

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-46-6:2015

工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2015)

第6編 本質安全防爆構造 “i” (改訂版)

(対応国際規格 IEC 60079-11:2011)

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

（平成25年8月15日～平成26年9月30日）

委員長	富田 隆	元 株式会社日立産機システム
副委員長	角谷 憲雄	アズビル株式会社
委員	榎本 兵治	東北大学
〃	谷部 貴之	一般社団法人 日本電機工業会
〃	深井 亘	株式会社東芝社会インフラシステム社
〃	上野 泰史	IDEC 株式会社
〃	磯村 豊治	伊東電機株式会社
〃	岡野 哲也	一般社団法人日本電気協会
〃	今井 治郎	一般財団法人日本海事協会
〃	山根 哲夫	東燃ゼネラル石油株式会社
〃	小桜 豊	三菱化学株式会社
〃	原田 大	横河電機株式会社
〃	堀尾 康明	横河電機株式会社
〃	竹内 和之	新コスモス電機株式会社
〃	永石 治喜	公益社団法人産業安全技術協会
オブザーバー	小金 実成	公益社団法人産業安全技術協会
〃	後藤 隆	公益社団法人産業安全技術協会
行政参加者	中島 賢一	厚生労働省労働基準局
〃	宇野 浩一	厚生労働省労働基準局
事務局	山隈 瑞樹	独立行政法人労働安全衛生総合研究所
〃	榎本 克哉	公益社団法人産業安全技術協会
〃	山本 優子	公益社団法人産業安全技術協会

第3分科会（第6編，第7編，第8編担当）

（平成25年8月15日～平成26年3月31日）

主査	堀尾 康明	横河電機株式会社
幹事	小金 実成	公益社団法人産業安全技術協会
委員	仲谷 行雄	新コスモス電機株式会社
〃	得本 明宏	川崎重工業株式会社
〃	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”	6-1
1 適用範囲	6-1
2 引用文書	6-8
3 用語及び定義	6-9
4 本安機器及び本安関連機器のグループ化及び分類	6-14
5 電気機器保護レベル及び点火の適合性の要求事項	6-14
5.1 一般事項	6-14
5.2 保護レベル“ia”	6-15
5.3 保護レベル“ib”	6-15
5.4 保護レベル“ic”	6-15
5.5 火花点火の適合性	6-16
5.6 熱的発火の適合性	6-16
5.7 単純機器	6-20
6 機器の構造	6-21
6.1 容器	6-21
6.2 外部回路の接続端子部	6-22
6.3 離隔距離	6-27
6.4 逆接続に対する保護	6-37
6.5 接地用の導体，接続及び端子	6-37
6.6 樹脂充填	6-38
7 安全保持部品	6-39
7.1 コンポーネントの定格	6-39
7.2 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 ..	6-40
7.3 ヒューズ	6-40
7.4 一次及び二次セル及びバッテリー	6-41
7.5 半導体	6-44
7.6 コンポーネント，接続及び分離の故障（機能失敗）	6-45
7.7 圧電デバイス	6-46
7.8 ガス検知用の電気化学セル	6-46
8 本質安全性が依存する故障しないコンポーネント，故障しないコンポーネント集成体及び故障しない接続	6-47
8.1 保護レベル“ic”	6-47
8.2 主電源変圧器	6-47
8.3 主電源変圧器以外の変圧器	6-48
8.4 故障しない巻線	6-49

8.5	電流制限抵抗器	6-49
8.6	コンデンサ	6-50
8.7	シャント安全集成体	6-51
8.8	配線，プリント基板のトラック，及び接続	6-52
8.9	ガルバニック分離コンポーネント	6-53
9	特定の機器に対する補足要求事項	6-54
9.1	ダイオード形安全保持器	6-54
9.2	FISCO 機器	6-54
9.3	ハンドライト及びキャップライト	6-54
10	型式検証及び型式試験	6-55
10.1	火花点火試験	6-55
10.2	温度試験	6-59
10.3	耐電圧試験	6-59
10.4	仕様が明確でないコンポーネントのパラメータの決定	6-60
10.5	セル及びバッテリーの試験	6-60
10.6	機械的試験	6-62
10.7	圧電デバイスを内蔵する本安機器の試験	6-62
10.8	ダイオード形安全保持器及び安全シャントの型式試験	6-63
10.9	ケーブル引張試験	6-63
10.10	変圧器の試験	6-63
10.11	フォトカプラの試験	6-64
10.12	故障しないプリント基板の接続の電流容量	6-66
11	ルーチン試験及び検証	6-66
11.1	ダイオード式安全保持器に対するルーチン試験	6-66
11.2	故障しない変圧器のルーチン試験	6-66
12	表示	6-67
12.1	一般事項	6-67
12.2	外部配線接続端子部の表示	6-68
12.3	警告表示	6-68
12.4	表示例	6-68
13	文書	6-70
附属書 A	(規定) 本安回路の評価	6-71
附属書 B	(規定) 本安回路用の火花試験装置	6-95
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	6-103
附属書 D	(規定) 樹脂充填	6-107
附属書 E	(参考) 過渡エネルギーの試験	6-113
附属書 F	(規定) 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分離	6-116

附属書 G (規定) フィールドバス本質安全の概念 (FISCO) - 機器の要求事項.....	6-120
附属書 H (参考) 半導体によって制限した電源回路の点火試験	6-126
文献	6-137

第 6 編 本質安全防爆構造 “i”

1 適用範囲

この編は、爆発性雰囲気で使用される本質安全防爆構造“i”の電気機器、並びに、爆発性雰囲気で使用される本安回路に接続する本安関連機器に対する構造及び試験について規定する。

この防爆構造は、爆発性雰囲気内において、爆発を引き起こす能力がない電気回路をもつ電気機器に適用できる。

この編は、爆発性雰囲気内の電気回路の本質安全性が、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できる。この編を適用することによって、爆発性雰囲気にさら（曝）される電気回路が、その爆発性雰囲気での使用に適するかについて評価する。

本質安全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。

この編の要求事項が、本安機器及び本安関連機器のいずれにも適用できる場合、「機器（apparatus）」の用語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。

本安関連機器を爆発性雰囲気内に設置する場合、その機器は、第 1 編に列挙する適切な防爆構造によって保護しなければならない。さらに、第 1 編（総則）の関連部分とともに、その保護手法の要求事項も本安関連機器に適用する。

指針活用上の留意点

対応国際規格 (IEC 60079-11:2011) 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 1 編（総則）の特定箇条の適用範囲

第 1 編の箇条又は細分箇条		第 6 編に適用する第 1 編の箇条		
		本安機器		本安関連機器
第 1 編 (参考)	箇条／細分箇条 表題（規定）	グループ I 及び II	グループ III	
1	一般事項及び適用範囲	適用	適用	適用
2	引用文書	適用	適用	適用
3	用語及び定義	適用	適用	適用
4	機器のグループ	適用	適用	適用
4.1	グループ I	適用	適用外	適用
4.2	グループ II	適用	適用外	適用
4.3	グループ III	適用外	適用	適用
4.4	特定の爆発性雰囲気で使用 する機器	適用	適用	適用
5.1	環境の影響	適用	適用	適用
5.1.1	周囲温度	適用	適用	適用
5.1.2	外部の加熱源又は冷却源 (外部熱源)	適用	適用	適用
5.2	使用時到達温度	適用	適用	適用
5.3.1	最高表面温度の決定	適用	適用	適用外
5.3.2.1	グループ I の電気機器	適用	適用外	適用外
5.3.2.2	グループ II の電気機器	適用	適用外	適用外
5.3.2.3	グループ III の電気機器	適用外	適用	適用外
5.3.3	グループ I 又は II の電 気機器の小形部品の温度 ...(に対する特例)...	適用	適用外	適用外
6.1	一般事項	適用	適用	適用
6.2	機器の機械的強度	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
6.3	開放時間	適用外	適用外	適用外
6.4	(例えば、大形回転機 の) 容器内の循環電流	適用外	適用外	適用外
6.5	ガスケットの保持	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。

第1編の箇条又は細分箇条		第6編に適用する第1編の箇条		
		本安機器		本安関連機器
第1編 (参考)	箇条／細分箇条 表題（規定）	グループⅠ及びⅡ	グループⅢ	
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	適用	適用	適用外
7.1.1	適用範囲	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
7.1.2.1	一般事項	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
7.1.2.2	プラスチック材料	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
7.1.2.3	エラストマー	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
7.2	熱安定性	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
7.3	耐光性	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
7.4	外表面の非金属材への静電気帯電	適用	適用	適用外
7.5	接触可能な金属部分	適用	適用	適用外
8.1	材料の組成	適用	適用	適用外
8.2	グループⅠ	適用	適用外	適用外
8.3	グループⅡ	適用	適用外	適用外
8.4	グループⅢ	適用外	適用	適用外
9	ねじ締付け部	適用外	適用外	適用外
10	インターロックデバイス	適用外	適用外	適用外
11	ブッシング	適用外	適用外	適用外
12	固着用材料	適用外。ただし、	適用外。ただし、	適用外。ただし、

第1編の箇条又は細分箇条		第6編に適用する第1編の箇条		
		本安機器		本安関連機器
第1編 (参考)	箇条／細分箇条 表題（規定）	グループⅠ及びⅡ	グループⅢ	
		6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	6.1.3 a) を適用する場合を除く。	6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
13	Ex コンポーネント	適用	適用	適用
14	接続端子部及び端子区画	適用外	適用外	適用外
15	接地用又はボンディング用導線の接続端子部	適用外	適用外	適用外
16	容器への引込み	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
17	回転機に対する補足の要求事項	適用外	適用外	適用外
18	開閉装置に対する補足の要求事項	適用外	適用外	適用外
19	ヒューズに対する補足の要求事項	適用外	適用外	適用外
20	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	適用外	適用外	適用外
21	照明器具に対する補足の要求事項	適用外	適用外	適用外
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	修正	修正	適用外
23.1	一般事項	適用	適用	適用
23.2	バッテリー	適用外	適用外	適用外
23.3	セルの種類	適用	適用	適用
23.4	バッテリー内のセル	適用	適用	適用
23.5	バッテリーの定格	適用	適用	適用
23.6	互換性	適用	適用	適用
23.7	一次バッテリーの充電	適用	適用	適用
23.8	漏液	適用	適用	適用
23.9	接続	適用	適用	適用

第1編の箇条又は細分箇条		第6編に適用する第1編の箇条		
		本安機器		本安関連機器
第1編 (参考)	箇条／細分箇条 表題（規定）	グループⅠ及びⅡ	グループⅢ	
23.10	バッテリーの向き	適用	適用	適用
23.11	セル又はバッテリーの交換	適用	適用	適用
23.12	交換可能なバッテリーパック	適用	適用	適用
24	文書	適用	適用	適用
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
26.1	一般事項	適用	適用	適用
26.2	試験時の構成	適用	適用	適用
26.3	爆発性試験混合ガス中の試験	適用	適用	適用
26.4.1	試験の順序	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
26.4.1.1	金属製容器、容器の金属製部分及び容器のガラス製部分	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
26.4.1.2	非金属製容器又は容器の非金属製部分	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
26.4.1.2.1	グループⅠの電気機器	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
26.4.1.2.2	グループⅡ及びⅢの電気機器	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
26.4.2	衝撃試験	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.3 a) を適用する場合を除く。	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。
26.4.3	落下試験	適用	適用	適用外。ただし、6.1.2.3 a) を適用する場合を除く。

第1編の箇条又は細分箇条		第6編に適用する第1編の箇条		
		本安機器		本安関連機器
第1編 (参考)	箇条／細分箇条 表題 (規定)	グループⅠ及びⅡ	グループⅢ	
26.4.4	判定基準	適用	適用	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
26.4.5	容器の保護等級 (IP)	適用	適用	適用
26.5.1.1	一般事項	適用	適用	適用外
26.5.1.2	使用時到達温度	修正	修正	修正
26.5.1.3	最高表面温度	修正	修正	修正
26.5.2	熱衝撃試験	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
26.5.3	小形部品の発火試験 (グ ループⅠ及びⅡ)	適用	適用外	適用外
26.6	ブッシングのトルク試験	適用外	適用外	適用外
26.7	非金属製容器又は容器の 非金属製部分	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
26.8	高温熱安定性	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
26.9	低温熱安定性	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
26.10	耐光性	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
26.11	グループⅠの電気機器の 化成品に対する耐性	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外	適用外
26.12	接地の連続性	適用外	適用外	適用外
26.13	容器の非金属材料部分の 表面抵抗試験	適用	適用	適用外
26.14	静電容量の測定	適用	適用	適用外

第1編の箇条又は細分箇条		第6編に適用する第1編の箇条		
		本安機器		本安関連機器
第1編 (参考)	箇条／細分箇条 表題 (規定)	グループⅠ及びⅡ	グループⅢ	
26.15	通気ファンの定格の検証	適用外	適用外	適用外
26.16	エラストマー製シール用 Oリングの代替認定方法	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
27	ルーチン試験	適用	適用	適用
28	製造者の責任	適用	適用	適用
29	表示	適用	適用	適用
30	取扱説明書	適用	適用	適用
附属書A (規定)	ケーブルグラウンドに対す る補足の要求事項	適用外	適用外	適用外
附属書B (規定)	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 (参考)	衝撃試験装置の一例	適用	適用	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
該当なし	包括的な防爆機器に対す る機器保護レベルの代替 的リスク評価方法	適用	適用	適用
附属書D (参考)	インバータ駆動の電動機	適用外	適用外	適用外
附属書E (参考)	回転機の温度上昇試験	適用外	適用外	適用外
附属書F (参考)	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	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.3 a) を適用す る場合を除く。	適用外。ただし、 6.1.2.3 a) を適用 する場合を除く。
<p>適用—第1編（総則）の要求事項を変更なしで適用する。</p> <p>適用外—第1編のこの要求事項は適用しない。ただし、記載する条件に合う場合を除く。</p> <p>修正—第1編のこの要求事項は、この編で詳述するように修正する。</p> <p>注1 上表の箇条番号は、単に参照用として表している。第1編の適用可能な要求事項は、基準である箇条の表題によって識別する。</p> <p>注2 7.1.2.1 は、対応国際規格では「材料の仕様」とあるが、「一般事項」の誤りである。</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 6575-3:2005, 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（その他の包装ヒューズ）(MOD)

IEC 60079-35-1, Explosive atmospheres - Part 35-1: Caplights for use in mines susceptible to firedamp - General requirements - Construction and testing in relation to the risk of explosion

IEC 60317-8, Specifications for particular types of winding wires – Part 8: Polyesterimide enamelled

round copper winding wire, class 180

対応国内規格：JIS C 3215-8:2014, 巻線個別規格—第 8 部：クラス 180 のポリエステルイミド銅線) (MOD)

IEC 60317-13, Specifications for particular types of winding wires – Part 13: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200

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

IEC 60664-1:2007, 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 60664-3:2003, 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 60664-3:2009, 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 61158-2, Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition

IEC 62013-1, Caplights for use in mines susceptible to firedamp – Part 1: General requirements – Construction and testing in relation to the risk of explosion

ANSI/UL 248-1, Low-Voltage Fuses – Part 1: General Requirements

3 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 一般

3.1.1 本質安全防爆構造 "i" (intrinsic safety "i")

爆発性雰囲気さら(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) 第 1 編に掲げる他の防爆構造のいずれかによって，該当する爆発性雰囲気で使用できるようになっている電気機器。
- b) a) のように防爆構造によって保護されていないため，爆発性雰囲気では使用できない電気機器。
例えば，それ自体は爆発性雰囲気中ではないが，爆発性雰囲気に置かれた熱電対に接続され，その入力回路だけが本質安全である記録計。

3.1.3 本安機器 (intrinsically safe apparatus)

全ての回路が本安回路である電気機器。

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火花又は熱的影響によって, 所定の爆発性雰囲気中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性に適合するもの。

3.2 コーティング (coating)

集成体の表面に塗るワニス, 又は表面に貼り付けるドライフィルムのような絶縁材。

注記 コーティングとプリント基板の基材とで, 固体絶縁と同様の特性をもつ絶縁システムを形成することができる。

[IEC 60664-3 の 3.5 で定義]

指針活用上の留意点

対応国際規格 (IEC60079-11:2011) において, printed board, printed circuit board, printed circuit及び printed wiring board と表記されている箇所は, この編では全て「プリント基板」と表記している。

3.3 コンフォーマルコーティング (conformal coating)

環境条件からの有害な作用に対する保護バリアとして, 実装したプリント基板の表面にぴったり沿って薄膜層を形成するコーティングに用いられる電気絶縁材料。

[IEC 61086-1 の 2.1 項で定義]

3.4 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。

3.5 ダイオード形安全保持器 (diode safety barrier)

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) を組み込んだ集成体であって, 大きな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。なお, ダイオードチェーンは, 鎖状に接続したダイオードのことである。

3.6 エンティティコンセプト (entity concept)

外部配線接続端子部に割り当てた本安パラメータを使用することによって, 本安機器と本安関連機器との組合せの可否を決めるために用いる手法。

3.7 故障 (faults)

3.7.1 数えられる故障 (countable fault)

この編に規定する構造上の要求事項に適合する電気機器の部分に発生する故障。

3.7.2 故障 (fault)

この編で故障を生じないと定義されているものを除くコンポーネント, 分離, 絶縁又はコンポーネント間の接続についての欠陥であって, 回路の本質安全性がそれによって確保されているもの。

3.7.3 数えられない故障 (non-countable fault)

この編に規定する構造上の要求事項に適合しない電気機器の部分に発生する故障。

3.8 ヒューズの定格 I_n (fuse rating I_n)

IEC 60127 シリーズ, ANSI/UL 248-1 又は製造者の仕様書に規定するヒューズの電流定格。

3.9 FISCO

Fieldbus Intrinsically Safe Concept (フィールドバス本安コンセプト) の略語。

3.10 非故障 (infallibility)

3.10.1 故障を生じないコンポーネント, 故障を生じないコンポーネントの集成体 (infallible component, infallible assembly of components)

コンポーネント又はコンポーネントの集成体であって, この編に規定されている故障モードになるとはみなされないもの。

注記 使用中又は保管中にそのような故障モードが発生する確率は, 極めて低いので考慮しなくてもよい。

3.10.2 故障を生じない接続 (infallible connection)

結線接続部, 電線の相互配線及びプリント基板のトラック配線を含む接続であって, この編においては, 使用中又は保管中に開放するとはみなさないもの。

3.10.3 故障を生じない分離, 故障を生じない絶縁 (infallible separation, infallible insulation)

導電部間の分離又は絶縁であって, この編で規定するように, 短絡しないとみなすもの。

注記 使用中又は保管中に, そのような故障モードが発生する確率は, 考慮しなくともよいほど低い。

3.11 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。

3.12 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。

3.13 電氣的パラメータ (electrical parameters)

3.13.1 本安回路許容電圧 U_i (maximum input voltage U_i)

本質安全防爆構造を損なうことなく, 電気機器の外部配線接続端子部に印加することができる最大電圧 (交流波高値又は直流値)。

3.13.2 本安回路許容電流 I_i (maximum input current I_i)

本質安全防爆構造を損なうことなく, 電気機器の接続端子部に流すことができる最大電流 (交流波高値又は直流値)。

3.13.3 本安回路許容電力 P_i (maximum input power P_i)

本質安全防爆構造を損なうことなく, 電気機器の外部配線接続端子部に供給することができる最大電力。

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

電気機器の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。

指針活用上の留意点

工場電気設備防爆指針 (国際規格に整合した技術指針 2008) で, 「内部キャパシタンス」と呼んでいたものと同じ。

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

電気機器の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。

—— 指針活用上の留意点 ——

工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針 2008）で、「内部インダクタンス」と呼んでいたものに同じ。

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

電気機器の外部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。

—— 指針活用上の留意点 ——

工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針 2008）で、「内部インダクタンスと抵抗の比の最大値」と呼んでいたものに同じ。

3.13.7 本安回路最大電圧 U_o (maximum output voltage U_o)

最大電圧まで電圧を印加したとき、電気機器の外部配線接続端子部に現れる最大電圧（交流波高値又は直流値）。

3.13.8 本安回路最大電流 I_o (maximum output current I_o)

電気機器の外部配線接続端子部から取り出すことができる電気機器の最大電流（交流波高値又は直流値）。

3.13.9 本安回路最大電力 P_o (maximum output power P_o)

電気機器から取り出すことができる最大電力。

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

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

—— 指針活用上の留意点 ——

工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針 2008）で、「本安回路許容キャパシタンス」と呼んでいたものに同じ。

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

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

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

本質安全防爆構造を損なうことなく、電気機器の外部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。

—— 指針活用上の留意点 ——

工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針 2008）で、「本安回路許容インダクタンスと抵抗の比の最大値」と呼んでいたものと同じ。

3.13.13 最大電圧（交流実効値又は直流）（非本安回路許容電圧） U_m (maximum r.m.s a.c. or d.c. voltage U_m)

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に印加できる最大電圧。

注記 1 これは、本安機器の非本安外部配線接続端子部に印加できる最大電圧にも適用する。（例えば、非危険場所だけで充電する場合におけるバッテリー駆動機器の充電用接続部）

注記 2 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。

3.14 過電圧カテゴリ (overvoltage category)

過渡的な過電圧条件を定義する数字。

[IEC 60664-1 の 1.3.10 で定義]

注記 過電圧カテゴリ I, II, III 及び IV が使用される。(IEC 60664-1 2.2.2.1 参照)

3.15 汚損度 (pollution degree)

マイクロ環境の予想される汚損の程度を示す数字。

[IEC 60664-1 の 1.3.13 で定義]

注記 汚損度 1, 2, 3 及び 4 を使用する。

3.16 保護特別低電圧 (PELV) (protective extra-low voltage, PELV)

接地されているが、それ以外の点では、安全特別低電圧 (SELV) に対する要求事項を満たす特別低電圧系統。

注記 50 V のセンタータップ付き接地系統は、PELV 系統である。

3.17 定格絶縁電圧 (rated insulation voltage)

製造者が電気機器又はその部分に対して指定した耐電圧の実効値であり、絶縁体の規定の（長時間の）耐電圧性能を表す。

[IEC 60664-1 の 1.3.9.1 で定義]

3.18 繰返しピーク電圧 (recurring peak voltage)

交流電圧のひずみ又は直流電圧に重畳した交流成分に起因する電圧波形の周期的な変動の最大ピーク値。

注記 ときどき起こるスイッチングなどによってランダムに発生する過電圧は、繰返しピーク電圧とはみなさない。

3.19 安全特別低電圧 (SELV) (safety extra-low voltage, SELV)

単一の故障では感電を生じないように、接地及び他の系統から電氣的に分離した特別低電圧系統。（通常、交流 50 V 以下又はリップルのない直流 120 V 以下）

注記 50 V の非接地系統は、SELV 系統である。

3.20 樹脂充填 (encapsulation, encapsulate)

コンパウンドを容器に充填する、又は、カプセル若しくはカプセルのようなものに入れる工程。

3.21 キャスティング (casting)

通常大気圧において、液状コンパウンドを鋳型へ注入する工程。

3.22 モールディング (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を加えながら注入し、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。

3.23 ガルバニック絶縁 (galvanic isolation)

二つの回路を電氣的に直接接続することなく、その回路間で信号又は電力の伝送を可能とする機器内の配置。

注記 ガルバニック絶縁は、磁性素子（トランス又はリレー）又は光結合素子のいずれかを利用することが多い。

4 本安機器及び本安関連機器のグループ化及び分類

適切な爆発性雰囲気中で使用するために、第1編（総則）に規定する防爆構造をもつ本安機器及び本安関連機器は、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し、第1編の温度要求事項に従って割り当てた最高表面温度又は温度等級をもつ。

そのような防爆構造を伴わない本安関連機器は、第1編の機器のグループ化の要求事項だけに従って、グループ化を行う。

5 電気機器保護レベル及び点火の適合性の要求事項

5.1 一般事項

本安機器及び本安関連機器の本安部分は、保護レベル“ia”、“ib”又は“ic”に区分する。

この編の要求事項は、特に明記しない限り、全ての保護レベルに適用する。保護レベル“ia”、“ib”又は“ic”を決定するときは、コンポーネント及び接続の故障（機能失敗）を7.6に従って考慮する。導電部間の分離の故障（機能失敗）を6.3に従って考慮する。決定には、6.2に従って、外部本安接続端子部の開放、短絡及び地絡を含む。

本安機器及び本安関連機器に対する本安のパラメータは、5.5の火花点火の適合性及び5.6の熱的発火の適合性の要求事項を考慮して決定する。

安全特別低電圧 (SELV) 又は保護特別低電圧 (PELV) の回路に接続した本安関連機器の回路に対しては、 U_m は、回路の導体間に差動モード信号として印加する公称動作電圧とともに、コモンモード電圧としてだけ印加する（典型的な例は、RS-232, RS-485 又は 4 mA～20 mA の回路である。）。SELV 又は PELV 回路に依存する本安関連機器に対する認証書番号には、第1編（総則）の表示の要求事項に従って、記号 X を表示するとともに、認証書に示す規定の使用条件に、必要な予防の詳細を記載する。

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性を損なってはならず、このことは、実機の試験及び文書上の評価において考慮する。

注記1 本安機器は、二つ以上の保護レベル…(“ia”、“ib”又は“ic”)…をもつことができ、かつ、各保護レベルごとに異なるパラメータをもつことができる。

注記2 以降の箇条における U_m 及び U_i の適用においては、最大電圧以下のいかなる電圧で評価してもよい。

指針活用上の留意点

対応国際規格 (IEC 60079-11:2011) における用語を次のように表記する (第1編 (総則) 3.41 参照)。

“fault”= 「故障」

“failure”= 「故障 (機能失敗)」

“malfunction”= 「機能不全」

5.2 保護レベル“ia”

U_m 及び U_i を印加した状態で、保護レベル“ia”の本安回路は、次のいずれの条件においても点火源となつてはならない。

- a) 通常運転中、及び最悪状態となるように、数えられない故障を適用した場合
- b) 通常運転中、及び最悪状態となるように、一つの数えられる故障と数えられない故障を組み合わせて適用した場合
- c) 通常運転中、及び最悪状態となるように、二つの数えられる故障と数えられない故障を組み合わせて適用した場合

適用する数えられない故障は、上記のそれぞれの条件ごとに異なってもよい。

火花点火に対する回路の試験又は評価において、次の安全率を 10.1.4.2 に従って適用する。

- a) 及び b) 対してはともに 1.5
- c) に対しては 1.0

(表面) 温度等級の決定において、電圧又は電流に適用する安全率は、全ての場合において 1.0 とする。

数えられる故障が一つだけしか起こらない場合、保護レベル“ia”の試験要求事項を満たすときは、a) 及び b) の要求事項は、保護レベル“ia”を保証するとみなす。数えられる故障が起こらない場合、保護レベル“ia”の試験要求事項を満たすときは、a) の要求事項は、保護レベル“ia”を保証するとみなす。

5.3 保護レベル“ib”

U_m 及び U_i を印加した状態で、保護レベル“ib”の本安回路は、次のいずれの条件においても点火源となつてはならない。

- a) 通常運転中、及び最悪状態となるように、数えられない故障を適用した場合
- b) 通常運転中、及び最悪状態となるように、一つの数えられる故障と数えられない故障を組み合わせて適用した場合

適用する数えられない故障は、上記のそれぞれの条件ごとに異なってもよい。

火花点火に対する回路の試験又は評価において、安全率 1.5 を 10.1.4.2 に従って適用する。

表面温度等級の決定において、電圧又は電流に適用する安全率は、全ての場合において 1.0 とする。

数えられる故障が起こらない場合、保護レベル“ib”の試験要求事項を満たすときは、a) の要求事項は保護レベル“ib”を保証するとみなす。

5.4 保護レベル“ic”

U_m 及び U_i を印加した状態で、保護レベル“ic”の本安回路は、通常動作中及びこの編に規定する条件において点火源となつてはならない。

火花点火に対する回路の試験又は評価において、安全率 1.0 を 10.1.4.2 に従つて適用する。表面温度等級の決定において、電圧又は電流に適用する安全率は、全ての場合において 1.0 とする。

注記 数えられる故障の概念は、この保護レベルには適用しない。箇条 8 の故障を生じないコンポーネント及び集成体は適用しない。保護レベル“ic”に対しては、「故障しない」という用語は、「7.1 の要求事項を満たす」と読み替える。

5.5 火花点火の適合性

回路は、10.1 に従つて、開放又は混触が生じるおそれのある箇所ごとに、爆発性雰囲気での着火を起こす火花エネルギーの効果的な制限について、評価及び／又は試験する。

グループ III に対しては、グループ IIB の要求事項での火花点火試験を粉じんにさら（曝）される回路に適用する。

5.6 熱的発火の適合性

5.6.1 一般事項

爆発性雰囲気と接触する可能性のある全ての部品、容器、配線及びプリント基板上のトラックの表面は、最高温度について評価及び（又は）試験する。

5.2、5.3 及び 5.4 で規定する故障の適用後に、最大許容温度は、第 1 編（総則）の温度の要求事項に従わなければならない。試験方法は、10.2 に規定する。

注記 1 ここでの要求事項は、第 1 編に示す他の防爆構造によって保護した、又は非危険場所に設置した本安関連機器には適用しない。

注記 2 セル、バッテリー又は 1.3 W を超える電力を消費する可能性があるコンポーネントのように、高温となるコンポーネントに隣接して使用する材料の選択においては、箇条 5 で定義する故障条件において、プリント基板、コーティング又はコンポーネントのパッケージなどの発熱や燃焼による爆発性雰囲気への二次的点火を防ぐように注意することが望ましい。

5.6.2 グループ I 及び II の小形部品に対する温度

グループ I 又は II の機器内で使用する小形部品の温度に対する要求事項は第 1 編（総則）の「グループ I 又は II の電気機器の小形部品の温度」に、また、試験要求は第 1 編の「小形部品の発火試験」に示す。

第 1 編の最高表面温度の要求事項によって必要となる安全のための 5 K 及び 10 K の余裕（マージン）は、第 1 編の 40 °C の周囲温度で、部品サイズに従つた温度等級の評価に関する表 3a 及び 3b に示す最高表面温度の値（200 °C、275 °C 及び 950 °C）には適用しない。

注記 試験の結果、触媒反応又は他の化学反応が生じるときは、専門家の意見を求めるのがよい。

5.6.3 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 2 から求める。金属一般については、次の式で算出できる。

$$I = I_f \left[\frac{t(1 + aT)}{T(1 + at)} \right]^{1/2}$$

ここで、記号等は、次による。

α : 電線材料の抵抗温度係数 (銅は 0.004284 K⁻¹, 金は 0.004201 K⁻¹)

I : 最大許容電流の実効値 (A)

I_t : 最高規定周囲温度で電線が融解する電流値 (A)

T : 電線材料の融解温度 (°C) (銅 1,083 °C, 金 1,064 °C)

t : 適用可能な温度等級のしきい (閾) 値温度 (°C) (t は, 自己発熱及び周囲温度による電線の温度である。)

例: 純銅線 (温度等級: T4)

$\alpha = 0.004284 \text{ K}^{-1}$

$I_t = 1.6 \text{ A}$

$T = 1,083 \text{ °C}$

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

方程式を適用すると,

$I = 1.3 \text{ A}$ となる (これは, 電線の温度が 275 °C を超えないようにするために流すことが許される最大通常又は故障電流である。)

表 2 銅線の温度分類
(40 °C の最高周囲温度内での)

直径 (注 4) mm	断面積 (注 4) 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

注 1 最大許容電流の値は, 単位 A (アンペア) で表し, 交流実効値又は直流である。

注 2 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。

注 3 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 (5.6.4 参照)。

注 4 直径及び断面積は, 電線の製造者が示す公称値である。

注 5 最大電力が 1.3 W 以下であるときは, 配線の温度等級は T4 とすることができ, グループ I で許容する。グループ I において, 粉じんを除外できるときは, 周囲温度 40 °C 以下において最大電力 3.3 W とすることができる。40 °C を超える周囲温度に対して, 負荷の軽減を要求するときは, 第 1 編 (総則) の表 3 a) 及び 3 b) 参照。

5.6.4 グループⅠ及びⅡのプリント基板のトラック

プリント基板のトラックの温度等級は、有効なデータを用いて、又は実際に測定して決定する。トラックが銅で作られている場合、温度等級は、表 3 を用いて決定してもよい。

厚さ 0.5 mm 以上のプリント基板などで、片側又は両側に厚さ 33 μm 以上の導電性トラックをもち、表 3 に示す係数を適用して、トラックが幅 0.3 mm 以上で、トラックの連続電流が 0.444 A 以下の場合、プリントトラックは、温度等級 T4 又はグループ I とする。同様に、幅 0.5 mm, 1.0 mm 及び 2.0 mm 以上に対しては、それぞれ 0.648 A, 1.092 A 及び 1.833 A 以下のときに T4 とする。

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。

トラックの温度等級を試験で決定するときは、最大連続電流を使用する。

製造の許容誤差は、この箇条に記載する値から、10%又は 1 mm のいずれか小さい値を超えて減少させてはならない。

最大電力が 1.3 W 以下のときは、試験を行わなくとも、トラックは、温度等級 T4 又はグループ I としてよい。

粉じんを除外でき、かつ、最大電力 3.3 W 以下のときは、試験を行わなくとも、トラックは、グループ I としてよい。

第 1 編（総則）の「部品の表面積 $\geq 20 \text{ mm}^2$ による温度等級の評価」に関する表を参照する。40 °C を超える周囲温度において、負荷の軽減を要求するときは、第 1 編の「周囲温度に対する最大消費電力の変化」に関する表を参照する。

表3 プリント基板上のトラックの温度分類
(40℃の最高周囲温度内での)

最小トラック幅 mm	温度等級ごとの最大許容電流		
	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

