

# 電磁両立性－第4-5部：試験及び測定技術－ サージイミュニティ試験

JIS C 61000-4-5 : 2018

(IEC 61000-4-5 : 2014)

(IEEJ/JSA)

(2022 確認)

平成30年3月20日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されています。

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。

C 61000-4-5 : 2018 (IEC 61000-4-5 : 2014)

日本工業標準調査会標準第二部会 構成表

	氏名	所属
(部会長)	大崎 博之	東京大学
(委員)	青柳 恵美子	公益社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会
	伊藤 智	一般社団法人情報処理学会規格調査会（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）
	岩渕 幸吾	一般社団法人電子情報技術産業協会
	内田 富雄	一般財団法人日本規格協会
	江崎 正	IEC/SMB 日本代表委員（ソニー株式会社）
	酒井 祐之	一般社団法人電気学会
	住谷 淳吉	一般財団法人電気安全環境研究所
	高村 里子	全国地域婦人団体連絡協議会
	田中 一彦	一般社団法人日本電機工業会
	中西 英夫	一般社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会
	平田 真幸	IEC/CAB 日本代表委員（富士ゼロックス株式会社）
	水本 哲弥	東京工業大学
	山根 香織	主婦連合会

---

主 務 大 臣：経済産業大臣 制定：平成 11.2.20 改正：平成 30.3.20

官 報 公 示：平成 30.3.20

原案作成者：一般社団法人電気学会

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

一般財団法人日本規格協会

（〒108-0073 東京都港区三田 3-13-12 三田 MT ビル TEL 03-4231-8530）

審議部会：日本工業標準調査会 標準第二部会（部会長 大崎 博之）

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 国際電気標準課（〒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	1
2 引用規格	2
3 用語、定義及び略語	2
4 一般	5
4.1 電力系統の開閉過渡現象	5
4.2 雷の過渡現象	5
4.3 過渡現象のシミュレーション	6
5 試験レベル	6
6 試験装置	6
6.1 一般	6
6.2 1.2/50 μs CWG	6
6.3 CDN	10
6.4 CDN の校正	18
7 試験セットアップ	21
7.1 試験装置	21
7.2 試験装置の検証	22
7.3 EUT の電源ポートにサージを印加するときの試験セットアップ	22
7.4 非シールド非対称相互接続線に印加するときの試験セットアップ	22
7.5 非シールド対称相互接続線に印加するときの試験セットアップ	23
7.6 シールド線を用いた装置の試験セットアップ	23
8 試験手順	24
8.1 一般	24
8.2 試験室の基準条件	24
8.3 試験の実施	24
9 試験結果の評価	25
10 試験報告書	26
附属書 A (規定) 広域分散システムに相互接続することを意図した屋外用非シールド対称通信線へのサージ試験	27
附属書 B (参考) CWG 及び試験レベルの選択	33
附属書 C (参考) 補足説明	36
附属書 D (参考) 低電圧配電系統へ接続される装置のイミュニティ達成への考察	39
附属書 E (参考) サージ波形の数理モデル化	41
附属書 F (参考) 測定不確かさ (MU) の考察	50
附属書 G (参考) サージ測定システムの校正方法	58

## C 61000-4-5 : 2018 (IEC 61000-4-5 : 2014) 目次

	ページ
附属書 H (参考) 定格 200 A を超える電源線に対するサージの結合及び減結合	61
参考文献	63
解 説	65

(2)

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されています。

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。

## まえがき

この規格は、工業標準化法第14条によって準用する第12条第1項の規定に基づき、一般社団法人電気学会(IEEJ)及び一般財團法人日本規格協会(JSA)から、工業標準原案を具して日本工業規格を改正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、経済産業大臣が改正した日本工業規格である。

これによって、**JIS C 61000-4-5:2009**は改正され、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又は実用新案権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及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

**JIS C 61000**の規格群には、次に示す部編成がある。

**JIS C 61000-3-2** 第3-2部：限度値－高調波電流発生限度値（1相当たりの入力電流が20A以下の機器）

**JIS C 61000-4-2** 第4-2部：試験及び測定技術－静電気放電イミュニティ試験

**JIS C 61000-4-3** 第4-3部：試験及び測定技術－放射無線周波電磁界イミュニティ試験

**JIS C 61000-4-4** 第4-4部：試験及び測定技術－電気的ファストトランジエント／バーストイミュニティ試験

**JIS C 61000-4-5** 第4-5部：試験及び測定技術－サージイミュニティ試験

**JIS C 61000-4-6** 第4-6部：試験及び測定技術－無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ

**JIS C 61000-4-7** 第4-7部：試験及び測定技術－電力供給システム及びこれに接続する機器のための高調波及び次数間高調波の測定方法及び計装に関する指針

**JIS C 61000-4-8** 第4-8部：試験及び測定技術－電源周波数磁界イミュニティ試験

**JIS C 61000-4-11** 第4-11部：試験及び測定技術－電圧ディップ、短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ試験

**JIS C 61000-4-16** 第4-16部：試験及び測定技術－直流から150kHzまでの伝導コモンモード妨害に対するイミュニティ試験

**JIS C 61000-4-20** 第4-20部：試験及び測定技術－TEM（横方向電磁界）導波管のエミッション及びイミュニティ試験

**JIS C 61000-4-22** 第4-22部：試験及び測定技術－全電波無響室(FAR)における放射エミッション及びイミュニティ試験

**JIS C 61000-4-34** 第4-34部：試験及び測定技術－1相当たりの入力電流が16Aを超える電気機器の電圧ディップ、短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ試験

**JIS C 61000-6-1** 第6-1部：共通規格－住宅、商業及び軽工業環境におけるイミュニティ

**JIS C 61000-6-2** 第6-2部：共通規格－工業環境におけるイミュニティ

C 61000-4-5 : 2018 (IEC 61000-4-5 : 2014)

白 紙

(4)

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されています。

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。

日本工業規格

JIS

C 61000-4-5 : 2018

(IEC 61000-4-5 : 2014)

## 電磁両立性－第4-5部：試験及び測定技術－ サージイミュニティ試験

Electromagnetic compatibility (EMC)－Part 4-5: Testing and measurement  
techniques—Surge immunity test

### 序文

この規格は、2014年に第3版として発行された IEC 61000-4-5 を基に、技術的内容及び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

この規格は、電力系統における開閉及び雷の過渡現象による過電圧によって発生する単極性（正又は負）のサージに対する、イミュニティ要求事項及び試験方法について規定する。これらの要求事項は、電気・電子装置に適用し、異なる環境及び設置状態に関する幾つかの試験レベルの範囲を規定する。この規格の目的は、サージにさらされた場合の電気・電子装置のイミュニティを評価するための、共通の基準を確立することにある。この規格では、装置又はシステムのイミュニティを評価するために、定義した現象に対して一貫性のある試験方法を規定している。

**注記 1** この規格は、IEC Guide 107 で記載しているように、製品規格を作成するときに用いる基本 EMC 規格である。また、製品規格委員会は、このイミュニティ試験規格を適用すべきかどうかを決定する責任をもつ。さらに、適用する場合、適切な試験レベル及び性能評価基準を決める責任がある。基本 EMC 規格作成委員会は、それらの製品に対する特定のイミュニティ試験値の評価について、製品規格委員会と協力する用意がある。

この規格では、次の事項を規定する。

- 試験レベルの範囲
- 試験装置
- 試験セットアップ
- 試験手順

この規格で規定する試験の目的は、開閉及び雷の影響によって発生するサージ電圧に対して、規定する動作条件での EUT の反応を見いだすことである。

高電圧ストレスに対する EUT の絶縁性能を試験することは、意図していない。この規格では、雷電流の直接注入、すなわち、直撃雷は、考慮していない。

**注記 2** 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 61000-4-5:2014, Electromagnetic compatibility (EMC)－Part 4-5: Testing and measurement  
techniques—Surge immunity test (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。

## 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。この引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**JIS C 60050-161** EMCに関するIEV用語

**注記** 対応国際規格：**IEC 60050-161**, International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161:  
Electromagnetic compatibility

## 3 用語、定義及び略語

### 3.1 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、**JIS C 60050-161**によるほか、次による。

#### 3.1.1

**アバランシェ素子** (avalanche device)

指定した電圧でブレークダウン及び導通するように設計したダイオード、ガスアレスタ、その他の部品。

#### 3.1.2

**校正** (calibration)

規定する条件で基準に照らして、表示値と測定値との間の関連性を確立するための一連の作業。

**注記 1** この用語は、“不確かさ”に関連する（附属書Fを参照）。

**注記 2** 表示値と測定値との間の関連性は、通常、校正ダイヤグラムで説明することができる。

[IEC 60050-311:2001, 311-01-09 参照]

#### 3.1.3

**クランプ素子** (clamping device)

指定値を超える印加電圧を制限するように設計したダイオード、バリスタ、その他の部品。

#### 3.1.4

**コンビネーション波形発生器、CWG** (combination wave generator)

1.2/50 μs又は10/700 μsの開回路電圧波形、及び8/20 μs又は5/320 μsの短絡電流波形をそれぞれ備える発生器。

#### 3.1.5

**結合回路網、CN** (coupling network)

一つの回路からほかの回路へエネルギーを伝達させる目的をもつ電気回路。

#### 3.1.6

**結合・減結合回路網、CDN** (coupling/decoupling network)

結合回路網及び減結合回路網の両方を一つの箱に収めた電気回路。

#### 3.1.7

**減結合回路網、DN** (decoupling network)

EUTに印加するサージが、試験対象外の機器、装置又はシステムに影響することを防止するための電気回路。

### 3.1.8

持続時間 (duration)

#### 3.1.8.1

持続時間 (サージ電圧の場合),  $T_d$  (duration)

サージ電圧の瞬時値が、最初にピーク値の 50 %に達してから、次のピーク値の 50 %に達するまでの時  
間間隔 (図 2 及び図 A.2 の  $T_w$  と等しい値)。

#### 3.1.8.2

持続時間 (8/20 μs サージ電流の場合),  $T_d$  (duration)

サージ電流の瞬時値が、最初にピーク値の 50 %に達してから、次のピーク値の 50 %に達するまでの時  
間間隔に 1.18 を乗じた仮想パラメータ (図 3 の  $T_w$  に 1.18 を乗じた値)。

#### 3.1.8.3

持続時間 (5/320 μs サージ電流の場合),  $T_d$  (duration)

サージ電流の瞬時値が、最初にピーク値の 50 %に達してから、次のピーク値の 50 %に達するまでの時  
間間隔 (図 A.3 の  $T_w$  に等しい値)。

### 3.1.9

実効出力インピーダンス (effective output impedance)

サージ発生器の同じ出力ポートでのピーク短絡電流に対するピーク開回路電圧の比。

### 3.1.10

(削除)

注記 対応国際規格で定義する“電気設備 (electrical installation)”は、この規格では用いていないた  
め不採用とした。

### 3.1.11

フロントタイム (front time)

#### 3.1.11.1

フロントタイム (サージ電圧の場合),  $T_f$  (front time)

サージ電圧がピーク値の 30 %における時間と 90 %における時間との時間間隔  $T$  に 1.67 を乗じた仮想パ  
ラメータ (図 2 及び図 A.2 の  $T$  に 1.67 を乗じた値)。

#### 3.1.11.2

フロントタイム (サージ電流の場合),  $T_f$  (front time)

サージ電流がピーク値の 10 %と 90 %となるときの時間間隔  $T_f$  に 1.25 を乗じた仮想パラメータ (図 3  
及び図 A.3 の  $T_f$  に 1.25 を乗じた値)。

### 3.1.12

高速通信線 (high-speed communication lines)

100 kHz を超える伝送周波数で動作する入出力線。

### 3.1.13

イミュニティ (immunity)

電磁妨害が存在する環境で、機器、装置又はシステムが性能低下せずに動作することができる能力。

[JIS C 60050-161-01-20]

### 3.1.14

相互接続線 (interconnection lines)

I/O 線（入出力線）、通信線、及び／又は低電圧直流入出力線（60 V 以下）。ここで、低電圧直流入出力線とは、二次回路（交流電源から分離されている。）に、過渡的な過大電圧の影響を受けないもの（例えば、確実に接地接続されている、リップルの振幅が直流成分の 10 %未満の容量性フィルタをもつ直流二次回路など）との接続線をいう。

### 3.1.15

#### 電源ポート（power port）

装置の動作（機能）又は関連する装置を接続するために必要な一次電源を伝達する導体又はケーブルのポート。

### 3.1.16

#### 一次保護（primary protection）

強力なエネルギーの大半が、特定のインターフェースを越えて伝わることを防止する手段。

### 3.1.17

#### 基準グラウンド（reference ground）

あらゆる接地接続の影響も受けない、通常ゼロ電位で、かつ、導電性がある大地の一部。

[IEC 60050-195:1998, 195-01-01]

### 3.1.18

#### 立ち上がり時間、 $T_r$ （rise time）

サーボの瞬時値が最初にピーク値の 10 %に到達し、その後、90 %に到達するまでの時間間隔（図 3 及び図 A.3 参照）。

[JIS C 60050-161-02-05, 修正]

### 3.1.19

#### 二次保護（secondary protection）

一次保護を通過したエネルギーを抑制する手段。

注記 二次保護は、特別のデバイス又は EUT 固有の特性の場合がある。

### 3.1.20

#### サーボ（surge）

急激な上昇の後に緩やかに減少する特徴をもったライン又は回路を伝達する電流、電圧又は電力の過渡的波形。

[JIS C 60050-161-08-11, 修正]

### 3.1.21

#### 対称線（symmetrical lines）

ディファレンシャルモードからコモンモードへの変換損失が 20 dB を超える、対称的に駆動する一対の導体。

### 3.1.22

#### システム（system）

指定する機能を行うことによって、与えられた目的を達成するために構成する相互依存する要素のセット。

注記 システムは、環境及びほかの外部システムとの結合を分離する仮想の境界によって、環境及びほかの外部システムから切り離して考えている。これらの結合を通じて、システムは、環境によって影響を受けるか、外部システムによって影響されるか、又はシステム自身が環境若しく

は外部システムに影響を与える。

### 3.1.23

#### 過渡現象 (transient)

対象とする時間スケールに比べて短い時間間隔で、二つの連続する定常状態の間を変化する現象若しく  
は量に関係するもの、又はその呼称。

[JIS C 60050-161-02-01]

### 3.1.24

#### 検証 (verification)

試験装置システム（例えば、試験発生器及びその相互接続しているケーブル）を確認し、この試験シス  
テムが機能することを証明する一連の作業。

注記 1 検証の方法は、校正の方法と異なってもよい。

注記 2 この定義は、IEC 60050-311 (IEV 311-01-13) に規定する定義と異なっている。

### 3.2 略語

AE	補助装置 (Auxiliary equipment)
CD	結合デバイス (Coupling device)
CDN	結合・減結合回路網 (Coupling/decoupling network)
CLD	クランプ素子 (Clamping device)
CN	結合回路網 (Coupling network)
CWG	コンビネーション波形発生器 (Combination wave generator)
DN	減結合回路網 (Decoupling network)
EFT/B	電気的ファストトランジエント／バースト (Electrical fast transient/burst)
EMC	電磁両立性 (Electromagnetic compatibility)
ESD	静電気放電 (Electrostatic discharge)
EUT	供試装置 (Equipment under test)
GDT	ガス入り放電管 (Gas discharge tube)
MU	測定不確かさ (Measurement uncertainty)
PE	保護接地 (Protective earth)
SPD	サージ保護デバイス (Surge protective device)

## 4 一般

### 4.1 電力系統の開閉過渡現象

電力系統における開閉の過渡現象は、その関連する過渡現象によって次のように分類できる。

- a) コンデンサバンクの開閉のような、主電源系の開閉妨害。
- b) 配電系統における、小さな局所的開閉動作又は負荷変動。
- c) サイリスタ、トランジスタなどの半導体デバイスに起因する共振。
- d) 設備の接地系統に対する短絡及び放電故障のような、各種のシステム故障。

### 4.2 雷の過渡現象

雷がサージ電圧を発生する主なメカニズムは、次による。

- a) 外部（屋外）回路への直撃雷によって、接地抵抗又は外部回路のインピーダンスのいずれかに大電流  
が流れることで電圧が誘起する。

- b) 間接的な雷撃（雲と雲との間、雲の内部、又は近くの物体への雷撃によって発生する電磁界）によつて、建物の外側及び／又は内側の導体に、電圧又は電流を誘起する（誘導雷）。
- c) 近くの大地へ直接放電する雷によって、大地電流が設備の接地系統の共通接地経路に流れ込む。雷保護デバイスが作動するときに発生する電圧及び電流の流れの急激な変化は、隣接した装置に電磁妨害を誘起することがある。

#### 4.3 過渡現象のシミュレーション

試験発生器は、できるだけ正確に 4.1 及び 4.2 に記載した現象を模擬する。

妨害源が同一回路内、例えば、電源供給回路内にある場合（直接結合）、発生器は、EUT のポートにおいて低インピーダンス源を模擬する。

妨害源が同一回路内にない場合（間接結合）、発生器は、高インピーダンス源を模擬する。

### 5 試験レベル

推奨する試験レベルは、表 1 による。

表 1－試験レベル

レベル	開回路試験電圧 kV	
	ライン－ライン間	ライン－グラウンド間 <sup>b)</sup>
1	—	0.5
2	0.5	1.0
3	1.0	2.0
4	2.0	4.0
X <sup>a)</sup>	特殊	特殊

<sup>a)</sup> X は任意のレベルで、ほかのレベルよりも高い若しくは低い、又はレベル間とすることができる。このレベルは、装置仕様に明確に記載する。

<sup>b)</sup> 対称的な相互接続線は、グラウンド（すなわち、ライン－グラウンド間）に対して、同時に複数のラインに試験できる。

試験レベルは、設置条件に従って選択する。その設置条件の分類は、附属書 C に示す。

試験は、選択した試験レベル、及び表 1 に規定する下位の全ての試験レベルで行う（8.3 参照）。

各種のインターフェースに対する試験レベルは、附属書 B を参照して選択する。

### 6 試験装置

#### 6.1 一般

この規格では、2種類の CWG を規定する。それぞれの発生器は、試験ポートの種類に応じて適用する。10/700 μs CWG は、屋外用の対称通信線へ接続することを意図する試験ポートに用いる（附属書 A 参照）。1.2/50 μs CWG は、ほかの全ての場合に用いる。

#### 6.2 1.2/50 μs CWG

##### 6.2.1 一般

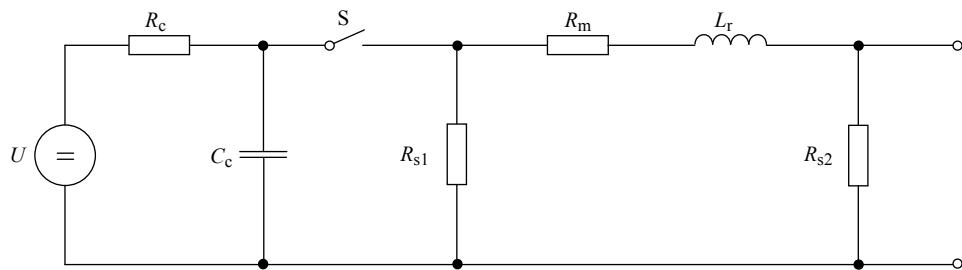
この CWG は、出力波形が EUT に印加する箇所で仕様を満たすことを意図している。これらの波形は、開回路電圧及び短絡電流として規定し、EUT を接続せずに測定する。EUT の交流又は直流電源線にサージを印加する場合、電源線に印加する CDN の出力波形は、表 4、表 5 及び表 6 を満足させる。CWG 出力端

子から直接サージを印加する場合、出力波形は、EUT を接続しない状態で、表2を満足させる。これらの波形は、EUTだけに印加する場合であり、CWG出力及びCDNの出力を同時に満足することは意図していない。

CWGは、次のサージを発生することを意図している。

- 開回路電圧のフロントタイム： 1.2 μs
- 開回路電圧の持続時間： 50 μs
- 短絡電流のフロントタイム： 8 μs
- 短絡電流の持続時間： 20 μs

CWGの簡易回路図を、図1に示す。各種の構成部品  $R_{s1}$ ,  $R_{s2}$ ,  $R_m$ ,  $L_r$  及び  $C_c$  の値は、CWGが1.2/50 μs 開回路電圧サージ及び8/20 μs 短絡電流サージを出力するように選択する。



- $U$  : 高電圧源  
 $R_c$  : 充電抵抗  
 $C_c$  : エネルギー蓄積コンデンサ  
 $R_{s1}, R_{s2}$  : サージ幅形成抵抗  
 $R_m$  : インピーダンス整合抵抗  
 $L_r$  : 立ち上がり時間形成インダクタ  
 $S$  : 放電スイッチ

図1—CWGの簡易回路図

CWGの同じ出力ポートのピーク開回路出力電圧とピーク短絡電流との比は、実効出力インピーダンスとみなす。このCWGでは、実効出力インピーダンスは、 $2\Omega$ となる。

CWGの出力をEUTに接続している場合、電圧及び電流の波形は、EUTの入力インピーダンスの影響を受ける。サージをEUTに印加している間、この入力インピーダンスは、次のような場合に変化することがある。

- a) 取り付けた保護デバイスが正常に動作した場合。
- b) 保護デバイスがない又は動作しない状態で、次のいずれかが発生した場合。
  - フラッシュオーバ
  - EUTの部品破壊

したがって、負荷によって決まる1.2/50 μs電圧波形及び8/20 μs電流波形は、一つの発生器(CWG)で出力する。

## 6.2.2 CWGの性能特性

CWGの性能特性は、次による。

- 極性 正及び負

- － 位相シフト EUT の交流電源ラインの位相角  $0^\circ \sim 360^\circ$  の範囲。許容差は、 $\pm 10^\circ$ 。
  - － 繰返し率 1分間に1回以上
  - － ピーク開回路出力電圧 0.5 kV から要求試験レベルまで可変である。
  - － サージ電圧波形 表2及び図2参照
  - － 出力電圧の許容差  $\pm 10\%$
  - － ピーク短絡出力電流 ピーク開回路出力電圧の設定によって決まる（表2及び表3参照）。
  - － サージ電流波形 表2及び図3参照
- 注記** 時間のパラメータは、 $10\Omega$ の抵抗を取り付けていないCWGの出力の短絡電流での値を示す(6.3  
参照)。
- － 短絡出力電流の許容差  $\pm 10\%$

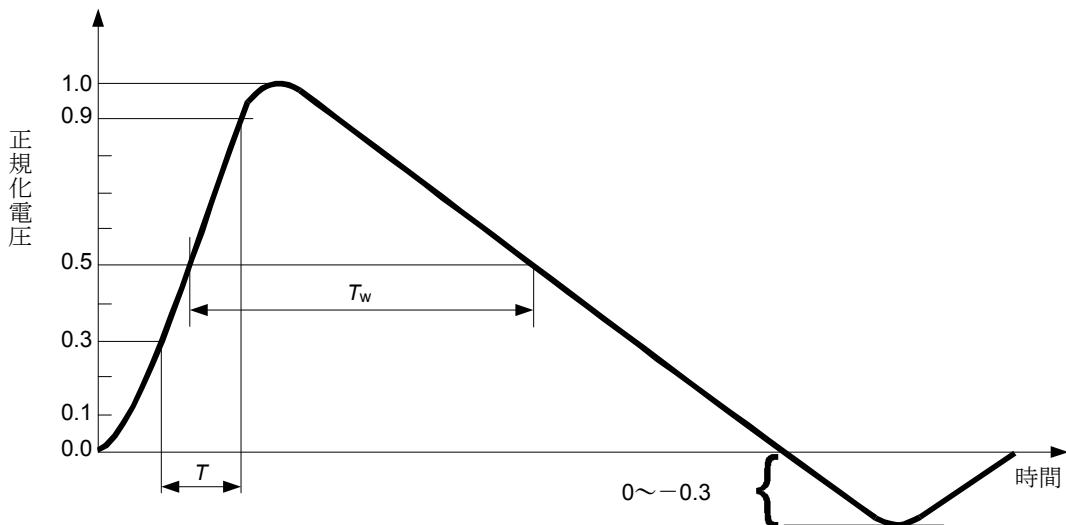
表2-1.2/50 μs 及び 8/20 μs の波形パラメータ

	フロントタイム $T_f$ μs	持続時間 $T_d$ μs
開回路電圧	$T_f = 1.67 \times T = 1.2 \pm 30\%$	$T_d = T_w = 50 \pm 20\%$
短絡電流	$T_f = 1.25 \times T_f = 8 \pm 20\%$	$T_d = 1.18 \times T_w = 20 \pm 20\%$

