスをもつ電圧プローブ (12) を用いて測定することが望ましい。

注記 電流プローブの帯域が適切であるかは、測定した電流信号の立ち上がり時間と比較することで決めることができる。

オシロスコープは、試験に応じて、電流又は電圧のチャンネルのいずれかの適切なポイントでトリガをかけるように設定することが望ましい。オシロスコープは、十分なプリトリガ時間を記録するようにセットし、結果の評価において過大過渡エネルギーが全て含まれるようにすることが望ましい。

電源電圧 (1) 又は負荷 (10) の切換えは、十分な切換え速度をもつ MOSFET 又は水銀スイッチのようなバウンスを生じないスイッチングデバイスを用いることが望ましい。このことは、試験開始後、スイッチングプロファイルによって検証することが望ましい。

例 回路の過渡的作動に必要な時間の 5 %以内の時間で切り換えるスイッチングデバイスは、この試験に十分対応する。

オン状態でのスイッチングデバイス両端の電圧は、試験の結果に影響することを回避するため、制限することが望ましい。このことは、スイッチングデバイス電圧が印加電圧の 5 %未満であることを確実にするため、低オン状態抵抗 (low on-state resistance) 又は低飽和電圧によって達成できる。又は、電源交換試験に対しては、スイッチ電圧を補償するため U_{MAX} を増加することによって達成できる。

D.4 試験用負荷

被試験回路の出力側の接続部の試験用負荷 (9) 及び (11) は、試験中、過渡出力において最大エネル

ギーを発生するように選択することが望ましく、これには、通常、実験を行う必要がある。負荷の種類及びサイズは、回路及びその入力条件によって変わる。例えば、これは、次のいかなる組合せにもなる可能性がある。

- a) U_{LIM} 未満の二番目に可能なアバランシェ電圧をもつツェナーダイオード
- b) 抵抗器
- c) 回路の静電容量又はインダクタンス（例えば、接続端子部での C_0 及び L_0 を含む）
- d) 定電流負荷

定常状態の負荷（9）は、故障シミュレーションスイッチ（1）又は（10）を閉じる前に、いかなる電圧又は電流制限をも起動させることがないことが望ましい。

D.5 電源電圧

定常状態の電源電圧（ U_{IN} ）は、5.2 に定める条件下において電源を代表するものであり、電源抵抗（ R_s ）及びいかなるインダクタンス又は静電容量も含むことが望ましい。試験中、電圧は0Vから回路へ印加できる最大電圧、又は、試験中の電圧制限（5）を作動させない最大電圧のいずれか低い方まで変化させることが望ましい。

電源変動試験については、故障電圧（ U_{MAX} ）は、卓上電源から供給することができ、かつ、試験中、5.2 に定める条件下において、 U_{MAX} が、 U_{IN} と回路の最大供給電圧との間のどこにセットされていても、最大過渡エネルギーが生じるように変化することが望ましい。

例

- 本安関連機器については、 U_{MAX} は U_m までの電圧となる可能性がある。
- 最も厳しい条件は、（4）における電圧レギュレータの短絡である可能性がある。
- 最も厳しい条件は、作動中の制御回路の故障（機能失敗）によるものである可能性がある。このとき、制御回路は、出力が変圧器の二次側から出て、かつ、制御信号で一次側の駆動を変化させている。

D.6 電源変動試験

電源変動に対する応答試験のため、故障電圧（ U_{MAX} ）は、バウンスを生じないスイッチングデバイス（1）を用いて回路に切換え、かつ、負荷の両端の電圧及び負荷に流れる電流は、オシロスコープで経時的に記録することが望ましい。

定常状態及び故障電圧（ U_{IN} 、 U_{MAX} ）並びに負荷（9）の組合せのバリエーションを考慮することが望ましい。

保護レベル“ia”及び“ib”については、試験条件に、機器の起動中及び運転停止中の過渡出力エネルギーの測定を含めることが望ましい。これは、定常状態電圧（ U_{IN} ）の停止を必要とする。

D.7 負荷変動試験

負荷変動に対する応答試験のため、負荷スイッチ（10）を用いて変動負荷（11）が回路内又は回路外になるように切り換えることによって、（9）の定常状態の負荷を変動させることが望ましい。負荷の両端の電圧及び（9）と（11）を組み合わせた負荷に流れる総電流は、オシロスコープで経時的に記録することが望ましい。

さまざまな定常状態電圧 (U_{IN} から U_{LIM} まで) と定常状態負荷 (9) の異なる組合せを、過渡負荷 (11) とともに考慮することが望ましい。

D.8 過渡エネルギーの計算

図 D.2 に、被制御半導体による電流制限回路の負荷変動試験中に測定した出力波形を示す。

- a) 保護レベル “ia” の被制御半導体による直列電流制限については、(電圧又は電流が) U_{LIM} 又は I_{LIM} を超える時間 t の区間に対して決定したエネルギーが、表 D.1 の値の範囲内であることが望ましい (図 D.2 a 参照)。

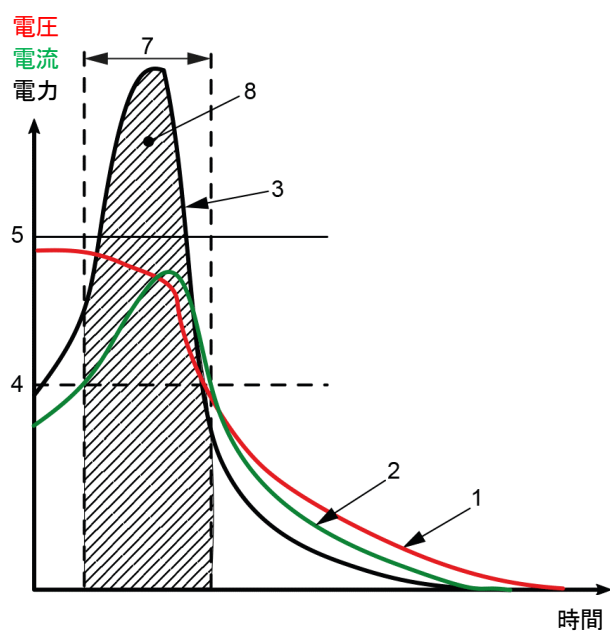
本質安全防爆構造が維持されることが証明できる場合、より高いエネルギー限界を用いてもよい。

例 火花点火試験装置によって検証された等価回路の評価の適用。

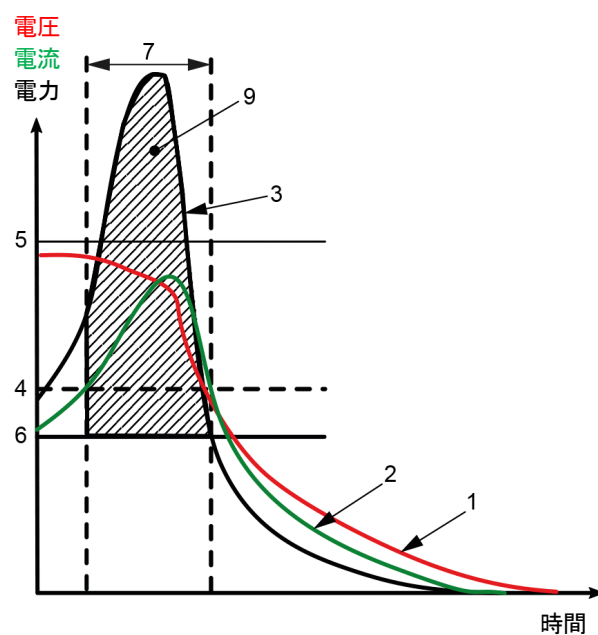
- b) a) 以外の回路については、(電圧又は電流が) U_{LIM} 又は I_{LIM} を超える時間 t の区間に対して決定した、 P_{LIM} から求まるエネルギーを超えるエネルギーが、表 D.1 の値の範囲内であることが望ましい。

注記 被制御半導体による制限作動中の過渡現象によって生じる火花点火リスクに関する情報は限られているので、進行中の研究の結果によっては、将来の版において定常状態の電力とは関係性のないエネルギー限界が規定されるかもしれない。従って、結果として許容過渡エネルギーはより小さくなるかもしれない

リングングがある場合、時間 t は、二つ以上の部分で構成されることがある。



α 総過渡出力エネルギーの例



β 過大過渡出力エネルギーの例

凡例

- 1 出力電圧の測定値
- 2 負荷電流の測定値
- 3 出力電力の測定値（オシロスコープ上の電圧・電流の積）
- 4 I_{LIM}
- 5 U_{LIM}
- 6 P_{LIM}
- 7 時間 t
- 8 過渡出力エネルギーはこの面積から求める。
- 9 過大過渡出力エネルギーはこの面積から求める。

図 D.2 負荷過渡現象発生中の出力電圧，電流，電力及びエネルギーの測定例

附属書 E

(規定)

FISCO – 機器の要求事項

E.1 概要

附属書 E は、FISCO で使用する機器の詳細構成を含む。FISCO は、フィールドバス設備の物理層規格 IEC 61158-2 に従って設計したマンチェスタ符号化バスパワーシステム (Manchester encoded bus powered systems) の概念に基づくものである。

この附属書で修正するものを除き、FISCO 機器の構造的な要求事項はこの編で定める。フィールドバスデバイスの一部は、EPL に応じて第 1 編 (総則) に掲げる防爆構造手法のいずれかで保護する。このような状況において、この附属書の要求事項は、機器において本質安全防爆構造の幹線 (トランク) 又は支線 (スパー) に直接接続する部分だけに適用する。

注記 1 FISCO の要求事項に対して認証した機器に、FISCO 以外のシステムでの使用のために、従来の認証方法及び表示方法も行ってよい。

注記 2 図 E.1 に各種の FISCO 機器を例示した標準的なシステムを示す。

E.2 機器の要求事項

E.2.1 一般事項

この附属書で修正するものを除き、FISCO 機器はこの編に従って構成する。

機器の文書は、各機器が IEC 60079-25 による FISCO システムでの使用に適していることを立証しなければならない。

E.2.2 FISCO 電源

E.2.2.1 一般事項

電源は、抵抗制限出力特性、台形出力特性又は矩形出力特性のいずれかをもつものとする。本安回路最大電圧 U_0 は、各保護レベルに対してこの編で規定する条件下において、14 V～17.5 V の範囲とする。

保護されない最大内部静電容量 C_i 及び最大内部インダクタンス L_i は、それぞれ 5 nF 以下及び 10 μ H 以下とする。

電源の出力回路は接地されてもよい。

E.2.2.2 保護レベル“ia”及び“ib”の FISCO 電源の追加要求事項

“ia”又は“ib”のいかなる FISCO 電源も、その本安回路最大電流 I_0 はこの編に従って決定するが、380 mA 以下でなければならない。矩形出力電源の評価には表 E.1 を使用してもよい。

表 E.1 “ic”及び“ib”の FISCO 矩形出力電源の本安回路最大電流の評価

U_o V	IIC に対する許容電流 (1.5 倍の安全係数を含む) mA	IIB に対する許容電流 (1.5 倍の安全係数を含む) mA
14	183	380
15	133	354
16	103	288
17	81	240
17.5	75	213
注記 IIB に対する電流値のうち大きい方から二つの値は、5.32 W から導かれる。		

本安回路最大電力 P_o は、5.32 W 以下でなければならない。

E.2.2.3 “ic”の FISCO 電源の追加要求事項

“ic”の FISCO 電源に対する最大出力電流 I_o は、この編に従って決定する。“ic”の FISCO 矩形出力電源に対しては、表 E.2 を評価に使用してもよい。