注 最大許容電流の値は、単位A（アンペア）で表し、交流実効値又は直流である。

- ・この表は、厚さ1.6 mm以上で、厚さ33 μmの銅の単層をもつプリント基板に適用する。
- ・厚さ0.5 mm~1.6 mmの基板では、最大電流を1.2で除す。
- ・導電性トラックを両面にもつ基板では、最大電流を1.5で除す。
- ・多層基板の場合、対象とするトラック層の最大電流を2で除す。
- ・18 μm厚の銅では、最大電流を1.5で除す。
- ・70 μm厚の銅では、最大電流を1.3倍する。
- ・通常時又は故障時のいずれかにおいて、0.25 W以上の損失があるコンポーネントの下を通るトラックでは、最大電流を1.5で除す。
- ・通常時又は故障時のいずれかにおいて、0.25 W以上の損失があるコンポーネントの終端部であつて、導体に沿って幅1.00 mmの間は、トラック幅を3倍する、又は最大電流を2で除す。更に、トラックがコンポーネントの下を通るときは、0.25 W以上の損失があるコンポーネントの下を通るトラックの係数を適用する。
- ・周囲温度60℃以下では、最大電流を1.2で除す。
- ・周囲温度80℃以下では、最大電流を1.3で除す。

5.6.5 グループ III に対する本安機器及びコンポーネント温度

グループ III の本安機器の最高表面温度の決定は、第 1 編（総則）の温度測定に従って行う。測定は、本安機器に対しては、10%の安全率は適用せず、 U_i 及び I_i の規定値を用いて行う。

測定対象の温度は、粉じんと接触する本安機器の表面の温度とする。例として、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。

代替法として、コンポーネントの総合消費電力が表 4 に従い、かつ、連続短絡電流が 250 mA 未満であるときは、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。この本安機器は、T135 °C と表示する。

表 4 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

5.7 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、単一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、箇条 12 を除き、この編の該当する全ての要求事項を満たさなければならない。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、電圧及び/又は電流を制限及び/又は抑制する装置によっては、安全性を確保することはできない。
- 単純機器は、DC-DC コンバータのように、電圧又は電流を増幅する手段をもっていない。
- 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、6.3.13 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、6.2.1 に適合しなければならない。
- 非金属製容器及び軽金属を含有する容器は、爆発性雰囲気置かれたときに、静電気に関し、第 1 編（総則）に規定する外部非金属製材料に対する要求事項、並びに、金属の容器及び容器の部分（部品）に対する要求事項に適合しなければならない。
- 単純機器を爆発性雰囲気置くときは、最高表面温度を評価する。スイッチ、プラグ、ソケット及び端子を周囲温度 40 °C 以下で、定格内の本安回路で使用するときは、最高表面温度は 85 °C 未満となる。したがって、グループ II の用途では、温度等級 T6 とすることができる。これは、グループ I 及び III の用途にも適する。他の形式の単純機器については、最高温度は 5.6 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。

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。このような場合、専門家のアドバイスを求めるのがよい。

注記 2 単純機器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。

指針活用上の留意点

単純機器は IEC 規格では第一者認証の対象となっているが、わが国の検定制では第一者認証は認められていない。単純機器は電気機械器具に該当するため、わが国の場合、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

注記 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及び本安関連機器の特性だけに適用する。例えば、樹脂充填に関する要求事項は、樹脂充填が 6.3.5 又は 6.6 を満たすことを要求する場合だけに適用する。

6.1 容器

6.1.1 一般事項

湿気又は粉じんの侵入によって、又は導電部に接近することによって本質安全性を損なう可能性がある場合（例えば、回路が故障しない沿面距離を含む場合）は、容器が必要となる。

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 の機器に対しては、IEC 60529 に従って、保護等級 IP54 を要求する。

容器は、導電部への混触を保護するためのものと、固体の異物及び液体の侵入に対する保護を行うためのものとは、物理的に同等である必要はない。

容器の境界を形成する表面部の指定は、製造者の責任で行い、かつ、文書（箇条 13 参照）に明記する。

6.1.2 グループ I 又は II の機器に対する容器

6.1.2.1 一般事項

表 5 又は附属書 F の離隔距離を必要とする本安機器及び本安関連機器には、適宜、6.1.2.2 又は 6.1.2.3 の要求事項を満たす容器を備える。

6.1.2.2 表 5 に適合する機器

表 5 の分離の要求事項を満たす機器には、IEC 60529 に従い、IP20 又は使用目的及び環境条件に応じたより高い IP の要求事項を満たす容器を備える。

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、携帯機器については、第 1 編の落下試験を適用する。

6.1.2.3 附属書 F に適合する機器

表 F.1 又は表 F.2 の分離の要求事項を満たす機器には、汚損度 2 を達成するための保護を備える。これは、次のうちの一つによって達成できる。

- a) IEC 60529 に従い、使用目的及び環境条件に応じて、IP54 以上の要求事項を満たす容器。このような容器に対しては、表 1 で掲げる第 1 編（総則）の箇条を追加して適用する。
- b) IEC 60529 に従い、使用目的及び環境条件に応じて、IP20 以上の要求事項を満たす容器。ただし、分離を、タイプ 1 又はタイプ 2 のコーティング、樹脂充填又は固体絶縁物を介してなす場合に限る。この容器は、第 1 編の容器の試験にかける必要はない。ただし、携帯用機器については、第 1 編の落下試験を適用する。
- c) IP20 の要求事項を満たす容器及び設置上の制限。ただし、制限する設置上の要求事項を特定の使用条件として特定し、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、特定の使用条件に設置上の要求事項の制限を詳細に記している場合に限る。

6.1.3 グループ III の機器に対する容器

粉じんの侵入又は導電部へのアクセスによって、本安機器の本質安全性を損なう可能性があるとき（例えば、回路が故障を生じない沿面距離を含むとき）、容器は、次のいずれかによる。

- a) 分離を、表 5 又は附属書 F の絶縁空間距離又は沿面距離に対する要求事項を満たすことによって達成するとき、容器は、IEC 60529 に従って、IP5X 以上の保護等級とする。このような容器に対しては、6.1.2.3 a) を追加して適用する。
- b) 分離を、表 5 又は附属書 F のコーティング下の距離、充填物離隔距離又は固体絶縁物離隔距離に対する要求事項を満たすことによって達成するとき、容器は、IEC 60529 に従って、IP2X 以上の保護等級とする。容器は、第 1 編の容器に対する試験にかける必要はない。ただし、携帯機器については、第 1 編の落下試験を適用する。

グループ III の本安関連機器に対する容器は、6.1.2 の要求を満足しなければならない。

6.2 外部回路の接続端子部

6.2.1 端子

6.3 の要求事項を満たすことに加え、本安回路に対する端子は、次の a) 又は b) に示す一つ以上の方法によって、非本安回路に対する端子から分離する。

端子から外れた外部配線が導電部又はコンポーネントに接触するなどによって、本質安全性を損なう可能性がある場合にも、これらの分離手法を適用する。

注記 1 本安機器及び本安関連機器への外部回路の接続用の端子は、接続するときにコンポーネントが損傷しないように配置することが望ましい。

- a) 分離を距離によってなす場合、端子の裸導電部間の絶縁空間距離は 50 mm 以上とする。

注記 2 電線が外れた場合、回路間の混触が起きないように、端子の配置及び配線の方法を考慮することが望ましい。

- b) 別々の容器内に本安回路及び非本安回路を収納して端子間を分離する場合、又は共通のカバーをもつ端子間に、絶縁隔離板又は接地した金属隔離板のいずれかを使用することによって分離する場合、次を適用する。

- 1) 端子間を分離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、裸導電部間はどの方向にも 50 mm 以上離す。

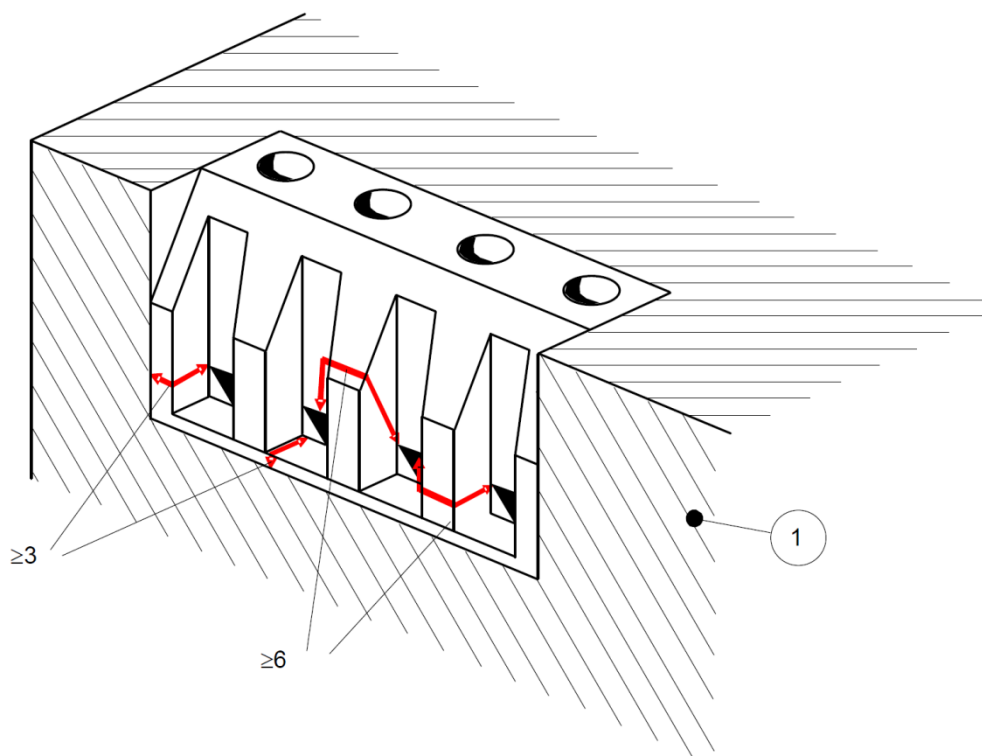
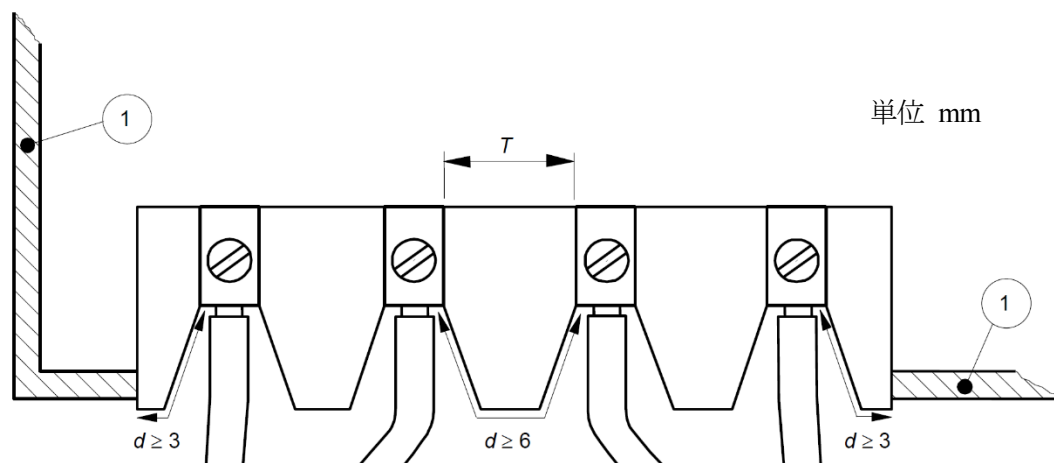
- 2) 金属隔離板は接地し、かつ、隔離板を現場に接続している間、損傷に耐えるに十分な強度及び剛性をもたなければならない。このような隔離板は、厚さ 0.45 mm 以上とするか、又はそれに満たない場合、10.6.3 に適合しなければならない。さらに、金属隔離板は、故障条件で溶け落ち、又は接地との接続を失うことがないように、十分な電流容量とする。
- 3) 非金属の絶縁隔離板は、適切な CTI 及び十分な厚さとし、その目的を損なう歪みが起きないように、確実に保持する。絶縁隔離板は、厚さ 0.9 mm 以上とするか、又はそれに満たない場合、10.6.3 に適合しなければならない。

異なる本安回路の端子の裸導電部間及び接地又は非接地の導電部までの絶縁空間距離及び沿面距離は、表 5 に示す値と同等以上とする。

異なる本安回路が存在する場合、外部接続端子の裸導電部間の絶縁空間距離は、次を満たさなければならない。

- － 異なる本安回路間は、6 mm 以上
- － 安全性の検討において地絡を考慮していない場合、接地した部分から 3 mm 以上

固体絶縁壁又は隔離板周囲の距離を測定するときは、図 1 を参照する。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。



IEC 1380/06

凡例：

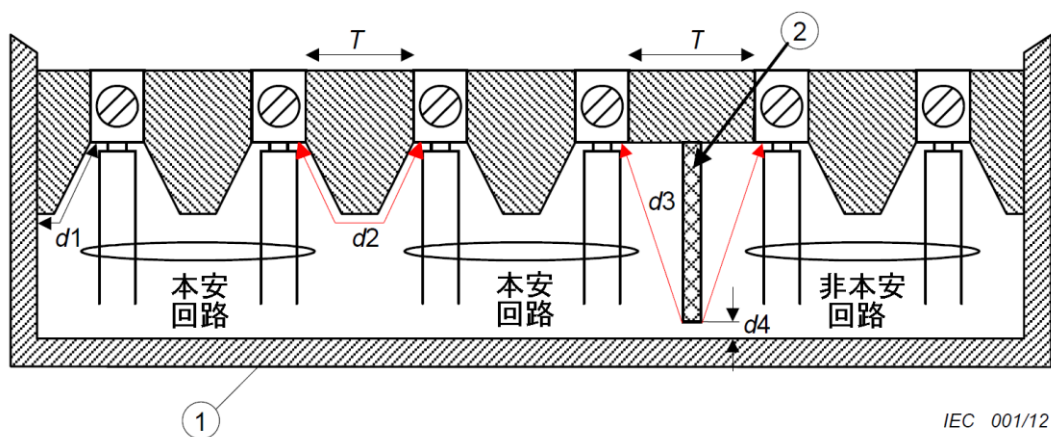
1 導電性カバー

T 6.3 に従う距離

d 6.2.1 に従う端子の外部接続端子部における絶縁空間距離

注記 表示の寸法は、図に示すように、絶縁部の周りの沿面距離及び絶縁空間距離であり、絶縁部の厚さではない。

図 1a 異なる本安回路につながる端子に対する距離の要求事項



IEC 001/12

凡例：

- 1 カバー：非導電性とする，又は，導電性とし接地する
- 2 6.2.1 b) に従う隔離板（この例では，ベースと同質のものとする，又はベースに固着する。）
- T 6.3 に従う距離
- $d1 \geq 3 \text{ mm}$ （カバーが導電性で接地している場合）
- $d2 \geq 6 \text{ mm}$
- $d3 \geq 50 \text{ mm}$ 又は $d4 \leq 1.5 \text{ mm}$

注記 表示の寸法は，図に示すように，絶縁部の周りの絶縁空間距離であり，絶縁部の厚さではない。

図 1b 隔離板の使用による本安端子及び非本安端子の分離の例

図 1 本安端子及び非本安端子の分離

6.2.2 プラグ及びソケット

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分離し，かつ，誤接続できない構造とする。

本安機器又は本安関連機器が，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，これらのプラグ及びソケットは，キー溝などによって接続できないようにする，又は，対となるプラグとソケットは，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。

プラグ又はソケットをあらかじめ電線付きでは製造しない場合，外部配線接続端子部は，6.2.1 に適合しなければならない。ただし，電線のより線が自由に動かないようにするために，接続に特別な工具を使用する必要がある場合（例えば，圧着端子を用いる場合），外部配線接続端子部は，表 5 だけに適合すればよい。

コネクタに接地回路を含み，本質安全防爆構造がその接地接続に依存する場合，コネクタは，6.5 に適合した構造とする。

6.2.3 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

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

出する。この式は、安全率 1.5 の電流を考慮しており、機器の出力端子に対する C_s が C_0 の 1 % を超えるときは、使用してはならない。

$$\frac{L_0}{R_0} = \frac{8eR_s + (64e^2R_s^2 - 72U_0^2eL_s)^{1/2}}{4.5U_0^2} \text{ H}/\Omega$$

ここで、記号等は、次による。

e : 火花試験装置の最小着火エネルギー (J) : (次参照)

- 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 : 電源端子に出現する最大インダクタンス値 (H)

C_s : 電源端子に出現する最大静電容量値 (F)

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 1 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。

注記 2 非線形電源に対する L_0/R_0 は、数個の L_0 及び R_0 を用いた試験回路を用いて、10.1 の火花点火試験を行い実験的に決定してもよい。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、確実に故障（機能失敗）を生じないような動きをするものがよい。

6.2.4 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的安全性を損なう可能性がある場合（例えば、ケーブル内に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、10.9 の引張試験を行う。

6.2.5 非危険場所にある本安機器に対する接続及びその附属品に関する要求事項

本安機器は、非危険場所だけで使用する外部配線接続端子部（例えば、データのダウンロード及びバッテリーの充電接続）を備えてもよい。これらの外部配線接続端子部には、本安機器内の安全コンポーネントの定格が 7.1 に適合することを確実にするための保護を施す。7.3 及び 7.5.2 に適合するヒューズで保護したシャント形ツェナー集成体を使用することは、電圧制限に対する十分な保護であるとみなす。

バッテリー充電器を接続するためにこれらの接続を設ける場合、7.4.9 も参照する。

保護回路機構及びコンポーネントは、本安機器又は非危険場所用の機器のいずれに設けてもよい。保護回路の一部を非危険場所用の附属品内に設ける場合、それをこの編に従って評価し、かつ、非危険場所用の附属品を文書に記載する。

これらの非危険場所で使用する接続に印加することができる最大電圧値 U_m は、文書に記載し、かつ、本安機器にも表示する。外部配線接続端子部の U_m は、他に表記がない限り、通常時の主電源電圧（交流 250 V など）とみなす。

注記 評価した機器であれば、 U_m を交流 250 V 未満としてもよい。

さらに、本安機器の回路が危険場所にあるとき、着火可能なエネルギーが非危険場所で使うための接続端子に伝達しないような手段を講じる。

注記 これらの要求事項は、製造、試験、修理又はオーバーホール中に製造者が接続部を使用するときには適用しない。

6.3 離隔距離

6.3.1 一般事項

離隔距離に対する要求事項は、6.3.2～6.3.14 に示す。離隔距離に対する代替評価方法は、附属書 F に示す。

6.3.2 導電部の分離

次の導電部は、本質安全防爆構造が分離に依存する場合、以降に規定する要求事項に適合しなければならない。

- － 本安回路と非本安回路との間
- － 異なる本安回路の相互間
- － 回路と接地又は絶縁金属部分との間

離隔距離は、導線又は導電部の可能な動きを考慮に入れて、測定及び評価する。製造上、離隔距離の 10 % 又は 1 mm のいずれか小さい方の値以下の離隔距離の短縮は許容する。製造上、離隔距離がその距離の 10 % 又は 1 mm のいずれか小さい方の値まで短縮されてもよい。

6.1.2.2, 6.1.2.3 又は 6.1.3 の条件において、表 5 又は附属書 F の値に適合する離隔距離は、故障の対象としない。

分離故障の故障モードは、短絡だけとする。

接地した金属（プリント基板のトラック又は隔離板など）が本安回路とその他の回路とを分離する場合、絶縁破壊して地絡することによっても本質安全防爆構造を損なうことなく、かつ、接地した導電部が故障条件で生じる最大電流を流すことができる限り、分離の要求事項は適用しない。接地したプリント基板のトラックが、分離を要求する導電性のトラックを分離する場合、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適用する。十分な高さをもつ接地した金属隔離板が、分離を要求するコンポーネント間での放電を防止しているときは、絶縁空間距離の要求事項は適用しない。

注記 1 例えば、回路と接地した金属部分との間又は回路と絶縁した金属部分との間の短絡によって電流制限抵抗器をバイパスする場合、本質安全防爆構造は、これらの分離に依存する。

接地した金属隔離板は、損傷しないように十分な強度及び剛性を持ち、かつ、故障条件で溶け落ち、又は接地との接続を失わないように十分な厚さ及び電流容量をもたなければならない。隔離板は、厚さ 0.45

mm 以上とし、かつ、装置の接地した金属部分に堅固に取り付ける、又は、厚さ 0.45 mm 未満の場合、10.6.3 に適合しなければならない。

厚さ 0.9 mm 以上の絶縁隔離板、又は、厚さ 0.9 mm 未満で 10.6.3 に適合する非金属製の絶縁隔離板であって、表 5 に従う適切な比較トラッキング指数 (CTI) をもつものを導電部間に設置する場合、絶縁空間距離、沿面距離及び他の離隔距離は、隔離板の周囲で測定する。

注記 2 評価の方法は、附属書 C に示す。

6.3.2.1 表 5 に従う距離

保護レベル“ia”及び“ib”については、より短い離隔距離（表 5 に規定する値未満かつその値の 1/3 以上）の場合、これによって本質安全性を損なうときは、数えられる短絡故障を生じるとみなす。

保護レベル“ia”及び“ib”については、離隔距離が表 5 に規定する値の 1/3 未満の場合、これによって本質安全性を損なうときは、数えられない短絡故障を生じるとみなす。

保護レベル“ic”については、離隔距離が表 5 に規定する値未満の場合、これによって本質安全性を損なうときは、短絡とみなす。

6.3.2.2 附属書 F に従う距離

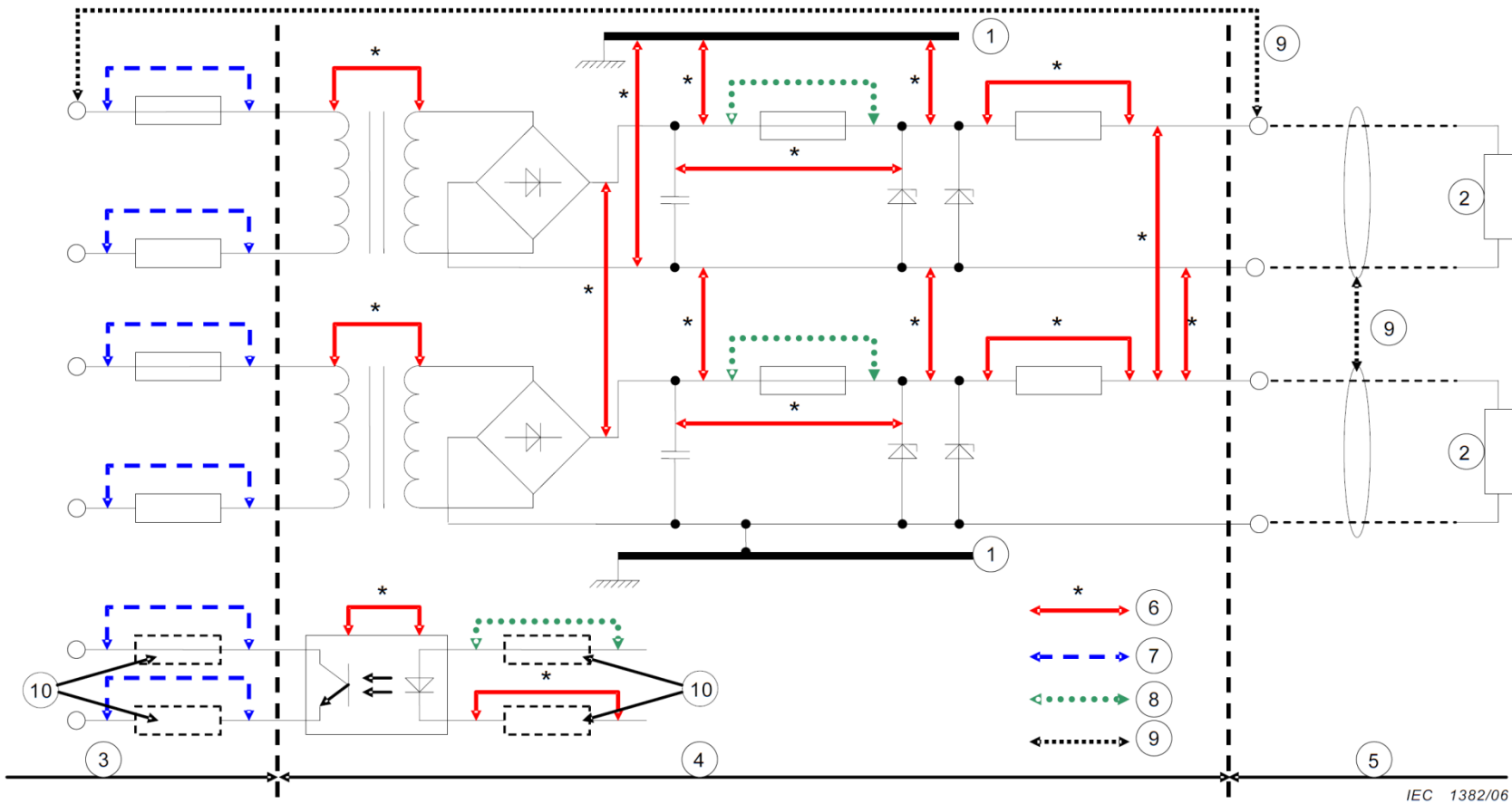
保護レベル“ia”及び“ib”については、離隔距離が附属書 F に規定する値未満の場合、これによって本質安全性を損なうときは、F.3.1 に示す故障とみなす。

保護レベル“ic”については、離隔距離が附属書 F に規定する値未満の場合、これによって本質安全性を損なうときは、短絡とみなす。

表 5 絶縁空間距離, 沿面距離及び離隔距離

1 電圧 (波 高値) V	2 絶縁空間距離 mm		3 充填物離隔距離 mm		4 固体離隔距離 mm		5 沿面距離 mm		6 コーティング下の 距離 mm		7 比較トラッキング 指数 (CTI) ^{a)}	
	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
3.3 k		18.0	9.0		4.5			32.0				
4.7 k		22.0	12.0		6.0			50.0				
9.5 k		45.0	20.0		10.0			100.0				
15.6 k		70.0	33.0		16.5			150.0				

^{a)} 絶縁材料のCTI要求事項に適合する根拠は, 製造者が提供する。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。



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5又は附属書Fが適用できる寸法 | 7 一般の工業規格が適用できる寸法 | |
| 8 7.3 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の出力端子と非本安回路の出力端子との間についての6.2.1 に従う寸法 | | |
| 10 8.9 に従って適用可能な保護用コンポーネント | | | |

図2 導体間の分離の例

6.3.3 導電部間の電圧

表 5 又は附属書 F を使用するときを考慮する電圧は、検討する回路の本質安全防爆構造に対し分離が影響を及ぼす 2 箇所の導電部間の電圧とする。例として、本安回路と次の箇所との間の電圧がある（図 2 参照）。

- － 本安回路の一部であるが、本安回路ではない部分
- － 非本安回路
- － 他の本安回路

考慮する電圧値は、該当する次のいずれか一つとする。

- a) 機器内でガルバニック分離した二つの回路に対しては、その回路間に考慮する電圧値は、二つの回路がある一点でつながったときに分離した部分に生じる最高電圧とし、次のいずれかから得る。
 - － 両回路の定格電圧
 - － 両回路に安全に供給でき、製造者が指定する最大電圧
 - － 同一機器内で生成する電圧

電圧値の一つが他方の 20%未満の場合、その値は無視する。主電源の電圧値は、電源の許容誤差を考慮しない。これらの正弦波電圧に対しては、ピーク値は、次式から求める。

$$\sqrt{2} \times \text{定格電圧の実効値}$$

- b) 一つの回路の二つの部分間：それらの回路のいずれか一方の部分で発生できる電圧の最大ピーク値。これは回路に接続した異なる電源の電圧値の合計でもよい。電圧値の一つは、それがもう一つの電圧値の 20%未満の場合、無視してもよい。

該当する場合、全てのケースで、最大値を求めるために、箇条 5 の故障条件で発生する電圧を用いる。

いかなる外部電圧も、外部配線接続端子部から入るとした U_m 又は U_i の値をもつと仮定する。回路を開放する保護装置（例えば、ヒューズ）の前に存在するかもしれない過渡電圧は、沿面距離を評価するときには考慮しないが、絶縁空間距離を評価するときには考慮する。

6.3.4 絶縁空間距離

6.3.2 の要求事項を満たさない絶縁隔離板は無視する。その他の絶縁部分は、表 5 の第 4 列に適合しなければならない。

ピーク値が 1,575 V を超えるときは、絶縁隔離板又は接地した金属隔離板を間に設ける。隔離板は、いずれの場合も、6.3.2 に適合しなければならない。

6.3.5 充填物離隔距離

充填材は、6.6 の要求事項を満たさなければならない。充填を要求する部分に対しては、充填した導電部及びコンポーネントと充填材の自由表面との間の最小離隔距離は、表 5 の第 3 列に示す値の 1/2 以上、かつ、1 mm 以上とする。充填材が、表 5 の第 4 列に適合する固体絶縁材料の容器に直接接触する場合、その他の分離は要求しない（図 D.1 参照）。

充填した回路の絶縁は、6.3.13 に適合しなければならない。

7.1 に従って使用し、内部の絶縁空間距離及び充填を介した距離が定義されていない充填又はハーメチックシールしたコンポーネントの故障（機能失敗）（例えば、半導体）は、一つの数えられる故障とみなす。

注記 詳細な情報は、附属書 D に示す。

6.3.6 固体離隔距離

固体絶縁物は、押出し又はモールド成形しているが、注入成形 (pouring) はしていない絶縁物である。絶縁物は、離隔距離が表 5 又は附属書 F に従う場合、6.3.13 に適合する耐電圧性能をもたなければならない。絶縁した配線に流す最大電流は、電線の製造者が指定した定格以下でなければならない。

注記 1 絶縁物を、二つ以上の電気絶縁材料をしっかりと接着して作った場合、その複合材は、固体とみなしてもよい。

注記 2 この編の目的に対し、事前に製造されたものを固体絶縁とみなす。(例えば、シート、スリーブ、又は配線上のゴム製の絶縁物)

注記 3 ワニス及び類似のコーティング材は、固体絶縁とはみなさない。

注記 4 プリント基板の中間層の隣接トラック間の分離は、固体離隔距離とみなす。

6.3.7 複合隔離距離

表 5 に適合する分離が、複合隔離距離 (例えば、空気と絶縁物とを組み合わせたもの) の場合、分離の総計は、全ての分離を、表 5 の対応する列から得て算出する。60 V の例は、次のとおりである。

絶縁空間距離 (第 2 列) = 6 × 固体離隔距離 (第 4 列)

絶縁空間距離 (第 2 列) = 3 × 充填物離隔距離 (第 3 列)

等価絶縁空間距離 = 実際の絶縁空間距離 + (3 × 加算可能な充填物離隔距離) + (6 × 加算可能な固体離隔距離)

保護レベル“ia”及び“ib”においては、故障しない分離について、上記の結果は、表 5 に規定する絶縁空間距離の値未満であってはならない。

表 5 に定める関連する値の 1/3 未満の絶縁空間距離又は離隔距離は、計算上は無視する。

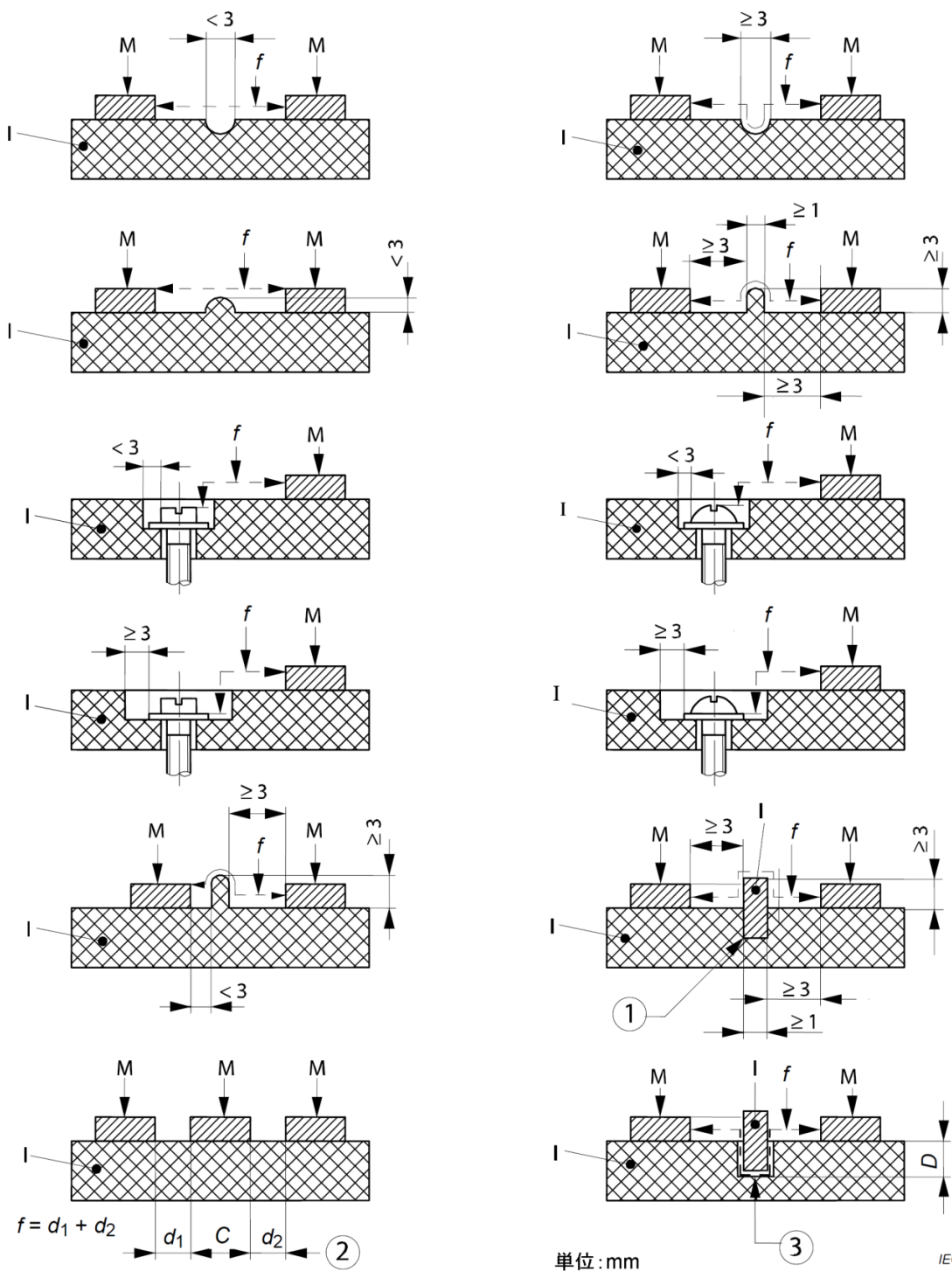
保護レベル“ic”においては、上記の結果は、表 5 に規定する絶縁空間距離の値未満であってはならない。

