

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

JIS C 60664-1 : 2009
(IEC 60664-1 : 2007)
(IEEJ/JSA)
(2019 確認)

平成 21 年 10 月 20 日 制定

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

日本工業標準調査会標準部会 電気技術専門委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	小 田 哲 治	東京大学
(委員)	池 田 久 利	IEC/SB1 委員 (東京大学)
	石 塚 昶 雄	社団法人日本原子力産業協会
	大 石 奈津子	財団法人日本消費者協会
	長 田 明 彦	社団法人日本配線器具工業会
	香 川 利 春	東京工業大学
	亀 田 実	社団法人日本電線工業会
	近 藤 良太郎	社団法人日本電機工業会
	前 田 育 男	IDEC 株式会社
	佐々木 喜 七	財団法人日本電子部品信頼性センター
	住 谷 淳 吉	財団法人電気安全環境研究所
	島 田 敏 男	社団法人電気学会
	高 橋 健 彦	関東学院大学
	京 橋 昌次郎	社団法人電池工業会 (パナソニック株式会社エナジー社)
	能 見 和 司	電気事業連合会
	鈴 木 篤	社団法人日本電球工業会 (日立ライティング株式会社)
	徳 田 正 満	東京都市大学
	中 村 禎 之	社団法人日本電機工業会
	飛 田 恵理子	東京都地域婦人団体連盟
	山 田 秀	筑波大学
(専門委員)	安 藤 栄 倫	財団法人日本規格協会

主 務 大 臣：経済産業大臣 制定：平成 21.10.20

官 報 公 示：平成 21.10.20

原 案 作 成 者：社団法人電気学会

(〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2 HOMAT HORIZON ビル TEL 03-3221-7201)

財団法人日本規格協会

(〒107-8440 東京都港区赤坂 4-1-24 TEL 03-5770-1571)

審 議 部 会：日本工業標準調査会 標準部会 (部会長 二瓶 好正)

審議専門委員会：電気技術専門委員会 (委員長 小田 哲治)

この規格についての意見又は質問は、上記原案作成者又は経済産業省産業技術環境局 基準認証ユニット環境生活標準化推進室 (〒100-8901 東京都千代田区霞が関 1-3-1) にご連絡ください。

なお、日本工業規格は、工業標準化法第 15 条の規定によって、少なくとも 5 年を経過する日までに日本工業標準調査会の審議に付され、速やかに、確認、改正又は廃止されます。

目 次

	ページ
序文	1
1 適用範囲及び目的	1
2 引用規格	2
3 用語及び定義	3
4 絶縁協調の基本	8
4.1 一般事項	8
4.2 電圧に関する絶縁協調	8
4.3 電圧及び電圧定格	10
4.4 周波数	13
4.5 電圧ストレスの加わる時間	13
4.6 汚損	14
4.7 機器とともに提供される情報	14
4.8 絶縁材料	14
5 要求事項及び規定値の決定ルール	16
5.1 空間距離の規定値の決定	16
5.2 沿面距離の規定値の決定	18
5.3 固体絶縁物の設計要求	20
6 試験及び測定	24
6.1 試験	24
6.2 沿面距離及び空間距離の測定	33
附属書 A (参考) 空間距離の耐電圧特性に関する基本データ	38
附属書 B (参考) 過電圧制御の異なるモードに関する給電系統の公称電圧	43
附属書 C (規定) 部分放電の試験方法	45
附属書 D (参考) 部分放電の試験方法に関する追加情報	50
附属書 E (参考) 表 F.4 で規定する沿面距離と表 A.1 で規定する空間距離との比較	53
附属書 F (規定) 表	54
参考文献	63
解 説	64

C 60664-1：2009 (IEC 60664-1：2007)

まえがき

この規格は、工業標準化法第 12 条第 1 項の規定に基づき、社団法人電気学会 (IEEJ) 及び財団法人日本規格協会 (JSA) から、工業標準原案を具して日本工業規格を制定すべきとの申出があり、日本工業標準調査会の審議を経て、経済産業大臣が制定した日本工業規格である。

これによって、**JIS C 0664** は廃止され、この規格に置き換えられた。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本工業標準調査会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権及び出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任はもたない。

JIS C 60664 の規格群には、次に示す部編成がある。

JIS C 60664-1 第 1 部：基本原則，要求事項及び試験

JIS C 60664-3 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ディングの使用

JIS C 60664-4 第 4 部：高周波電圧ストレスの考慮

JIS C 60664-5 第 5 部：2 mm 以下の空間距離及び沿面距離を決定するための包括的方法

日本工業規格

JIS

C 60664-1 : 2009

(IEC 60664-1 : 2007)

低圧系統内機器の絶縁協調一

第 1 部：基本原則，要求事項及び試験

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—
Part 1: Principles, requirements and tests

序文

この規格は，2007 年に第 2 版として発行された **IEC 60664-1** を基に，技術的内容及び対応国際規格の構成を変更することなく作成した日本工業規格である。

なお，この規格で点線の下線を施してある参考事項は，対応国際規格にはない事項である。

1 適用範囲及び目的

この規格は，低圧系統内機器の絶縁協調について規定する。この規格は，定格周波数 30 kHz 以下で交流 1 000 V 以下又は直流 1 500 V 以下の定格電圧で標高 2 000 m 以下で使用する機器に適用する。

この規格は，性能基準に基づく機器の空間距離，沿面距離及び固体絶縁物のための要求事項を規定し，また，絶縁協調に関する電氣的試験の方法を規定する。

この規格で規定する最小空間距離は，電離した気体が発生する箇所には適用しない。

なお，特別な要求事項は，関連する個別製品規格ごとに規定することができる。

この規格は，次の距離には適用しない。

- 液体絶縁を貫通する距離
- 空気以外の気体を貫通する距離
- 圧縮空気を貫通する距離

注記 1 定格周波数が 30 kHz より高い低圧系統内機器の絶縁協調は，**JIS C 60664-4** を参照。

注記 2 機器の内部回路には，更に高い電圧が存在することもある。

注記 3 2 000 m を超える標高に対する補正のガイダンスは，**表 A.2** に示す。

注記 4 この規格の対応国際規格及びその対応の程度を表す記号を，次に示す。

IEC 60664-1:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 1:
Principles, requirements and tests (IDT)

なお，対応の程度を表す記号 (IDT) は，**ISO/IEC Guide 21-1** に基づき，一致していることを示す。

この規格の目的は，絶縁協調が達成されるように，個々の機器について検討する製品規格委員会に基準を示し，その委員会が規定する個別製品規格の要求事項の整合を図ることにある。

この規格は，機器のための空気中における空間距離，沿面距離及び固体絶縁物を規定する個別製品規格の指針となる必要な情報を提供する。

製造業者及び製品規格委員会は，この規格で規定する要求事項の適用に責任をもつ。また，必要な場合，

その機器に適用する製品規格の適用範囲の箇条で、この規格に言及することが望ましい。

安全に関する規定を扱わない製品規格については、必ずしもこの規格を引用する必要はないが、関連の製品規格において空間距離、沿面距離の規定値及び固体絶縁物に関する要求事項、又はほかに規格・基準がない場合は、この規格を適用できる。

注記 5 安全な低電圧等で動作する製品の規格などでは、機能的に必要な距離を定めた規格も存在する。そのような規格においては、必ずしもこの規格を引用する必要がないことを適用範囲で明確にした。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格のうちで、西暦年を付記してあるものは、記載の年の版を適用し、その後の改正版（追補を含む。）は適用しない。西暦年の付記がない引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS C 0025:1988 環境試験方法（電気・電子）温度変化試験方法

注記 対応国際規格：IEC 60068-2-14:1984, Environmental testing—Part 2: Tests. Test N: Change of temperature (MOD)

JIS C 0365:2007 感電保護—設備及び機器の共通事項

注記 対応国際規格：IEC 61140:2001, Protection against electric shock—Common aspects for installation and equipment 及び Amendment 1 (2004) (IDT)

JIS C 2134:2007 固体絶縁材料の保証及び比較トラッキング指数の測定方法

注記 対応国際規格：IEC 60112:2003, Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials (IDT)

JIS C 60068-1:1993 環境試験方法—電気・電子—通則

注記 対応国際規格：IEC 60068-1:1988, Environmental testing—Part 1: General and guidance (IDT)

JIS C 60068-2-2:1995 環境試験方法—電気・電子—高温（耐熱性）—試験方法

注記 対応国際規格：IEC 60068-2-2:1974, Basic environmental testing procedures Part 2: Tests, Tests B: Dry heat 及び Amendment 1 (1993) (IDT)

JIS C 60068-2-78:2004 環境試験方法—電気・電子—第 2-78 部：高温高湿（定常）試験方法

注記 対応国際規格：IEC 60068-2-78:2001, Environmental testing—Part 2-78: Tests—Test Cab: Damp heat, steady state (IDT)

JIS C 60364-4-44:2006 建築電気設備—第 4-44 部：安全保護—妨害電圧及び電磁妨害に対する保護

注記 対応国際規格：IEC 60364-4-44:2001, Electrical installations of buildings—Part 4-44: Protection for safety—Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances 及び Amendment 1 (2003) (IDT)

JIS C 60664-4:2009 低圧系統内機器の絶縁協調—第 4 部：高周波電圧ストレスの考慮

注記 対応国際規格：IEC 60664-4:2005, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress (IDT)

JIS C 60664-5:2009 低圧系統内機器の絶縁協調—第 5 部：2 mm 以下の空間距離及び沿面距離を決定するための包括的な方法

注記 対応国際規格：IEC 60664-5:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to

or less than 2 mm (IDT)

IEC 60050-151:2001, International Electrotechnical Vocabulary—Part 151: Electrical and magnetic devices

IEC 60050-212:1990, International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 212: Insulating solids, liquids and gases

IEC 60050-604:1987, International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity—Operation 及び Amendment 1 (1998)

IEC 60050-826:2004, International Electrotechnical Vocabulary—Part 826: Electrical installations

IEC 60085: 2004, Electrical insulation—Thermal classification

IEC 60099-1:1991, Surge arresters—Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems

IEC 60216 (all parts), Electrical insulating materials—Properties for thermal endurance

IEC 60243-1:1998, Electrical strength of insulating materials—Test methods—Part 1: Tests at power frequencies

IEC 60270:2000, High-voltage test techniques—Partial discharge measurements

IEC 61180-1:1992, High-voltage test techniques for low-voltage equipment—Part 1: Definitions, test and procedure requirements

IEC 61180-2:1994, High-voltage test techniques for low-voltage equipment—Part 2: Test equipment

IEC Guide 104:1997, The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、次による。

3.1

絶縁協調 (insulation coordination)

予想されるマイクロ環境 (3.12.2 参照) 及びその他の影響を与えるストレスを考慮した電気機器の絶縁特性の相互関係。

注記 予想される電圧ストレスは、3.5～3.7 で説明する定義によって特徴付けられる。

3.2

空間距離 (clearance)

2 導電部間の空間における最小の距離。

3.3

沿面距離 (creepage distance)

2 導電部間の絶縁物の表面沿いの最小の距離 (IEV 151-15-50)。

3.4

固体絶縁物 (solid insulation)

2 導電部に挿入された固体の絶縁物。

3.5

動作電圧 (working voltage)

機器が定格電圧で給電される場合に任意で特定の絶縁の両端に発生する交流電圧の実効値又は直流電圧の最も高い値。

注記 過渡電圧は無視する。

4

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

3.6

反復ピーク電圧, U_{rp} (recurring peak voltage)

交流電圧のひずみから又は直流電圧に重畳した交流成分から生じる電圧波形の周期的な動作範囲における最大ピーク値。

注記 例えば, 臨時のスイッチングによる不規則な過電圧は, 反復ピーク電圧であるとはみなさない。

3.7

過電圧 (overvoltage)

正常動作状態で定常状態における最大電圧のピーク値を超えるピーク値をもつ任意の電圧。

3.7.1

短時間過電圧 (temporary overvoltage)

比較的持続時間が長い商用周波の過電圧。短時間過電圧には, 短期及び長期の 2 種類がある (5.3.3.2.3 参照)。

3.7.2

過渡過電圧 (transient overvoltage)

通常減衰が著しい振動性又は非振動性の, 数ミリ秒以下の持続時間の短い過電圧 (IEV 604-03-13)。

3.7.3

開閉過電圧 (switching overvoltage)

特定のスイッチ操作又は故障による系統の任意の点における過渡過電圧。

3.7.4

雷過電圧 (lightning overvoltage)

特定の雷放電による系統の任意の点における過渡過電圧。

3.7.5

機能的過電圧 (functional overvoltage)

装置の機能上必要な故意に印加された過電圧。

3.8

耐電圧 (withstand voltage)

規定の試験条件下で, 試料の破壊及び／又はフラッシュオーバを引き起こすことのない試料に対する印加電圧 (IEV 212-01-31)。

3.8.1

インパルス耐電圧 (impulse withstand voltage)

規定の条件下で絶縁の破壊を発生させない指定された波形及び極性のインパルス電圧の最高ピーク値。

3.8.2

実効値耐電圧 (r.m.s. withstand voltage)

規定の条件下で絶縁の破壊を発生させない電圧の最高実効値。

3.8.3

反復ピーク耐電圧 (recurring peak withstand voltage)

規定の条件下で絶縁の破壊を発生させない反復電圧の最高ピーク値。

3.8.4

短時間耐過電圧 (temporary withstand overvoltage)

規定の条件下で絶縁の破壊を発生させない短時間過電圧の最高実効値。

3.9

定格電圧 (rated voltage)

製造業者が構成部品, 装置又は機器に指定した動作及び性能特性に関する電圧の値。

注記 機器は, 定格電圧範囲又は二つ以上の定格電圧をもつことがある。

3.9.1

定格絶縁電圧 (rated insulation voltage)

製造業者が機器又はその部分について指定した実効値耐電圧。この値は, その絶縁の規定の(長時間の)耐電圧性能を表す。

注記 定格絶縁電圧は, 必ずしも機器の性能特性に関する定格電圧と等しいとは限らない。

3.9.2

定格インパルス電圧 (rated impulse voltage)

製造業者が機器又はその部分に定めたインパルス耐電圧値。この値は, その機器などの絶縁の過渡過電圧に対する耐電圧性能を表す。

3.9.3

定格反復ピーク電圧 (rated recurring peak voltage)

製造業者が機器又はその部分に定めた反復ピーク耐電圧値。この値は, その絶縁の反復ピーク電圧に対する耐電圧性能を表す。

3.9.4

定格短時間過電圧 (rated temporary overvoltage)

製造業者が機器又はその部分に定めた短時間耐過電圧値。この値は, 交流電圧に対してその絶縁の短時間の耐電圧性能を表す。

3.10

過電圧カテゴリ (overvoltage category)

過渡過電圧条件を定義する数字。

注記 1 過電圧カテゴリ I, II, III及びIVを用いる (4.3.3.2 を参照)。

注記 2 この規格の中の用語“過電圧カテゴリ”は, JIS C 60364-4-44 の箇条 443 で用いられている“耐インパルスカテゴリ”と同義語である。

3.11

汚損 (pollution)

電気絶縁強度又は表面抵抗率の低下をもたらす異物, 固体, 液体又は気体のいずれかの付着物。

3.12

環境 (environment)

装置又はシステムの性能に影響を与えることがある周囲状況 (IEV 151-16-03, 修正)。

注記 例えば, 気圧, 温度, 湿度, 汚損, 放射線及び振動。

3.12.1

マクロ環境 (macro-environment)

機器が設置又は使用される部屋 (又はほかの場所) の環境。

3.12.2

ミクロ環境 (micro-environment)

沿面距離の規定値の決定に特に影響を及ぼす絶縁物の近傍の環境。

6

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

3.13

汚損度 (pollution degree)

ミクロ環境の予想される汚損の特徴を示す数字。

注記 汚損度 1, 汚損度 2, 汚損度 3 及び汚損度 4 は 4.6.2 による。

3.14

平等電界 (homogeneous field)

電極間に本質的に一定の電位こう (勾) 配をもつ電界 (均等電界)。例えば, 各球の半径がそれぞれの球間の距離よりも大きい二つの球間の電界。

注記 平等電界の状態は, ケース B として示す。

3.15

不平等電界 (inhomogeneous field)

電極間に本質的に一定の電位こう (勾) 配をもたない電界 (不均等電界)。

注記 針電極と平板電極との間に作られる不平等電界の状態は, 耐電圧性能が最悪になる場合であり, この状態はケース A として示す。この状態は半径 30 μm の針電極と 1 m \times 1 m の平板電極との組合せで代表される。

3.16

過電圧制御状態 (controlled overvoltage condition)

予想される過渡過電圧が一定のレベルに制限されている電気系統(electrical system)の状態。

3.17

絶縁 (insulation)

異なる電位にある複数の導電部を分離している電気製品の部分 (IEV 212-01-05)。

3.17.1

機能絶縁 (functional insulation)

機器の適切な機能にだけ必要な導電部間の絶縁。

3.17.2

基礎絶縁 (basic insulation)

基本的な保護を提供する危険な充電部の絶縁 (IEV 826-12-14)。

注記 この概念は, 機能上の目的のためだけに用いられる絶縁には適用しない。

3.17.3

付加絶縁 (supplementary insulation)

絶縁不良に対する保護のために基礎絶縁に付加して用いる絶縁 (IEV 826-12-15)。

注記 この用語は, 別の規格では“保護絶縁”ともいわれている。

3.17.4

二重絶縁 (double insulation)

基礎絶縁及び付加絶縁の二つから構成されている絶縁 (IEV 826-12-16)。

3.17.5

強化絶縁 (reinforced insulation)

二重絶縁と同等な感電防止の保護レベルをもつ危険な充電部の絶縁 (IEV 826-12-17)。

注記 強化絶縁は, 基礎絶縁として又は付加絶縁として単独に試験することができない幾つかの層で構成されることがある。

3.18

部分放電 (partial discharge)

絶縁部を部分的にブリッジする電気放電。

3.18.1

見掛け電荷, q (apparent charge)

試験下の試料の端子間で測定し得る電荷。

注記 1 見掛け電荷は, 部分放電電荷よりも小さい。

注記 2 見掛け電荷の測定では, 試験下の試料 (D.2 参照) の端子間を短絡状態にする必要がある。

3.18.2

規定の放電の大きさ (specified discharge magnitude)

限度値とみなされる見掛け電荷の大きさ。

注記 パルスの最大値で限度値を評価すべきである。

3.18.3

パルス繰返し率 (pulse repetition rate)

検出レベルよりも高い見掛け電荷をもつ秒当たりの平均パルス数。

注記 パルス繰返し率によって放電の大きさを計測することは許されない。

3.18.4

部分放電開始電圧, U_i (partial discharge inception voltage)

試験電圧を放電が発生しない低い値から上げたとき, 見掛け電荷が規定の放電の大きさよりも大きくなる試験電圧の最小のピーク値。

注記 交流試験の場合は, 実効値を用いてもよい。

3.18.5

部分放電停止電圧, U_e (partial discharge extinction voltage)

試験電圧を放電が発生する高い電圧レベルから下げたとき, 見掛け電荷が規定の放電の大きさよりも小さくなる試験電圧の最小のピーク値。

注記 交流試験の場合は, 実効値を用いてもよい。

3.18.6

部分放電試験電圧, U_t (partial discharge test voltage)

見掛け電荷が規定の放電の大きさより小さくならない 6.1.3.5.3 の手順における試験電圧のピーク値。

注記 交流試験の場合は, 実効値を用いてもよい。

3.19

試験 (test)

決められた手順によって所定の製品, 工程又はサービスの一つ又は複数の特性を判定するための技術的作業[ISO/IEC Guide 2:1996 [1]¹⁾, 13.1]

注記 試験は, ある品目 (製品, 工程又はサービス) の特徴又は特性を測定又は分類するために, 一連の環境及び動作条件及び/又は要求事項を品目に適用して実施する。

注¹⁾ 角括弧内の番号は参考文献を示す。(以下, この規格において同じ。)

3.19.1

形式試験 (type test)

8

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

一定の設計がその仕様書を満足していることを証明するためにその設計に基づいて作られた 1 個, 又はそれ以上の装置に行う試験。

3.19.2

ルーチン試験 (routine test)

各個別の装置が, 一定の基準に適合するかどうかを検証するために製造中又は製造後に実施する試験。

3.19.3

抜取検査 (sampling test)

一つのロットから無作為に抜き取られた幾つかの装置に行う試験。

3.20

電氣的絶縁破壊 (electrical breakdown)

放電で絶縁が完全に橋絡し, 電極間の電圧が, ほぼゼロに減少する電気ストレスによる絶縁の故障。

3.20.1

スパークオーバ (sparkover)

ガス又は液体媒体中の電氣的絶縁破壊。

3.20.2

フラッシュオーバ (flashover)

ガス又は液体媒体中の固体絶縁物の表面を越えていく電氣的絶縁破壊。

3.20.3

パンクチャ (puncture)

固体絶縁物を貫通する電氣的絶縁破壊。

4 絶縁協調の基本

4.1 一般事項

絶縁協調には, 機器の使用及びその環境に関連して, その適切な電氣的絶縁特性を選択することを含む。

絶縁協調は, 機器がその予想寿命の間に受けると想定されるストレスを前提に, 設計されたときにだけ達成できる。

4.2 電圧に関する絶縁協調

4.2.1 一般事項

次のことを考慮しなければならない。

- 系統内に発生し得る電圧
- 機器から発生する電圧 (系統内のほかの機器に悪影響を及ぼすこともある。)
- 期待される連続使用の度合
- 電圧ストレスによる好ましくない事故の発生の可能性が, 容認できない損害をもたらす危険がないようにする人及び財産の安全性確保

4.2.2 長時間の交流又は直流電圧に関する絶縁協調

長時間の電圧に関する絶縁協調は, 次を基本とする。

- 定格電圧
- 定格絶縁電圧
- 動作電圧

4.2.3 過渡過電圧に関する絶縁協調

過渡過電圧に関する絶縁協調は、過電圧制御状態に基づく。次の 2 種類の制御状態がある。

- 本質的制御状態：ある系統内において、その特性が予想される過渡過電圧を一定のレベルに制限することが期待し得る状態
- 保護制御状態：系統内に設けた特別な過電圧減衰手段によって、予想される過渡過電圧を一定のレベルに制限すると期待し得る状態

注記 1 多種多様な影響を受ける低圧系統電源のような大形で、かつ、複雑な系統における過電圧は、統計的にだけ評価できる。これは、特に大気が原因の過電圧の場合に当てはまり、本質的制御又は保護制御のいずれかによって達成される制御状態が適用される。

注記 2 本質的制御が存在するかどうか、又は保護制御を必要とするかどうかを評価するために確率的分析を推奨する。この分析は、電気系統特性、予想雷発生レベル、過渡過電圧レベルなどの知識を必要とする。このアプローチは、低圧系統電源に接続する建物の電気設備に適用する **JIS C 60364-4-44** で用いられている。

注記 3 特別な過電圧減衰手段としては、エネルギーの蓄積又は消散の手段をもつ装置であってもよく、一定の条件下でその場所に予想される過電圧エネルギーを、害を及ぼすことなく消散させることができればよい。

絶縁協調の概念を適用するために、次の二つの異なるソースからの過渡過電圧を区別する。

- 機器の端子を通して系統側から生じる過渡過電圧
- 機器内に生じる過渡過電圧

絶縁協調においては、定格インパルス電圧として次に示す推奨値を用いる。

330 V, 500 V, 800 V, 1 500 V, 2 500 V, 4 000 V, 6 000 V, 8 000 V, 12 000 V

4.2.4 反復ピーク電圧に関する絶縁協調

固体絶縁物の中又は絶縁表面に沿って発生する部分放電(5.3.2.3.1 参照)の量を考慮する(表 F.7b 参照)。

4.2.5 短時間過電圧に関する絶縁協調

短時間過電圧に関する絶縁協調は、**JIS C 60364-4-44** の箇条 442 (この規格の 5.3.3.2.3 参照) で規定する短時間過電圧に基づく。