表3-ピーク開回路出力電圧とピーク短絡出力電流との関係

CWG出力のピーク開回路出力電圧 kV	CWG出力のピーク短絡出力電流 kA
0.5	0.25
1.0	0.5
2.0	1.0
4.0	2.0

CWGの出力端子は、非接地状態で出力する。



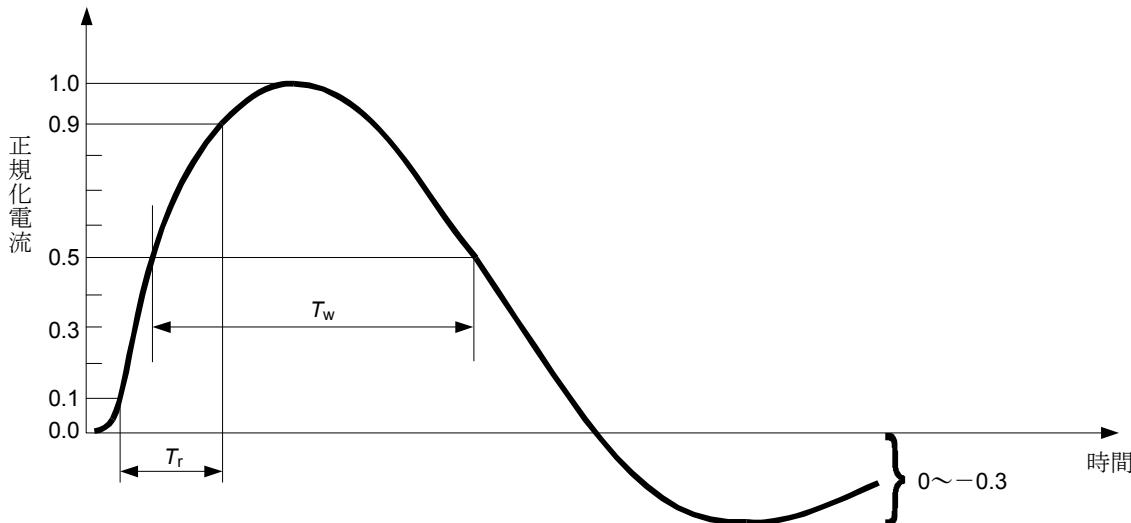
フロントタイム： $T_f = 1.67 \times T = 1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$

サージ電圧の持続時間： $T_d = T_w = 50 \mu\text{s} \pm 20\%$

注記 値 1.67 は、0.3 と 0.9 の差 (0.6) の逆数である。

図 2—CDN を接続しないときの CWG 出力での開回路電圧 (1.2/50 μs) の波形

アンダーシュート(立ち下がり波形の基線を超える振幅)の図 2 及び図 3 に示す 0~−0.3 の規定は、CWG の出力だけに適用する。CDN の出力には、アンダーシュート又はオーバーシュート(立ち上がり波形目標値を超える振幅)の制限はない。



フロントタイム： $T_f = 1.25 \times T_r = 8 \mu\text{s} \pm 20\%$

サージ電流の持続時間： $T_d = 1.18 \times T_w = 20 \mu\text{s} \pm 20\%$

注記 1 値 1.25 は、0.1 と 0.9 の差 (0.8) の逆数である。

注記 2 値 1.18 は、実験値に基づく。

図 3—CDN を接続しないときの CWG 出力での短絡電流 (8/20 μs) の波形

アンダーシュートの規定は、CWG の出力だけに適用する。CDN の出力には、アンダーシュート又はオーバーシュートの制限はない。

### 6.2.3 CWG の校正

試験発生器は、この規格の要求事項を満たすために校正する。校正は、次の手順による（**附属書 G** も参照）。

CWG の出力は、波形の特性を観測するための電圧及び電流の仕様に十分な帯域幅をもつ測定システムに接続する。サージ波形の帯域幅に関する情報を、**附属書 E** に示す。

短絡電流の測定に電流プローブを用いる場合、磁気コアが飽和しないものを選択することが望ましい。プローブの低域カットオフ周波数（-3 dB）は、100 Hz 未満が望ましい。

CWG の特性は、同じ試験電圧で、開回路（10 kΩ 以上の負荷）及び短絡の双方の状態で、出力に直列に接続した 18 μF の外付けのコンデンサを介して測定する。

18 μF のコンデンサを CWG に内蔵している場合、18 μF の外付けのコンデンサは、必要ない。

**6.2.2** に規定する全ての性能及び特性は、位相シフトを除き、CWG の出力で満足することを確認する。位相シフトの性能は、CDN 出力のそれぞれの極性で 0°, 90°, 180° 及び 270° で満足することを確認する。

**注記** 試験セットアップの要求事項に従って、2 Ω から例えば 12 Ω 又は 42 Ω に信号源の実効出力インピーダンスを増加させるために、CWG 出力に内部又は外部に抵抗を追加する場合は、CN の出力で試験サージのフロントタイム及び持続時間は、大きく変化してもよい。

## 6.3 CDN

### 6.3.1 一般

CDN は、**図 5**～**図 11** の例に示すように、結合回路網（CN）と減結合回路網（DN）とで構成する。

**注記** 結合抵抗及び／又はコンデンサは、CDN に内蔵しても、CWG に内蔵しても、又は外付けの部品としてもよい。

交流又は直流電源線において、DN は、サージに対して相対的に高いインピーダンスとなるが、同時に EUT に交流又は直流が流れる。このインピーダンスは、CDN の EUT 出力端における規定のサージの発生を妨げず、かつ、交流又は直流電源側へそのサージ電流が流入することを防止する。CN には、波形の持続時間全体にわたり EUT への結合ができる十分な性能をもった高圧コンデンサを用いる。交流又は直流電源へ接続する CDN は、開回路電圧波形及び短絡電流波形のそれぞれが、**表 4**, **表 5** 及び**表 6** に規定する要求事項を満足するように設計する。

I/O 線及び通信線は、DN の直列インピーダンスによって、データ転送が可能な帯域幅を制限することができる。結合素子は、線路に容量性負荷を付けてもよい場合にはコンデンサ、それ以外の場合にはクランプ素子又はアレスタを用いる。相互接続線に結合する場合、**6.3.3** に規定する結合メカニズムによって、サージ波形がひずむことがある。

CDN は、**6.3.2** 及び **6.3.3** の要求事項並びに **6.4** の校正の要求事項に満足させる。また、CDN は、**図 4** のフローチャートを用いて選択する。

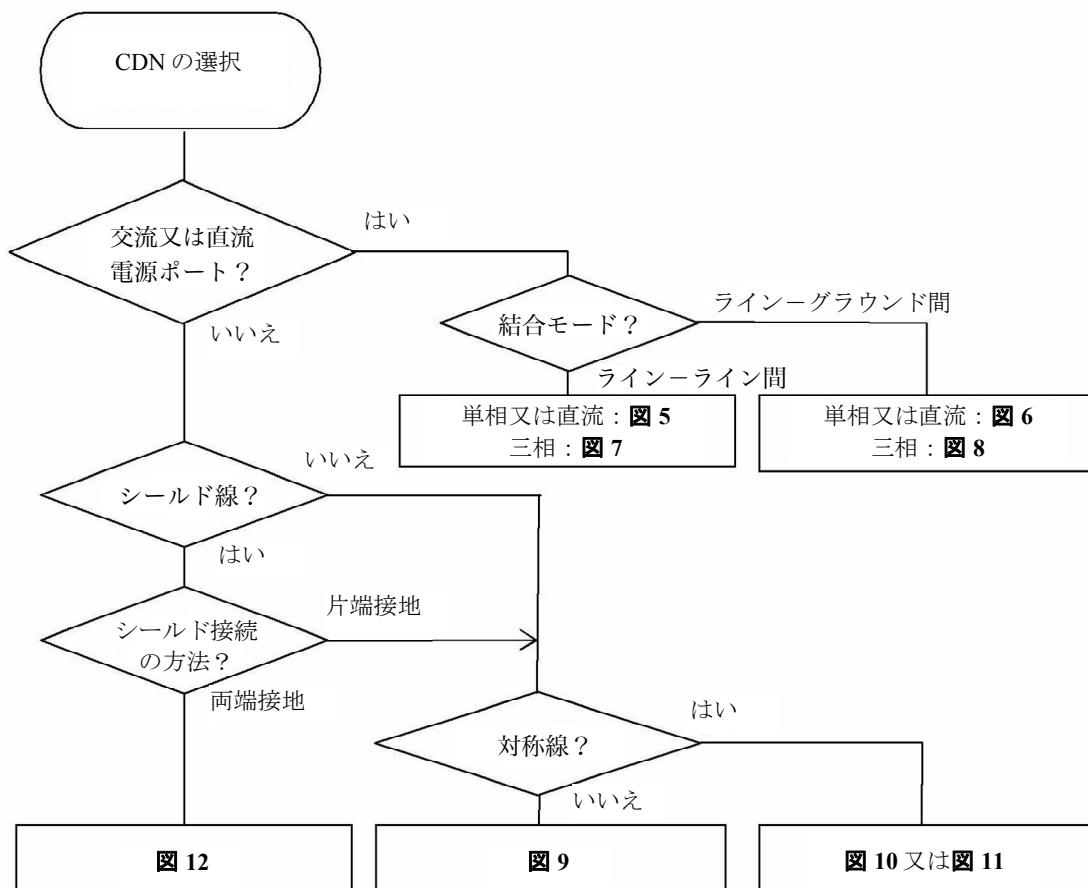


図 4—CDN の選択方法

### 6.3.2 1相当たりの定格が 200 A 以下の交流又は直流電源回路のための CDN

ピーク値、フロントタイム及び持続時間は、EUT 出力ポートで、開回路電圧及び短絡電流に対して検証する。CDN の EUT ポートで測定する波形パラメータは、CWG に依存する。試験した特定の CWG と CDN との組合せに対してだけ有効である。30 % のアンダーシュートの規定は、CWG 出力だけに適用する。CDN の出力には、アンダーシュート又はオーバーシュートの制限はない。CDN の出力波形を観測するときは、十分な帯域幅、電圧及び電流の定格をもつ測定システムに CDN を接続する。

減結合インダクタンスは、CDN の定格電流での CDN による電源電圧降下が、CDN 入力電圧の 10 % 以下になるように、CDN の製造業者が選択する。ただし、1.5 mH を超えないことが望ましい。

CDN での不要な電源電圧降下を防止するために、定格が 16 A を超える CDN の場合は、減結合素子のインダクタンス値を減らす。結果として、無負荷での開回路電圧波形のピーク電圧及び持続時間は、表 4、表 5 及び表 6 に従った許容範囲内で変化してもよい。大電流の EUT は、インピーダンスがより低いため、サージは、短絡状態のときに近い。したがって、大電流 CDN にとっては、電流波形が重要となる。電圧波形の大きな許容差は、許容できる。

表4-CDNのEUTポートでの電圧波形規定

開回路状態でのサージ電圧パラメータ <sup>a)</sup>		結合インピーダンス	
ピーク電圧	定格電流が16 A以下	18 μF (ラインーライン間)	9 μF+10 Ω (ラインーグラウンド間)
	定格電流が16 A超32 A以下	設定電圧の ${}^{+10}_{-10}\%$	設定電圧の ${}^{+10}_{-10}\%$
	定格電流が32 A超63 A以下	設定電圧の ${}^{+10}_{-10}\%$	設定電圧の ${}^{+10}_{-15}\%$
	定格電流が63 A超125 A以下	試験電圧の ${}^{+10}_{-10}\%$	設定電圧の ${}^{+10}_{-20}\%$
	定格電流が125 A超200 A以下	設定電圧の ${}^{+10}_{-10}\%$	設定電圧の ${}^{+10}_{-25}\%$
	フロントタイム	1.2 μs±30 %	1.2 μs±30 %
持続時間	定格電流が16 A以下	50 μs ${}^{+10}_{-10}$ μs	50 μs ${}^{+10}_{-25}$ μs
	定格電流が16 A超32 A以下	50 μs ${}^{+10}_{-15}$ μs	50 μs ${}^{+10}_{-30}$ μs
	定格電流が32 A超63 A以下	50 μs ${}^{+10}_{-20}$ μs	50 μs ${}^{+10}_{-35}$ μs
	定格電流が63 A超125 A以下	50 μs ${}^{+10}_{-25}$ μs	50 μs ${}^{+10}_{-40}$ μs
	定格電流が125 A超200 A以下	50 μs ${}^{+10}_{-30}$ μs	50 μs ${}^{+10}_{-45}$ μs
注記 この表の定格電流は、CDNの定格値である。			
注 <sup>a)</sup> サージ電圧パラメータの測定は、CDNの交流又は直流電源入力ポートを開回路状態にして行う。			

表5-CDNのEUTポートでの電流波形規定

短絡状態での サージ電流パラメータ <sup>a)</sup>	結合インピーダンス	
	18 μF (ラインーライン間)	9 μF+10 Ω (ラインーグラウンド間)
フロントタイム	$T_f=1.25 \times T_r=8 \mu s \pm 20\%$	$T_f=1.25 \times T_r=2.5 \mu s \pm 30\%$
持続時間	$T_d=1.18 \times T_w=20 \mu s \pm 20\%$	$T_d=1.04 \times T_w=25 \mu s \pm 30\%$ <sup>b)</sup>
注 <sup>a)</sup> サージ電流パラメータの測定は、CDNの交流又は直流電源入力ポートを開回路状態にして行う。		
注 <sup>b)</sup> 1.04の値は、実験値に基づく。		

表6-CDNのEUTポートでのピーク開回路出力電圧とピーク短絡出力電流との関係

CDNのEUTポートでのピーク 開回路出力電圧 $\pm 10\%$ kV	CDN(18 μF)のEUTポート でのピーク短絡出力電流 $\pm 10\%$ kA	CDN(9 μF+10 Ω)のEUTポート でのピーク短絡出力電流 $\pm 10\%$ A
0.5	0.25	41.7
1.0	0.5	83.3
2.0	1.0	166.7
4.0	2.0	333.3

1相当たりの定格入力電流が200 Aを超えるEUTについては、**附属書H**を参照する。

この単相系（ライン、中性線及び保護接地）の特性は、三相系（三相線、中性線及び保護接地）に対しても適用できる。

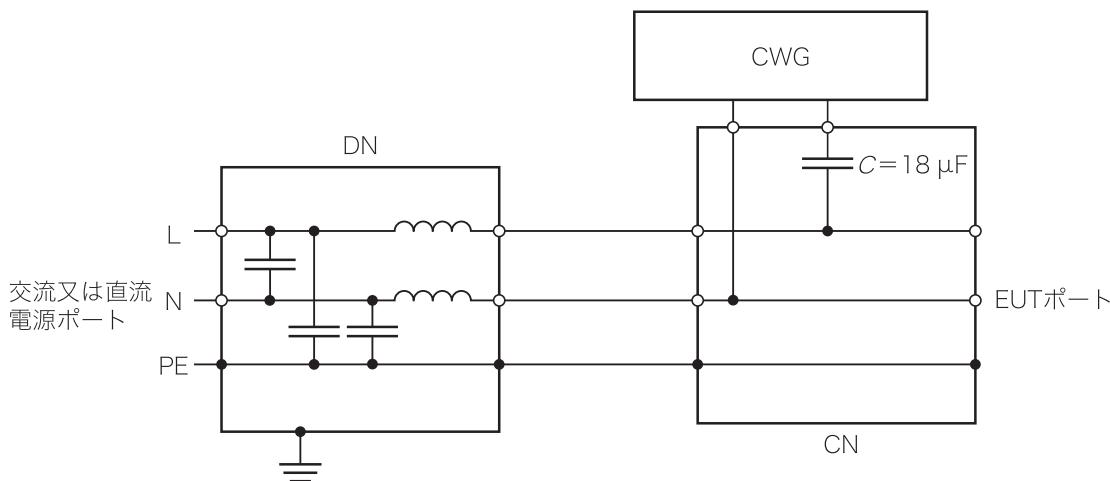


図 5－交流又は直流電源線への容量結合に対する CN 及び DN の例  
ライン－ライン間結合

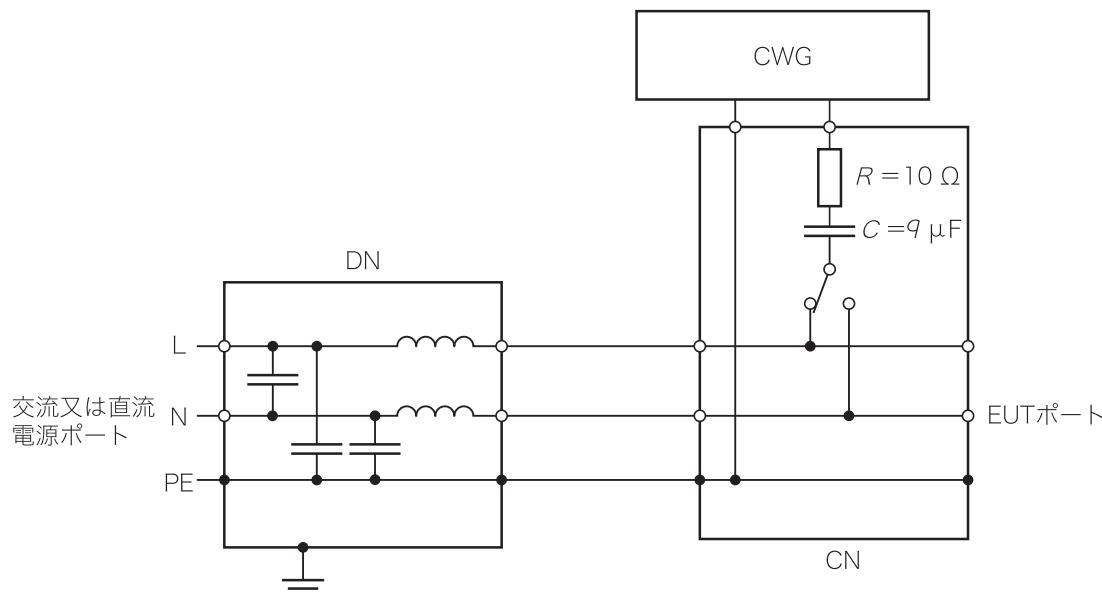
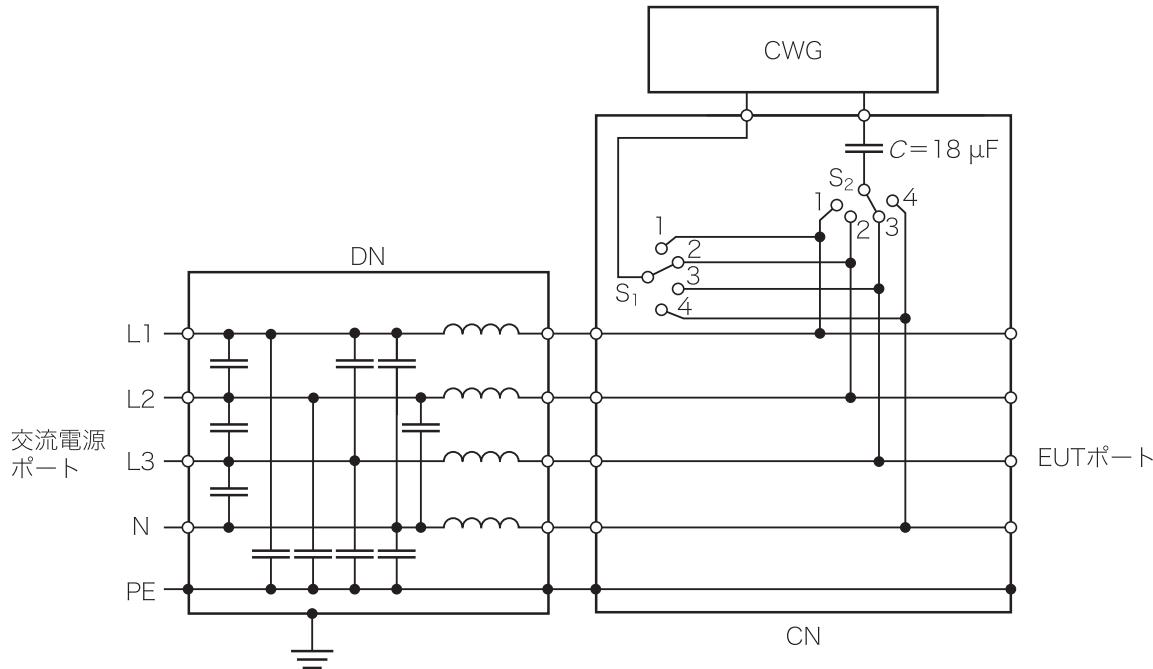


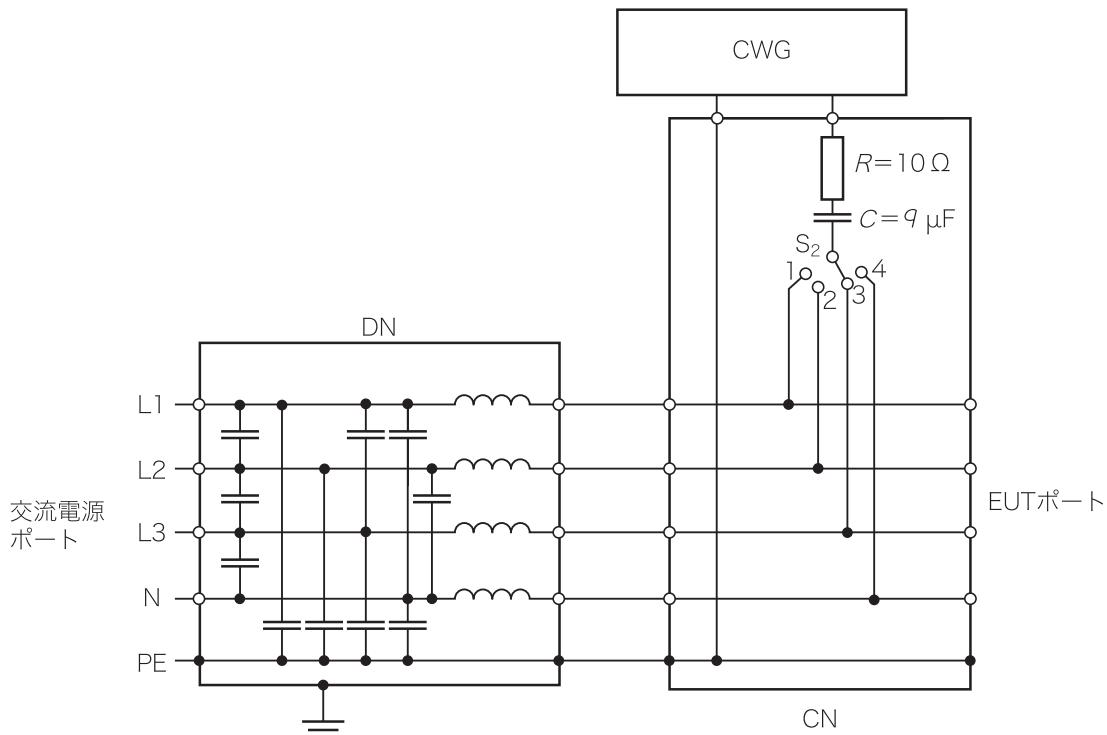
図 6－交流又は直流電源線への容量結合に対する CN 及び DN の例  
ライン－グラウンド間結合