6.3.8 沿面距離

表 5 の第 5 列に規定する沿面距離に対しては、該当する場合、IEC 60112 に従って測定した最小の比較トラッキング指数 (CTI) を規定する絶縁材料は、表 5 の第 7 列又は附属書 F に適合しなければならない。それらの距離を測定又は評価する手法は、図 3 に従う。

接合部を固着している場合、固着材は、それらと隣接する材料と同等の絶縁特性をもたなければならない。

より短い距離の加算によって沿面距離を構成する場合 (例えば、導電部が間に入っている場合)、各距離が表 5 の第 5 列の該当する値の 1/3 未満のときは、沿面距離の計算には入れない。ピーク値が 1,575 V を超えるときは、絶縁隔離板又は接地した金属隔離板を間に設ける。いずれの場合においても、隔離板は 6.3.2 に適合しなければならない。



IEC 1383/06

凡例:

f 沿面距離

M 金属

I 絶縁材料

1 固着した接合部

2 中央の金属は電氣的に接続していない

3 固着していない接合部, 隔離板の露出高さ $> D$

図3 沿面距離の決定

6.3.9 コーティング下の距離

コンフォーマルコーティングは、湿気や汚染の侵入に対して対象の導体間の経路を密閉し、かつ、長期間にわたって破損しない効果的な密閉とする。コーティングは導電部及び絶縁材料に密着しなければならない。コーティングをスプレーによって行う場合、2 回行う。

はんだマスクだけでは、コンフォーマルコーティングとみなさないが、はんだ付け中に損傷が生じない限り、追加コーティングを付与するときに、二つのコーティングのうちの一つとして受け入れてよい。その他のコーティング（例えば、浸漬コーティング、はけ塗り又は真空含浸）は一層でもよい。IEC 60664-3 に従う Type 1 のコーティング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、追加のコーティングは必要としない。製造者は、これらの要求事項への適合の根拠を提示しなければならない。

注記 1 製造者のコーティング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。

基板のコーティングに使用する手法は、第 1 編（総則）の文書の要求事項に従って、文書内に規定する。導電部（例えば、はんだ付けした接合部及び部品のリード）が突き出るのを防ぐのに適切なコーティングであるとみなす場合、このことを文書内に示し、試験によって確認する。コーティング内の距離は、表 5 の第 6 列に適合しなければならない。

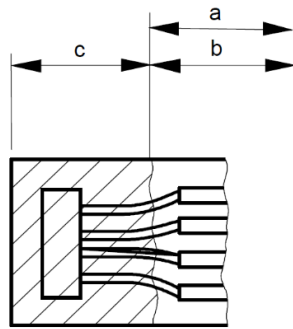
裸導電部又は導電部がコーティングから突き出て露出する場合、表 5 の第 7 列若しくは表 F.2 の第 7 列、又は F.3.1 に規定する材料グループの比較トラッキング指数（CTI）を絶縁物及びコーティングに適用する。

注記 2 コーティング下の距離の概念は、平らな表面（例えば、ノンフレキシブルプリント基板）を想定している。フレキシブルプリント基板には、亀裂を生じない適切な弾力性のあるコーティングをするのがよい。この方法から大幅にかい（乖）離する場合、特別な検討が必要である。

6.3.10 実装プリント基板に対する要求事項

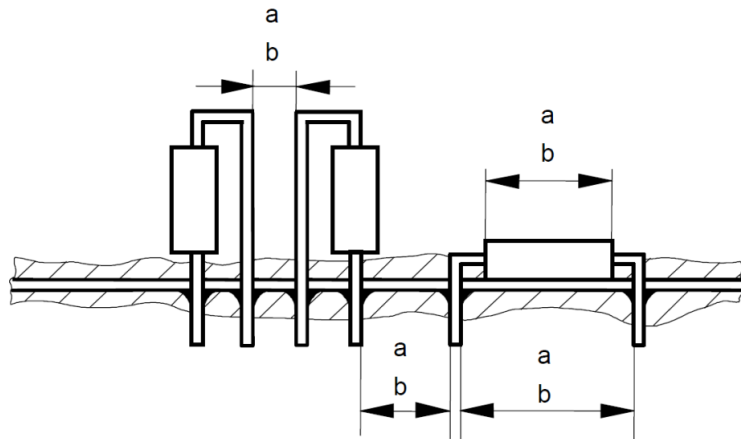
沿面距離及び絶縁空間距離が機器の本質安全性に影響を与える場合、プリント基板は、次に適合しなければならない（図4参照）。

- a) プリント基板を、6.3.9 に従うコンフォーマルコーティングによって被覆する場合、6.3.4 及び 6.3.8 の要求事項は、コーティングの外側に存在する導電部だけに適用する。これには、次のものが含まれる。
 - ・コーティングからはみ出ているトラック
 - ・片面だけコーティングしたプリント基板のコーティングしていない面
 - ・コーティングからはみ出る可能性があるコンポーネントの裸導電部
- b) 6.3.9 の要求事項は、回路又は回路の一部に適用し、かつ、コーティングが接続ピン、はんだ接合部及びコンポーネントの導電部を覆うときは、実装済コンポーネントにも適用する。
- c) コンポーネントをプリント基板上のトラックの上方、又は、トラックに隣接して実装する場合、次のいずれかの場合を除き、コンポーネントの導電部分とトラックとの間で、数えられない故障が生じるとみなす。
 - 1) コンポーネントの導電部とトラックとの間の分離が 6.3.2 に従う。
 - 2) 故障（機能失敗）が、結果として厳しい条件とはならない。



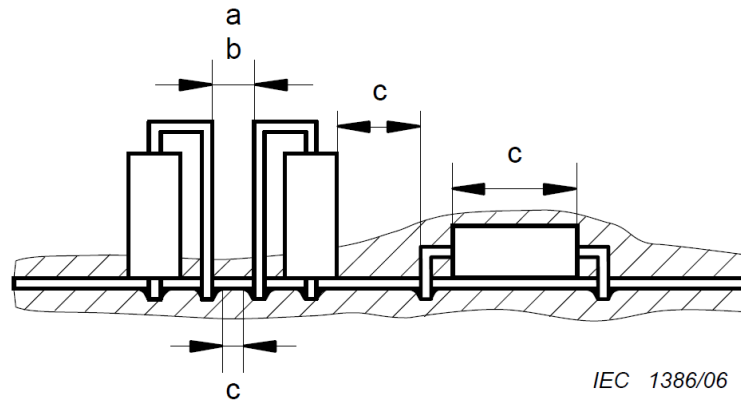
IEC 1384/06

図 4a 部分的にコーティングした基板



IEC 1385/06

図 4b はんだ付けした部分が突き出た基板



IEC 1386/06

図 4c はんだ付けした部分を折り曲げ又は切除した基板

注記 コーティングの厚みは、正確な縮尺率ではない。

凡例：

a 6.3.4の絶縁空間距離の要求事項を適用

b 6.3.8の沿面距離の要求事項を適用

c 6.3.9のコーティング下の距離の要求事項を適用

図 4 プリント基板上の沿面距離及び絶縁空間距離

6.3.11 接地したスクリーンによる分離

回路間又は回路の部分間の分離を接地した金属スクリーンによって行う場合、このスクリーン及びスクリーンへのいかなる接続も、箇条 5 に従って連続的に流す可能性がある最大許容電流を流すことができなければならない。

その接続をコネクタを介して行う場合、コネクタは、6.5 に適合しなければならない。

6.3.12 内部配線

内部配線の導体を覆う絶縁（ワニス及び同様のコーティングを除く。）は、固体絶縁物とみなす（6.3.6 参照）。

導線の分離距離は、分離した電線、又はそれらをケーブル状にしたもの若しくはそれらをケーブル内に収めたもののいずれについても、隣り合わせに並ぶ電線上の押出し成形した絶縁体の径方向の厚さを加算して決定する。

本安回路の芯線導体と非本安回路の芯線導体との間の距離は、次のいずれか一つを適用する場合を除き、6.3.7 の要求事項を考慮して、表 5 の第 4 列に従わなければならない。

— 本安回路又は非本安回路のいずれかの芯線が、接地したスクリーンに囲まれる場合

— 保護レベル“ib”及び“ic”の機器内で、本質安全の芯線の絶縁体が、10.3 に従って試験したとき、交流の実効値 2,000 V の試験電圧に耐える場合

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手法の一つとして、芯線上を絶縁スリーブで覆う方法がある。

6.3.13 耐電圧の要求事項

本安回路と、接地する電気機器のフレーム又はコンポーネントとの間の絶縁は、本安回路の電圧の 2 倍の電圧（交流実効値）、又は 500 V（実効値）のいずれか大きい値で試験したとき、10.3 の規定に適合しなければならない。回路がこの要求事項を満たさない場合、機器に記号 X を表示し、文書に正しい据付けに必要な情報を記載する。

本安回路—非本安回路間の絶縁部は、 $2U+1,000$ V の試験電圧（交流実効値）（最小 1,500 V（実効値））に耐えなければならない。ここで、 U は、本安回路及び非本安回路の電圧（実効値）の和である。

異なる本安回路間の絶縁破壊によって不安全状態が生じる可能性がある場合、これらの回路間の絶縁部は、 $2U$ の試験電圧（交流実効値）（最小 500 V（実効値））に耐えなければならない。ここで、 U は、考慮する回路の電圧（実効値）の和である。

6.3.14 リレー

リレーのコイルを本安回路に接続する場合、通常動作時の接点はリレーの製造者が定める定格を超えてはならず、かつ、公称値 5 A（実効値）、250 V（実効値）又は 100 VA を超えて開閉してはならない。接点によって開閉する値がこれらの値を超えるが、10 A 又は 500 VA を超えない場合、表 5 の電圧値に対する沿面距離又は絶縁空間距離の値を 2 倍する。

表 5 の中の更に高い電圧に対しては、本安回路及び非本安回路は、それらを 6.3.2 に適合する接地金属バリア又は絶縁バリアによって分離している場合に限り、同じリレーに接続する。これらの絶縁バリアの寸法は、リレーの動作から生じるイオン化によって、一般に、表 5 に示す値を超える沿面距離及び絶縁空間距離を要求することを考慮する。

リレーが本安回路内に接点をもち、かつ、他の接点を非本安回路内にもつ場合、本質安全の接点と本質安全ではない接点とは、表 5 及び 6.3.2 に適合する絶縁バリア又は接地金属バリアで分離する。リレーは、破損又は損傷した接点がずれて、本安回路－非本安回路間の分離を損なうことがないように設計する。

代替法として、リレーの分離は、周囲の状況及び附属書 F に示す適用可能な過電圧カテゴリを考慮に入れて、附属書 F を適用して評価してもよい。この場合、上記の接地金属バリア又は絶縁バリアに対する要求事項にも適用する。リレーの密閉容器に絶縁バリア又は接地金属バリアを作り付けている場合、10.6.3 は、リレーの密閉容器には適用するが絶縁バリア又は接地金属バリア自体には適用しない。

6.4 逆接続に対する保護

本安機器への電源供給又はバッテリー内のセル間の接続を逆極性とした結果、防爆性を損なうときは、これを防ぐために、本安機器内には保護を施す。この目的のために、単一のダイオードを許容する。

6.5 接地用の導体、接続及び端子

本質安全防爆構造を維持するために、容器、導電体、金属スクリーン、プリント基板のトラック、プラグインコネクタの分離接点及びダイオード形安全保持器等の接地を要求するときは、この目的のために使用する導体、コネクタ及び端子は、簡条 5 に規定する条件で流れる電流を連続最大許容電流とした断面積とする。コンポーネントは、簡条 7 にも適合しなければならない。

コネクタが接地回路をもち、本質安全防爆構造がその接地回路に依存する場合、“ia”機器では三つ以上、“ib”機器では二つ以上の独立した接続素子（ピン）でコネクタを構成する（図 5 参照）。これらの接続素子は、並列に接続する。コネクタを斜めに取り外すことができるときは、コネクタの各端又はその近くで接続を維持しなければならない。

端子は、それ自体が緩まないように実装部に固定し、導体が本来の位置から脱落することがない構造とする。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。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。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。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）の要求事項に適合する端子は、これらの要求事項に適合するとみなす。

次のものは、使用してはならない。

- a) 導体を損傷させるおそれのある鋭い角をもつ端子
- b) 通常の締め付けによって、回る、ねじれる又は永久変形するおそれのある端子
- c) 端子内の接触圧を伝える絶縁材料

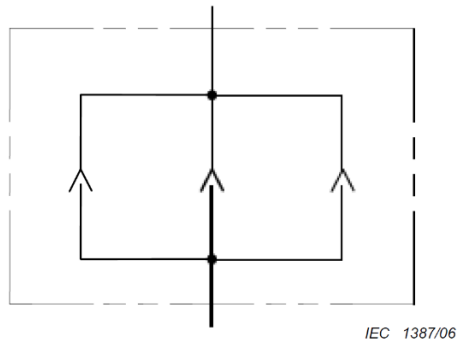


図 5a 三つの独立した接続素子の例

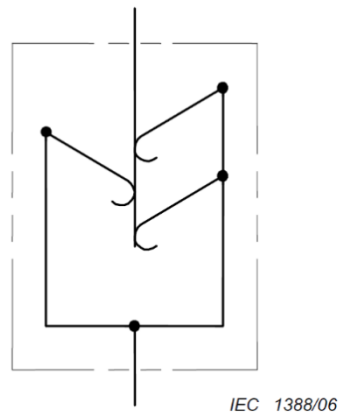


図 5b 独立していない三つの接続素子の例

図 5 独立した接続素子及び独立していない接続素子の例

6.6 樹脂充填

6.6.1 一般事項

本安機器においては、樹脂充填した導電部及び／又はコンポーネント及び／又はコンパウンドから突き出た露出部に接続する全ての回路は、本質安全防爆構造とする。コンパウンド内の故障状態は評価するが、内部での火花点火の可能性は考慮しない。

本安関連機器においては、充填内の故障状態を評価する。

樹脂充填した導電部及び／又はコンポーネント及び／又はコンパウンドから突き出た露出部に接続する回路が本質安全防爆構造ではない場合、これらの回路は、第 1 編（総則）に掲げる他の防爆構造によって保護する。

樹脂充填には、キャストイング、モールドイング又は注入法（pouring）が適用できる。

樹脂充填を用いる場合、次に適合しなければならない。さらに、該当する場合、充填工程で使用する成型箱（ポットイングボックス）又は容器の部分（部品）にも適用する。

- a) 充填材の製造者又は機器の製造者が指定した温度定格であって、樹脂充填した状態でコンポーネントが到達する最高温度以上の温度定格をもつ。

- b) 充填樹脂の温度定格を超える温度であっても、それが充填樹脂の性能を損なわない場合、許容する。充填樹脂の温度が、その連続運転温度 (COT) を超えるときは、充填樹脂には、本質安全防爆構造を損なうおそれのある目に見える損傷 (例えば、充填樹脂の亀裂、充填した部分の露出、剥離、許容できない収縮、膨張、分解又は軟化など) があってはならない。さらに、充填樹脂は保護に悪影響を及ぼすような、過熱の兆候を示してはならない。
- c) 裸導電部が充填部から突出している場合、その表面上の CTI 値は、表 5 又は附属書 F で規定した値以上である。
- d) 露出しかつ保護されずに容器の一部を構成する表面をもつ材料は、10.6.1 の試験に適合しなければならない。
- e) 全ての導電部、コンポーネント及び基板が充填材によって完全に覆われている場合を除き、それらに接着する。
- f) 充填材には、ボイドがあってはならない。ただし、自由空間を含むコンポーネント (トランジスタ、リレー、ヒューズ等) の充填は、許容する。
- g) (樹脂充填を) 充填材の製造者が示す一般名称及び型式で指定している。

注記 更なる手引き (ガイダンス) は、附属書 D に示す。

6.6.2 爆発性雰囲気排除に使用する充填材

キャストリングをコンポーネント及び本安回路から爆発性雰囲気排除のために使用する場合、充填材は、6.3.5 に適合しなければならない。

モールディングをコンポーネント及び本安回路から爆発性雰囲気排除のために使用する場合、充填材の表面の最小厚さは、表 5 の第 4 列に適合しなければならない (図 D.3a 及び D.3b 参照)。

本安機器内で、高温のコンポーネント (例えば、ダイオード、抵抗器) の点火能力を減少させるために充填材を使用する場合、充填材の量及び厚さは、充填材の最高表面温度を目標とする値まで減少するために十分なものでなければならない。

注記 6.6.2 の適用例は、ヒューズ、外部への影響を抑制するコンポーネントをもつ圧電素子、及び外部への影響を抑制するコンポーネントをもつエネルギー蓄積素子である。

7 安全保持部品

7.1 コンポーネントの定格

保護レベル“ia”及び“ib”においては、通常動作時及び箇条 5 に示す故障条件の適用後、安全保持部品は、実装状態及び定められた温度範囲において、最大電流、最大電圧及び最大電力定格の 2/3 を超えて動作してはならない。“ic”機器においては、通常動作時、安全保持部品は、最大電流及び最大電圧を超えて、かつ、最大電力定格の 2/3 を超えて動作してはならない。これらの最大定格値は、安全保持部品の製造者が指定した通常の商用定格とする。

保護レベル“ia”、“ib”及び“ic”においては、変圧器、ヒューズ、サーマルトリップ、リレー、フォトカップラ及びスイッチは、正常に機能するために、通常定格で使用することを許容する。

安全保持部品の定格を決定するときは、実装条件、周囲温度又は他の環境的な影響による効果、及び第 1 編 (総則) の使用時到達温度の要求事項を考慮する。例えば、半導体の電力損失は、その半導体の最大許容ジャンクション温度に到達する個々の実装条件での電力の 2/3 以下とする。

充電、所定の保守作業、データのダウンロード操作などのために、安全保持部品を非危険場所で使用する他の機器に接続する場合、その安全保持部品の定格は、本安機器に適用する必要がある故障を含み、前述(の三つのパラグラフ)と同じとする。

使用者がアクセスできず、製造時、修理又はオーバーホール中だけに使用するインサーキットプログラミングのコネクタには、この箇条の要求事項は適用しない。

コンデンサからの放電を防止するために、抵抗器とコンデンサとを直列に接続する場合、抵抗器は、数値上 CU^2 に等しい電力 (W) を消費するとみなす。ここで、 C は静電容量 (F)、 U は電圧 (V) である。

安全率を適用する電圧及び電流などのパラメータを決定するためのコンポーネント及びコンポーネントの集成体の詳細な試験及び分析は、5.2 及び 5.3 での安全率が詳細な試験又は分析を不要にしているため行わない。例えば、製造者が 10 V+10% と指定したツェナーダイオードは、温度上昇による電圧上昇のような影響を考慮する必要はなく、最大値 11 V とみなす。

7.2 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、同一の電気機器内で誤接続できず、又は他のコネクタと互換性がない設計とする。ただし、誤接続しても不安全状態となることがない場合、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。

本質安全防爆構造が接続に依存する場合、接続の開路故障は、箇条 5 に従い、数えられる故障とする。

コネクタが接地した回路を内蔵し、防爆構造がその接地接続に依存する場合、コネクタは、6.5 に従って構築する。

7.3 ヒューズ

ヒューズを他のコンポーネントを保護するために使用する場合、1.7 倍の I_n が連続的に流れることを想定する。指定した最低周囲温度でのヒューズのコールドレジスタンスは、電流制限の目的では、8.5 に適合する故障しない抵抗器としてみなしてよい。(利用可能な情報がない場合、10.4 で要求する 10 個のサンプルで測定するとき、この値は、規定した最低周囲温度での最小抵抗値とみなしてもよい。) ヒューズの時間-電流特性は、保護するコンポーネントの過渡定格を超えないことを確実にしなければならない。ヒューズの時間-電流特性が製造者のデータから入手できない場合、10 個以上のサンプルを用いて、10.4 に従って型式試験を行う。この試験は、サンプルが、 U_m をヒューズに印加したときに発生するあらゆる過渡値の 1.5 倍に耐える性能をもつことを示すものである。

機器保護レベル“ia”及び“ib”のためのヒューズ（爆発性雰囲気設置し、電流が流れる）は、6.6 に従って樹脂充填する。

保護レベル“ic”のためのヒューズの溶断は、熱的発火の対象とはしない。

ヒューズを樹脂充填するとき、充填材がヒューズの内部に侵入してはならない。この要求事項は、サンプルを 10.6.2 に従って試験する、又はヒューズが樹脂充填に適していることを確認するヒューズ製造者が発行する宣言書のいずれかによって満たす。代替法として、樹脂充填を行う前に、ヒューズをシールすることでもよい。

コンポーネントの保護に使用するヒューズは、機器の容器を開けたときだけ交換できるようにする。交換可能なヒューズについては、その型番及びヒューズの定格 I_n 又は本質安全性上重要な特性をヒューズの直近に表示する。

ヒューズは、表 5 に適合しなくてもよいが、 U_m （又は、本安機器及び本安回路における U_i ）以上の定格電圧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しては一般工業規格を適用し、かつ、ヒューズ接続のための配線を含む実装方法が、ヒューズ及びヒューズホルダがもつ絶縁空間距離、沿面距離及び離隔距離を減少させてはならない。本質安全性を要求する場合、回路の他の部分との距離は 6.3 に適合しなければならない

注記 1 IEC 60127 に適合するマイクロヒューズは使用できる。

ヒューズは、それを実装する回路の最大固有電流以上の遮断容量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、固有電流は交流 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 248-1 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。

注記 2 より高い電圧下など、設置によっては、より大きな固有電流が現れることがある。

固有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、電流制限装置を必要とする場合、この電流制限装置は、箇条 8 に適合する故障しないものでなければならず、かつ、その定格値は、次に示す値以上とする。

- － 電流定格 $1.5 \times 1.7 \times I_n$
- － 電圧定格 U_m 又は U_i
- － 電力定格 $1.5 \times (1.7 \times I_n)^2 \times$ 制限素子の最大抵抗値

電流制限抵抗器をまたぐ沿面距離及び絶縁空間距離、並びにそれらを接続するトラックは、 $1.7 \times I_n \times$ （電流制限抵抗器の最大抵抗値）で得られる電圧を用いて計算する。過渡電圧は考慮しない。抵抗器と回路の他の部分との間の離隔距離は、6.3 に適合しなければならない。

7.4 一次及び二次セル及びバッテリー

7.4.1 一般事項

第 1 編（総則）の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、本質安全性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。

注記 1 第 1 編のバッテリーの並列バッテリーに対する要求事項は、セル及びバッテリーを、第 1 編に掲げる防爆構造のいずれかによって保護している場合を除き、本安関連機器のセル及びバッテリーには適用しない。

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。このような爆発で本質安全性を損なうおそれがある場合、セル及びバッテリーの製造者は、これらのセル及びバッテリーを特定の本安機器又は本安関連機器で使用しても、安全であることを確認しなければならない。実施可能であれば、文書及び機器への表示によって、遵守すべき安全対策について注意喚起する。

注記 2 UL1642, IEC 62133 又は関連する他の安全規格の要求事項に適合するセルは、この要求事項を満たしているとみなしてよい。

使用者によるバッテリー交換を意図する場合、機器には、12.3 a) に規定する警告ラベルを表示する。

注記 3 セル又はバッテリーの製造者が、しばしば人員の安全のための注意事項を規定していることに注目すること。

セル又はバッテリーを危険場所の中で再充電しなければならない場合、充電回路は、本安機器の一部とし

て完全に指定する。充電システムは、5.2、5.3 又は 5.4 に従った故障を適用する場合においても、その充電電圧及び充電電流は、製造者の指定する制限値以下とする。

注記 4 充電器自体を危険場所で使用する場合、使用場所に適した防爆構造を採用することが望ましい。

7.4.2 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、10.5.3 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) ガス密封形セル又はバッテリー

b) 制御弁式ガス密閉形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ド）、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ジング、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 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。

7.4.3 電解液の漏れ及び換気

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、又は電解液が安全保持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。セル及びバッテリーは、10.5.2 に従って試験を行う、又は、セル又はバッテリーの製造者から、その製品が 10.5.2 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、樹脂充填の後に、10.5.2 に従って試験を行う。

機器が充電式のセル又はバッテリーを実装する場合、バッテリーの製造者は、バッテリー収納容器の自由空間の水素濃度が体積分率 2 %を超えないことを実証する、又は、排出ガスが、電気若しくは電子コンポーネント又は接続を内蔵する機器の容器内に侵入しないように、全てのセルにガス抜き穴を設ける。代替法として、機器が保護レベル“ia”又は“ib”、及び機器グループ 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。

再充電可能又は再充電不可能なセルは、バッテリー内部の大気圧を超える圧力は、30 kPa 以下でなければならない。シールしたバッテリーコンテナは、10.5.4 に従って試験を行う。

注記2 これは、通気口によって達成してもよい。

注記3 シールしたセルでは、より高い圧力を許容できるが、各セルには圧力逃がし装置を備える、又はセルの製造者が定めたセルに含むことができる値まで圧力を制限する手段を備えることが望ましい。

7.4.4 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、10.4 に従って、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。

7.4.5 セル又はバッテリーの内部抵抗

要求する場合、セル又はバッテリーの内部抵抗を10.5.3 に従って決定する。

7.4.6 本安防爆構造以外の防爆構造機器に内蔵するバッテリー

注記1 この箇条は、耐圧防爆構造（又は他の防爆構造）によって保護しているが、主電源を切り、爆発性雰囲気内で容器を開けるときの、本質安全防爆を必要とするバッテリー及び本安関連回路を内蔵する機器に関するものである。

バッテリーのハウジング又はバッテリーを機器に装着する手段は、機器の本質安全性に悪影響を及ぼすことなく、バッテリーを設置及び交換できるように構成する。

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、7.1 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、7.1 に従う定格をもつ単一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。

注記2 電流制限デバイスがバッテリー出力の安全性を確保するために必要となる場合でも、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。

7.4.7 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、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性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。

7.4.8 爆発性雰囲気中で使用し、爆発性雰囲気中で交換しないバッテリー

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素子を必要とし、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、7.4.7 に従って保護する。又は、代替法として、特別なねじ（例えば、第1編（総則）に定める特殊締め付けねじ）で締め付けた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) セル又はバッテリーのハウジング，又は（セル又はバッテリーの）機器への装着手段は，機器の本質安全性を損なうことなく，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性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，12.3 b) 又は d) に規定する警告ラベルを表示する。

7.4.9 バッテリー充電用の外部接点

充電用外部接点をもつセル又はバッテリーの集成体は，短絡を防ぐ手法を備える，又は，接点間で予期しない短絡が生じて，点火能力のあるエネルギーが接点へ伝達しないように，セル及びバッテリーを保護する手法を備える。これは，次の手法のいずれかによって達成する。

- a) この編に従って出力を制限する。
- b) グループ II の本安機器では，IP30 以上の保護等級の容器によって充電回路を適切に保護し，12.3 c)（又は第 1 編（総則）の警告表示の表の文章の項目 b)）に定めるような警告ラベルを表示する。充電用接点間の離隔距離は，バッテリーの開路電圧を考慮して，6.3 に適合しなければならない。

7.5 半導体

7.5.1 過渡的影響

本安関連機器内の半導体素子は，交流電圧のピーク値及び直流電圧の最大値（ U_m ）を，故障を生じない直列抵抗で除した値（電流）に耐えなければならない。

本安機器においては，機器内部及びその機器用電源の内部で発生する過渡現象による影響は無視する。

7.5.2 シャント電圧リミッタ

半導体が次の要求事項に適合し，かつ，該当する過渡現象による影響を考慮している場合に限り，半導体をシャント電圧制限デバイスとして使用してもよい。一例として，7.1 に従う定格をもつ単一のヒューズ及び単一のツェナーダイオードの挿入は，そのツェナーダイオードに接続する回路に関する過渡現象を制限する適切な手段とみなす。

半導体は，それが短絡モードで故障した場合に，それらの取付け箇所に流れる電流に適切な安全率を乗じた値の電流に対して，開放することなく耐えなければならない。これは，次の場合においては，製造者のデータによって確認する。

- a) 保護レベル“ia”又は“ib”については，最大短絡電流の 1.5 倍以上，保護レベル“ic”については，最大短絡電流の 1.0 倍以上の順方向電流の定格をもつダイオード，ダイオード接続トランジスタ，サイリスタ及び同等の半導体素子
- b) 次の定格をともに満たすツェナーダイオード
 - 1) ツェナー方向で，ツェナーモードで消費される電力の 1.5 倍
 - 2) 順方向で，保護レベル“ia”又は“ib”については，短絡時に流れる最大電流の 1.5 倍，保護レベル“ic”については，短絡時に流れる最大電流の 1.0 倍

保護レベル“ia”については，シャント電圧制限デバイスとして制御可能な半導体コンポーネント（例えば，トランジスタ，サイリスタ，電圧／電流レギュレータ等）の適用は，入力回路及び出力回路がともに本安回路である，又は両回路が電源供給網から過渡的影響を受けないことを示すことができるときは，許

容する。上記に適合する回路において、(冗長化した)二つのデバイスは、故障しない集成体とみなす。

保護レベル“ia”については、7.5.1の過渡条件を満たす限り、本安関連機器では能動半導体による三つの独立した電圧制限回路を使用してもよい。これらの回路は、10.1.5.3に従って、試験を行う。

7.5.3 直列接続の電流制限素子

保護レベル“ia”の回路では、三つの直列のブロッキングダイオードの使用を許容するが、他の半導体及び制御可能な半導体素子は、保護レベル“ib”又は“ic”の機器でだけ、直列接続の電流制限素子として使用できる。

ただし、電力制限を目的とした保護レベル“ia”の機器では、制御可能及び制御不能な半導体コンポーネントから構成する直列接続の電流制限素子を使用してもよい。

注記 爆発性雰囲気連続的又はしばしば存在する場所では、爆発性雰囲気と着火を生じる短時間の過渡電流とが同時に発生することがあるので、保護レベル“ia”の機器については、火花点火制限用の電流制限部品として半導体及び制御可能な半導体コンポーネントの使用は許容されない。供給可能な最大電流は、短時間の過渡電流を含むことがあるが、その過渡電流は I_0 とはみなされない。なぜなら、10.1の火花点火試験に適合することによって、この過渡電流の継続的なエネルギー制限が確立しているからである。

7.6 コンポーネント、接続及び分離の故障（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、これらの故障（機能失敗）は、数えられる故障とする。保護レベル“ic”に対しては、コンポーネントの定格が7.1に適合する場合、これは故障するとはみなさない。

5.2及び5.3の適用には、次を含める。

- a) コンポーネントの定格が7.1に適合しないとき、これらの故障（機能失敗）は、数えられない故障とする。コンポーネントの定格が7.1に適合する場合、これらの故障（機能失敗）は、数えられる故障とする。
- b) 故障がその後の故障を引き起こすとき、最初とその後の一連の故障は、合わせて一つの故障とみなす。
- c) 抵抗器の故障（機能失敗）によって、抵抗器の抵抗が開放と短絡との間のあらゆる値となることを考慮する（8.5参照）。
熱的評価においては、定格電力の100%以下で動作するフィルム抵抗器又は巻線抵抗器は、故障するとはみなさない。
- d) 半導体デバイスは故障（機能失敗）して短絡又は開放となり、かつ、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状態になるとみなす。例えば、次の例を考慮する...
 - － 表面温度の区分においては、半導体デバイスが故障（機能失敗）して最大電力を消費する条件となることを考慮する。ただし、7.1に適合するダイオード（LED及びツェナーダイオードを含む。）は、該当する場合、順方向モード又はツェナーモードで消費する電力だけを考慮する。

- 集積回路は、故障（機能失敗）して、その外部接続ピン間は、短絡と開放とのどのような組み合わせの状態にもなることができる。どのような組み合わせも仮定できるが、いったん適用した最初の故障は、二つめに適用する故障などによって変更することはできない。この故障状況においては、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、故障の適用の結果として、最も厳しい接続状態になるとみなす。
- 電圧コンバータ（例えば、EEPROM 内での電圧上昇又は電圧反転のための）を含む集積回路の外部ピンから取り出すことができる電圧を考慮するときは、通常動作中に昇圧電圧が外部ピンに現れず、かつ、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電圧変換のために使用しない限り、内部電圧は考慮する必要はない。昇圧電圧がいくつかの外部ピンに現れる場合、昇圧電圧は、集積回路の全ての外部ピンに現れると仮定する。

注記 集積回路に対する製造者の仕様を検証する必要は、この編の要求事項ではない。

- e) 接続は、故障して開放するとみなす。さらに、その接続は、固定しないときは、移動範囲内の回路のあらゆる部分に混触するとみなす。最初の開放は、一つめの数えられる故障であり、混触は、二つめの数えられる故障である（8.8 参照）。
- f) 6.3 に従って、絶縁空間距離、沿面距離及び離隔距離を考慮する。
- g) コンデンサは故障（機能失敗）して、開放、短絡及び指定する最大値未満のいかなる値にもなることを考慮する（8.6 参照）。
- h) インダクタは故障（機能失敗）して、開放及び公称抵抗値と短絡との間のいかなる値にもなることを考慮する。ただし、インダクタンス・抵抗比は、インダクタの仕様から得られる値未満となる（8.4.2 参照）。
- i) その接続も含め、電線又はプリント基板のトラックの開放故障（機能失敗）は、一つの数えられる故障とみなす（8.8 参照）。

遮断、短絡又は地絡故障をきたす火花試験装置の挿入は、数えられる故障とはみなさず、通常動作での試験とみなす。

8.8 に従った故障しない接続及び 6.3 に従った分離は、故障を生じるとみなさず、かつ、火花試験装置はこれらの接続に直列に、又はこれらの分離にまたがって挿入してはならない。

カバーを開けて外部配線接続端子部が露出するとき、故障しない接続を IP20 以上の容器によって保護しない場合、火花試験装置は、これらの接続に直列に挿入してもよい。