注記 現在利用可能なサージ防止装置(SPD)では、短時間過電圧に関連するエネルギーを適切に処理できない。

4.2.6 環境状態に関する絶縁協調

絶縁のマイクロ環境状態は、汚損度による数量化を考慮しなければならない。

マイクロ環境状態は、主に機器が設置されるマクロ環境状態に依存し、多くの場合、その両環境と同一である。ただし、マイクロ環境は、マクロ環境より良くも悪くもなり得る。例えば、外郭、加熱、換気又はじんあい(塵埃)はマイクロ環境に影響を及ぼす。

注記 **JIS C 0920** [2]に規定する分類に従った外郭による保護は、汚損に関しては必ずしもマイクロ環境を改善しない。

最も重要な環境要素には、次のものがある。

- 空間距離に対して
 - 空気圧
 - 広範囲に変動する場合の温度
- 沿面距離に対して

- 汚損
- 相対湿度
- 結露
- 固体絶縁物に対して
 - 温度
 - 相対湿度

4.3 電圧及び電圧定格

4.3.1 一般事項

絶縁協調に従って機器の規定値を決定するために、製品規格には、次のことを規定しなければならない。

- 電圧定格の根拠
- 機器が接続される系統の特性を考慮し、機器の予想される使用場所に応じた過電圧のカテゴリ

4.3.2 長時間のストレスに対する電圧の決定

4.3.2.1 一般事項

機器の定格電圧は、配電系統の公称電圧よりも小さくないものと想定する。

4.3.2.2 基礎絶縁の規定値を決定するための電圧

4.3.2.2.1 低圧系統電源から直接給電される機器

低圧系統電源の公称電圧は、表 F.3a 及び表 F.3b (5.2.2.2 参照) に示すように集約されている。また、これらの電圧は、沿面距離を選択するために用いる最低の電圧である。これらは、定格絶縁電圧の選択にも用いることができる。

低圧系統電源の異なる公称電圧でできるように幾つかの定格電圧をもつ機器の場合には、選択される電圧は、その機器の最も高い定格電圧に適したものでなければならない。

製品規格には、電圧を次のいずれに選択すべきであるかを考慮しなければならない。

- 充電線間電圧を基礎とする。
- 充電線と大地との間の電圧を基礎とする。

後者の場合、製品規格には、機器が中性点接地方式でだけ使用できることを使用者に知らせる方法を規定しなければならない。

4.3.2.2.2 低圧系統電源から直接給電されない系統、機器及び内部回路

系統、機器又は内部回路に発生し得る最高実効値電圧は、基礎絶縁の場合に使用する。電圧は、定格電圧及び機器の定格条件における最も不都合となる組合せ条件の下で決定する。

注記 故障状態は考慮しない。

4.3.2.3 機能絶縁の規定値を決定するための電圧

機能絶縁に要求される規定値を決定するためには動作電圧を用いる。

4.3.3 定格インパルス電圧の決定

4.3.3.1 一般事項

過渡過電圧は、定格インパルス電圧を決定する基準として用いる。

4.3.3.2 過電圧カテゴリ

4.3.3.2.1 一般事項

過電圧カテゴリの概念は、低圧系統電源から直接給電される機器のために用いる。

過電圧カテゴリの分類は、系統内で設備から負荷側への過渡過電圧が物理的に減衰するという意味よりは、確率的な意味をもつ。

注記 1 過電圧カテゴリーの概念は、JIS C 60364-4-44 の箇条 443 で用いられている。

注記 2 この規格の用語“過電圧カテゴリー”は、JIS C 60364-4-44 の箇条 443 で用いられている“耐インパルスカテゴリー”と同義語である。

同様な概念は、その他の系統、例えば、通信及びデータ系統に接続される機器にも用いることができる。

4.3.3.2.2 低圧系統電源から直接給電される機器

製品規格には、過電圧カテゴリーを次の一般的な説明に基づいて規定しなければならない (JIS C 60364-4-44 の箇条 443 を参照)。

- 過電圧カテゴリーⅣの機器は、設備の引込口部で使用する。

注記 1 このような機器の例として、電力量計及び一次過電流保護装置がある。

- 過電圧カテゴリーⅢの機器は、固定設備中の機器であり、その信頼性及び有用性が特別な要求として求められる場合がある。

注記 2 このような機器の例として、固定設備中のスイッチ及び固定設備に恒久的に接続される産業用機器がある。

- 過電圧カテゴリーⅡの機器は、固定設備から供給されるエネルギーを消費する機器である。

注記 3 このような機器の例として、家電機器、可搬形工具並びにその他の家庭用及び類似の装置がある。

このような機器が信頼性及び有用性に関して特別な要求が求められる場合には、過電圧カテゴリーⅢを適用する。

- 過電圧カテゴリーⅠの機器は、過渡過電圧を適切な低レベルに制限するための処置が講じられている回路に接続される機器である。これらの方法によって、発生する可能性のある短時間過電圧のピーク値を、表 F.1 の関連する定格インパルス電圧を超えないレベルに適切に制限する。

注記 4 このような機器の例は、このレベルまで保護される電子回路をもつ機器である。ただし、4.2.5 の注記を参照する。

注記 5 短時間過電圧を考慮して回路が設計されていない場合、過電圧カテゴリーⅠの機器を低圧系統電源に直接接続できない。

4.3.3.2.3 低圧系統電源から直接給電されない系統及び機器

製品規格は、過電圧カテゴリー又は定格インパルス電圧を規定することが望ましい。4.2.3 の数値を適用することが望ましい。

注記 通信系統、産業用制御系統、又は車両における独立した系統がこのような系統の例である。

4.3.3.3 機器に適用する定格インパルス電圧の選択

機器の定格インパルス電圧は、規定された過電圧カテゴリー及び機器の定格電圧に該当する表 F.1 から選択しなければならない。

注記 1 特殊な定格インパルス電圧をもつ機器及び二つ以上の定格電圧をもつ機器は、異なる過電圧カテゴリーで使用してもよい。

注記 2 開閉過電圧についての考察には、4.3.3.5 を参照。

4.3.3.4 機器内のインパルス電圧絶縁協調

4.3.3.4.1 外来の過渡過電圧によって著しく影響を受ける機器内の部分又は回路

外来の過渡過電圧によって著しく影響を受ける機器内の部分又は回路には、機器の定格インパルス電圧を適用する。機器の動作によって発生し得る過渡過電圧は、4.3.3.5 の規定値を超えて外部の回路状態に影響を与えてはならない。

4.3.3.4.2 過渡過電圧に対して特別に保護される機器内の部分又は回路

外部の過渡過電圧の影響を著しく受けない部分の場合は、基礎絶縁に要求するインパルス耐電圧は、その機器の定格インパルス電圧に関係なく、その部分又は回路の実際の状態に合った値とする。ただし、4.2.3のインパルス電圧の数値の適用を標準値として使うことを推奨する。その他の場合は表 F.2 の値の内挿値を使うことができる。

4.3.3.5 機器から発生する開閉過電圧

例えば、スイッチ装置のような機器の端子で過電圧を発生する機器の場合には、定格インパルス電圧は、機器をその規格及び製造業者の指示に従って使用するとき、この値を超える過電圧を発生することがないことを意味する。

注記 1 回路の状態によっては、この定格インパルス電圧を超える電圧が発生し得る危険がある。

特定の定格インパルス電圧又は過電圧カテゴリのスイッチ装置が、それより低い過電圧カテゴリの過電圧値より高い過電圧を発生しない場合は、その装置は、二つの定格インパルス電圧又は二つの過電圧カテゴリをもつ。すなわち、その高い方の電圧はインパルス耐電圧を示し、低い方の電圧は発生する過電圧を示す。

注記 2 定格インパルス電圧値は、その値までの系統中の過電圧値に有効となることを意味し、また、結果としてその機器が、より低い過電圧カテゴリには不適切である可能性があることを、又はより低いカテゴリに対しては適切な抑制手段が必要となることがあることを意味する。

4.3.3.6 インタフェース要求事項

機器は、適切な過電圧の低減が行われる場合は、より高い過電圧カテゴリの条件下で使うことができる。過電圧の減衰は、次の方法で達成することができる。

- 過電圧保護装置
- 絶縁変圧器
- 多くの分岐回路（サージエネルギーを分路することができる。）をもつ配電系統
- サージエネルギーを吸収することができるキャパシタンス
- サージエネルギーを消散させることができる抵抗又は同種の減衰装置

注記 設備内又は機器内の任意の過電圧保護装置が、より高い制限電圧をもつ設備の引込口に設置するいずれの過電圧保護装置より、多くのエネルギーを減衰することになってもよいという事実に注意する。これは、特に最低の制限電圧をもつ過電圧保護装置に当てはまる。

4.3.4 反復ピーク電圧の決定

電圧の波形は、適切な帯域幅をもつオシロスコープによって測定する。その波形から、図 1 に従ってピーク振幅を決定する。

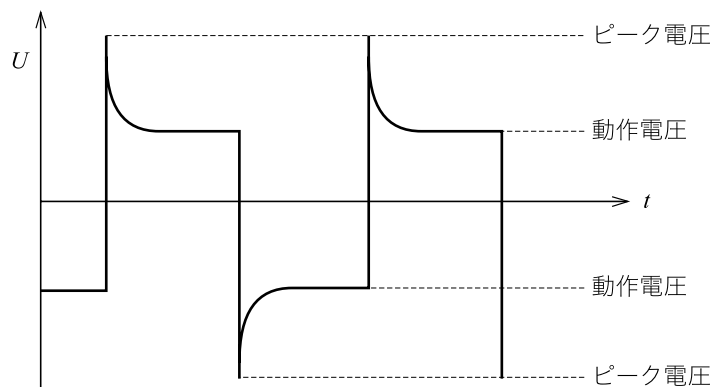


図1-反復ピーク電圧

4.3.5 短時間過電圧の決定

4.3.5.1 一般事項

配電系統内の故障による最も過酷な短時間過電圧に関する状態は、**JIS C 60364-4-44** に示す。

注記 **JIS C 60364-4-44** は、高電圧系統と、低電圧系統に給電する変圧器の接地との間に故障が発生したときの、人及び低電圧系統内機器の安全性について規定している。

4.3.5.2 故障電圧

高電圧系統における地絡故障において生じる故障電圧又は接触電圧の大きさ及び持続時間に関しては、**JIS C 60364-4-44** の図 44A に示す。

4.3.5.3 短時間過電圧ストレス

高電圧系統における地絡故障によって起こる低電圧機器での短時間過電圧の大きさ及び持続時間は、**5.3.3.2.3** に示す。

4.4 周波数

この規格は 30 kHz 以下の周波数に対して適用する。

注記 30 kHz を超える周波数に対する規定値の決定は、**JIS C 60664-4** で規定している。

4.5 電圧ストレスの加わる時間

沿面距離に関しては、電圧ストレスの加わる時間は、トラッキングを伴うほど十分に高いエネルギーをもって表面シンチレーションを発生させることができる乾燥状態の発生回数に影響を与える。このような乾燥状態の発生回数は、次においてトラッキングを発生させるのに十分と考えられる。

- 連続使用を意図するが、絶縁表面を乾燥状態に保つような程度の熱を発生しない機器。
- 長期間にわたって結露を受けやすく、その期間中に“オン”と“オフ”とが頻繁に切り替えられる機器。
- スイッチング装置の入力側、及び低電圧系統電源に直接接続されるスイッチング装置のラインと負荷端子との間。

表 F.4 で示す沿面距離は、長時間電圧ストレスが加わるように意図された絶縁に対して決められたものである。

注記 短時間しか電圧ストレスの加わらないような絶縁をもつ機器に対する製品規格は、例えば**表 F.4** に定めた段階の電圧よりも低い電圧に該当する沿面距離を機能絶縁に許容することを考慮してもよい。

14

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

4.6 汚損

4.6.1 一般事項

マイクロ環境が絶縁への汚損の影響を決定する。しかし、マクロ環境もマイクロ環境を考えるとときに考慮しなければならない。

外郭、カプセル内収納又はハーメチックシールを効果的に使用することによって、その絶縁部の汚損を減らす手段を講じることができる。汚損を減らすためのこのような手段は、機器が結露を受けるとき又は通常の動作で機器自身が汚損因子を発生する場合は効果的とはいえない。

小さな空間距離は、固体粒子、じんあい（塵埃）及び水によって完全にブリッジすることがある。したがって、マイクロ環境での汚損では最小空間距離を定める。

注記 1 汚損は、湿気があると導電性を帯びるようになる。汚染水、すす（煤）、金属又は炭素ぼこりで引き起こされる汚損は、本質的に導電性である。

注記 2 電離気体及び金属のたい（堆）積による導電性の汚損は、例えば、スイッチギヤ又は制御装置のアークチェンバといった特殊な場合でだけ起きるので、この規格では取り扱っていない。

4.6.2 ミクロ環境における汚損の等級

沿面距離及び空間距離を評価するために、マイクロ環境における次の四つの汚損度を規定する。

— 汚損度 1

どのような汚損も発生しないか又は乾燥状態で非導電性の汚損だけを発生する。この汚損は、どのような影響も及ぼさない。

— 汚損度 2

非導電性の汚損は発生するが、時には結露によって一時的に導電性が引き起こされることが予想される。

— 汚損度 3

導電性の汚損が発生する、又は乾燥した非導電性の汚損だが予想される結露のために導電性となる汚損が発生する。

— 汚損度 4

導電性のほこり、又は雨若しくはその他の湿潤状態によって連続的な導電性を発生させる。

4.6.3 導電性汚損に対する対応

沿面距離は、永続的な導電性の汚損（汚損度 4）が存在する場合は規定できない。短時間の導電性の汚損（汚損度 3）に対しては、リブ（ひだ）及び溝によって導電性の汚損の経路を連続的にしないように絶縁物表面を設計してもよい（5.2.2.5 及び 5.2.5 参照）。

4.7 機器とともに提供される情報

製品規格には、機器とともに提供する関連情報及びこれを提供する方法について規定しなければならない。

4.8 絶縁材料

4.8.1 比較トラッキング指数 (CTI)

4.8.1.1 シンチレーションがある場合の絶縁材料で起こる反応

トラッキングに関し、絶縁材料は、表面漏れ電流が汚損表面の乾燥によって遮断される場合、その絶縁材料がシンチレーションの間エネルギーの集中放出から被る損傷に従って大まかに特性を分類できる。シンチレーションがあると絶縁材料は、次の反応を起こす。

— 絶縁材料の分解を生じないが、

- 電気放電の働きによって絶縁材が消耗（電気侵食）し、
- 固体絶縁物の表面に電氣的ストレス及び表面上の電解質汚損の合併効果による導電性経路を形成する（トラッキング）。

注記 トラッキング又は侵食は、次の状況で起きる。

- 表面漏れ電流のある液体の膜が破壊され、かつ、
- 導電膜が破壊されるときに発生する小さな空けきを放電破壊するのに十分な印加電圧があり、かつ、
- 導電膜下の絶縁材料を熱で分解するのに十分な局所的なエネルギーをもたらすために必要な電流があるとき。

劣化は、電流が流れる時間に従って大きくなる。

4.8.1.2 絶縁材料を分類するための CTI 値

4.8.1.1 に従って絶縁材料を分類する方法は存在しない。種々の汚損物質及び電圧の下での絶縁材料の反応は極めて複雑である。これらの状態の下では、多くの材料は二つ又は三つの特性で表してもよい。CTI 値と 4.8.1.3 の材料グループとの直接の相関関係は現実的ではない。しかし、絶縁材料の性能は、比較トラッキング指数 (CTI) によるランク付けと比較的高い相対関係をもつことが経験及び試験によって分かってきたため、この規格では、絶縁材料を分類するために CTI 値を用いる。

4.8.1.3 材料グループ

この規格の目的からみて、材料を、CTI 値によって 4 種類のグループに分類する。これらの数値は JIS C 2134 の溶液 A によって規定する値である。

グループ分けは、次による。

- 材料グループ I : $600 \leq \text{CTI}$
- 材料グループ II : $400 \leq \text{CTI} < 600$
- 材料グループ IIIa : $175 \leq \text{CTI} < 400$
- 材料グループ IIIb : $100 \leq \text{CTI} < 175$

保証トラッキング指数 (PTI) は材料のトラッキング特性を検証するために用いる。材料は溶液 A を用いて JIS C 2134 の方法で求め、その PTI がグループに対して規定する下限値以上の場合には、上記に示した 4 種類のグループの一つに含めることができる。

4.8.1.4 比較トラッキング指数 (CTI) の試験

JIS C 2134 による比較トラッキング指数 (CTI) の試験は、試験条件下における種々の絶縁物の特性を比較するように設計されている。これは、定性比較を示すが、導電路 (tracks) を形成する傾向をもつ絶縁材料の場合は、定量比較も示す。

4.8.1.5 導電路を形成しない材料

導電路を形成しないガラス、セラミック又はその他の無機物の場合には、沿面距離は絶縁協調のために関連空間距離の値よりも大きくする必要はない。表 F.2 の不平等電界に対する規定値が適している。

4.8.2 耐電圧特性

絶縁物の耐電圧特性は、5.3.1, 5.3.2.2.1 及び 5.3.2.3.1 で規定するストレスを考慮して製品規格に反映させる。

4.8.3 温度特性

絶縁物の温度特性は、5.3.2.2.2, 5.3.2.3.2 及び 5.3.3.5 で規定するストレスを考慮して製品規格に反映させる。

注記 IEC 60216 も参照する。

4.8.4 機械的及び化学的特性

絶縁物の機械的及び化学的特性は、5.3.2.2.3, 5.3.2.3.3 及び 5.3.2.4 で規定するストレスを考慮して製品規格に反映させる。

5 要求事項及び規定値の決定ルール

5.1 空間距離の規定値の決定

5.1.1 一般事項

空間距離は、要求されるインパルス耐電圧に耐えるように規定しなければならない。低圧系統電源に直接接続する機器の場合、要求されるインパルス耐電圧は、4.3.3.3 を基に規定する定格インパルス電圧とする。定常状態の実効値電圧、短時間過電圧又は反復ピーク電圧が、インパルス耐電圧のために要求されるものより大きな空間距離を必要とする場合は、表 F.7a の該当値を使用しなければならない。インパルス耐電圧、定常状態の実効値電圧、短時間過電圧及び反復ピーク電圧を考慮した結果から最大の空間距離を選択しなければならない。

注記 定常状態の実効値電圧又は反復ピーク電圧に対する規定値を決めると、これらの電圧を連続的に印加したとき絶縁破壊にマージンがない状況になる。製品規格では、このことを考慮するのが望ましい。

5.1.2 規定値の決定の基準

5.1.2.1 一般事項

空間距離の規定値は、次の影響因子を考慮して選択しなければならない。

- 機能絶縁のためには 5.1.5, 基礎, 付加及び強化絶縁では 5.1.6 によるインパルス耐電圧
- 定常状態耐電圧及び短時間過電圧 (5.1.2.3 参照)
- 反復ピーク電圧 (5.1.2.3 参照)
- 電界の状態 (5.1.3 参照)
- 標高: 表 F.2 及び表 F.7a に規定する空間距離は、2 000 m までの標高で使用する機器に対する耐電圧性能を示している。より高い標高で使用する機器の場合は、5.1.4 を適用する。
- ミクロ環境における汚損の等級 (4.6.2 参照)

振動又は外力などの機械的な影響は、より大きな空間距離を必要とすることがある。

5.1.2.2 過渡過電圧に耐える規定値の決定

表 F.2 に従って、要求されるインパルス耐電圧に耐えるように空間距離を規定しなければならない。低圧系統電源に直接接続される機器の場合、要求されるインパルス耐電圧は、4.3.3.3 を基に規定された定格インパルス電圧とする。

注記 JIS C 60664-5 は、2 mm 以下の空間距離の規定値をより正確に決定するための代替手段を提供している。

5.1.2.3 定常電圧、短時間過電圧又は反復ピーク電圧に耐える規定値の決定

定常電圧 (直流又は 50/60 Hz)、短時間過電圧又は反復ピーク電圧のピーク値に耐えるように、空間距離は、表 F.7a に基づいて規定しなければならない。

空間距離は、表 F.7a に従った規定値を、汚損度を考慮して、表 F.2 と比較し、大きいほうの値を選択する。

注記 30 kHz を超える周波数に対する要求事項は、JIS C 60664-4 で規定している。

5.1.3 電界の状態

5.1.3.1 一般事項

導電性部分（電極）の形状及び配置は、電界の平等性に影響を及ぼすので、定められた電圧に耐える空間距離が必要である（表 F.2、表 F.7a 及び表 A.1 を参照）。

5.1.3.2 不平等電界の状態（表 F.2 のケース A）

不平等電界の状態では表 F.2 の値以上の空間距離は、導電性部分の形状及び配置に関係なく、また、耐電圧試験の検証なしで用いることができる。

絶縁物の外郭にある開口部を通しての空間距離は、電極の形状がコントロールできないため電界の平等性に悪影響を及ぼすおそれがあるので不平等電界の規定値を下回ってはならない。

5.1.3.3 平等電界の状態（表 F.2 のケース B）

ケース B のための表 F.2 の空間距離の値は、平等電界の状態だけに適用する。その値は、導電性部分の形状及び配置が通常一定の電界が得られるよう設計されている場合だけに使用できる。

不平等電界における規定値より小さい空間距離は、耐電圧試験の検証を必要とする（6.1.2 参照）。

注記 空間距離が小さい値の場合には、汚損があると電界の平等性が低下することがあるので、ケース B の値より大きな空間距離を必要とする。

5.1.4 標高

表 F.2 及び表 F.7 の規定値は、海拔 2 000 m までの標高に対して有効であるので、2 000 m を超える標高の場合の空間距離では、表 A.2 で規定する標高補正係数を適用する。

注記 平等電界の場合の空気中における空間距離の破壊電圧（表 A.1 のケース B）は、パッシェンの法則に従って電極間の距離と気圧との積に比例する。そのため、ほぼ海面で記録された実験データは、海拔 2 000 m と海面との間の気圧差に従って修正する。同様の補正を、不平等電界に対しても行う。

5.1.5 機能絶縁の空間距離の決定

機能絶縁の空間距離の場合、要求される耐電圧は、機器の定格〔特に定格電圧及び定格インパルス電圧（表 F.2 参照）〕の下で空間距離の両端に発生すると予想される最大インパルス電圧、定常電圧（表 F.7 参照）又は反復ピーク電圧（表 F.7 参照）とする。

5.1.6 基礎、付加及び強化絶縁の空間距離の決定

基礎及び付加絶縁の空間距離は、それぞれ次を考慮して、表 F.2 に規定するように決定しなければならない。

- 4.3.3.3 又は 4.3.3.4.1 による定格インパルス電圧
- 4.3.3.4.2 によるインパルス耐電圧要求事項

また、次を考慮して、表 F.7a に規定するように決定しなければならない。

- 4.3.2.2 による定常電圧
- 4.3.4 による反復ピーク電圧
- 4.3.5 による短時間過電圧

インパルス電圧に対する強化絶縁の空間距離は、表 F.2 に規定するように定格インパルス電圧に対応して決定しなければならないが、4.2.3 に規定する推奨値のうち基礎絶縁に対する規定値の 1 段階上の値としなければならない。4.3.3.4.2 に従って基礎絶縁に対して要求されるインパルス耐電圧が、推奨値以外の場合には、強化絶縁は、基礎絶縁に対して要求されるインパルス耐電圧の 160 % に耐えるように規定値を決定する。

注記 1 協調が得られている系統において、要求されるインパルス耐電圧には、要求される最小値を超える空間距離は不必要である。ただし、絶縁協調以外の理由で、空間距離を大きくすることが必要である場合もある（例えば、機械的影響によって）。このような場合であっても、**6.1.2.2** の試験電圧は、機器の定格インパルス電圧に基づいた値にとどめる。なぜなら、関連固体絶縁物に過度のストレスが加わることがあるからである。

定常電圧、反復ピーク電圧及び短時間過電圧に対する強化絶縁の空間距離の規定値は、基礎絶縁に対して要求される耐電圧の 160 %に耐えるように、**表 F.7a** の規定値から決定しなければならない。

基礎絶縁及び付加絶縁を別々に試験することができない二重絶縁を施した機器の場合、この絶縁システムは、強化絶縁とみなす。

注記 2 絶縁材料の接触可能な表面に対する空間距離の規定値を決定する場合には、このような表面は、金属はく（箔）で覆われていると仮定する。詳細については、製品規格で規定することができる。