スイッチ  $S_1$  及び  $S_2$ ：印加線の選択（1～4）

試験中、スイッチ  $S_2$  の位置は、 $S_1$  と同じ位置ではない。

図 7－交流電源線（三相）への容量結合に対する CN 及び DN の例  
L2 ラインーL3 ライン間結合



スイッチ  $S_2$ ：印加線の選択（1～4）

図 8－交流電源線（三相）への容量結合に対する CN 及び DN の例  
L3 ラインーグラウンド間結合

### 6.3.3 相互接続線用 CDN

#### 6.3.3.1 一般

6.3.3 では、**附属書 A** に規定する広域分散システムに相互接続することを意図した屋外用非シールド対称通信線を除く、全ての種類の相互接続線用 CDN について規定する。

結合方法は、相互接続ケーブルの種類、回路、及び製品仕様又は製品規格に従った動作条件の機能で選択する。

非シールド線への結合には、相互接続線と CWG との間を確実に分離し、かつ、サージを十分に伝送する CD を必要とする。

結合及び絶縁機能を満足するコンデンサ又はガスアレスタのようなあらゆる CD を用いてもよい。

コンデンサを用いた結合は、サージ波形を完全に維持するが、高速のデータ伝送のフィルタリング効果によって影響を与える場合がある。

ガスアレスタのようなアバランシェ素子は、低い寄生容量をもつため、ほとんどの種類の相互接続線に接続してもよい。アバランシェ素子の動作電圧は、できるだけ低いものを選択するが、試験するラインの最大動作電圧よりも高くする。

全ての CDN は、**6.4** の校正要求事項に満足させる。

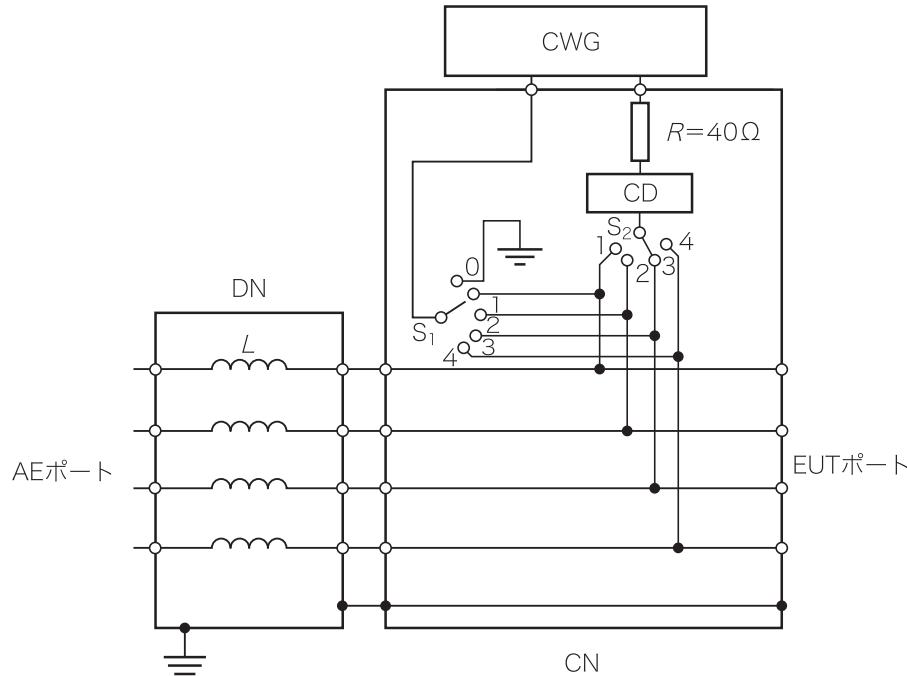
信号線が対称である場合、電流補償インダクタ（コモンモードチョークコイル）を、DN に用いる。

AE 側の必要な減結合性能は、仕様に従って、用いる減結合素子（コイル、抵抗、コンデンサ、ガス充填チューブ、クランプ素子など）を決定する。減結合素子は、減結合性能及び AE の保護が最適であることを確実にするために、適切に選択する。

#### 6.3.3.2 非シールド非対称相互接続線に対する結合・減結合サージ

非シールド非対称相互接続線への結合は、ラインーライン間及びラインーグラウンド間の両方が試験できる。減結合には、1相当たり一つの減結合用チョークコイルを備える。

非シールド非対称相互接続線に対する CDN の例を、図 9 に示す。



- 1) スイッチ  $S_1$ 
  - ラインーグラウンド間：位置0
  - ラインーライン間：位置1～4
- 2) スイッチ  $S_2$ ：印加相互接続線の選択：位置1～4。ただし、スイッチ  $S_1$ と同じ位置ではない。  
注記 CDについては、表8参照。

図9－非シールド非対称相互接続線に対するCN及びDNの例  
ラインーライン間及びラインーグラウンド間結合

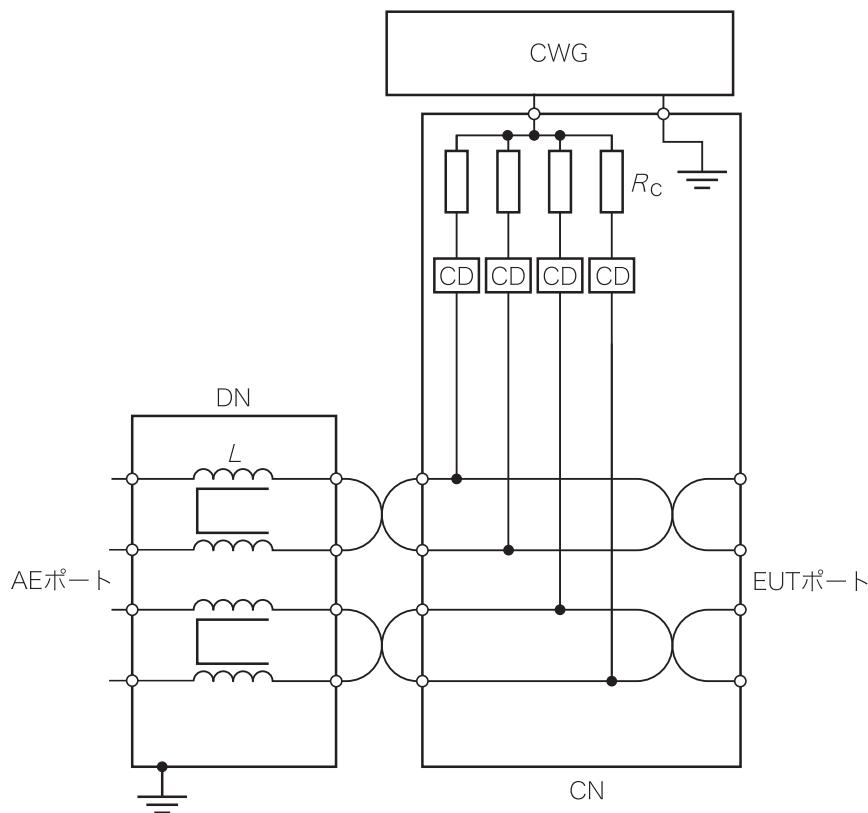
### 6.3.3.3 非シールド対称相互接続線に対するCDN

シールドがない配線の性質から、対称相互接続線（ツイストペア）への結合は、常にコモンモード、すなわち、全ラインとグラウンドとの間の結合である。

CWGからEUTへのエネルギー伝送は、ケーブルのライン数に依存せず一定であり、約 $40\Omega$ の結合インピーダンスと等価であるとみなす。この等価の結合インピーダンスは、ケーブル内の複数のライン間で分割される。この理由から、ツイストペアに用いる結合抵抗の値は、それぞれ $40\Omega$ の倍数となる。この規定は、4ペア(8線)以下のケーブルに適用する。CDNは、ケーブル内のライン及びペアの数に合わせて選択する。ただし、4ペア(8線)を超えるケーブルの場合は、4ペア(8線)以下に分割して、4ペア(8線)の試験時の抵抗を用いて複数のCDNに接続する。

コモンモードチョークコイルは、高速のデータ伝送及び効率的な減結合に有効であるため用いる。

非シールド対称相互接続線に対するCDNの例を、図10に示す。



結合抵抗値  $R_C$  は、次のように算出する。

$n=4$  の例

$$R_C = 4 \times 40 \Omega = 160 \Omega$$

各結合抵抗値は、並列の合成抵抗値が  $40 \Omega$  になるように選択する。この図のポートへの試験の例では、四つの抵抗は各々  $160 \Omega$  とする。

電流補償コイル  $L$  は、効果を上げるために 4 ラインを 1 組にする場合と、2 ラインを 1 組にする場合とがある。

注記 CD については、表 10 参照。

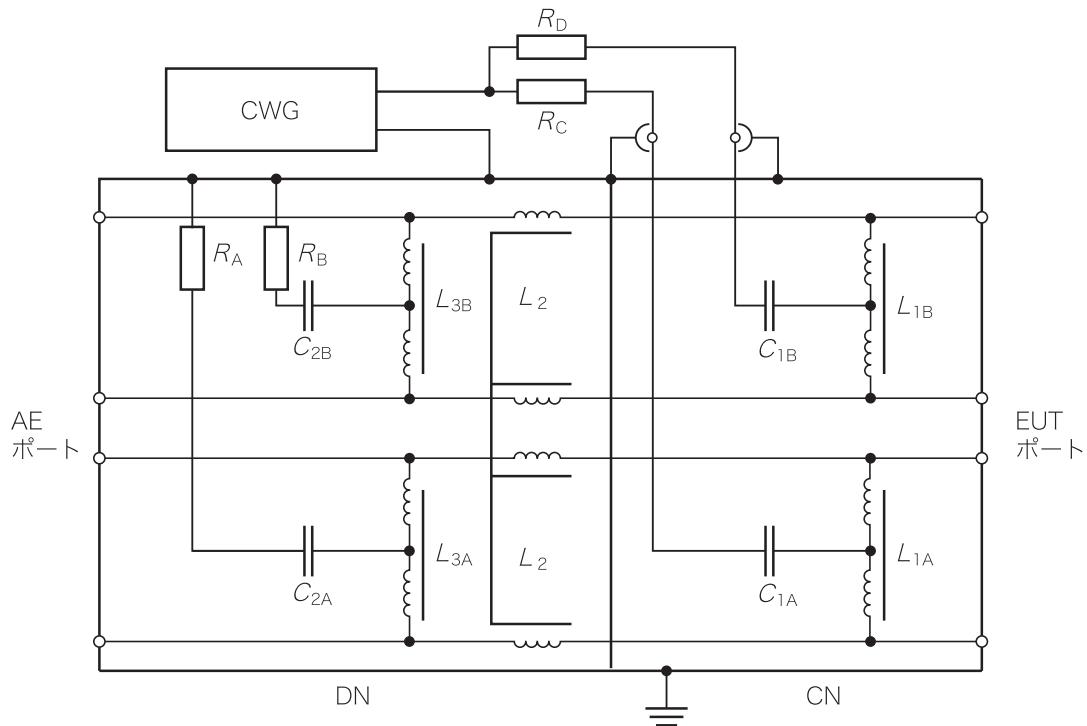
図 10—非シールド対称相互接続線に対する CN 及び DN の例

ラインーグラウンド間結合

高速通信線の相互接続線の場合、図 10 及び図 11 の例を、用いることができる。

データ伝送において結合及び減結合コンデンサのフィルタリング効果を避けるために、コモンモードチャーフコイルを用いてバランスのとれた高周波を考慮した設計が必要となる。

通信速度 1 000 Mbit/s 以下の対称相互接続線の試験における CN 及び DN の例を、図 11 に示す。



結合抵抗値及び結合容量値の算出：

$R_C$  及び  $R_D$ ：結合抵抗値は、並列の合成抵抗値が  $40 \Omega$  になるように選択する。例えば、2ペアのポートを試験する場合、二つの抵抗は各々  $80 \Omega$  とする。4ペアのポートを試験する場合、四つの抵抗は各々  $160 \Omega$  とする。

$R_A$ ,  $R_B$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  及び  $L_3$ ：全ての素子は、サージ波形の要求事項に整合するよう選択する。

図 11—非シールド対称相互接続線の CN 及び DN の例  
 コンデンサによるラインーグラウンド間結合

CDN の影響によって EUT における通常の機能が達成できない場合、製品規格で適切な運用を規定するか、又はサージイミュニティ試験を実施しないことを規定することが望ましい。

#### 6.4 CDN の校正

##### 6.4.1 一般

CDN は、CDN の違いによって試験結果に差異が出ないように、定期的に校正する。校正は、次の手順によって、CDN の最も重要な特性を測定する。CDN の EUT ポートで測定する波形パラメータは、CWG に依存する (CDN の校正には、6.2.3 の要求事項に適合した CWG を用いる。)。試験した特定の CWG と CDN との組合せに対してだけ有効である。

CDN の校正に用いる測定装置は、CWG の校正と同じ要求事項を適用する (6.2.3 参照)。

##### 6.4.2 1相当たりの定格が 200 A 以下の交流及び直流電源ポート用 CDN の校正

CDN の特性は、同じ試験電圧で、開回路 ( $10 \text{ k}\Omega$  以上の負荷) 及び短絡 ( $0.1 \Omega$  未満の負荷) の双方の状態で測定する。

EUT 及び電源を接続していない状態で、DN の交流及び直流電源ポートにおけるサージ印加する電源線とグラウンドとの間の残留サージ電圧の測定値が、印加した試験電圧の最大値の 15 %, 又は CDN の最大定格電圧の 2 倍のいずれか高い方を超えないことを確認する。

EUT 及び電源を接続していない状態で、サージを印加していない電源ポート側の電源線とグラウンドと

の間の不要なサージ電圧の測定値は、印加した試験電圧の最大値の15%を超えないことを確認する。

**注記** CDN の構成によって、ラインーグラウンド間への印加時に試験電圧がラインーライン間電圧に  
顕著に現れることがある。高いインピーダンスをもつEUTの場合、この電圧はラインーライン  
間の試験レベル以上に高くなることがある(7.3参照)。

交流及び直流電源ポート開放時のCDN出力は、6.3.2の表4～表6の全ての特性を満たすことを確認す  
る。

#### 6.4.3 相互接続線用 CDN の校正

##### 6.4.3.1 一般

相互接続線のCDNについても、試験と同様の構成(同じ結合素子及び減結合素子)で校正することが、  
望ましい。

EUT及びAEを外した状態で、CDNのAE側におけるサージ印加ラインとグラウンドとの間の残留サ  
ージ電圧を、測定及び記録する。

##### 6.4.3.2 非対称相互接続線用 CDN の校正

測定は、サージを一度に1線ずつ印加して行う。

表7に従って、CDNの定格に従ったEUT出力ポートにおけるサージ電圧及び電流に対するピーク値、  
フロントタイム及び持続時間を測定する。

EUT出力ポートにおけるサージ電圧及び電流を測定するために、DNのAE側入力は、PEと短絡する。  
残留電圧の値は、実際に用いるAEの仕様に基づく。したがって、この規格では、規定しない。

表7-非対称相互接続線用 CDN の校正方法の概要

項目	結合	測定	AE側	EUT側
EUT側サージ電圧	1線ずつ ラインーPE間	1線ずつ ピーク電圧、フロントタ イム及び持続時間	全てのラインをPE に短絡	開回路
EUT側サージ電流	1線ずつ ラインーPE間	1線ずつ ピーク電流、フロントタ イム及び持続時間	全てのラインをPE に短絡	短絡
EUT側サージ電圧	1線ずつ ラインーライン間	1線ずつ ピーク電圧、フロントタ イム及び持続時間	全てのラインをPE に短絡	開回路
EUT側サージ電流	1線ずつ ラインーライン間	1線ずつ ピーク電流、フロントタ イム及び持続時間	全てのラインをPE に短絡	短絡
AE側残留電圧 (保護素子含む。)	1線ずつ ラインーPE間	まとめたラインーPE間 ピーク電圧	開回路	開回路

この校正方法の目的は、素子の適切な機能、減結合用チョークコイルの飽和、DNの減結合効果、並び  
にCNの電流容量及び結合効果を確認することである。ここで規定する結合方法は、サージ電圧及び電流  
波形に影響する。この校正のためのパラメータは、表8による。

表 8—非対称相互接続線用 CDN の EUT ポートにおけるサージ波形特性

結合方法	CWG 出力 電圧 a), b)	CDN の EUT 出力 $V_{oc}$ $\pm 10\%$	電圧フロント タイム $T_f$ $T_f = 1.67 \times T_r$ $\pm 30\%$	電圧持続 時間 $T_d$ $T_d = T_w$ $\pm 30\%$	CDN の EUT 出力 $I_{sc}$ $\pm 20\%$	電流フロント タイム $T_f$ $T_f = 1.25 \times T_r$ $\pm 30\%$	電流持続 時間 $T_d$ $T_d = 1.18 \times T_w$ $\pm 30\%$
ライン-PE 間 $R : 40\Omega$ CD : 0.5 μF	4 kV	4 kV	1.2 μs	38 μs	87 A	1.3 μs	13 μs
ライン-PE 間 $R : 40\Omega$ CD : GDT	4 kV	4 kV	1.2 μs	42 μs	95 A	1.5 μs	48 μs
ライン-ライン間 $R : 40\Omega$ CD : 0.5 μF	4 kV	4 kV	1.2 μs	42 μs	87 A	1.3 μs	13 μs
ライン-ライン間 $R : 40\Omega$ CD : GDT	4 kV	4 kV	1.2 μs	47 μs	95 A	1.5 μs	48 μs

注 a) CDN の校正は、CWG の設定を 4 kV とする。CLD 及び GDT によるスイッチングノイズの影響を最小限に抑えるため、CDN の最大定格電圧が 4 kV を超える場合、CDN 校正は、最大定格電圧で行うことを推奨する。CDN の最大定格電圧が 4 kV 未満の場合、校正は、CDN の最大定格電圧で行う。この表の値は、CWG の設定を 4 kV にしたときのものであるため、短絡ピーク電流は、最大定格電圧に応じて変える。例えば、最大定格電圧が 1 kV の場合、この表の短絡電流値を 1/4 とする。

b) ガスアレスタ、クランプ又はアバランシェ素子を通した結合は、サージ波形に幾つかのスイッチングノイズが見える。最大定格電圧での校正は、フロントタイム及び持続時間の測定に対するこれらのスイッチングノイズの影響を最小にできる。

#### 6.4.3.3 対称相互接続線用 CDN の校正

校正における測定は、CDN の定格最大電圧で、表 9 に従って行う。ピーク値、フロントタイム及び持続時間は、表 9 に従って、CDN の EUT ポートで測定する。

EUT ポートのサージ電圧及び電流を測定する場合、AE ポートは、PE に短絡する。

残留電圧の値は、実際に用いる AE の仕様に基づく。したがって、この規格では、規定しない。

ペア線ともう一つのペア線との間の開回路電圧も測定することを推奨する。ペア線間同士の電圧は、平衡度が高く通信するよう設計した EUT を誤動作させる。この値の許容値は EUT の設計によって決まる。

したがって、この規格では、規定しない。

表 9—対称相互接続線用 CDN の校正手順

項目	結合	測定	AE 側	EUT 側
EUT 側のサージ電圧	全ライン-PE 間 合成抵抗 $40\Omega$ <sup>a)</sup>	全ラインをまとめて接続 ピーク電圧、フロントタイム及び持続時間	全ラインを PE に短絡	開回路 全ラインをまとめて接続
EUT 側のサージ電流	全ライン-PE 間 合成抵抗 $40\Omega$ <sup>a)</sup>	全ラインをまとめて接続 ピーク電圧、フロントタイム及び持続時間	全ラインを PE に短絡	全ラインを PE に 短絡
AE 側の残留電圧 (保護素子含む。)	全ライン-PE 間 合成抵抗 $40\Omega$ <sup>a)</sup>	PE 対して各ラインを順番 に測定 ピーク電圧	開回路	開回路

注 <sup>a)</sup> 合成抵抗  $40\Omega$  というのは、伝送インピーダンスが常に  $40\Omega$  という意味である。例えば、2ペアのポートを試験する場合、四つの抵抗が各々  $160\Omega$  である。4ペアのポートを試験する場合、八つの抵抗が各々  $320\Omega$  である。例えば、2ペアのポートを試験する場合、二つの抵抗が各々  $80\Omega$  である。4ペアのポートを試験する場合、四つの抵抗が各々  $160\Omega$  である。図 11 の例では、2ペアのポートを試験する場合、二つの抵抗は各々  $80\Omega$  である。

この校正手順の目的は、素子の適切な機能、減結合用チョークコイルの飽和、DN の減結合効果、並びに CN の電流容量及び結合効果を確認することである。ここで規定する結合方法は、サージ電圧及び電流波形に影響する。この校正のためのパラメータは、表 10 による。

表 10—対称相互接続線用 CDN の EUT ポートにおけるサージ波形特性

結合方法	CWG 出力電圧 <sup>a), b)</sup>	CDN の EUT 出力 $V_{oc}$	電圧フロント タイム $T_f$ $T_f=1.67 \times T_r$ $\pm 30\%$	電圧持続 時間 $T_d$ $T_d=T_w$ $\pm 30\%$	CDN の EUT 出力 $I_{sc}$	電流フロント タイム $T_f$ $T_f=1.25 \times T_r$ $\pm 30\%$	電流持続 時間 $T_d$ $T_d=1.18 \times T_w$ $\pm 30\%$
コモンモード CD <sup>c)</sup> $40\Omega$ 経由	2 kV	2 kV $\pm 10\%$	1.2 $\mu$ s	45 $\mu$ s	48 A	1.5 $\mu$ s	45 $\mu$ s

注 <sup>a)</sup> CDN の校正是、CWG の設定を 2 kV とする。CLD 及び GDT によるスイッチングノイズの影響を最小限に抑えるため、CDN の最大定格電圧が 2 kV を超える場合、CDN 校正は、最大定格電圧で行うことを推奨する。CDN の最大定格電圧が 2 kV 未満の場合、校正は、CDN の最大定格電圧で行う。この表の値は、CWG の設定を 2 kV にしたときのものであるため、短絡ピーク電流は、最大定格電圧に応じて変える。例えば、最大定格電圧が 4 kV の場合、この表の短絡電流値を 2 倍とする。

<sup>b)</sup> ガスアレスタ、クランプ又はアバランシェ素子を通した結合は、サージ波形に幾つかのスイッチングノイズが見える。最大定格電圧での校正は、フロントタイム及び持続時間の測定に対するこれらのスイッチングノイズの影響を最小にできる。

<sup>c)</sup> CD は、コンデンサ、ガスアレスタ、アバランシェ素子、又は EUT が正常に操作するための必要なデータ伝送を阻害せず、この表のサージ波形のパラメータに適合する方法を用いることができる。

## 7 試験セットアップ

### 7.1 試験装置

試験セットアップには、次の装置を用いる。

- EUT
- AE (必要な場合)

- ケーブル (指定の形式及び長さ)
- CDN
- CWG
- シールド線への試験に用いるための基準グラウンド面 (RGP) (7.6 及び図 12 参照)

**注記** JIS C 61000-4-4 に規定する RGP を用いた試験セットアップを用いることもできる。

## 7.2 試験装置の検証

試験装置の検証の目的は、試験セットアップが適切かどうかを確かめることにある。試験セットアップは、次の装置で構成する。

- CWG
- CDN
- 試験装置の相互接続線

システムが正しく機能することを確かめるために、次の信号を確認する。

- CDN の出力端子におけるサージ波形

システムに EUT を接続しない状態で、任意のレベルのサージ波形が発生していることを、適切な測定装置 (例えば、オシロスコープ) を用いて確かめる。

**注記** 試験所は、この検証手順において試験所独自の基準値を定めることができる。

## 7.3 EUT の電源ポートにサージを印加するときの試験セットアップ

1.2/50  $\mu$ s のサージは、容量性の CN (図 5～図 8 参照) を介して、EUT の電源端子に印加する。同じラインで電源の供給を受けているが、試験を行わない装置への影響を避け、かつ、試験するラインに規定のサージを印加するために、サージに対し十分な減結合インピーダンスをもつ DN を用いる。

CDN は、表 4 に規定する EUT の定格電流に適合するように選択する (例えば、定格電流が 5 A の EUT は、定格電流が 16 A の CDN で試験する。)。表 4 の要求事項を満たしている場合、より高い定格電流の CDN をそれよりも低い定格電流の EUT の試験に用いてもよい (例えば、定格電流が 64 A の CDN が、定格電流 16 A の CDN の要求事項を満たす場合、この CDN を定格電流 5 A の EUT の試験に用いることができる。)。