故障しない分離を、6.3 に従って樹脂充填することもコーティングで覆うこともしない場合、又は、外部配線接続端子部が露出するときに、IP20 以上の容器で保護しない場合、火花試験装置は、これらの分離部分に挿入してもよい。

7.7 圧電デバイス

圧電デバイスは、10.7 に従って試験を行う。

7.8 ガス検知用の電気化学セル

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、火花点火の評価及び試験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。

8 本質安全性が依存する故障しないコンポーネント，故障しないコンポーネント集成体及び故障しない接続

8.1 保護レベル“ic”

8.2～8.9 の要求事項は，保護レベル“ic”には適用しない。

8.2 主電源変圧器

8.2.1 一般事項

故障しない主電源変圧器は，本安回路に供給する巻線とその他の巻線との間で短絡故障することはないとみなす。巻線内の短絡及び巻線の断線は生じるとみなす。出力電圧又は出力電流の増加をきたす故障の組合せは考慮しない。

8.2.2 保護手段

本安回路に電源を供給することを意図する故障を生じない主電源変圧器の入力回路は，7.3 に適合するヒューズ又は適切な定格の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を接地した金属スクリーン（8.2.3 のタイプ 2b）の構造を参照）で分離している場合，各非接地の入力ラインは，ヒューズ又は遮断器によって保護する。

ヒューズ又は遮断器に加えて，組込み式の温度ヒューズ又は他のサーマルデバイスを，主電源変圧器の過熱に対する保護のために使用する場合，一つのデバイスで十分である。

ヒューズ，ヒューズホルダ，遮断器及びサーマルデバイスは，適切な公認規格に適合しなければならない。

注記 ヒューズ，ヒューズホルダ，電流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。

8.2.3 主電源変圧器の構造

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分離する。

タイプ 1：巻線は，次のいずれかに巻く。

- a) 鉄心の一つの脚部に並んで
- b) 鉄心の異なる脚部に

巻線は，表 5 に従って分離する。

タイプ 2：巻線は，次のいずれかによって重ねて巻く。

- a) 巻線間に，表 5 に従う固体絶縁物を挟む。
- b) 線間に，接地した銅はく（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 6 に従う。

注記 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，離隔距離がその距離の 10 % 又は 1 mm のいずれか小さい方の値まで短縮されてもよい。

表 6 ヒューズの定格電流に対応した銅はく（箔）スクリーンの最小厚さ又は電線スクリーンの電線の最小直径

ヒューズの定格	A	0.1	0.5	1	2	3	5
銅はく（箔）スクリーンの最小厚さ	mm	0.05	0.05	0.075	0.15	0.25	0.3
電線スクリーンの電線の最小直径	mm	0.2	0.45	0.63	0.9	1.12	1.4

銅はく（箔）スクリーンには、接地接続につながる機械的に分かれた二本のリード線を設ける。各リード線は、ヒューズ又は遮断器が動作するまで流れる最大連続電流（例えば、ヒューズの I_n の 1.7 倍）を流す定格とする。

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、ヒューズ又は遮断器が動作するまで流れる最大連続電流を流す定格をもつ接地接続を備える。層間絶縁に対する唯一の要求事項は、10.3 に従って、500 V の耐電圧試験に耐えることである。

全ての主電源変圧器の鉄心は、本質安全防爆構造に対して接地を要求しない場合（例えば、絶縁鉄心を備えた変圧器を使用する場合）を除いて、接地接続を備える。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、分離の目的においては導電性であるとみなす。

異なる本安回路に電源を供給する巻線は、表 5 に従って、互いに分離し、かつ、他の全ての巻線からも分離する。

主電源変圧器の各巻線は、含浸又は樹脂充填などによって固める。

注記 各巻線を固めるための含浸の使用は、分離の要求事項を満たさないことがある。

8.2.4 主電源変圧器の型式試験

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氣的絶縁を維持しなければならない。

直列接続した抵抗器を主電源変圧器内に組み込む、主電源変圧器と共に樹脂充填して変圧器－抵抗器間に裸充電部がない、又は表 5 に適合する沿面距離及び絶縁空間距離をもつように実装している場合であって、箇条 5 を適用してもその抵抗器が回路内に残るときは（抵抗器に短絡故障が生じないときは）、出力巻線は、抵抗器を介することなく短絡することはないとみなす。

主電源変圧器は、10.10 に従って、試験を行う。

8.2.5 電源変圧器のルーチン試験

主電源変圧器は 1 台ずつ、11.2 に従って、試験を行う。

8.3 主電源変圧器以外の変圧器

これらの変圧器の、故障を生じないとする構造及び故障（機能失敗）モードは、8.2 に適合しなければならない。

注記 これらの変圧器には、信号回路又はその他の目的（例えば、インバータ電源装置）で使用する結合変圧器が該当する。

絶縁が適正であることを確実にするため、これらの変圧器の構造及び試験は、8.2 に適合しなければな

らない（ただし、巻線を断線することのない最大負荷条件で試験する場合を除く。）。変圧器を交流で動作させることが実際ではない場合、各巻線には、8.2.4の型式試験における I_n の1.7倍の直流電流を流して試験を行う。ただし、11.2に従うルーチン試験は、入力巻線と出力巻線との間に $2U+1,000\text{ V}$ （実効値）又は $1,500\text{ V}$ のいずれか大きい方の値まで下げた電圧を用いる（ U ：試験する巻線の最高定格電圧）。

これらの変圧器の入力及び出力を本安回路に接続するときは、ルーチン試験では、11.2に示すように、 500 V に下げた電圧を一次巻線と二次巻線の間に加える。

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、8.2.2に従う保護手段、又はヒューズとツェナーダイオードとの組合せのいずれかを8.9に従って変成器の電源供給側接続に取り付ける。これは、規定外の電力が変圧器の沿面距離及び絶縁空間距離の故障を生じない構造を損なうことがないようにするためである。8.2.4の定格入力電圧は、ツェナーダイオードの定格とする。

これらの変圧器を本安回路に接続し、かつ、ヒューズがない場合、各巻線には、箇条5に規定する故障条件で流れる最大電流を流す。

8.4 故障しない巻線

8.4.1 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。

8.4.2 絶縁導体で作るインダクタ

絶縁導線で作るインダクタは、それらが次に適合する場合、それらの許容差を含む定格値より低い抵抗又は高いインダクタンスとなるような故障を生じないとみなす。

- インダクタの配線に使用す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、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。
 - a) IEC 60317-3, IEC 60317-7, IEC 60317-8 又は IEC 60317-13 のグレード 1
グレード 2 用に規定されている最小破壊電圧では故障（機能失敗）せず、IEC 60317-3 の箇条 14, IEC 60317-7, IEC 60317-8 又は IEC 60317-13 に従って試験したとき、故障は、直径に関係なく、電線 30 m につき 6 個以下である。
 - b) IEC 60317-3, IEC 60317-7, IEC 60317-8 又は IEC 60317-13 のグレード 2
製造者は、上記の要求事項に適合する根拠を提供する。
注記 製造者の絶縁仕様がグレード 1 又はグレード 2 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。
- 巻線は縛るか包んで、湿気を取り除くために乾燥した後、浸漬、滴下又は真空含浸によって適切な材料を含浸する。塗料又は噴霧による塗装は、含浸とは認めない。
- 含浸は、該当するタイプの含浸材の製造者の指示に従って、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な手法で行う。
- 溶剤を含有する含浸材を使用する場合、含浸及び乾燥工程は 2 回以上行う。

8.5 電流制限抵抗器

電流制限抵抗器は、次のいずれかの形とする。

- 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) プリント抵抗であって、6.3.9 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同等の回路で使用するもの。

故障しない電流制限抵抗器は、一つの数えられる故障と判定する断線故障だけを生じるとみなす。

電流制限抵抗器は、7.1 の要求事項に従って、最大電圧の 1.5 倍以上に耐え、かつ、通常動作時及び箇条 5 に定義した故障条件で生じる最大電力の 1.5 倍以上を消費できる定格とする。コーティングした巻線をもつ適切な定格の巻線抵抗器の巻線（ターン）間の故障は考慮しない。巻線のコーティングは、巻線の製造者が定める電圧定格において、表 5 に従って要求する CTI 値に適合すると仮定する。

ヒューズ及び電球のフィラメントのコールドレジスタンス（最低周囲温度における）は、それらを通常動作条件内で使用する場合、故障しない電流制限抵抗器とみなしてよい。電球のフィラメントは、ハンドライト及びキャップライトのためだけの電流制限コンポーネントとして評価することを許容する。利用可能な情報がない場合、この値は、10.4 の要求に従って最低周囲温度で測定したときは、最小抵抗値とみなしてよい。

注記 電球は、本質安全以外の防爆構造によって保護する必要がある。

8.6 コンデンサ

8.6.1 ブロッキングコンデンサ

故障を生じない構成としたブロッキングコンデンサを二つ直列接続したものは、いずれか一方のコンデンサは短絡又は開放故障するとみなす。集成体の静電容量値は、いずれかのコンデンサの最も厳しい方の値とし、かつ、全ての集成体を適用するときに使用する安全率は 1.5 とする。

ブロッキングコンデンサは、高信頼性の固体誘電体タイプとする。電解コンデンサ又はタンタルコンデンサは、使用してはならない。個々のコンデンサ及びその集成体の外部接続は 6.3 に適合しなければならないが、これらの分離の要求事項は、ブロッキングコンデンサの内部には適用しなくてもよい。

個々のコンデンサの絶縁は、その電極間、及び各電極－外部導電部間に適用する 6.3.13 の耐電圧特性に適合しなければならない。ブロッキングコンデンサを本安回路－非本安回路間で使用する場合、ブロッキングコンデンサは、これらの回路間での容量性結合として評価する。伝達するエネルギーは、 U_m といずれかのコンデンサの最も厳しい値とを用いて計算し、10.7 の許容点火エネルギーに従わなければならない。可能性のある全ての過渡条件を考慮し、かつ、回路のその部分での公称最高動作周波数（製造者が指定する値）の影響を考慮する。

このような集成体が 8.9 にも適合する場合、その集成体は直流に対して、故障しないガルバニック絶縁を備えるとみなす。

8.6.2 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、6.3.13 に適合しなければならない。それらが故障（機能失敗）すると、回路の本質安全性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、それらは故障しない分離を維持するか、又は 8.6.1 のブロッキングコンデンサに対する要求事項に適合しなければならない。6.3 の故障しない分離の要求事項を、その外部及び内部の両方で満たすコンデンサは、1 個だけで故障しない分離を備えるとみなす。

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、貫通コンデンサ）。

8.7 シャント安全集成体

8.7.1 一般事項

コンポーネントの集成体は、それがシャント形コンポーネントの使用によって回路の本質安全性を確保するときは、シャント安全集成体とみなす。

ダイオード又はツェナーダイオードを、故障しないシャント安全集成体のシャント形コンポーネントとして使用する場合、それらは、ダイオード又はツェナーダイオードによる二つ以上の並列の経路を形成しなければならない。保護レベル“ia”のシャント安全集成体では、箇条 5 を適用するとき、一つのダイオード又はツェナーダイオードの故障（機能失敗）だけを考慮すればよい。ダイオード又はツェナーダイオードは、短絡モードで故障したとき、その実装箇所で行われる電流以上の電流定格とする。

注記 1 接続が外れたとき、火花で点火するのを防ぐため、6.3.5 に従う樹脂充填を要求することがある。

注記 2 これらの集成体で使用するシャント形コンポーネントは、機器の通常動作時には導通してよい。

シャント安全集成体が、 U_m の値だけで決まる電源故障にさら（曝）されるときは、その集成体を形成するコンポーネントは、7.1 に従う定格とする。コンポーネントをヒューズで保護するときは、ヒューズは 7.3 に従い、かつ、コンポーネントには、ヒューズの I_n の 1.7 倍の連続電流が流れると仮定する。過渡状態に耐えるためのシャント形コンポーネントの性能は、10.8 の試験、又は、ヒューズの電流-時間特性とデバイスの性能特性との比較のいずれかによって決定する。

シャント安全集成体を、より大きな機器の一部としてではなく、個別の機器として製造するときは、集成体の構造は 9.1.2 に従わなければならない。

シャント安全集成体を故障しない集成体として利用するとき、次を考慮する。

- シャント安全集成体は、開放故障を生じないとみなす。
- 集成体の電圧は、シャント経路の電圧のうち最も高いものとする。
- いずれか一方のシャント経路の短絡故障（機能失敗）は、一つの故障とみなす。
- シャントサイリスタを使用する回路は、10.1.5.3 に従って試験を行う。

8.7.2 安全シャント

シャント安全集成体は、これが、本安回路の指定したコンポーネント又は指定した部分の電氣的パラメータを本質安全性が損なわれない値に維持することを確実にするときは、安全シャントとみなす。

安全シャントは、8.7.1 に従って U_m だけで規定する電源に接続するときは、必要な過渡現象解析を行う。ただし、次のように使用するときは、この限りではない。

- エネルギー蓄積デバイス（例えば、インダクタ又は圧電デバイス）からの放電の制限に使用
 - エネルギー蓄積デバイス（例えば、コンデンサ）に対する電圧の制限に使用
- ブリッジ接続した適切な定格のダイオードの集成体は、故障しない安全シャントとみなす。

8.7.3 シャント電圧リミッタ

シャント安全集成体は、本安回路に印加する電圧が規定のレベルにあることを確実にするときは、シャント電圧リミッタとみなす。

シャント電圧リミッタは、8.7.1に従って U_m だけで規定する電源に接続するときは、必要な過渡現象解析を行う。ただし、集成体を、次のいずれか一つから給電するときは、この限りでない。

- a) 8.2 に従う故障しない変圧器
- b) 箇条 9 に従うダイオード形安全保持器
- c) 7.4 に従うバッテリー
- d) 8.7 に従う故障しないシャント安全集成体

8.8 配線, プリント基板のトラック, 及び接続

配線及びプリント基板のトラックは、機器の一部を形成するそれらの接続も含め、次の場合、開放故障(機能失敗)しないとみなす。

- a) 電線については、次のいずれか一つ
 - 1) 2本の電線が並列であるとき
 - 2) 導体径 0.5 mm 以上の単一の電線を 50 mm 未満の間隔で支持する、又はその接続箇所のすぐ近くで機械的に固定するとき
 - 3) 導体断面積 0.125 mm² 以上(導体径 0.4 mm 以上)の単一のより線電線又はフレキシブルリボンケーブルを使用中に曲げることがなく、かつ、長さが 50 mm 未満である、又はその接続箇所の近傍で固定するとき
- b) プリント基板のトラックについては、次のいずれか一つ
 - 1) 幅 1 mm 以上の 2本のトラックが並列のとき
 - 2) 単一のトラックが 2 mm 又はトラック長の 1%のいずれか大きい方の値以上の幅をもつとき、上記の両方において、プリント基板のトラックは、次のいずれかに適合しなければならない。
 - － 各トラックは、33 µm 以上の公称厚さをもつ銅はく(箔)から形成する。
 - － 単一のトラック又は組合せのトラックとも、その電流容量は、10.12 に従って試験を行う。
 - 3) 異なる層のトラックを、円周 2 mm 以上の単一のスルーホール(via hole)、又は、並列接続した円周 1 mm 以上の二つのスルーホールで接続し、さらに、それらのスルーホールを 8.8 b) 1) 又は 8.8 b) 2) に従って互いに結合するとき
スルーホールは、次のいずれかに適合しなければならない。
 - － 厚さ 33 µm 以上の銅はく(箔)である。
 - － 単一のスルーホールの電流容量を、10.12 に従って試験する。
- c) 接続(外部プラグ、外部ソケット及び外部端子を除く。)については、次のいずれか一つ
 - 1) 並列接続する二つの接続のとき
 - 2) はんだ接合した単一の接合であって、電線をプリント基板の穴(スルーホールを含む。スルーホールには、はんだ接続せず通すだけ。)に通した後、はんだ接続、圧着接続、ろう付け又は溶接するとき
 - 3) コンポーネントの製造者の推奨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続のとき
 - 4) 第 5 編(安全増防爆構造)に適合する単一の接続のとき

- 5) 容器内の内部コネクタで、“ia”に対しては並列接続した三つ以上の独立した接続素子から、“ib”に対しては並列接続した二つ以上の独立した接続素子からなるもの(図5参照)。コネクタを斜めに取り外す可能性があるときは、コネクタの各端部、又は各端部に近い部分(2箇所)に接続素子があるもの。

注記 コネクタが完全に外れたときでも、回路は本質安全性を維持することが望ましい。

8.9 ガルバニック分離コンポーネント

8.9.1 一般事項

次に適合する故障しない絶縁コンポーネントは、故障しない分離をまたがって短絡故障は生じないとみなす。

8.9.2 本安回路-非本安回路間の絶縁コンポーネント

絶縁コンポーネントは、次に適合しなければならない。

- a) 表5の要求事項は絶縁素子にも適用するが、フォトカプラのように内部をシールしたデバイスには、その表の第5、6及び7列は適用しない。表F.1を適用する場合、第2列は適用しない。
- b) 非本安回路との接続には、7.1に従って、デバイスの定格を超えないことを確実にするための保護を備える。例えば、7.3に従う適切な定格のヒューズ又はサーマルデバイスで保護した単一のシャント形ツェナーダイオードは、十分な保護とみなす。このため、表5は、ヒューズ及びツェナーダイオードには適用しない。ツェナーダイオードの電力定格は、最大ツェナー電圧に $1.7I_n$ を乗じた値以上とする。ヒューズ及びヒューズホルダの構造に関しては、一般工業規格を適用し、接続配線を含む実装方法によって、ヒューズ及びそのホルダがもつ絶縁空間距離、沿面距離及び離隔距離を減少させてはならない。いくつかの適用においては、本安回路の接続には、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、同等の保護手法の適用を要求することがある。代替法として、フォトカプラは、10.11の試験要求事項に適合しなければならない。

注記1 10.11の試験は、受発光素子が近接配置されている1個入りのフォトカプラにだけ適用する。

- c) 絶縁コンポーネントの非本安回路の端子と本安回路の端子との間は、6.3.13に従う耐電圧の要求事項に適合しなければならない。絶縁コンポーネントの故障しない分離に対し製造者が行う絶縁試験電圧は、6.3.13で要求する試験電圧以上とする。

ガルバニック分離したリレーは、6.3.14に適合し、かつ、いずれの巻線も、接続する回路の最大電力を消費できなければならない。

注記2 7.1に従ったリレー巻線のディレーティングは要求しない。

8.9.3 分離した本安回路間の絶縁コンポーネント

絶縁コンポーネントは、次の条件を満たす場合、独立した本安回路間に故障しない分離を与えるとみなす。

- a) デバイスの定格は、それらの端子に接続した回路がデバイスの故障しない分離を無効にしないことを示すことができない場合、7.1(その箇条の除外事項の適用も含む。)に従う。接続した回路からの電圧が絶縁コンポーネントの定格を超えることを防止するため、8.9.2に規定する保護手法が必要になることがある。

- b) デバイスは 6.3.13 に従い、耐電圧の要求事項に適合しなければならない。試験を行うコンポーネントの故障しない分離に対し製造者が行う絶縁試験電圧は、6.3.13 で要求する試験電圧以上とする。

9 特定の機器に対する補足要求事項

9.1 ダイオード形安全保持器

9.1.1 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、それに続く故障しない電流制限抵抗器は、回路に流入する電流を制限する。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ーフェースとして使用することを意図しており、11.1 のルーチン試験を行う。

安全保持器の過渡現象による故障への耐性は、10.8 に従う試験で確認する。

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”に使用する安全保持器は、それらのダイオードに対し、11.1.2 に規定するルーチン試験を行った場合に限り、8.7 に従う故障しない集成体として許容する。この場合、箇条 5 の適用に当たっては、ダイオードの故障（機能失敗）は、1 個だけ考慮する。

保護レベル“ic”用の安全保持器について、最低限要求するものは、7.1 に従って動作するダイオード一個及び電流制限抵抗器一個である。

9.1.2 取付け

9.1.2.1 実装

安全保持器の取付けは、異なる種類の複数の安全保持器を一緒に実装するとき、例えば、その形状又は色が非対称になるように配置して、どのような実装上の誤りも一目瞭然となるようにする。

9.1.2.2 接地接続用端子部

接地電位にす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、接続端子部を 1 個以上設ける、又は、4 mm² 以上の断面積をもつ絶縁電線を取り付ける。

9.1.2.3 コンポーネントの保護

集成体は、安全性が依存するコンポーネントの修復又は交換を防止するため、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、外部からの接触に対して保護しなければならない。集成体全体で一つの構成要素を成す。

9.2 FISCO 機器

附属書 G に従って構成し、FISCO システムで使用することを意図する機器には、‘FISCO’ の表示を追加し、それに続いて機器の機能（すなわち、電源、フィールドデバイス又はターミネータ）の表示をする（箇条 12 参照）。

9.3 ハンドライト及びキャップライト

グループ I のキャップライトは、IEC 60079-35-1 に適合しなければならない。

グループ II 及び III のハンドライト及びキャップライトは、この編の要求事項に適合しなければならない。

10 型式検証及び型式試験

10.1 火花点火試験

10.1.1 一般事項

火花点火試験を要求する全ての回路は、機器保護レベルに応じて、箇条 5 で規定した条件で、回路に点火能力がないことを示すための試験を行う。

試験では、通常動作及び故障状態を模擬する。附属書 A に規定する安全率を考慮する。火花試験装置は、試験を行う回路の開放、短絡又は地絡が発生すると考えられるそれぞれの箇所に接続する。附属書 A に規定する方法で、図 A.1～図 A.6、又は表 A.1 及び表 A.2 の基準曲線から推定する安全性に関して、回路構成及びその電氣的パラメータが十分に明確になっている場合、火花試験装置を用いた型式試験は行わなくてもよい。

電圧及び電流の許容差を規定していない場合、 $\pm 1\%$ を許容差とする。

注記 基準の曲線及び基準の表による評価では点火しないとされた回路が、火花試験装置を使用した試験で点火するかもしれない。基準の曲線及び基準の表は幾多の点火試験から導き出したものであるが、火花試験装置の感度は変化するものである。

10.1.2 火花試験装置

火花試験装置は、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。

保護レベル“ia”及び“ib”では、短絡、開放及び地絡を引き起こす火花試験装置の次の部分への接続は、通常動作の試験であり、数えられない故障とする。

- 外部配線接続端子部
- 内部の接続、又は 6.1.2.2 若しくは 6.1.2.3 に適合しない沿面距離、絶縁空間距離、充填物離隔距離、及び固体離隔距離をまたぐ箇所

火花試験装置は、次の箇所には接続してはならない。

- 故障しない隔離板をまたぐ箇所、又は故障しない接続と直列の箇所
- 表 5 若しくは附属書 F に適合する沿面距離、絶縁空間距離、充填物離隔距離、及び固体離隔距離をまたぐ箇所
- 本安回路の端子部を除く本安関連機器の内部
- 7.6 i) に記載する例外を除く、6.2.1 に適合する異なる回路の端子間

保護レベル“ic”では、火花試験装置は次による。

- 外部配線接続端子部に挿入する。
- 表 5 又は附属書 F に規定する値未満の分離間に挿入する。
- 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）のように通常状態で火花が発生する箇所にそのコンポーネントに替えて挿入する。
- 通常運転条件で適切な定格をもたないコンポーネントの取付け位置にそのコンポーネントに替えて挿入する。

10.1.3 試験用混合ガスの混合物及び火花試験装置の校正電流

10.1.3.1 安全率 1.0 での試験に適切な爆発性試験用混合ガス及び火花試験装置の校正電流

試験する機器グループに応じて、表 7 に示す爆発性試験用混合ガスを使用する。この箇条で規定する爆発性混合ガスには、安全率は含まない。安全率 1.5 を要求するときは、回路の電氣的な値を 10.1.4.2 a) に従って増加する。

10.1.5 に従って一連の試験を行う前に、火花試験装置の感度を確認する。そのため、 (95 ± 5) mH の空芯コイルに 24 V の直流電源を接続した回路で試験装置を作動する。この回路の電流は、グループに応じて、表 7 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。

表 7 安全率 1.0 に適応する爆発試験ガスの組成

グループ	爆発性試験用混合ガスの組成 空気に対する体積分率	校正用回路の電流 mA
I	メタン (8.3 ± 0.3) %	110~111
IIA	プロパン (5.25 ± 0.25) %	100~101
IIB	エチレン (7.8 ± 0.5) %	65~66
IIC	水素 (21 ± 2) %	30~30.5

特別な例として、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。

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が、95 %以下の純度のものは使用しないのがよい。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、火花試験装置の定期的な校正中に明らかになるであろう。

10.1.3.2 安全率 1.5 での試験に適切な爆発性試験用混合ガス及び火花試験装置の校正電流

試験用混合ガスは、10.1.3.1 に規定するものを使用し、安全率を適用する場合、試験回路の電圧又は電流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、より厳しい試験が必要な場合、表 8 に規定する組成の試験用混合ガスを用いる。このガスによる試験は、1.5 の安全率をもつ。

表 8 安全率 1.5 に適応する爆発性試験用混合ガスの組成

グループ	爆発性試験用混合ガスの組成 (体積分率 %)					校正用回路 の電流 mA
	酸素・水素・空気混合気			酸素・水素混合気		
	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
IIA	48 ± 0.5	52 ± 0.5	-	81 ± 0.5	19 ± 0.5	66~67
IIB	38 ± 0.5	62 ± 0.5	-	75 ± 0.5	25 ± 0.5	43~44
IIC	30 ± 0.5	53 ± 0.5	17 ± 0.5	60 ± 0.5	40 ± 0.5	20~21

10.1.4 火花試験装置による試験

10.1.4.1 回路の試験

試験する回路は、簡条 7 による許容差をもち、かつ、主電源電圧を 0~110 % の範囲で考慮したとき最も点火しやすい回路に基づくものとする。

火花試験装置は、試験する回路内で開放又は短絡故障が発生するとみなす箇所に挿入する。試験は、通常動作時の回路及び簡条 5 に従う機器保護レベルに応じて、一つ又は二つの数えられる故障に関わる回路について行う。このとき、機器の設計に用いた最大外部静電容量 (C_0) 及び最大外部インダクタンス (L_0) 又は最大インダクタンス・抵抗比 (L_0/R_0) を用いる。

試験する回路ごとに、火花試験装置内の電極保持板を、次に示す回転数で回転させて試験を行う（回転数の許容差は+10 %）。

- a) 直流回路に対しては、400 回転（5 分）（極性ごとに 200 回転）
- b) 交流回路に対しては、1,000 回転（12.5 分）
- c) 容量性回路に対しては、400 回転（5 分）（極性ごとに 200 回転）。コンデンサが再充電するのに十分な時間（時定数の 3 倍以上）が確保されているかに注意する。標準の再充電用の時間は、約 20 ms であり、これが不十分な場合、1 本以上の電極を取り除く、又は火花試験装置の回転速度を遅くすることによって再充電に充てる時間を増加する。電極を取り除くときは、火花の数を同等に維持するために、回転数を増加する。

a), b) 又は c) による各試験の後、火花試験装置の校正を繰り返す。校正が 10.1.3 に適合しない場合、試験している回路に関する点火試験は無効とみなす。

注記 火花試験装置のタングステン線の曲りとささくれは、装置の点火感度を変える。これによって、試験結果が無効となることがある。

10.1.4.2 安全率

注記 安全率を適用する目的は、型式試験又は評価をオリジナルの回路よりも明らかに点火を生じやすい回路で行うこと、又は、より容易に点火するガス混合物内でオリジナルの回路を試験することを確実にするためである。一般的に、規定の安全率を達成するための異なる手法の間で、厳密に同値を得ることは不可能であるが、次に述べる手法は許容可能な代替法となる。

安全率 1.5 を要求するときは、次の手法のうちの一つによって、その安全率を得る。

- a) 主電源（電力供給系）の電圧変動を考慮して、その電圧を公称値の 110 % に増加する、又は他の電圧（例えば、バッテリー、電源装置、電圧制限デバイスの電圧）を簡条 7 に従って、最大値に設定する。その後、次を行う。
 - 1) 誘導性及び抵抗性回路については、電流制限用の抵抗器の抵抗を減らすことによって、故障を仮定したときの電流を 1.5 倍に増加する。それでも安全率 1.5 が得られない場合、更に電圧を増加する。
 - 2) 容量性回路については、故障を仮定したときの電圧を 1.5 倍に増加する。代替法として、故障しない電流制限用抵抗器をコンデンサと組み合わせて使用する場合、コンデンサをバッテリーとみなし、かつ、その回路を抵抗性回路とみなす。

点火限界曲線図 A.1~A.6、又は、表 A.1 及び A.2 を使用して評価するときも、同じ手法を用いる。

- b) 表 8 に従って、より容易に点火する爆発性試験用混合ガスを使用する。

安全率 1.0 を要求するときは、表 7 に規定する試験用混合ガスを使用する。

10.1.5 試験時の注意点

10.1.5.1 一般事項

火花点火試験は、最も点火しやすい（最も厳しい）条件となるように構成した回路で行う。図 A.1～図 A.6 の各曲線を適用するそれぞれ形式の単純な回路については、短絡試験が最も厳しい条件を与えるものとなる。より複雑な回路については、条件は変化し、短絡試験が最も厳しい条件を与えるものではないことがある。例えば、電流制限付きの定電圧電源では、電源の出力に直列に抵抗を接続し、電圧が減少しない範囲で制限内の最大電流を流したときに、通常、最も厳しい条件となる。

非線形電源は、特別な検討を必要とする。半導体によって制限した電源回路の点火試験に対する代替手法に関する情報に関しては、附属書 H を参照する。

10.1.5.2 インダクタンス及び静電容量の両方をもつ回路

回路が、エネルギーを蓄積した静電容量及びインダクタンスの両方をもつときは、図 A.1～図 A.6 の曲線で回路を評価することは困難である（例えば、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する可能性があるとき）。箇条 5 の要求事項に対して評価したインダクタンス又は静電容量の総和が、附属書 A に示す点火曲線又は表の許容値の 1%未満のときは、最大許容静電容量又は最大許容インダクタンスは、それぞれ、その曲線又は表による許容値としてよい。

回路の適合性は、次の a) 又は b) のいずれかで評価する。

a) 静電容量とインダクタンスとの組合せによる試験

b) 線形回路（抵抗によって電流制限した回路）が検討対象の場合

1) 次のいずれかに該当するときは、附属書 A の点火曲線及び表から L_o 及び C_o の値を求めてもよい。

— 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

— ケーブルを除く外部回路の L_i の総和が、 L_o の 1%未満である

— ケーブルを除く外部回路の C_i の総和が、 C_o の 1%未満である

2) 次のいずれも満足するときは、附属書 A の点火曲線及び表から求めた L_o 及び C_o の値を、それぞれ 50%に減じる。

— ケーブルを除く外部回路の L_i の総和が、 L_o の 1%以上である

— ケーブルを除く外部回路の C_i の総和が、 C_o の 1%以上である

新たな C_o の値は、グループ I, IIA 及び IIB については 1 μ F, グループ IIC については 600 nF 以下でなければならない。

この手法によって決定する L_o 及び C_o の値は、それぞれ回路内の L_i + ケーブルのインダクタンス値の総和以上、及び C_i + ケーブルの静電容量値の総和以上でなければならない。

10.1.5.3 シャント短絡（クローバ）保護を用いる回路

出力電圧が安定した後、回路は、箇条 5 の条件での該当機器保護レベルに対し、点火を生じてはならない。さらに、本質安全防爆構造が、他の回路故障によって生じるクローバの動作に依存する場合、動作中のクローバを通過するエネルギーは、該当するグループごとに、次の値以下でなければならない。

— グループ IIC の機器 20 μ J

— グループ IIB 及び III の機器 80 μ J

－グループ IIA の機器 160 μJ

－グループ I の機器 260 μJ

火花試験装置によるクローバの点火試験は、クローバの通過エネルギーを試験するためには適切ではない。この通過エネルギーは、オシロスコープでの測定などによって評価する。

注記 この試験を実行する手法は、附属書 E に記載する。

10.1.5.4 火花試験の結果

選択したいずれの試験箇所においても、点火してはならない。

10.2 温度試験

全ての温度データは、基準周囲温度（40 °C）又は機器に表示する最高周囲温度で示す。基準周囲温度に基づく試験は、20 °C と基準周囲温度との間の任意の周囲温度で行う。試験を行った周囲温度と基準周囲温度との差を、測定を行った温度に加える。ただし、バッテリーのようにコンポーネントの温度特性が非線形の場合、この限りではない。

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。

$$t = \frac{R}{r}(k + t_1) - (k + t_2)$$

ここで、記号等は、次による。

t : 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 測定時における周囲温度 (°C)

t_2 : R 測定時の周囲温度 (°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。

10.3 耐電圧試験

耐電圧試験は、該当する IEC 規格に従って行う。

該当する規格がないときは、次の試験方法を使用する。この試験は、周波数 48 Hz～62 Hz の正弦波に近い交流電圧、又は規定の交流電圧の 1.4 倍の電圧でリップルが 3 %p-p 以下の直流電圧のいずれかを用いて行う。

電源は、発生するあらゆる漏れ電流を考慮して、試験電圧を維持するに十分な VA（ボルトアンペア）容量をもたなければならない。

電圧は、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、印加電圧は一定とする。試験中に流れる電流は、いかなるときも 5 mA（実効値）以下でなければならない。

10.4 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。試験（測定）は、通常、指定した最高周囲温度（例えば、40°C）で行う、又は指定した最高周囲温度に関連付けられた温度で行う。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する。その場合、各パラメータの最も厳しい値は、必ずしも同じ部品のものである必要はない（パラメータごとに違う部品のものでよい。）。

10.5 セル及びバッテリーの試験

10.5.1 一般事項

再充電可能なセル又はバッテリーは、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、必要であればもう 1 回満充電して放電するサイクルを繰り返して放電する際、セル又はバッテリーの容量が製造者の仕様内に収まっていることを確認し、製造者の仕様内にあるセル又はバッテリーを満充電状態にして試験を行うことができることを確かめる。

試験目的で短絡を要求するときは、短絡リンクの抵抗値を、短絡との接続部を除き、3 mΩ 以下とする、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、セル又はバッテリーの端子部の近くで行う。