5.1.7 絶縁距離

JIS C 0365 の **8.3.2** を参照。

5.2 沿面距離の規定値の決定

5.2.1 一般事項

表 F.4 の値は、大半の場合に適用できる。2 mm 以下のより正確な沿面距離の規定値の決定が必要な場合、**JIS C 60664-5** を参照する。

5.2.2 影響因子

5.2.2.1 一般事項

沿面距離は、次の影響因子を考慮して**表 F.4** から選択しなければならない。

- **4.3.2** による電圧 (**5.2.2.2** 参照)
- ミクロ環境 (**5.2.2.3** 参照)
- 沿面距離の配置及び場所 (**5.2.2.4** 参照)
- 絶縁物表面の形状 (**4.6.3** 及び **5.2.2.5** 参照)
- 絶縁材料 (**4.8.1** 参照)
- 電圧ストレスの加わる時間 (**4.5** 参照)

注記 表 F.4 の値は、既存の経験的なデータに基づいており、多くの場合に適用できる。ただし、機能絶縁に関しては、**表 F.4** の沿面距離以外の沿面距離値を適用することが適切な場合がある。

5.2.2.2 電圧

沿面距離を決定するために基準となる電圧は、該当箇所に長時間加わる電圧の実効値とする。この電圧は、該当する箇所の動作電圧 (**5.2.3** 参照)、定格絶縁電圧 (**5.2.4** 参照) 又は定格電圧 (**5.2.4** 参照) とする。

過渡過電圧は、通常トラッキング現象に影響が少ないため無視する。ただし、短時間又は機能的過電圧は、その持続時間及び発生頻度がトラッキングに影響を及ぼすので考慮しなければならない。

5.2.2.3 汚損

沿面距離の規定値の決定に関して **4.6.2** で規定のミクロ環境における汚損の等級の影響は、**表 F.4** で考慮する。

注記 ある種の機器の内部においては、異なるミクロ環境の状態が存在し得る。

5.2.2.4 沿面距離の配置及び場所

必要に応じて、製造業者は、機器又は構成部品について、沿面距離が、設計の対象にない汚損のたい積

によって悪影響を受けないように、その配置を指定しなければならない。

注記 長期の保管を考慮する。

5.2.2.5 絶縁物表面の形状

リブを利用して絶縁物表面の形状をかえることは、汚損度 3 の状態に対してだけ、沿面距離の規定値の緩和に有効である。

注記 1 この項目は、5.2.5 と関連しており、それを明確にするため、“リブを利用して”を追加した。

固体絶縁物の表面は、汚損によって発生する連続した漏れ電流経路を遮断する横方向のリブ及び溝があるほうがよい。同様にリブ及び溝は、電氣的にストレスが加わっている絶縁部から水を排除するために用いてもよい。導電部間をまたぐ継ぎ目又は溝は、汚損物をたい積したり水をためたりするので用いるべきではない。

注記 2 長期にわたる保管を考慮したほうがよい。沿面距離の長さの評価方法は、6.2 で規定する。

5.2.2.6 空間距離との関係

沿面距離は、その部分の空間距離よりも小さくできない。すなわち、許容される最小の沿面距離は、要求される空間距離と等しい。しかし、空気中における最小の空間距離と最小の許容沿面距離との間に、この寸法制限以外には、いかなる物理的關係もない。

沿面距離がその部分の空間距離に対し要求されるインパルス電圧に耐えるとき、汚損度 1 及び 2 の場合だけは、表 F.2 のケース A で要求する空間距離より小さい沿面距離を適用してよい。さらに、このインパルス耐電圧の実証試験を行う場合には、標高補正係数を考慮しなければならない (6.1.2.2 を参照)。

この規格で規定されている最小空間距離と沿面距離との比較は、附属書 E を参照。

5.2.2.7 複数の材料を使用する場合又は複数の汚損度が生じる場合の沿面距離

複数の材料を使用する場合又は複数の汚損度が生じる場合、沿面距離のいずれか一つが材料全体に印加される電圧に耐えるか、又は材料全体にまたがる合計距離を最小 CTI 及び最高汚損度をもつ材料によって決定しなければならない。

5.2.2.8 浮遊導電部によって分割される沿面距離

浮遊導電部によって沿面距離が分割される場合、分割された距離の合計は浮遊部が存在しないときの規定値以上でなければならない。

分割された個々の沿面距離の最小距離 X は、6.2 に規定する (例 11 も参照)。

5.2.3 機能絶縁の沿面距離の決定

機能絶縁の沿面距離は、その動作電圧に該当する表 F.4 に規定するように決定しなければならない。

規定値の決定のために動作電圧を用いる場合には、中間の電圧については内挿法を用いてもよい。内挿法を用いる場合は、直線補間法でなければならない。求めた値は表から得た値と同じけた (桁) 数に丸めなければならない。

5.2.4 基礎、付加及び強化絶縁の沿面距離の決定

基礎及び付加絶縁の沿面距離は、次の電圧に対して表 F.4 から選択しなければならない。

- 低圧系統電源の公称電圧に該当する表 F.3a の 2 列及び 3 列並びに表 F.3b の 2 列、3 列及び 4 列に集約して示した電圧 (4.3.2.2 参照)
- 4.3.2.2.1 による定格絶縁電圧
- 4.3.2.2.2 に規定する電圧

注記 1 付加絶縁の場合には、その汚損度、絶縁材料、機械的ストレス及び環境条件は、基礎絶縁の場合と異なることがあってもよい。

4.3.2.2.2 に規定する電圧を規定値の決定のために使用する場合には、中間の電圧については内挿法を用いてもよい。内挿法を用いる場合は、直線補間法でなければならない、求めた値は表から得た値と同じけた(桁)数に丸めなければならない。

二重絶縁の沿面距離は、その二重絶縁システムを構成する基礎及び付加絶縁の値の和とする。

強化絶縁の沿面距離は、表 F.4 の基礎絶縁に定めた沿面距離の値の 2 倍にしなければならない。

注記 2 絶縁材料の接触可能な表面に対する沿面距離の規定値を決定する場合には、このような表面は、金属はくで覆われていると仮定する。詳細については、製品規格で規定することができる。

5.2.5 リブ (ひだ) を使用する沿面距離の短縮

汚損度 3 での 8 mm 以上の沿面距離の規定値は、リブを使用して短縮してもよい。これらの短縮沿面距離の値は、表 F.4 に括弧で囲んで示す [表 F.4 の注^{d)} 参照]。リブは、図 2 で測定するようなリブを含め、沿面距離の規定値の最低 20 % の幅(W)及び 25 % の高さ(H)をもたなければならない。

複数のリブを使用する場合には、それぞれのリブの最低幅及び高さは、上記の要求事項に基づき沿面距離の規定値をリブの数で除した値から決定しなければならない。複数のリブ間の距離は、リブの基部から測定して、各部分に該当するリブの最小幅以上でなければならない。

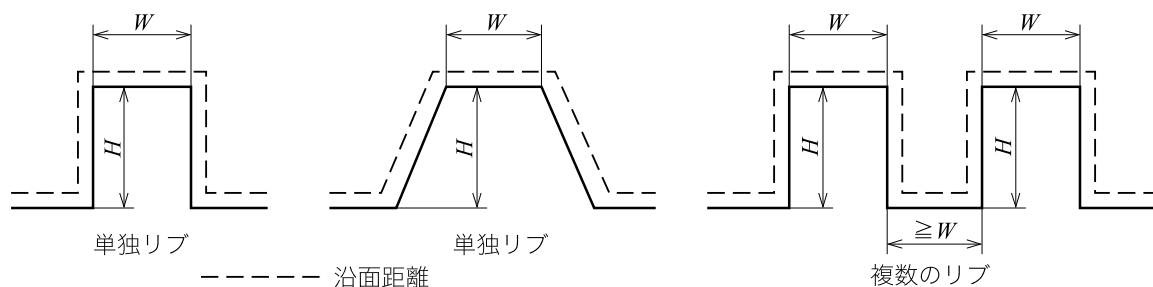


図 2—リブの幅(W)及び高さ(H)の測定

5.3 固体絶縁物の設計要求

5.3.1 一般事項

固体絶縁物の電氣的強度は、空気よりも著しく大きいので、低圧絶縁システムの設計ではほとんど注意しなくてもよい。一方、固体絶縁物を通しての絶縁の距離は、空間距離よりもかなり小さく、したがって、高い電気ストレスをもたらす。考慮すべきもう一つの点は、材料のもつ高い電氣的強度が、実際には、有効に利用されていないことである。絶縁システムにおいて電極と絶縁との間、及び絶縁の異なる層間に、空げきが発生すること、又はボイドが絶縁の中にできることがある。部分放電は、これらの空げき又はボイドに絶縁物のパンクチャレベルよりはるかに低い電圧で発生し得るし、また、このことは、固体絶縁物の有効寿命に決定的な影響を及ぼしかねない。ただし、部分放電はピーク電圧 500 V 以下ではほとんど発生しない。

固体絶縁物は、気体と比べて取替え可能な媒体ではないので、例えば、時々発生する高電圧ピークが固体絶縁物に非常に有害な影響を及ぼす事実が、基本的に重要である。このような状況は、使用中又は通常の高電圧試験中にも起こる。

固体絶縁物の有効寿命の間に多くの有害な影響が蓄積する。これらは複雑な経緯を経て老化に至る。したがって、電氣的及びその他のストレス (例えば、熱的、環境的) が重なり合って、老化を促す。

固体絶縁物の長期の性能は、適切なコンディショニングを組み合わせ、短時間の試験で模擬することができる (6.1.3.2 参照)。

固体絶縁物が高周波の影響を受ける場合には、固体絶縁物の誘電体損失及び部分放電が、非常に重要となる。この状態は、絶縁が 500 kHz までの周波数で反復ピーク電圧にさらされるスイッチング電源で観測されてきた。

固体絶縁物の厚さと上記の故障メカニズムとの間には、一般的な関係がある。固体絶縁物の厚さを減少させると、電界強度は増大し、より高い故障リスクにつながる。固体絶縁物の必要厚さを計算することは不可能であるため、性能は試験でしか確認することができない。

5.3.2 ストレス

5.3.2.1 一般事項

固体絶縁物に加えられるストレスは、次の二つに分けられる。

- 短時間
- 長時間

5.3.2.2 及び 5.3.2.3 以外のストレスを、実用されている固体絶縁物に加えることがある (5.3.2.4 参照)。

5.3.2.2 短時間のストレス及びその影響

5.3.2.2.1 電圧の周波数

電氣的強度は、印加電圧の周波数が大きく影響する。誘電加熱及び熱的不安定さは、ほぼ周波数に比例して増加する。厚さ 3 mm の絶縁の破壊電界強度は、IEC 60243-1:1998 によって商用周波数で測定すると 10 kV/mm と 40 kV/mm との間にある。周波数を高くすることは、ほとんどの絶縁材料の電氣的強度を低下させる。

注記 電氣的強度に対する 30 kHz を超える周波数の影響は JIS C 60664-4 に記載する。

5.3.2.2.2 加熱

加熱は、次に示す原因となる。

- 締付力の解放による機械的ゆがみ
- 周囲温度を超えた、例えば、60 °C 以上の比較的低い温度上昇での熱可塑性プラスチックの軟化
- 可塑剤の消失によるある種の材料のぜい（脆）化
- 特に材料のガラス転移温度を超えた場合のある種の架橋材料の軟化
- 熱的不安定及び破壊を導く誘電体損失の増加

例えば、短絡時に発生する高温度こう配が、機械的故障を起こす原因となることがある。

5.3.2.2.3 機械的衝撃

耐衝撃性が不十分な場合、機械的衝撃は、絶縁の破損を発生するおそれがある。機械的衝撃から生じる破損は、次のような材料の衝撃強さの低下によっても発生する。

- 温度が材料のガラス転移温度以下に落ちるとぜい弱になる材料を使ったとき。
- 可塑剤の消失又は基材ポリマの劣化を発生させる高温に長時間暴露したとき。

製品規格において、輸送、保管、設置及び使用のための環境状態を規定するときに、これらを考慮しなければならない。

5.3.2.3 長時間のストレス及びその影響

5.3.2.3.1 部分放電 (PD)

空気中で、部分放電(PD)は、300 V (パッシェン最小値) を超えるピーク電圧で発生し得る。故障は、パルクチャ又は表面フラッシュオーバーに至る漸進的に進行する侵食又はトリッキングが原因である。

絶縁システムは、別々の性質をもっている。あるものは、その期待寿命を通じて放電に耐えることができる（例えば、セラミック絶縁体）、一方、その他の場合は、放電のない状態にしなければならない（例えば、コンデンサ）。電圧並びに放電の繰返し率及び放電量は、重要なパラメータである。

部分放電は、印加電圧の周波数に影響される。破壊までの時間は、印加電圧の周波数にほぼ反比例することが増加周波数での加速寿命試験から確認されている。しかし、より高い周波数では、例えば、誘電体加熱のようなその他の破壊メカニズムも存在し得るが実地の経験では、最高 5 kHz までの周波数しか確認されていない。

注記 部分放電に対する 30 kHz を超える周波数の影響は、JIS C 60664-4 に記載する。

5.3.2.3.2 加熱

加熱は、例えば、揮発、酸化、その他長期の化学変化によって絶縁を劣化させる。しかし、破壊は、しばしば機械的理由、例えば、き裂及び絶縁破壊をもたらすぜい（脆）化に起因する。このプロセスは、継続的であり、数千時間という試験時間が必要なので短時間の試験では模擬することができない（IEC 60216 参照）。

5.3.2.3.3 機械的ストレス

使用中、保管中又は輸送中の振動又は衝撃によって発生する機械的ストレスは、絶縁材料の層間はいく離、き裂又は破壊を発生させることがある。

注記 製品規格では、試験条件を規定するとき、これらの機械的ストレスを考慮することが望ましい。

5.3.2.3.4 湿度

水蒸気が存在すると、絶縁抵抗及び放電停止電圧に影響を及ぼし、表面汚損の影響を更に悪化させ、腐食及び規定値の変化をもたらす。ある種の材料の場合は、高湿度が電氣的強度を著しく低下させる。低湿度は、ある状況下では、例えば、静電荷の残留の増加、及びポリアミドのようなある種の材料の機械的強度の低下のため、好ましくない。

5.3.2.4 その他のストレス

その他多くのストレスが、絶縁を損傷し得る。製品規格にはこれらを考慮しなければならない。

このようなストレスの例は、次を含む。

- 紫外線及び電離性放射線
- 溶剤又は活性化学物質に触れて発生するひび及び割れ
- 可塑剤のマイグレーションの影響
- バクテリア、かび又は菌の影響
- 機械的応力変形

これらのストレスの影響は、さほど重要ではなく、また、頻繁に生じるものではないが特殊な場合には考慮する必要がある。

5.3.3 要求事項

5.3.3.1 一般事項

基礎、付加及び強化絶縁の固体絶縁物は、機器の予想寿命の間に発生する熱及び環境の影響だけでなく電氣的及び機械的ストレスにも永続的に耐えることができるものでなければならない。

注記 固体絶縁物の接触可能な表面に対して電氣的ストレスを検討する場合には、その表面は、金属はくで覆われていると仮定する。詳細については、製品規格で規定することができる。

動作電圧が周期的に反復ピークをもつ非正弦波である場合には、部分放電が発生し得る可能性を考慮しなければならない。

同様に多層の絶縁層及び成形された絶縁物にボイドが存在するようなところでは、結果として固体絶縁物の劣化を伴う部分放電が発生し得る可能性を考慮しなければならない。

5.3.3.2 耐電圧ストレス

5.3.3.2.1 一般事項

製品規格には、どの電圧定格をそれぞれの機器に割り当てるべきか定めなければならない。

5.3.3.2.2 過渡過電圧

基礎及び付加絶縁は、次のいずれかに適合しなければならない。

- ー 系統電源の公称電圧に対応するインパルス耐電圧の要求事項 (4.3.3.3 参照) 及び表 F.1 による関連過電圧カテゴリ

- ー 回路に予想される過渡過電圧に従って定められた機器の内部回路のインパルス耐電圧 (4.3.3.4 参照)

強化絶縁は、定格インパルス電圧に対応するインパルス耐電圧をもたなければならないが、基礎絶縁に定めた 4.2.3 の推奨値よりも一段階高いインパルス耐電圧をもたなければならない。4.3.3.4.2 に従って基礎絶縁に要求されるインパルス耐電圧が、推奨値から採用された値以外の場合、強化絶縁は、基礎絶縁に要求される値の 160 % に耐えるような規定値とする。

試験による検証は、6.1.3.3 を参照する。

5.3.3.2.3 短時間過電圧

基礎及び付加の固体絶縁物は、次の短時間過電圧に耐えなければならない。

- ー 5 秒以下で継続する $U_n + 1\,200\text{ V}$ の短期の短時間過電圧
- ー 5 秒を超えて継続する $U_n + 250\text{ V}$ の長期の短時間過電圧

U_n は、中性点非接地の供給系統においては、低圧系統電源の公称電圧とする。また、中性点接地の供給系統においては、ラインとラインとの公称電圧とする。

注記 1 日本の三相電源などは、デルタ結線であり中性点がないものがあるため、中性点非接地の供給系統の公称電圧を追加した。

強化絶縁は、基礎絶縁に対して規定する短時間過電圧の 2 倍の値に耐えなければならない。

試験による検証は、6.1.3 を参照する。

注記 2 この値は、JIS C 60364-4-44 の箇条 442 による。JIS C 60364-4-44 では、 U_n が U_0 になっている。

注記 3 値は実効値である。

5.3.3.2.4 反復ピーク電圧

低圧系統電源で発生する最大反復ピーク電圧は、暫定的に $F_4 \times \sqrt{2} U_n$ 、すなわち、 U_n でのピーク値の 1.1 倍と仮定する。反復ピーク電圧値が存在する場合には、放電停止電圧は少なくとも次のとおりとする。

- ー $F_1 \times F_4 \times \sqrt{2} U_n$ 、すなわち、各基礎及び付加絶縁に対して $1.32 \sqrt{2} U_n$
- ー $F_1 \times F_3 \times F_4 \times \sqrt{2} U_n$ 、すなわち、強化絶縁に対して $1.65 \sqrt{2} U_n$

注記 1 $\sqrt{2} U_n$ は、中性点非接地の供給系統においては、低圧系統電源の基本波（ひずみなし）電圧のピーク値とする。また、中性点接地の供給系統においては、ラインと中性点との間の基本波（ひずみなし）電圧のピーク値とする。ここで用いる係数は、附属書 D で説明する。

係数 F の説明は、6.1.3.5 を参照。

注記 2 日本の三相電源などは、デルタ結線であり中性点がないものがあるため、中性点非接地の供給系統の公称電圧を追加した。

内部回路では、 $F_4 \times \sqrt{2} U_n$ ではなくその最大反復ピーク電圧を評価しなければならない、固体絶縁物も、

24

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

同様の要求を満たさなければならない。

試験による検証は、**6.1.3.5** を参照する。

5.3.3.2.5 高周波電圧

商用周波数を超えた周波数をもつ電圧の場合には、**5.3.2.2.1** 及び **5.3.2.3.1** によって周波数の影響を考慮しなければならない。1 kHz を超える周波数は、この規格では高周波とみなす。

製品規格には、**6.1.3.7** による試験が必要かどうかを規定しなければならない。

5.3.3.3 短時間の熱的ストレスに対する耐力

固体絶縁物は、通常の使用状態で、また、異常使用状態で発生し得る短時間の熱ストレスによっても損傷を受けてはならない。製品規格には、厳しきのレベルを規定しなければならない。

注記 標準的な厳しきレベルは、**JIS C 60068** 規格群 (JIS の環境試験方法) に規定する。

5.3.3.4 機械的ストレスに対する耐力

固体絶縁物は、使用に当たって予想できる機械的振動又は衝撃によって損傷してはならない。製品規格には、厳しきのレベルを規定しなければならない。

注記 標準的な厳しきのレベルは、**JIS C 60068** 規格群 (JIS の環境試験方法) に規定する。

5.3.3.5 長時間の熱的ストレスに対する耐力

機器の予想寿命の間、固体絶縁物の熱による劣化は、絶縁協調を損なってはならない。製品規格には、試験が必要かどうかを規定しなければならない (**IEC 60085** 及び **IEC 60216:1979** も参照)。

5.3.3.6 湿度に対する耐力

機器に対して定めた湿度条件の下で、絶縁協調を維持しなければならない (**6.1.3.2** 参照)。

5.3.3.7 その他のストレスに対する耐力

機器は、例えば、固体絶縁物に悪影響を与えるような **5.3.2.4** で規定するその他のストレスを受けることがある。製品規格には、そのようなストレスを明確にし、また、試験方法を規定しなければならない。

6 試験及び測定

6.1 試験

6.1.1 一般事項

次の試験手順は、形式試験に適用する。そのため、試料に発生する可能性のある劣化があってもよい。試料の再利用は意図されていないと仮定する。

注記 1 試料の再利用を意図しているか又は必要としている場合、製品規格は特別の考慮が必要である。この場合、あらゆる高電圧試験を、**6.1.3.5** 及び**附属書 C** に基づいた部分放電測定と組み合わせるのがよい。

次について、試験手順を規定する。

- 空間距離の検証 (**6.1.2** 参照)
- 固体絶縁物の検証 (**6.1.3** 参照)
- 完成機器での耐電圧試験 (**6.1.4** 参照)
- その他の試験 (**6.1.5** 参照)

過渡過電圧による空間距離及び固体絶縁物に対するストレスは、インパルス耐電圧試験によって評価する。この場合のインパルス耐電圧試験は、交流又は直流耐電圧試験によって代用することがある。**表 F.2** のケース A と同等又はそれを超える空間距離は、測定又は耐電圧試験によって検証してもよい。空間距離が**表 F.2** のケース A より小さい場合、耐電圧試験で検証しなければならない。

いかなる場合も、固体絶縁物の耐電圧性能は、耐電圧試験で検証しなければならない。過渡過電圧を原因とするストレスはインパルス耐電圧試験で評価するが、これは、交流耐電圧試験又は直流耐電圧試験で代替してもよい。交流定常電圧を原因とするストレスは、交流耐電圧試験でしか評価できない。交流電圧のピーク値に等しい試験電圧による直流耐電圧試験は、直流電圧と交流電圧との固体絶縁物の絶縁特性が異なるために、交流耐電圧試験と完全に等価ではない。ただし、純粋な直流電圧ストレスの場合は、直流耐電圧試験が適切である。

注記 2 空間距離のインパルス耐電圧試験を交流又は直流耐電圧試験に置き換えることは可能であるが、固体絶縁物の交流耐電圧試験をインパルス耐電圧試験に置き換えることは、通常、不可能である。その主な理由は、特に複雑な回路においてインパルス電圧の伝搬は商用周波電圧と比較して異なること、並びに固体絶縁物の耐電圧性能が電圧ストレスの波形及び継続時間に依存することによる。

6.1.2 空間距離を検証する試験

6.1.2.1 一般事項

電気機器の空間距離を検証するために耐電圧試験をする場合、試験は、**5.1** で規定する耐電圧要求事項によらなければならない。空間距離の検証に適した試験はインパルス耐電圧試験であるが、**5.1.3** に規定するインパルス耐電圧試験は、表 **F.2** のケース A の値よりも小さい空間距離に対してだけ適用する。

5.1 による定常電圧、反復ピーク電圧又は短時間過電圧に対する耐電圧性能が空間距離の規定値の決定にとって重要な要素であり、かつ、この空間距離が表 **F.7a** のケース A の値よりも小さい場合には、**6.1.2.2.2.2** の試験による交流耐試験電圧を適用する。

機器内の空間距離をインパルス耐電圧試験によって検証する場合、規定のインパルス電圧が試験される空間距離に確実に加わるようにしなければならない。

注記 1 空間距離の耐電圧試験は、付随する固体絶縁物にもストレスを与えることになる。

注記 2 多くの場合、これらの試験は沿面距離にも適用できる (**5.2.2.6** 参照)。

注記 3 完成機器の試験は、**6.1.4** を参照する。

6.1.2.2 試験電圧

6.1.2.2.1 インパルス耐電圧試験

6.1.2.2.1.1 一般事項

この試験の目的は、空間距離が規定の過渡過電圧に耐えることを検証することである。インパルス耐電圧試験は、表 **F.5** による $1.2/50 \mu\text{s}$ の波形をもつ電圧を用いて行う。波形は **IEC 61180-1** の **6.1** 及び **6.2** による。これは大気中に原因がある過電圧を模擬することを意図している。また、低圧機器のスイッチングによる過電圧も対象とする。