特に指定がない場合は、EUT と CN との間の電源コードの長さは、2 m 以下とする。

この規格では、交流電源又は直流電源の配電システムに直接接続された電源ポートを対象とする。

**注記** 電源配電システムに接続しない電源ポートに対して、6.3.2 又は 6.3.3 に規定する CDN を用いた試験を、製品規格に規定してもよい。

直流電源への試験は、ライン～ライン間 (例えば、0 V と -48 V との間) 及び各ライン～グラウンド間 (例えば、0 V とグラウンドとの間及び -48 V とグラウンドとの間) を順次行う。

二重絶縁された製品 (例えば、専用の接地端子をもたない製品など) には、ライン～グラウンド間の試験を行わない。

PE 以外の接地接続をもつ二重絶縁された製品に対して、ライン～グラウンド間の試験を、製品規格に規定してもよい。

## 7.4 非シールド非対称相互接続線に印加するときの試験セットアップ

CDN は、試験する回路がもつ機能的条件に影響を及ぼさないようにする。CDN の例を、図 9 に示す。

特に指定がない場合、EUT と CN との間の相互接続線の長さは、2 m 以下とする。

二重絶縁された製品 (例えば、専用の接地端子をもたない製品など) には、ライン～グラウンド間の試験を行わない。

## 7.5 非シールド対称相互接続線に印加するときの試験セットアップ

対称相互接続線に用いる CDN の例を、図 10 及び図 11 に示す。

**注記** 結合素子としてアレスタを用いる場合、アレスタの放電電圧（定格電圧 90 V のガスアレスタの場合、放電電圧は約 300 V）よりも低い試験レベルは、指定できない。

特に指定がない場合、EUT と CN との間の相互接続線の長さは、2 m 以下とする。

高速信号伝送線に対する試験の場合、EUT に接続した CDN の影響によって正常に動作しないときは、サージ試験を行わない。

## 7.6 シールド線を用いた装置の試験セットアップ

EUT を基準グラウンドに接続しないで、サージをその金属きょう（筐）体に印加する。試験するシールド線の末端（AE の接地端子）を、基準グラウンドに接続する。この試験は、单一又は複数のシールド線をもつ装置に適用する（図 12 参照）。

**注記** 図 12 に示す基準グラウンドは、低インピーダンスを実現するために専用ケーブル又は金属板を用いることが望ましい。

試験中のポートを除く全ての EUT への接続は、保護接地端子をもつ絶縁変圧器、DN などの適切な方法で、グラウンドから分離する。

EUT と AE（図 12 の AE）との間のシールド線の長さは、20 m とする。ただし、実際に動作させるため製造業者が提供する場合は、最も短いケーブルが 10 m を超える長さでもよい。

製造業者の仕様が 10 m 以下のシールド線に対しては、試験を行わない。

EUT と AE との間のケーブルは、無誘導で折り畳み、かつ、絶縁支持台の上に置く。

シールド線へサージを印加する方法は、次による。

### a) 両端接地したシールド線の場合 シールド線へのサージの印加は、図 12 に従って行う。

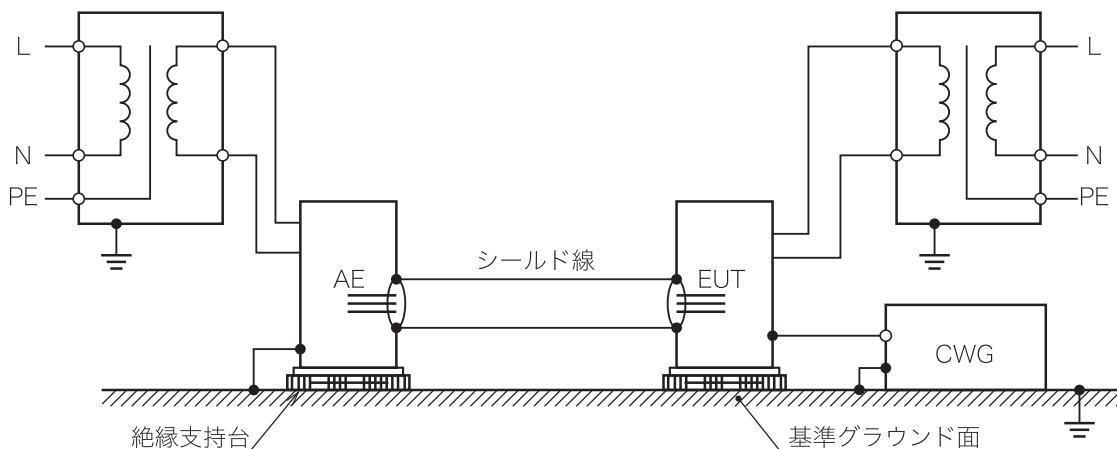
サージは、出力インピーダンス  $2 \Omega$  の CWG に  $18 \mu\text{F}$  のコンデンサを介して、シールドに印加する（6.2.3 参照）。

### b) 片端接地したシールド線の場合 試験は、接地されていない側のシールド線に対して、7.4 又は 7.5（図 4 参照）に従って行う。

**注記** 端だけ接地されているシールド線に対しては、この箇条に従ったサージ試験を行わない。  
きょう（筐）体が金属ではない EUT に対しては、サージをシールド線の EUT 側に直接印加する。

保護接地付き絶縁変圧器又はDN

保護接地付き絶縁変圧器又はDN



EUT 及び／又は AE への電源供給は、絶縁変圧器を介するより、DN を介したほうがよい。この場合、EUT の PE は、DN に接続しないほうがよい。

直流電源で動作する EUT 及び／又は AE には、DN を介して直流電源を供給することが望ましい。

AE をサージから絶縁するために、試験するケーブルの AE 側の基準グラウンド面の接続は、AE のきょう（筐）体に接続するよりもコネクタシェルに直接接続したほうがよい。更なる絶縁が必要な場合は、ケーブルの特性に影響を与えないように（シールド付き中継アダプタ又はシールド付きイーサネット中継アダプタを用いて）ケーブルを延長し、中継アダプタからグラウンドに接続してもよい。この場合、ケーブルの長さは EUT と中継アダプタとの間の長さとなり、EUT と AE との間の長さではない。中継アダプタと AE との間の長さは重要ではない。

図 12—シールド線を用いた装置の試験セットアップの例

## 8 試験手順

### 8.1 一般

試験手順には、次の事項を含む。

- 7.2 に規定する試験装置の検証
- 試験室の基準条件の検証
- EUT の正常動作の検証
- 試験の実施
- 試験結果の評価（箇条 9 参照）

### 8.2 試験室の基準条件

#### 8.2.1 気象条件

共通規格、製品群規格又は製品規格に規定がない限り、試験室の気象条件は、EUT 及び試験装置の動作に関してそれぞれの製造業者が指定する限度内とする。

EUT 又は試験装置に結露が生じるほど相対湿度が高い場合には、試験を行わない。

#### 8.2.2 電磁環境条件

試験室の電磁環境条件は、試験結果に影響を与えないように、EUT の正常動作を保証するものとする。

### 8.3 試験の実施

試験に先立って、試験装置の検証を行う（7.2 参照）。

試験は、試験セットアップ及び次の事項を含む試験計画に従って行う。

- 試験レベル

- サージの回数（各結合経路での回数） 製品規格に規定がない場合のサージ回数は、次に従う。
  - a) 直流電源ポート及び相互接続線に対しては、5回の正極性及び5回の負極性サージ
  - b) 交流電源ポートに対しては、 $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  及び  $270^\circ$  の位相角で、それぞれ5回の正極性及び5回の負極性サージ
- 連続するサージの時間間隔は、1分間以下とする。  
**注記 0A** 時間間隔は、製品規格で別の規定がある場合がある。
- EUT の代表的な動作条件
- サージを印加する場所

交流又は直流電源ポートは、入力ポートの場合も、出力ポートの場合もある。

EUT の出力ポートを経由してサージが侵入することがある場合には、出力ポートへのサージ印加を推奨する（例えば、大きい消費電力をもつ負荷の切換え）。

三相電源システムを試験するとき、位相角に対する同期は、サージを印加するライン基準にする。例えば、サージを L2 と L3 との間に印加する場合、位相角の同期は L2 と L3 との間の電圧を基準とする。

意図する電源電圧がない線間にサージを結合する場合、位相同期は取らない。例えば、TN-S 配電システムの N と PE との間。この場合には、5回の正極サージ及び5回の負極サージを印加する。

交流電源から分離した過渡過電圧の影響を受けない二次側回路（例えば、確実に接地接続し、容量性フィルタをもち、リップルの振幅電圧が直流成分の 10 %未満の直流二次側回路）の場合、60 V 以下の直流入出力ポートには、サージを印加しない。

**注記 1** 複数の同じ回路がある場合、選択した数の回路で代表した試験を行えば十分である。

1分間に1回よりも短い間隔で行った試験結果が不適合であっても、1分間に1回の試験結果が適合する場合は、これを優先する。

**注記 2** 製品にとって適切な場合、製品規格は、異なる位相角を選択でき、位相角当たりのサージの印加回数を増減することができる。

**注記 3** 通常用いられる多くの保護素子は、ピーク電力又はピークエネルギーに対して大電流を処理できるが、平均電力に対する能力は限定されている。したがって、二つのサージの時間間隔は、EUT の内蔵保護素子に依存する。

**注記 4** 試験の適用についての詳細を、C.2 に示す。

ラインーグラウンド間の試験をする場合、ほかに規定がないときは、1ラインずつ試験する。

EUT は、サージに対する電流-電圧特性が非線形であることを考慮し、選択した試験レベルを含む、全てのより低い試験レベル（表 1 参照）でも試験する。

## 9 試験結果の評価

試験結果は、EUT の機能損失又は性能低下の観点から、その装置の製造業者、試験の依頼者又は製品の受渡当事者間の協定によって指定した性能レベルと比較して分類する。推奨する分類を、次に示す。

- a) 製造業者、試験の依頼者又は使用者が指定する仕様限度内の正常な性能。
- b) 妨害がなくなった後に復帰する一時的な機能損失又は性能低下。操作者が介在することなく、EUT が正常な性能に自己復帰する場合に限る。
- c) 操作者の介在が必要な、一時的な機能損失又は性能低下。
- d) ハードウェア又はソフトウェアの損傷によって復帰できない機能損失若しくは性能低下、又はデータ

の損失。

製造業者は、EUTへの影響のうち、重要ではないとみなして許容できる影響を、仕様書に指定してもよい。

上記の分類は、共通規格、製品群規格及び製品規格で性能基準を規定するときの指針として、又は適切な共通規格、製品群規格及び製品規格が存在しない場合の受渡当事者間で性能基準に対する合意を行うための枠組みとして用いてもよい。

装置は、試験を適用した結果として、危険な状態又は安全を欠いた状態になってはならない。

注記 イミュニティ達成への考察は、附属書Dを参照する。

## 10 試験報告書

試験報告書には、試験を再現するために必要な全ての情報を含める。特に、次の事項を記載する。

- 箇条8で要求する試験計画書で指定する項目。
- EUT及び関連装置の識別。例えば、商標、製品形式、製造番号。
- 試験装置の識別。例えば、商標、製品形式、製造番号。
- 試験を行った特別な環境条件。例えば、シールドルーム。
- 試験を行うために必要とする具体的な条件。
- 試験セットアップ及びEUT配置の図及び／又は写真。
- 受渡当事者間で指定する性能レベル。
- 共通規格、製品規格又は製品群規格に規定する性能基準。
- 妨害の印加中又は印加後に観測したEUTへの全ての影響、及びこれらの影響が持続した期間。
- 試験に用いた全てのケーブルの種類及び長さ、並びに接続したEUTのポート。
- 合否判定の根拠（共通規格、製品群規格若しくは製品規格に規定する、又は製造業者及び要求元若しくは使用者との間で合意した性能評価基準に基づく。）。
- 適合性を達成するために必要な具体的な使用条件。例えば、ケーブルの長さ、ケーブルの種類、遮蔽、接地又はEUTの動作条件。
- 結合方法を含む試験構成（ハードウェア）。
- 試験構成（ソフトウェア）。

## 附属書 A (規定)

### 広域分散システムに相互接続することを意図した 屋外用非シールド対称通信線へのサージ試験

#### A.1 一般

屋外の電気通信ネットワーク [例えば、公衆交換電話網 (PSTN)] に、直接接続することを意図した対称通信線を試験するとき、 $1.2/50 \mu\text{s}$  及び  $8/20 \mu\text{s}$  の波形は適切ではない場合がある。屋外の電気通信ネットワークは、一般的にケーブルの長さは 300 m を超え、数キロメートルの場合がある。これらのネットワークの特性として、 $10/700 \mu\text{s}$  及び  $5/320 \mu\text{s}$  の波形は、現場で遭遇する実際のサージの代表的なものである。この附属書では、 $10/700 \mu\text{s}$  及び  $5/320 \mu\text{s}$  の CWG を用いて試験するときの試験方法及び CWG の特性を規定する。

このような屋外の電気通信ネットワークは、一般的に建物又は設備の入口で一次保護された状態で用いられている。試験対象ポートの正常な通信状態を確実にするために、この一次保護の性能を考慮する。一次保護と EUT 内部の二次保護との保護協調が検証できるように、意図した一次保護を含んだ状態で試験することが望ましい。一次保護の正確な特性を指定できない場合は、一次保護のある場合及びない場合のいずれでも評価できるように、製品規格で異なる試験レベルを規定してもよい。

この現象の詳細は、ITU-T K.44 に示されている。

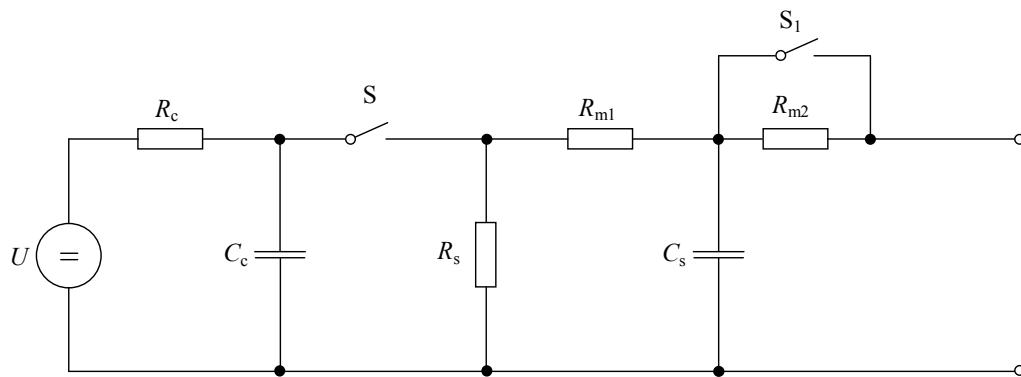
#### A.2 $10/700 \mu\text{s}$ CWG

##### A.2.1 CWG の特性

この CWG は、次の特性のサージを発生することを意図している。

- 開回路電圧のフロントタイム :  $10 \mu\text{s}$
- 開回路電圧の持続時間 :  $700 \mu\text{s}$
- 短絡電流のフロントタイム :  $5 \mu\text{s}$
- 短絡電流の持続時間 :  $320 \mu\text{s}$

この CWG の簡易回路図を、図 A.1 に示す。各種の構成部品の値は、CWG が  $10/700 \mu\text{s}$  開回路電圧サージ及び  $5/320 \mu\text{s}$  短絡電流サージを出力するように選択する。



$U$  : 高電圧源

$R_c$  : 充電抵抗

$C_c$  : エネルギー蓄積コンデンサ

$R_s$  : パルス幅形成抵抗

$R_{m1}$ ,  $R_{m2}$  : インピーダンス整合抵抗

$C_s$  : フロントタイム形成コンデンサ

$S_1$  : 外部整合抵抗使用時に閉路するスイッチ

$S$  : 放電スイッチ

図 A.1—CWG の簡易回路図

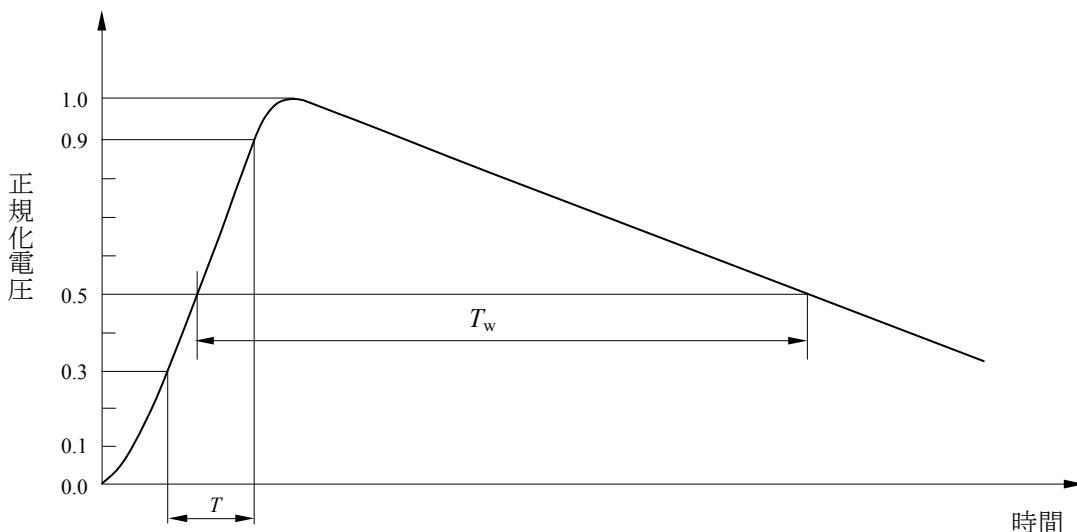
この CWG のピーク開回路出力電圧とピーク短絡電流との比は、実効出力インピーダンスとみなす。この CWG では、実効出力インピーダンスは  $40 \Omega$  となる。

### A.2.2 CWG の性能特性

この CWG の性能特性は、次による。

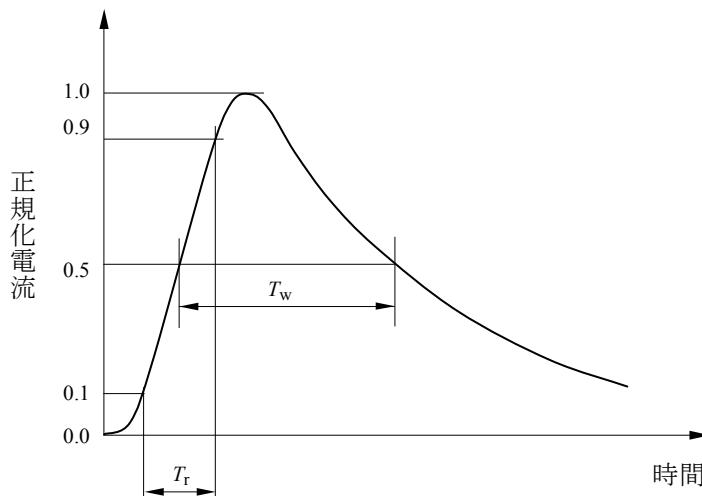
- 極性 正及び負
- 繰返し率 1 分間に 1 回以上
- ピーク開回路出力電圧  $0.5 \text{ kV}$  から要求試験レベルまで可変である。
- サージ電圧波形 表 A.1 及び図 A.2 参照
- 出力電圧の許容差  $\pm 10\%$
- ピーク短絡出力電流 ピーク電圧の設定によって決まる（表 A.1 及び表 A.2 参照）
- 短絡出力電流の許容差  $\pm 10\%$

**注記** 実効出力インピーダンスは、内部の  $15 \Omega$  ( $R_{m1}$ ) 及び  $25 \Omega$  ( $R_{m2}$ ) 抵抗からなる。抵抗  $R_{m2}$  は、バイパス、並列回路の付加又は短絡ができる、更に、CDN を用いて結合する場合には外部整合抵抗に置き換えることができる（図 A.1 参照）。



フロントタイム： $T_f = 1.67 \times T = 10 \mu\text{s} \pm 30\%$   
持続時間： $T_d = T_w = 700 \mu\text{s} \pm 20\%$

図 A.2—開回路電圧 (10/700 μs) の波形



フロントタイム： $T_f = 1.25 \times T_r = 5 \mu\text{s} \pm 20\%$   
持続時間： $T_d = T_w = 320 \mu\text{s} \pm 20\%$

図 A.3—短絡電流 (5/320 μs) の波形

表 A.1—10/700 μs 及び 5/320 μs の波形パラメータ

	フロントタイム μs	持続時間 μs
開回路電圧	$10 \pm 30\%$	$700 \pm 20\%$
短絡電流	$5 \pm 20\%$	$320 \pm 20\%$

表 A.2—ピーク開回路出力電圧とピーク短絡出力電流との関係

CWG 出力のピーク開回路電圧 kV	CWG 出力のピーク短絡電流 A
0.5	12.5
1.0	25
2.0	50
4.0	100

注記 ピーク短絡電流は、図 A.1 のスイッチ  $S_1$  を開いた状態で測定する。

ピーク開回路電圧及びピーク短絡電流は、同一の CWG で同じ設定で測定する。

### A.2.3 CWG の校正

CWG は、異なる CWG からの試験結果に差異が出ないように、定期的に校正する。校正は、次の手順によって、CWG の重要な特性を測定する。

この CWG の出力は、波形の特性を観測するために十分な帯域幅、電圧及び電流の仕様をもつ測定システムに接続する。サージ波形の帯域幅に関する情報を、**附属書 E** に示す。

短絡電流を測定するために電流プローブを用いる場合は、磁気コアの飽和が生じないように選択する。

プローブの低域カットオフ周波数は、10 Hz 未満であることが望ましい。

この CWG の特性は、同じ試験電圧で、開回路（10 kΩ 以上の負荷）及び短絡（0.1 Ω 以下の負荷）の状態で測定する。

この CWG の出力は、**A.2.2** に規定する全ての性能特性を満足させる。

## A.3 CDN

### A.3.1 一般

屋外用非シールド対称通信線（ツイストペア）の結合は、配線の特性によって、常にコモンモードである。この場合の結合回路網及び減結合回路網を、図 A.4 に示す。

屋外用非シールド対称通信線に対しては、アレスタを経由した結合方法が望ましい（図 A.4 参照）。結合回路網は、サージ電流をケーブル内のペアのラインに分配する機能ももつ。インピーダンス整合抵抗  $R_{m2}$  ( $25 \Omega$ ) は、CDN 側の結合抵抗  $R_c$  ( $25 \Omega$ ) に置き換える。

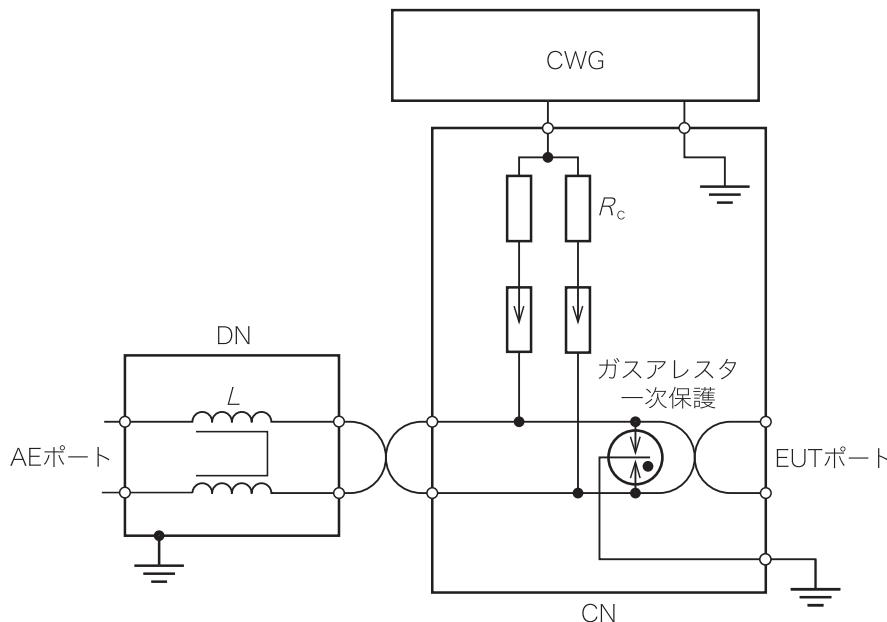
CDN の推奨特性は、次による。

- ライン当たりの結合インピーダンス： $R_c$  ( $25 \Omega$ ) とアレスタのインピーダンスとの和
- 減結合インダクタンス  $L$ ： $20 \text{ mH}$