表 E.2 “ic”の FISCO 矩形出力電源の本安回路最大電流の評価

U_o V	IIC に対する許容電流 mA	IIB に対する許容電流 mA
14	274	570
15	199	531
16	154	432
17	121	360
17.5	112	319
注記 “ic” FISCO 電源の本安回路最大電力 P_o には制限はない。		

E.3 FISCO フィールドデバイス

E.3.1 一般事項

ここでの要求事項は、設置場所が危険場所の内部か外部かにかかわらず、本安バスに接続する電源、ターミネータ及び単純機器を除く機器に適用する。

要求事項は、次のとおりである。

- フィールドデバイスの入力電圧パラメータ U_i は最小で 17.5 V とする。
- バス端子は、この編に従って、接地から絶縁する。
- 別電源に接続したフィールドデバイスのバス端子は、この編（の要求事項）に従って、他の電源からガルバニック絶縁する。これによって、これらの端子が、受動的な状態であり、かつ、バスが多点接地されないことを確実とする。
- 各フィールドデバイスの最大非保護内部静電容量 C_i は、5 nF 以下とする。入力パラメータ及び内部パラメータを、認証書又は機器銘板に記載することは要求しない。
- この編に規定する通常又は故障条件では、バス端子は受動的な状態にとどまらなければならない。すなわち、50 μ A 以下の漏れ電流を除き、バス端子がシステムへのエネルギー源となってはならない。
- フィールドデバイスには、保護レベルを割り当て、かつ、機器グループ I, IIC 若しくは III, 又はこれらのグループの組合せのいずれかに（使用に）適するものでなければならない。

- g) 危険場所に設置することを目的としたグループ IIC のフィールドデバイスは、温度等級区分する。
危険場所に設置することを目的としたグループ III のデバイスには、最高表面温度を指定する。

E.3.2 “ia”及び“ib”の FISCO フィールドデバイスの追加要求事項

“ia”及び“ib”の FISCO フィールドデバイスへの追加要求事項は、次のとおりである。

- a) フィールドデバイスの入力パラメータは最小で、 $I_i = 380 \text{ mA}$ 及び $P_i = 5.32 \text{ W}$ とする。
- b) フィールドデバイスの最大内部インダクタンス L_i は、 $10 \mu\text{H}$ 以下とする。

E.3.3 “ic”のフィールドデバイスの追加要求事項

“ic”の FISCO フィールドデバイスの追加要求事項は、最大内部インダクタンス L_i を $20 \mu\text{H}$ 以下とすることである。

E.3.4 ターミネータ

システムが要求するラインターミネータは、その端子で、最大静電容量値 $2.2 \mu\text{F}$ （許容差を含む）と直列に接続した最小の抵抗値 90Ω の等価回路で表わされる抵抗器とコンデンサとの組合せによって構成する。

注記 1 動作上必要となるコンポーネントの値については、IEC 61158-2 に規定がある。

ターミネータは、次による。

- a) 保護レベルを指定する。
- b) 機器グループ I, II 若しくは III, 又はこれらのグループの組合せに適するものとする。
 - i) ガス蒸気の危険場所に設置することを目的としたグループ IIC のターミネータは、温度等級区分する。
 - ii) 粉じんの危険場所に設置することを目的としたグループ III のターミネータには、最高表面温度を指定する。
- c) 容量性コンポーネントが短絡故障するとみなす場合、抵抗器の最小電力定格は、 5.1 W とする。
- d) 入力電圧パラメータ U_i は、 17.5 V 以上とする。
- e) この編に従って、接地から絶縁する。
- f) 最大非保護内部インダクタンス L_i は、 $10 \mu\text{H}$ 以下とする。

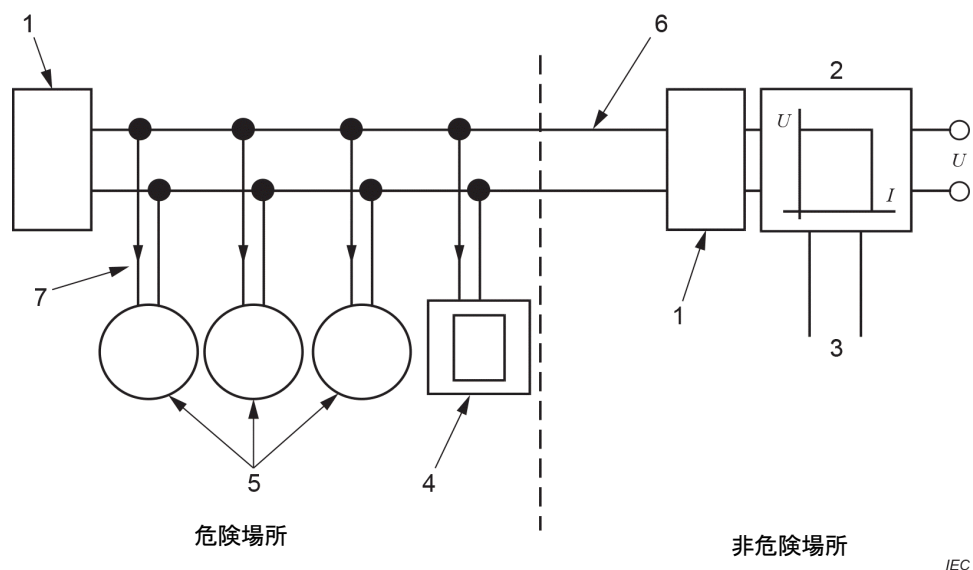
注記 2 ターミネータは、フィールドデバイス内又は FISCO 電源内に組み込んでもよい。

注記 3 安全評価の目的上、ターミネータの実効静電容量値 C_i は、システムの本質安全防爆構造に影響を与えないものと考えてよい。

E.3.5 単純機器

本安システムに使用する単純機器への要求事項は、単純機器がこの編に従うことである。更に、FISCO システムに接続する各単純機器の総インダクタンス値及び総静電容量値は、それぞれ $10 \mu\text{H}$ 以下及び 5 nF 以下でなければならない。

注記 保護レベル“ia”又は“ib”については、利用可能な最大電力は 5.32 W までに大きくなるが、これは 5.5 6) の温度上昇に関する想定を無効にする可能性がある。



凡例

1 FISCO ターミネータ

2 FISCO 電源

3 データ

4 FISCO ハンドヘルド端末 (HHT)

5 FISCO フィールドデバイス

6 幹線 (トランク)

7 支線 (スパー)

図 E.1 代表的 FISCO システム

附属書 F (規定)

半導体によって制限した電源回路の点火試験

F.1 概要

この附属書の目的上、点火確率は、1 回の試験中、点火回数を火花の発生回数で除した値とする。結果的な誤差の範囲は考慮しない。

この附属書は、被制御半導体による制限をもつ電源の本質安全出力に関する火花点火試験の試験手順を定める。これは、附属書 B の火花点火試験装置を、三種類以上のガス混合気を用い、かつ、増加した安全率を適用して使用し、 1.16×10^{-6} 未満のターゲットガスの点火確率を決定することを基にしたものである。電圧又は電流に安全率を適用する試験には用いない。

この附属書では「電源」という用語は総称として用いる。したがって「電源」には、本質安全な電源を供給する専用機器、機器内部の電流レギュレータ又は電圧増幅回路、及び、電力の供給が主機能ではない回路が含まれる。

この附属書は、半導体で電流を制限した電源及び電圧を制限した電源のうち、電流又は電圧の制限値を超えたときに電流を制限するか又は遮断するが、火花点火試験装置の接点が離れ、その後接触するまでの間に十分早く、通常運転状態に復帰するものである。この附属書は、復帰時間をこの試験の目的に合うように減少することができない電源に対しては適さない。

F.2 初期試験

被試験電源を、9.1.3.2 に定める安全率 1.5 の試験用混合ガスで、400 回転の初期試験にかける。ここでは、点火が観測されてはならない。

F.3 後続試験

表 F.2 に記述する手順を用いて、被試験電源を 3 回以上試験にかける。必要な場合、追加の安全率をもつ混合ガスを用いて、追加試験を行う。

表 F.3 に、上記の試験に適した混合ガス、及びそれらに対応した 24 V、95 mH の標準校正回路を用いる場合の校正電流を示す。

表 F.1 に、表 F.2 を使用するときに応用する用語の定義を示す。

表 F.1 附属書 F で使用する用語

用語	定義
DUT	5.2 の要求事項を満たすために必要な修正を施した被試験電源で、試験中、接点が離れ、その後接触するまでの間に完全に復帰するために必要なだけ復帰時間を低減したもの。
単純基準回路	試験室電源及び低インダクタンスの直列抵抗からなる回路。 試験室電源は、5.2 に定める条件下において、その電圧を DUT の最高出力電圧に設定する（例えば、 U_0 ）。 抵抗は、DUT から供給できる最大連続電流に等しい短絡電流となるように設定する（例えば、 I_0 ）。

F.4 合格及び不合格の例示

表 F.4 は、表 F.2 の試験手順で合格する回路の例である。この回路のプロットは、図 F.1 の「Pr-表 F.4-合格」のラベルを付したものである。この回路のプロットを単純基準回路のプロット（「Pr-単純基準回路」のラベル付き）と比較するとき、安全率（1.67 及び 2.5）が高いほど点火数が多いが、安全率を減少すると、単純基準回路よりも速く確率が減少し、したがって、安全率が統一値に低下すると、許容可能なほど低い数値をもつ。

表 F.5 は、表 F.2 の試験手順で不合格となる回路の例である。この回路のプロットは、図 F.1 の「Pr-表 F.5-不合格」のラベルを付したものである。この回路のプロットを単純基準回路のプロット（「Pr-単純基準回路」のラベル付き）と比較するとき、安全率（1.67 及び 2.5）が高いほど点火数が少ないが、安全率を減少すると、単純基準回路よりも速く確率が減少することはなく、したがって、安全率が統一値に低下しても、許容可能なほど低い数値には達しない。

表 F.2 試験手順

順番	解説	x列	y列	z列
1	目標安全率	1.5	1.67～2.0	2.0～2.5
2	24 V, 95 mHの校正回路に対する目標校正電流の計算	$\frac{\text{表23から得た校正電流}}{(\text{順番1の目標安全率})}$	$\frac{\text{表23から得た校正電流}}{(\text{順番1の目標安全率})}$	$\frac{\text{表23から得た校正電流}}{(\text{順番1の目標安全率})}$
3	使用する試験ガスの記録	必要に応じて表F.3を使用	必要に応じて表F.3を使用	必要に応じて表F.3を使用
4	24 V, 95 mHの校正回路を用いて測定した校正電流	24 V, 95 mHの校正回路で測定	24 V, 95 mHの校正回路で測定	24 V, 95 mHの校正回路で測定
5	実際の安全率（順番1の規定範囲内とする）	$SF_x = \frac{\text{表23から得た校正電流}}{(\text{順番4で得た電流})}$	$SF_y = \frac{\text{表23から得た校正電流}}{(\text{順番4で得た電流})}$	$SF_z = \frac{\text{表23から得た校正電流}}{(\text{順番4で得た電流})}$
6	試験で適用する回転数	4,000	400	40
7	順番6の回転数に対して想定する火花の発生回数	16,000	1,600	160
8	DUTを順番6の回転数で試験したときの点火回数	N_x	N_y	N_z
9	DUTに対する火花当たりの点火回数の計算	$P_x = \frac{N_x}{16,000}$	$P_y = \frac{N_y}{1,600}$	$P_z = \frac{N_z}{160}$
10	適合性判定結果のレビュー	$P_x=0$ 又は $P_y=0$ 又は $P_z=0$ となる場合, DUTは合格である...(ここで終了)...。いずれも0にならない場合, 順番11に進む。		
11	単純基準回路を上記の順番6に示す回転数だけ試験したときの点火回数	N_a	N_b	N_c
12	単純基準回路における火花当たりの点火回数の計算	$P_a = \frac{N_a}{16,000}$	$P_b = \frac{N_b}{1,600}$	$P_c = \frac{N_c}{160}$
13	適合性判定結果のレビュー	次の三つの条件全てを満たす場合, DUTは合格である。 1) $(\log P_x) \leq (\log P_a)$ 又は $P_x \leq P_a$ 2) $(\log P_y - \log P_x) \geq (\log P_b - \log P_a)$ 又は $\frac{P_y}{P_x} \geq \frac{P_b}{P_a}$ 3) $\frac{(\log P_y - \log P_x)}{(\log SF_y - \log SF_x)} \geq \frac{(\log P_z - \log P_y)}{(\log SF_z - \log SF_y)}$ 又は $\left(\frac{P_y}{P_x}\right)^{\log \frac{SF_z}{SF_y}} \geq \left(\frac{P_z}{P_y}\right)^{\log \frac{SF_y}{SF_x}}$		