任意のインパルス耐電圧試験の結果のばらつきのために、試験は、少なくとも 1 秒のパルス間隔で各極性につき最低 3 インパルス行わなければならない。

注記 1 インパルス発生器の出力インピーダンスは、 500Ω 以下にすることが望ましい。試験回路間に構成部品を組み込んだ機器を試験する場合、更に低いインパルス発生器のインピーダンスを規定することが望ましい (**IEC 61180-2** の **9.2** 参照)。このような場合、試験電圧のピーク値を上げる共振効果が発生する可能性を考慮した上で、試験電圧値を規定することが望ましい。

製品規格には、**6.1.2.2.2** に従って代替の耐電圧試験を規定してもよい。

注記 2 表 **F.5** に示す値は、**6.1.2.2.1.3** の計算から導き出したものである。情報の正確さのために有効

けた数を多く示しているが、実際上の適用については、製品規格で値を丸めてもよい。

6.1.2.2.1.2 インパルス試験電圧の選択

空間距離に関して、機器の絶縁協調に対する耐電圧試験が要求される場合（表 F.2 で規定するケース A より小さい空間距離に対して）、機器は、4.3.3 に従って定められた定格インパルス電圧に相当するインパルス試験電圧で試験しなければならない。表 F.5 のインパルス試験電圧を適用する。

試験条件について、製品規格には、温度及び湿度の値を規定しなければならない。

製品規格では、抜取試験又はルーチン試験を形式試験に追加して行うかどうかを考慮しなければならない。

6.1.2.2.1.3 表 F.5 の説明

表 F.5 の値の考え方について、次に説明する。

- a) **インパルス耐電圧試験のための補正係数** 箇条 1 によって、定格インパルス電圧は、海拔 2 000 m までの標高で使用する機器に対して有効である。標高 2 000 m では、通常の大気圧は 80 kPa であるが、一方海面では 101.3 kPa である。したがって、2 000 m より低い場所で試験する機器は、より高いインパルス試験電圧を用いて試験する。表 F.5 は、異なる標高での空間距離の検証におけるインパルス試験電圧を示す。

海面における計算の基礎及びその他の試験場所の試験値を決定するデータは、次による。

表 A.2 に示す標高補正係数は、図 A.1 の曲線との関係で決まる。その関係は、次による。

$$k_u = \left(\frac{1}{k_d} \right)^m$$

ここに、
 d : 当該の空間距離 (mm)
 k_u : 電圧補正の高度係数
 k_d : 距離補正の高度係数（表 F.8 を参照）
 m : 図 A.1 の曲線 1 における直線の傾き（2 座標軸上の対数目盛）。
次の値をもつ。

0.001	$< d \leq$	0.01 mm の場合	$m = 0.916\ 3$
0.01	$< d \leq$	0.062 5 mm の場合	$m = 0.330\ 5$
0.062 5	$< d \leq$	1 mm の場合	$m = 0.636\ 1$
1	$< d \leq$	10 mm の場合	$m = 0.853\ 9$
10	$< d \leq$	100 mm の場合	$m = 0.924\ 3$

距離補正の高度係数を適用すると図 A.1 の曲線 1 のように、電圧の傾きは、距離の補正の 1 回に対し、それぞれ 4 段階で変化する。この演算の数式を上を示す。表 F.5 は、上記の計算に基づいている。

- b) **空間距離の電氣的強度に影響を及ぼす因子の一般的検討** 影響因子は、次による。

- 大気圧
- 温度
- 湿度

試験については、試験室が次の条件の場合、温度、湿度及び気圧の気候的変動の因子は考慮しない。

試験室条件は、JIS C 60068-1 で次のように規定している。

- 温度：15 °C～35 °C
- 気圧：海面高さで 86 kPa～106 kPa
- 相対湿度：25 %～75 %

6.1.2.2.2 インパルス耐電圧試験の代替試験

6.1.2.2.2.1 一般事項

製品規格では、特定の機器に対する代替方法として交流又は直流耐電圧試験を規定してもよい。

注記 表 F.5 で定めるインパルス試験電圧と同じピーク値の交流又は直流の電圧を用いて行う試験は、空間距離の耐電圧性能を検証する一方で、電圧が長時間印加されることから固体絶縁物に高いストレスを加えることになる。試験は、ある種の固体絶縁物に過負荷及び損傷を与えることがある。したがって、製品規格で、6.1.2.2.1 に示すインパルス耐電圧試験の代替として交流又は直流電圧を用いる試験を規定する場合、このことを考慮することが望ましい。

6.1.2.2.2.2 交流電圧を用いる耐電圧試験

正弦波商用周波試験電圧の波形は、実質的に正弦波でなければならない。この要求事項は、ピーク値と実効値との比が $\sqrt{2}$ ($\pm 3\%$)であれば満たされる。また、ピーク値は、表 F.5 のインパルス試験電圧と等しくなければならず、かつ、交流試験電圧を3サイクル間印加する。

6.1.2.2.2.3 直流電圧を用いる耐電圧試験

直流試験電圧は、実質的にリップルがあってはならない。この要求事項は、電圧のピーク値と平均値との比が1.0 ($\pm 3\%$)のとき満たされる。直流試験電圧の平均値は、表 F.5 のインパルス試験電圧と等しくなければならず、かつ、両極性で3回10 ms印加する。

6.1.3 固体絶縁物の検証試験

6.1.3.1 試験の選択

運転、保管、輸送又は設置の間に機械的ストレスを受けることがある固体絶縁物は、耐電圧試験を実施する前に、振動及び衝撃に関する試験をしなければならない。製品規格には、試験の方法を規定してもよい。

注記 標準試験方法は、JIS C 60068 規格群（JIS の環境試験方法）の関連の部で規定されている。

絶縁協調に関する試験は形式試験とする。これらの試験は、次を目的とする。

- a) 定格インパルス電圧に耐える固体絶縁物の耐電圧性能を検証するインパルス耐電圧試験（5.3.3.2.2 参照）
- b) 固体絶縁物の耐電圧性能を検証する交流耐電圧試験
 - － 短期の短時間過電圧（5.3.3.2.3 参照）
 - － 最大定常電圧
 - － 反復ピーク電圧（5.3.3.2.4 参照）交流耐電圧試験のピーク値が定格インパルス電圧と等しいか、それよりも大きい場合は、インパルス耐電圧試験は交流耐電圧試験によってカバーできる。
ストレスの加わる時間が長くなると、固体絶縁物は、空間距離と比較して異なる耐電圧性能をもつ。この場合、一般に、耐電圧性能は著しく低下する。したがって、固体絶縁物の耐電圧性能の検証のために規定された交流耐電圧試験を、インパルス耐電圧試験に置き換えてはならない。
- c) 固体絶縁物の内部で、次の電圧において部分放電が存在しないことを検証する部分放電試験
 - － 最大定常電圧
 - － 持続時間の長い短時間過電圧（5.3.3.2.3 参照）
 - － 反復ピーク電圧（5.3.3.2.4 参照）
- d) 5.3.3.2.5 に従って誘電加熱による破壊がないことを検証する高周波耐電圧試験

製品規格には、機器に発生するそれぞれのストレスについて、どの形式試験が必要かを定めなければならない。

c) に記載する各電圧のピーク値が、700 V を超えた場合で、かつ、平均電界強度が 1 kV/mm を超える場合は、固体絶縁物に対する部分放電試験を規定しなければならない。平均電界強度は、ピーク電圧値を、異なる電位の二つの部分間の距離で除した値とする。

上記の試験は、抜取試験又はルーチン試験としても適切なことがある。ただし、製造中における絶縁の品質を保証するために、抜取試験及びルーチン試験として、製品規格ではどの試験を実施するかを規定しなければならない。試験及び適切なコンディショニングは、実際に使用される絶縁システムを損傷することなく障害を検出するのに適切な試験パラメータとともに規定しなければならない。

完成機器を試験する場合は、6.1.4 の手順を適用する。

6.1.3.2 コンディショニング

ほかに規定のない限り、試験は、新品の試験試料を使って行わなければならない。温度及び湿度処理による試料のコンディショニングは、次のことを意図している。

- 最も過酷な通常の使用状態を現出する。
- 新品の状態では存在しない、あり得る弱点を顕在化させる。

製品規格には、次の推奨方法のうち適切なコンディショニング方法を規定しなければならない。

- a) 製造直後には存在しないかもしれない安定状態を得るための乾熱 (JIS C 60068-2-2)。
- b) 保管、輸送及び通常の状態で発現する可能性があるボイドを生じさせるための乾熱サイクル (JIS C 60068-2-2)。
- c) 保管、輸送及び通常の使用で発現するかもしれない絶縁システム内の層はく離を誘発するための熱衝撃 (JIS C 0025)。
- d) 固体絶縁物の電気的特性に吸水率の影響を含めるための湿熱 (JIS C 60068-2-78)。

インパルス電圧、交流商用周波電圧及び高周波電圧の試験の場合には、a) 及び d) に示すコンディショニング方法が最も重要である。部分放電試験の場合、b) 及び c) に示すコンディショニング方法が最も適切である。

固体絶縁物にコンディショニングが要求される場合には、形式試験の前に行う必要がある。温度、湿度及び時間の値は、表 F.6 から選択する。

電氣的部分、半組立品、絶縁部分、材料などの構成部品に電氣的試験の前にコンディショニングを行うのが適切である。構成部品が、6.1.3.2 に従って既に形式試験されている場合には、このようなコンディショニングは必要ない。

6.1.3.3 インパルス耐電圧試験

6.1.3.3.1 試験方法

6.1.2.2.1 のインパルス耐電圧試験方法は、固体絶縁物にも適用する。ただし、表 F.5 の海拔レベルでのインパルス試験電圧を適用し、標高によって補正された試験電圧は、適用しない。

なお、試験は、各インパルスの間隔を 1 秒以上とし、各極性について 5 インパルス行わなければならない。各インパルスの波形は、記録しなければならない (6.1.3.3.2 参照)。

6.1.3.3.2 合格基準

試験の間、固体絶縁物のいかなるパンクチャも又は部分破壊もあってはならないが、部分放電は許容される。部分破壊は、試験結果のインパルス波形に階段的な形で現れる。これはインパルス波形の比較的早い時点で発生する。最初のインパルスでの破壊は、絶縁システムの完全な破壊か、又は機器の過電圧制限器の動作の表示かのどちらかを示す。

注記 1 過電圧制限器が機器に組み込まれている場合、その動作が絶縁破壊を示すものでないことを

検証するために波形を調べるのがよい。各インパルスに同じ形で現れるインパルス電圧のゆがみは、このような過電圧制限器の動作が原因とみられ、固体絶縁物（部分的な）破壊を示すものではない。

注記 2 ボイドにおける部分放電は、インパルス波形中で極端に持続時間の短い部分的なノッチ（切込み）として繰り返されるようになる。

6.1.3.4 交流商用周波耐電圧試験

6.1.3.4.1 試験方法

交流商用周波試験電圧の波形は、実質的に正弦波でなければならない。この要求事項は、実効値に対するピーク値の値が $\sqrt{2}$ ($\pm 3\%$)であれば満たされる。ピーク値は、**6.1.3.1 b)** に記載する電圧の最高値に等しくなければならない。

基礎絶縁及び付加絶縁の場合、試験電圧は、**6.1.3.1 b)** に記載する電圧と同じ値を用いる。強化絶縁の試験電圧は、基礎絶縁に対して用いる値の2倍とする。

交流耐電圧試験の電圧は、5秒以内に0Vから**5.3.3.2**に規定する値まで一様に上昇させ、60秒以上その値を維持しなければならない。

製品規格において、短期の短時間過電圧を試験電圧として印加するような過酷な試験では、試験時間を5秒という最小値に短縮してもよい。

注記 1 特定のタイプの絶縁の場合、固体絶縁物の弱点を検出するために、より長い試験時間が必要になることがある。

注記 2 高い反復ピーク電圧を含む高い定常ストレスに関する試験については、製品規格で試験電圧に安全マージンを導入することを考慮することが望ましい。

交流耐電圧試験を交流電圧のピーク値に等しい値の直流電圧で代替する必要がある場合があるが、この試験は、交流耐電圧試験よりも過酷ではない。製品規格では、この状況を考慮しなければならない (**6.1.3.6** 参照)。

試験機器は、**IEC 61180-2**で規定する。発生器の短絡出力電流は200mA以上が望ましい。

注記 3 3kVを超える試験電圧に対しては、試験機器の定格容量は600VA以上で十分である。

試験機器のトリップ電流は、100mAか、又は6kVを超える試験電圧の場合は、可能な最高値に調節しなければならない。

注記 4 ルーチン試験の場合、より低いレベルにトリップ電流を調整できるが、最低3.5mAまでである。

6.1.3.4.2 合格基準

固体絶縁物は、いかなる破壊も生じてはならない。

6.1.3.5 部分放電試験 (PD 試験)

6.1.3.5.1 一般事項

正弦商用周波試験電圧の波形は、実質的な正弦波とする。この要求事項は、実効値に対するピーク値の値が $\sqrt{2}$ ($\pm 3\%$)であれば満たされる。 U_1 のピーク値 (**図 3** 参照) は、適切である限り、係数 F_1 、 F_3 及び F_4 を考慮して、**6.1.3.1 c)** に記載する電圧の最高値に等しくなければならない。

部分放電試験方法は、**附属書 C** で示す。この試験を行う場合は、次の係数を用いる。これらの例は、反復ピーク電圧 U_p について示すものであるが、この係数は同様に最高定常電圧及び長期の短時間過電圧にも適用できる。

F_1 : 基礎及び付加絶縁の部分放電試験及び規定値の決定のための基本安全係数

部分放電停止電圧は、温度のような環境条件によって影響されることがある。基本安全係数 F_1 は、これらの影響を考慮し、1.2 とする。したがって、基礎及び付加絶縁に対する部分放電停止電圧は、少なくとも $1.2U_p$ とする。

F_2 : 部分放電ヒステリシス係数

部分放電開始電圧 U_i と部分放電停止電圧 U_e との間でヒステリシスを生じる。実際の試験では、 F_2 は 1.25 を上回ることはない。基礎及び付加絶縁の場合、試験電圧の初期値は、 $F_1 \times F_2 \times U_p$ 、すなわち、 $1.2 \times 1.25 U_p = 1.5 U_p$ とする。

注記 これは、部分放電が U_i を超える過渡過電圧によって開始され、かつ、例えば、 U_e を超える反復ピーク電圧によって持続されることがあることを考慮している。この状況は、試験用のインパルスと交流電圧との組合せを必要とし、実際的ではない。したがって、交流試験は、最初に大きくした電圧を使って行われる。

F_3 : 強化絶縁の部分放電試験及び規定値の決定のための付加的な安全係数

強化絶縁の場合、より厳密な危険評価を要求する。したがって、付加的な安全係数 $F_3 = 1.25$ を必要とする。試験電圧の初期値は、 $F_1 \times F_2 \times F_3 \times U_p$ 、すなわち、 $1.2 \times 1.25 \times 1.25 U_p = 1.875 U_p$ とする。

F_4 : 低圧系統の公称電圧 U_n からの偏差を補正する係数

低圧系統に接続する回路の場合、この係数は、その公称値から電源電圧の最大の偏差を考慮する。したがって、公称電圧 U_n での波高値は、 $F_4 = 1.1$ を乗じなければならない。

6.1.3.5.2 検証

この試験は、いかなる部分放電も次の最も高い値で持続しないことを検証するために規定する。

- 最大定常電圧のピーク値
- 長期の短時間過電圧のピーク値 (5.3.3.2.3 参照)
- 反復ピーク電圧 (5.3.3.2.4 参照)

注記 更に部分放電の開始及び停止電圧の実際の値が重要な場合について、その測定手順は、D.1 に記載されている。

試験を行うとき、部分放電試験は、一般的に構成部品、小さなアセンブリ及び小形機器に適用する。複雑な機器を試験する場合には、機器の端子間で測定するとき、部分放電信号に極度の減衰があることを考慮しなければならない。

最低の放電停止電圧の要求値は、前記の最高電圧より係数 F_1 だけ高いものでなければならない。

試験試料の種類に従って、製品規格には、次のことを規定しなければならない。

- 試験回路 (C.1)
- 測定機器 (C.3 及び D.2)
- 測定周波数 (C.3.1 及び D.3.3)
- 試験手順 (6.1.3.5.3)

6.1.3.5.3 試験手順

試験電圧 U_i の値は、要求部分放電停止電圧 U_e の 1.2 倍とする。部分放電のヒステリシスに従って (6.1.3.5.1 参照)、試験電圧の 1.25 倍の初期値を適用しなければならない。

電圧は、0 V から初期試験電圧 $F_2 \times U_i$ 、すなわち、6.1.3.5.2 の最高電圧に $F_1 \times F_2 = 1.2 \times 1.25 = 1.5$ を乗じた値まで一様に上げる。そこで規定時間 t_1 の間一定値に維持する。ただし、 t_1 は 5 秒以下とする。部分放電が発生しなかった場合は、 t_1 後に試験電圧を 0 にする。部分放電が発生したら、その電圧を試験電圧 U_i まで下げ、部分放電の大きさが測定されるまで、それを規定時間 t_2 の間、一定に維持する。

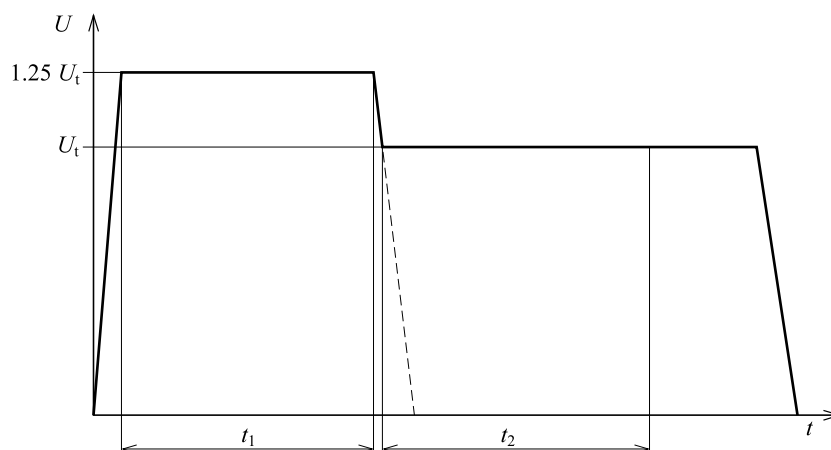


図 3—試験電圧

6.1.3.5.4 合格基準

6.1.3.5.4.1 規定の放電の大きさ

この目的は、通常の使用状態の下で継続的な部分放電が存在しないことを確かめるので、実用的な最小値を定めなければならない (D.3 参照)。

注記 1 大気中におけるコロナ放電 (例えば、モールドされていない変圧器における) によって発生する放電を除いて、10 pC を超える値は、適切ではない。

注記 2 現在利用できる測定装置において 2 pC 程度の小さい値までは計測可能である。

雑音レベルは、部分放電計器の読取り値から減じない。

6.1.3.5.4.2 試験結果

固体絶縁物は、次の場合に適合とする。

- いかなる絶縁破壊も発生しない。
- 試験電圧を印加中に部分放電が発生しない、又は t_2 後、放電の大きさが規定の放電量より大きくない。

6.1.3.6 直流耐電圧試験

交流電圧のピーク値に等しい試験電圧を用いる直流耐電圧試験は、交流電圧と直流電圧との固体絶縁物の絶縁特性が異なるために、交流耐電圧試験と完全に等価ではない。ただし、純粋な直流電圧ストレスの場合は、直流耐電圧試験が適切である。

直流試験電圧は、実質的にリップルのないものでなければならない。この要求事項は、電圧の平均値に対するピーク値の値が 1.0 (±3 %) であれば満たされる。直流試験電圧の平均値は、6.1.3.1 b) に記載する交流試験電圧のピーク値に等しくなければならない。

基礎絶縁及び付加絶縁の場合、試験電圧は、6.1.3.1 b) に記載する電圧と同じ値を用いる。強化絶縁の試験電圧は、基礎絶縁に対して用いる値の 2 倍とする。

直流試験電圧は、5 秒以内に 0 V から 5.3.3.2 で規定する値まで一様に上昇させ、60 秒以上、その値を維持しなければならない。

注記 1 場合によっては、静電容量による充電電流が大きすぎて、より長い上昇時間が必要なことがある。

試験機器は、IEC 61180-2 で規定する。発生器の短絡出力電流は、200 mA 以上が望ましい。

注記 2 3 kV を超える試験電圧に対しては、試験機器の定格容量は、600 VA 以上で十分である。

試験機器のトリップ電流は、100 mA か、又は 6 kV を超える試験電圧の場合は、可能な最高値に調節しなければならない。

注記 3 ルーチン試験の場合、より低いレベルにトリップ電流を調節できるが、最低 10 mA までである。

6.1.3.7 高周波耐電圧試験

5.3.3.2.5 による高周波電圧の場合、6.1.3.4 の交流耐電圧試験又は 6.1.3.5 による部分放電試験が、追加又は代替試験として必要になることがある。

注記 高周波における絶縁の耐電圧性能及び試験方法については、JIS C 60664-4 で規定している。

6.1.4 完成機器での耐電圧試験の実施

6.1.4.1 一般事項

完成機器でインパルス耐電圧試験を行う場合、試験電圧の減衰又は増幅を考慮しなければならない。試験電圧の必要な値が、試験対象の機器の端子を介して印加されていることを確認しなければならない。

耐電圧試験に先立って、サージ保護装置 (SPD) を切り離さなければならない。

注記 高い静電容量をもつコンデンサが、試験電圧を印加する必要がある複数の部分と並列の場合、充電電流が耐電圧試験装置の容量 (200 mA) を上回る可能性があるため、交流耐電圧試験を実施することが困難であるか、又は不可能なことがある。後者の場合、これら並列のコンデンサを、試験前に切り離すことが望ましい。これも不可能である場合は、直流試験を考慮することができる。

6.1.4.2 試験すべき部分

試験電圧は、電氣的に互いに分離した機器の部分間に印加しなければならない。

このような部分の例には、次のものを含む。

- 充電部
- 分離回路
- 接地回路
- 接触可能な表面

接触可能な表面の非導電部は、金属はくで覆わなければならない。

注記 大きな外郭を金属はくで完全に被覆することが実際的に不可能な場合、感電に対する保護を提供する部分を覆うなら、部分被覆で十分である。

6.1.4.3 機器回路の準備

試験のために、機器の各回路を、次のように準備しなければならない。

- 回路の外部端子がある場合、それらを互いに接続する。
- 機器内の開閉装置及び制御装置は、閉位置にするか、又はバイパスさせる。
- 電圧阻止構成部品（整流ダイオードなど）の端子を互いに接続する。
- RFI フィルタなどの構成部品は、インパルス試験に含めるが、交流試験の間は、これらを切り離すことが必要なこともある。

注記 1 機器の回路内の、基礎又は強化絶縁を橋絡しない電圧感知構成部品は、端子を短絡してバイパスさせてもよい。

注記 2 分岐コネクタをもつ予備試験済みの差込み形プリント回路板及びモジュールは、試験電圧が絶縁試験に必要な程度で機器内に伝ば（播）していることを確実にするために、引き抜いても、切り離しても又はダミーのサンプルに置き換えてもよい。

6.1.4.4 試験電圧値

低電圧主電源に接続される回路は、6.1.2 及び 6.1.3 に従って試験する。

機器の二つの回路間の試験電圧は、これらの回路間で実際に発生し得る最高電圧に対応する値とする。

6.1.4.5 試験判定基準

試験中、破壊放電（スパークオーバ、フラッシュオーバ又はパンクチャ）が発生してはならない。破壊に至らない空間距離内の部分放電は、製品規格で特に規定していない限り、無視する。

注記 破壊放電を検出するために、インパルス電圧をオシロスコープで観察するのが望ましい。

6.1.5 その他の試験

6.1.5.1 絶縁協調以外の目的のための試験

絶縁協調の検証以外の目的のための電氣的試験を規定する製品規格は、絶縁協調に要求されるものよりも高い試験電圧を規定してはならない。

6.1.5.2 抜取検査及びルーチン試験

抜取検査及びルーチン試験は、生産品質を保証するために実施する。これらの試験を規定するのは、関連製品規格及び特に製造業者の責任とする。これらは、機器（固体絶縁物又は構成部品）に損傷をもたらすことなく故障が検出されるような波形及び電圧レベルを用いて実施しなければならない。

抜取検査及びルーチン試験を規定する製品規格は、いかなる場合も、形式試験に要求されるものよりも高い試験電圧を規定してはならない。

6.1.6 試験パラメータの測定精度

十分に定義された比較可能な試験結果を提供するために、すべての重要な試験パラメータは、高い精度で測定されなければならない。規格間の整合化のために、この規格では測定装置の確度を次に示す。

- a) 試験電圧（交流／直流）： ±3 %
試験電圧（インパルス）： ±5 %
- b) 電流： ±1.5 %
- c) 周波数： ±0.2 %
- d) 温度：
 - － 100 °C未満 ±2 K
 - － 100 °C～500 °C ±3 %
- e) 相対湿度： 3 % r.h.