上記の CDN の回路及び部品定数は、データ転送の性能を低下させる可能性があるため、高速ネットワーク（例えば、DSL）では適さない場合がある。

### A.3.2 屋外用通信線のための CDN

屋外用通信線のための CDN の構成図及び試験セットアップを、図 A.4 に示す。



CWG のインピーダンス整合抵抗  $R_{m2}$  ( $25 \Omega$ ) は、結合抵抗  $R_c$  ( $25 \Omega$ ) に置き換える。

注記 1 ガスアレスターは、図 9 の CD に示すようなクランプ素子に置き換えることができる。

注記 2 ポートに指定の一次保護を用いることを意図している場合、保護素子との協調を確実にするために一次保護を定位位置に取り付けて試験を行う。

図 A.4－屋外用非シールド対称通信線に対する試験セットアップの例：  
 一次保護を備えたガスアレスター経由のラインーグラウンド間結合

#### A.4 CDN の校正

測定は、一つの結合ペア線にサージを同時に印加して行う。

CDN のピーク振幅、フロントタイム及び持続時間は、開回路状態のサージ電圧及び短絡状態の電流で測定する。波形特性は、表 A.4 による。

EUT ポートにおけるサージ電圧及びサージ電流は、DN の AE 側入力を PE に短絡して測定する。

残留電圧の値は、AE の保護要求によって決まる。したがって、この規格では、規定しない。

校正方法は、表 A.3 による。

表 A.3－屋外用非シールド対称通信線に対する CDN の校正方法の概要

測定項目	結合	測定	AE 側	EUT 側
EUT 側のサージ電圧	ペア線-PE 間	ペア線の両線を共に短絡： ピーク電圧、フロントタイム 及び持続時間	用いる全ての線を PE に短絡	開回路及びペア線 の両線を共に接続
EUT 側のサージ電流	ペア線-PE 間	ペア線の両線を共に短絡： ピーク電流、フロントタイム 及び持続時間	用いる全ての線を PE に短絡	ペア線の両線を PE に短絡
AE 側の残留電圧 (保護素子あり)	ペア線-PE 間	ペア線の両線を共に短絡： ピーク電圧	開回路	開回路

この校正手順の目的は、素子の適切な機能、減結合用チョークコイルの飽和、DN の減結合効果、並びにCNの電流容量及び結合効果を確認することである。ここで規定する結合方法は、サージ電圧及び電流波形に影響する。この校正のためのパラメータは、表 A.4 による。

表 A.4—屋外用非シールド対称通信線に対する CDN の EUT ポートでのサージ波形特性

結合方法	CWG 出力電圧の 設定値 a), b)	CDN の EUT 出力 $V_{oc}$ $\pm 10\%$	電圧フロン トタイム $T_f$ $\pm 30\%$	電圧持続 時間 $T_d$ $\pm 30\%$	CDN の EUT 出力 $I_{sc}$ $\pm 20\%$	電流フロン トタイム $T_f$ $\pm 30\%$	電流持続 時間 $T_d$ $\pm 30\%$
コモンモード ペア線 27.5 Ω 経由	4 kV	4 kV	8 μs	250 μs	145 A	3.2 μs	250 μs

注 a) 二つ以上のペアの信号線をもつ CDN の場合、表 A.3 に従ってペア線ごとに校正する。

b) ガスアレスタ、クランプ又はアバランシェ素子を通した結合は、サージ波形に幾つかのスイッチングノイズが見える。最大定格電圧での校正は、フロントタイム及び持続時間の測定に対するこれらのスイッチングノイズの影響を最小にできる。

## A.5 屋外用非シールド対称通信線に印加するサージ試験のためのセットアップ

対称的な通信回路（図 A.4 参照）に対しては、通常、容量性結合方法を用いることができないため、ガスアレスタを介して結合を行う。結合ガスアレスタの放電電圧よりも低い試験レベル（定格電圧 90 V のガスアレスタの場合、放電電圧は約 300 V）は、指定できない。

次のいずれかの試験を選択する。

- 装置レベルのイミュニティを評価するために、二次保護だけをもつ EUT に対して低い試験レベルで試験する（例えば、0.5 kV 又は 1 kV）。
- システムレベルのイミュニティを評価するために、一次保護を追加して高い試験レベルで試験する（例えば、2 kV 又は 4 kV）。

特に規定がない場合、EUT と CDN との間の通信線は、2 m 以下とする。

常に、基準グラウンドに対して全ての導体をコモンモードで同時に結合する（図 A.4 参照）。

**注記** 試験しない導体は、試験ポートの必要なデータに影響を与えない結合デバイス（例えば、GDT）を介して基準グラウンドに接続する。

## 附属書 B (参考) CWG 及び試験レベルの選択

### B.1 一般

試験レベルの選択は、設置条件に基づくことが望ましい。試験レベルは、製品規格又は製品群規格に規定されている場合がある。規定された試験レベルがない場合、表 B.1 及び表 B.2 を C.3 に示す情報とともに用いることが望ましい。これらの値は、要求事項ではない。

### B.2 環境条件の種別

環境条件の種別を、次に示す。

- クラス 0： 十分に保護された電気的環境で、通常は専用の室内
- クラス 1： 部分的に保護された電気的環境
- クラス 2： 短い配線でもケーブルが十分に分離された電気的環境
- クラス 3： 電力ケーブルと相互接続線とが平行に配線された電気的環境
- クラス 4： 相互接続線が電源ケーブルに沿って屋外ケーブルとして配線され、ケーブルが電子及び電気回路の両方に用いられる電気的環境
- クラス 5： 非人口密集地域の通信線及び／又は架空電力線に接続された電子装置に対する電気的環境
- クラス X： 製品仕様で指定する特別な条件

システムレベルのイミュニティを実証するために、実際の設置条件（例えば、一次保護）に関する追加試験を行うことが望ましい。設置条件に関する追加の情報を、附属書 C に示す。

### B.3 ポートの種類

内部システムのポートは、同じシステム内のポートに接続するものと定義する。

内部ポートは、次のとおり定義する。

- 同じ建物内のケーブルだけに接続する。
- ポートは、屋外の端子に直接接続できる運用を意図しない。
- ポートは、他の装置（例えば、スプリッタ）を介して建物の外に出るケーブルと伝導的な接続を意図していない。

外部ポートは、次のとおり定義する。

- ポートは、建物外の信号線に直接接続を意図する。
- ポートは、他の装置（例えば、スプリッタ）を介して建物の外に出るケーブルに伝導的な接続をもつ。

### B.4 CWG 及びサージの種類

それぞれのクラスに対するサージ（及び CWG）を、次に示す。

- クラス 1～5： 電源ライン、短距離信号回路又はライン、ローカルエリアネットワーク（例えば、イーサネット、トーケンリングなど）及び類似のネットワークのポートに対して、 $1.2/50 \mu\text{s}$

電圧サージ及び $8/20\ \mu\text{s}$ 電流サージを印加する。

クラス4～5：マルチユーザ電気通信ネットワーク [例えば、公衆交換電話網 (PSTN)、デジタル加入者線 (xDSL) など]への直接接続によって広域分散システムの相互接続を目的とする対称通信線に対して、 $10/700\ \mu\text{s}$ 電圧サージ及び $5/320\ \mu\text{s}$ 電流サージを印加する。代表的な通信線の長さは、300 m以上を適用する。

CWG及びCDNのインピーダンスは、対応する試験セットアップの図を参照する。

## B.5 試験レベル

電源ポート、及び回路又はラインに対する試験レベルを、それぞれ表B.1及び表B.2に示す。

表B.1—電源ポートに対する試験レベルの選択（設置クラス別）

設置 クラス	試験レベル kV							
	交流電源 及び交流入出力 外部ポート <sup>a)</sup>		交流電源 及び交流入出力 内部ポート <sup>a), d)</sup>		直流電源 及び直流入出力 外部ポート <sup>a)</sup>		直流電源 及び直流入出力 内部ポート <sup>a), d)</sup>	
	結合モード		結合モード		結合モード		結合モード	
0	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	0.5	—	—	—	—	—	—
2	0.5	1.0	—	—	—	—	—	—
3	1.0	2.0	1.0	2.0	—	—	—	—
4	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>
5	c), b)	c), b)	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>

注<sup>a)</sup> ケーブル長が10 m以下の場合、データ接続を意図する試験を推奨しない。  
<sup>b)</sup> ポートに通常、規定する一次保護を用いることを意図している場合、保護素子との協調を確実にするために一次保護を定位置に取り付けて試験を行う。一次保護は、インターフェースを保護するために要求するが、準備できない場合、試験は、規定する一次保護レベルを通して最大レベルで、代表的な一次保護器によって行う。  
<sup>c)</sup> 用いる電源系統のクラスによる。  
<sup>d)</sup> 内部システムポートの試験は、通常、要求しない。

表 B.2—回路又はラインに対する試験レベルの選択（設置クラス別）

設置 クラス	試験レベル kV											
	非対称動作の 回路又はライン <sup>a), c), e)</sup>				対称動作の 回路又はライン <sup>a), c), e)</sup>				シールドされた 回路又はライン <sup>a), d), e)</sup>			
	外部ポート		内部ポート		外部ポート		内部ポート		外部ポート		内部ポート	
ライン —ライ ン間	ライン —グラ ウンド 間	ライン —ライ ン間	ライン —グラ ウンド 間	ライン —ライ ン間	ライン —グラ ウンド 間	ライン —ライ ン間	ライン —グラ ウンド 間	ライン —ライ ン間	シール ド—ライ ン間	シール ド—ライ ン間	ライン —ライ ン間	シール ド—ライ ン間
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	0.5	—	—	—	0.5	—	—	—	—
2	—	—	0.5	1.0	—	—	—	1.0	—	—	—	0.5
3	—	—	1.0	2.0	—	—	—	2.0	—	—	—	2.0
4	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>
5	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	2.0 <sup>b)</sup>	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>	—	4.0 <sup>b)</sup>

注<sup>a)</sup> 10 m 未満のケーブルに対しては、データ接続を意図する試験を推奨しない。

<sup>b)</sup> ポートに通常、規定の一次保護を用いることを意図する場合、保護素子との協調を確実にするために一次保護を定位置に取り付けて試験を行う。一次保護は、インターフェースを保護するために要求するが、準備できない場合、試験は、規定の一次保護レベルを通して最大レベルで、代表的な一次保護器によって行う。

<sup>c)</sup> 保護目的にグラウンドに接続する SPD（サージ保護デバイス）を用いる場合、ライン—ライン間サージ（トランスマスパース）がネットワーク内に発生することがある。そのようなサージは、この規格の適用範囲外である。しかしながら、この現象は、規定する一時保護素子を通したコモンモードのサージを適用することで模擬することができる。

<sup>d)</sup> アンテナに接続するポートの試験は、この規格の適用範囲外である。

<sup>e)</sup> 内部システムポートの試験は、通常、要求しない。

## 附属書 C (参考) 補足説明

### C.1 種々の出力インピーダンス

CWG の出力インピーダンスの選択は、次に依存する。

- 交流電源、直流電源、相互接続線などのケーブル、導体又はラインの種類
- ケーブル又はラインの長さ
- 屋外又は屋内の条件
- 適用する試験電圧（ラインーライン間又はラインーグラウンド間）

$2\Omega$  のインピーダンスは、低電圧電源系統の電源インピーダンスを模擬している。したがって、CWG の実効出力インピーダンスを、 $2\Omega$  としている。

$12\Omega$  ( $10\Omega+2\Omega$ ) のインピーダンスは、低電圧電源系統とグラウンドとの間のインピーダンスを模擬している。したがって、CWG の実効出力インピーダンスと直列に接続する追加抵抗を、 $10\Omega$  としている。

$42\Omega$  ( $40\Omega+2\Omega$ ) のインピーダンスは、相互接続線のラインーライン間及び／又はラインーグラウンド間のインピーダンスを模擬している。したがって、CWG の実効出力インピーダンスと直列に接続する追加抵抗を、 $40\Omega$  としている。

**注記** AC/DC コンバータ（例えば、ノートパソコンの AC/DC アダプタ）に接続することを意図した直流電源ポートのインピーダンスは、低電圧電源系統のインピーダンスの考え方とは異なる。直流電源が信号ケーブルに含まれるラインで供給される場合、これらの接続は低電圧電源ポートのインピーダンスの考え方とは異なる。

幾つかの国（例えば、米国）では、交流線路に対する IEC 規格ではないほかの規格で、 $2\Omega$  のインピーダンスを用いる図 5 及び図 7 による試験を要求する場合がある。これらは、更に厳しい試験である。

### C.2 試験の適用

#### C.2.1 装置レベルのイミュニティ

試験は、試験室で単体の EUT に対して行う。このように試験した EUT のイミュニティは、装置レベルのイミュニティという。

試験電圧は、EUT のサージ耐電圧値以下とする。

#### C.2.2 システムレベル

システムに対して推奨する試験レベルの範囲を、表 B.1 及び表 B.2 に示す。

EUT 単体で行うイミュニティ試験は、その EUT を含むシステム全体のイミュニティを保証するものではない。システムレベルのイミュニティを確保するために、試験は、実際の設置状態を模擬することが望ましい。システム運用マニュアル又はシステム若しくはネットワークの管理者によって要求されている場合、模擬した設置状態は、システムを構成する EUT を用い、かつ、SPD も含める。相互接続線は、実際に用いる長さ及び種類とする。これらの全てがシステム全体の保護レベルに影響する。

内部の SPD と協調が取られていない外部の SPD の単純な追加は、効果がないか、システム全体の保護効果を減少させるか、又はシステム全体の保護効果を改善することもある。

IEC 61643 規格群及び JIS Z 9290-1 には、SPD の付加情報が記載されている。

この試験は、EUT が意図する機能にできるだけ近い状態に設置して模擬することを目的とする。

実際の設置では、より高い電圧レベルが印加されることがあるが、サージエネルギーは、実装した SPD の特性に従って制限される。

システムレベルの試験は、SPD による二次効果（波形、モード、電圧又は電流の振幅の変化）が EUT に影響を及ぼさないことの確認も意図している。指定した試験電圧範囲内で EUT が損傷しないことを確認するには、段階的に試験電圧を指定した電圧まで上昇させることが必要である。この指定した試験電圧は、EUT の保護素子又は保護装置の動作点に依存する（IEC 61643-21:2000 及び追補 2:2012 の 6.2.1.8 を参照）。

### C.3 設置条件の分類

設置条件は、次のように分類する。

クラス 0 十分に保護された電気的環境で、通常は専用の室内。

全ての外部との接続ケーブルは、過電圧（一次及び二次）保護を備える。電子装置のユニットは、電力設備又は雷によって重大な影響を受けないように、適切に設計された接地系統に相互接続している。

電子装置は、専用の電源から供給を受ける（表 B.1 参照）。

サージ電圧は、25 V を超えない。

クラス 1 部分的に保護された電気的環境。

部屋に入ってくる全てのケーブルは、過電圧（一次）保護を備える。装置のユニットは、電力設備又は雷によって重大な影響を受けないように、接地系統に確実に相互接続されている。

電子装置の電源供給は、ほかの装置から完全に分離している。

室内で開閉操作による妨害電圧が発生することがある。

サージ電圧は、500 V を超えない。

これらの記載事項は、表 1 で定義する試験レベル 1 でカバーされている。

クラス 2 短い配線でもケーブルが十分に分離された電気的環境。

装置が設置される環境の設備は、その設備又は雷によって発生する妨害電圧にさらされる可能性がある電力設備の接地系統へ分離された接続線を経由して接地する。電子装置の電源は、通常、専用の変圧器を用いてほかの回路と分離している。

装置に保護回路がないが、他の装置と十分に分離し、装置の数を制限している。

サージ電圧は、1 kV を超えない。

これらの記載事項は、表 1 で定義する試験レベル 2 でカバーされている。

クラス 3 電力ケーブルと相互接続線とが平行に配線された電気的環境。

装置が設置される環境の設備は、その設備又は雷によって発生する妨害電圧にさらされる可能性がある電力設備と共に通の接地系統へ接地されている。

電力設備の地絡、開閉動作及び雷に起因する電流は、接地系統に比較的高い振幅の妨害電圧を発生させる可能性がある。保護回路をもつ電子装置及び影響を受けにくい電気装置は、同じ低電圧電源系統につなぐ。相互接続ケーブルは、部分的に屋外ケーブルでもよいが、接地系統に近づける。

妨害電圧を抑制できない誘導負荷が設備に存在し、かつ、通常、ケーブルは、異なる回路ごとに分離されてない。

サージ電圧は、2 kV を超えない。

これらの記載事項は、表1で定義する試験レベル3でカバーされている。

クラス4 相互接続線が電源ケーブルに沿って屋外ケーブルとして配線され、ケーブルが電子及び電気回路の両方に用いられる電気的環境。

装置が設置される環境の設備は、その設備又は雷によって発生する妨害電圧にさらされる可能性がある電力設備の接地系統へ接続されている。

電力系統の地絡、開閉動作及び雷に起因するキロアンペア (kA) オーダーの電流は、接地系統に比較的高い振幅の妨害電圧を発生させる可能性がある。電源回路は、電子装置及びほかの電気機器のものと同じであってもよい。相互接続ケーブルは、高電圧装置への接続の場合も、屋外ケーブルとして配線されている。

この環境の特別な状態として、電子装置が人口密集地域の通信ネットワークに接続している場合がある。系統的に構成されたグラウンドシステムが電子装置の周辺になく、接地は、パイプ、ケーブルなどで構成する。

サージ電圧は、4 kVを超えない。

これらの記載事項は、表1で定義する試験レベル4でカバーされている。

クラス5 非人口密集地域の通信線及び／又は架空電力線に接続された電子装置に対する電気的環境。

これら全てのケーブル及び配線は、過電圧（一次）保護を備えている。電子装置の周辺に、広範な接地系統がない。地絡（10 kA以下）及び雷（100 kA以下）による妨害電圧は、非常に高い可能性がある。

クラスX 製品仕様で指定する特別な条件。

#### C.4 交流又は直流電力系統に接続するポートの最小イミュニティレベル

電力系統への接続に対する最小イミュニティレベルを、次に示す。

- ラインーライン間結合： 0.5 kV
- ラインーグラウンド間結合： 1 kV

#### C.5 相互接続線に接続するポートの装置レベルのイミュニティ

相互接続線回路でのサージ試験は、外部 [きょう (筐) 体の外] の接続に対してだけに適用される。

システムレベル（相互接続線を接続したEUT）での試験が可能な場合、特に相互接続線のシールドが保護手段のときには、装置レベルでの試験は必要としない。装置の製造業者以外の人が設備への設置を行う場合、EUTの入出力に対して許容できる電圧を指定することが望ましい。

製造業者は、装置レベルのイミュニティを確認するために、指定する試験レベル（例えば、二次保護を備えたEUTのポートに対して0.5 kV）に基づいて装置を試験することが望ましい。設備の使用者又は設置に対する責任者は、例えば雷などによって発生する妨害電圧が、選択したイミュニティレベルを超えないことを確実にするために、必要な対策（例えば、シールド、ボンディング、接地など）を施すことが望ましい。

## 附属書 D

### (参考)

## 低電圧配電系統へ接続される装置のイミュニティ達成への考察

この規格は、電子装置及びシステムの電圧及び電流サージイミュニティを決定する試験を規定している。試験される装置及びシステムは、ブラックボックスとして扱い、試験結果は、次の判断基準によって判断する。

- a) 正常な性能
- b) 操作者の介在を必要としない、一時的な機能損失又は性能低下
- c) 操作者の介在を必要とする、一時的な機能損失又は性能低下
- d) 装置への永久的な損傷による機能損失（試験不合格を意味する。）

この規格の試験は、電子装置及びシステムに対する永久的な損傷及び破壊を含む、電子装置及びシステムへの比較的低い電流サージによって発生する可能性があるあらゆる影響を調査する。その一方、一時的な機能損失については関与せず、実際に発生する装置及びシステムの損傷及び破壊に関するほかの試験規格がある。

**JIS C 60664-1** は、低電圧配電系統の装置の絶縁協調に関する規格である。また、**JIS C 5381-11** は、低電圧配電系統に接続される SPD の試験規格である。これら二つの規格は、いずれも装置への一時的な過電圧印加の影響に関する規格である。

この規格を含む **JIS C 61000** 規格群及び／又は **IEC 61000** 規格群では、上記で示す装置又はシステムに対する一時的な過電圧状態の影響は、考慮していない。

永久的な損傷は、システム故障時間、及び修理又は交換費用の理由から、ほとんど許容されない。この種の機能停止は、通常、サージ保護が不適切又は全くないことによって生じる。これによって、高電圧及び過度のサージ電流が装置の回路へ侵入し、その結果として、動作の中止、部品故障、永久的な絶縁破壊、火災事故、発煙及び感電が発生する。また、装置又はシステムが非常に重要で、サージ発生中であっても運転を継続しなければならない場合、いかなる機能損失及び性能低下も望ましくない。

この規格に規定する試験では、印加する電圧試験レベルの大きさ及びその結果流れたサージ電流は、装置の応答に直接影響する。すなわち、装置が適切なサージイミュニティをもつように設計されていない場合、サージの電圧レベルが高くなればなるほど、機能の損失又は性能低下の発生頻度は高い。

低電圧配電系統で用いる SPD を試験するために、**JIS C 5381-11** のクラス III 試験では、8/20 μs の短絡電流波形及び1.2/50 μs の開回路電圧波形を発生する実効出力インピーダンス 2 Ω の CWG を規定している。この規格では、通電された装置及びシステムのサージイミュニティ試験に、同一の CWG を用いるが、異なる結合素子及び場合によっては追加の直列接続インピーダンスを用いる。この規格の電圧試験レベルと **JIS C 5381-11** に規定する開回路ピーク電圧  $U_{oc}$  とは、同一のものである。この電圧は、CWG の端子におけるピークの短絡電流値を決定する。ただし、試験方法の違いによって、試験結果は、直接比較することはできない場合がある。

装置又はシステムのサージイミュニティは、内蔵の SPD、又は外付けの SPD によって実現する。SPD の最も重要な選択基準は、**JIS C 5381-11** に定義及び規定する電圧防護レベル  $U_p$  である。この値は、**JIS C 60664-1** に規定する装置の耐電圧  $U_w$  と、特定の条件における試験期間中に SPD の端子間に発生する可能性がある最大電圧とで協調することが望ましい。

なお、電圧防護レベル  $U_p$  は、装置の耐電圧  $U_w$  との絶縁協調のため、**JIS C 5381-12** だけに用いられている。保護デバイスの電圧保護レベルは、ほぼ同等のストレスが印加されるこの規格の試験のイミュニティ電圧レベル未満であることが望ましいが、特に二つの規格間の波形は、常に比較可能ではないため、現在のところ、これは取り扱わない。

一般的に、この規格による装置のサージイミュニティレベルは、**JIS C 60664-1** に規定する絶縁耐圧よりも低い。ただし、**JIS C 60364-4-44** に規定する極端に低い保護電圧レベルをもつ SPD（又は内蔵の保護素子）の一時的過電圧の影響に、注意することが望ましい。サージ印加中に装置を故障から保護し、動作を継続し、かつ、ほとんどの一時的な過電圧状態に耐える SPD を選択することは、十分可能である。

## 附属書 E (参考) サージ波形の数理モデル化

### E.1 一般

この附属書では、次のためて用いる数理的な基準波形を示す。

- サージ発生器の設計
- EUTにおけるサージ性能のシミュレーション

この附属書に示す数式は、次の要求事項を考慮して定義した。

- ESD, EFT/B, サージなど過度現象に関する IEC 規格で用いられているものと同じ基本式を用いる。
- この規格に規定する開放及び短絡状態でフロントタイム及び持続時間の公称値を再現する。
- 該当する場合、EUT の設計者が、この規格に規定した簡易回路図及びその公称値を用いた CWG の回路モデルを組み立てることを支援する。
- 数値的シミュレーションを行うときの不安定さを回避するために、開始時にゼロに等しい導関数を用いる。