表 F.3 表 F.2 の試験で利用できる爆発性試験ガスによって得られる安全率

	爆発性試験ガスの組成 (空気との体積百分率)	校正回路の 電流 mA	機器のグループ及び細分類に対する安全率			
			I	IIA	IIB	IIIC
	(8.3±0.3) % メタン	110～111	1.00			
	(5.25±0.25) % プロパン	100～101	1.089～1.11	1.00		
	(52±0.5) % 水素	73～74	1.49～1.52	1.35～1.38		
	(48±0.5) % 水素	66～67	1.64～1.68	1.49～1.53		
	(7.8±0.5) % エチレン	65～66	1.67～1.70	1.52～1.55	1.00	
	(38±0.5) % 水素	43～44	2.05～2.58	2.27～2.35	1.47～1.53	
	(21±2) % 水素	30.0～30.5	3.60～3.70	3.27～3.36	2.13～2.20	1.00
	(60±0.5) % 水素／ (40±0.5) % 酸素	20.0～21.0	5.23～5.55	4.76～5.05	3.09～3.30	1.42～1.53
	圧力0.22 MPaにおいて (70±0.5) % 水素／ (30±0.5) % 酸素	15.0～15.3	-	-	-	1.96～2.03

表 F.4 図 F.1 の「Pr-表 F.4-合格」の特性をもつグループⅠの回路の例

順番	解説	x列	y列	z列
1	目標安全率	1.5	1.67~2.0	2.0~2.5
2	24 V, 95 mHの校正回路に対する目標校正電流の計算	$\frac{110 \text{ mA}}{1.5} = 73 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{1.67\sim2.0} = 55\sim66 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{2.0\sim2.5} = 44\sim55 \text{ mA}$
3	使用する試験ガスの記録	水素52 % : 空気48 %	水素48 % : 空気52 %	水素38 % : 空気62 %
4	24 V, 95 mHの校正回路を用いて測定した校正電流	73 mA	66 mA	44 mA
5	達成される安全率の計算（順番1の規定範囲内とする）	$SF_x = \frac{110 \text{ mA}}{73 \text{ mA}} = 1.5 \text{ 適}$ $\log SF_x = 0.176$	$SF_y = \frac{110 \text{ mA}}{66 \text{ mA}} = 1.67 \text{ 適}$ $\log SF_y = 0.223$	$SF_z = \frac{110 \text{ mA}}{44 \text{ mA}} = 2.5 \text{ 適}$ $\log SF_z = 0.398$
6	試験で適用する回転数	4,000	400	40
7	順番6の回転数に対して想定する火花の発生回数	16,000	1,600	160
8	DUTを順番6の回転数で試験したときの点火回数の測定値	$N_x = 1$ 回点火	$N_y = 9$ 回点火	$N_z = 80$ 回点火
9	DUTに対する火花当たりの点火回数の計算	$P_x = \frac{1}{16,000} = 6.25 \times 10^{-5}$ $\log P_x = -4.204$	$P_y = \frac{9}{1,600} = 5.6 \times 10^{-3}$ $\log P_y = -2.252$	$P_z = \frac{80}{160} = 5.0 \times 10^{-1}$ $\log P_z = -0.301$
10	適合性判定結果のレビュー	$P_x \neq 0, P_y \neq 0, P_z \neq 0$ のため、順番11に進む。		
11	単純基準回路を順番6に示す回転数だけ試験したときの点火回数の測定値	$N_a = 10$ 回点火	$N_b = 3$ 回点火	$N_c = 32$ 回点火
12	単純基準回路における火花当たりの点火回数の計算	$P_a = \frac{10}{16,000} = 6.25 \times 10^{-4}$ $\log P_a = -3.204$	$P_b = \frac{3}{1,600} = 1.88 \times 10^{-3}$ $\log P_b = -2.726$	$P_c = \frac{32}{160} = 2.0 \times 10^{-1}$ $\log P_c = -0.699$
13	適合性判定結果のレビュー	次の計算によって、DUTは合格である。 1) $\log P_x \leq \log P_a$ を満たすか？ $-4.204 < -3.204$ によって満たす。 2) $\log P_y - \log P_x \geq \log P_b - \log P_a$ を満たすか？ $(-2.252 + 4.204 = 1.952) > (-2.726 + 3.204 = 0.478)$ によって満たす。 3) $\frac{(\log P_y - \log P_x)}{(\log SF_y - \log SF_x)} \geq \frac{(\log P_z - \log P_y)}{(\log SF_z - \log SF_y)}$ を満たすか？ $\left\{ \frac{(-2.252 + 4.204)}{(0.223 - 0.176)} = 41.868 \right\} \geq \left\{ \frac{(-0.301 + 2.252)}{(0.398 - 0.223)} = 11.133 \right\}$ によって満たす。		
注記 これは、表F.2の試験手順に合格する。				

表 F.5 図 F.1 の「Pr-表 F.5-不合格」の特性をもつグループⅠの回路の例

順番	解説	x列	y列	z列
1	目標安全率	1.5	1.67~2.0	2.0~2.5
2	24 V, 95 mHの校正回路に対する目標校正電流の計算	$\frac{110 \text{ mA}}{1.5} = 73 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{1.67 \sim 2.0} = 55 \sim 66 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{2.0 \sim 2.5} = 44 \sim 55 \text{ mA}$
3	使用する試験ガスの記録	水素52 % : 空気48 %	水素48 % : 空気52 %	水素38 % : 空気62 %
4	24 V, 95 mHの校正回路を用いて測定した校正電流	73 mA	66 mA	44 mA
5	達成される安全率の計算（順番1の規定範囲内とする）	$SF_x = \frac{110 \text{ mA}}{73 \text{ mA}} = 1.5 \text{ 適}$ $\log SF_x = 0.176$	$SF_y = \frac{110 \text{ mA}}{66 \text{ mA}} = 1.67 \text{ 適}$ $\log SF_y = 0.223$	$SF_z = \frac{110 \text{ mA}}{44 \text{ mA}} = 2.5 \text{ 適}$ $\log SF_z = 0.398$
6	試験で適用する回転数	4,000	400	40
7	順番6の回転数に対して想定する火花の発生回数	16,000	1,600	160
8	DUTを順番6の回転数で試験したときの点火回数の測定値	$N_x = 6$ 回点火	$N_y = 1$ 回点火	$N_z = 1$ 回点火
9	DUTに対する火花当たりの点火回数の計算	$P_x = \frac{6}{16,000} = 3.75 \times 10^{-4}$ $\log P_x = -3.426$	$P_y = \frac{1}{1,600} = 6.25 \times 10^{-4}$ $\log P_y = -3.204$	$P_z = \frac{1}{160} = 6.25 \times 10^{-3}$ $\log P_z = -2.204$
10	適合性判定結果のレビュー	$P_x \neq 0, P_y \neq 0, P_z \neq 0$ のため、順番11に進む。		
11	単純基準回路を順番6に示す回転数だけ試験したときの点火回数の測定値	$N_a = 10$ 回点火	$N_b = 3$ 回点火	$N_c = 32$ 回点火
12	単純基準回路における火花当たりの点火回数の計算	$P_a = \frac{10}{16,000} = 6.25 \times 10^{-4}$ $\log P_a = -3.204$	$P_b = \frac{3}{1,600} = 1.88 \times 10^{-3}$ $\log P_b = -2.726$	$P_c = \frac{32}{160} = 2.0 \times 10^{-1}$ $\log P_c = -0.699$
13	適合性判定結果のレビュー	次の計算によって、DUTは不合格である。 1) $\log P_x \leq \log P_a$ を満たすか？ $-3.426 < -3.204$ によって満たす。 2) $\log P_y - \log P_x \geq \log P_b - \log P_a$ を満たすか？ $(-3.204 + 3.426 = 0.222) \leq (-2.726 + 3.204 = 0.478)$ によって満たさない。 3) $\frac{(\log P_y - \log P_x)}{(\log SF_y - \log SF_x)} \geq \frac{(\log P_z - \log P_y)}{(\log SF_z - \log SF_y)}$ を満たすか？ $\left\{ \frac{(-3.204 + 3.426)}{(0.223 - 0.176)} = 4.758 \right\} < \left\{ \frac{(-2.204 + 3.204)}{(0.398 - 0.223)} = 5.707 \right\}$ によって満たさない。		
注記 これは、表F.2の試験手順に合格しない。				

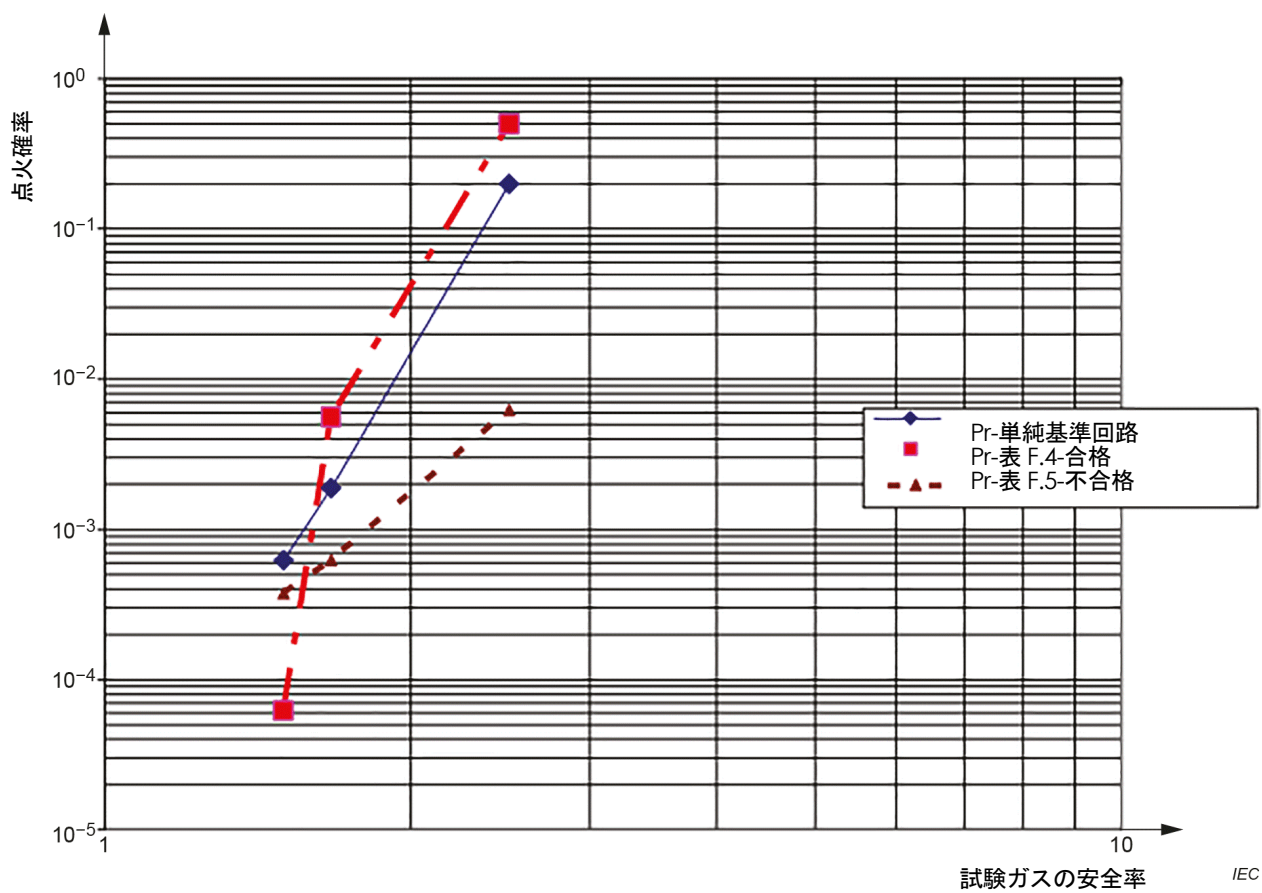


図 F.1 安全率一点火確率

附属書 G

(規定)