注記 e) に示す確度は、湿度測定装置のものである。これは、加湿槽内の湿度均一性及び／又は試験サンプルの湿度均一性に対する影響を含んでいない。加湿槽内の湿度は、試験サンプルを試験する前に 1 か所だけで測定する。

- f) 部分放電の大きさ： ±10 %又は±1 pC（大きい方の値を適用する。）
- g) 時間（インパルス電圧）： ±20 %
時間（試験時間）： ±1 %

6.2 沿面距離及び空間距離の測定

次に定める寸法 X は、汚損度に依存する最小値とする（例 1～例 11 の説明を参照）。

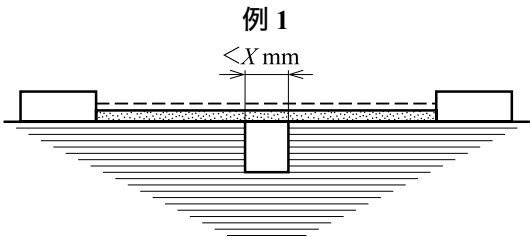
汚損度	寸法 X の最小値
1	0.25 mm
2	1.0 mm
3	1.5 mm

定められた空間距離が 3 mm 未満の場合には、 X の寸法は、その定められた空間距離の 1/3 に減らしてもよい。

沿面距離及び空間距離を測定する方法を、次の例 1～例 11 に示す。これらの事例は、空げき、溝又は絶縁の形状による区別は設けない。

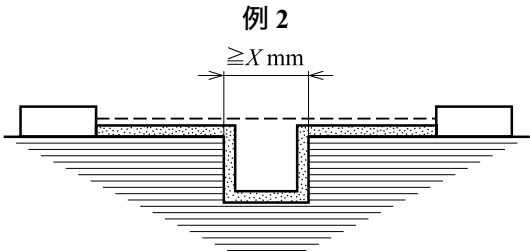
次のことを仮定する。

- いずれのくぼみも規定の長さ X に等しい長さをもち、かつ、最も好ましくない位置に置かれる絶縁物でブリッジされると想定する (例 3 参照)。
- 溝を横断する距離は、規定の値 X と同等又はそれ以上であれば、沿面距離は、溝の輪郭に沿って測定する (例 2 参照)。
- 相互に異なる位置をとることができる部分間の沿面距離及び空間距離は、これらの部分が最も好ましくない位置にある場合に測定する。



状態：考慮中の経路に、 X mm 未満の幅をもつ任意の深さで、側面が平行又は狭くなる溝がある場合。

規則：沿面距離及び空間距離は、図示のように溝部を直接横断して測定する。



状態：考慮中の経路に、任意の深さで X mm 以上の側面が平行の溝がある場合。

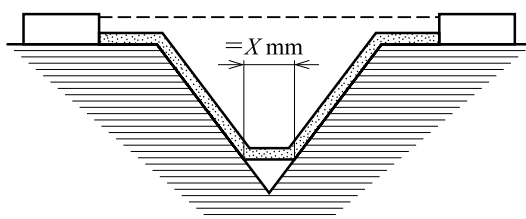
規則：空間距離は、直線距離。沿面距離は、溝の輪郭に沿った距離。

----- 空間距離

===== 沿面距離

===== 絶縁物

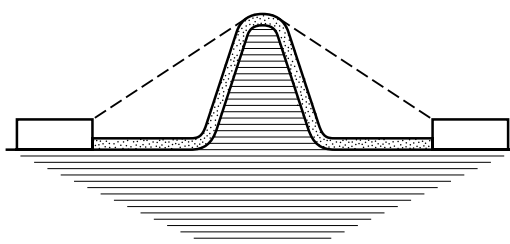
例 3



状態：考慮中の経路に、 X mm を超える幅をもつ V の字形の溝がある場合。

規則：空間距離は、直線距離。沿面距離は、溝の輪郭に沿うが、底部は X mm のつなぎによって溝を“橋絡”させた距離。

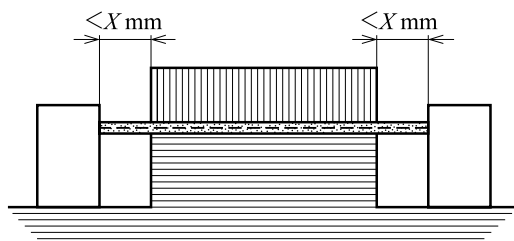
例 4



状態：考慮中の経路に、リブがある場合。

規則：空間距離は、リブの上を通る最短のまっすぐな空間経路の距離。沿面距離は、リブの輪郭に沿った距離。

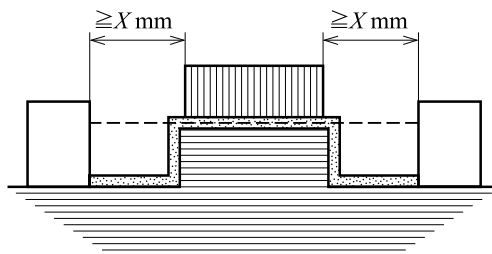
例 5



状態：考慮中の経路の、両側に X mm 未満の幅の溝をもつ接着されていない接合部がある場合。

規則：沿面距離及び空間距離は、図示のとおり
の直線距離。

例 6



状態：考慮中の経路の、両側に X mm 以上の幅の溝をもつ接着されていない接合部がある場合。

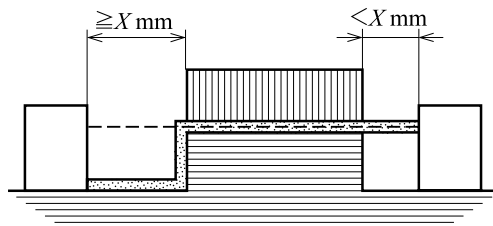
規則：空間距離は、直線距離。沿面距離は、溝の輪郭に沿った距離。

----- 空間距離

===== 沿面距離

||||| 絶縁物

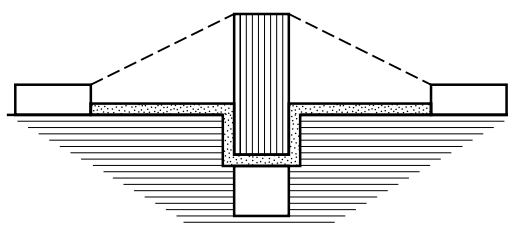
例 7



状態：考慮中の経路の、片側に X mm 未満の幅の溝及びその反対側に X mm 以上の幅の溝をもつ接着されていない接合部がある場合。

規則：空間距離及び沿面距離は、図示のとおり。

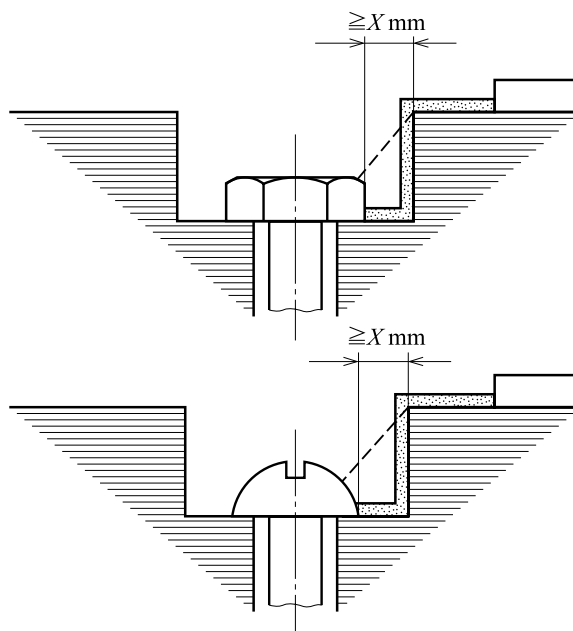
例 8



状態：接着されていない接合部を通る沿面距離が、障壁を越す沿面距離より小さい場合。

規則：空間距離は、障壁の上を越える最短のまっすぐな空間経路の距離。

例 9



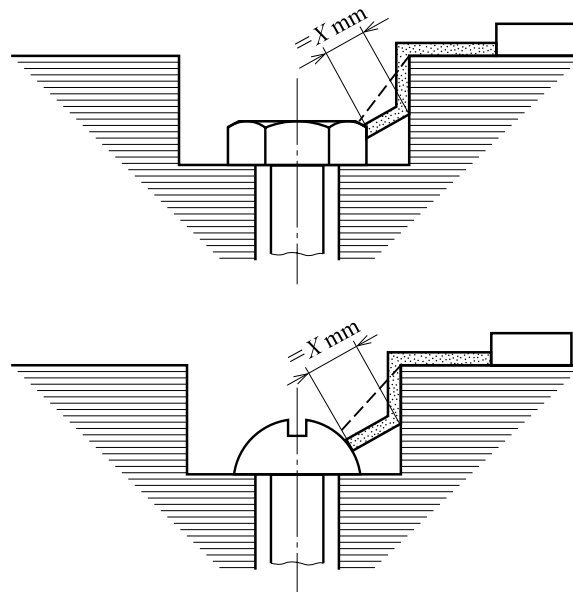
ねじの頭部と穴の壁の間が十分に広く、空けきを計算に入れる場合。

----- 空間距離

沿面距離

絶縁物

例 10

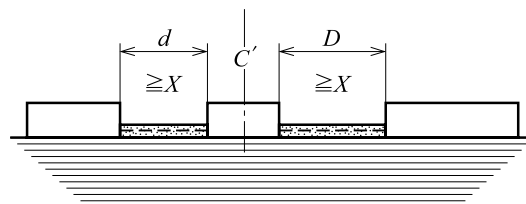


ねじの頭部と穴の壁の間が狭く、その空げきを計算に入れない場合。

距離が $X \text{ mm}$ に等しいとき、沿面距離の測定は、ねじから壁までとする。

例 11

C' : フローティングの導電部



(中間にフローティングの導電部がある場合)

空間距離は、 $d+D$ とする。

沿面距離もまた、 $d+D$ とする。

----- 空間距離

沿面距離

絶縁物

附属書 A
(参考)
空間距離の耐電圧特性に関する基本データ

表 A.1－海拔 2 000 m の標高に対するキロボルト表示の耐電圧

空間距離 mm	ケース A (不平等電界)			ケース B (平等電界)	
	交流 (50/60 Hz)		インパルス (1.2/50)	交流 (50/60 Hz)	交流 (50/60 Hz) 及びインパルス (1.2/50)
	<i>U</i> r.m.s.	\hat{U}	\hat{U}	<i>U</i> r.m.s.	\hat{U}
0.001	0.028	0.040	0.040	0.028	0.04
0.002	0.053	0.075	0.075	0.053	0.07
0.003	0.078	0.110	0.110	0.078	0.11
0.004	0.102	0.145	0.145	0.102	0.14
0.005	0.124	0.175	0.175	0.124	0.17
0.006 25	0.152	0.215	0.215	0.152	0.21
0.008	0.191	0.270	0.270	0.191	0.27
0.010	0.23	0.33 +	0.33 +	0.23	0.33 +
0.012	0.25	0.35	0.35	0.25	0.35
0.015	0.26	0.37	0.37	0.26	0.37
0.020	0.28	0.40	0.40	0.28	0.40
0.025	0.31	0.44	0.44	0.31	0.44
0.030	0.33	0.47	0.47	0.33	0.47
0.040	0.37	0.52	0.52	0.37	0.52
0.050	0.40	0.56	0.56	0.40	0.56
0.062 5	0.42	0.60 +	0.60 +	0.42	0.60 +
0.080	0.46	0.65	0.70	0.50	0.70
0.10	0.50	0.70	0.81	0.57	0.81
0.12	0.52	0.74	0.91	0.64	0.91
0.15	0.57	0.80	1.04 +	0.74	1.04
0.20	0.62	0.88	1.15	0.89	1.26
0.25	0.67	0.95	1.23	1.03	1.45
0.30	0.71	1.01	1.31	1.15	1.62
0.40	0.78	1.11	1.44	1.38	1.95
0.50	0.84	1.19	1.55	1.59	2.25
0.60	0.90	1.27	1.65	1.79	2.53
0.80	0.98	1.39	1.81	2.15	3.04
1.0	1.06	1.50 +	1.95	2.47	3.50 +
1.2	1.20	1.70	2.20	2.89	4.09
1.5	1.39	1.97	2.56	3.50	4.95
2.0	1.68	2.38	3.09	4.48	6.33
2.5	1.96	2.77	3.60	5.41	7.65
3.0	2.21	3.13	4.07	6.32	8.94
4.0	2.68	3.79	4.93	8.06	11.4
5.0	3.11	4.40	5.72	9.76	13.8
6.0	3.51	4.97	6.46	11.5	16.2
8.0	4.26	6.03	7.84	14.6	20.7

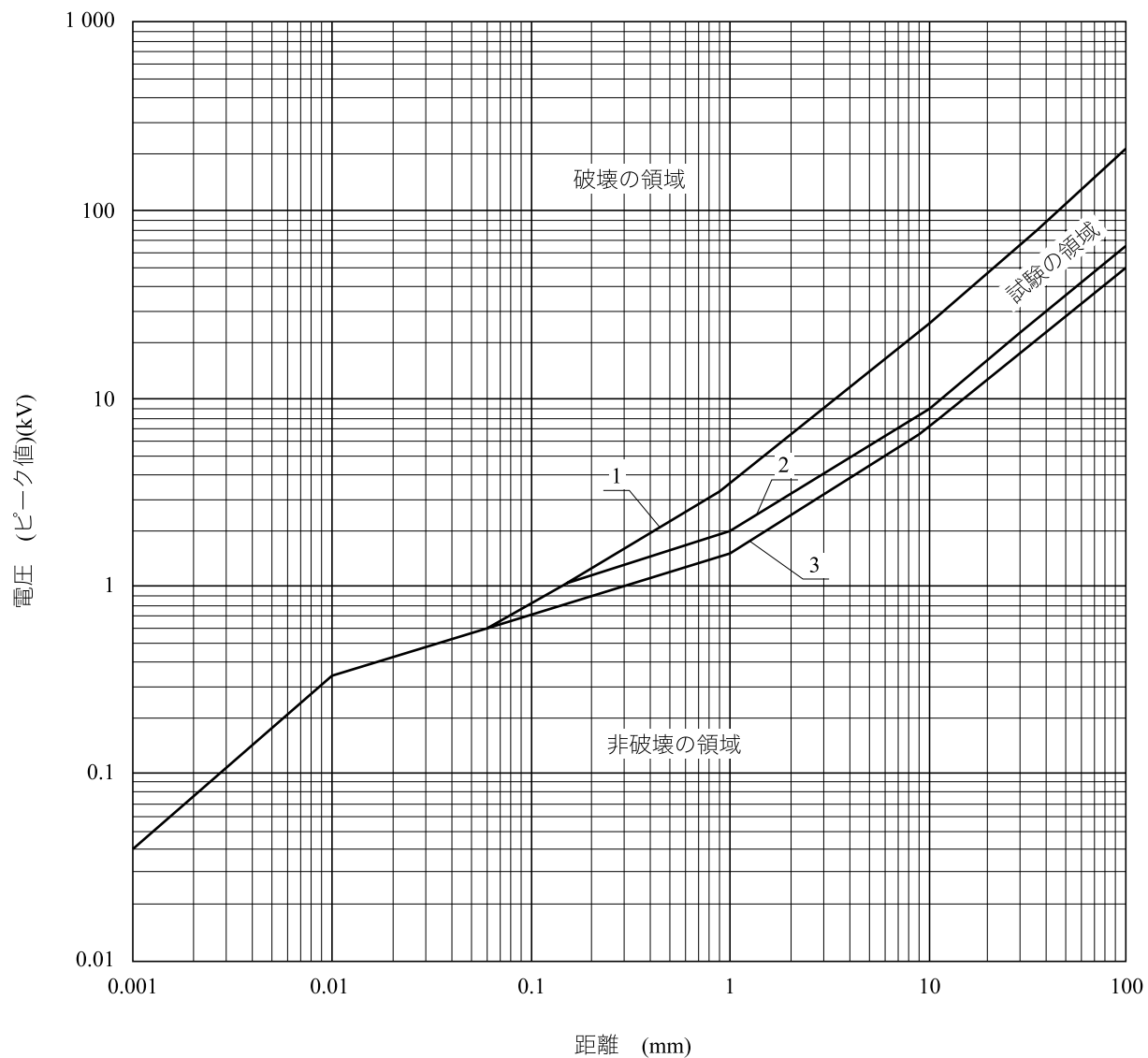
表 A.1－海拔 2 000 m の標高に対するキロボルト表示の耐電圧（続き）

空間距離 mm	ケース A（不平等電界）			ケース B（平等電界）	
	交流 (50/60 Hz)		インパルス (1.2/50)	交流 (50/60 Hz)	交流 (50/60 Hz) 及びインパルス (1.2/50)
	$U_{r.m.s.}$	\hat{U}	\hat{U}	$U_{r.m.s.}$	\hat{U}
10.0	4.95	7.00+	9.10	17.7	25.0+
12.0	5.78	8.18	10.6	20.9	29.6
15.0	7.00	9.90	12.9	25.7	36.4
20.0	8.98	12.7	16.4	33.5	47.4
25.0	10.8	15.3	19.9	41.2	58.3
30.0	12.7	17.9	23.3	48.8	69.0
40.0	16.2	22.9	29.8	63.6	90.0
50.0	19.6	27.7	36.0	78.5	111.0
60.0	22.8	32.3	42.0	92.6	131.0
80.0	29.2	41.3	53.7	120.9	171.0
100.0	35.4	50.0+	65.0	148.5	210.0+
$U_{r.m.s.}$: 実効値電圧 \hat{U} : ピーク電圧 注記 0.001 mm～0.008 mm の空間距離に関する情報は、第 9 回国際気体誘電体シンポジウム, Ellicot City, Maryland, USA 2001 を通じて発行された Hartherz, K. en Yahia, L. Müller, R. Pfendtner and W. Pfeiffer の文書 “様々な圧力下でのマイクロメータギャップに関する大気中での電氣的破壊実験” から採用している (p.333-338)。 詳細については、P. Hartherz の論文 “Anwendung der Teilentladungsmeßtechnik zur Fehleranalyse in festen Isolierungen unter periodischer Impulsspannungsbelastung” を参照。Dissertation TU Darmstadt; Shaker Verlag, 2002 を参照。					

単純化するために表 A.1 による統計上の測定値は、標高 0 m から 2 000 m までの補正計数を考慮して両対数図表における “+” 表示の値間の直線によって置き換える。中間値は、その図表から採用している（図 A.1 参照）ため、測定値にわずかな安全性マージンを含めている。 $U_{r.m.s.}$ の値は、 \hat{U} の値を $\sqrt{2}$ で除して得る。

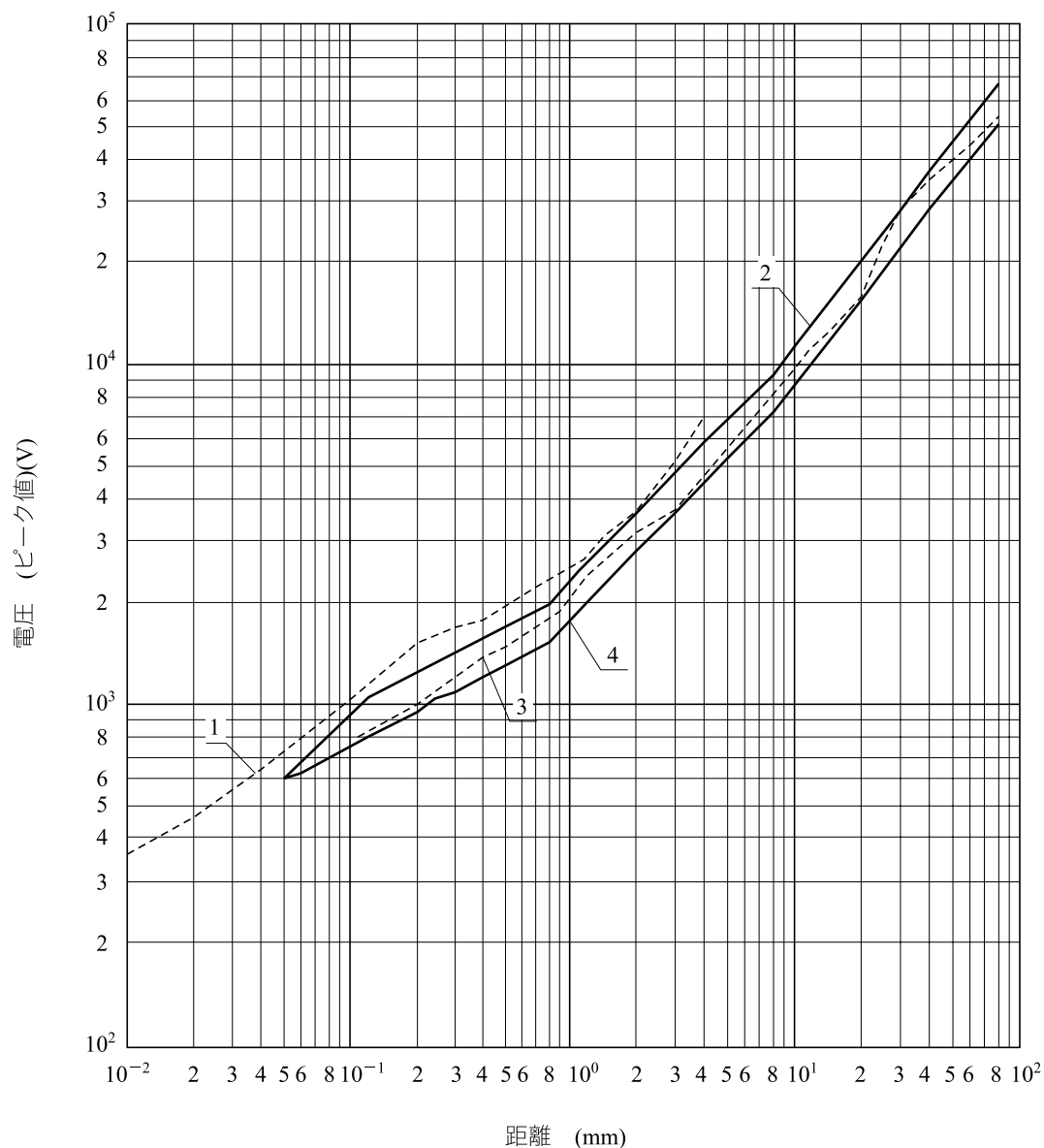
表 A.2－標高補正係数

標高 m	標準大気圧 kPa	空間距離用の 補正係数
2 000	80.0	1.00
3 000	70.0	1.14
4 000	62.0	1.29
5 000	54.0	1.48
6 000	47.0	1.70
7 000	41.0	1.95
8 000	35.5	2.25
9 000	30.5	2.62
10 000	26.5	3.02
15 000	12.0	6.67
20 000	5.5	14.5