10.5.2 セル及びバッテリーの電解液漏れ試験

10 個の試験サンプルに対して、次のうち、最も過酷な試験を行う。

- a) 放電し終わるまで短絡させる。（保護レベル“ic”には適用不可）
- 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 及び 5.3 の適用によって生じた条件に起因する全ての逆充電を含める。ただし、これらの条件には、セル又はバッテリーの製造者が推奨する充電率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。7.4.2 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、7.4.2 への適合性を無効にする損傷があってはならない。

10.5.3 セル及びバッテリーの火花点火及び表面温度

バッテリーを多数の独立したセル又はより小形のバッテリーで構成し、この編の分離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る場合、各々の独立した構成要素（セル又はバッテリー）は、試験においては個別のコンポーネントとして扱う。バッテリーが、そのセル間で短絡を生じないことを示す特別な構造をもつ場合を除き、各要素（セル又はバッテリー）の故障（機能失敗）は、一つの数えられる故障とみなす。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。

セル及びバッテリーの試験又は評価は、次による。

- a) 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について行う。ただし、電流制限デバイスが含まれており、このデバイスとセル又はバッテリーとの間を 6.6 に従って樹脂充填している場合、この限りではない。この場合、試験又は評価には、電流制限デバイスも含める。

機器が、爆発性雰囲気内で交換してはならないセルを含む場合、セル単体のピーク開路電圧が 4.5 V 未満であれば、単体のセルの端子間での火花点火放電の試験は要求しない。

本質安全性の評価にセル又はバッテリーの内部抵抗を含むときは、その最小抵抗値を指定する。代替法として、セル／バッテリーの製造者が内部抵抗の最小値を確認することができない場合、7.4.4 によるセル／バッテリーのピーク開路電圧及び 10 個のセル／バッテリーのサンプルの試験から得た短絡電流の最も厳しい値を用いて内部抵抗値を決定する。

注記 1 セルの種類によっては（例えば、ニッケルカドミウム）、通常周囲温度未満の温度で最大短絡電流を示すことがある。

- b) セルの試験は、試験室内の周囲温度と最も厳しい条件となる指定最高周囲温度との間のいずれかの温度で行い、これで得た値を温度等級の評価に直接使用する。セルは、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。爆発性雰囲気に露出する可能性があるセル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。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。

保護レベル“ia”及び“ib”については、試験中、セル又はバッテリーの外部の電流制限デバイスを全て短絡する。試験は、内部の電流制限デバイスを取り付けたときとそのデバイスを短絡したときの両方について、それぞれ 10 個のセルを用いて行う。内部の電流制限デバイスを短絡したサンプル 10 個は、サンプルの安全な使用及びサンプルの試験に必要な特別な説明書又は予防策とともに、セル／バッテリーの製造者から入手する。内部の電流制限デバイスを内部短絡から保護するときは、そのデバイスを取り外す必要はない。ただし、このようなデバイスは、保護レベル“ib”だけについて考慮する。

注記 2 試験中に電解液の漏れが発生した場合、7.4.3 の要求事項も考慮することが望ましい。

注記 3 直列接続した二つ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分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。（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。）

- c) 保護レベル“ic”については、最高表面温度は、全ての保護装置を所定の場所に取り付け、通常使用条件で試験を行い決定する。

10.5.4 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に対して圧力試験を行う。圧力は、容器内部に加える。圧力を、放出が発生するまで徐々に増加し、最大放出圧力を記録する。最大放出圧力は、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、又は永久的な歪みがあってはならない。

バッテリー容器内の隔離距離が表 5 に基づく場合、第 1 編（総則）の熱安定性試験を行ったサンプルで圧

力試験を行う必要はない。バッテリー容器内の実装プリント基板の離隔距離が附属書 F に基づいている場合、熱安定性試験を行ったサンプルで圧力試験を行い、さらに、携帯機器の場合、第 1 編（総則）の落下試験を行う。

10.6 機械的試験

10.6.1 樹脂充填部

露出した樹脂充填部の表面に、直径 6 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、恒久的歪み、又は 1 mm を超えるずれが生じてはならない。

樹脂充填部の露出した表面が容器の一部を形成する場合、樹脂が強固であってもろ（脆）くはないことを証明するため、第 1 編（総則）に従い、第 1 編の表 13（衝撃試験）の a) 行における落下高さ h を用いて、樹脂充填の表面に対して衝撃試験を行う。

10.6.2 樹脂充填を要求するヒューズの適合性判定

ヒューズに樹脂充填を要求し、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 (25 ± 2) °C の試験サンプルを用いて、それらを急激に (50 ± 2) °C 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、5 個のヒューズのサンプルに対して、樹脂充填後に検査するという試験を行い、内部に樹脂が侵入していないことを確認してもよい。

10.6.3 隔離板

隔離板は、直径 (6 ± 0.2) mm の硬い試験棒を介して加える 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。隔離板の目的に適合しない歪みが生じてはならない。

10.7 圧電デバイスを内蔵する本安機器の試験

圧電デバイスは、その静電容量及び衝撃試験を行ったときに、その両端に発生する電圧を測定する。衝撃試験は、使用状態にある本安機器が外傷を受ける全て箇所について、第 1 編（総則）の衝撃試験装置を使用して周囲温度 (20 ± 10) °C で行う。衝撃エネルギーは、第 1 編の表 13（衝撃試験）の「高」の列の値による。試験は、一つのサンプルについて 2 回行い、発生する電圧は、高い方の値を採用する。

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を設ける場合、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。

測定した最大電圧で圧電デバイスの静電容量に蓄積す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 μ J
—グループ IIA の機器：	950 μ J
—グループ IIB の機器：	250 μ J
—グループ IIC の機器：	50 μ J

保護コンポーネント又はガードによって圧電デバイスの電氣的出力に限界を設ける場合、これらのコンポーネント又はガードは、衝撃によって、機器の本質安全防爆構造を損なう損傷を受けてはならない。

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。

10.8 ダイオード形安全保持器及び安全シャントの型式試験

次の試験は、安全保持器又は安全シャントが、過渡現象の影響に耐えることを実証するために使用する。

故障しない定格の抵抗器は、指定する電源から流れ込むと予測するいかなる過渡現象にも耐えるとみなす。

ダイオードは、 U_m のピークの値を、ヒューズの抵抗値（最低周囲温度における）とヒューズに直列に挿入した故障しない抵抗器の抵抗値との和で除した値（電流）に耐える能力をもつことを示さなければならない。これは、ダイオードの製造者の仕様書による、又は次の試験による。

それぞれの型式のダイオードに、その使用方向（ツェナーダイオードでは、ツェナー方向）、パルス幅 $50 \mu\text{s}$ の矩形波電流パルス 5 個を 20 ms 間隔で加える。パルス振幅は、 U_m のピーク値を最低周囲温度におけるヒューズのコールドレジスタンス（及び、回路内に直列接続した故障しない抵抗器の抵抗値を加えた値）で除した値とする。製造者のデータから、この電流における溶断時間が $50 \mu\text{s}$ を超えることがわかる場合、実際の溶断時間を求めるためにパルス幅を変更する。製造者のデータから溶断時間を入手できない場合、算出した電流を 10 個のヒューズに流して溶断時間を測定する。この値が $50 \mu\text{s}$ を超えるときは、これを採用する。

この試験の前及び後に、同一の電流でダイオード電圧を測定する。試験電流は、コンポーネントの製造者が指定する代表値とする。測定した電圧の差は、5%（この 5%には、試験装置の不確かさも含む。）以下でなければならない。試験中に観測された電圧の最大上昇値を、一連のパルスのピーク値として採用し、上記の半導体電流制限デバイスなどと同様の手法で適用する一連のパルスのピーク値として使用する。

試験後、再度、これらのデバイスがコンポーネントの製造者の仕様に適合しているかを確認する。

製造者が製造する部品が範囲をもつ場合（例えば、電圧範囲をもつツェナーダイオード）その範囲全体が許容できることを実証するため、ある電圧のものだけをその範囲を代表するサンプルとして試験を行う。

10.9 ケーブル引張試験

ケーブル引張試験は、次による。

- － 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 1 時間以上加える。
- － 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。

10.10 変圧器の試験

変圧器が、ルーチン試験及び次に規定する型式試験に合格し、その後、本安回路に電力を供給する巻線と他の全ての巻線との間が、 $2U+1,000 \text{ V}$ 又は $1,500 \text{ V}$ のいずれか高い方の試験電圧に耐えるときは、安全な電氣的分離の要求事項を満足する。ここで、 U は、試験する巻線の最高定格電圧である。

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 1.7 倍 $_{+10\%}$ とする、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なるまで調整する。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達

する最大入力電流を用いて試験を続行する。

試験は6時間以上、又は手動リセット式のサーマルトリップが動作するまで続ける。自動リセット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。

タイプ1及びタイプ2a)の変圧器については、変圧器の巻線の温度は、IEC 60085に定める絶縁等級に対する許容値以下でなければならない。巻線の温度は、10.2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、接地からの絶縁が必要ない場合、変圧器が燃え上がらなければ、その変圧器は許容する。

10.11 フォトカプラの試験

10.11.1 一般事項

フォトカプラを、本安回路-非本安回路間を絶縁するために使用し、外部保護コンポーネント(8.9.2参照)による過負荷に対して適切に保護していない場合、次の試験を行う。

サンプルは、10.11.2及び10.11.3に規定する両方の試験に適合しなければならない。

10.11.2 熱処理、耐電圧試験及び炭化試験

受光側及び発光側で測定する最高温度は、デバイスに過負荷を加えて決定する。その後、それらの装置に対して、熱処理及び耐電圧試験を行う。最後に、内部の沿面経路の構造を検査するために炭化試験を行う。

10.11.2.1 受光側での過負荷試験

この試験は、5個のサンプルに対して行う。

フォトカプラの発光側は、定格の負荷(例えば、 $I_f = I_N$)で動作する。

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)で動作する。この値は、予備試験を行って決める、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するまで段階的に増加する。これを受光側の半導体が損傷するまで続ける。損傷によって動作が停止する、又は、消費電力が極端に低下する。

各サンプルについて、受光側が損傷する直前の最高表面温度及び周囲温度を記録する。

10.11.2.2 発光側での過負荷試験

この試験は、5個のサンプルに対して行う。

フォトカプラの受光側は、定格の電圧及び電流値(例えば、 V_{C-E} 、 I_c)で動作する。

発光側は、コンポーネントを損傷しない特定の電力で動作する。この値は、予備試験を行って決める、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するまで増加する。これを発光側の半導体が損傷するまで続ける。損傷によって動作が停止する、又は、消費電力が極端に低下する。

各サンプルについて、発光側が損傷する直前の最高表面温度及び周囲温度を記録する。

10.11.2.3 熱処理及び耐電圧試験

10.11.2.1及び10.11.2.2で使用した10個のサンプル全てを10.11.2.1又は10.11.2.2で記録した最高表

面温度に 10 K~15 K 加えた温度の恒温槽に $6_{+0.2}^{\circ}$ 時間放置する。

フォトカプラを $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ まで冷却した後、耐電圧試験を行う。本安端子-非本安端子間に 1.5 kV (交流 48 Hz~62 Hz) の電圧を印加し、10 秒以内に 3_{+5}° 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、受信側と送信側との間で絶縁破壊してはならず、かつ、漏れ電流は 5 mA 以下でなければならない。

10.11.2.4 炭化試験

10.11.2.4.1 受光側

加熱したプラスチック材料によって生じる内部沿面経路の形成 (炭化) を試験するため、10.11.2.1 で使用した 5 個のサンプルを用いて、故障した受光側の半導体の端子間 (例えば、コレクタとエミッタとの間) に、直流電圧 375_{+10}° V を 30_{+1}° 分間印加する。

この試験の最後の 5 分間において、電流は 5 mA 以下でなければならない。

10.11.2.4.2 発光側

加熱したプラスチック材料によって生じる内部沿面経路の形成 (炭化) を試験するため、10.11.2.2 で使用した 5 個のサンプルを用いて、故障した発光側の半導体の端子間 (例えば、ダイオード) に、直流電圧 375_{+10}° V を 30_{+1}° 分間印加する。

この試験の最後の 5 分間において、電流は 5 mA 以下でなければならない。

10.11.3 耐電圧試験及び短絡試験

10.11.3.1 一般事項

フォトカプラは、耐電圧試験を行い、次いで短絡電流試験を行う。さらに、該当する場合、次の電流制限短絡電流試験を行い、引き続き耐電圧試験を行う。

10.11.3.2 耐電圧予備試験

新しいサンプル 3 個をこの試験に用いる。10.11.3.4 を適用する場合、更にサンプル 3 個を追加する。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_{+5}° kV を印加する耐電圧試験において、絶縁破壊することなく耐えなければならない。

10.11.3.3 短絡電流試験

フォトカプラのサンプル 3 個について短絡電流試験を行う。試験回路の開放電圧は U_m とする。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。

10.11.3.4 電流制限した短絡電流試験

フォトカプラに保護用の直列ヒューズ又は電流制限抵抗器を組み込むときは、追加した 3 個のフォトカプラサンプルに、ヒューズの公称電流定格の 1.7 倍、又は故障時に抵抗器に流れる短絡電流の 1.5 倍を熱平衡に達するまで流す。

10.11.3.5 耐電圧試験

各サンプルは、 $2U + 1,000$ V 又は 1,500 V (実効値) のうち大きい値を、フォトカプラの本安側-非本安側間に (65 ± 5) 秒間印加する耐電圧試験に破壊することなく耐えなければならない。

これらの試験の間、フォトカプラは、短絡電流試験で破裂又は燃えてはならず、かつ、耐電圧試験で電流は1 mA以下でなければならない。

10.12 故障しないプリント基板の接続の電流容量

接続の電流容量は、通常動作状態及び故障状態で接続に流れる最大連続電流の1.5倍の電流を用いて1時間以上試験を行う。この試験電流を流すことで、接続が開放してはならず、かつ、いかなる箇所でも接続が基材から離れてはならない。

11 ルーチン試験及び検証

11.1 ダイオード式安全保持器に対するルーチン試験

11.1.1 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性を維持する場合に限り、使用してもよい。

11.1.2 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時間さら（曝）す。
- b) 各ダイオードに対し、10.8に従うパルス電流試験を行う。

11.2 故障しない変圧器のルーチン試験

ルーチン試験においては、故障しない変圧器に印加する電圧は、表10に示す値とする。ただし、 U は、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、上記の試験電圧の1.2倍で試験を行ってもよい。この場合、印加時間は1秒以上とする。

印加電圧は、試験中、一定とする。試験中に流れる電流は、回路設計から予測する値以下とし、かつ、いかなる場合も5 mA（実効値）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 10 故障しない変圧器に対する定期試験電圧

印加箇所	試験電圧の実効値		
	主電源変圧器	非主電源変圧器	本安回路内の一次側及び二次側巻線をもつ変圧器
入力側巻線と出力側巻線との間	$4U$ 又は $2,500\text{ V}$ のうち大きい方	$2U + 1,000\text{ V}$ 又は $1,500\text{ V}$ のうち大きい方	500 V
全ての巻線と鉄心若しくはスクリーンとの間	$2U$ 又は $1,000\text{ V}$ のうち大きい方	$2U$ 又は 500 V のうち大きい方	500 V
本安回路に電源を供給する各巻線と他の出力側巻線との間	$2U + 1,000\text{ V}$ 又は $1,500\text{ V}$ のうち大きい方	$2U$ 又は 500 V のうち大きい方	500 V
各本安回路巻線の間	$2U$ 又は 500 V のうち大きい方	$2U$ 又は 500 V のうち大きい方	500 V

12 表示

12.1 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（表 16）の文章から引用する。

5.4 の要求事項を満たす機器には、記号“ic”を表示する。第 1 編に列挙する他の保護手法の表示を含む必要がある場合、記号“ic”は冒頭に記載する。

本安関連機器に対しては、記号 Ex ia, Ex ib, 又は Ex ic（Ex がすでに表示されている場合、ia 又は ib 又は ic）をかぎ括弧“[]”で囲む。

注記 1 関連する全てのパラメータ（例えば、 U_m , L_i , C_i , L_o , C_o ）を可能な限り表示するのがよい。

注記 2 表示及び文書に関する標準の記号は、この編の箇条 3 及び第 1 編（総則）に示す。

実用的には、イタリック体又は下付き文字の使用を制限又は排除し、簡易化した表記を使用するのがよい（例えば、 U_o ではなく U_0 に）。

6.1.2.3 a) の要求事項を満たす機器の場合、IP の定格を表示する。

6.1.2.3 c) の要求事項を満たす機器の場合、第 1 編（総則）の表示の要求事項に従って、認証書番号の後に記号 X を付け、かつ、認証書に列挙する使用に関する特定の使用条件に、要求事項の詳細を記載する。

6.3.13 の要求事項を満たさない機器の場合、第 1 編の表示の要求事項に従って、認証書番号の後に記号 X を付け、かつ、認証書に列挙する使用に関する特定の使用条件に、要求事項の詳細を記載する。

衝撃エネルギーが 10.7 の規定値を超えるのを防ぐため、外部の物理的衝撃から機器を保護する必要があるときは、特定の使用条件として要求事項の詳細を規定し、第 1 編の表示の要求事項に従って、認証書

番号の後に記号 X を付け、かつ、認証書に列挙する使用に関する特定の使用条件に、要求事項の詳細を記載する。

附属書 G の要求事項に適合する機器に対しては、各機器には更に、“FISCO”の語を表示し、その後、機能（すなわち、パワーサプライ、フィールドデバイス又はターミネータ）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_0 , I_0 , C_0 , L_0 , P_0 及び L_0/R_0 を表示する必要はない。FISCO の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。

12.2 外部配線接続端子部の表示

本安機器及び本安関連機器の外部配線接続端子部、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性を維持するため、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。

12.3 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 11 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 11 警告表示の文言

項目	参照箇条	警告表示
a)	7.4.1	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)	7.4.8	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)	7.4.9	警告—危険場所ではバッテリーを充電するな
d)	7.4.8	警告—爆発性雰囲気が存在するときは開けるな

12.4 表示例

次は表示の例である。

- a) 独立した本安機器

C TOME LTD
PAGING RECEIVER TYPE 3
Ex ia IIC T4
-25 °C ≤ Ta ≤ +50 °C
IECEX ExCB 04.****
Serial No. XXXX

b) 他の機器と接続するように設計した本安機器

M HULOT
TRANSDUCTEUR TYPE 12
Ex ib IIB T4
ACB No: Ex05****
Li: 10 μH Ci: 1 200 pF
Ui: 28 V Ii: 250 mA
Pi: 1.3 W

c) 本安関連機器

J SCHMIDT A.G.
STROMVERSORGUNG TYP 4
[Ex ib] I
ACB No: Ex05****
Um: 250 V Po: 0,9 W
Io: 150 mA Uo: 24 V
Lo: 20 mH Co: 4.6 μF

d) 耐圧構造によって保護した本安関連機器

PIZZA ELECT. SpA
Ex d [ia] IIB T6
ACB No: Ex05****
Um: 250 V Po: 0.9 W
Uo: 36 V Io: 100 mA
Co: 0.31 μF Lo: 15 mH
Serial No. XXXX

e) 保護レベル“ic”の本安機器

M HULOT TRANSDUCTEUR TYPE 12A Ex ic IIB T4 ACB No: Ex05**** Ui: 28 V Ci = 0

f) “ia”の出力をもつ保護レベル“ib”の本安機器

PRAHA ELECT Ex ib [ia IIC] IIB T6 ACB No: Ex09**** Ui: 30 V Uo: 5.6V Ii: 93 mA Po: 0.014 W Li: 0.01 mH Io: 10 mA Ci: 0.031 μF Lo: 0.15 mH Serial No. XXXX Co: 35 μF

ここで、ACB は、該当する認証機関の頭文字を表す。

13 文書

文書には、第 1 編（総則）の取扱説明書の要求事項で要求する取扱説明書を含める。該当する場合、次の情報も含める。

a) エンティティコンセプトに対する電気的パラメータ

- 1) 電源： U_o , I_o , P_o , 該当する場合、 C_o , L_o 及び（又は）許容する L_o/R_o 比のような出力データ
- 2) 電力を受ける機器： U_i , I_i , P_i , C_i , L_i 及び L_i/R_i 比のような入力データ

b) 設置、ライブメンテナンス及び使用に関する特別な要求事項

注記 システム構成図は、設置及び使用に関する接続情報及び特別な要求事項を統合して示す推奨の形式である。

c) 非本安回路又は本安関連機器の端子に適用する U_m の最大値

d) 防爆構造を決定するとき前提とする特別な条件（例：電圧は、保護用変圧器から、又はダイオード形安全保持器を通して供給する。）

e) 6.3.13 への適合又は非適合

f) 容器の表面の指定（容器が本質安全性に関わる場合に限る。）

g) 機器に適した環境条件

h) 附属書 F を適用している場合、文書には、周囲の汚損度及び過電圧カテゴリを示す。

附属書 A

(規定)

本安回路の評価

A.1 基礎的な評価基準

本安回路は、次の三つの基礎的な基準を満たさなければならない。

- a) 電気機器の特定の保護レベル（箇条 5 参照）及びグループ化（箇条 4 参照）に対し、箇条 10 で要求する回路の試験又は評価をしたとき、火花点火を生じない。
- b) 高温表面による点火が生じないことを確実にするため、5.6 及び第 1 編（総則）の温度の要求事項に従って、本安機器の温度の分類を行う。温度分類は、本安関連機器には適用しない。
- c) 回路を、他の回路から適切に分離する。

注記 1 評価基準 a) は、評価によって満たしてもよい。電圧、電流、並びに点火限界における静電容量及びインダクタンスなどの回路パラメータに関する情報が必要となる。これによって、火花点火に関する本質安全性について、回路を評価できる。

注記 2 評価基準 b) は、コンポーネントの熱的挙動に関する知見及び該当する故障条件下で印加される可能性がある最大電力から、コンポーネントの最高表面温度を見積もることで満たしてもよい。

注記 3 評価基準 c) は、適切な沿面距離及び絶縁空間距離の対策、並びに箇条 8 に適合するコンポーネント（例：変圧器及び電流制限抵抗器）を使用することによって満たしてもよい。

A.2 基準の曲線及び基準の表を使用する評価

点火能力について評価しようとする回路が単純な回路にほぼ近く、その単純な回路から基準の曲線が得られている場合、評価には、図 A.1～図 A.6、又は表 A.1 及び表 A.2 を使用する。箇条 5 に従う故障条件及び 10.1.4.2 に従う安全率も考慮する。

通常、次の手順で行う。

- コンポーネントの許容差、電源電圧の変動、絶縁及びコンポーネントの故障を考慮して、実際に生じる可能性のある最悪の状態を特定する。
- 続いて、評価の対象となる回路を得るために、回路のタイプ（抵抗性、誘導性、又は容量性）（10.1.4.2 参照）及び電気機器保護レベル（箇条 5 参照）によって決まる安全率を乗じる。
- その後、図 A.1～A.6 の基準曲線又は表 A.1 及び A.2 によって、結果として得られる回路のパラメータが許容できるかの確認を行う。

評価よりも試験が望ましい場合、評価で得られた回路を、火花点火試験装置を使用して試験してもよい。

注記 図 A.1～A.6 並びに表 A.1 及び A.2 で与えられる情報は、単純な回路に関するものであって、実際の回路設計にその情報を適用することが難しい場合もある。例えば、電源の多くは非線形の出力特性をもつので、基準曲線では評価できない。なぜなら、図 A.1 は、回路が、セル又はバッテリー及びそれに直列に接続した電流制限抵抗器によって表されるときにしか使用できないからである。このため、非線形回路（例えば、定電流回路）では、開放電圧及び短絡電流に基づいて図 A.1 で予測される値未満の電流値で点火することになる。非線形回路の種類によっては、最大許

容電流が、基準曲線から予測される値の 1/5 しかないこともある。そのため、検討する回路が、情報を与えられている単純な回路のうちの一つによって実際の目的のために表されるときにだけ、評価がなされることが確実となるように、十分な注意が必要である。利用可能な情報には限界があり、本安回路の設計で生じる細かい問題の全てを取り扱うことができるわけではない。

A.3 単純回路の例

a) 単純な誘導性回路

手順を詳細に説明するため、グループ IIC に用いる回路を検討する。これは、図 A.7 に示すように、故障しない 300 Ω の電流制限抵抗器を実装した 20 V のバッテリーからなる電源で構成し、1,100 Ω の抵抗分をもつ 100 mH のインダクタに電流を供給するものである。

300 Ω 及び 1,100 Ω は最小値であり、100 mH は最大値である。二つの評価を別々に行う。一つは電源自体が本質安全であることを確認するための評価であり、もう一つは接続する負荷の影響を考慮する評価である。それぞれ次に示す。

1) 電源

評価の手順を次に示す。

- i) 電流制限抵抗器の値が最低 300 Ω と示され、この抵抗器が関係する限りの最悪の状況を表す。この抵抗器が、安全保持部品に関する要求事項 (8.5 参照) に適合しない場合、一つの故障 (箇条 5 参照) を適用することによって、抵抗器が短絡すると仮定した修正回路を生じる。これらの故障を伴うとき、電源は本質安全ではなくなる。

7.4.4 に従って、バッテリー電圧の最大値を決定することも必要である。得られた最大バッテリー電圧を 22 V と仮定する。

- ii) 最大短絡電流は $22 \text{ V} / 300 \Omega = 73.3 \text{ mA}$ となる。

回路が抵抗性のため、箇条 5 及び 10.1.4.2 の適用によって、短絡電流を $1.5 \times 73.3 \text{ mA} = 110 \text{ mA}$ まで増加した回路になる。

- iii) 表 A.1 から、グループ IIC については、22 V の抵抗性回路に対する最小点火電流は 337 mA であることが分かる。したがって、火花点火試験に関しては、電源は、本質安全であると評価することができる。

2) 負荷の接続

評価の手順を次に示す。

- i) 最大バッテリー電圧は 22 V である。300 Ω 及び 1,100 Ω が最小値のため、負荷に流れる電流の最大値は、 $22 \text{ V} / (300 \Omega + 1,100 \Omega) = 15.7 \text{ mA}$ となる。300 Ω の抵抗器は故障しないので、故障を適用せず、インダクタの短絡が上記で検討する回路となる。

- ii) 箇条 5 及び 10.1.4.2 の要求事項の適用によって、安全率を 1.5 とし、回路電流を $1.5 \times 15.7 \text{ mA} = 23.6 \text{ mA}$ に増やす。

- iii) 図 A.4 (グループ IIC 用) を参照すると、100 mH のインダクタについては、24 V の電源に対する最小点火電流は 28 mA であることがわかる。したがって (最小点火電流未満なので)、この回路は、グループ IIC の用途については、火花点火に関して本質安全であると評価できる。

注記 1 24 V を大幅に下回る開放電圧に対しては、図 A.6 を使用する。

注記 2 上記の評価では、インダクタを空芯コイルと仮定している。インダクタが空芯コイルではない場合、これらの評価は近似評価とみなし、回路が本質安全であるか否かを立証するために火花試験装置（附属書 B）によって試験する必要がある。実際には、評価がインダクタンスの測定値に基づいている場合、いつもではないがたいしては、試験で得られる最小点火電流は、評価で得られる値を超える。

b) 単純な容量性回路

グループ I に適用することを意図する図 A.8 の回路を検討する。その回路は、適切に実装した故障しない $10\text{ k}\Omega$ の抵抗器を介して $10\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサに接続した 30 V のバッテリーから構成する。この例では、 30 V 及び $10\text{ }\mu\text{F}$ の値を最大値とし、 $10\text{ k}\Omega$ を最小値とする。

二つの評価を別々に行う。一つは電源自体が本質安全であることを確認するための評価であり、もう一つはコンデンサの存在を考慮した評価である。

1) 電源

手順は、a) 1) に記載するものとほぼ同じであるので、詳細は省略する。電源回路単体は、 100 を超える安全率をもつ火花点火に関して、本質安全であると容易に評価することができる。

2) コンデンサ

評価の手順を次に示す。

- i) 最大バッテリー電圧は 30 V であり、最大静電容量値は $10\text{ }\mu\text{F}$ である。b) 1) で検討する回路には、 $10\text{ k}\Omega$ の抵抗器は故障しないので故障は適用しないが、コンデンサの短絡故障又は開放故障が生じる。
- ii) 箇条 5 及び 10.1.4.2 の要求事項を適用し、安全率を 1.5 とし、電圧を $1.5 \times 30\text{ V} = 45\text{ V}$ に増やす。
- iii) 図 A.2 (グループ I 用) を参照すると、点火を生じる最小静電容量値は 45 V では $3\text{ }\mu\text{F}$ に過ぎず、 30 V では $7.2\text{ }\mu\text{F}$ に過ぎないことがわかる。したがって、この回路は、本質安全であると評価することはできない。

注記 3 回路を変更することで本質安全として評価できる可能性がいくつかある。回路の電圧又は静電容量の値を減少する、又は故障しない抵抗器を $10\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサと直列に挿入することである。図 A.2 によって、 $10\text{ }\mu\text{F}$ に対する最小点火電圧は 26 V であることが分かる。したがって、静電容量値を $10\text{ }\mu\text{F}$ に維持する場合、バッテリー電圧を $26\text{ V} / 1.5 = 17.3\text{ V}$ まで減少しなければならない。これに代えて、静電容量値を $3\text{ }\mu\text{F}$ に減少する、又は $10\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサに直列に最小値 $5.6\text{ }\Omega$ の故障しない抵抗器を挿入すると、 $10\text{ }\mu\text{F} + 5.6\text{ }\Omega$ の回路の最小点火電圧が 48 V であることから、グループ I の火花点火に関しては、本質安全と評価できる回路となる。

注記 4 上記の議論では無視した点がある。それは、図 A.2 及び図 A.3 の容量性回路に対する最小点火電圧の曲線は、厳密に言えば、充電したコンデンサには合うが電源とは直接には合わないという点である。実際には、検討中の電源自体が上記の例のように大きな安全率をもつ限り、基準曲線を適用することができる。しかし、電源単体では最小の安全率しかもたない場合、図 A.2 及び図 A.3 から本質安全性が推定可能であっても、電源とコンデンサとを互いに接続することで、回路を本質安全でない状態にすることがある。一般的には、そのような