一般的な出力特性

G.1 概要

附属書 G は、本質安全電源の火花点火評価の一部として、火花試験と置き換えるための曲線ベース法を説明するものである。

曲線は、グループ IIB 及び IIC に対応する。グループ I, IIA 及び III については、本質安全防爆構造の安全側評価としてグループ IIB 用の曲線を用いてもよい。図 G.1、図 G.2 及び図 G.3 の曲線は、安全率 1.5 のものを示す。

注記 この附属書の曲線は、IEC 60079-25 に記載するものと同じものである。しかし、この編では、異なる目的で使用される。IEC 60079-25 での保護レベル“ib”への使用限定は、この編での曲線の使用には適用しない。

G.2 線形ソース

線形電源に対してこの附属書を有効に適用するためには、その最大電圧が、図 G.2 又は図 G.3 の該当するグラフから得られる線形ソースに対する限界曲線の範囲内でなければならない。

G.3 非線形ソース

非線形電源（例えば、矩形又は台形出力特性）に対してこの附属書を有効に適用するためには、次の三つの評価が必要である。

- 出力特性曲線は、完全に、図 G.2 又は図 G.3 の該当するグラフから得られる矩形ソースに対する限界曲線の範囲内でなければならない。図 G.1 の青色実線は、グループ IIC に対する出力特性の例を示す。
- 最大電圧及び最大電流を表す、該当するグラフ上のポイントは、図 G.2 又は図 G.3 の該当するグラフから得られる線形ソースに対する限界曲線の範囲内でなければならない。図 G.1 の青色破線は、この点の例示であり、青色実線の出力特性に関係している。
- 最大短絡電流、最大静電容量及び最大インダクタンスは、上記又は附属書 A から得られた値未満でなければならない。

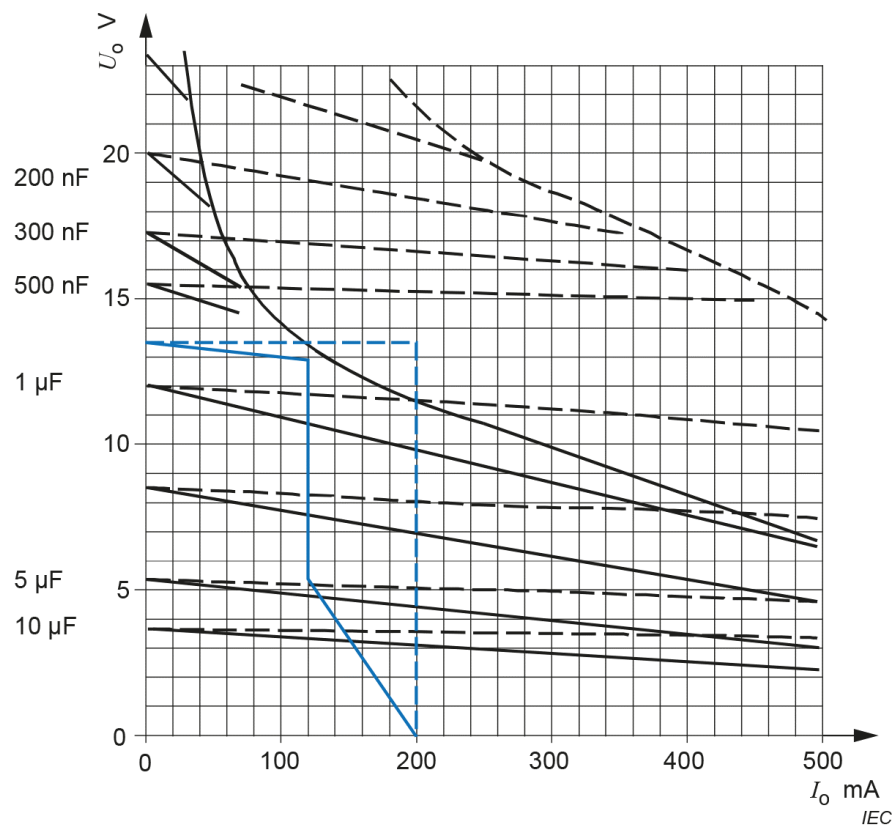
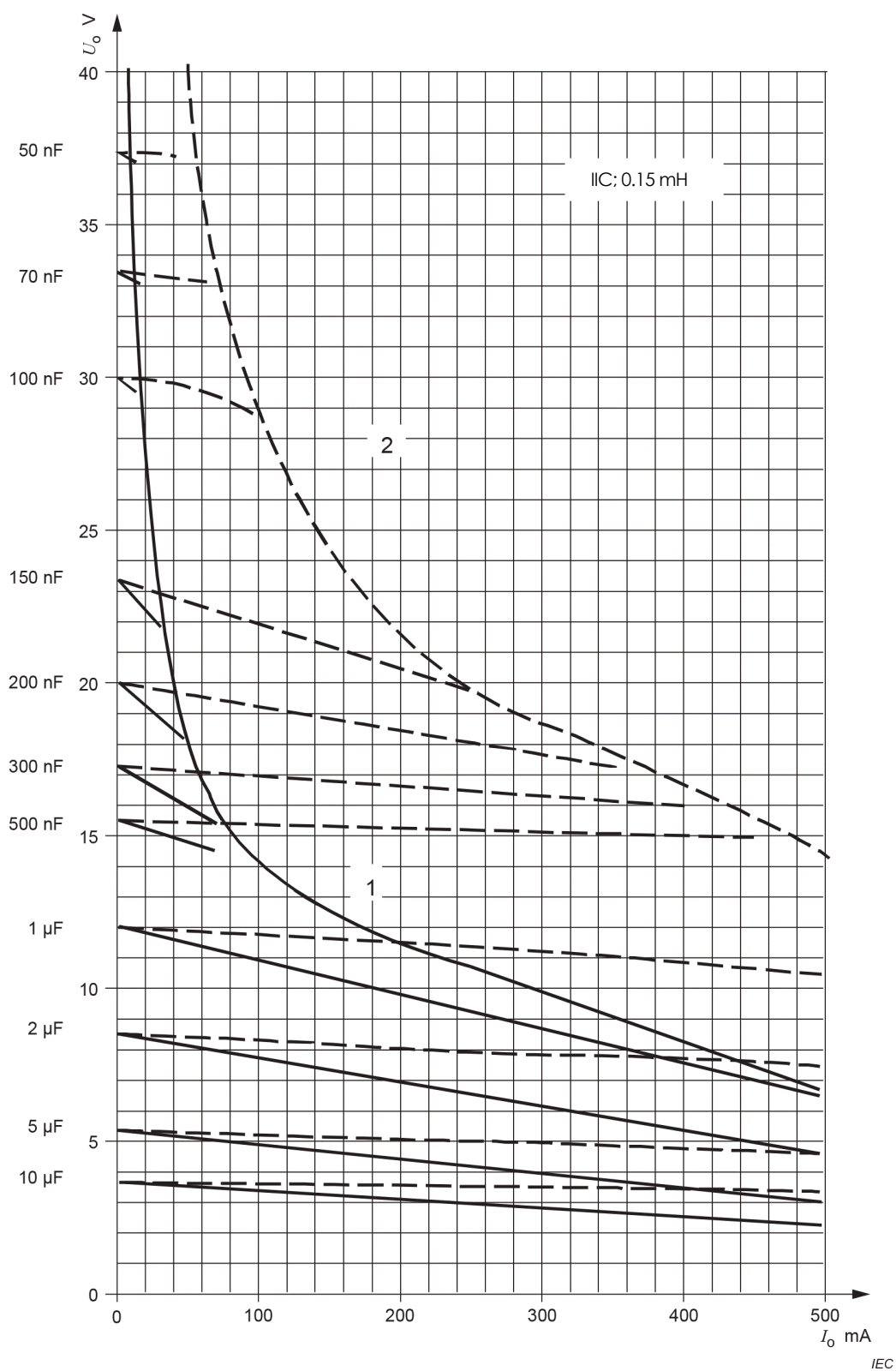