**注記** 電圧サージ (1.2/50 μs) 及び電流サージ (8/20 μs) について、この附属書に示す波形の数理モデルは、IEEE Std C62.45-2002 に規定したものと一致する。ただし、IEEE Std C62.45-2002 が電圧サージ (10/1 000 μs) の値を規定しているため、電圧サージ (10/700 μs) との比較はできない。また、電流サージ (5/320 μs) については、IEEE Std C62.45-2002 では規定していない。

この附属書に用いるパラメータの定義は、次による。

- a)  $T_w$  は、最初にピーク値の 50 %に達してから、次にピーク値の 50 %に達するまでの時間間隔
- b)  $T$  は、サージ電圧がピーク値の 30 %における時間と 90 %における時間との時間間隔
- c)  $T_r$  は、サージ電流がピーク値の 10 %における時間と 90 %における時間との時間間隔
- d)  $T_d$  は、最初の立ち上がり時間と立ち下がり時間の 50 %の時間との間の時間間隔
- e)  $T_f$  は、フロントタイム。次の値は、モデルシミュレーションに用いる簡易回路から発生する波形と一致するように定義した。

1.2/50 μs 電圧サージ :  $T_f = 1.67 \times T, T_d = T_w$

8/20 μs 電流サージ :  $T_f = 1.25 \times T_r, T_d = 1.18 \times T_w$

10/700 μs 電圧サージ :  $T_f = 1.67 \times T, T_d = T_w$

5/320 μs 電流サージ :  $T_f = 1.25 \times T_r, T_d = T_w$

- f) BW は、スペクトル応答が -60 dB/dec の傾斜で下降を開始する周波数を上限とするサージ波形の帯域幅

### E.2 正規化した時間領域の 1.2/50 μs 電圧サージ

1.2/50 μs 電圧サージの正規化した時間領域の式を、式(E.1)に示す。

$$v_{\text{SURGE}}(t) = k_v \cdot \left[ \frac{v_1}{k_{\text{SURGE}}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \dots \quad (\text{E.1})$$

式(E.1)の係数は、次の値を用いる。

$$k_v = 1 \quad \tau_1 = 0.356 \mu\text{s}$$

$$\tau_2 = 65.845 \mu\text{s}$$

$$v_1 = 0.94$$

$$\eta_{\text{SURGE}} = 1.852$$

$$k_{\text{SURGE}} = e^{-\frac{\tau_1}{\tau_2} \left( \frac{\eta_{\text{SURGE}} \cdot \tau_2}{\tau_1} \right)^{\frac{1}{\eta_{\text{SURGE}}}}}$$

時間関数としての 1.2/50 μs 電圧サージ波形を、図 E.1 に示す。

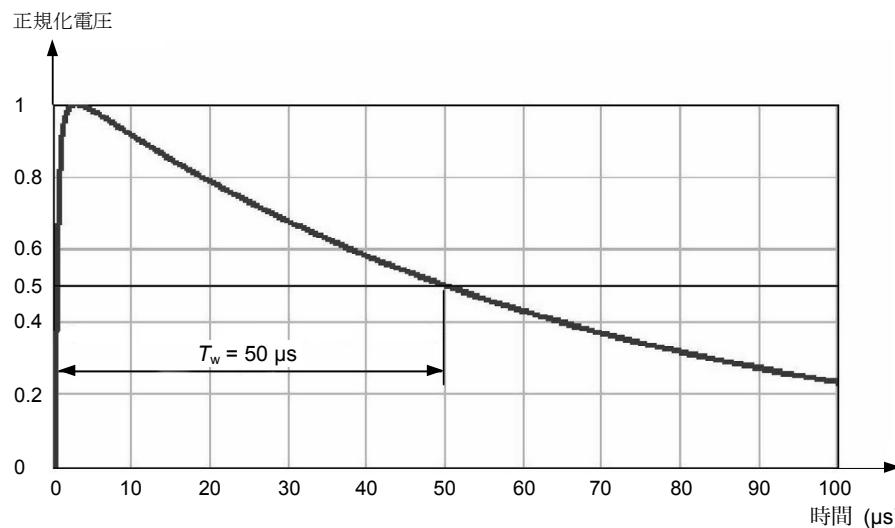


図 E.1-1.2/50 μs 電圧サージ

立ち上がり波形の拡大図を、図 E.2 に示す。

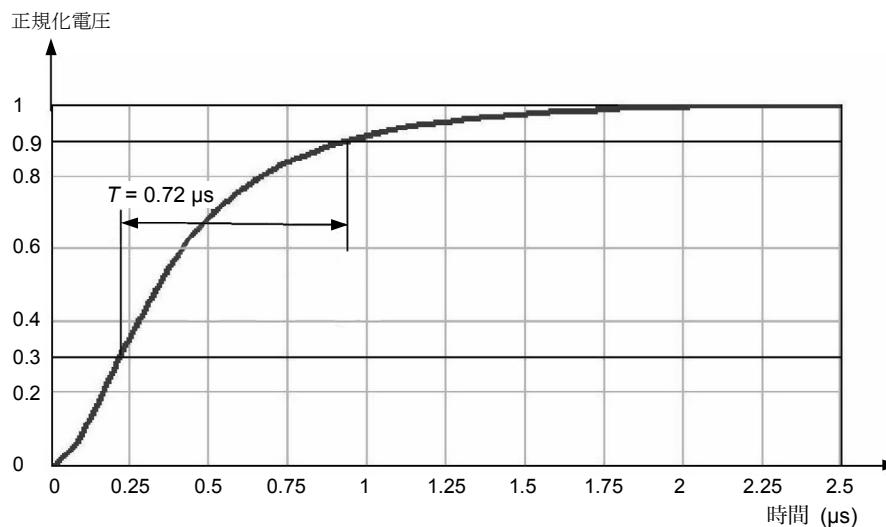


図 E.2 – 1.2/50  $\mu\text{s}$  電圧サージの立ち上がり波形の拡大図

式(E.1)による電圧サージ波形の周波数スペクトラムの応答（周波数分解能  $f$  を 3.333 kHz とした場合）  
を、図 E.3 に示す。

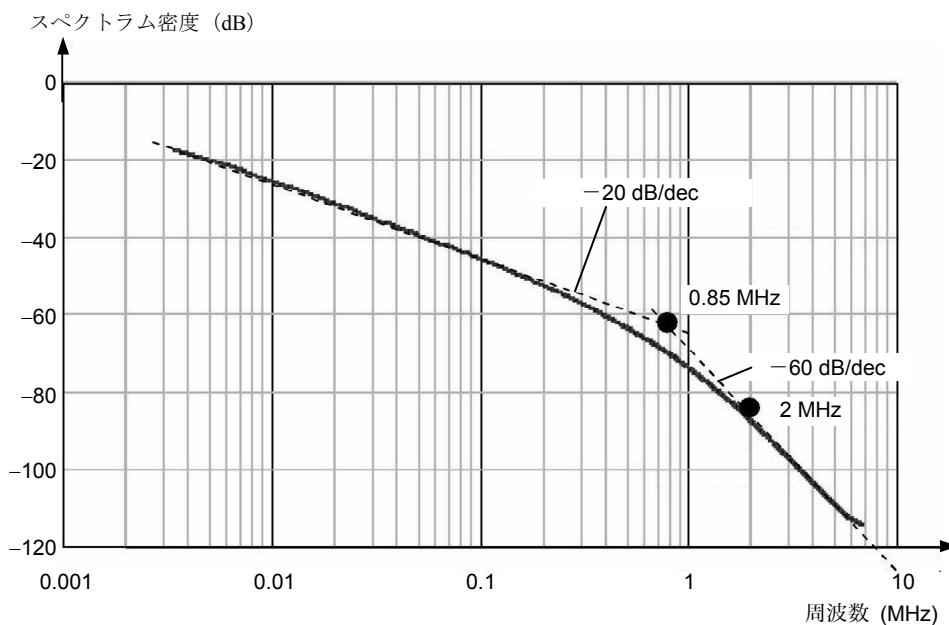


図 E.3 – 1.2/50  $\mu\text{s}$  電圧サージの周波数スペクトラムの応答

時間領域での電圧サージは、2 MHzまでの周波数で十分なシミュレーションができるため、帯域幅 BW の上限を 2 MHz とする。

### E.3 正規化した時間領域の 8/20 $\mu\text{s}$ 電流サージ

8/20  $\mu\text{s}$  電流サージの正規化した時間領域の式を、式(E.2)に示す。

$$I_{\text{SURGE}}(t) = k_i \cdot \left[ \frac{i_1}{k_{\text{SURGE}}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \dots \quad (\text{E.2})$$

式(E.2)の係数は、次の値を用いる。

$$k_i = 1$$

$$\tau_1 = 47.52 \mu\text{s}$$

$$\tau_2 = 4.296 \mu\text{s}$$

$$i_1 = 0.939$$

$$\eta_{\text{SURGE}} = 2.741$$

$$k_{\text{SURGE}} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2} \left( \frac{\eta_{\text{SURGE}} \cdot \tau_2}{\tau_1} \right)^{\frac{1}{\eta_{\text{SURGE}}}}}$$

時間関数としての 8/20 μs 電流サージ波形を、図 E.4 に示す。

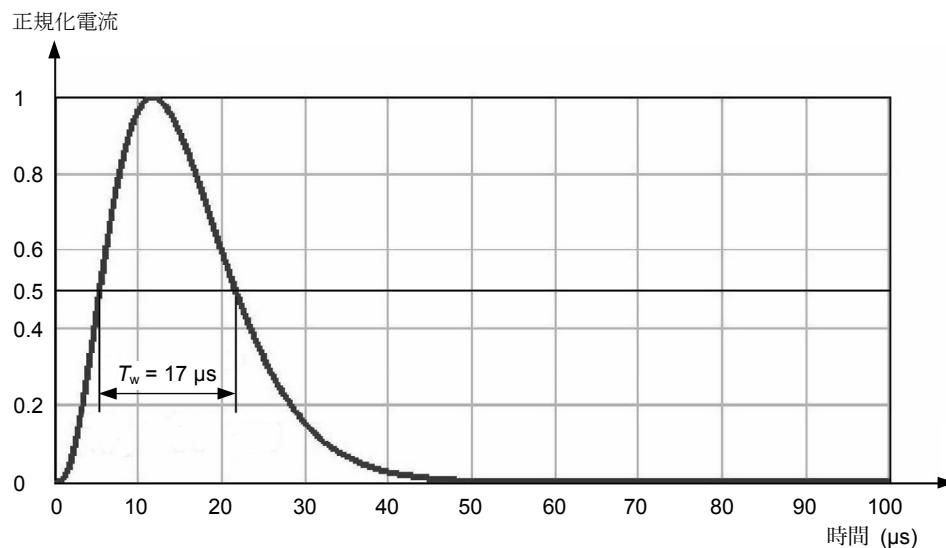


図 E.4-8/20 μs 電流サージ

立ち上がり波形の拡大図を、図 E.5 に示す。

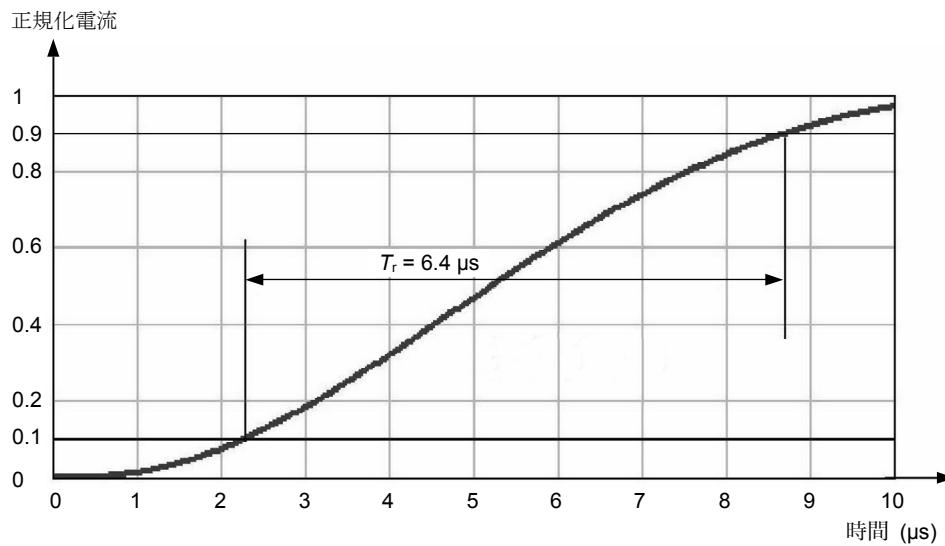


図 E.5-8/20  $\mu\text{s}$  電流サージの立ち上がり波形の拡大図

式(E.2)による電流サージ波形の周波数スペクトラムの応答（周波数分解能  $f$  を 10 kHz とした場合）を、  
図 E.6 に示す。

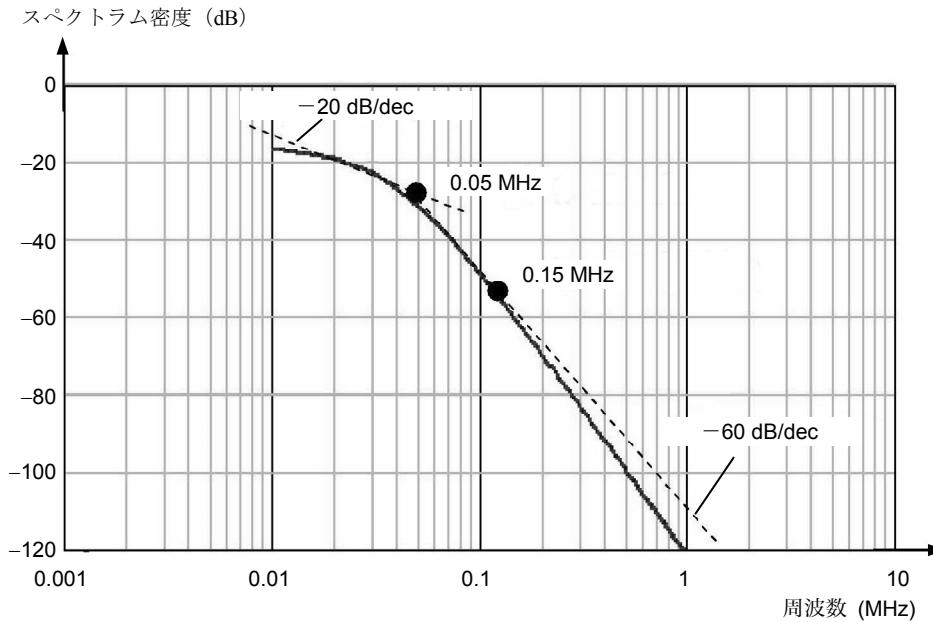


図 E.6-8/20  $\mu\text{s}$  電流サージの周波数スペクトラムの応答

時間領域での電圧サージは、0.15 MHz までの周波数で十分なシミュレーションができるため、帯域幅 BW の上限を 0.15 MHz とする。

#### E.4 正規化した時間領域の 10/700 $\mu\text{s}$ 電圧サージ

10/700  $\mu\text{s}$  電圧サージの正規化した時間領域の式を、式(E.3)に示す。

$$v_{\text{SURGE}}(t) = k_v \cdot \left[ \frac{v_1}{k_{\text{SURGE}}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \dots \dots \dots \quad (\text{E.3})$$

式(E.3)の係数は、次の値を用いる。

$$k_v = 1$$

$$\tau_1 = 2.574 \mu\text{s}$$

$$\tau_2 = 945.1 \mu\text{s}$$

$$v_1 = 0.937$$

$$\eta_{\text{SURGE}} = 1.749$$

$$k_{\text{SURGE}} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2} \left( \frac{\eta_{\text{SURGE}} \cdot \tau_2}{\tau_1} \right)^{\frac{1}{\eta_{\text{SURGE}}}}}$$

時間関数としての 10/700 μs 電圧サージ波形を、図 E.7 に示す。

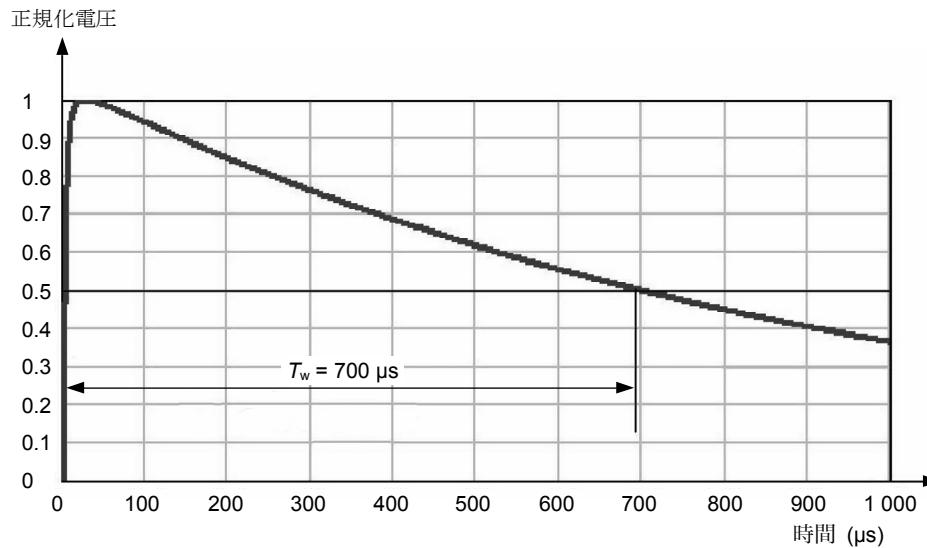


図 E.7—10/700 μs 電圧サージ

立ち上がり波形の拡大図を、図 E.8 に示す。

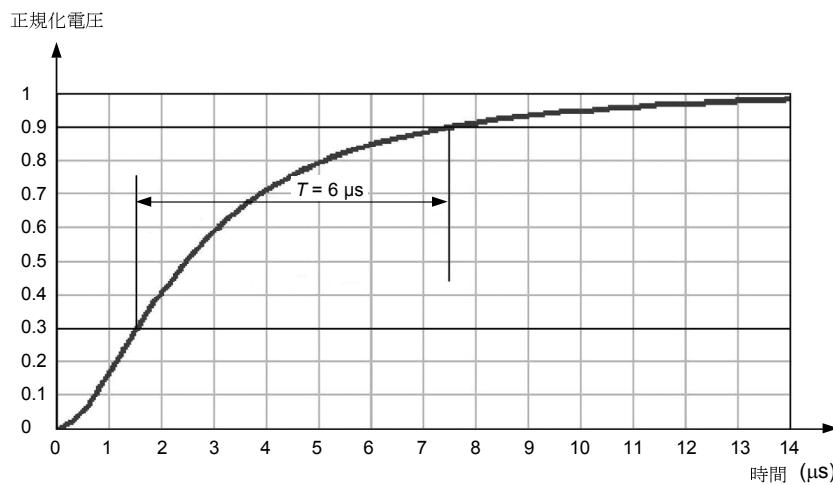


図 E.8—10/700  $\mu\text{s}$  電圧サージの立ち上がり波形の拡大図

式(E.3)による電圧サージ波形の周波数スペクトラムの応答(周波数分解能  $f$  を 0.2 kHz とした場合)を,  
図 E.9 に示す。

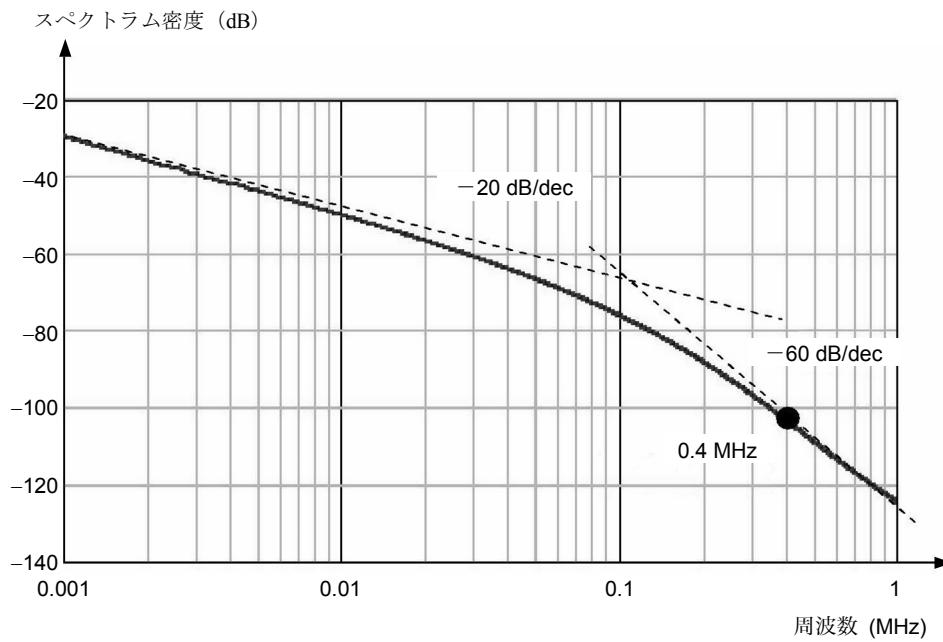


図 E.9—10/700  $\mu\text{s}$  電圧サージの周波数スペクトラムの応答

時間領域での電圧サージは、0.4 MHzまでの周波数で十分なシミュレーションができるため、帯域幅 BW の上限を 0.4 MHz とする。

## E.5 正規化した時間領域の 5/320 $\mu\text{s}$ 電流サージ

5/320  $\mu\text{s}$  電流サージの正規化した時間領域の式を、式(E.4)に示す。

$$I_{\text{SURGE}}(t) = k_i \cdot \left[ \frac{i_1}{k_{\text{SURGE}}} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{\eta_{\text{SURGE}}}} \cdot e^{\frac{-t}{\tau_2}} \right] \dots \quad (\text{E.4})$$

式(E.4)の係数は、次の値を用いる。

$$k_i = 1$$

$$\tau_1 = 1.355 \mu\text{s}$$

$$\tau_2 = 429.1 \mu\text{s}$$

$$i_1 = 0.895$$

$$\eta_{\text{SURGE}} = 1.556$$

$$k_{\text{SURGE}} = e^{\frac{-\tau_1}{\tau_2} \left( \frac{\eta_{\text{SURGE}} \cdot \tau_2}{\tau_1} \right)^{\frac{1}{\eta_{\text{SURGE}}}}}$$