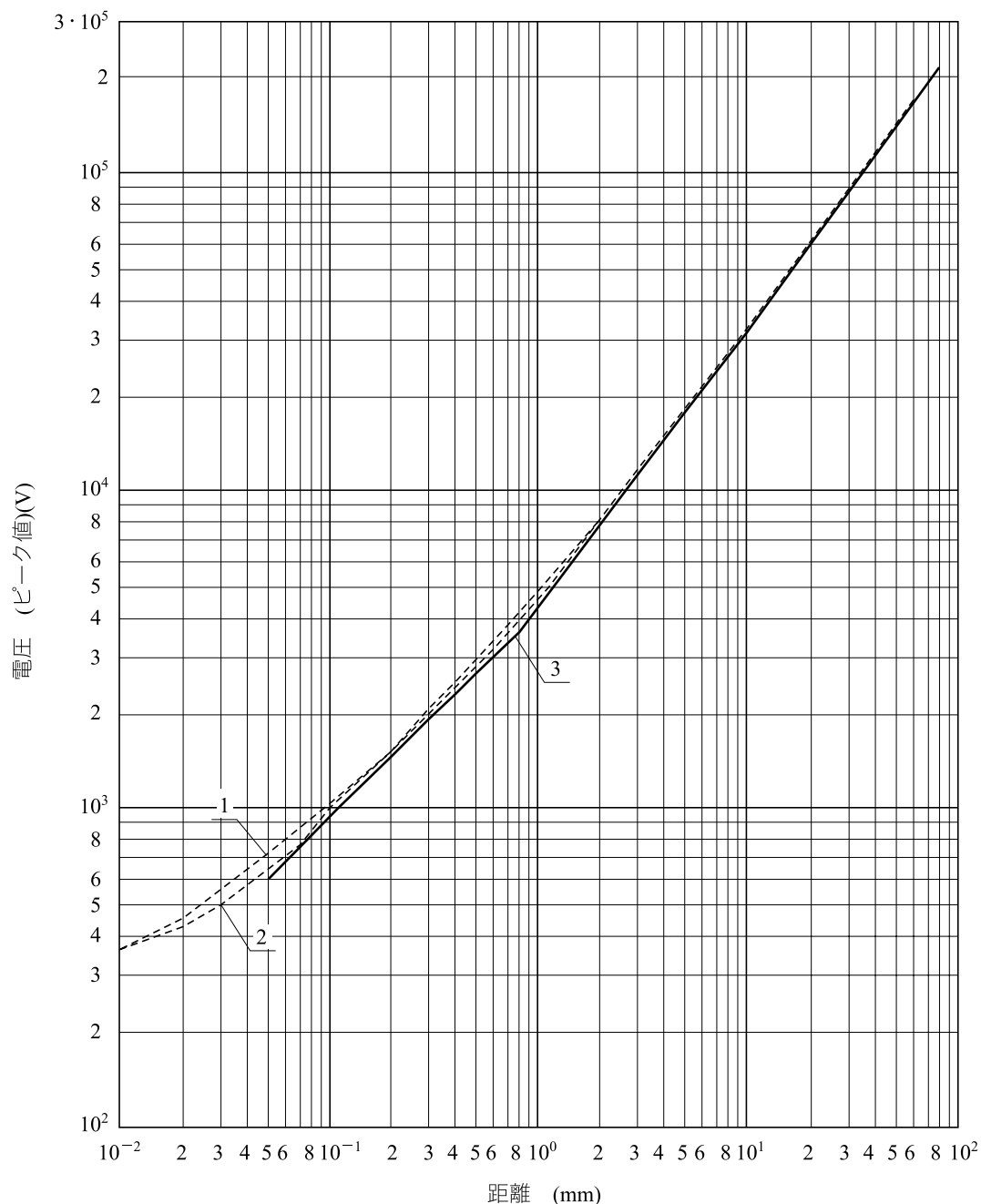
- 1 ケース B で \hat{U} 1.2/50 μ s 及び \hat{U} 50/60 Hz
- 2 ケース A で \hat{U} 1.2/50 μ s
- 3 ケース A で \hat{U} 50/60 Hz

図 A.1—標高 2 000 m における耐電圧



- 1 \hat{U} 1, 2/50 ETZ-B, 1976, p.300-302 [3]による。
- 2 \hat{U} 1, 2/50 の下限値。
- 3 \hat{U} 50 Hz ETZ-A, 1969, p.251-255 [4]による。
- 4 \hat{U} 50 Hz の下限値。

図 A.2—ほぼ海面で測定された実験データ及び不平等電界での下限値



- 1 \hat{U} 1, 2/50 ETZ-B, 1976, p.300-302 [3]による。
- 2 \hat{U} 50 Hz Electra, 1974, p.61-82 [5]による。
- 3 \hat{U} 1, 2/50 及び 50 Hz の下限値。

図 A.3—ほぼ海面で測定された実験データ及び平等電界での下限値

附属書 B
(参考)

過電圧制御の異なるモードに関する給電システムの公称電圧

表 B.1－本質的な制御又は同等の保護制御

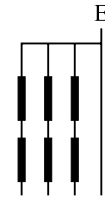
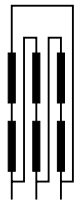


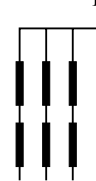
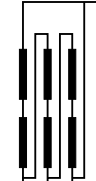


交流又は直流 公称電圧から 配電される充 電線の対地電 圧 ^{a)}	世界の現行公称電圧				機器用定格インパルス電圧 ^{a)}			
	三相 4 線式 中性点接地 	三相 3 線式 非接地 	単相 2 線式 交流又は 直流 	単相 3 線式 交流又は 直流 	V			
	過電圧カテゴリ							
	I	II	III	IV				
V	V	V	V	V				
50			12.5, 24 25, 30 42, 48	30-60	330	500	800	1 500
100	66/115	66	60		500	800	1 500	2 500
150 ^{c)}	120/208 ^{b)} 127/220	115, 120, 127	100 ^{c)} , 110, 120	100-200 ^{c)} 110-220 120-240	800	1 500	2 500	4 000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	200 ^{c)} , 220, 230, 240, 260, 277, 347, 380, 400, 415, 440, 480	220	220-440	1 500	2 500	4 000	6 000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	500, 577, 600	480	480-960	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		660, 690, 720, 830, 1 000	1 000		4 000	6 000	8 000	12 000
注 ^{a)} これらの欄は、定格インパルス電圧を規定する表 F.1 から採用している。								
^{b)} アメリカ合衆国及びカナダで実施。								
^{c)} 日本で実施。								

表 B.2－保護制御が必要でかつ制御が IEC 60099-1 によって規定する電圧より
低くない定格電圧に対する制限電圧比をもつサージアレスタによってもたらされる場合

交流又は直流 公称電圧から 配電される充 電線の対地電 圧 ^{a)}	世界の現行公称電圧				機器用定格インパルス電圧 ^{a)}			
	三相 4 線式 中性点接地 	三相 3 線式 接地又は非接地 (E) 	単相 2 線式 交流又は 直流 	単相 3 線式 交流又は 直流 	V			
	V	V	V	V	過電圧カテゴリ			
					I	II	III	IV
50			12.5, 24 25, 30 42, 48	30-60	330	500	800	1 500
100	66/115	66	60		500	800	1 500	2 500
150 ^{c)}	120/208 ^{b)} 127/220	115, 120, 127	100 ^{c)} , 110, 120	100-200 ^{c)} 110-220 120-240	800	1 500	2 500	4 000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	200 ^{c)} , 220, 230, 240, 260, 277	220	220-440	1 500	2 500	4 000	6 000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480, 500, 577, 600	480	480-960	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		660, 690, 720, 830, 1 000	1 000		4 000	6 000	8 000	12 000
<p>注 ^{a)} これらの欄は、定格インパルス電圧が規定されている表 F.1 から採用されている。</p> <p>^{b)} アメリカ合衆国及びカナダで実施。</p> <p>^{c)} 日本で実施。</p>								

附属書 C (規定) 部分放電の試験方法

C.1 試験回路

C.1.1 一般事項

試験回路は, IEC 60270 に規定するように機能しなければならない。C.1.2 及び C.1.3 に示す次の回路は, これらの要求事項を満たすものであり, 例として示す。

注記 1 大半の場合において, この附属書に示す例に従って設計された試験機器は十分なものである。
しかし, 極端に高い周囲雑音が存在するような特殊なケースでは, IEC 60270 を参照することが必要なことがある。

注記 2 基本的な操作の説明は, D.2 を参照。

C.1.2 接地試験試料の試験回路

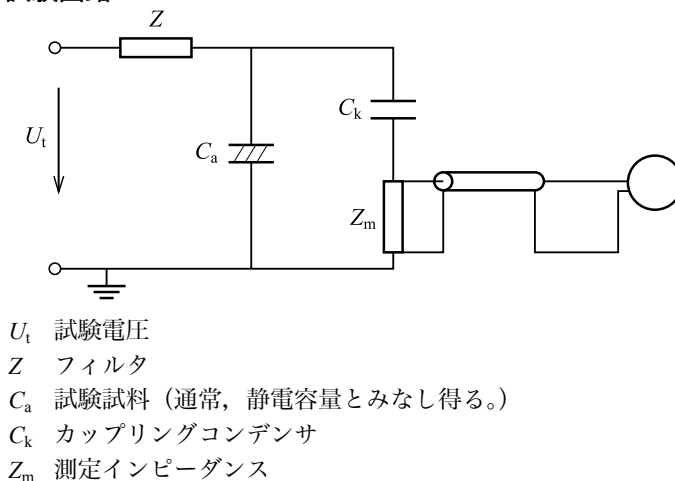


図 C.1—接地試験試料

C.1.3 非接地試験試料の試験回路

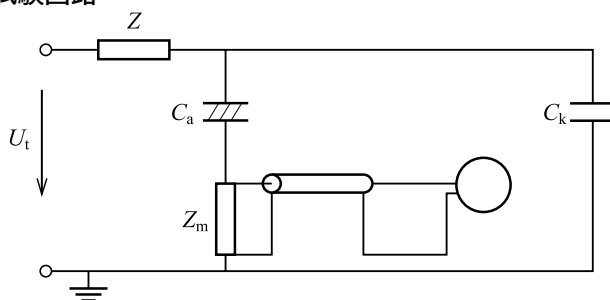


図 C.2—非接地試験試料

C.1.4 選択基準

基本的に両回路は等価である。しかし, 試験試料の漂遊容量は, 感度に関して異なる影響を及ぼす。試験試料の高圧端子の対地容量は, C.1.2 による回路の感度を低下させる傾向があり, また, C.1.3 による回路の感度を高める傾向があるので, 後者を選択するほうがよい。

C.1.5 測定インピーダンス

測定インピーダンスによる電圧降下は、試験周波数で無視できるくらい小さくしなければならない。測定周波数のインピーダンスは、**D.2** によって、適正な感度になるように選択しなければならない。

電圧制限用部品が使用される場合には、それらは、測定範囲内で動作してはならない。

C.1.6 カップリングコンデンサ

カップリングコンデンサは、 $3f_2$ (**C.3** 参照) を超える共振周波数をもつ低インダクタンス形のものでなければならない。これは、使用される最高試験電圧まで部分放電が発生しないものでなければならない。

C.1.7 フィルタ

フィルタの使用は、必ず (須) ではない。使用する場合は、そのインピーダンスは、測定周波数においては高くななければならない。

C.2 試験パラメータ

C.2.1 一般事項

製品規格には、次の項目を規定しなければならない。

- 試験電圧の周波数 f_t (**C.2.2**)
- 規定の放電の大きさ (**6.1.3.5.4.1**)
- 部分放電試験の気候条件 (**C.2.3**)

注記 形式試験及びブルーチン試験について、異なる規定を用意することが必要な場合がある。

C.2.2 試験電圧の要求事項

通常、交流電圧を用い、総合高調波ひずみは、3 %未満でなければならない。

注記 1 正弦波のひずみが小さいときは、通常の電圧計が使用でき、また、実効値の読取りからピーク値を算出することができる。ひずみが大きい場合は、ピーク電圧計を用いる。

試験は、通常、商用周波で行われる。その他の周波数が機器内で使われている場合には、製品規格の規定においては、放電の大きさに関して周波数が影響を及ぼす可能性を考慮しなければならない。

注記 2 直流電圧を使う部分放電試験は、電氣的雑音全くない環境を実現することが困難なために推奨できない。さらに、電圧の分布が交流と直流との場合では、非常に異なることに留意するのが望ましい。

C.2.3 気候条件

試験は、室内温度及び平均湿度 (23 °C, 相対湿度 50 %, **JIS C 60068-1** の **5.3** 参照) で行うのが望ましい。

C.3 測定器の要求事項

C.3.1 一般事項

広帯域又は狭帯域のいずれの電荷測定器を用いてもよい (**C.3.3** 参照)。無線妨害電圧計は、**C.3.2** に示す注意事項に従う場合にだけ用いる。

測定周波数の下限値は、試験電圧の周波数 f_t 及び測定インピーダンス Z_m の周波数特性によって決定される (**C.1.5** 参照)。これは、 $10f_t$ 未満でないほうがよい。

測定周波数の上限値は、部分放電パルスの波形及び試験回路の周波数応答によって決定する。これは、2 MHz を超える必要はない。狭帯域部分放電計器の場合には、測定周波数は、狭帯域の雑音源によって選択することになる (**D.3.3** 参照)。

注記 狭帯域部分放電計器を用いるのが望ましい。

C.3.2 部分放電計器の分類

測定インピーダンス Z_m を流れる電流は, q_m に比例する読取り値を示すように積分する (図 D.1 参照)。

この積分は, 測定インピーダンスによって影響を受ける。この場合, そのインピーダンスは, 測定周波数の下限値以上の全周波数に対する静電容量を代表するものとする。静電容量の両端の電圧を, q_m に比例し, パルス増幅器によって増幅させる。周期的放電も示さなければならない。

測定インピーダンスが測定周波数の下限値以上の全周波数に対して抵抗性である場合, 積分は, パルス増幅器内でなさなければならない。

各単一パルスを測定し, 最大振幅をもつパルスを評価する。パルスのオーバーラップによる誤差を制限するために, パルス分析時間は, 100 μ s 未満とする。

無線障害測定器は, 狭帯域ピーク電圧計とする。無線障害測定器は, 無線信号による妨害を測定するために用い, 人の耳へ及ぼす雑音の特性に従った繰返しパルスの読取りを正確にする特別なフィルタ回路を組み込んでいる。

部分放電を測定する場合, 無線障害測定器は, フィルタ回路を切り離した場合にだけ使ってもよい。また, 適切な測定インピーダンスも必要である。

C.3.3 試験回路の帯域幅

通常, 部分放電測定器は, 試験回路の帯域幅を制限する。部分放電測定器は, その帯域幅に従って広帯域又は狭帯域として分類し, 次による。

- a) 最低及び最高のカットオフ周波数 (f_1 及び f_2) は, 周波数応答が広帯域測定器の場合, 一定値から 3 dB 降下した周波数とし, また, 狭帯域測定器の場合, ピーク値から 6 dB 降下した周波数とする。
- b) 狭帯域測定器の場合, 測定周波数 f_0 は, 周波数応答の共振ピークと同一とする。
- c) 帯域幅 Δf は, 次のとおりとする。

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

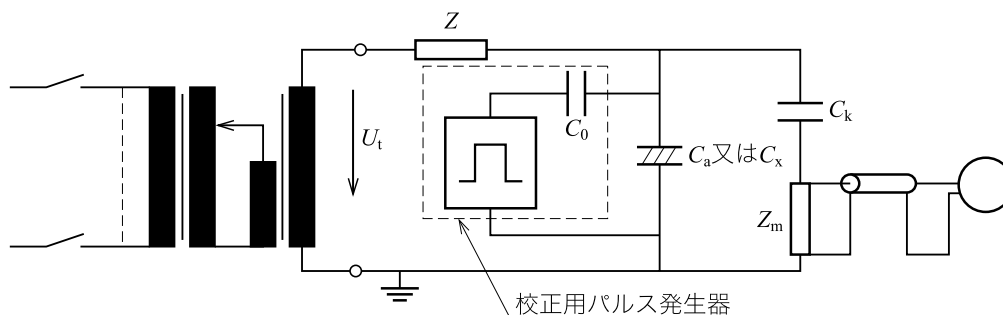
広帯域測定器の場合, Δf は, f_2 と同じオーダの大きさの値とする。狭帯域測定器の場合, Δf は, f_0 より十分小さい値とする。

C.4 校正

C.4.1 雑音レベル測定前の放電の大きさの校正

試験回路 (図 C.3 又は図 C.4) の校正は, 試験試料 C_a を部分放電を示さないコンデンサ C_x に置き換えて規定の放電の大きさで行う。コンデンサ C_x のインピーダンスは, 試験試料 C_a のインピーダンスと同等でなければならない。

変圧器は, 規定の部分放電試験電圧に調整しておくが, 通電せず, 一次巻線を短絡する。校正用パルス発生器を用いて規定の放電の大きさの放電量がコンデンサの端子間に加えられる。放電検出器における放電の大きさの表示は, 校正信号と一致するように調整しなければならない。



U_t 試験電圧
 Z フィルタ
 C_0 校正用インパルス発生器の容量
 C_a 又は C_x 試験試料 (通常, 静電容量とみなし得る。)
 C_k カップリングコンデンサ
 Z_m 測定インピーダンス

図 C.3ー接地試験試料の校正

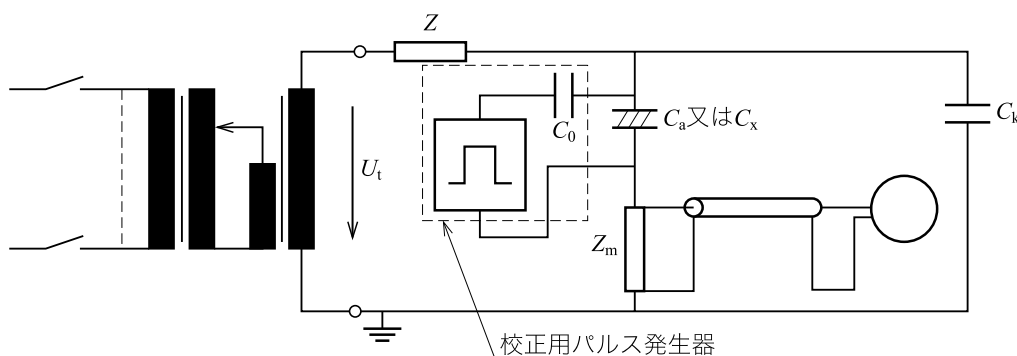


図 C.4ー非接地試験試料の校正

C.4.2 雑音レベルの検証

C.4.1 で用いた装置を使用して部分放電試験電圧を最大の試験電圧まで上げる。最大雑音レベルは、規定の放電の大きさの 50 % より小さくしなければならない。そうでない場合には、D.3 によって測定しなければならない。

C.4.3 部分放電試験の校正

回路の試験試料を使って C.4.1 の手順を繰り返す。

試験回路又は試験試料の変更は、再校正を必要とする。類似の試験試料が多い場合には、次のいずれかの条件を満たす場合、臨時に行う再校正で十分とする。

- ー カップリングコンデンサのインピーダンスが試験試料のインピーダンスの 1/10 より小さい場合。
- ー 試験試料のインピーダンスが校正の間、その値から $\pm 10\%$ を超えて逸脱しない場合。

注記 製品規格で、再校正のための時間間隔を規定する場合には、部分放電測定器の感度が不十分なとき、有害な可能性のある放電が検出できないことを考慮するのが望ましい。

C.4.4 校正用パルス発生器

基本的に校正用パルス発生器は、 U_0 に充電された小さな静電容量 C_0 で構成する。

パルス発生器で生じる電流パルスは、 $0.03/f_2$ より小さい立ち上がり時間とするのが望ましい。 C_0 は、 $0.1 C_k$ 以下でなければならない。パルスの波尾長は、 $100 \mu s$ より大きいことが望ましい。

部分放電測定器の性能を検証するために、部分放電測定器は、すべての測定範囲で校正しなければならない。測定インピーダンス及び接続ケーブルは、この手順に含めなければならない。

次の特性をチェックしなければならない。

- － 校正用パルス発生器の精度及び安定性
- － 100 Hz のパルス繰返し率での異なる振幅のパルスの読取り値
- － 一定振幅のパルスを用いて、かつ、繰返し率を上げることによるパルス分解能
- － 最低及び最高のカットオフ周波数 f_1 及び f_2

この手順は、部分放電測定器の修理のたびにチェックしなければならない。また、少なくとも年1回は行わなければならない。

附属書 D

(参考)

部分放電の試験方法に関する追加情報

D.1 部分放電開始及び停止電圧の測定

試験電圧は, 部分放電開始電圧より下の値から部分放電が発生する (部分放電開始電圧 U_i) まで上げる。さらに, 10 % だけ試験電圧を上げた後, 電圧は, 規定の部分放電の大きさより小さくなるまで下げる (部分放電停止電圧 U_e)。したがって, 試験試料に対しての規定の絶縁試験電圧を超えることはない。

注記 部分放電停止電圧は, 部分放電開始電圧を超える値の電圧ストレスの印加時間によって影響されることが起こり得る。連続測定の間, U_i 及び U_e の両方が影響されることがある。

この手順は, 調査測定に向いている。

D.2 部分放電試験回路の説明

各回路は, 次のデバイスで構成する。

- 試験試料 C_a (特別な場合には, これは, インピーダンス Z_a でもある。)
- カップリングコンデンサ C_k
- 測定インピーダンス Z_m , 接続ケーブル及び部分放電測定器で構成する測定回路
- 試験電圧電源にバイパスされる電荷を減少させるための任意のフィルタ Z (必要ならば)

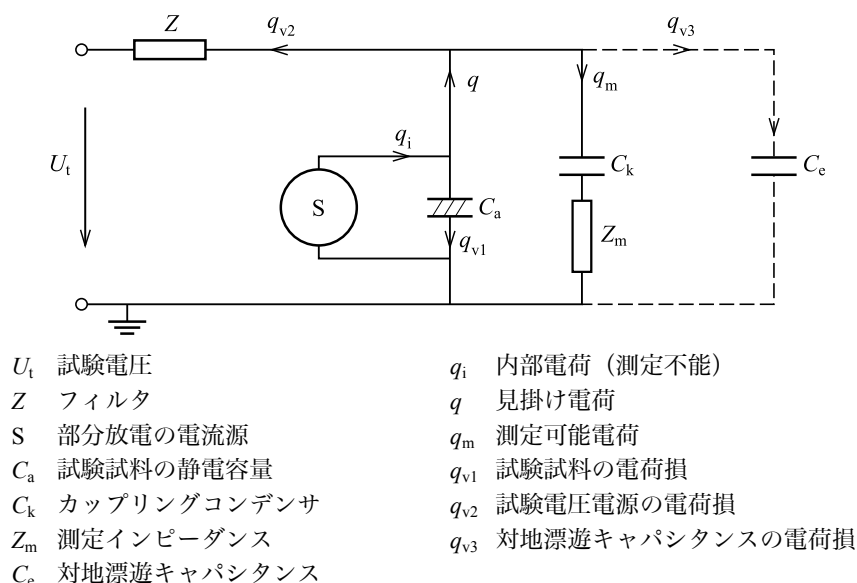


図 D.1 部分放電試験回路

見掛け電荷 q を直接測定することは, 測定周波数で試験試料の端子間の短絡を必要とする。この状態は, 次の条件で近似することができる。

- $C_k > (C_a + C_e)$
- 高インピーダンス Z
- 低測定インピーダンス Z_m

ほかの状態では、著しい電荷損 q_{V2} 及び q_{V3} が起こることがある。これらの電荷損は、校正によって補正できるが感度が制限される。試験試料が大きい静電容量をもつ場合、状況は更に悪化する。

D.3 雑音削減のための予防措置

D.3.1 一般事項

部分放電測定の結果は、雑音によって大いに影響されることがある。このような雑音は、導電性結合又は電磁干渉によって誘導されることがある。遮へいされていない産業現場の試験場所では 100 pC 程度の単独電荷パルスが雑音のために発生することがある。恵まれた条件下でさえ、20 pC の単独電荷パルスの発生が予想される。