図 G.1 グループ IIC に対する出力特性の例

G.4 曲線

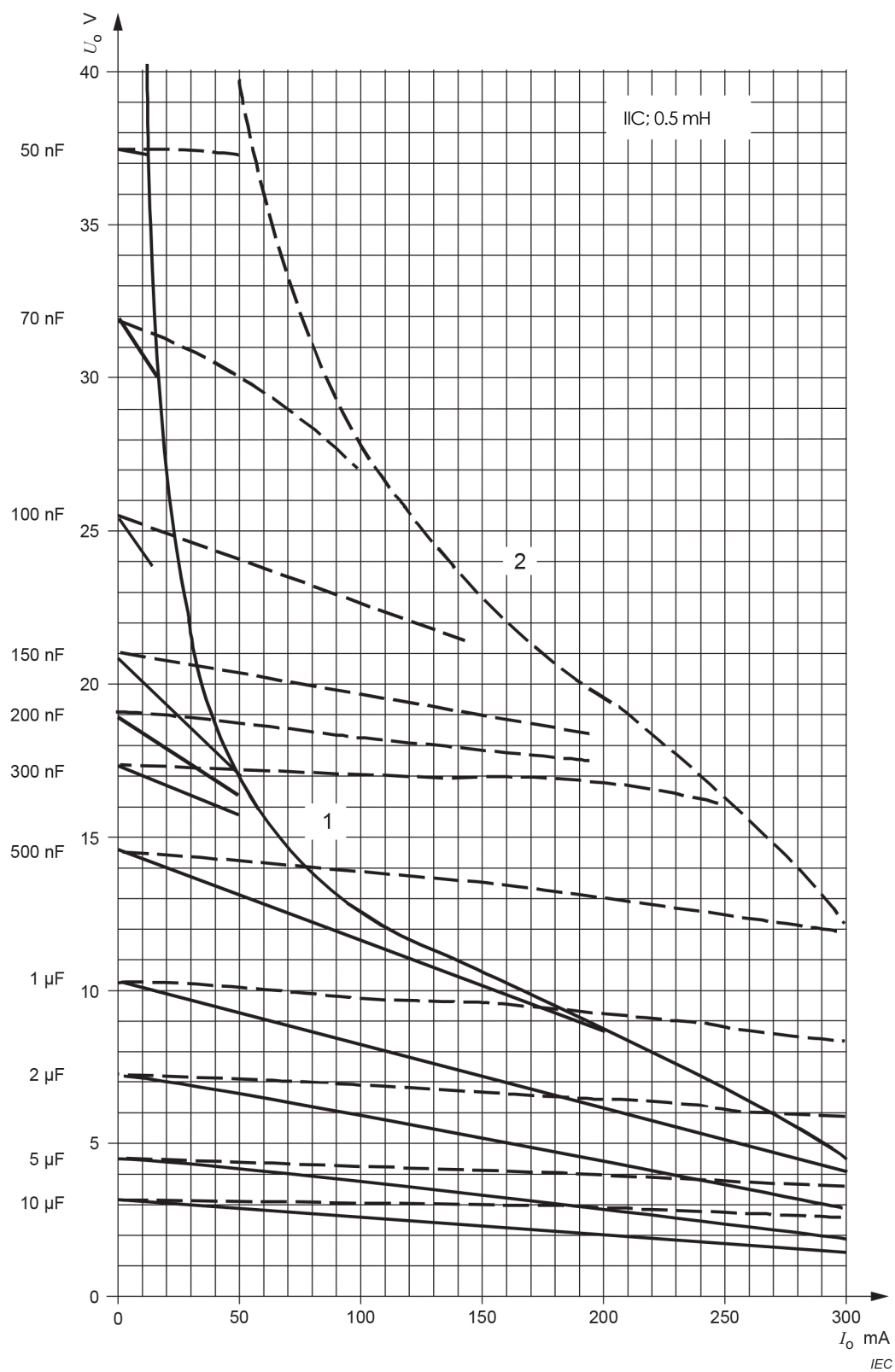
以降のページに，図 G.2 及び図 G.3 の限界曲線グラフを示す。



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

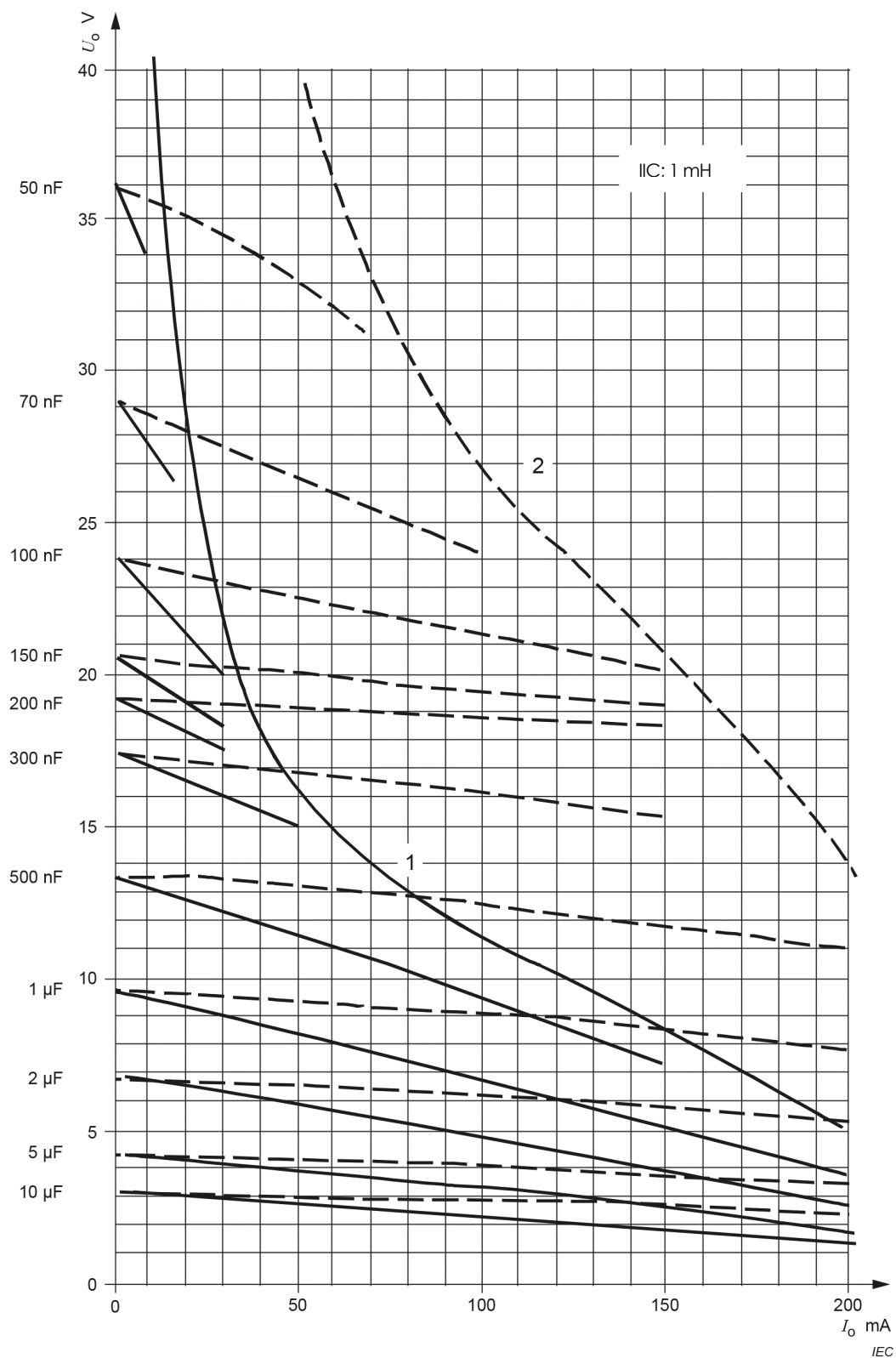
図 G.2 a) 0.15 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

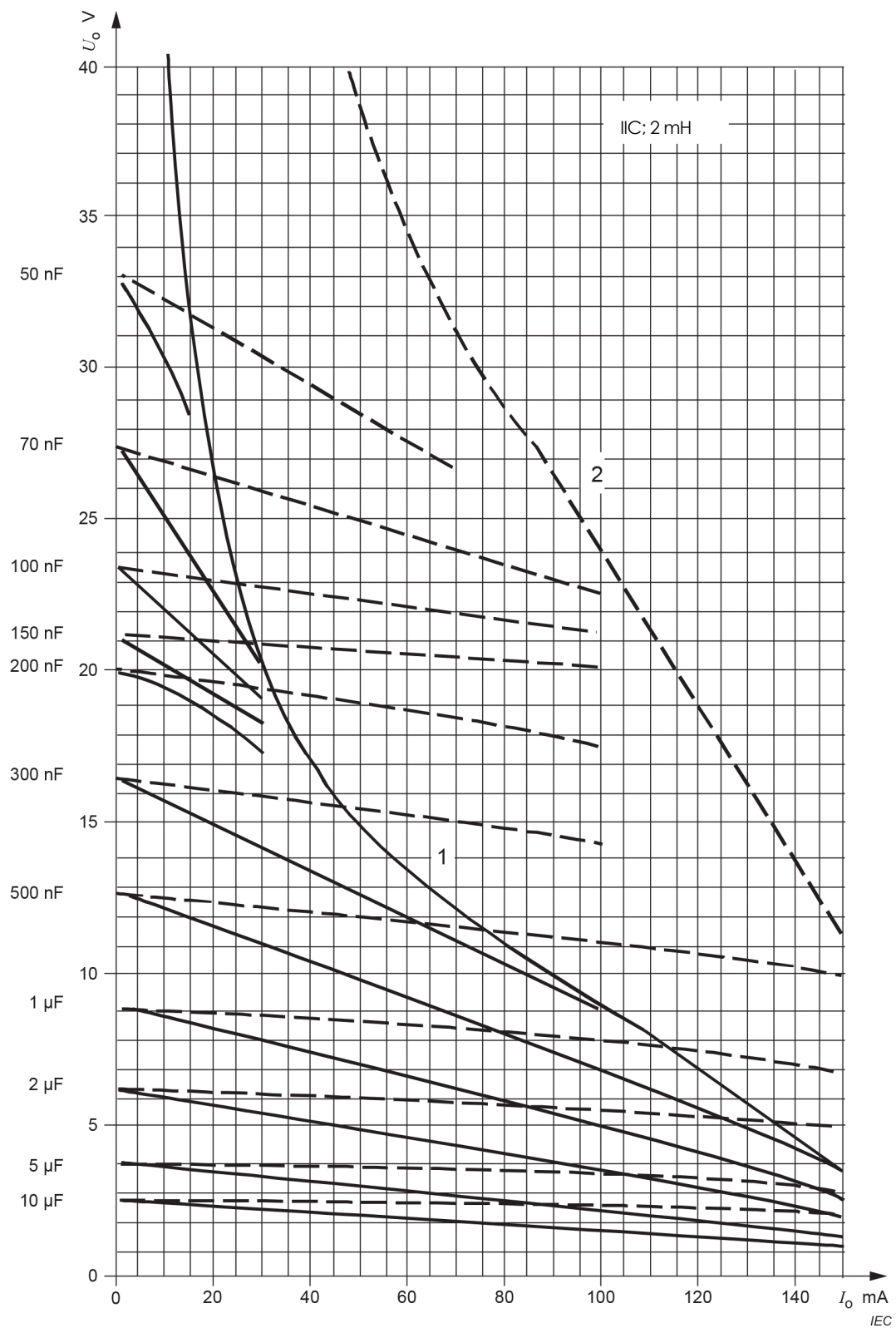
図 G.2 b) 0.5 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