回路は、上述の手法では信頼性のある評価ができないので、火花試験装置（附属書 B 参照）によって試験を行うのがよい。

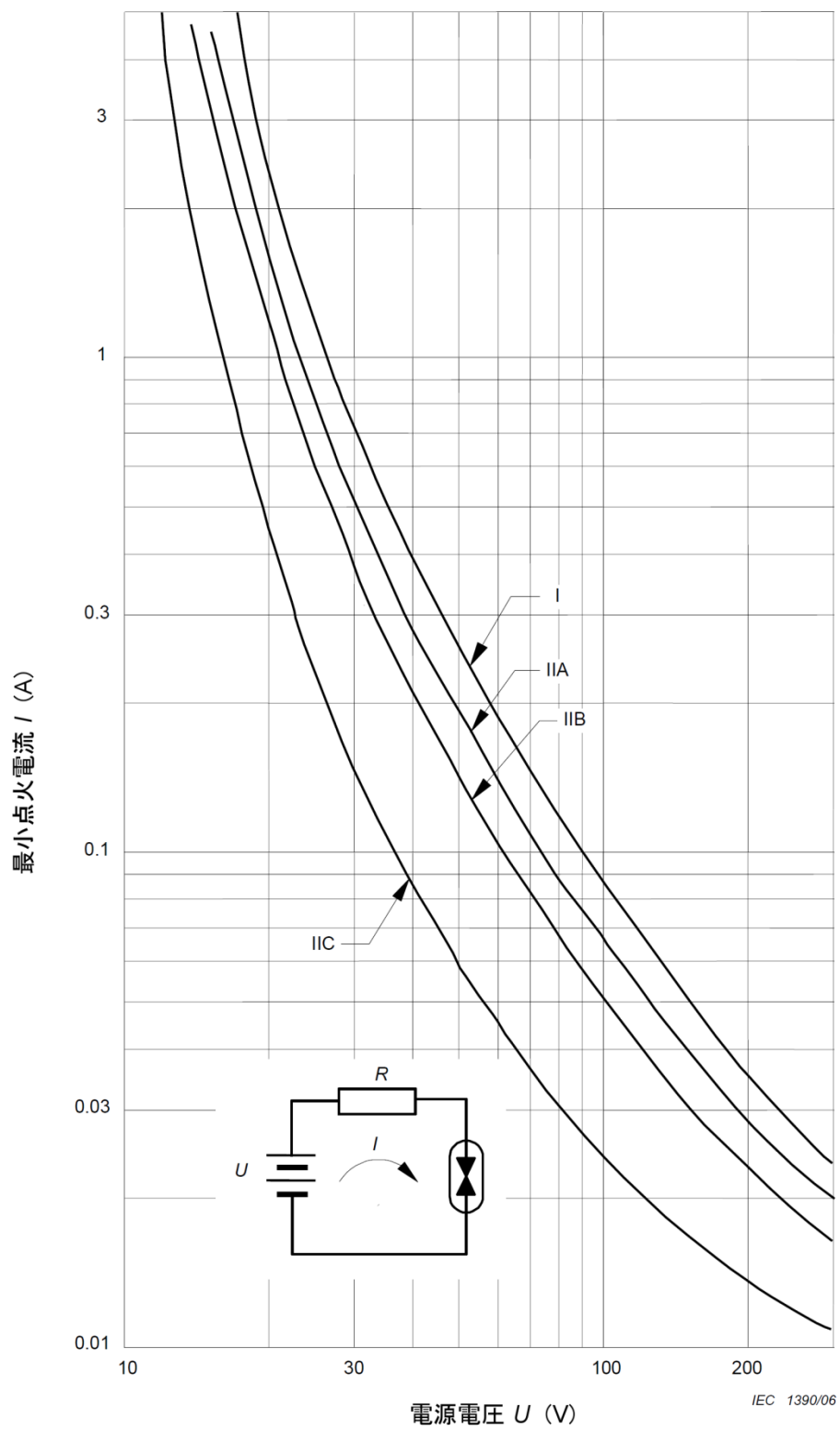
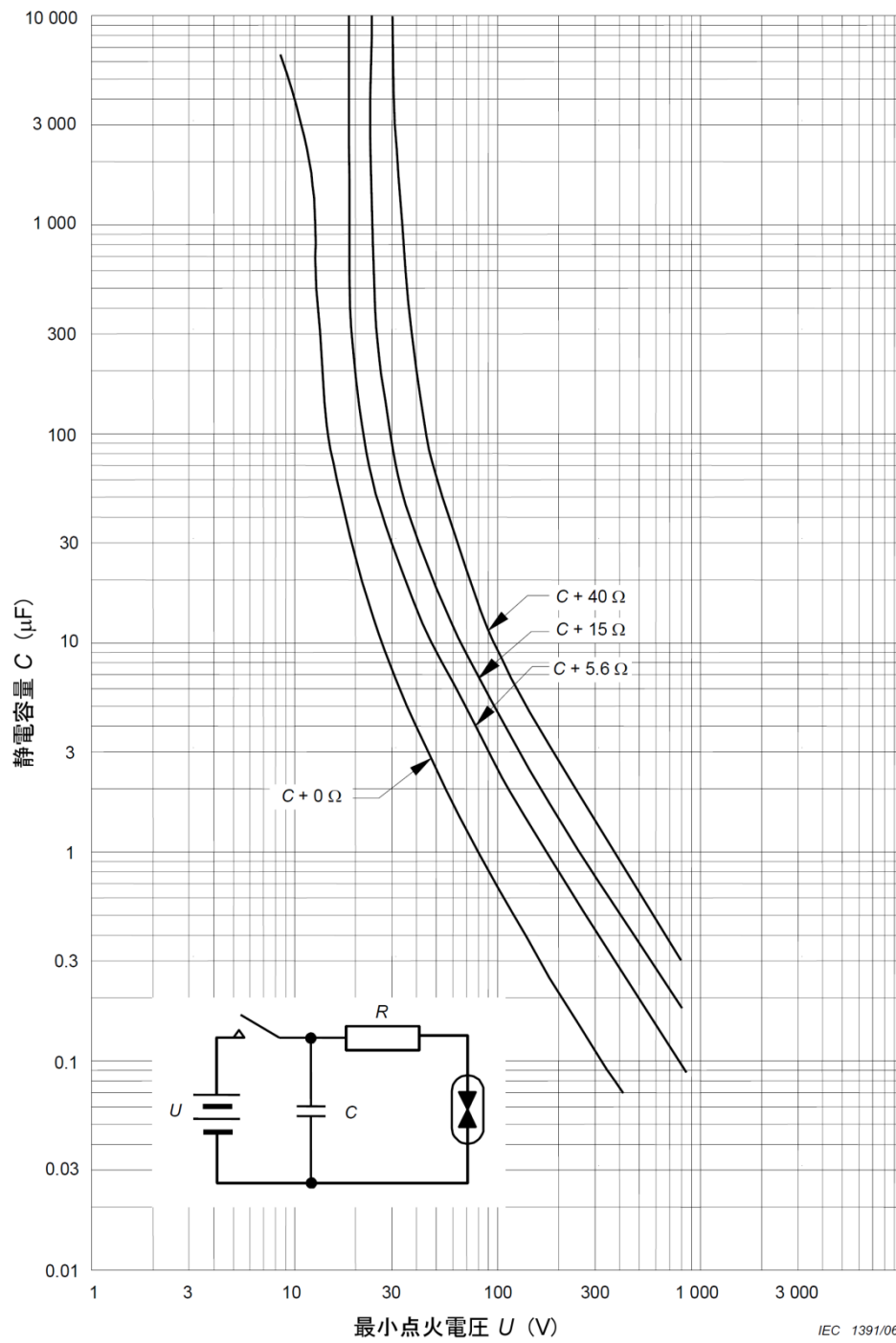
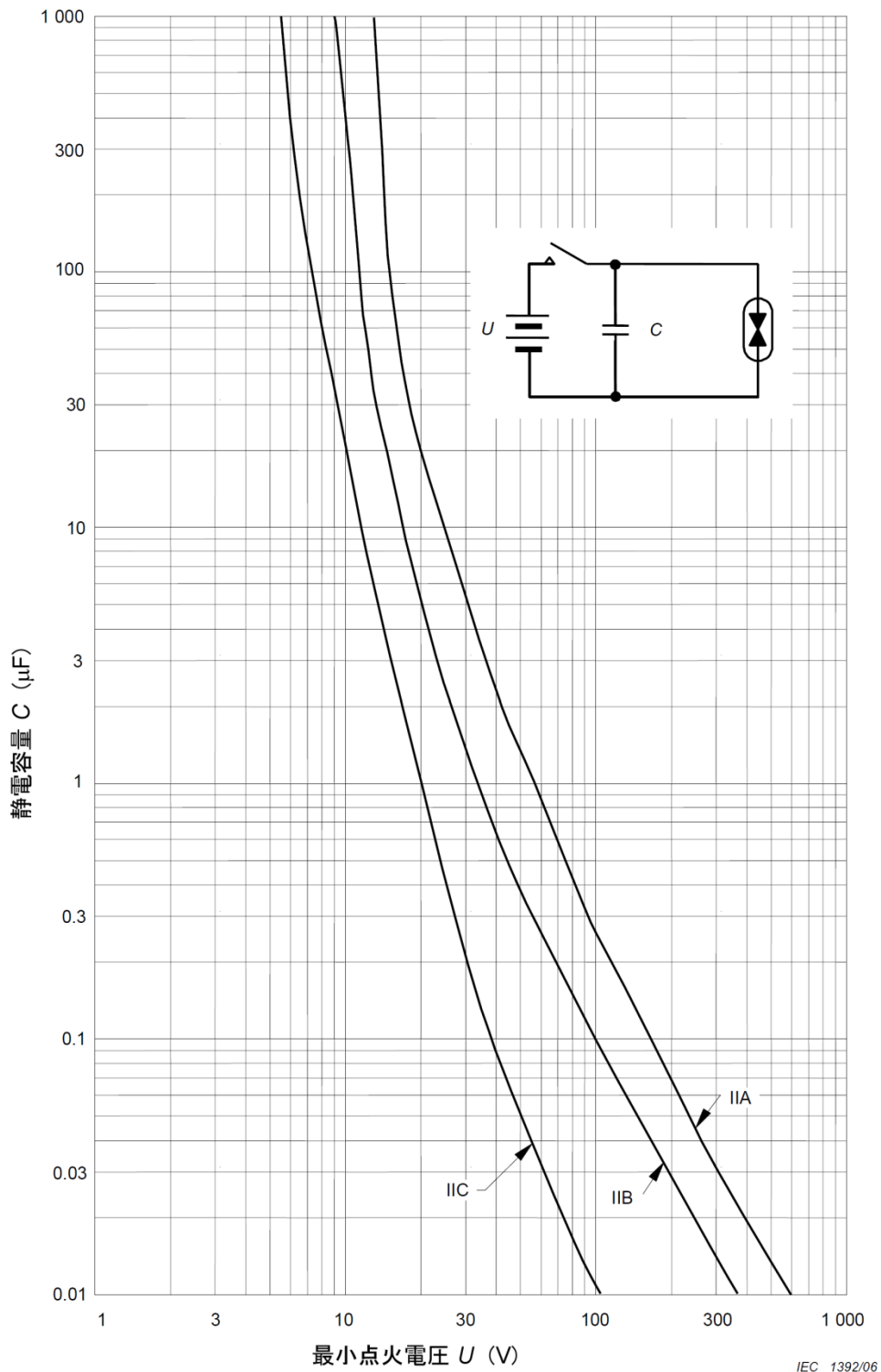


图 A.1 抵抗性回路



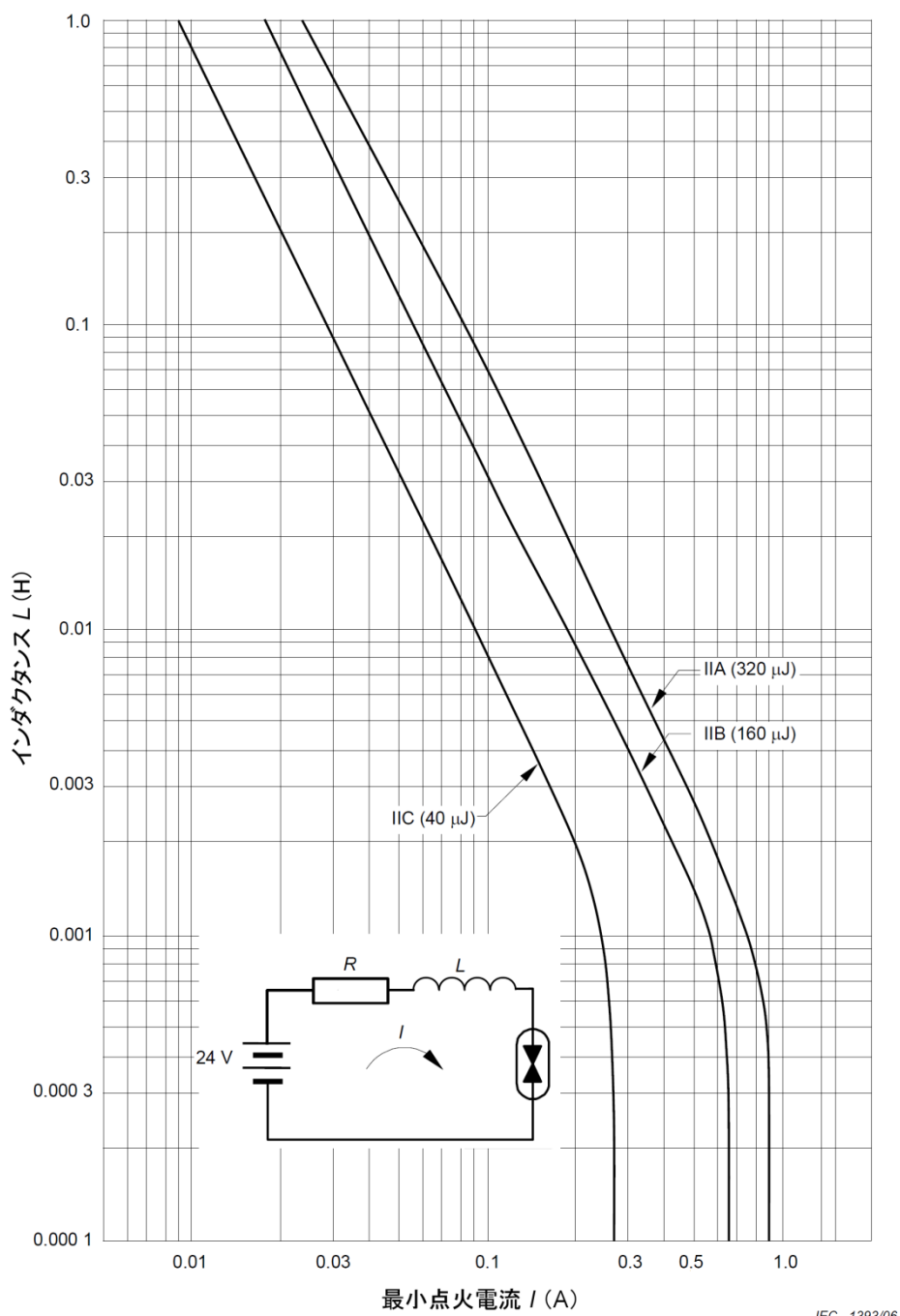
注 各曲線は、矢印で示す電流制限抵抗の値に対応する。

図 A.2 グループ I の容量性回路



IEC 1392/06

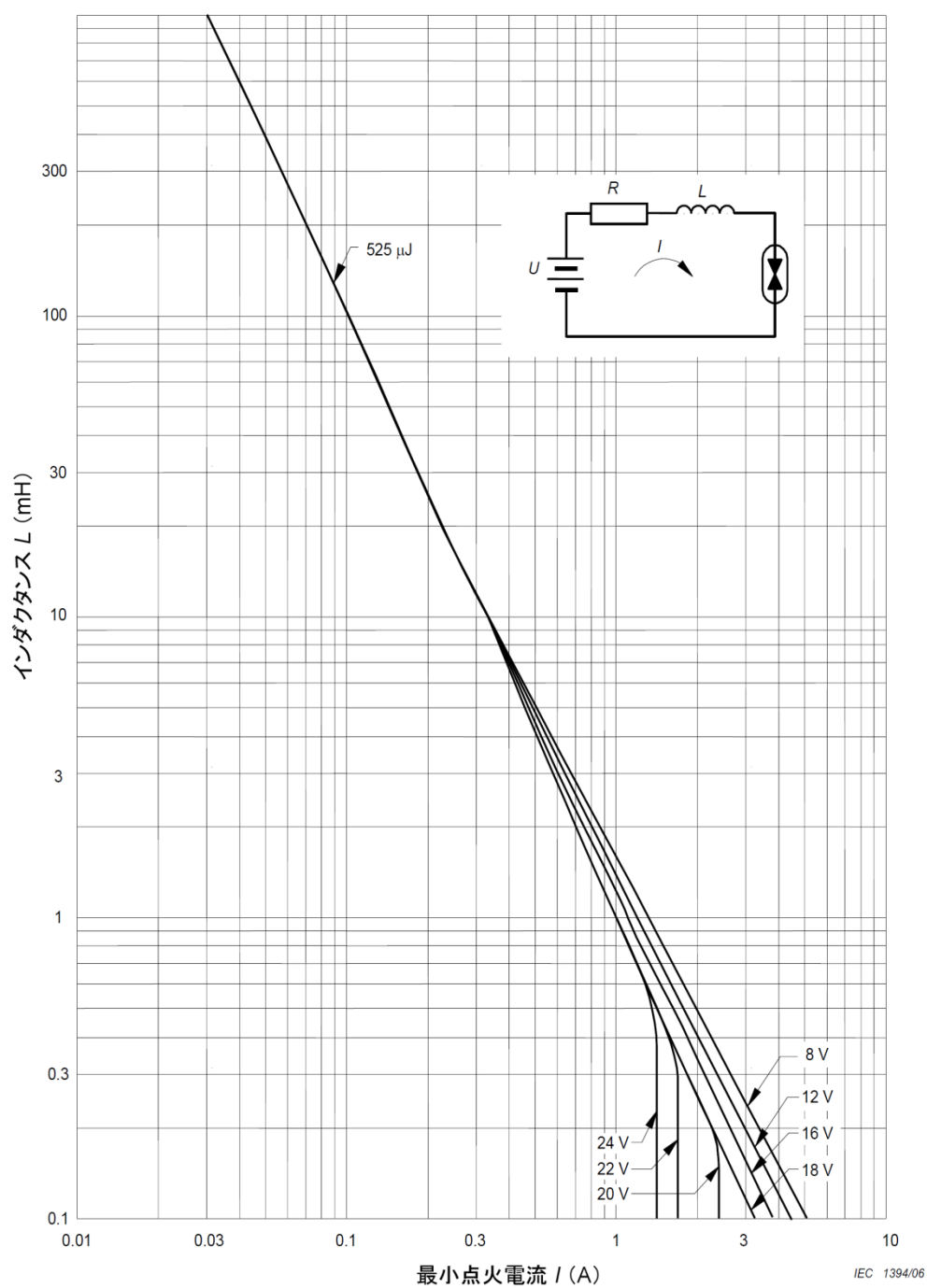
図 A.3 グループIIの容量性回路



注1 回路試験電圧は24Vである。

注2 曲線上において、矢印で示すエネルギー値となる。

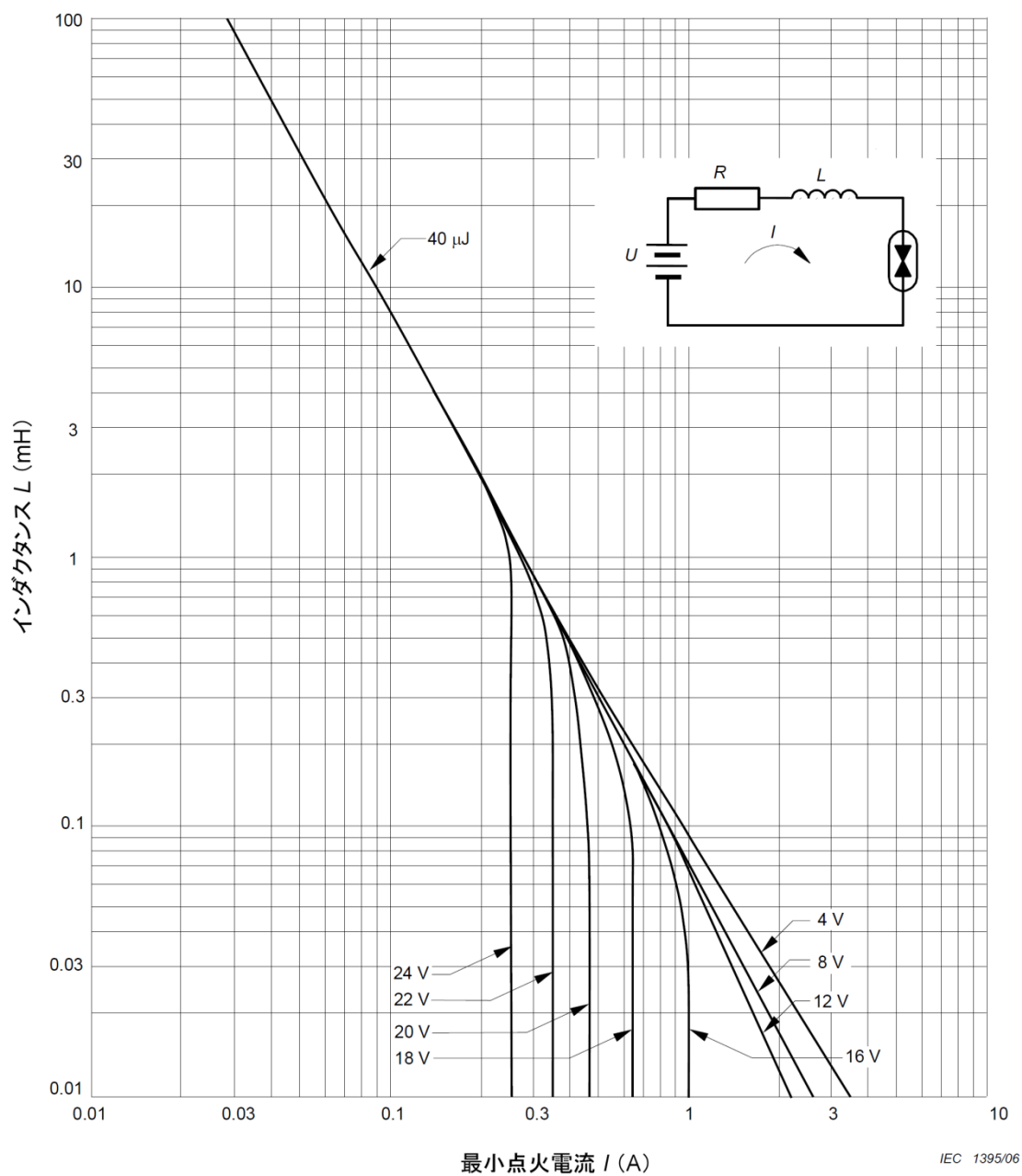
図 A.4 グループIIの誘導性回路



注1 各曲線は、矢印で示す回路電圧値 U に対応する。

注2 曲線上において、 $525 \mu\text{J}$ となる。

図 A.5 グループ I の誘導性回路



注1 各曲線は、矢印で示す回路電圧値 U に対応する。

注2 曲線上において、 $40 \mu\text{J}$ となる。

図 A.6 グループ IIC の誘導性回路

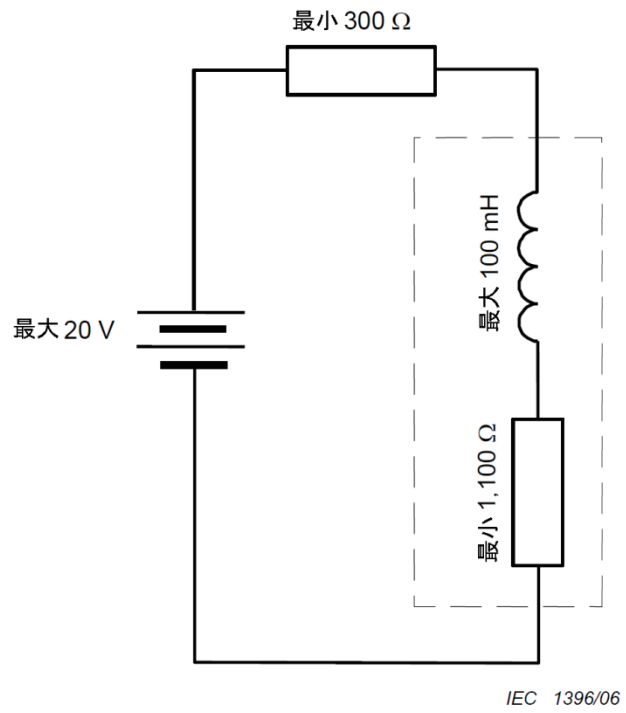


図 A.7 単純な誘導性回路

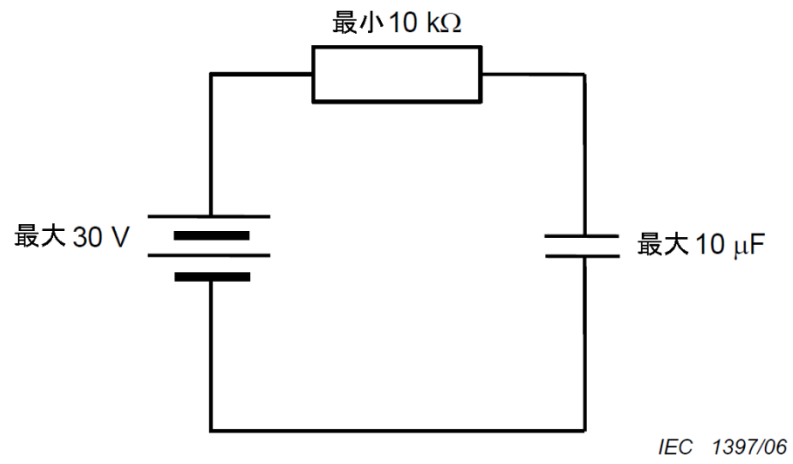


図 A.8 単純な容量性回路

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								
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	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	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	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	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	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	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	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	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	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
21.9	342	228	876	584	1,189	792	1,446	964
22	337	224	863	575	1,172	781	1,427	951
22.1	332	221	851	567	1,156	770	1,394	929
22.2	327	218	838	559	1,140	760	1,361	907
22.3	322	215	826	551	1,124	749	1,328	885
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	845
22.7	303	202	779	520	1,064	709	1,253	835
22.8	299	199	768	512	1,050	700	1,239	826
22.9	294	196	757	505	1,036	690	1,225	817
23	290	193	747	498	1,022	681	1,211	807
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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	85.4	57	209	139	284	190	383	255.3
40.5	83.4	55.6	205	136	278	185	362	241.3
41	81.4	54.3	200	133	271	181	342	228
41.5	79.6	53	196	131	265	177	336	224
42	77.7	51.8	192	128	259	173	331	220.7
42.5	76	50.6	188	125	253	169	321	214
43	74.3	49.5	184	122	247	165	312	208
43.5	72.6	48.4	180	120	242	161	307	204.7
44	71	47.4	176	117	237	158	303	202
44.5	69.5	46.3	173	115	231	154	294	196
45	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

A.4 保護用に直列接続した抵抗器による実効静電容量の低減

抵抗器を静電容量に直列に接続して、静電容量の放電エネルギー（図 A.9 におけるノード A とノード B との間のエネルギー）を制限するとき、表 A.3 を使用すると、これら二つのノード間の実効静電容量の評価を簡易に行うことができる。これによらない（表を適用しない）場合、当該回路を試験にかけてもよい。

抵抗器は 7.1 に準拠し、かつ、ノード X は、6.3 に従って、他の全ての導電部から分離する。

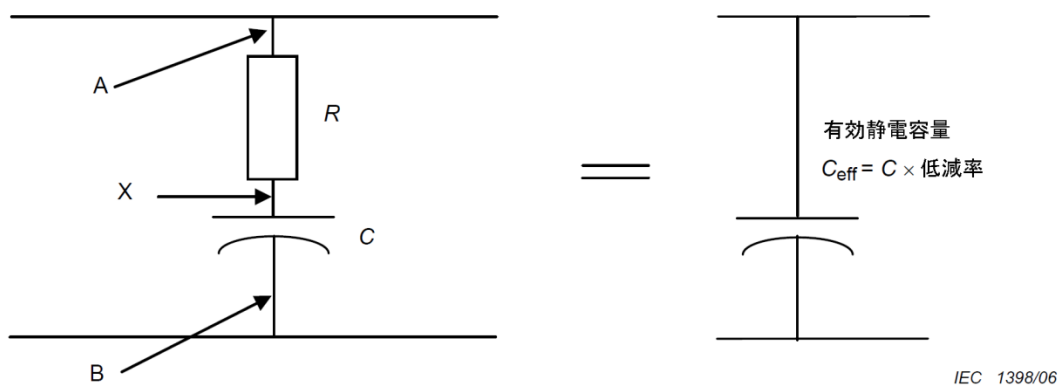


図 A.9 等価静電容量

表 A.3 保護用に直列接続した抵抗器による実効静電容量の低減

抵抗値 R Ω	低減率
0	1.00
1	0.97
2	0.94
3	0.91
4	0.87
5	0.85
6	0.83
7	0.80
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

注記 上表の低減率は控え目に規定しており、試験によって更なる低減率が得られることがある。

附属書 B

(規定)

本安回路用の火花試験装置

B.1 火花点火に関する試験方法

B.1.1 原理

試験にかける回路を、火花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許容差は±2% (タングステン線の長さは±10%)、電圧及び電流の許容差は±1%とする。

B.1.2 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。

注記 2 キャスト成形したカドミウム円板電極用として、電気めっき用カドミウムを使用してもよい。

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 3 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、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、80 min⁻¹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。

注記 4 ガスフローシステムを採用しないときは、ベース板にガス封止軸受が必要である。

カウンタを使用して、モータ駆動される電極保持板軸の回転数を記録する、又はタイマを使用して、あらかじめ決めた試験時間から電極保持板の回転数を計算してもよい。

注記5 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。

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 μH以下でなければならない。

B.1.3 火花試験装置の校正

それぞれの一連の試験の前及び後に、10.1.3に従って、火花試験装置の感度を確認する。

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、次の手順を繰り返す。

- a) 校正回路のパラメータを確認する。
- b) 爆発性試験混合ガスの濃度を確認する。
- c) タングステン線を清掃する。
- d) タングステン線を交換する。
- e) 10.1.3に規定する95 mH / 24 V / 100 mAの回路に端子部を接続し、空気中で接点部を動作させる。このとき、電極ホルダを2万回以上回転させる。
- f) カドミウム円板を交換し、10.1.3に従って、装置を校正する。

B.1.4 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材料であるので、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。

- a) 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。これを、ピンセット等でわずかに圧力をかけて取り除く。

この方法で準備したタングステン線は、平均して4本のタングステン線のうち1本を約50,000回の火花の後に交換すればよいことが判明している。

- b) 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（せん断）する。

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1 タングステン線を清掃するときは、試験装置から電極ホルダを取り外すとよい。

注記2 粒子のふるい分けによって決定したグレード0のサンドペーパーの仕様は次のとおりである。

要求事項	ふるいの目開き (μm)
全ての粒子が通過	106
残る粒子が24%以下	75
残る粒子が40%以上	53
通過する粒子が10%以下	45

経験的に、使用中の感度を安定させるには、定期的に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し、この速度は、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.1.5 新品のカドミウム円板の前処理

火花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。

- a) 新品のカドミウム円板を火花試験装置に取り付ける。
- b) 10.1.3 に規定する 95 mH / 24 V / 100 mA の回路に端子部を接続し、空气中で接点部を動作させる。このとき、電極ホルダを 2 万回以上回転させる。
- c) B.1.4 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、直列接続にした 2 μ F の非電解コンデンサ及び 2 k Ω の抵抗器を試験装置に接続する。
- d) 10.1.3.1 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.1.6 装置の制限事項

火花試験装置は、次の範囲の本安回路を試験するように設計する。

- a) 試験電流の設定値が 3 A 以下の回路
- b) 動作電圧が 300 V 以下の抵抗性又は容量性回路
- c) インダクタンスが 1 H 以下の誘導性回路
- d) 動作周波数が 1.5 MHz 以下の回路

注記 1 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。

注記 2 試験電流が 3 A を超える場合、タングステン線が温度上昇して点火しやすくなるため、試験が無効になることがある。

注記 3 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。

注記 4 大きな時定数をもつ容量性回路及び誘導性回路は、火花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 本～3 本取り外して試験してもよい。火花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。

要求する回転回数に達するまでに、火花試験装置の接点の開閉によって、電流が遮断される、又は回路の電氣的数値が減少する回路に対しては、火花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、最悪の出力状態を維持しなければならない。

注記 5 このような回路の試験については、附属書 E 及び附属書 H に詳細情報がある。

B.1.7 大電流で使用するための試験装置の修正

試験電流 3 A～10 A で試験するため、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±0.03) mm に変更し，その自由長を 10.5 mm まで減少する。

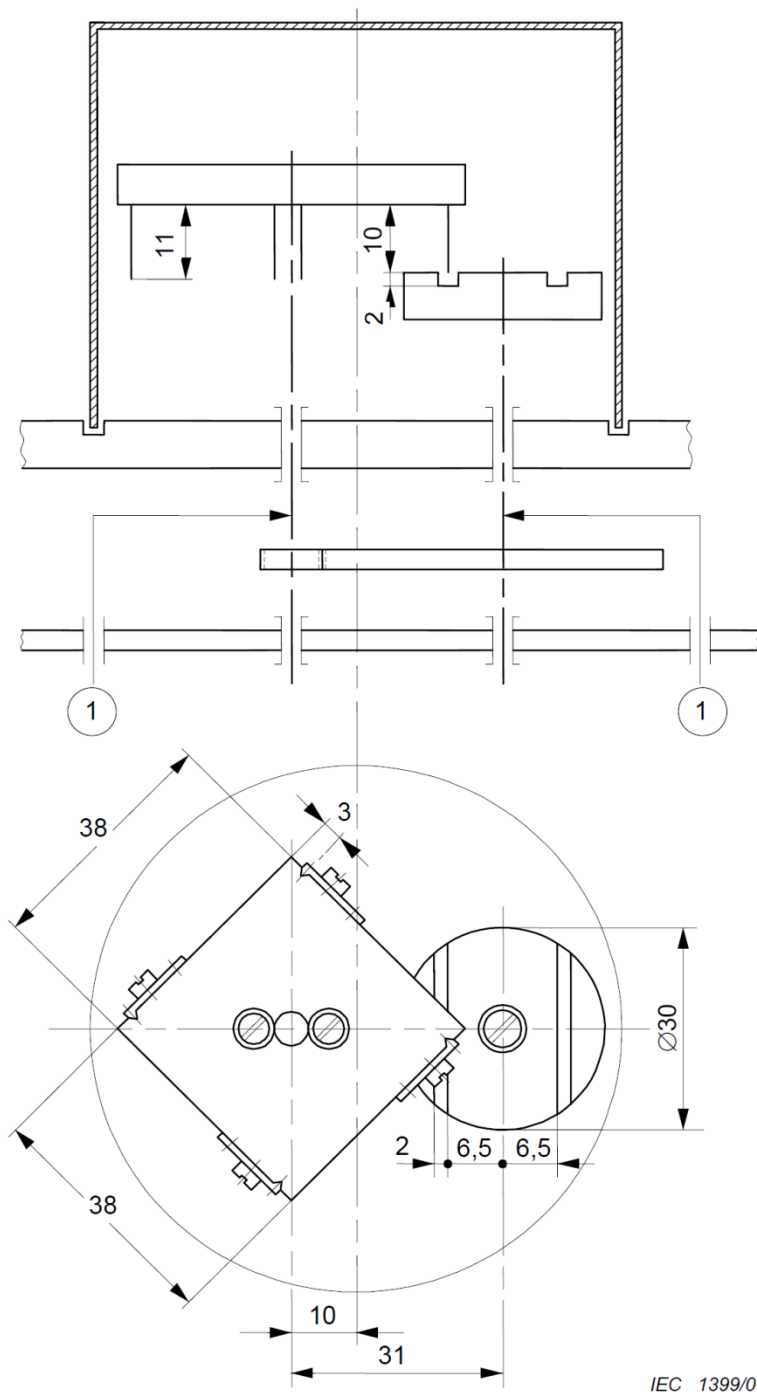
注記 1 自由長を減少することによって，カドミウム円板電極の磨耗を軽減する。

整流子の接触抵抗を含む装置の全抵抗を 100 mΩ未満に減少する，又は，火花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 自動車産業で使用されるタイプのブラシで，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。