時間関数としての 5/320 μs 電流サージ波形を、図 E.10 に示す。

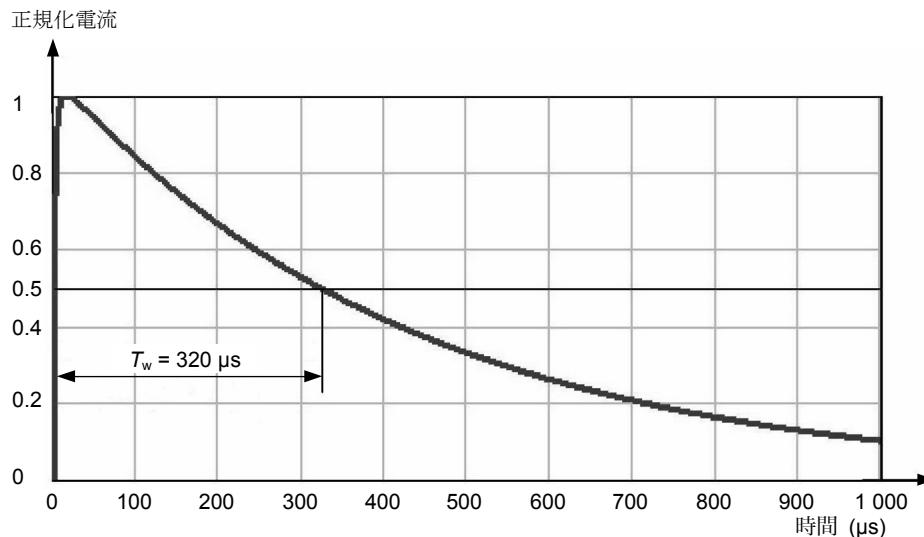


図 E.10—5/320 μs 電流サージ

立ち上がり波形の拡大図を、図 E.11 に示す。

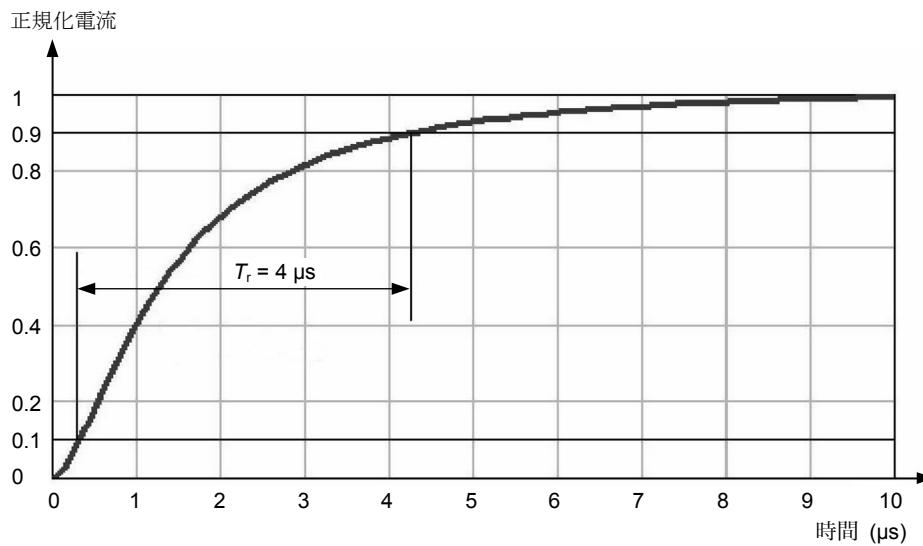


図 E.11—5/320  $\mu\text{s}$  電流サージの立ち上がり波形の拡大図

式(E.4)による電流サージ波形の周波数スペクトラムの応答(周波数分解能  $f$ を0.4 kHzとした場合)を,  
図E.12に示す。

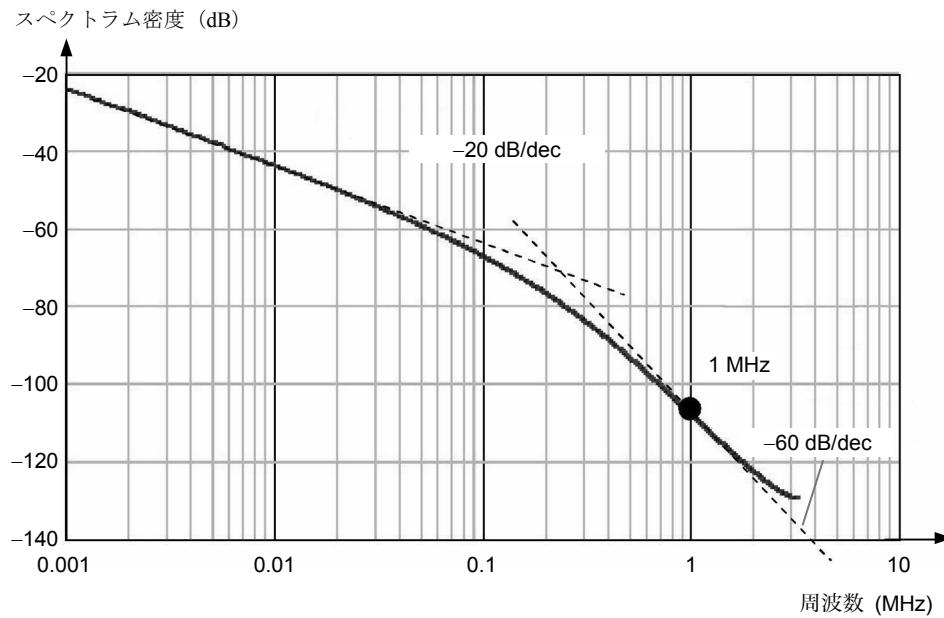


図 E.12—5/320  $\mu\text{s}$  電流サージの周波数スペクトラムの応答

時間領域での電圧サージは、1 MHzまでの周波数で十分なシミュレーションができるため、帯域幅BWの上限を1 MHzとする。

## 附属書 F (参考) 測定不確かさ (MU) の考察

### F.1 符号説明

この附属書に用いる符号の説明は、次による。

- $V_p$  開回路電圧サージのピーク値
- $T_{IV}$  開回路電圧サージのフロントタイム： $T_{IV}=1.67 \times T_V$
- $T_V$  ピーク値の30 %から90 %に達するまでの時間間隔と定義した開回路電圧サージの立ち上がり時  
間
- $T_{rV}$  ピーク値の10 %から90 %に達するまでの時間間隔と定義した開回路電圧サージの立ち上がり時  
間： $T_{rV}=0.80 \times T_{IV}=1.33 \times T_V$
- $T_w$  開回路電圧サージの時間間隔
- $I_p$  短絡電流サージのピーク値
- $T_{fl}$  短絡電流サージのフロントタイム： $T_{fl}=1.25 \times T_{rl}$
- $T_{rl}$  ピーク値の10 %から90 %に達するまでの時間間隔と定義した短絡電流サージの立ち上がり時間
- $T_d$  短絡電流サージの持続時間

**注記** 符号  $u(x_i)$ ,  $c_i$ ,  $u_i(y)$ ,  $u_c(y)$ ,  $U(y)$  及び  $y$  のもつ意味及び関係は、**IEC/TR 61000-1-6** で説明して  
いる。

### F.2 一般

実際の妨害量とこの規格に規定する妨害量との整合性は、通常、一連の測定（例えば、減衰器を用いたオシロスコープでのサージの立ち上がり時間の測定）を通じて確認できる。各測定の結果は、測定器の不完全性と同様に測定の再現性の悪さによる測定不確かさ (MU) を含んでいる。この附属書では、**IEC/TR 61000-1-6** に示す原理及び方法に従った MU の評価について示す。

MU を評価するために必要な事項を、次に示す。

- a) 測定器及び測定量の両方に関連した不確かさの要因を特定する。
- b) 影響（入力）量と測定（出力）量との間で、機能的関係（測定モデル）を特定する。
- c) 入力量に対する標準不確かさ及び推定値を得る。
- d) 高い水準の信頼性をもつ測定量に対する真値を含む値の幅の推定値を得る。

詳細は、**IEC/TR 61000-1-6** による。

イミュニティ試験では、推定値及び不確かさは、妨害量に対するパラメータ（例えば、立ち上がり時間、ピーク値、持続時間など）によって評価する。そのため、これらのパラメータは、この規格に定義した適切な妨害量の一一致度として記載している。

特定な妨害量として得た推定値及び不確かさでは、この規格に規定する疑似電磁現象と実際の電磁現象との間の一一致度としては記載していない。

EUT における妨害量のパラメータの影響は未知であり、ほとんどの場合、EUT は非線形な挙動を示すことから、妨害量を单一の推定値及び不確かさの数値として定義できない。したがって、それぞれの妨害量のパラメータは、対応する推定値及び不確かさが付随する。これによって、複数の不確かさのバジェット

が生じる。

### F.3 サージ測定不確かさのための不確かさの寄与

測定器及び試験セットアップの影響評価に用いる不確かさの寄与を、次に示す。

- ピーク値の読み値
- 10 % (又は 30 %) レベルの読み値
- 90 %のレベルの読み値
- 50 %のレベルの読み値
- 測定システムの帯域幅
- 測定システムのサージ応答の形状状態
- オシロスコープ水平軸の測定誤差
- オシロスコープ垂直軸の測定誤差
- 測定システム、測定量及びセットアップの再現性 (タイプ A)
- オシロスコープ及び測定システムの校正

### F.4 サージ校正の不確かさ

#### F.4.1 一般

サージ試験の場合、EUT に印加する CWG による妨害量は、サージ電圧及びサージ電流である。F.2 に示すように、妨害量の測定したパラメータごとの不確かさのバジェットが必要である。これらの妨害量のパラメータは、開回路電圧のための  $V_p$ 、 $T_{IV}$  及び  $T_w$  並びに短絡電流のための  $I_p$ 、 $T_{fl}$  及び  $T_d$  とする。

ここでのインパルスサージの MU を評価するために採用した手順を、F.4.6 及び F.4.7 に示す。サージパラメータの不確かさのバジェットの例を、表 F.1～表 F.3 に示す。これらの表には、これらの例に対して最も重要とみなす入力量、MU への各寄与成分の詳細（数値、確率密度関数のタイプなど）及び各々の不確かさのバジェットを決定するために必要な計算結果を含む。

#### F.4.2 ザージ開回路電圧のフロントタイム

測定量は、サージ開回路電圧波形のフロントタイムであり、式(F.1)を用いて計算する。

$$T_{IV} = 1.25 \sqrt{[1.33(T_{90\%} - T_{30\%} + \delta R)]^2 - T_{MS}^2} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{F.1})$$

$$T_{MS} = \frac{\alpha}{B}$$

ここに、	$T_{30\%}$ :	ピーク振幅の 30 % の時間
	$T_{90\%}$ :	ピーク振幅の 90 % の時間
	$\delta R$ :	繰返しづらつきの補正値
	$T_{MS}$ :	測定システムのステップ応答の立ち上がり時間 (10 %～90 %) ( $\mu\text{s}$ )
	$B$ :	測定システムの -3 dB 周波数帯域幅 (kHz)
	$\alpha$ :	係数。 $(360 \pm 40) \mu\text{s} \cdot \text{kHz}$

表 F.1—サージ開回路電圧フロントタイム ( $T_{\text{fV}}$ ) の不確かさのバジェットの例

記号	推定値	単位	誤り限界	単位	PDF <sup>a)</sup>	除数	$u(x_i)$	$c_i$	単位	$u_i(y)$	単位
$T_{30\%}$	0.25	$\mu\text{s}$	0.005 0	$\mu\text{s}$	三角	2.45	0.002 0	-2.08	1	0.004 3	$\mu\text{s}$
$T_{90\%}$	1.15	$\mu\text{s}$	0.005 0	$\mu\text{s}$	三角	2.45	0.002 0	2.08	1	0.004 3	$\mu\text{s}$
$\delta R$	0	$\mu\text{s}$	0.025	$\mu\text{s}$	正規 ( $k=1$ )	1.00	0.025	2.08	1	0.052	$\mu\text{s}$
$\alpha$	360	$\mu\text{s}\cdot\text{kHz}$	40	$\mu\text{s}\cdot\text{kHz}$	一様 (方形)	1.73	23.1	-0.001 9	1/kHz	0.043	$\mu\text{s}$
$B$	500	kHz	50	kHz	一様 (方形)	1.73	28.9	0.001 4	$\mu\text{s}/\text{kHz}$	0.039	$\mu\text{s}$
注 <sup>a)</sup> 確率密度関数 (Probability Density Function)							$u_e(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$		0.08	$\mu\text{s}$	
							$U(y) = 2u_e(y)$		0.16	$\mu\text{s}$	

$T_{30\%}$ 及び $T_{90\%}$ は、ピーク振幅値の30%及び90%における時間の読み値である。誤り限界は、毎秒100メガサンプリング周波数のオシロスコープのトレース補間機能を用いたと想定して得られた値である(確率密度関数は、三角分布)。これ以外の場合は、一様の確率密度関数と仮定することが望ましい。ここでは、サンプリング周波数によるMUの寄与成分だけを考慮する。追加の寄与成分に関しては、F.4.5を参照する。読み値は、 $T_{30\%}=0.25\mu\text{s}$ 及び $T_{90\%}=1.15\mu\text{s}$ と仮定する。

$T_{\text{MS}}$ は、測定システムのステップ応答の計算による立ち上がり時間である。係数 $\alpha$  [式(F.1)参照]は、測定システムのインパルス応答の形状に依存し、係数 $\alpha$ の推定値 $360\mu\text{s}\cdot\text{kHz}$ に対する誤り限界±40 $\mu\text{s}\cdot\text{kHz}$ は、様々な測定システムの代表値で、各々異なるインパルス応答の形状をもつ(F.4.6及び表F.4参照)。測定システムの周波数帯域幅 $B$ は、実験的(周波数帯域幅の直接測定)に求めるか、又は測定システムの各要素(基本は、電圧プローブ、ケーブル及びオシロスコープ)の周波数帯域幅 $B_i$ によって次の式を用いて計算して求める。

$$\frac{1}{B} = \sqrt{\left(\frac{1}{B_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{B_2}\right)^2 + \dots}$$

$B$ は、一様確率密度関数50kHzの誤り限界をもつ500kHzの推定値と仮定する。

$\delta R$ は、30%から90%までの立ち上がり時間の繰返しのばらつき補正で、測定機器、測定セットアップの配置及びCWG自身による $T_{30\%}\sim T_{90\%}$ の測定の再現性の欠如を定量化したものであり、実験によって決定する。 $\delta R$ は、 $n$ 回繰り返した測定サンプル $q_j$ の実験的標準偏差 $s(q_k)$ に基づいたタイプA評価であり、次の式による。

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}$$

ここで、 $\bar{q}$ は $q_j$ の算術的平均値で、誤り限界25ns(正規確率密度分布の $1\sigma$ )をもつ0nsの推定値を仮定する。

**注記** 短絡電流のバジェットは、同様にして得ることができる。この場合、 $T_{\text{MS}}$ は電圧プローブの代わりに電流プローブの帯域幅を含める。さらに、機能的関係は、次の式によって修正する。

$$T_{\text{fV}} = 1.25 \sqrt{(T_{90\%} - T_{10\%} + \delta R)^2 - T_{\text{MS}}^2}$$

#### F.4.3 サージ開回路電圧のピーク電圧

測定量  $V_p$  は、サージ開回路電圧のピーク電圧読み値を基にして、次の式を用いて計算する。

$$V_p = \frac{V_{PR}(1 + \delta R + \delta V)}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} A$$

ここに、

$V_{PR}$  : ピーク電圧の読み値

$A$  : 電圧プローブの直流減衰量

$\delta R$  : 非再現性の補正值

$\delta V$  : 直流電圧に対するオシロスコープの垂直軸の精度

$B$  : 測定システムの-3 dB 周波数帯域幅

$\beta$  : 帯域に関する係数。 $(12.7 \pm 1.4)$  kHz とする。

表 F.2—サージ開回路電圧ピーク値 ( $V_p$ ) の不確かさのバジェットの例

記号	推定値	単位	誤り限界	単位	PDF <sup>a)</sup>	除数	$u(x_i)$	$c_i$	単位	$u_i(y)$	単位
$V_{PR}$	3.84	V	0.0075	V	三角	2.45	0.0031	1001	1	3.06	V
$A$	1 000	1	50	1	一様 (方形)	1.73	28.9	3.84	V	111	V
$\delta R$	0	1	0.03	1	正規 ( $k=1$ )	1.00	0.03	$3.84 \cdot 10^3$	V	115	V
$\delta V$	0	1	0.02	1	一様 (方形)	1.73	0.012	$3.84 \cdot 10^3$	V	44.4	V
$\beta$	12.7	kHz	1.4	kHz	一様 (方形)	1.73	0.81	0.38	V/kHz	0.32	V
$B$	500	kHz	50	kHz	一様 (方形)	1.73	28.9	-0.0096	V/kHz	0.29	V
注 <sup>a)</sup> 確率密度関数						$u_e(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$				0.166	kV
						$U(y) = 2 u_e(y)$				0.33	kV

$V_{PR}$  は、ピーク電圧の読み値である。誤り限界は、8ビット垂直分解能のオシロスコープの補間機能（不確かさの確率密度関数を三角分布）と仮定して算出する。

$A$  は、電圧プローブの直流減衰量である。ここでは、直流減衰量を 1 000 とし、かつ、誤り限界を 5 % (不確かさの確率密度関数は一様分布) と仮定して算出している。

**注記 1** 誤り限界は、例えば、8ビットの分解能に依存する測定読み値の差の範囲である。

$\delta R$  は、測定セットアップ、配置及び測定装置の非再現性を定量化している。ここでは、ピーク電圧の繰返し測定値から求めた標準偏差によるタイプ A とし、推定値 0 % 及び誤り限界 3 % [1 標準偏差 ( $1\sigma$ )] と仮定している。

$\delta V$  は、オシロスコープの直流電圧測定の誤りを定量化している。ここでは、推定値 0 及び誤り限界 2 % (確率密度関数は、一様分布) と仮定している。

$\beta$  は、測定システムのピーク近傍のインパルス応答及び標準インパルス波形の応答の両方の波形形状に依存する係数である (F.4.7 参照)。(12.7 ± 1.4) kHz は、それぞれ異なったインパルス応答形状をもつ、様々なクラスのシステムを代表している。

$B$  は、F.4.2 を参照する。推定値及び誤り限界に対して同じ意味及び同じ値をもつ。

**注記 2** 短絡電流のバジェットは、同様にして得ることができる。この場合、 $B$  は、電圧プローブの代わりに電流プローブの帯域幅を含める。さらに、パラメータ  $\beta$  を、表 F.5 に従って修正す

る。

#### F.4.4 サージ開回路電圧波形の持続時間

測定量は、サージ開回路電圧波形の持続時間であり、次の式を用いて計算する。

$$T_w = (T_{50\%,F} - T_{50\%,R} + \delta R) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{\beta}{B} \right)^2 \right]$$

ここに、  
 $T_{50\%,R}$ ： サージ波形の立ち上がり部分でのピーク電圧の 50 %になる時間軸の読み値  
 $T_{50\%,F}$ ： サージ波形の立ち下がり部分でのピーク電圧の 50 %になる時間軸の読み値  
 $\delta R$ ： 非再現性の補正值  
 $B$ ： 測定システムの -3 dB 周波数帯域幅  
 $\beta$ ： 帯域に関する係数。 $(12.7 \pm 1.4)$  kHz とする。

表 F.3—サージ開回路電圧波形の持続時間 ( $T_d$ ) に対する不確かさのバジェットの例

記号	推定値	単位	誤り限界	単位	PDF a)	除数	$u(x_i)$	$c_i$	単位	$u_i(y)$	単位
$T_{50\%,R}$	0.5	μs	0.005 0	μs	三角	2.45	0.002 0	-1.00	μs	0.002	μs
$T_{50\%,F}$	51.2	μs	0.005 0	μs	三角	2.45	0.002 0	1.00	μs	0.002	μs
$\delta R$	0	μs	0.15	μs	正規 ( $k=1$ )	1.00	0.15	1.00	μs	0.15	μs
$\beta$	12.7	kHz	1.4	kHz	一様 (方形)	1.73	0.81	-0.005 2	μs/kHz	0.004 2	μs
$B$	500	kHz	50	kHz	一様 (方形)	1.73	28.9	0.000 13	μs/kHz	0.003 8	μs
注 a) 確率密度関数						$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$			0.15	μs	
						$U(y) = 2 u_c(y)$			0.3	μs	

$T_{50\%,R}$  及び  $T_{50\%,F}$  は、サージ開回路電圧波形の立ち上がり又は立ち下がりにおいて、ピーク電圧の 50 %になったときの時間軸の読み値である。誤り限界 (F.4.2 と同様) は、毎秒 100 メガサンプリング周波数のオシロスコープのトレース補間機能を用いたと想定して得られた値である (確率密度関数は、三角分布)。これ以外の場合には、一様の確率密度関数と仮定することが望ましい。ここでは、サンプリング周波数による MU の寄与成分だけを考慮する。追加の寄与成分に関しては、F.4.5 を参照する。読み値は、 $T_{50\%,R}=0.5 \mu s$  及び  $T_{50\%,F}=51.2 \mu s$  と仮定する。

$\delta R$  は、測定装置、測定セットアップの配置及び CWG の違いによる  $T_{50\%,F} \sim T_{50\%,R}$  の時間測定の非再現性を定量化した数値であり、実験によって決定する。 $\delta R$  は、多くの測定サンプルの標準偏差によるタイプ A であり、この誤り限界 150 ns [確率密度関数の 1 標準偏差 ( $1\sigma$ )] 及び推定値 0 ns と仮定する。

$\beta$  は、F.4.3 を参照する。推定値及び誤り限界に対して同じ意味及び同じ値をもつ。

$B$  は、F.4.2 を参照する。推定値及び誤り限界に対して同じ意味及び同じ値をもつ。

**注記** 短絡電流波形の持続時間  $T_d$  のバジェットも同様に取り扱うことができる。この場合、 $B$  は、電圧プローブの代わりに電流プローブの帯域幅に置き換える。さらに、パラメータ  $\beta$  を表 F.5 に従って修正する。機能関数は、次の式による。

$$T_d = 1.18 \cdot (T_{50\%,F} - T_{50\%,R} + \delta R) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{\beta}{B} \right)^2 \right]$$

#### F.4.5 時間測定及び振幅測定の MU の寄与

時間測定及び振幅測定の MU の寄与を、次に示す。

- **時間軸エラー及びジッタ** オシロスコープの仕様は、一様分布での誤り限界としてもよい。通常、これららの寄与は無視できる。
- **垂直分解能** 垂直分解能の MU に対する寄与は、垂直振幅分解能  $\Delta A$  及び波形の傾き  $dA/dt$  に依存する。不確かさは、分解能幅の  $1/2$  の値を元に算出し、 $(\Delta A/2)/(dA/dt)$  で表す。補間が行われる場合（オシロスコープの説明書を参照する。）、確率密度関数は、三角分布を用い、補間をしない場合は、確率密度関数は、一様分布を用いる。 $T_i$  は、オシロスコープのサンプリング時間で、 $|dA/dt| < (\Delta A/T_i)$  である場合、この寄与は無視できない。
- **DC オフセット** ピークをオシロスコープの公称 DC ゼロラインから測定する場合、オシロスコープの DC オフセットは、電圧ピーク測定の不確かさに寄与する。オシロスコープの読み取りソフトウェアがサージ基線からピークを測定する場合、この寄与は無視できる。

#### F.4.6 測定システムの帯域幅制限による立ち上がり時間のひずみ

立ち上がり時間のひずみは、立ち上がり時間の通常の組合せ原則によって評価する。これは、二つの相互作用のないシステムが従属になっており、かつ、そのステップ応答が単調に増大する場合に有効である [式(F.2)参照]。

$$T_{rd} = \sqrt{T_r^2 + T_{MS}^2} \quad \dots \dots \dots \quad (F.2)$$

ここに、  $T_{rd}$  : 測定システムの出力における信号の立ち上がり時間（ひずんだ立ち上がり時間）  
 $T_r$  : 測定システムの入力における信号の立ち上がり時間  
 $T_{MS}$  : 測定システムのステップ応答の立ち上がり時間

式(F.2)の算出において、式(F.3)に示す測定システムのステップ応答の立ち上がり時間 ( $T_{MS}$ ) の定義を用いる（参考文献の W.C.Elmore 参照）。

$$T_{MS} = \sqrt{2\pi \int_0^{\infty} (t - T_s)^2 h_0(t) dt} \quad \dots \dots \dots \quad (F.3)$$

ここに、 $h_0(t)$  は、正規化した面積、例えば、 $\int_0^{\infty} h_0(t) dt = 1$  をもつ測定システムのインパルス応答であり、