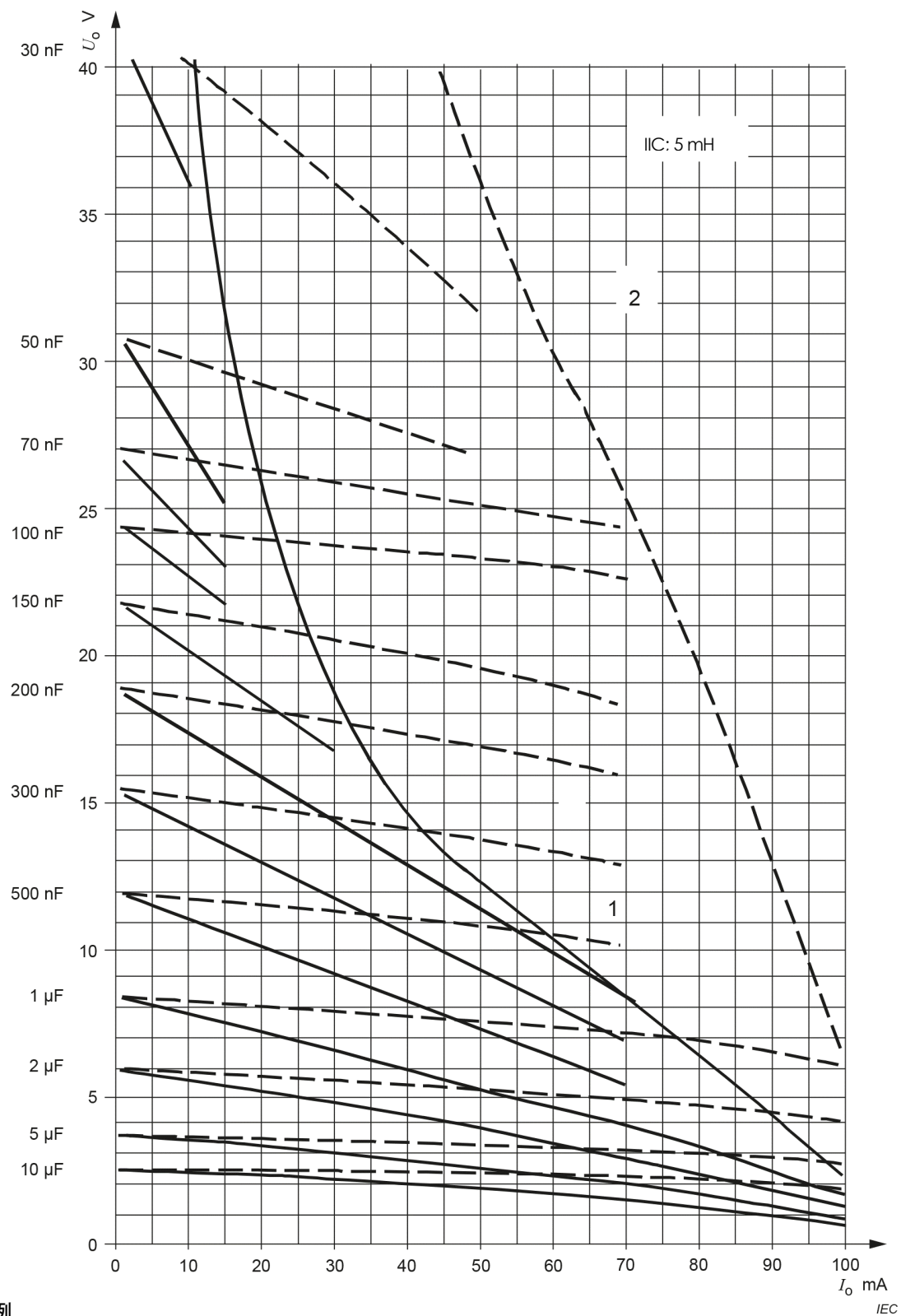
図 G.2 c) 1 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

図 G.2 d) 2 mH に対するグラフ

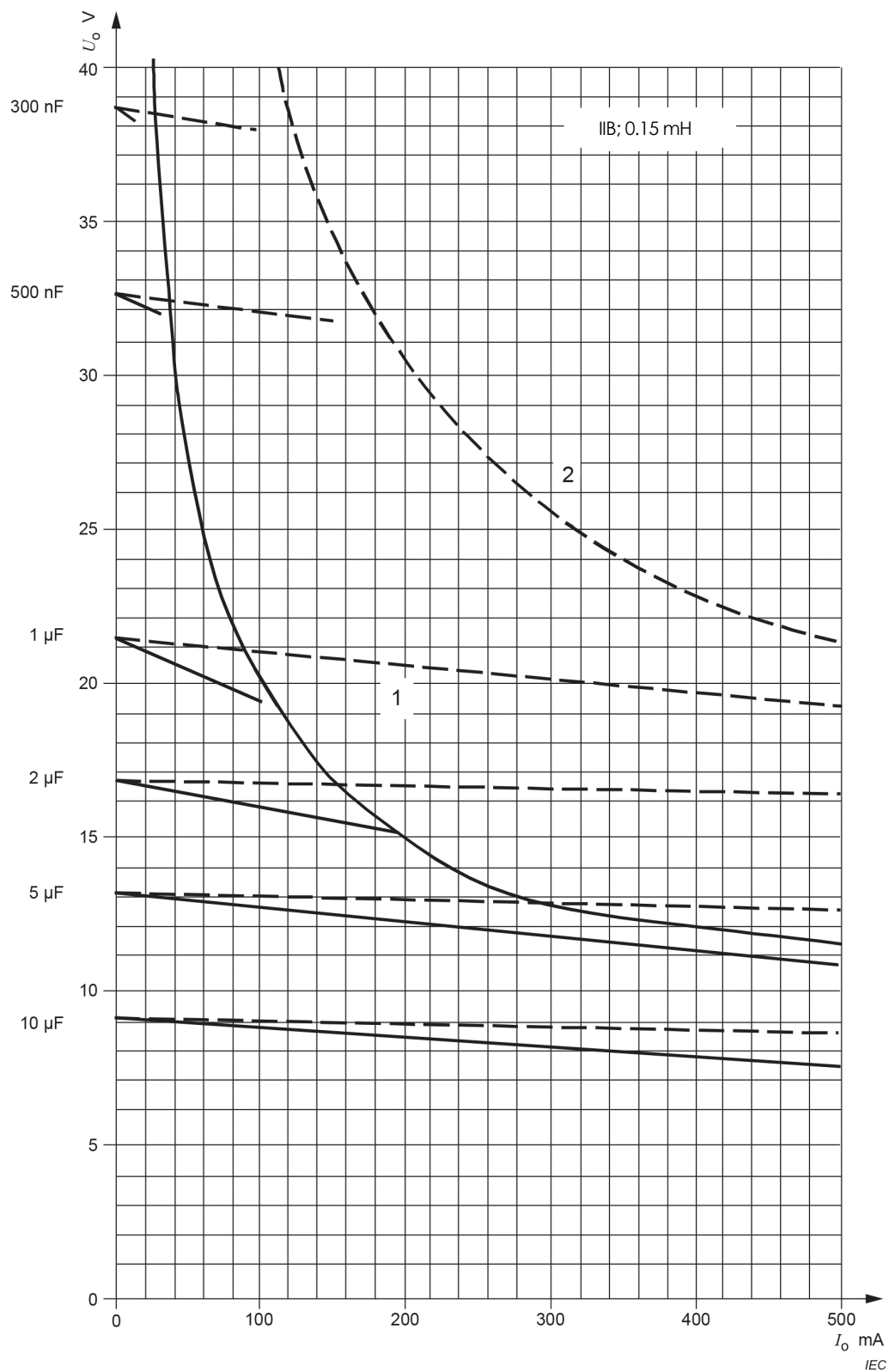


凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

図 G.2 e) 5 mH に対するグラフ

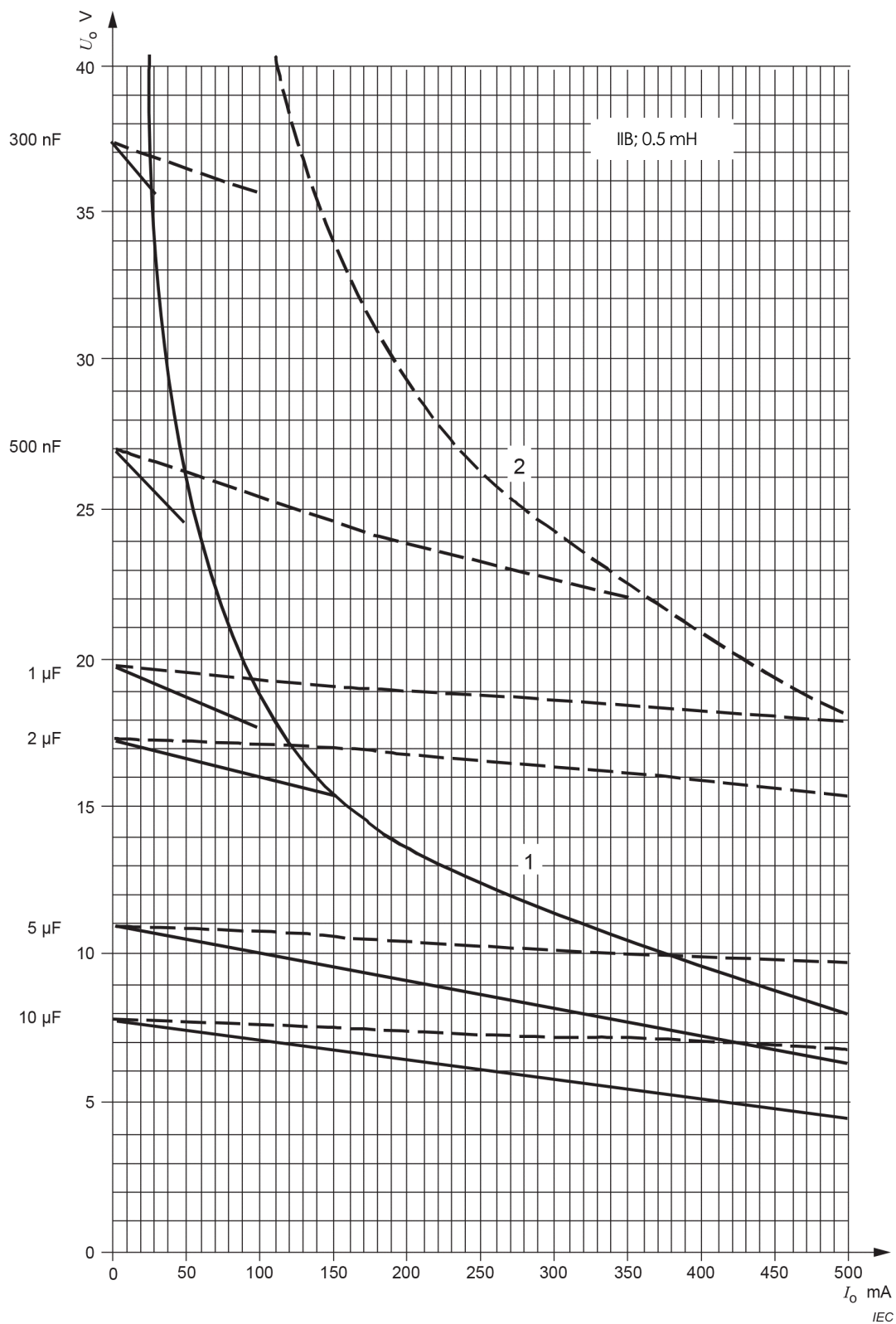
図 G.2 一般的な電源特性に対する限界曲線グラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