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 μH 以下とする。

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。

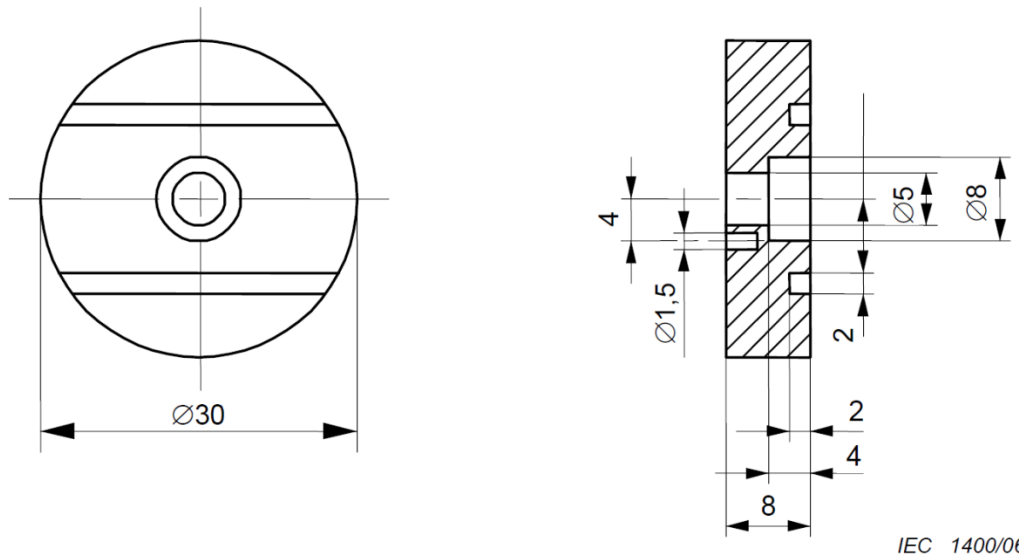


凡例：

- ① 被試験回路への接続部

単位：mm

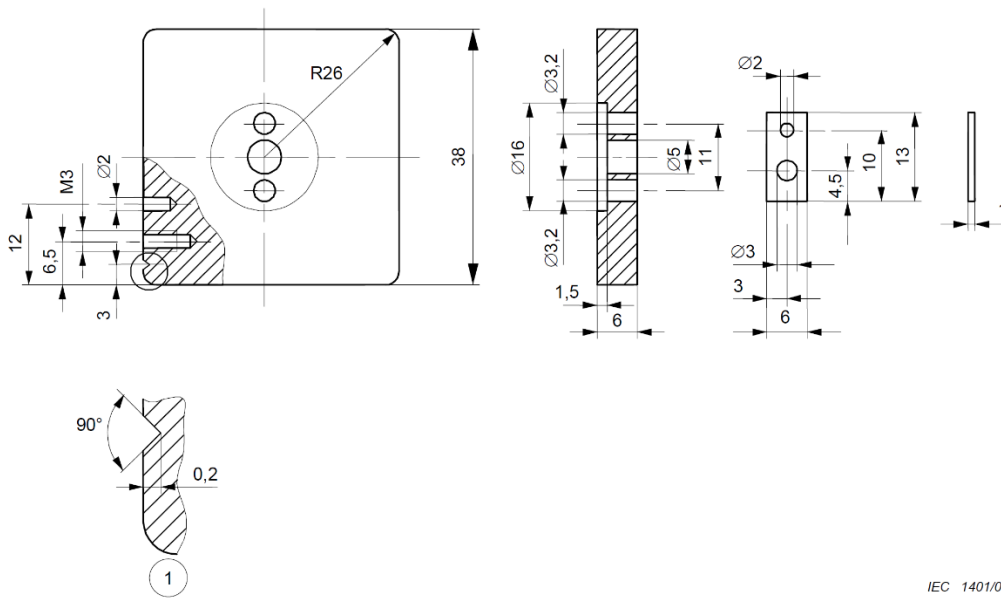
図 B.1 本安回路用の火花試験装置



IEC 1400/06

単位：mm

図 B.2 カドミウム円板



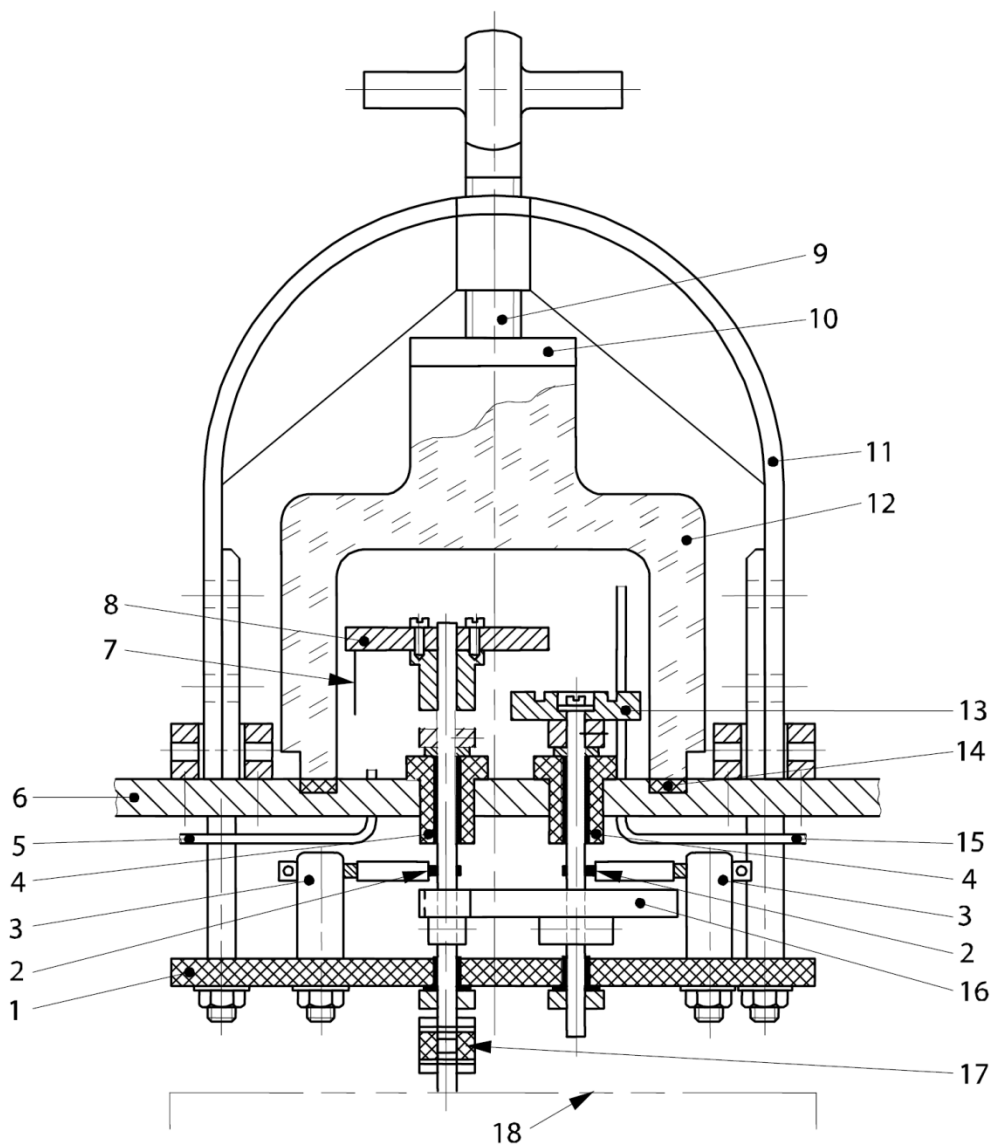
IEC 1401/06

凡例：

① 詳細図（縮尺 10:1）

単位：mm

図 B.3 タングステン線ホルダ

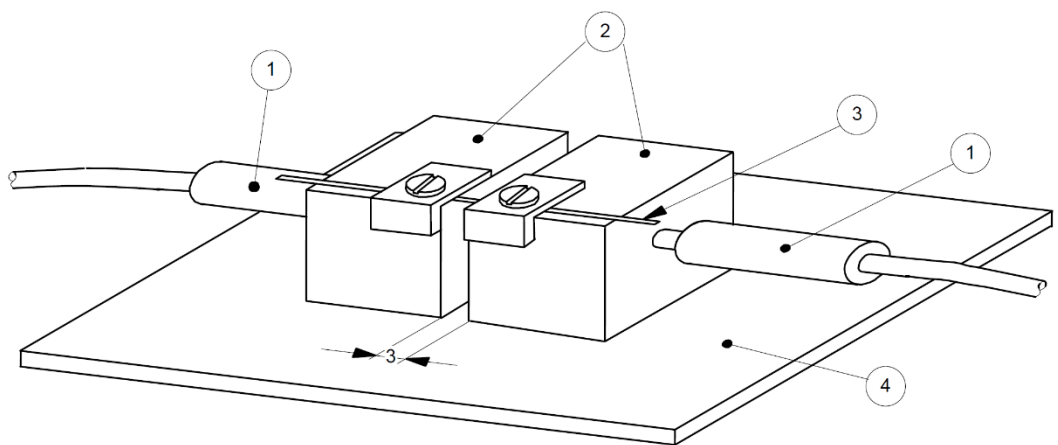


IEC 1402/06

凡例：

- | | |
|--------------|---------------------------------------|
| 1 絶縁板 | 10 圧カプレート |
| 2 電流接続 | 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 ガス封入口 |
| 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 min ⁻¹ の減速ギアをもつ駆動モータ |

図 B.4 火花試験装置の設計例



凡例：

- | | |
|-----------|-----------|
| ① 電流入力 | ③ タングステン線 |
| ② 銅製ブロック台 | 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

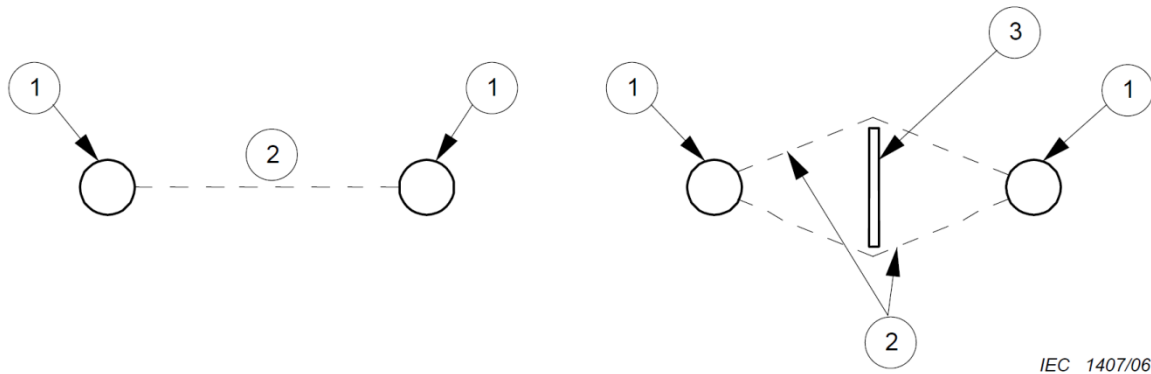
(参考)

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，6.3.3 に従って決定する。

絶縁空間距離は，二つの導電部間の空気中における最短の距離とし，導電部間に絶縁部（例えば，バリア）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。



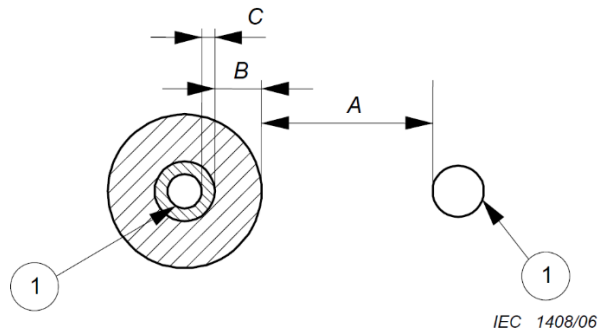
凡例：

- ① 導電部
- ② 絶縁空間距離
- ③ バリア

図 C.1 絶縁空間距離の測定

導電部間の距離が，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，その値を表 5 の該当する列（絶縁空間距離又は充填物離隔距離の列）の値と比べることができる。

図 C.2 において，A を絶縁空間距離，B を充填物離隔距離，及び C を固体離隔距離とする。



凡例：

① 導体

図 C.2 複合距離の測定

A が、表 5 に定める値未満の場合、次の表に規定する値のいずれかを使用することができる。算出に当たっては、表 5 に規定する値の 1/3 未満の絶縁空間距離又は離隔距離は無視し、計算には入れない。算出結果を合算し、表 5 の該当する値と比較する。

表 5 の第 2 列を使用するため、測定値に次表の係数を乗じる。

導体間の電圧の差	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	1	1	1
B	3	3	3
C	3	4	6

表 5 の第 3 列を使用するため、測定値に次表の係数を乗じる。

導体間の電圧の差	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0.33	0.33	0.33
B	1	1	1
C	1	1.33	2

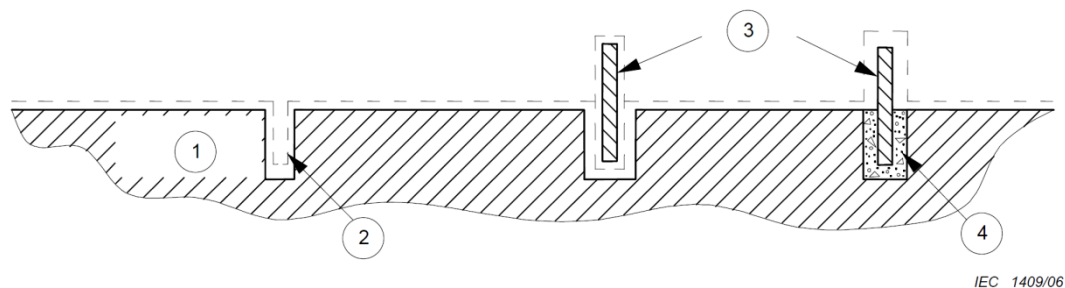
表 5 の第 4 列を使用するため、測定値に次表の係数を乗じる。

導体間の電圧の差	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0.33	0.25	0.17
B	1	0.75	0.5
C	1	1	1

C.2 沿面距離

距離の測定に使用する電圧は、6.3.3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。



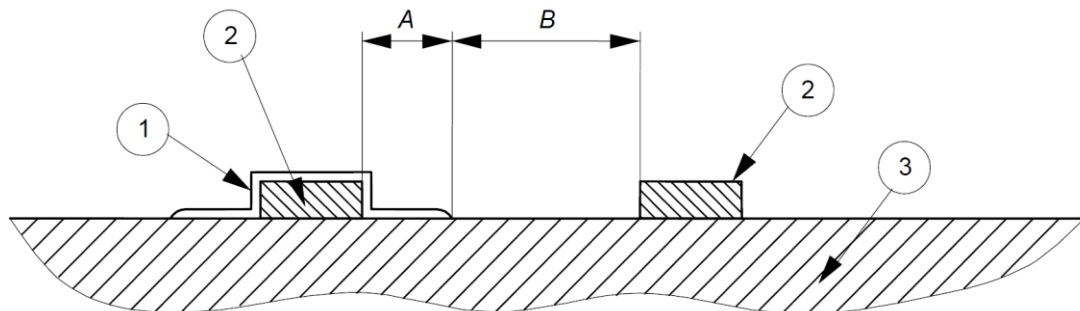
凡例：

- | | |
|------|-------------|
| ① 基板 | ③ バリア (隔離板) |
| ② 溝 | ④ 固着剤 |

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 3 mm 以上の場合、沿面距離は、表面に作られた溝に沿って測定する。
- 6.3.2 に適合する絶縁隔離板又は絶縁バリアを挿入するが固着しない場合、隔離板 (又はバリア) 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、隔離板 (又はバリア) の上部に沿って沿面距離を測定する。



IEC 1410/06

凡例：

- ① ワニス
- ② 導体
- ③ 基板

図 C.4 複合沿面距離の測定

要求する沿面距離を減少するため、ワニスを使用し、図 C.4 に示すように沿面距離の一部にだけワニスを塗るときは、次の計算によって得た有効沿面距離の合計を、表 5 の第 5 列又は第 6 列と比較する。

- － 表 5 の第 5 列と比較するため、B を等倍し、A を 3 倍して合算する。
- － 表 5 の第 6 列と比較するため、B を 0.33 倍し、A を等倍して合算する。

附属書 D (規定) 樹脂充填

D.1 接着

回路の一部が樹脂充填の外に出ている場合、シールを維持する。そのため、コンパウンドは、これらの界面（回路が充填樹脂から出る境界部分）で回路に密着して接着する。

沿面距離の要求事項から、充填コンパウンドで樹脂充填したコンポーネントを除外しているのは、汚染の可能性がないことに基づく。CTI の測定は、事実上、導電部間の分離部分に絶縁破壊をもたらす汚染度の測定である。この基本的な考察から、次の仮定が導かれる。

- 全ての電氣的部分及び基板が完全に樹脂で封じ込まれている、すなわち、樹脂充填から外に出るものが何もない場合、汚染の危険性はなく、したがって、汚染による絶縁破壊は生じることがない。
- 回路の一部（例えば、裸若しくは絶縁した導体又はコンポーネント）又はプリント基板の基材が充填樹脂の外に出る場合、充填コンパウンドが、その境界部分で回路又はプリント基板の基材に密着して接着していないと、境界部分から汚染が進行し、絶縁破壊を生じることがある。

D.2 温度

充填コンパウンドは、6.6 に適合する温度定格をもたなければならない。

注記 1 全ての充填コンパウンドには上限温度があり、これを超えると所定の特性を失う、又は特性が変化することがある。これらの変化によって、亀裂や熱分解を生じ、充填コンパウンドの外部表面より高温となった充填樹脂内の表面が、爆発性雰囲気さら（曝）されることがある。

注記 2 樹脂充填したコンポーネントは、充填コンパウンドの熱伝導率によっては、空気中にあるときよりも高温又は低温になることがあることに注意する。

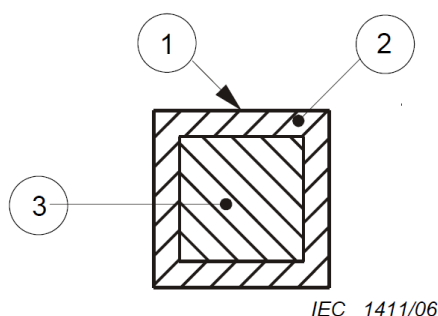


図 D.1a 容器なし

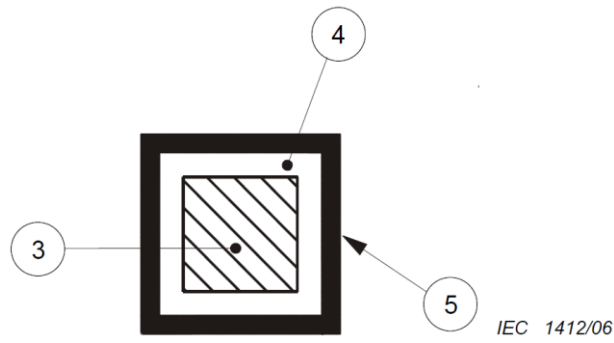


図 D.1b 全閉容器

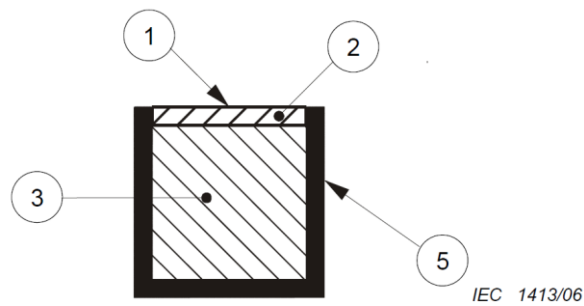


図 D.1c 開放容器

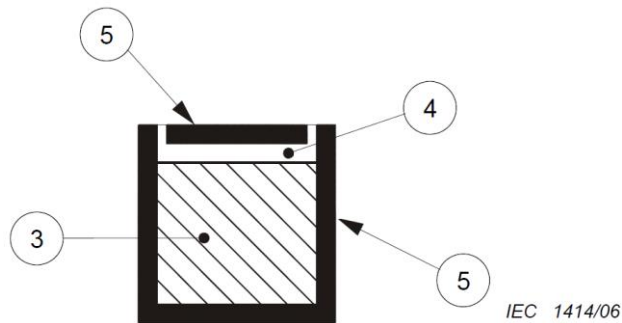
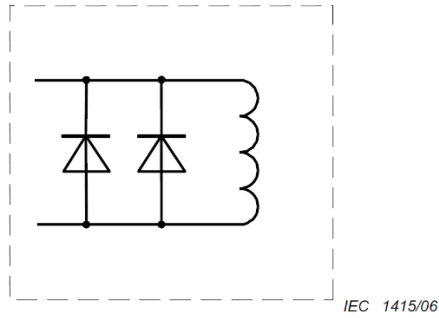


図 D.1d カバー付きの容器

凡例：

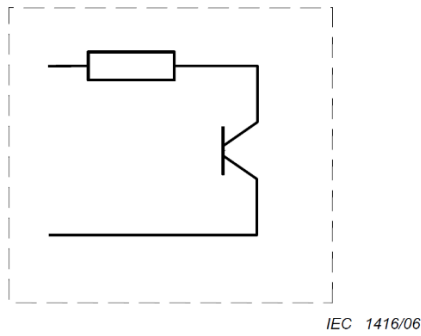
- ① 自由表面（露出面）
- ② 充填部 — 表 5 の第 3 列の 1/2（最小 1.00 mm）
- ③ コンポーネント — 充填材が浸透する必要はない。
- ④ 充填部 — 厚さの規定はない。
- ⑤ 金属又は絶縁容器
 - 金属容器に対する厚さは規定していないが、6.1 を参照する。
 - 絶縁部の厚さは、表 5 の第 4 列に適合しなければならない。

図 D.1 6.3.5 及び 6.6 に適合する樹脂充填した集成体の例



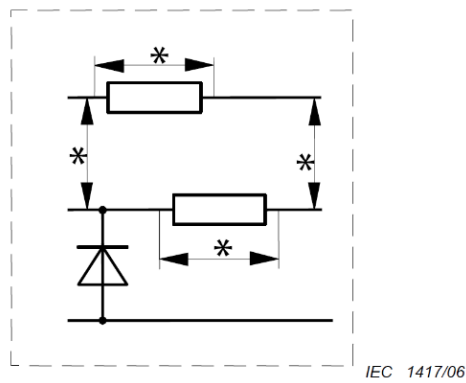
自由表面までの最小厚は、表 5 の第 3 列に示す値の 1/2 以上とする (1 mm 以上)。

図 D.2a 機械的



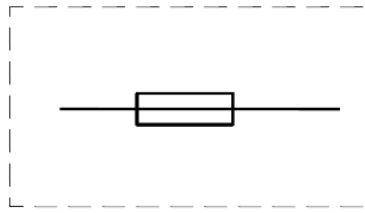
外部表面温度によって最小厚を決定する。

図 D.2b 温度



表記している離隔距離は、表 5、表 F.1 又は表 F.2 の第 3 列に適合する。自由表面までの最小厚は 1 mm 以上とする。

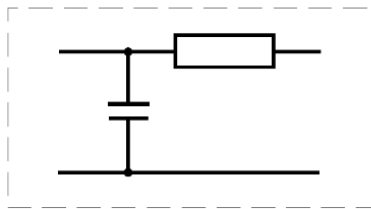
図 D.2c 回路の分離



IEC 1418/06

自由表面までの最小厚は、表 5 の第 3 列に示す値の 1/2 以上とする (1 mm 以上)。

図 D.2d 本安回路内のヒューズの保護

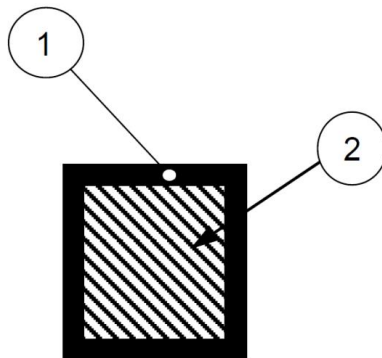


IEC 1419/06

自由表面までの最小厚は、表 5 の第 3 列に示す値の 1/2 以上とする (1 mm 以上)。

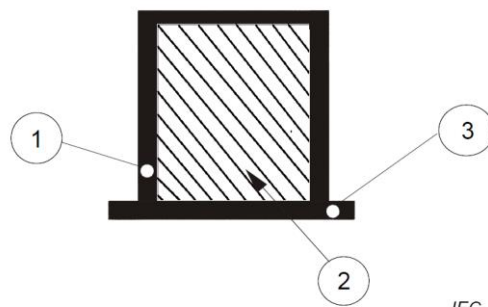
図 D.2e ガスの排除

図 D.2 容器なしで充填コンパウンドを用いる樹脂充填の適用例



IEC 002/12

図 D.3a プリント基板に実装しないコンポーネントのモールディング



IEC 1421/06

図 D.3b プリント基板に実装したコンポーネントのモールディング

凡例：

- ① モールディング — モールディングは、自由表面まで最小厚を表 5 の第 4 列の数値以上とする (0.5 mm 以上)。
- ② コンポーネント (例：ヒューズ)
- ③ 0.5 mm の最小厚をもつプリント基板

図 D.3 6.6 に適合するモールド成形を使用した集成体の例

注記 図 D.1, 図 D.2 及び図 D.3 では、簡略化のため、集成体に入入りする接続は示していない。これらの図は、防爆構造にとって重要な部分を例示するものである。

図 D.1 は、充填コンパウンドによる樹脂充填を用いた集成体の例を図示する。これらの図は、注入した充填コンパウンドの表面までの絶縁空間距離と、金属又は固体絶縁のポッティングボックスとの間の本質的な違いを示している。

図 D.1a は、容器なしを示す。

図 D.1b は、全閉容器を示す。

図 D.1c は、カバーをもたない開放容器を示す。

図 D.1d は、カバーをもつ容器を示す。

図 D.2 は、容器をもたない、充填コンパウンドを使用した樹脂充填の更なる例を示す。

図 D.2a は、図 D.2a は、インダクタ及びその抑制コンポーネントの機械的な保護を示す。

図 D.2b は、図 D.2b は、表面温度を低下させるための充填コンポーネントの適用例を示す。

図 D.2c は、本安回路の分離を示す。

図 D.2d は、本安回路内での充填コンパウンドによるヒューズの保護を示す。

図 D.2e は、図 D.2e は、ガスを排除するための充填コンパウンドの適用例を示す。

図 D.3 は、充填形の固体絶縁物を用いる集成体の例を示す。これらは、構造及び表面までの絶縁空間距離に関して必須の要求事項を示す。充填形の固体絶縁物の技法は、集成体を単一のユニットとしてモールドすることにある。

図 D.3a は、ヒューズのように、プリント基板に実装しないコンポーネントへの固体絶縁物の樹脂充填を示す。

図 D.3a は、6面全てに同時に圧力をかけてモールドするヒューズのような素子を示すことを意図する。

図 D.3b は、プリント基板に実装するヒューズのようなコンポーネントに、固体絶縁物を樹脂充填することを示す。

図 D.3b は、図 D.3a に類似するが、ヒューズのようなコンポーネントに圧力をかけてモールドする前に、プリント基板上に実装すること（項目③）を示すことを意図する。これは、インサートモールドともいう。

附属書 E

(参考)

過渡エネルギーの試験

E.1 原理

本安回路が、過渡電圧及び過渡電流を伝達する場合、その過渡エネルギーが、10.1.5.3 に規定する値に制限されることが証明できるときは、附属書 A に示す値より高い電圧及び大きい電流を許容できる。例えば、直列半導体電流制限スイッチを用いた電源が、大電流を検知して出力をシャットダウンするとき、過渡エネルギーが極く短時間負荷に伝わる場合である。他の例としては、電圧検出回路が、負荷にシャント接続されているサイリスタを動作させる場合であり、サイリスタが作動するまでの短時間、負荷に高電圧が生じることがある。

試験する本安回路は、この箇条に規定する条件に 5.1 の故障を適用したとき、最も厳しいエネルギーを与えることになる条件で試験を行うことが望ましい。

注記 最悪の状態は、最高電圧で生じるとは限らない。より低い電圧でも評価するのがよい。

この試験の原理は、本安回路に伝わる過渡電圧及び過渡電流のうち、附属書 A に示す値を超える期間、又は 10.1 に示す火花試験装置による試験で点火しないことがわかっている値を超える期間のエネルギーを測定することである。

E.2 試験

爆発性雰囲気には放出されるエネルギーは、過渡電圧及び過渡電流が、附属書 A に示す値、又は火花試験装置による試験で点火しないことがわかっている値を超える期間の電力を時間積分することで測定する。

本安回路は、5.1 の故障を適用したとき、できるかぎり最悪の負荷を仮定して試験する。回路が外部の機器に電力を供給する場合（例えば、直列の半導体電流制限スイッチをもつ電源が、その出力端子から同じ爆発性雰囲気にある他の機器に電力を供給する場合）、最悪の負荷は、開放から短絡までのいかなる負荷にもなる。

例えば、開放電圧 15 V で、電流が 1 A を超えたときに作動する直列電流制限スイッチをもつ電源に、最悪の負荷となる約 14.5 V のツェナーを接続したとき、その電流スイッチが動作するまでの極く短時間に、1 A を超える電流が流れると予測できる。これより低い電圧のツェナーでも試験を考慮することが望ましい。

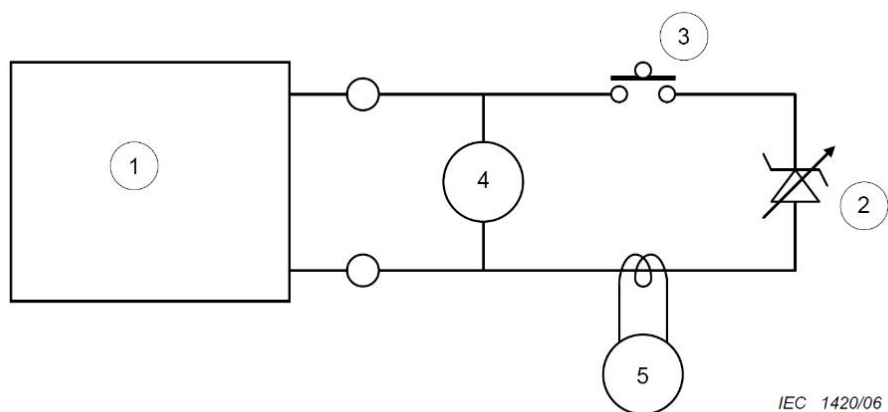
グループ IIB については、14.5 V での最大許容電流は 3.76 A である（表 A.1 を使用）。したがって、試験では電流が 3.76 A を超える期間の電圧と電流との積を測定する。テスト回路の構成及びデジタルオシロスコープによる電圧及び電流の予想波形を、図 E.1 及び E.2 に示す。

この場合、過渡エネルギーは、ツェナー電流（電流測定クランプを使用）及びツェナー（両端の）電圧を測定して算出する必要がある。次いで、各ツェナー電圧ごとに電流の時間変化を測定し、電圧×電流の

時間変化をプロットして面積を得る。過渡エネルギー試験であるこの試験によって、点火能力のない電流値に低下するまでの曲線から下の面積を得ることができる。

他の例として、最も厳しい負荷に変抵抗器がある。この場合、実質的な短絡状態から、 U_0/I_0 をわずかに下回る抵抗値までの各抵抗性負荷について電流-時間特性をプロットし、抵抗器に供給される電力を時間積分することで、過渡エネルギーの計算に使用できる。この負荷は、指定する出力パラメータによってはコンデンサ又はインダクタとする。

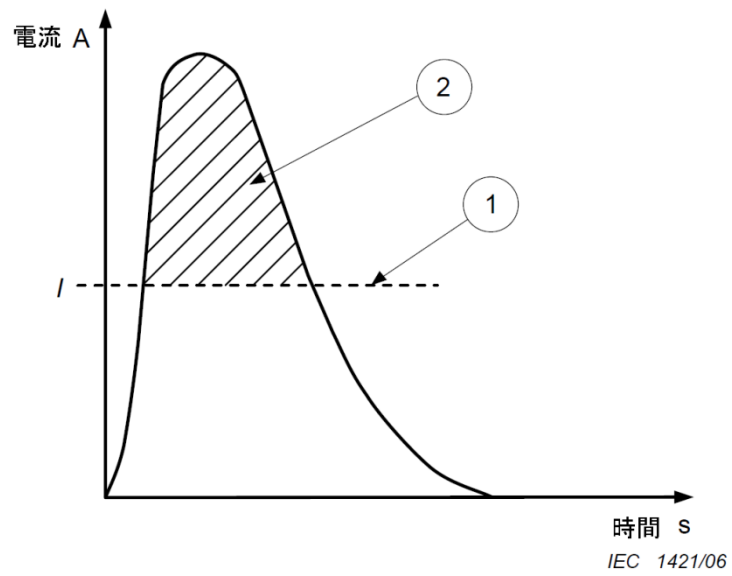
電圧及び電流は、1 $\mu\text{s}/\text{div}$ 未満の時間軸感度をもつ高速ストレージオシロスコープで測定することに注意する。試験装置の選定及び被試験回路への接続に当たっては、試験装置を接続したことによるいかなる測定量の変動も最小とすることが望ましい。電流クランププローブ及び高入力インピーダンスの電圧測定チャンネルで測定することを推奨する。双方向性低接触抵抗機構をもつことから、水銀接点タイプの傾斜スイッチの使用を推奨するが、同等の性能の他のスイッチを使用してもよい。



凡例：

- ① 試験回路
- ② 負荷
- ③ 水銀スイッチ
- ④ 高インピーダンスの電圧測定器
- ⑤ 電流クランププローブ

図 E.1 試験回路の例



凡例：

- ① I は、火花試験又は附属書 A による最大許容電流
- ② 伝達エネルギー (J) = V (V) × 曲線の線影付き領域 (A s)

図 E.2 出力波形の例

附属書 F

(規定)

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分離

F.1 一般事項

この附属書に適合することによって、導電部間の離隔距離を、表 5 の値から減少できる。これが適用できるのは、次に掲げるいずれの電氣的な分離にも、最大汚損度 2 が影響を及ぼすときである。

- ・実装プリント基板
- ・必要な保護レベルに応じて、表 F.1 又は表 F.2 に適合する分離形コンポーネント（変成器を除く）

注記 導電部の離隔距離に対する一般要求事項は、この編の 6.3 に示す。これらは、汚損度 3 (IEC 60664-1) に幅広く基づいている。概念的には、IEC 60664-1 に基づく二重絶縁又は強化絶縁は、本安レベル“ia”及び“ib”の、安全分離要求事項にも適合するように考慮している。

プリント基板、リレー及びフォトカプラについては、汚損度 2 の適用が、設置条件、又は粉じん及び湿気の侵入保護をもつハウジング又はコーティングのいずれか一方による場合、この附属書では、構造上の要求事項を緩和することがある。

その適用においては、『低電圧システムでの機器に対する絶縁協調』（IEC 60664-1）を利用する。

表 F.1 に示すデータは、過電圧カテゴリ I/II/III（非主電源回路、主電源回路とも）、及び汚損度 2（使用中の結露はない）に対して有効である。これらのデータは、IEC 60664-1 から得たものである。この代替手法は、絶縁協調を広範に活用したものである。