雑音レベルを 1 pC 程度の低いレベルにすることができるが、これは、試験回路の、遮へい、入念な接地処理及び低圧系統電源入力のフィルタリングを必要とする。

D.3.2 雑音源

基本的には、2 種類の異なる雑音源がある。

D.3.2.1 非通電試験回路における雑音源

雑音は、例えば、隣接回路におけるスイッチングによって発生する、導電性結合の場合、低圧系統電源への接続の場合にだけ起こる。電磁結合の場合は、(保護導体を含む。)主電源が切断される場合にも発生する。

D.3.2.2 通電試験回路における雑音源

通常、雑音は、試験電圧とともに増加し、また、試験試料の外部の部分放電によって発生する。部分放電は、試験変圧器、高電圧接続導線、ブッシング及び接触不十分な点で発生することがある。試験電圧の高調波もまた雑音レベルの一因となり得る。

D.3.3 雑音削減の方法

導線結合に起因する雑音は、試験回路の主電源にラインフィルタを用いることによって削減することができる。接地線のループがないほうがよい。

例えば、無線信号のような電磁干渉は、狭帯域部分放電測定器の場合、測定周波数 f_0 の変化によって簡単に取り除くことができる。広帯域部分放電測定器の場合、帯域消去フィルタが必要とされることがあり、広帯域信号は、電気遮へいによってだけ抑制することができる。最も効果的なのは、高い電気伝導率をもつ完全に密閉された電気遮へいによってもたらされる。

D.4 試験電圧に対する係数の適用

D.4.1 一般事項

6.1.3.5 で規定し、また、5.3.3.2.4 及び 6.1.3.5 で用いる係数の値は、D.4.2～D.4.3 のように算出する。

注記 これらの例は、反復ピーク電圧 U_{rp} による。係数は同様に、最高定常電圧及び長時間の短時間過電圧にも適用する。

D.4.2 例 1 (低圧系統電源に接続される回路)

D.4.2.1 最大反復ピーク電圧 U_{rp}

$$U_{rp} = \sqrt{2} U_n \times F_4 = 1.1\sqrt{2} U_n$$

D.4.2.2 部分放電停止電圧 U_e (基礎絶縁)

$$U_e = \sqrt{2} U_n \times F_4 \times F_1$$

$$U_e = \sqrt{2} U_n \times 1.1 \times 1.2 = 1.32\sqrt{2} U_n$$

52

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007)

D.4.2.3 部分放電試験電圧 U_1 の初期値 (基礎絶縁)

$$U_1 = \sqrt{2} U_n \times F_4 \times F_1 \times F_2$$

$$U_1 = \sqrt{2} U_n \times 1.32 \times 1.25 = 1.65\sqrt{2} U_n$$

D.4.3 例 2 (最大反復ピーク電圧 U_{rp} をもつ内部回路)

D.4.3.1 部分放電停止電圧 U_e (基礎絶縁)

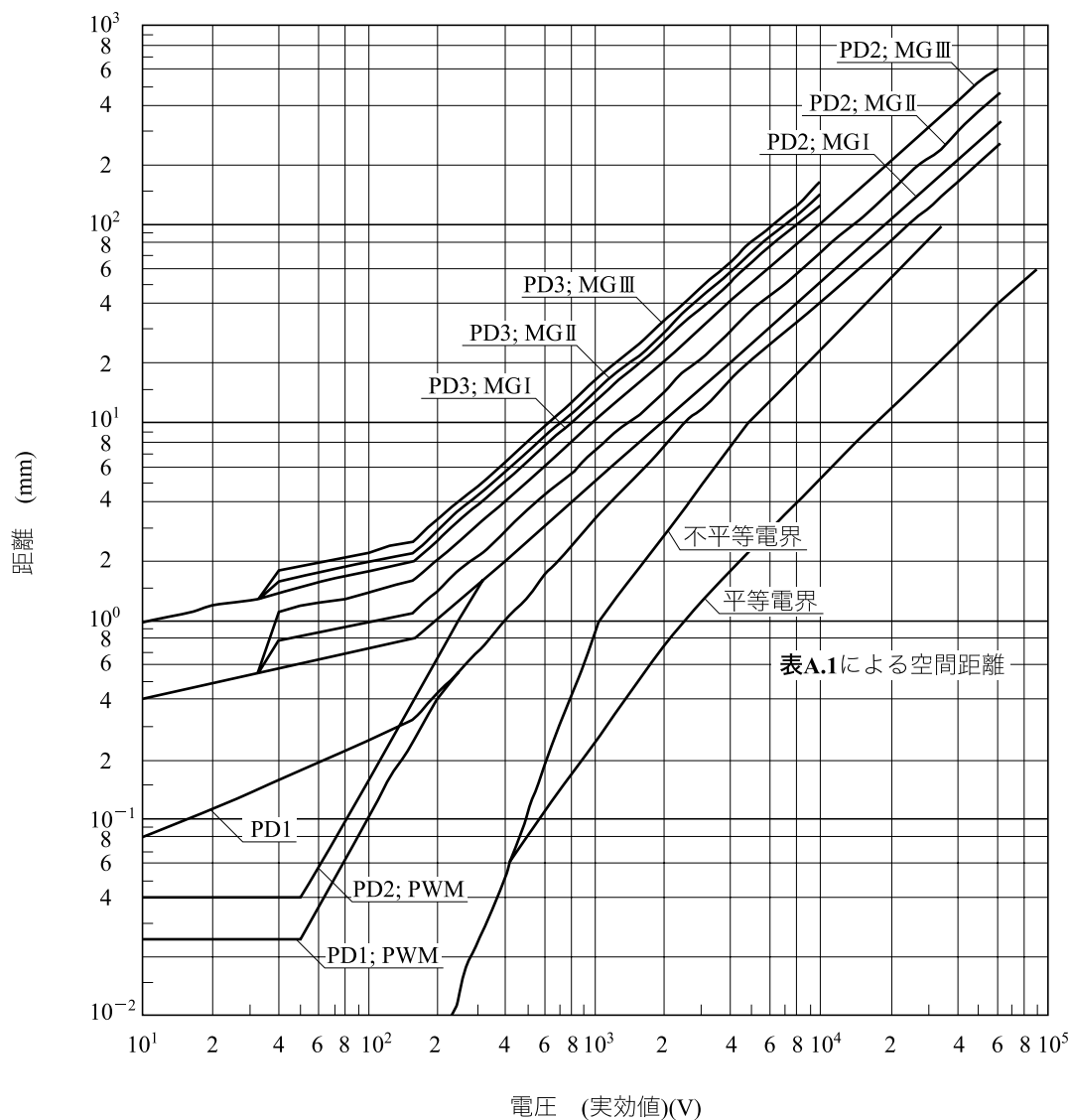
$$U_e = U_{rp} \times F_1 = U_{rp} \times 1.2$$

D.4.3.2 部分放電試験電圧の初期値 (基礎絶縁)

$$U_1 = U_{rp} \times F_1 \times F_2 = U_{rp} \times 1.5$$

附属書 E (参考)

表 F.4 で規定する沿面距離と表 A.1 で規定する空間距離との比較



PD 汚損度
 MG 材料グループ
 PWM プリント配線材料

図 E.1—表 F.4 で規定する沿面距離と表 A.1 で規定する空間距離との比較

附属書 F
(規定)
表

表 F.1—低圧系統電源から直接給電される機器のための定格インパルス電圧

給電系統 ^{a), c)} の公称電圧		交流又は直流公称電圧から配電される充電線の対地電圧 V	定格インパルス電圧 ^{b)}			
			過電圧カテゴリ ^{d)}			
三相 V	单相 V		I V	II V	III V	IV V
		50	330	500	800	1 500
		100 ^{e)}	500	800	1 500	2 500
	100 100-200	150 ^{e)}	800	1 500	2 500	4 000
200	230/400	300	1 500	2 500	4 000	6 000
		600	2 500	4 000	6 000	8 000
		1 000	4 000	6 000	8 000	12 000
注記 IEC 60038 には、日本の公称電源電圧が含まれていないため、給電系統の公称電圧として、日本の公称電圧を例示した。また、IEC 60038 の引用を削除した。						
注 ^{a)} 既存の異なる低圧系統電源及びその公称電圧への適用は、附属書 B を参照。						
^{b)} これらの定格インパルス電圧をもつ機器は、JIS C 60364-4-44 に準拠する設備で使用する事ができる。						
^{c)} “/” のマークは、三相 4 線式配電方式を示す。小さい値は充電線と中性線との間、大きい値は充電線間電圧である。一つの値しか示していない場合は、三相 3 線式配電方式を示し、線間値を規定している。						
^{d)} 過電圧カテゴリの説明は、4.3.3.2.2 を参照。						
^{e)} 日本では、单相系統の公称電圧は 100 V 又は 100-200 V である。しかし、電圧に対する定格インパルス電圧の値は、150 V の充電線の対地電圧に適用する欄で決定する (附属書 B 参照)。						

表 F.2—過渡過電圧に耐える空間距離

要求される インパルス 耐電圧 ^{a), c)}	標高 2 000 m までの空気中における最小空間距離					
	ケース A (不平等電界, 3.15 参照)			ケース B (平等電界, 3.14 参照)		
	汚損度 ^{f)}			汚損度 ^{f)}		
	1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm
0.33 ^{b)}	0.01	0.2 ^{c), d)}	0.8 ^{d)}	0.01	0.2 ^{c), d)}	0.8 ^{d)}
0.40	0.02			0.02		
0.50 ^{b)}	0.04			0.04		
0.60	0.06			0.06		
0.80 ^{b)}	0.10			0.10		
1.0	0.15			0.15		
1.2	0.25	0.25	1.0	0.2	0.3	1.2
1.5 ^{b)}	0.5	0.5		0.3		
2.0	1.0	1.0		0.45	0.45	
2.5 ^{b)}	1.5	1.5	1.5	0.60	0.60	1.5
3.0	2.0	2.0	2.0	0.80	0.80	
4.0 ^{b)}	3.0	3.0	3.0	1.2	1.2	
5.0	4.0	4.0	4.0	1.5	1.5	1.5
6.0 ^{b)}	5.5	5.5	5.5	2.0	2.0	2.0
8.0 ^{b)}	8.0	8.0	8.0	3.0	3.0	3.0
10	11	11	11	3.5	3.5	3.5
12 ^{b)}	14	14	14	4.5	4.5	4.5
15	18	18	18	5.5	5.5	5.5
20	25	25	25	8.0	8.0	8.0
25	33	33	33	10	10	10
30	40	40	40	12.5	12.5	12.5
40	60	60	60	17	17	17
50	75	75	75	22	22	22
60	90	90	90	27	27	27
80	130	130	130	35	35	35
100	170	170	170	45	45	45

注 ^{a)} この電圧は、絶縁ごとに次のようになる。

- 機能絶縁の場合、空間距離の両端に発生すると予想される最大インパルス電圧 (**5.1.5** 参照)。
- 低圧系統電源からの過渡過電圧に直接さらされる又はそれによって著しく影響される基礎絶縁の場合 (**4.3.3.3**, **4.3.3.4.1** 及び **5.1.6** 参照), 機器の定格インパルス電圧。
- その他の基礎絶縁の場合 (**4.3.3.4.2** 参照), 回路内で発生し得る最高インパルス電圧。
- 強化絶縁の場合, **5.1.6** 参照。

^{b)} **4.2.3** で規定する推奨値。

^{c)} プリント配線材料の場合、汚損度 1 に対する値を用いる。ただし、その値の最小値は、表 F.4 の規定によって 0.04 mm 以上となる。

^{d)} 汚損度 2 及び汚損度 3 に対して与えられるこれら最小の空間距離は、湿潤状態における関連沿面距離に関する減じられた耐電圧特性に基づいたものである (**JIS C 60664-5** 参照)。

^{e)} **4.3.3.4.2** で規定するインパルス電圧が加わる機器内の部分又は回路の場合、内挿法が許される。ただし、規定値の標準化を考慮すると、**4.2.3** の推奨するインパルス電圧値を使用することが望ましい。

^{f)} 汚損度 4 に対する規定値は、汚損度 3 と同じである。ただし、最小空間距離は 1.6 mm である。

表 F.3a—単相 3 線式若しくは単相 2 線式交流又は直流系統の電圧

電力供給系統 の公称電圧 ^{b)}	表 F.4 用に集約して示した電圧	
	線間絶縁 ^{a)}	電圧線と大地間の絶縁 ^{a)}
	全系統 V	3 線式中間点接地 V
12.5	12.5	—
24	25	—
25		
30	32	—
42	50	—
48		
50 ^{b)}		
60	63	—
30-60	63	32
100 ^{b)}	100	—
110	125	—
120		
150 ^{b)}	160	—
200	200	—
100-200	200	100
220	250	—
110-220	250	125
120-240		
300 ^{b)}	320	—
220-440	500	250
600 ^{b)}	630	—
480-960	1 000	500
1 000 ^{b)}	1 000	—

注 ^{a)} 非接地系統又はインピーダンス接地系統の電圧線と大地間の絶縁レベルは、線間絶縁レベルに等しくなる。なぜなら任意の電圧線の大地に対する動作電圧は、実際には、最大線間電圧に等しいからである。これは、大地に対する実際の電圧が、各電圧線と大地間の絶縁抵抗及び容量性リアクタンスによって決定されるためであり、したがって、一つの線の絶縁抵抗が相対的に低い（しかし許容できる）と、実際にはそれを接地した効果を生じ、その他の 2 線の大地に対する電圧は、最大線間電圧に上がる。

^{b)} 定格電圧との関係は、4.3.2 を参照。

^{c)} これらの値は、表 F.1 に示す値に該当する。

表 F.3b—三相 4 線式又は 3 線式交流系統の電圧

電力供給系統の公称電圧 ^{c)}	表 F.4 用に集約して示した電圧		
	線間絶縁	電圧線と大地間の絶縁	
	全系統 V	三相 4 線式中性線接地 ^{b)} V	三相 3 線式非接地 ^{a)} 又は 1 極接地 V
V			
60	63	32	63
110	125	80	125
120			
127			
150 ^{d)}	160	—	160
200	200	—	200
208	200	125	200
220	250	160	250
230			
240			
300 ^{d)}	320	—	320
380	400	250	400
400			
415			
440	500	250	500
480	500	320	500
500			
575	630	400	630
600 ^{d)}	630	—	630
660	630	400	630
690			
720	800	500	800
830			
960	1 000	630	1 000
1 000 ^{d)}	1 000	—	1 000

注 ^{a)} 非接地系統又はインピーダンス接地系統の電圧線と大地間の絶縁レベルは、電圧線間の絶縁レベルに等しくなる。これは任意の線の電圧線の大地に対する動作電圧は、全ラインとラインの電圧に近似するからである。これは、接地に対する実際の電圧は、各ラインと接地との絶縁の抵抗及び容量性リアクタンスによって決定されるためである。

したがって、一つの線の絶縁抵抗が相対的に低い（しかし許容できる）と、実際にはそれを接地した効果を生じ、その他の 2 線は大地に対し全ライン及びラインの電圧に上げることとなる。

^{b)} 三相 4 線式及び三相 3 線式の両方の電源を、接地及び非接地で使用する機器の場合、3 線式だけの値を用いる。

^{c)} 定格電圧との関係は、4.3.2 を参照。

^{d)} これらの値は、表 F.1 に示す値に該当する。

表 F.4—トラッキングによる障害を回避するための沿面距離

電圧 実効値 ^{a)} V	最小沿面距離								
	プリント配線材料								
	汚損度								
	1	2	1	2			3		
	すべての 材料 グループ	Ⅲbを除く すべての 材料 グループ	すべての 材料 グループ	材料 グループ Ⅰ	材料 グループ Ⅱ	材料 グループ Ⅲ	材料 グループ Ⅰ	材料 グループ Ⅱ	材料 グループ Ⅲ ^{b)}
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	0.025	0.040	0.080	0.400	0.400	0.400	1.000	1.000	1.000
12.5	0.025	0.040	0.090	0.420	0.420	0.420	1.050	1.050	1.050
16	0.025	0.040	0.100	0.450	0.450	0.450	1.100	1.100	1.100
20	0.025	0.040	0.110	0.480	0.480	0.480	1.200	1.200	1.200
25	0.025	0.040	0.125	0.500	0.500	0.500	1.250	1.250	1.250
32	0.025	0.040	0.14	0.53	0.53	0.53	1.30	1.30	1.30
40	0.025	0.040	0.16	0.56	0.80	1.10	1.40	1.60	1.80
50	0.025	0.040	0.18	0.60	0.85	1.20	1.50	1.70	1.90
63	0.040	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25	1.60	1.80	2.00
80	0.063	0.100	0.22	0.67	0.95	1.30	1.70	1.90	2.10
100	0.100	0.160	0.25	0.71	1.00	1.40	1.80	2.00	2.20
125	0.160	0.250	0.28	0.75	1.05	1.50	1.90	2.10	2.40
160	0.250	0.400	0.32	0.80	1.10	1.60	2.00	2.20	2.50
200	0.400	0.630	0.42	1.00	1.40	2.00	2.50	2.80	3.20
250	0.560	1.000	0.56	1.25	1.80	2.50	3.20	3.60	4.00
320	0.75	1.60	0.75	1.60	2.20	3.20	4.00	4.50	5.00
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0 (7.9) ^{d)}
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0 (7.9) ^{d)}	9.0 (8.4) ^{d)}	10.0 (9.0) ^{d)}
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0 (9.0) ^{d)}	11.0 (9.6) ^{d)}	12.5 (10.2) ^{d)}
1 000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5 (10.2) ^{d)}	14.0 (11.2) ^{d)}	16.0 (12.8) ^{d)}
1 250	—	—	4.2	6.3	9.0	12.5	16.0 (12.8) ^{d)}	18.0 (14.4) ^{d)}	20.0 (16.0) ^{d)}
1 600	—	—	5.6	8.0	11.0	16.0	20.0 (16.0) ^{d)}	22.0 (17.6) ^{d)}	25.0 (20.0) ^{d)}
2 000	—	—	7.5	10.0	14.0	20.0	25.0 (20.0) ^{d)}	28.0 (22.4) ^{d)}	32.0 (25.6) ^{d)}
2 500	—	—	10.0	12.5	18.0	25.0	32.0 (25.6) ^{d)}	36.0 (28.8) ^{d)}	40.0 (32.0) ^{d)}
3 200	—	—	12.5	16.0	22.0	32.0	40.0 (32.0) ^{d)}	45.0 (36.0) ^{d)}	50.0 (40.0) ^{d)}
4 000	—	—	16.0	20.0	28.0	40.0	50.0 (40.0) ^{d)}	56.0 (44.8) ^{d)}	63.0 (50.4) ^{d)}
5 000	—	—	20.0	25.0	36.0	50.0	63.0 (50.4) ^{d)}	71.0 (56.8) ^{d)}	80.0 (64.0) ^{d)}

表 F.4—トラッキングによる障害を回避するための沿面距離 (続き)

電圧 実効値 ^{a)}	最小沿面距離								
	プリント配線材料								
	汚損度								
	1	2	1	2			3		
	すべての 材料 グループ	IIIbを除く すべての 材料 グループ	すべての 材料 グループ	材料 グループ I	材料 グループ II	材料 グループ III	材料 グループ I	材料 グループ II	材料 グループ III ^{b)}
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6 300	—	—	25.0	32.0	45.0	63.0	80.0 (64.0) ^{d)}	90.0 (72.0) ^{d)}	100.0 (80.0) ^{d)}
8 000	—	—	32.0	40.0	56.0	80.0	100.0 (80.0) ^{d)}	110.0 (88.0) ^{d)}	125.0 (100.0) ^{d)}
10 000	—	—	40.0	50.0	71.0	100.0	125.0 (100.0) ^{d)}	140.0 (112.0) ^{d)}	160.0 (128.0) ^{d)}
12 500	—	—	50.0 ^{c)}	63.0 ^{c)}	90.0 ^{c)}	125.0 ^{c)}	—	—	—
16 000	—	—	63.0 ^{c)}	80.0 ^{c)}	110.0 ^{c)}	160.0 ^{c)}	—	—	—
20 000	—	—	80.0 ^{c)}	100.0 ^{c)}	140.0 ^{c)}	200.0 ^{c)}	—	—	—
25 000	—	—	100.0 ^{c)}	125.0 ^{c)}	180.0 ^{c)}	250.0 ^{c)}	—	—	—
32 000	—	—	125.0 ^{c)}	160.0 ^{c)}	220.0 ^{c)}	320.0 ^{c)}	—	—	—
40 000	—	—	160.0 ^{c)}	200.0 ^{c)}	280.0 ^{c)}	400.0 ^{c)}	—	—	—
50 000	—	—	200.0 ^{c)}	250.0 ^{c)}	360.0 ^{c)}	500.0 ^{c)}	—	—	—
63 000	—	—	250.0 ^{c)}	320.0 ^{c)}	450.0 ^{c)}	600.0 ^{c)}	—	—	—

注記 沿面距離の測定精度は、この表に示す沿面距離の有効けた数ほどの高さである必要はない。

注 ^{a)} この電圧は、絶縁ごとに次のようになる。

- 機能絶縁の場合、動作電圧。
- 低圧系統電源から直接給電される回路（**4.3.2.2.1** 参照）の基礎及び付加絶縁の場合、機器の定格電圧に基づいて**表 F.3a** 又は**表 F.3b** に集約して示した電圧、又は定格絶縁電圧。
- 低圧系統電源から直接給電されない系統、機器及び内部回路（**4.3.2.2.2** を参照）の基礎、並びに付加絶縁の場合、定格電圧で供給し、かつ、機器の定格の動作状態で最も厳しい条件の組合せにおける系統、機器又は内部回路に発生し得る最高実効値電圧。

^{b)} 材料グループ IIIb は、630 V を超える汚損度 3 の場合には推奨できない。

^{c)} 外挿法による暫定データ。経験に基づくこのほかの情報をもつ製品規格には、異なる規定値を使用できる。

^{d)} 括弧内の値は、リブを使用する場合の沿面距離を減少させるために適用してもよい（**5.2.5** 参照）。

表 F.5－異なる標高で空間距離を検証する試験電圧

表 F.5 の電圧値は、空間距離の検証のためだけに適用する。

定格インパルス電圧 \hat{U} kV	海面レベルでの インパルス試験電圧 \hat{U} kV	標高 200 m での インパルス試験電圧 \hat{U} kV	標高 500 m での インパルス試験電圧 \hat{U} kV
0.33	0.357	0.355	0.350
0.5	0.541	0.537	0.531
0.8	0.934	0.920	0.899
1.5	1.751	1.725	1.685
2.5	2.920	2.874	2.808
4.0	4.923	4.824	4.675
6.0	7.385	7.236	7.013
8.0	9.847	9.648	9.350
12.0	14.770	14.471	14.025
注記 1 空間距離の電氣的強度に関する影響因子（気圧、標高、温度、湿度）についての説明は、 6.1.2.2.1.3 で規定している。			
注記 2 空間距離を試験する場合、付随する固体絶縁物には、試験電圧がかかる。表 F.5 のインパルス試験電圧が定格インパルス電圧に対して大きくなるにつれて、固体絶縁物には、それに応じた設計がされなければならない。これは、固体絶縁物のインパルス耐電圧性能を大きくすることになる。			

表 F.6－固体絶縁物のコンディショニングの厳しさの度合

試験	温度 ℃	相対湿度 %	時間 h	サイクル数
a) 乾熱	+55	—	48	1
b) 乾熱サイクル	−10〜+55	—	サイクル時間 24	3
c) 熱衝撃（温度の急激変化）	−10〜+55	—	b)	—
d) 湿熱	30/40 ^{a)}	93	96	1
注記 25 ℃の湿熱試験は、既に幾つかの製品規格で採用している。				
注 ^{a)} JIS C 60068-2-78 における湿熱試験の標準温度。				
^{b)} 温度変化の持続時間は、試験試料の熱時定数による（JIS C 0025 を参照）。				