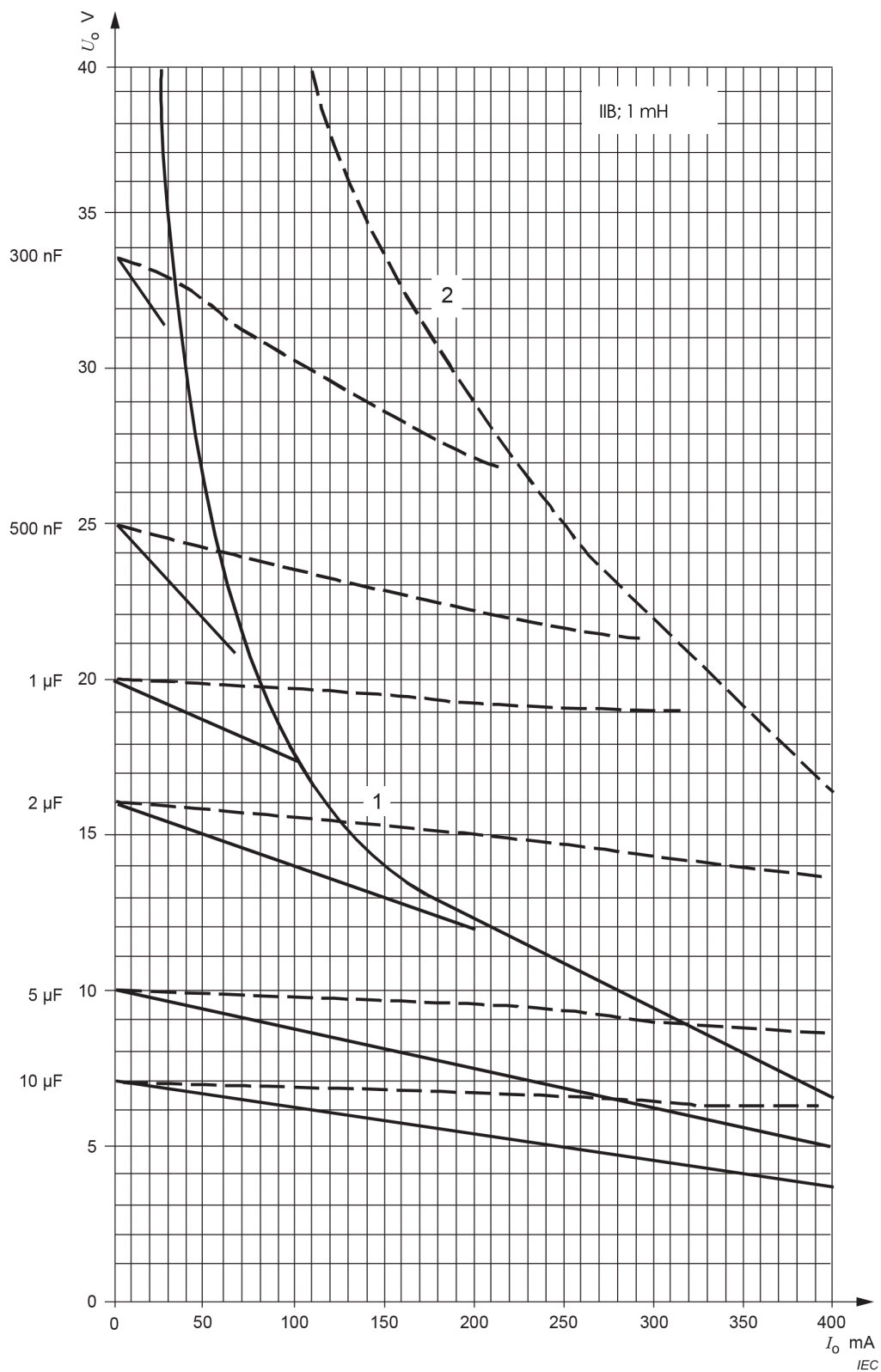
図 G.3 a) 0.15 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

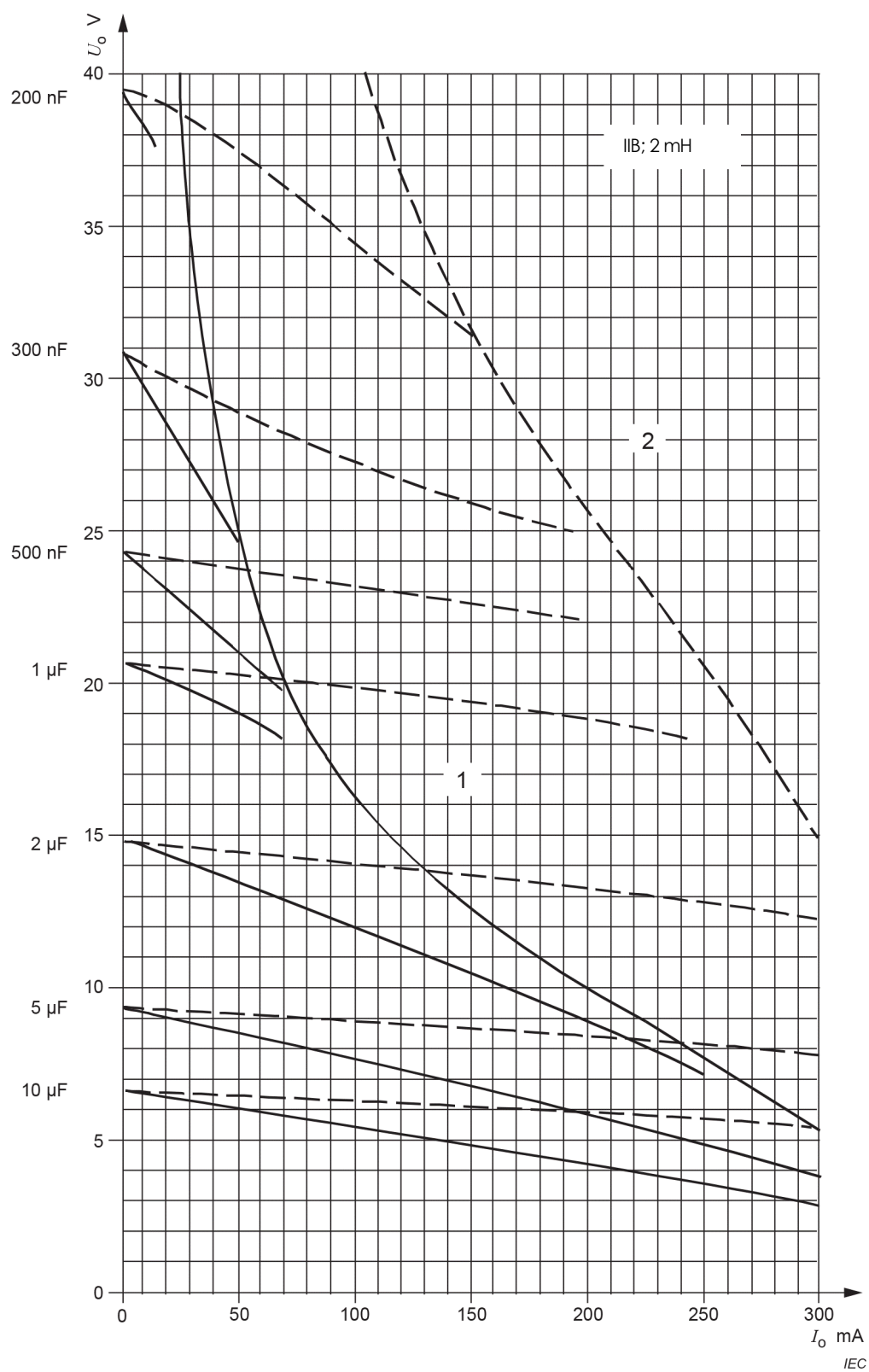
図 G.3 b) 0.5 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

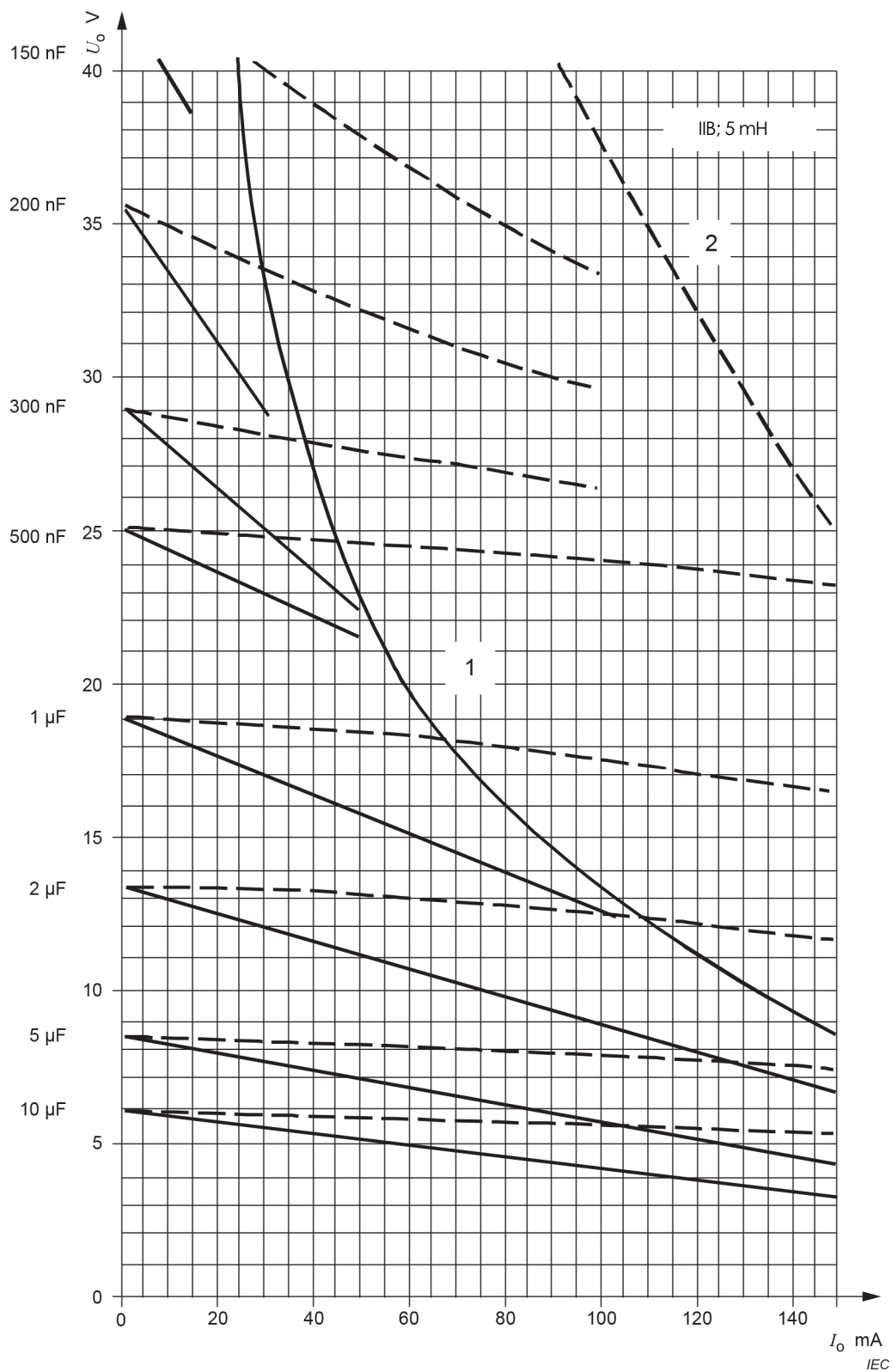
図 G.3 c) 1 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

図 G.3 d) 2 mH に対するグラフ



凡例

- 1 矩形ソースに対する誘導性限界
- 2 線形ソースに対する誘導性限界

図 G.3 e) 5mH に対するグラフ

図 G.3 一般的な電源特性に対する限界曲線グラフグループ IIB

附属書 H

(参考)

表示例

H.1 概要

以降に、表示例を示す。

ここで、ABCは適合性評価スキームを、DEFは認証機関のイニシャルを表す。

この情報は、この編の使用者の便宜のためのものであり、製品に対する IEC のエンドースメントを構成するものではない。実際の製品と似ているところがあったとしても、それは全くの偶然である。

H.2 独立した本安機器

C TOME LTD PAGING RECEIVER TYPE 3 Serial No. 12345 Ex ia IIC T4 $-25^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +50^{\circ}\text{C}$ ABC DEF 12.1234
--

H.3 他の本安回路から電源供給される本安機器

M HULOT TRANSDUCTEUR TYPE 12 Serial No. 12345 Ex ib IIB T4 Gb Ex ib IIIC T135°C Db ABC DEF 12.1234 L_i : 10 μH C_i : 1200 pF U_i : 28 V I_i : 250 mA P_i : 1.3 W

H.4 本安関連機器

J SCHMIDT A.G. STROMVERSORGUNG TYP 4 Serial No. 12345 [Ex ib Mb] I ABC DEF 12.1234 U_m : 250 V P_o : 0,9 W I_o : 150 mA U_o : 24 V L_o : 20 mH 又は L_o/R_o : 50 $\mu\text{H}/\Omega$ C_o : 4.6 μF $60 \text{ kPa} \leq P_{amb} \leq 110 \text{ kPa}$
--