F.2 汚損の制御

プリント基板の組立品又は分離形コンポーネントに対する汚損度が、汚損度 2 又はそれより軽度の汚損度に限定される場合、次のように、減少した離隔距離を適用する。

- － 保護レベル“ia”及び“ib”については、表 F.1 に示す値
- － 保護レベル“ic”については、表 F.2 に示す値

汚損度 2 の低減は、次のいずれかによって達成する。

- － プリント基板の組立品又は分離形コンポーネントを保護する容器の保護等級が、要求する設置に対し適切なものとする（IEC 60529 に従い IP54 以上）。
容器は、IP54 以上の保護等級をもち、第 1 編（総則）に示す容器に適用可能な全ての要求事項を満たさなければならない。
- － 効果があれば、IEC 60664-3 に定めるコンフォーマルコーティングの Type 1 又は Type 2 を適用する。
- － 汚染を適切に低減しつつ制御した環境への設置。この場合、要求する設置条件を製造者が提供する文書に記載し、かつ、記号 X を第 1 編に示す表示に追記する。

F.3 プリント基板に対する離隔距離及びコンポーネントの分離

F.3.1 保護レベル“ia”及び“ib”

保護レベル“ia”及び“ib”については、本安回路が、IEC 60664-1 に定義する過電圧カテゴリ I/II/III (非主電源回路、主電源回路とも) に限定される場合、F.1 に示す対象に対して、表 F.1 の離隔距離を使用してよい。これについては、製造者が提供する文書に設置条件として記載する。認証書番号には、第 1 編 (総則) の表示の要求事項に従って、記号 X を末尾に付ける。さらに、認証書に列挙する特定の使用条件に、設置の要求事項を詳細に記載する。

表 F.1 に適合する離隔距離は、故障しないとみなし、かつ、故障 (機能失敗) によって抵抗が低下することはないとする。ただし、コンポーネントの冗長化 (例えば、コンデンサ 2 個の直列接続) を要求する場合、表 F.1 の距離には満たないがその半分以上の離隔距離については、一つの数えられる故障を生じるとみなすが、更なる故障は考慮しない。

絶縁空間距離及び沿面距離は、型式試験及びルーチン試験にはかけないが、コーティング下の距離、充填物離隔距離及び固体離隔距離は、IEC 60664-1 及び IEC 60664-3 で要求する型式試験及びルーチン試験にかける。ルーチン試験は、ガルバニック分離した回路に限って行うことができるので、予定した製造工程 (コーティング、ポッティング) に問題がなかったと判定するためには、プリント基板の設計に当たって、特別の試験用導体を設けることが適切である。

型式試験は、機器に要求する最も厳しい周囲条件 (例えば、最高及び最低温度) を考慮して行う。

6.3.7 に規定する複合距離は、表 F.1 を使用するときは適用しない。

F.3.2 保護レベル“ic”

保護レベル“ic”については、次の条件を適用する限り、減少した表 F.2 の離隔距離を使用してもよい。

- 検討する機器の定格電圧又は機器のあらゆる部分の公称電圧が、ピーク値 60 V 以下の場合、一般工業規格に追加する分離距離の要求事項はない。ピーク値 60 V を超え 375 V 以下の定格電圧をもつ機器は、表 F.2 の沿面距離及び絶縁空間距離の要求事項に適合しなければならない。
- 当該回路が、IEC 60644-1 に定義する過電圧カテゴリ II に限定されていることを機器内部又は機器外部のいずれかに表示する。

表 F.1 侵入保護し、材料及び設置に関する特別な条件を満たすときの保護レベル“id”及び“ib”に対する
絶縁空間距離、沿面距離及び離隔距離

1	2		3	4	5		6	7
定格絶縁電 圧 交流実効値 又は直流 V 注1, 注5	絶縁空間距離及び 沿面距離 注2 mm		充填物離隔距離 mm	固体絶縁物離隔距 離 mm	コーティング下の 距離 コーティングタイ プ1 注4 mm		コーティング下の 距離 コーティングタイ プ2 注4 mm	最小比較トラッキ ング指数 (CTI)
過電圧カテ ゴリ 注3	Ⅲ	I/II	I/II/Ⅲ	I/II/Ⅲ	Ⅲ	I/II	I/II/Ⅲ	
10	0.5	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	
50	0.5	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	100
100	1.5	0.32	0.2	0.2	0.75	0.32	0.2	100
150	3.0	1.3	0.2	0.2	1.5	0.65	0.2	175
300	5.5	3.2	0.2	0.2	2.75	1.6	0.2	175
600	8.0	6.4	0.2	0.2	4.0	3.2	0.2	275
<p>注1 電圧の刻みは、R10シリーズに基づく。実際の動作電圧は、この表の値を最大10%超えることがある。</p> <p>注2 プリント基板上のコンポーネント及び部品又は部分を含む。</p> <p>注3 過電圧カテゴリは、IEC 60664-1に従う。</p> <p>注4 コーティングタイプは、IEC 60664-3に従う。</p> <p>注5 繰返しピーク電圧（例えば、DC-DCコンバータでの）を含む。ただし、過渡現象は無視する。</p>								

表 F.2 容器又は特別な設置条件によって侵入保護するときの保護レベル“ic”に対する絶縁空間距離，沿面距離及び離隔距離

1	2	3	4	5	6	7
電圧（ピーク値） V	絶縁空間距離 mm	充填物離隔距離 mm	固体絶縁物離隔距離 mm	沿面距離 mm	コーティング下の距離 mm	比較トラッキング指数（CTI）
90	0.4	0.15	0.15	1.25	0.3	100
190	0.5	0.3	0.3	1.5	0.4	175
375	1.25	0.3	0.3	2.5	0.85	175
> 375	*	*	*	*	*	*

注1 *の印がついた距離は，現時点（平成26年11月末現在）で値が得られていない。

注2 絶縁物がCTIの要求事項に適合する根拠は，製造者が提供する。

附属書 G

(規定)

フィールドバス本質安全の概念 (FISCO) – 機器の要求事項

G.1 概要

この附属書は、フィールドバスの本質安全の概念 (FISCO) で使用する機器の詳細構成を含む。フィールドバス設置用物理層規格 IEC 61158-2 に従って設計したバスパワーシステムは、マンチェスタ符号の概念に基づく。

FISCO 機器の構造的な要求事項はこの編で定めているが、この附属書で修正することがある。フィールドバスデバイスの一部は、第 1 編 (総則) に掲げる防爆構造手法のうち、その用途の EPL 又はゾーンに応じた防爆構造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、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 FISCO 機器の部分だけに適用する。

注記 1 FISCO の要求事項に対する認証は、FISCO 以外のシステムでの使用のための従来の認証方法及び表示方法を妨げるものではない。

注記 2 図 G.1 の標準的なシステム図に、FISCO 機器の各タイプを例示する。

G.2 機器の要求事項

G.2.1 一般

FISCO 機器は、この編に従って構成する。ただし、この附属書によって修正する場合を除く。

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。

G.2.2 FISCO 電源

G.2.2.1 一般

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。最大出力電圧 U_o は、各保護レベルにおいて、この編で規定する条件のもとで、14 V～17.5 V の範囲とする。

保護しない最大内部静電容量 C_i 及び保護しない最大内部インダクタンス L_i は、それぞれ 5 nF 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。

G.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、その最大出力電流 I_o は、この編に従って決定し、かつ、380 mA 以下とする。矩形出力電源の評価には表 G.1 を使用してもよい。

表 G.1 保護レベル“ia”及び“ib”の FISCO 矩形出力電源の最大出力電流の評価

U_o	IIC に対する許容電流	IIB に対する許容電流
-------	--------------	--------------

V	(1.5 倍の安全係数を含む)	(1.5 倍の安全係数を含む)
	mA	mA
14	183	380
15	133	354
16	103	288
17	81	240
17.5	75	213

注 IIB における二つの最大電流値は、5.32 W から導かれる。

最大出力電力 P_o は、5.32 W 以下でなければならない。

G.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 矩形波電源に対しては、表 G.2 を評価に使用してもよい。

表 G.2 保護レベル“ic”の FISCO 矩形出力電源の最大出力電流の評価

U_o V	IIC に対する許容電流	IIB に対する許容電流
	mA	mA
14	274	570
15	199	531
16	154	432
17	121	360
17.5	112	319

注 “ic” FISCO 電源の最大出力電力 P_o には制限はない。

G.3 FISCO フィールドデバイス

G.3.1 一般事項

ここでの要求事項は、危険場所に設置すると非危険場所に設置するにかかわらず、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最小入力電圧 U_i は、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、他の電源に接続された機器に電源を供給することなく、かつ、バスが多点接地されないことを確実にする。
- 各フィールドデバイスの保護しない最大内部静電容量 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の仕様を、認証書又は機器銘板に記載することは要求しない。

- e) 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、 $50\ \mu\text{A}$ 以下の漏れ電流を除いて、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。
- f) 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) 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 のフィールドデバイスは、温度等級区分する。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 のデバイスには、最高表面温度を指定する。

G.3.2 保護レベル“ia”及び“ib”の FISCO フィールドデバイスの追加要求事項

保護レベル“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は、 $I_i=380\ \text{mA}$ 、及び $P_i=5.32\ \text{W}$ の最小入力パラメータをもつ。
- 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。

G.3.3 保護レベル“ic”のフィールドデバイスの追加要求事項

保護レベル“ic”の FISCO フィールドデバイスの追加要求事項は、これらのデバイスの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。

G.3.4 ターミネータ

システムに要求する配線用ターミネータは、その端子で、最大静電容量値 $2.2\ \mu\text{F}$ （許容誤差を含む）と直列に接続した最小の抵抗値 $90\ \Omega$ 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。
 - 1) 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 のフィールドデバイスは、温度等級区分する。
 - 2) 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 のフィールドデバイスには、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、抵抗器に要求する電力定格は、 $5.1\ \text{W}$ とする。
- d) 入力電圧パラメータ U_i は、 $17.5\ \text{V}$ 以上とする。
- e) この編に従って、接地から絶縁する。
- f) 保護しない最大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、FISCO フィールドデバイス又は FISCO 電源内に組み込んでもよい。

注記 3 安全評価の目的のため、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性に影響を与えないものと考えてよい。

G.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適合することである。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 $5\ \text{nF}$ 以下とする。

注記 利用可能な最大電力は 5.32 W までに大きくなるので、“ia”又は“ib”システム内の単純機器への温度等級区分又は最高表面温度の指定には注意することが望ましい。“ic”のシステムの温度等級区分は、通常動作条件で行う。

G.4 表示

各機器には、その機器の機能の表示、すなわち、電源、フィールドデバイス又はターミネータを“FISCO”の文字に続いて表示する。さらに、この附属書によって修正する場合を除き、各機器は、この編に従って表示する。例えば、製造者の名称及び住所は、これまでどおり表示する。

機器が、FISCO システム及び従来の本安システムの両方に使用できるように、二種類の表示をする場合、FISCO の表示と従来の本安システムに対する表示とは注意して区別する。

FISCO 電源には、出力パラメータ U_o , I_o , C_o , L_o , P_o 及び L_o/R_o を表示する必要はない。FISCO フィールドデバイス又はターミネータには、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。

G.4.1 表示例

a) 電源

FISCO power supply
 U_m : 250 V
[Ex ia]IIC
John Jones Ltd
SW99 2AJ UK
Type: DRG 001
 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +50\text{ }^{\circ}\text{C}$
PTB Nr 01A 2341
Serial No. 014321

b) フィールドデバイス

Field device
FISCO field device
Ex ia IIC T4
Paul McGregor plc
GL99 1JA UK
Type: RWS 001
 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +60\text{ }^{\circ}\text{C}$

c) ターミネータ

FISCO terminator
Ex ia IIC T4

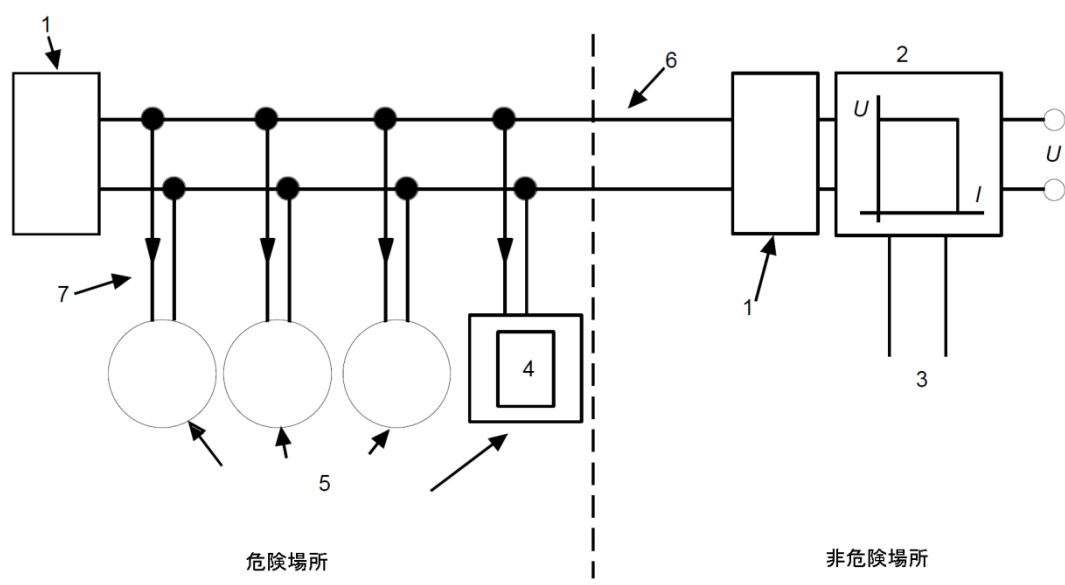
James Bond plc
MK45 6BY UK
Type MI5 007
BAS 01 A 4321
Serial No. 012345

d) 二種類の表示をするフィールドデバイス

A McTavish plc
GL 98 1BA UK
Type RWS 002
 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +60\text{ }^{\circ}\text{C}$
INERIS 02 A 2345
Serial No. 060128

FISCO Field device
Ex ia IIC T4

Ex ia IIC T6
 U_i : 28 V
 C_i : 3 nF
 I_i : 200 mA
 L_i : 10 μ H
 P_i : 1.2 W



IEC 003/12

凡例：

- | | | | |
|---|--------|---|-----------|
| 1 | ターミネータ | 5 | フィールドデバイス |
| 2 | 電源 | 6 | 幹線 (トランク) |
| 3 | データ | 7 | 支線 (スパー) |
| 4 | 携帯端末 | | |

図 G.1 標準的システム

附属書 H

(参考)

半導体によって制限した電源回路の点火試験

H.1 概要

電源は、いかなる電気回路においても重要なアイテムである。危険場所に設置した本安回路に電源供給する場合、電源の出力は本質安全とする。

注記 1 この附属書では「電源」という用語は総称として用いる。つまり、本質安全な電源を供給する専用機器のこともあれば、機器内部の定電流装置又は電圧増幅回路のこともある。

注記 2 この附属書は、電源の本安出力だけに言及する。

初期の本安電源は、故障を生じない変圧器、整流器、平滑コンデンサ及びこれらの後段に接続した最大出力電流を制限する電流制限抵抗器によって構成していた。出力電圧は、無負荷条件の平滑コンデンサ上の電圧、又は最大出力電圧を制限するシャント接続したツェナーダイオードの両端電圧であった。

附属書 A の曲線及び表は、4本のタングステン線とカドミウム円板とを用いた火花試験装置が、400回転まで点火が生じないという条件で、上記のような単純な電源回路を用いて火花試験装置で試験したときの電圧、電流、静電容量及びインダクタンスに基づいている。1,600回の火花が発生したと想定すると、これは（得られた点火の回数に基づけば）電源の出力接続部の開放又は短絡による点火確率が、計算上、 6.25×10^{-4} 未満であることを意味する。実際には、カドミウム円板上でのタングステン線の跳ね返り、及びカドミウム円板上の溝によって、火花の回数ははるかに多い。したがって、実際の点火確率は更に低い。

経験的データに基づくと、回路電流の対数に対して点火確率の対数をプロットすると、両者が線形関係にあることが分かっている（図 H.1 参照）。この編の要求事項に基づけば、“ia”及び“ib”の電源は、特定のグループについて規定する試験ガスを用いて、その電源が通常供給する値の 1.5 倍の電流を流して火花点火試験をした場合にだけ、この編に適合するとみなす。

上記の確率と電流との関係に基づけば、このような電源の通常電流における点火確率は、 1.16×10^{-6} 未満となる。

要するに、電源の出力接続部を通常の電流及び電圧で開放又は短絡する時の点火確率が 1.16×10^{-6} 未満である電源だけを、要求仕様を満足するとみなす。

後の電源設計の進歩によって、電流、電圧、インダクタンス及び静電容量の制限によるだけでなく、スイッチ接点での人工的な放電時間の制限又は電圧変動の制限によって本質安全性を備えた複雑な回路が導入された。（この結果）火花試験装置を用いる従来の試験は、次の理由から、十分ではなくなった。

- ・ ほとんど場合、回路は容易に改造できないため、必要な安全率 1.5 を得るために、電源の電流又は電圧を増加することが容易でない。
- ・ 電源に使用するコンポーネントの定格上の制限によって、電源の電流又は電圧を増加することができない。

- ・ 電流又は電圧を増加するために電源を改造すると、タイミング回路が修正を受け、これによって回路性能が変化する。

このような場合、「安全率 1.5」と指定された混合ガスを用いて、試験用混合ガスの感度を増加することによって、安全率を得れば十分であると一般的にはみなした。これは、安全率を増加した混合ガスで電源を試験し、火花試験装置の 400 回転以内で点火が起こらないことを示すことで、点火確率が 6.25×10^{-4} 未満であることが証明されているという考え方である。これによって、通常条件では、点火確率は 1.16×10^{-6} 未満とみなした。

しかし、電源を、安全率 1.5 の混合ガスで試験して点火確率が 6.25×10^{-4} 未満であっても、場合によっては、両対数目盛のグラフにプロットした電流と点火確率とが線形関係に従わないため、通常条件での点火確率が 1.16×10^{-6} 未満とはならないことが分かった。これは懸念材料であり、このような電源の点火確率は、通常電流において「許容できるほど低い」とはみなされない。

この附属書では、このような複雑な電源を試験するためのいくつかの試験方法を提示する。そこでは、安全率を得るため、感度を増加した試験用混合ガスを用いる (10.1.3.2 参照)。

試験では、安全率 1.5 の試験ガスを用い、確実に 400 回転以内に点火を生じないことを要求する。この試験は、10.1.4 に規定する要求事項を満たしていることを確認するために行う。

次いで、電源の出力回路の点火確率と試験ガスの安全率との関係が、通常電流及び安全率 1.0 のガスにおいて、点火確率が許容できる低さである 1.16×10^{-6} 未満となることを確認するため、追加の試験を要求する。このため、 $SF_x = 1.5$, $SF_y = 2.0$, $SF_z = 2.5$ の安全率の混合ガスを用いて電源回路を試験する。点火確率及び安全率は、両対数グラフにプロットする。試験によって、これらの安全率において点火しないことを確認する、又は点火した場合、半導体によって制限した電源の傾きが単純な回路の傾きより大きいことを確認する。さらに、半導体によって制限した電源の傾きが安全率の減少とともに増え続け、通常電流及び安全率 1.0 のガスにおける点火確率が単純な回路の点火確率より低いこと、すなわち 1.16×10^{-6} 未満であることを確認する。

この附属書は、半導体によって電流又は電圧を制限した電源であって、電流又は電圧の制限値を超えたときに電流を制限又は遮断するが、火花点火試験装置のタングステン線とカドミウム円板との連続的な開閉の間に十分速く復帰し、次の開閉の前に電源が通常運転状態に復帰するような場合に適している。この附属書は、電流又は電圧の制限値を超えたときの遮断時間がより長い電源には適用しない。このような場合、附属書 E を適用してよい。

H.2 試験

次の場合、電源は、火花試験装置で試験する。

- ・ 安全率 1.5 の試験用混合ガスで、400 回転までの間に点火せず、かつ、
- ・ 表 H.1 に示す追加の試験によって、安全率 1.0 における点火確率が許容できる値であり、かつ、単純な回路の点火確率より低いことを確認する場合。

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表 H.2 に示す。

表 H.1 の試験手順において、DUT (Device Under Test) は試験サンプルを表す。これは機器内の電源

であって、保護レベルに応じた故障を適用し、回路コンポーネントの許容差の範囲内で電圧及び電流を最大値に設定したものとする。安全率は試験ガスに適用するので、電流又は電圧には適用しない。

表 H.1 の試験手順において、単純な回路の使用を要求する場合、試験用電源の電圧を DUT の U_o 値に設定し、低インダクタンスタイプの電流制限抵抗器を直列接続して、短絡電流を DUT の I_o 値に制限する。

表 H.3 は、表 H.1 の試験手順に合格する回路の例である。この回路は、図 H.1 で「Pr-表 H.3-合格」としてプロットしている。この回路のグラフを、「Pr-単純な回路」と表示した単純な回路のグラフと比較すると、より高い安全率 1.67 及び 2.5 においては点火確率が単純な回路よりも高いのに対し、安全率が減少するにつれて、単純な回路よりも速く点火確率が減少し、安全率が 1.0 に下がっても十分低い数値であることが分かる。

表 H.4 は、表 H.1 の試験手順で不合格となる回路の例である。この回路は、図 H.1 で「Pr-表 H.4-不合格」としてプロットしている。この回路のグラフを、「Pr-単純な回路」と表示した単純な回路のグラフと比較すると、より高い安全率 1.67 及び 2.5 においては点火確率が単純な回路より低いのに対し、安全率の減少に伴う点火確率の減少が単純な回路より遅く、安全率が 1.0 まで下がる時の点火確率が十分低くはならないことが分かる。

表 H.1 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決定	$\frac{\text{表7で規定する校正電流}}{\text{(目標安全率)}}$	$\frac{\text{表7で規定する校正電流}}{\text{(目標安全率)}}$	$\frac{\text{表7で規定する校正電流}}{\text{(目標安全率)}}$
3	使用する試験ガス	必要に応じて表H.2を使用	必要に応じて表H.2を使用	必要に応じて表H.2を使用
4	実際の校正電流	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）	$SF_x = \frac{\text{表7で規定する校正電流}}{\text{(実際の校正電流)}}$	$SF_y = \frac{\text{表7で規定する校正電流}}{\text{(実際の校正電流)}}$	$SF_z = \frac{\text{表7で規定する校正電流}}{\text{(実際の校正電流)}}$
6	DUT（サンプル）に対する回転数	4,000	400	40
7	上記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	実際の火花発生回数に対する点火回数に基づく確率	$P_x = \frac{N_x}{16,000}$	$P_y = \frac{N_y}{16,000}$	$P_z = \frac{N_z}{16,000}$
10	可能な適合性判定結果	$P_x=0$ 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	単純な回路（試験用電源と電流制限抵抗とで構成）を上記の順番8の規定によって試験したときの点火回数	N_a	N_b	N_c

12	単純な回路での実際の火花発生回数に対する点火回数に基づく確率	$Pa = \frac{Na}{16,000}$	$Pb = \frac{Nb}{16,000}$	$Pc = \frac{Nc}{16,000}$
13	適合性判定のための計算	<p>次の条件を満たす場合、DUTは合格である。</p> <p>$(\log Px) \leq (\log Pa)$ 又は $Px \leq Pa$</p> <p>$(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa)$ 又は $\frac{Py}{Px} \geq \frac{Pb}{Pa}$</p> <p>$\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$ 又は $\left(\frac{Py}{Px}\right)^{\log \frac{SFz}{SFy}} \geq \left(\frac{Pz}{Py}\right)^{\log \frac{SFy}{SFx}}$</p>		

表 H.2 表 H.1 の試験で使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 (空気中の可燃性ガスの 体積分率, 又は水素 と酸素との体積分率)	校正回路の 電流 mA	電気機器のグループ及び細分類に対する安全率			
		I	IIA	IIB	IIC
(8.3±0.3) % メタン	110~111	1			
(5.25±0.25) % プロ パン	100~101	1.089~1.11	1		
(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	1.67~1.7	1.52~1.55	1	
(38±0.5) % 水素	43~44	2.5~2.58	2.27~2.35	1.47~1.53	
(21±2) % 水素	30~30.5	3.6~3.7	3.27~3.36	2.13~2.2	1
(60±0.5) % 水素/ (40±0.5) % 酸素	20~21	5.23~5.55	4.76~5.05	3.09~3.3	1.42~1.53
圧力0.22 MPaにおいて (70±0.5) % 水素/ (30±0.5) % 酸素	15~15.3	-	-	-	1.96~2.03

表 H.3 図 H.1 の曲線 II の特性をもつグループ I の回路の例
 (この回路は表 H.1 の試験手順に合格する)

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 目標校正電流の決定	$\frac{110 \text{ mA}}{(1.5)} = 73 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{(1.67\sim 2.0)} = 66\sim 55 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{(2.0\sim 2.5)} = 55\sim 44 \text{ mA}$
3	使用する試験ガス	水素52% : 空気48%	水素48% : 空気52%	水素38% : 空気62%
4	実際の校正電流	73 mA	66 mA	44 mA
5	実際の安全率 (順番1の規定範囲内 とする)	$SF_x = \frac{(110 \text{ mA})}{(73 \text{ mA})} = 1.5 \text{ 適}$ $\log SF_x = 0.17609$	$SF_y = \frac{(110 \text{ mA})}{(66 \text{ mA})} = 1.67 \text{ 適}$ $\log SF_y = 0.22272$	$SF_z = \frac{(110 \text{ mA})}{(44 \text{ mA})} = 2.5 \text{ 適}$ $\log SF_z = 0.39794$
6	DUT (サンプル) に対する回転数	4,000	400	40
7	上記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	$N_x=1$ 回点火	$N_y=9$ 回点火	$N_z=80$ 回点火
9	実際の火花発生回数に対する点火 回数に基づく確率	$P_x = \frac{1}{16,000} = 6.25 \times 10^{-5}$ $\log P_x = -4.20412$	$P_y = \frac{9}{1,600} = 5.6 \times 10^{-3}$ $\log P_y = -2.25181$	$P_z = \frac{80}{160} = 5.0 \times 10^{-1}$ $\log P_z = -0.30103$
10	可能な適合性判定結果	$P_x \neq 0, P_y \neq 0, P_z \neq 0$ のため, 順番11に進む。		
11	単純な回路 (試験用電源と電流制 限抵抗とで構成) を上記の順番8の 規定によって試験したときの点火	$N_a = 10$ 回点火	$N_b = 3$ 回点火	$N_c = 32$ 回点火

	回数			
12	単純な回路での実際の火花発生回数に対する点火回数に基づく確率	$Pa = \frac{10}{16,000} = 6.25 \times 10^{-4}$ $\log Pa = -3.20412$	$Pb = \frac{3}{1,600} = 1.88 \times 10^{-3}$ $\log Pb = -2.72584$	$Pc = \frac{32}{160} = 2.0 \times 10^{-1}$ $\log Pc = -0.69897$
13	適合性判定のための計算	<p>次の計算によって、DUTは合格である。</p> <p>$\log Px \leq \log Pa$ を満たすか？ $-4.20412 < -3.20412$ によって満たす。</p> <p>$\log Py - \log Px \geq \log Pb - \log Pa$ を満たすか？</p> <p>$(-2.25181 + 4.20412 = +1.95231) > (-2.72584 + 3.20412 = +0.47828)$ によって満たす。</p> <p>$\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$ を満たすか？</p> <p>$\left\{ \frac{(-2.25181 + 4.20412)}{(0.22272 - 0.17609)} = 41.868 \right\} \geq \left\{ \frac{(-0.30103 + 2.25181)}{(0.39794 - 0.22272)} = 11.1333 \right\}$ によって満たす。</p>		

表 H.4 図 H.1 の曲線 III の特性をもつグループ I の回路の例

(この回路は表 H.1 の試験手順に合格しない)

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 目標校正電流の決定	$\frac{110 \text{ mA}}{(1.5)} = 73 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{(1.67\sim 2.0)} = 66\sim 55 \text{ mA}$	$\frac{110 \text{ mA}}{(2.0\sim 2.5)} = 55\sim 44 \text{ mA}$
3	使用する試験ガス	水素52% : 空気48%	水素48% : 空気52%	水素38% : 空気62%
4	実際の校正電流	73 mA	66 mA	44 mA
5	実際の安全率 (順番1の規定範囲内 とする)	$SF_x = \frac{(110 \text{ mA})}{(73 \text{ mA})} = 1.5 \text{ 適}$ $\log SF_x = 0.17609$	$SF_y = \frac{(110 \text{ mA})}{(66 \text{ mA})} = 1.67 \text{ 適}$ $\log SF_y = 0.22272$	$SF_z = \frac{(110 \text{ mA})}{(44 \text{ mA})} = 2.5 \text{ 適}$ $\log SF_z = 0.39794$
6	DUT (サンプル) に対する回転数	4,000	400	40
7	上記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	$N_x=6$ 回点火	$N_y=1$ 回点火	$N_z=1$ 回点火
9	実際の火花発生回数に対する点火 回数に基づく確率	$P_x = \frac{(6)}{16,000} = 3.75 \times 10^{-4}$ $\log P_x = -3.42597$	$P_y = \frac{1}{1,600} = 6.25 \times 10^{-4}$ $\log P_y = -3.20412$	$P_z = \frac{1}{160} = 6.25 \times 10^{-3}$ $\log P_z = -2.20412$
10	可能な適合性判定結果	$P_x \neq 0, P_y \neq 0, P_z \neq 0$ のため, 順番11に進む。		
11	単純な回路 (試験用電源と電流制 限抵抗とで構成) を上記の順番8の 規定によって試験したときの点火	$N_a = 10$ 回点火	$N_b = 3$ 回点火	$N_c = 32$ 回点火

	回数			
12	単純な回路での実際の火花発生回数に対する点火回数に基づく確率	$Pa = \frac{10}{16,000} = 6.25 \times 10^{-4}$ $\log Pa = -3.20412$	$Pb = \frac{3}{1,600} = 1.88 \times 10^{-3}$ $\log Pb = -2.72584$	$Pc = \frac{32}{160} = 2.0 \times 10^{-1}$ $\log Pc = -0.69897$
13	適合性判定のための計算	<p>次の計算によって、DUTは不合格である。</p> <p>$\log Px \leq \log Pa$ を満たすか？ $-3.42597 < -3.20412$ によって満たす。</p> <p>$\log Py - \log Px \geq \log Pb - \log Pa$ を満たすか？</p> <p>$(-3.20412 + 3.42597 = +0.22185) \leq (-2.72584 + 3.20412 = +0.47828)$ によって満たさない。</p> <p>$\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$ を満たすか？</p> <p>$\left\{ \frac{(-3.20412 + 3.42597)}{(0.22272 - 0.17609)} = 4.75766 \right\} < \left\{ \frac{(-2.20412 + 3.20412)}{(0.39794 - 0.22272)} = 5.70711 \right\}$ によって満たさない。</p>		

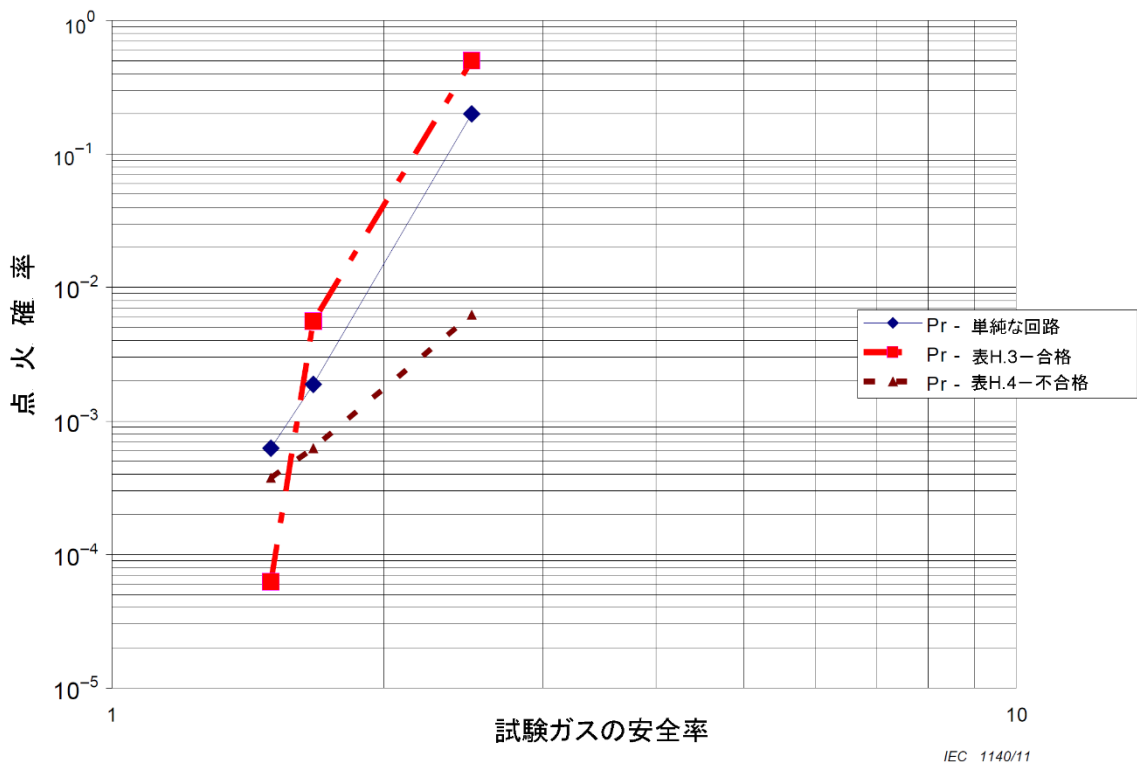


図 H.1 安全率一点火確率

文献

IEC 60050-426:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection "n"*

IEC 61086-1:2004, *Coatings for loaded printed wire boards (conformal coatings) – Part 1: Definitions, classification and general requirements*

IEC 62133, *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*

IPC 2152, *Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design UL1642, Standard for Lithium Batteries*

労働安全衛生総合研究所技術指針 JNIOSH-TR-46-6 : 2015 (改訂版)

発行日 平成30年10月16日
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)

JNIOOSH-TR-46-6:2015

Recommended Practices for Explosion-Protected Electrical Installations in General Industries

Part 6: Equipment protection by intrinsic safety
“i”
(Revised version)