表 F.7ー一定常電圧, 短時間過電圧又は反復ピーク電圧に耐える空間距離

表 F.7aー一定常電圧, 短時間過電圧又は
反復ピーク電圧に耐える空間距離の規定値

電圧 ^{a)} (ピーク値) ^{b)} kV	標高 2 000 m までの空気中における 最小空間距離	
	ケース A (不平等電界, 3.15 参照) mm	ケース B (平等電界, 3.14 参照) mm
0.04	0.001 ^{c)}	0.001 ^{c)}
0.06	0.002 ^{c)}	0.002 ^{c)}
0.1	0.003 ^{c)}	0.003 ^{c)}
0.12	0.004 ^{c)}	0.004 ^{c)}
0.15	0.005 ^{c)}	0.005 ^{c)}
0.20	0.006 ^{c)}	0.006 ^{c)}
0.25	0.008 ^{c)}	0.008 ^{c)}
0.33	0.01	0.01
0.4	0.02	0.02
0.5	0.04	0.04
0.6	0.06	0.06
0.8	0.13	0.1
1.0	0.26	0.15
1.2	0.42	0.2
1.5	0.76	0.3
2.0	1.27	0.45
2.5	1.8	0.6
3.0	2.4	0.8
4.0	3.8	1.2
5.0	5.7	1.5
6.0	7.9	2
8.0	11.0	3
10	15.2	3.5
12	19	4.5
15	25	5.5
20	34	8
25	44	10
30	55	12.5
40	77	17
50	100	22
60	—	27
80		35
100		45

注 ^{a)} 他の電圧に対する空間距離は, 内挿法によって得られる。
^{b)} 反復ピーク電圧については, 図 1 を参照。
^{c)} これらの値は, 大気圧で得られた実験データに基づく。

表 F.7bー部分放電を防止するための空間距離の
規定値に関する追加情報 (参考)

電圧 ^{a)} (ピーク値) ^{b)} kV	標高 2 000 m までの空気中における 最小空間距離 ケース A (不平等電界, 3.15 参照) mm
0.04	表 F.7a のケース A を参照
0.06	
0.1	
0.12	
0.15	
0.2	
0.25	
0.33	
0.4	
0.5	
0.6	
0.8	
1.0	
1.2	
1.5	
2.0	
2.5	2.0
3.0	3.2
4.0	11
5.0	24
6.0	64
8.0	184
10	290
12	320
15	^{c)}
20	
25	
30	
40	
50	
60	
80	
100	

注 ^{a)} 他の電圧に対する空間距離は, 内挿法によって得られる。
^{b)} 反復ピーク電圧については, 図 1 を参照。
^{c)} 部分放電を伴わない規定値の決定は, 不平等電界下では不可能である。

表 F.7—定常電圧, 短時間過電圧又は反復ピーク電圧に耐える空間距離 (続き)

注記 2.5 kV (ピーク) 以上の定常電圧のストレスを受ける空間距離の場合, 表 F.7a による規定値は, 特に不平等電界において, コロナ (部分放電) を伴うことがある。コロナが許容されない場合には, 表 F.7b で規定されているような大きな空間距離を使用するか, 電界の平等性 (電極の形状) を改善する必要がある。

表 F.8—標高補正係数

標高 m	距離補正のための係数 k_d
0	0.784
200	0.803
500	0.833
1 000	0.844
2 000	1

参考文献

- [1] **ISO/IEC Guide 2:1996**, Standardization and related activities—General vocabulary
- [2] **JIS C 0920:2003**, 電気機械器具の外郭による保護等級 (IP コード)
- [3] PFEIFFER, W. “Die Stoßspannungsfestigkeit von Luftstrecken kleiner Schlagweite”. Elektrotechnische Zeitschrift B ; Vol.28 (1976), p.300-302
- [4] HERMSTEIN, W. Bemessung von Luftstrecken, Insbesondere für 50 Hz—Wechselspannung, Elektrotechnische Zeitschrift; Vol.90 (1969), p.251-255
- [5] DAKIN, T., LUXA, G., OPPERMAN, G., VIGREUX, J., WIND, G. WINKELNKEMPER, H. “Breakdown of gases in uniform fields, paschen curves for nitrogen, air and sulfur hexafluoride”; Electra (issued by CIGRE), Vol.32 (1974), p.61-82

JIS C 60664-1 : 2009

(IEC 60664-1 : 2007)

低圧系統内機器の絶縁協調一

第 1 部：基本原則，要求事項及び試験

解 説

この解説は、本体及び附属書に規定・記載した事柄，並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規定の一部ではない。

この解説は、財団法人日本規格協会が編集・発行するものであり、この解説に関する問合せは、財団法人日本規格協会へお願いします。

1 制定の趣旨

この規格の前身である **JIS C 0664:2003**（以下、旧規格という。）の基になった **IEC 60664-1** の第 1.1 版では、日本の商用電源公称電圧（100V 及び 200V）に対する規定が明確にされていないため、旧規格にはデビエーション（国際規格との差違）を追加して、それらの商用電源公称電圧に対する規定の明確化を行った。現在、国際規格においては、**IEC 60664-1** の第 2 版が発行され、この第 2 版には旧規格でデビエーションとして追加された規定が追加された。したがって、単に **IEC** 規格が改正されたという理由だけでなく、この **IEC 60664-1** の第 2 版の整合 **JIS** を制定することによって、**JIS** と **IEC** 規格との間の差違がなくなることから、この規格を引用する多くの製品規格に対し、日本の商用電源公称電圧（100V 及び 200V）に対する規定が周知できるという目的をもって、旧規格を廃止し、今回 **JIS C 60664-1** を制定した。

2 制定の経緯

IEC 60664-1 は、多くの電気製品安全規格で不統一に規定されていた空間距離及び沿面距離の規定を統一するための基本安全規格として、1992 年に技術報告書 (TR) の位置付けから国際規格 (IS) に格上げされた。その後、**IEC Guide 104** で製品安全規格に対して、この規格を引用することによって、規定の不統一をなくすことが推奨された。そのため、現在では多くの低電圧機器の安全規格に引用されている。

日本でも **JIS** の国際規格整合化に伴い、製品安全規格が国際整合される動きのなかで、**IEC 60664-1** に対する関心が高まり、2003 年に **IEC 60664-1** の第 1.1 版を基にした旧規格が制定されることになった。しかし、旧規格の原案作成においては、**IEC 60664-1** の第 1.1 版が日本の商用電源公称電圧（100V 及び 200V）に対する規定を明確化していないため、国際規格に対するデビエーションを追加する検討が必要となった。このデビエーションの追加については、特に定格インパルス電圧の選択（箇条 5 参照）について、国内でかなりの時間（約 2 年間）の審議を行って合意に至った。この **JIS** の方向性が決定したのち、IEC/TC109 国内委員会において、**JIS** に追加したデビエーションを国際規格に反映させるための活動を行い、2002 年に北京で開催された IEC/TC109 国際委員会で、**IEC 60664-1** の第 2 版で日本の商用電源公称電圧（100V 及び 200V）に対する規定を明確化することが了承された。

この規格は、**IEC 60664-1** の第 2 版を基にしており、日本の商用電源公称電圧（100V 及び 200V）に対する規定内容については、旧規格との違いはないが、国際規格との差違がなくなったという点においては、

解 1

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されております。

2019年7月1日の法改正により名称が変わりました。

まえがきを除き、本規格中の「日本工業規格」を「日本産業規格」に読み替えてください。

JIS の国際整合化の目的を達した規格といえる。また、旧規格を廃止し、この規格を新たに制定させ、IEC 規格と番号を一致させた理由としては、今回は第 1 部だけでなく他の部も同時に制定すること及びこの規格のシリーズが多く製品安全規格に引用される基本安全規格であるということから、この規格を利用する多くの方々に IEC 規格と同じ番号の方が浸透しやすいという点を考慮した。

なお、旧規格の**附属書 1**として追加した適用ガイドは、IEC 規格では IEC/TR 60664-2-1 として発行されており、JIS としても IEC 規格と体系を合わせるため、この規格では適用ガイドを追加しなかった。JIS としての適用ガイドは、IEC 60664-1 の第 2 版に合わせて IEC 60664-2-1 が改正されるのを待って、検討することになった。

今回、社団法人電気学会は、JIS 原案作成委員会を組織し、JIS 原案を作成した。

この JIS 原案を主務大臣である経済産業大臣に申出し、日本工業標準調査会で審議議決され、平成 21 年 10 月 20 日付で公示された。

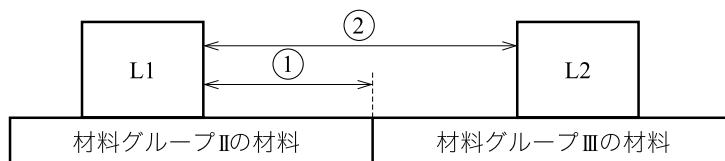
3 審議中に特に問題となった事項

国内の審議においては、主に次のようなことが問題となった。

- a) この規格の JIS 番号 5 けた化に伴い、同じ国際規格を基にしている JIS C 0704 が廃止されることになる。JIS C 0704 には、“定格インパルス耐電圧を指定しない場合の規定”がデビエーションとして追加されており、この規定をこの規格に残すか否かという検討を行った。結果として、この規格の目的（タイトル）は、“絶縁協調”であり、“定格インパルス耐電圧を指定しない場合の規定”は、“絶縁協調”とは関係ないため、追加するには目的、タイトルなどの変更も必要となることから、この規定の追加はしなかった。したがって、この規定が必要な製品規格は、今後は、JIS C 0704 の規定を規格に書き記すか、又は、“定格インパルス耐電圧を指定しない場合の規定”をデビエーションで追加している JIS C 8201-1（低圧開閉装置及び制御装置－第 1 部：通則）等を引用するなどの改正が必要となる。
- b) この規格は、安全に関する要求事項を定めた製品安全規格に引用されることを目的としている。しかし、安全な低電圧等で動作する製品の規格などでは、機能的に必要な距離を定めた規格も存在する。そのような規格においては、必ずしもこの規格を引用する必要があることを適用範囲で明確にした。
- c) この規格の“付加絶縁”は、“保護絶縁”ともいわれており、前者が主に機器で使用され、後者が主に設備に使用される。この規格は、機器の製品規格に使用されることが多いことから、“付加絶縁”を選択した。
- d) “pollution degree”は、旧規格では“汚損度”を使用しているが、他の規格では、“汚染度”を使用している場合もあり、再検討したが、“汚染度”から旧規格に合わせて“汚損度”に変更した規格もあり、変更すると混乱するので、“汚損度”を用いることにした。
- e) 本体の 4.6.3 などにおいて、“rib”の訳は、通常、低圧機器業界で用いられている“リブ”としたが、4.6.3 の本文及び 5.2.5 のタイトルでは、高圧業界で用いられる“ひだ”を括弧書きで追加した。
- f) 本体の 6.1.6 などの“accuracy”は、JIS C 1002（電子測定器用語）などは“確度”であるが、現在は測定の行為の精度については“不確かさ”、測定装置の精度については“確度”ということが一般的となっている。この規格では、両方を含めて、“精度”と訳すことにした。
- g) 耐電圧試験の試験電圧について、IEC 60664-2-1（適用ガイド）を見直しており、日本から 100 V に対する試験電圧のガイドを提案し、採用される方向になっているので、この内容をこの規格に附属書（参考）として追加することを検討したが、IEC 規格の体系に合わせて適用ガイドは別途作成することにした。

解 2

- h) 本体の 5.2.2.7 の複数の材料を使用する場合又は複数の汚損度が生じる場合の沿面距離は、解説図 1 及び解説図 2 に示すイメージとなるように規定の文章を工夫した。

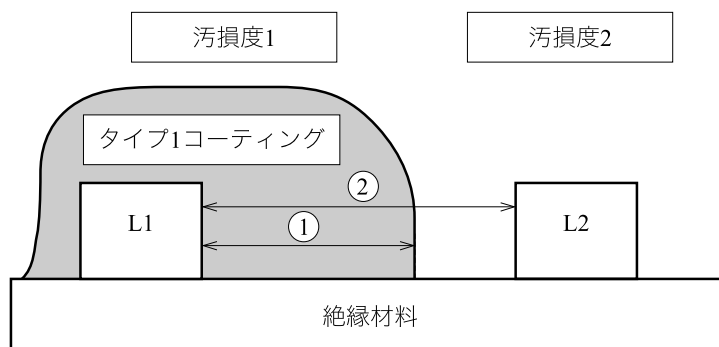


＜沿面距離の規定値の決定＞

次のいずれかを満たさなければならない。

- ① L1 と L2 間の動作電圧において、材料グループ II に対する規定値以上
- ② L1 と L2 間の動作電圧において、材料グループ III に対する規定値以上
(材料グループ III の規定値は、材料グループ II の規定値よりも大きい。)

解説図 1－複数の材料を使用する場合の沿面距離のイメージ図



＜沿面距離の規定値の決定＞

次のいずれかを満たさなければならない。

- ① L1 と L2 間の動作電圧において、汚損度 1 に対する規定値以上
- ② L1 と L2 間の動作電圧において、汚損度 2 に対する規定値以上
(汚損度 2 の規定値は、汚損度 1 の規定値よりも大きい。)

解説図 2－複数の汚損度が生じる場合の沿面距離のイメージ図

- i) 本体の 5.3.3.2.3 において、5 秒以下の短時間過電圧については、“短期の短時間過電圧”とし、5 秒を超える短時間過電圧については、“長期の短時間過電圧”と分類することにした。この修正に合わせて、3.7.1 に“短時間過電圧には、短期及び長期の 2 種類がある。”を追加した。

U_n の定義を日本の配電事情を考慮して、“中性点非接地の供給系統においては、低圧系統電源の公称電圧とする。また、中性点接地の供給系統においては、ラインとラインとの公称電圧とする。”とした。

4 規定項目の内容

この規格の規定項目は、対応する国際規格と一致しており、次のような規定がある。

- a) 空間距離の規定値
- b) 沿面距離の規定値
- c) 固体絶縁に対する絶縁試験
- d) 完成品に対する耐電圧試験

解 3

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されております。

2019年7月1日の法改正により名称が変わりました。

まえがきを除き、本規格中の「日本工業規格」を「日本産業規格」に読み替えてください。

5 懸案事項

本体の 6.1.4 の“完成機器での耐電圧試験”については、現状とは試験時間が異なる、また、試験電圧が厳しくなる製品もあれば、緩くなる製品もあるため、この規格を引用することで、現状との比較において問題となる製品規格があることが懸念される。しかし、この規格を引用するか否かの最終的な選択権は製品規格側にあり、問題があれば引用しないこともできる。逆に本体の 6.1.4 を“削除”又は“参考”にすると、製品規格でこの規格を引用したい場合に引用できなくなるので、IEC 規格どおり本文に規格として残すことにしたが、今まで製品規格の耐電圧試験の試験方法の統一は実施しておらず、この規格が制定されることにより、統一についての課題が明らかになるかもしれない。

6 その他解説事項

先にも述べたように IEC 60664-1 の第 2 版では、日本の標準電圧（100V 及び 200V）に対する定格インパルス電圧が明確にされた（この規格の表 F.1 参照。）。この明確化は、旧規格では、日本のデビエーションとして扱われていたが、日本から IEC に提案し、IEC 規格に反映された。しかし、なぜ、日本がこのようなデビエーションとし、IEC に提案したのかといった背景を次に記載する。この情報は、この規格を理解するうえで、非常に重要なことを含んでいる。

a) 各規格の現状など 各規格の現状などは、次のとおりである。

- 1) IEC 60664-1 では、低電圧系統内電気機械器具の基本安全規格として、機器内部の部分的な絶縁上の空間距離及び沿面距離並びに固体絶縁性能を規定している（当時は、完成品に対する試験は扱っていなかったが、第 2 版で完成品の耐電圧試験が追加された）。このうち、空間距離及び固体絶縁の規定に関しては、インパルス耐電圧が基になっており、そのインパルス耐電圧のレベルを決めるために過電圧カテゴリの分類に従って、定格インパルス電圧を設定している。この定格インパルス電圧は、機器の電源電圧ごとに決められており、電源電圧 100 V と 200 V とでは、規定値が異なっている。
- 2) 日本においては、漏電遮断器の JIS において、衝撃波不動作確認を目的としてインパルス試験を実施している。この試験電圧は 7 kV である。また、JIS C 1211 の電力量計では、故障を考慮してインパルス試験を適用している。この試験電圧は、6 kV である。これらの試験電圧は、電源電圧によらず一定である。

なお、漏電遮断器又は電力量計以外の低圧系統内電気機械器具関連の製品 JIS は、現在、インパルス耐電圧試験は義務化されていない。

- 3) 一方、国際規格においては、IEC 60947-1（低圧開閉装置及び制御装置通則）又は IEC 60898（住宅用配線用遮断器）に対して、機器内部の部分的な絶縁上の空間距離（この規定については、IEC 60664-1 と整合）及び部分的ではなく、機器全体の絶縁耐電圧性能を要求するために定格インパルス電圧を設定している。これらの規定は、電源電圧 100 V と 200 V では、異なっている。
- 4) 現在、IEC 60947-1 及び IEC 60898 以外の IEC 規格で IEC 60664 を引用する製品 IEC 規格は、機器内部の部分的な絶縁上の空間距離を定義するためにだけ定格インパルス電圧を設定しており、機器全体の絶縁耐電圧性能を要求するための定格インパルス電圧によるインパルス試験規定はない。
[ただし、IEC 60335-1（家電通則）では、機器全体の絶縁耐電圧性能を決めるために定格インパルス試験を設定することを検討中としている。]
- 5) 配線用遮断器又は漏電遮断器等の開閉器を除いて、空間距離の規定値は、JIS、IEC 規格及び電気用品安全法技術基準とも一般的に機器の定格電圧ごとに異なった規定値となっている（100 V よりも

解 4

C 60664-1 : 2009 (IEC 60664-1 : 2007) 解説

200 Vの方が厳しい規定となっている。)。これを従来からのインパルス試験と同様に電源電圧によらない一定基準にすることは、規格の国際整合化の観点からはかなり難しい。
上記をまとめると次の表のようになる。

規格		インパルス耐電圧を規定する目的		
		IEC 60664 の検討範囲		検討範囲外
		空間距離	固体絶縁耐圧性能	故障・不動作・誤動作等
IEC 60664-1		○	○	×
漏電遮断器規格	旧 JIS	×	×	○ (7 kV)
	IEC 規格	○	×	○
漏電遮断器以外の 遮断器規格	旧 JIS	×	×	×
	IEC 規格	○	×	○
電力量計 JIS		×	×	○ (6 kV)
遮断器，電力量計以外の IEC 60664-1 を引用する機器規格		○	×	×
		(IEC 60335-1 は検討中)		
注記 ○：規定されている。 ×：規定されていない。				

b) IEC 60664 の JIS 化に当たって

a) の調査結果を基に“安全”と“危険を伴わない故障・誤動作”とのインパルス耐電圧は、区別して考えることとし、この規格では“安全”だけを検討対象とした。したがって、“安全”以外のインパルス耐電圧性能の扱いは別規格(特に遮断器及び電力量計)の検討委員会にゆだねることとしたので、この規格では扱っていないことに注意する必要がある。

結果としてこの規格では、過電圧カテゴリを現状及び IEC 整合を考慮して、次の扱いとすることとした。

- 1) 定格対地電圧 100 V (単相 100/200 V) については、過電圧カテゴリ IV が“4 kV”となる欄を適用する。(単相 3 線式 200 V は、この分類になる。)
- 2) 定格対地電圧 200 V 及び 230 V (三相デルタ結線 1 線接地) については、過電圧カテゴリ IV が“6 kV”となる欄を適用する。(変則 V 結線の動力回路は対地電圧 170 V であるが、この分類になる。また、単相 2 線式でも三相 3 線式及び変則 V 結線の 200 V は、この分類になる。)

ただし、絶縁に関して日本独自の理由によって緩和規定(クラス 0 機器を認める, など。)を製品規格に設ける場合は、この規格の規定では不足する可能性があり、追加の検討が必要である。

7 原案作成委員会の構成表

原案作成委員会の構成表を、次に示す。

JIS 原案作成委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	日 高 邦 彦	東京大学
(幹事)	住 谷 淳 吉	財団法人電気安全環境研究所
(委員)	小 島 楨 雄	IEC/TC48 国内委員会
	井 上 博 史	社団法人日本電機工業会
	長 田 明 彦	神保電器株式会社
	小 幡 高 史	社団法人日本電子回路工業会
	神 谷 文 夫	社団法人日本照明器具工業会
	河 村 達 雄	東京大学
	笹 子 雅 純	社団法人日本電機工業会
	小 林 一 美	社団法人電気設備学会
	武 田 秀 昭	ウチヤ・サーモスタット株式会社
	田 中 紘 一	大同電気工業株式会社
	広 沢 繁	アルプス電気株式会社
	前 田 篤 哉	情報処理装置等電波障害自主規制協議会
	増 田 秀 樹	ソニーEMCS 株式会社
	八 島 政 史	財団法人電力中央研究所
	山 縣 伸 示	三菱電機株式会社
	小 堀 秀 樹	オムロン株式会社
	鷺 尾 敏 文	富士通株式会社
	石 川 雅 之	財団法人日本規格協会 (前任)
	津 下 豊太郎	財団法人日本規格協会 (後任)
(関係当局)	後 藤 博 幸	経済産業省
(事務局)	高 浜 公 代	社団法人電気学会

(文責 住谷 淳吉)

解 6

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されております。

2019年7月1日の法改正により名称が変わりました。

まえがきを除き、本規格中の「日本工業規格」を「日本産業規格」に読み替えてください。

白 紙

★JIS 規格票及び JIS 規格票解説についてのお問合せは、規格開発ユニット規格管理グループ標準チームまで、電子メール (E-mail:sd@jsa.or.jp), 又は FAX [(03)4231-8660], TEL [(03)4231-8530] をお願いいたします。お問合せにお答えするには、関係先への確認等が必要なケースがございますので、多少お時間がかかる場合がございます。あらかじめご了承ください。

★JIS 規格票の正誤票が発行された場合は、次の要領でご案内いたします。

- (1) 当協会ホームページ (<http://www.jsa.or.jp/>) の Web Store に、正誤票 (PDF 版, ダウンロード可) を掲載いたします。

なお、当協会の JIS 予約者の方には、予約されている JIS の部門で正誤票が発行された場合、お送りいたします。

- (2) 当協会発行の月刊誌“標準化と品質管理”に、正・誤の内容を掲載いたします。

★JIS 規格票のご注文は、

- (1) 当協会ホームページ (<http://www.jsa.or.jp/>) の Web Store をご利用ください。
(2) FAX [(03)4231-8665] でご注文の方は、出版・研修ユニット出版事業グループ営業サービスチームまで、お申込みください。

JIS C 60664-1 (IEC 60664-1)
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

平成 21 年 10 月 20 日 第 1 刷発行

編集兼
発行人 田 中 正 躬

発 行 所

財団法人 日 本 規 格 協 会

〒107-8440 東京都港区赤坂 4 丁目 1-24

<http://www.jsa.or.jp/>

札幌支部	〒060-0003	札幌市中央区北 3 条西 3 丁目 1 札幌大同生命ビル内 TEL (011)261-0045 FAX (011)221-4020
東北支部	〒980-0811	仙台市青葉区一番町 2 丁目 5-22 穴吹第 19 仙台ビル内 TEL (022)227-8336(代表) FAX (022)266-0905
名古屋支部	〒460-0008	名古屋市中区栄 2 丁目 6-1 白川ビル別館内 TEL (052)221-8316(代表) FAX (052)203-4806
関西支部	〒541-0053	大阪市中央区本町 3 丁目 4-10 本町野村ビル内 TEL (06)6261-8086(代表) FAX (06)6261-9114
広島支部	〒730-0011	広島市中区基町 5-44 広島商工会議所ビル内 TEL (082)221-7023 FAX (082)223-7568
四国支部	〒760-0023	高松市寿町 2 丁目 2-10 高松寿町プライムビル内 TEL (087)821-7851 FAX (087)821-3261
福岡支部	〒812-0025	福岡市博多区店屋町 1-31 博多アーバンスクエア内 TEL (092)282-9080 FAX (092)282-9118

Printed in Japan

NH/B

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されております。

2019年7月1日の法改正により名称が変わりました。

まえがきを除き、本規格中の「日本工業規格」を「日本産業規格」に読み替えてください。

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 1: Principles, requirements and tests

JIS C 60664-1 : 2009
(IEC 60664-1 : 2007)
(IEEJ/JSA)

Established 2009-10-20

Investigated by
Japanese Industrial Standards Committee

Published by
Japanese Standards Association

Price Code 13

ICS 29.080.30;29.080

Reference number : JIS C 60664-1:2009(J)