H.5 耐圧防爆容器によって保護した本安関連機器

PIZZA ELECT. SpA
Type 6789
Serial No. 12345
Ex db [ia Ga] IIB T6 Gb
ABC DEF 12.1234
 U_m : 250 V P_o : 0.9 W
 U_o : 36 V I_o : 100 mA
 C_o : 0.31 μ F L_o : 15 mH

H.6 保護レベル“ic”の本安機器

M HULOT
TRANSDUCTEUR TYPE 12A
Serial No. 12345
Ex ic IIB T4 Gc
ABC DEF 12.1234
 U_i : 28 V C_i = 0

H.7 “ia”の出力をもつ保護レベル“ib”の本安機器

PRAHA ELECT
Type f transmitter with separate sensing element
Serial No. 12345
Ex ib [ia IIC Ga] IIB T6 Gb
ABC DEF 12.1234
 U_i : 30 V U_o : 5.6V
 I_i : 93 mA P_o : 0.014 W
 L_i : 0.01 mH I_o : 10 mA
 C_i : 0.031 μ F L_o : 0.15 mH
Co: 35 μ F

H.8 FISCO

H.8.1 電源

FISCO power supply
 U_m : 250 V
[Ex ia Ga] IIC
John Jones Ltd
SW99 2AJ UK
Type: DRG OOI
- 20 °C $\leq T_a \leq$ +50 °C
ABC DEF 12.1234
Serial No. 014321

H.8.2 フィールドデバイス

FISCO field device Ex ia IIC T4 Ga Paul McGregor plc GL99 1JA UK Type: RWS 001 -20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C ABC DEF 12.1234 Serial No. 78745A
--

H.8.3 ターミネータ

FISCO terminator Ex ia IIC T4 Ga James Bond plc MK45 6BY UK Type MI5 007 ABC DEF 12.1234 Serial No. 012345
--

H.8.4 複数表示のフィールドデバイス

A McTavish plc GL 98 1BA UK Type RWS 002 -20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C ABC DEF 12.1234 Serial No. 060128	
FISCO Field device Ex ia IIC T4 Ga	
Ex ia IIC T6 Ui: 28 V Ci: 3 nF	Ii: 200 mA Li: 10 μH Pi: 1.2 W

附属書 I

(参考)

容器又は容器の部分に対する試験の概要

図 I.1 は、離隔の要求事項が表 7 に従うときの本安機器のための容器又は容器の部分に対する試験の概要を示す。

図 I.2 は、離隔の要求事項が表 8 及び表 9 に従うときの本安機器及び関連機械のための容器又は容器の部分に対する試験の概要を示す。

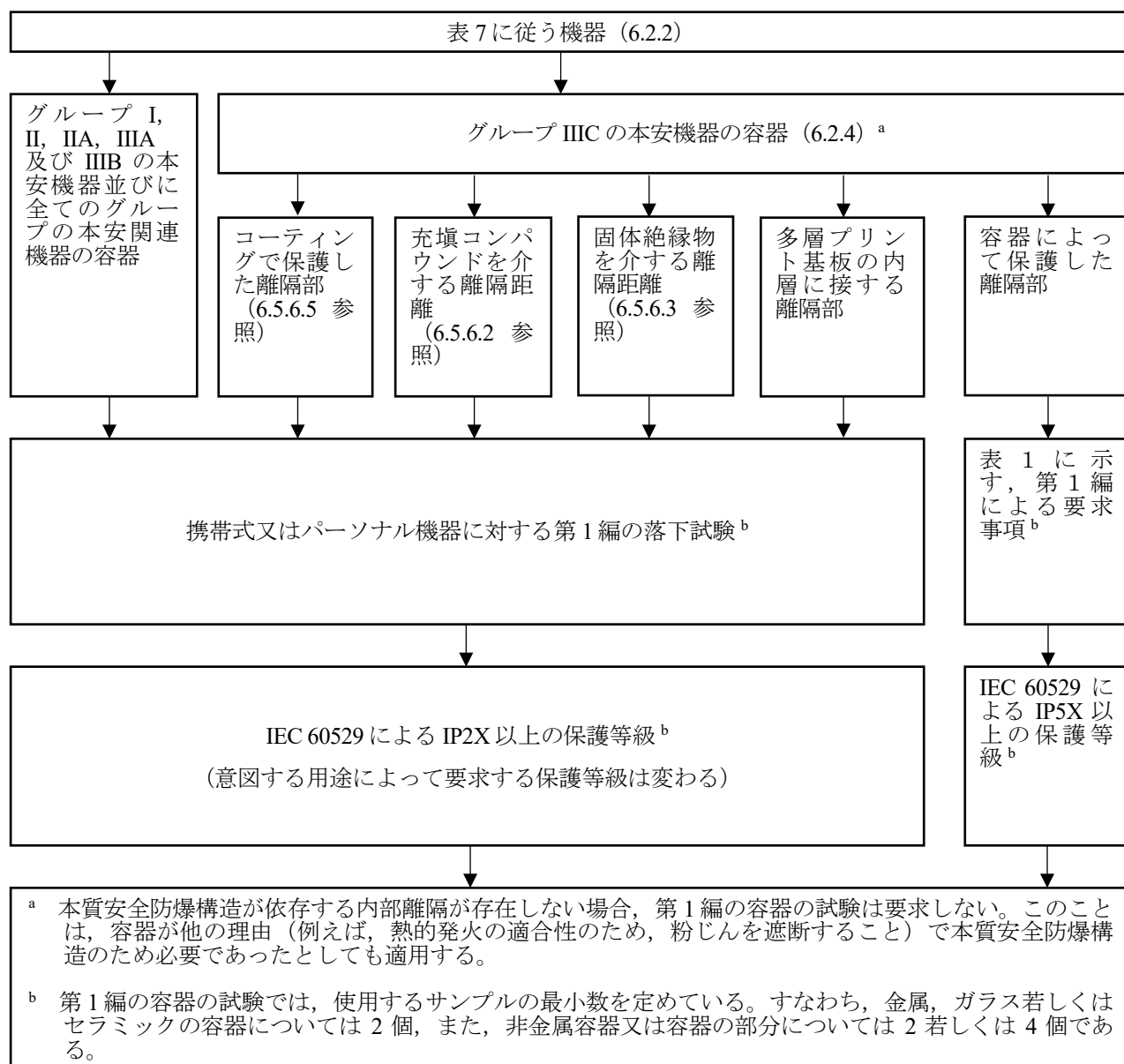


図 I.1 表 7 に従う離隔距離のため、容器又は容器の部分に行う試験

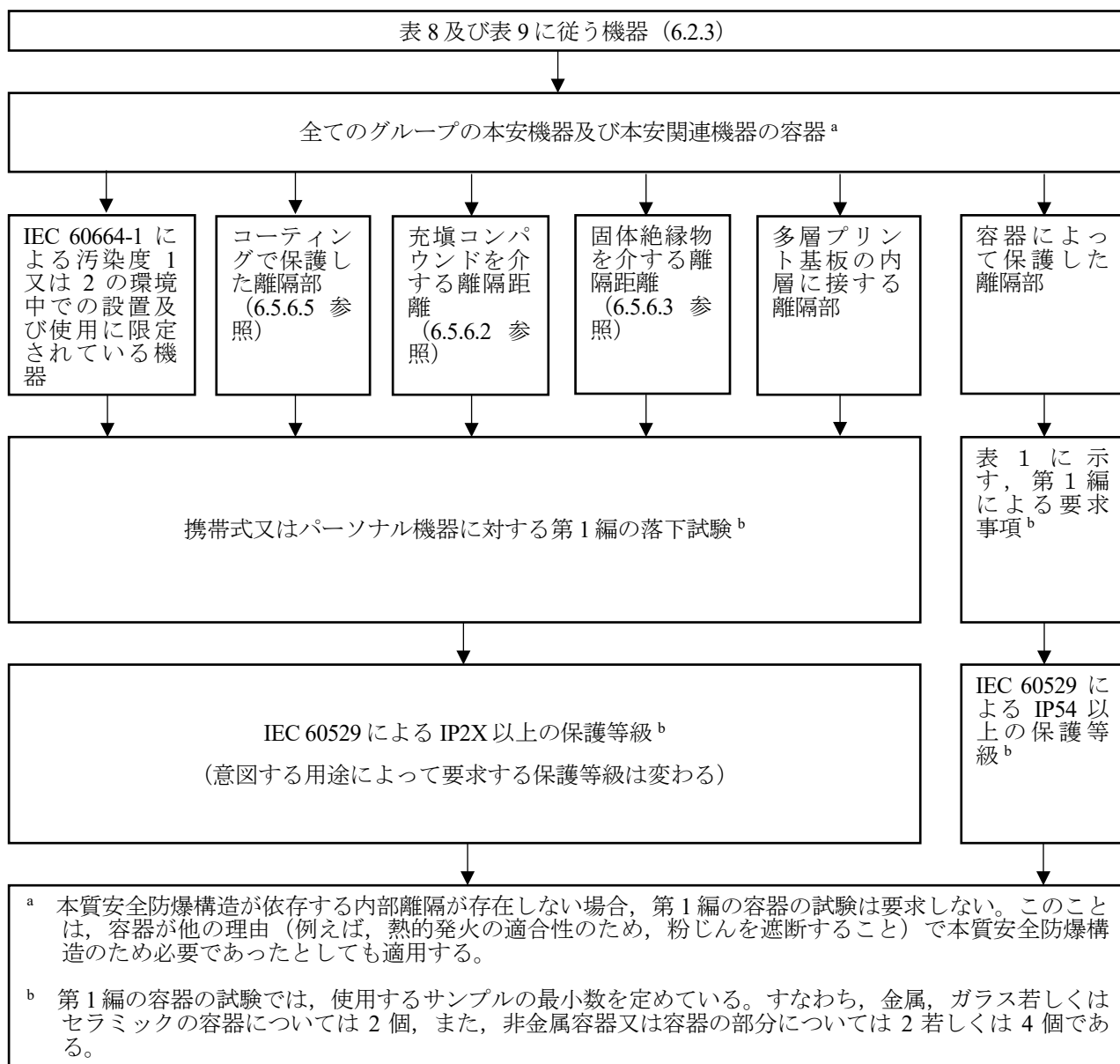


図 I.2 表 8 及び表 9 に従う隔離距離のため、容器又は容器の部分に行う試験

文献

IEC 60050-114, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 114: Electrochemistry*

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Explosive atmospheres*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-18, *Explosive atmospheres – Part 18: Equipment protection by encapsulation "m"*

IEC 60079-19, *Explosive atmospheres – Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 61086-1, *Coatings for loaded printed wire boards (conformal coatings) – Part 1: Definitions, classification and general requirements*

IEC 61191-2, *Printed board assemblies – Part 2: Sectional specification – Requirements for surface mount soldered assemblies*

IEC 62133-1, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications – Part 1: Nickel systems*

IEC 62368-1, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

IPC-2152, *Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design*

IPC-2221, *Generic Standard on Printed Board Design*

IPC-6012B, *Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards*

IPC-A-610, *Acceptability of electronic assemblies*

UL 1642, *Standard for Lithium Batteries*

労働安全衛生総合研究所技術指針 JNIOSH-TR-46-6 : 2025

発行日	令和7年12月24日 第0刷
著者	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
発行者	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6 電話 042-491-4512

(不許複製)

JNIOSH-TR-46-6:2025

Recommended Practices for Explosion-Protected Electrical Installations in General Industries

Part 6: Equipment protection by intrinsic safety “i”