$T_s$  は式(F.4)から得られる遅延時間である。

$$T_s = \int_0^{\infty} t h_0(t) dt \quad \dots \dots \dots \quad (F.4)$$

数学的観点から、式(F.3)は、10 %及び90 %のしきい値レベルに基づく通常の式よりも取り扱いやすい。いずれにせよ、技術的適用においては、10 %～90 %の立ち上がり時間は、通常、式(F.2)によって組み合わせる。測定システムの帯域幅を与えると、式(F.3)による定義又はしきい値レベルに基づく定義によって、比較可能な立ち上がり時間を導くことができる。ここで、 $\alpha$ を式(F.5)のように定義する。

$$\alpha = T_{MS} \cdot B \quad \dots \dots \dots \quad (F.5)$$

二つの立ち上がり時間の定義から導びかれる  $\alpha$  の値は、余り異ならない。サージ応答  $h(t)$  の様々な形状

に対応する  $\alpha$  の値を、表 F.4 に示す。表 F.4 から明らかなように、 $\alpha$  の固有値を特定することはできない。これは、 $\alpha$  が採用された立ち上がり時間の定義【例えば、しきい値又は式(F.3)に基づくもの】及び測定システムのインパルス応答の形状の両方に依存しているからである。 $\alpha$  の妥当な推定値を、表 F.4 に示す最小値 ( $321 \times 10^{-3}$ ) と最大値 ( $399 \times 10^{-3}$ ) との間の算術平均値として得ることができる。すなわち、( $360 \times 10^{-3}$ ) となる。さらに、測定システムについて、その帯域幅以外の情報を得ることができない場合、( $321 \times 10^{-3}$ ) と ( $399 \times 10^{-3}$ ) との間の全ての  $\alpha$  の値が等しい可能性をもつと仮定できる。したがって、 $\alpha$  は、上方限界及び下方限界がそれぞれ ( $321 \times 10^{-3}$ ) 及び ( $399 \times 10^{-3}$ ) である一様分布の確率密度関数をもつ確率変数とみなす。 $\alpha$  の標準不確かさは、次の両方を定量化する。

- a) 立ち上がり時間の定義のために採用した数学的モデルとの均等性。
- b) システムのサージ応答の形状との均等性。

表 F.4—式(F.5)の測定システムの帯域幅  $B$  に対応する異なる単一方向のサージ応答

$\alpha$	ガウス	一次	二次 (限界減衰)	一様	三角
$\alpha : \text{式(F.3)}$	$332 \times 10^{-3}$	$399 \times 10^{-3}$	$363 \times 10^{-3}$	$321 \times 10^{-3}$	$326 \times 10^{-3}$
$\alpha : 10\% \sim 90\%$	$339 \times 10^{-3}$	$350 \times 10^{-3}$	$344 \times 10^{-3}$	$354 \times 10^{-3}$	$353 \times 10^{-3}$

#### F.4.7 測定システムの帯域幅制限によるサージピーク及びパルス幅ひずみ

測定システムの出力におけるひずんだサージ波形  $V_{\text{out}}(t)$  は、式(F.6)に示す畳込み積分によって求める。

$$V_{\text{out}}(t) = \int_0^t V_{\text{in}}(\tau) \cdot h(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \quad (\text{F.6})$$

ここに、 $V_{\text{in}}(t)$  は入力サージ波形、及び  $h(t)$  は測定システムのサージ応答である。また、 $A \cdot h(t) = h_0(t)$  であることに注意する。ここで、 $A$  は測定システムの DC 減衰である。入力波形は、入力がそのピーク電圧  $V_p$  に達したときの時間  $t_p$  に関するテイラー級数展開によって入力波形を近似させることができる [式(F.7) 参照]。

$$V_{\text{in}}(t) = V_p + \frac{V''_{\text{in}}(t_p)}{2} \cdot (t - t_p)^2 + \frac{V'''_{\text{in}}(t_p)}{6} \cdot (t - t_p)^3 + \dots \quad \dots \dots \dots \quad (\text{F.7})$$

ここで、 $V_{\text{in}}'(t_p) = 0$  であるため、式(F.7)から一次項は、除かれている。へこみは下方（最大値）を指すため、 $V_{\text{in}}''(t_p) < 0$  となる。また、対象が標準波形であるため、立ち上がり時間は、立ち下がり時間よりも小さいため、 $V_{\text{in}}'''(t_p) > 0$  となる。したがって、測定システムの帯域幅が入力信号の帯域幅に対して大きい場合、式(F.6)に式(F.7)を代入し、（階級が 2 よりも大きいべき級数は、無視することができる。）更に単純化することによって、式(F.8)を得ることができる。

$$V_{\text{pd}} = \frac{V_p}{A} \left[ 1 - \left( \frac{\beta}{B} \right)^2 \right] \quad \dots \dots \dots \quad (\text{F.8})$$

ここに、 $V_{\text{pd}}$  は出力サージピーク、及び  $A$  は測定システムの DC 減衰であり、式(F.9)に展開できる。

$$\beta = \alpha \cdot \sqrt{\frac{|V''_{\text{in}}(t_p)|}{4\pi V_p}} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{F.9})$$

パラメータ  $\beta$  は、標準入力波形の二次導関数及び F.4.6 で定義し導き出したパラメータ  $\alpha$  に依存する。標準サージ波形に対する数学的表現は、この附属書に示しているため、 $\beta$  の値は、数値的に計算することができます、その値を表 F.5 に示す。

入力サージ幅  $T_w$  のひずみの推定値は、出力サージの面積が DC 減衰  $A$  で除した入力サージの面積であることから、式(F.10)によって容易に求めることができる。

ここに、 $T_{wd}$ は出力サージ幅であり、式(F.11)で求めることができる。

$$T_{\text{wd}} = \frac{V_{\text{p}}}{AV_{\text{pd}}} \cdot T_{\text{w}} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2} \cdot T_{\text{w}} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{F.11})$$

表 F.5—式(F.9)に対応する標準サージ波形の係数  $\beta$

係数	1.2/50 $\mu$ s	8/20 $\mu$ s	10/700 $\mu$ s	5/320 $\mu$ s	単位 kHz
$\beta$	12.7±1.4	14.8±1.6	1.05±0.11	2.00±0.22	

#### F.5 サージ発生器の適合性基準における不確かさの適用

一般的に発生器の校正結果は、この規格に規定する範囲内であることが望ましい。この規格に規定する許容差の範囲は、MUによって影響されることはない（IEC/TR 61000-1-6:2012 の箇条 6 を参照）。

## 附属書 G (参考) サージ測定システムの校正方法

### G1 一般

サージ発生器の校正では、サージ波形の測定に用いる測定システムによって生じるひずみも含めて評価する必要がある。すなわち、測定結果で得られた波形には、適用するサージ及び用いる測定システムの特性の作用で生じたひずみが含まれている。

標準化されたサージに対する測定システムの応答は、畳込み積分から推定することができる（**IEEE Std 4-1995 及び IEC 60060-2** 参照）。

そのためには測定システムの実験に基づくステップ応答の値が必要となるが、これを数値計算することによって、理論的なサージ波形に重畠する測定システムのひずみを求めることができる。

これによって、測定システム応答のサージのパラメータ（すなわち、立ち上がり時間、ピーク値及び持続時間）に対する一つの影響を推定できる。

検出した系統的な誤差は、校正結果の補正に用いることができ、校正の精度の向上を可能にする。

### G2 畳込み積分を用いる測定システム応答の評価

理論的には、校正に用いる測定システム（電圧変換器又は電流変換器並びにオシロスコープ）の伝達作用は、ディラック理想サージをシステムの入力に印加することによって決定できる。

伝達作用の有効性は、測定システムで生じる一つのひずみを推定することができる。

$V_{\text{in}}(t)$  を測定システムの入力に印加するサージとする。出力  $V_{\text{out}}(t)$  のサージは、畳込み積分を用いて計算できる [式(G1)参照]。

$$V_{\text{out}}(t) = \int_0^t V_{\text{in}}(\tau) \cdot h_0(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \quad (\text{G1})$$

ここに、 $h_0(t)$  は測定システムの正規化したサージ応答であり、すなわち、次の式による。

$$\int_0^\infty h_0(t) dt = 1$$

ステップ応答は測定システムのサージ応答から測定することが実際的であり、実験に基づいた正規化ステップ応答  $g(t)$  を  $h_0(t)$  の代わりに用いる。したがって、式(G1)は、式(G2)のように修正できる。

$$V_{\text{out}}(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t V_{\text{in}}(\tau) \cdot g(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \quad (\text{G2})$$

ここに、 $g(t)$  を次のように定義する。

$$g(t) = \int_0^t h_0(\tau) d\tau$$

$g(t)$  の決定のために、測定システムは電圧又は電流のステップ波形を入力し、その出力応答を測定する。

理想的な信号源（立ち上がり時間が0）は実際ではなく、それが測定システムの  $V_{\text{out}}(t)$  に影響し理想的な特性とはならない。適用するステップ波形の立ち上がり時間は、サージのフロントタイム（表2参照）の1/10よりも小さいことが望ましい。

さらに、電圧変換器及び電流変換器の減衰を考慮しても十分なダイナミックレンジを得るために、ステップ信号の振幅は、オシロスコープの入力において必要十分であることが望ましい。

1.2/50 μs 及び 10/700 μs のコンビネーション波形発生器のサージの標準波形の数理モデルを、附属書Eに示す。このような標準波形を、入力  $V_{\text{in}}(t)$  として用いることができる。

このように、入力に対応するひずみをもつ出力  $V_{\text{out}}(t)$  は、式(G2)によって計算できる。 $V_{\text{in}}(t)$  と  $V_{\text{out}}(t)$  との間の比較によって、標準波形のパラメータ（立ち上がり時間、ピーク値及び持続時間）で測定システムによって生じる系統的誤差は、容易に検出することができる。

校正は、電圧変換器及び電流変換器並びにオシロスコープの影響を受ける。

電圧変換器、電流変換器及びオシロスコープは、いずれも、開回路電圧及び短絡電流波形を取り扱うのに十分な帯域幅、電圧容量及び電流容量をもっていなければならない。オシロスコープは、10 MHz以上の帯域幅及び毎秒100メガサンプルのサンプリングレートを必要とする。

### G.3 開回路電圧（1.2/50 μs 及び 10/700 μs）のためのサージ測定システムの校正

電圧ステップ信号を電圧変換器に入力し、デジタルストレージオシロスコープを用いてステップ応答を記録する。

電圧ステップを発生する発生器は、G.2の事項を満たすことが望ましい。

定常レベルの範囲で評価できるように、記録されたステップ応答を正規化する。

標準化した開回路電圧に対する測定システム（オシロスコープ及び電圧変換器）の応答  $U_{\text{out}}(t)$  は、式(G.3)で計算できる。

$$U_{\text{out}}(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t U_{\text{in}}(\tau) \cdot g_u(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \quad (\text{G.3})$$

ここに、  
 $g_u(t)$ ： 電圧測定システムの評価に基づく正規化したステップ応答  
 $U_{\text{in}}(t)$ ： 標準化した開回路電圧波形

測定システムのもつ系統誤差は、 $U_{\text{in}}(t)$  を  $U_{\text{out}}(t)$  と比較することによって評価できる。サージの校正結果は、その系統誤差によって補正する。

開回路電圧波形を校正するために、電圧変換器の倍率は、直流で評価する。

測定不確かさを減らすために、測定システムのステップ応答を記録するとき、及びサージ発生器の波形校正のとき、同じオシロスコープを用いることが望ましい。二つの測定を実行するとき、ステップ信号の電圧振幅は、サージの電圧振幅よりも非常に低いため、オシロスコープの垂直軸（電圧レンジ）の変更が必要になることがある。

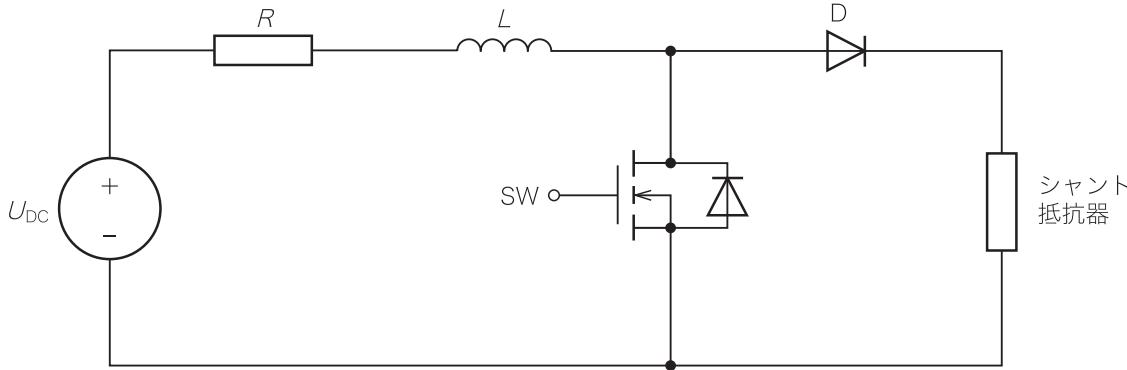
垂直軸の電圧レンジを変更した場合の不正確さは、選択した電圧レンジの設定によって異なるため、オシロスコープの電圧レンジごとの校正を推奨する。

### G.4 短絡電流（8/20 μs 及び 5/320 μs）のためのサージ測定システムの校正

電流ステップ信号は、電流変換を行うシャント抵抗器に入力し、デジタルストレージオシロスコープを

用いてステップ応答を記録する。

電流ステップ発生器の簡易回路図を、図 G.1 に示す。電流ステップ発生器は、G.2 の事項を満たすこと  
が望ましい。



$U_{DC}$  直流安定化電圧源（電圧調整可能なもの）

$R$  電流制限用抵抗

$L$  エネルギー蓄積インダクタ

SW 半導体スイッチ（高速大電流）

D ダイオード（高速大電流）

シャント  
抵抗器

図 G.1—電流ステップ発生器の簡易回路図

定常レベルの範囲で評価できるように、記録されたステップ応答を正規化する。

標準化した短絡電流に対する測定システム（オシロスコープ及びシャント抵抗器）の応答  $U_{out}(t)$  は、式 (G.4) で計算できる。

$$I_{out}(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t I_{in}(\tau) \cdot g_i(t-\tau) d\tau \quad \dots \dots \dots \quad (G.4)$$

ここに,  $g_i(t)$  : 電流測定システムの評価に基づく正規化したステップ  
応答  
 $I_{in}(t)$  : 標準化した短絡電流波形

測定システムのもつ系統誤差は、 $I_{in}(t)$  を  $I_{out}(t)$  と比較することによって評価できる。サージの校正結果  
は、その系統誤差によって補正する。

短絡電流波形を校正するために、校正したシャント抵抗器又は電流変換器を用いることが望ましい。

測定不確かさを減らすために、測定システムのステップ応答を記録するとき、及びサージ発生器の波形  
校正のとき、同じオシロスコープを用いることが望ましい。二つの測定を実行するとき、ステップ信号の  
電圧振幅は、サージの電圧振幅よりも非常に低いため、オシロスコープの垂直軸（電圧レンジ）の変更が  
必要になることがある。

垂直軸の電圧レンジを変更した場合の不正確さは、選択した電圧レンジの設定によって異なるため、オ  
シロスコープの電圧レンジごとの校正を推奨する。

## 附属書 H (参考)

### 定格 200 A を超える電源線に対するサージの結合及び減結合

#### H.1 一般

大電流の EUT は、サージ発生器からみると低いインピーダンスの負荷になるため、サージエネルギーのほとんどがサージ発生器の出力インピーダンスで消費される。

そのため、次の事項の検討が必要な場合がある。

- サージ試験は効果的であるか。
- ユニットごとに分けて個別に試験できるか。
- EUT が低消費電流モードで試験できるか (6.3 参照)。

大電流の EUT は、実際の設置場所で試験することが多い。

内蔵のサージ保護デバイス (SPD) の影響を考慮することが望ましい。SPD は印加したサージがしきい値よりも十分高い場合に、効果を発揮する。SPD は、一般的に、ほとんどのサージを吸収する。サージ電圧が SPD のしきい値よりも低い場合は、EUT は保護されない。

#### H.2 結合及び減結合の考察

市販の CDN が適用できない大電流の EUT を試験する場合、次の試験セットアップを用いることができる。

- CN は、図 7 及び図 8 に示すものを用いる。
- DN は、一つのチョークコイル又は十分な長さのケーブルを用いて規定のインダクタンスを構成してもよい。1 m の直線に伸ばした単線のケーブルは、約 1 μH と仮定できる。推奨するインダクタンス値を、表 H.1 に示す。ディファレンシャルモードの減結合を確実にするために、一つのチョークコイル又は単線ケーブルは、ラインごとに用いることが望ましい。

コンデンサ、金属酸化物バリスタ (MOV) 又はその複合デバイスによる減結合素子は、減結合回路網に必要にならない場合がある。

表 H.1—200 A 超の減結合回路網のインダクタンスの推奨値

EUT の定格電流 $I$ A	減結合インダクタンスの推奨値 <sup>a)</sup> $\mu\text{H}$
$200 < I \leq 400$	200~100
$400 < I \leq 800$	100~ 50
$800 < I \leq 1\,600$	50~ 25
上の行の値の 2 倍以下の電流値	上の行の値の 1/2 のインダクタンス
<sup>a)</sup> 定格電流と減結合インダクタンス値とは、逆比例の関係があるが、この範囲内にある任意のインダクタンス値を用いてもよい。	

#### H.3 更なる予防措置

三相機器の相間当たり 415 V を超える高い電源電圧の EUT を試験するとき、供給電圧によってサージ発

62

C 61000-4-5 : 2018 (IEC 61000-4-5 : 2014)

生器に損害を与える場合がある。

結合デバイスは、少なくとも EUT と同じ定格電圧をもつものを用いる。

## 参考文献

**IEC 60060-2**, High-voltage test techniques—Part 2: Measuring systems

**JIS C 60364-4-44** 低圧電気設備－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**, Low-voltage electrical installations—Part 4-44: Protection for safety—Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

**JIS C 60664-1** 低圧系統内機器の絶縁強調－第1部：基本原則、要求事項及び試験

**注記** 対応国際規格：**IEC 60664-1**, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 1: Principles, requirements and tests

**IEC/TR 61000-1-6:2012**, Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 1-6: General—Guide to the assessment of measurement uncertainty

**JIS C 61000-4-4** 電磁両立性－第4-4部：試験及び測定技術－電気的ファストトランジエント／バーストイミュニティ試験

**注記** 対応国際規格：**IEC 61000-4-4**, Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-4: Testing and measurement techniques—Electrical fast transient/burst immunity test

**IEC 60050-195:1998**, International Electrotechnical Vocabulary—Part 195: Earthing and protection against electric shock

**IEC 60050-311**, International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 311, Electromagnetic compatibility—Electrical and electronic measurements—General terms relating to measurements

**IEC 61643 (all parts)**, Low-voltage surge protective devices

**JIS C 5381-11** 低圧サージ防護デバイス－第11部：低圧配電システムに接続する低圧サージ防護デバイスの要求性能及び試験方法

**注記** 対応国際規格：**IEC 61643-11**, Low-voltage surge protective devices—Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems—Requirements and test methods

**JIS C 5381-12** 低圧サージ防護デバイス－第12部：低圧配電システムに接続する低圧サージ防護デバイスの選定及び適用基準

**注記** 対応国際規格：**IEC 61643-12**, Low-voltage surge protective devices—Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems—Selection and application principles

**IEC 61643-21:2000**, Low voltage surge protective devices—Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks—Performance requirements and testing methods

Amendment 1:2008

Amendment 2:2012

**JIS Z 9290-1** 雷保護－第1部：一般原則

**注記** 対応国際規格：**IEC 62305-1**, Protection against lightning—Part 1: General principles

**IEEE Std 4-1995**, IEEE Standard Techniques for High-Voltage Testing

**IEEE Std C62.45-2002**, IEEE Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits

**ITU-T K.44**, Resistibility tests for telecommunication equipment exposed to overvoltages and overcurrents—Basic Recommendation

W.C. Elmore, "The Transient Response of Damped Linear Networks with Particular Regard to"

**JIS C 61000-4-5 : 2018**  
(IEC 61000-4-5 : 2014)  
**電磁両立性－第4-5部：試験及び測定技術－**  
**サージイミュニティ試験**  
**解 説**

この解説は、規格に規定・記載した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、日本規格協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は日本規格協会である。

## 1 今回の改正までの経緯

この規格は、1995年に発行されたIEC 61000-4-5を基に1999年に制定された。その後、IEC 61000-4-5の第2版が2005年に改正されたのを受けて、2009年の改正（以下、旧規格という。）を経て今回の改正に至った。

なお、旧規格は、これを基に技術的内容及び規格票の様式を変更することなく作成した。

今回、一般社団法人電気学会は、JIS原案作成委員会を組織してJIS原案を作成した。

## 2 今回の改正の趣旨

2014年にIEC 61000-4-5が第3版（以下、対応国際規格という。）として改正されたため、これを受け、この規格を今回、次の趣旨に基づいて改正することとした。

- a) 対応国際規格の改正された内容に基づいて、この規格を改正したが、我が国のインフラストラクチャの違いによる不整合については、インフラストラクチャの変更を求めるような議論は行わないことを原則とし、次の内容について追加及び変更を行った。
  - コンビネーション波形の波形規定の見直し（6.2.2及び附属書A）
  - 1.2/50 μs CWGの出力波形校正時のコンデンサ接続を追加（6.2.3）
  - 電源線 CDN の定格電流区分及び出力波形規定の許容差の見直し（6.3.2）
  - 非シールド非対称相互接続線及び非シールド対称相互接続線 CDN の出力波形の規定及び校正方法の追加（6.3.3及び6.4.3）
  - シールド線に適用する試験方法の見直し（7.6）
  - 10/700 μs サージ波形及び屋外用非シールド対称通信線試験方法を独立して記載（附属書A）
  - コンビネーション波形の数理モデル化を追加（附属書E）
  - MU（Measurement Uncertainty、測定不確かさ）の追加（附属書F）
  - サージ測定システムの校正方法の追加（附属書G）
  - 電流定格200 A超の電源試験法を追加（附属書H）
- b) 文書表現を、JIS Z 8301（規格票の様式及び作成方法）に合わせて見直した。

## 3 審議中に特に問題となった事項

この規格の改正に当たって、審議中に特に問題になった事項及び審議結果は、次のとおりである。

### 解 1

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されています。

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。

- a) **1.2/50 μs コンビネーション波形説明の原文の誤り (6.2.1)** 6.2.1 の末尾は、対応国際規格では、“したがって、負荷によって決まる 1.2/50 μs 電圧波形及び 8/20 μs 電流波形は、一つの CWG で出力することが望ましい。” (“should be～”）とある。しかし、これは誤りであり、審議の結果、規定文 (“shall be～”）として解釈し、“出力する。”とした。
- b) **電源線 CDN の出力波形規定 (6.3.2)** 対応国際規格の本文に、“CDN の EUT ポートで測定する波形パラメータは、CWG に依存する。試験した特定の CWG と CDNとの組合せに対してだけ有効である。”の規定があり、表 4 の注<sup>b)</sup> に“発生器の出力波形が許容差を僅かに外れている場合は、超えることがある。”の記載がある。しかし、この記載は許容値を超えてよい解釈となるため、審議の結果、注<sup>b)</sup> を削除した。
- c) **CDN の校正に用いる CWG (6.4.1)** CDN の出力波形の校正は、CWG の波形に依存する記載があるが、CWG が 6.2.3 の要求事項を満たしていることの記載がないため、適合性の判断が困難となる。このため、“CDN の校正には、6.2.3 の要求事項に適合した CWG を用いる。”を追記し、要求事項を明確にした。
- d) **電源線 CDN の非印加ラインの規定 (6.4.2)** 印加しないラインの漏れ電圧の測定について、対応国際規格は、測定点の記述がないため、規格の規定として成立しないことが分かった。このため、この規格では、測定する場所を“電源ポート側の”を追加して明確にした。
- e) **相互接続線用 CDN の校正に関する結合及び減結合素子 (6.4.3.1)** 対応国際規格には、相互接続線用 CDN の AE 側の減結合の残留電圧を測定する校正において、“CDN の使用者が、個々の AE への保護が十分であると判断する。”の文書は、校正の規定に考慮すべきことではない。したがって、この規格では、この部分の記載を削除した。
- f) **対称相互接続線用 CDN の校正手順 (6.4.3.3)** 対応国際規格の表 9 の注<sup>a)</sup> の記載は、図 10 及び図 11 を十分説明していないため、誤解を生じるおそれがあり、この規格では、“例えば、2ペアのポートを試験する場合、二つの抵抗が各々 80 Ω である。4ペアのポートを試験する場合、四つの抵抗が各々 160 Ω である。図 11 の例では、2ペアのポートを試験する場合、二つの抵抗は各々 80 Ω である。”を追加し、分かりやすくした。また、対応国際規格の表 10 の注<sup>c)</sup> の“この表におけるこの値は、CWG における理想値である。CWG は、許容値に近い値を生成するが、CDN を追加した許容値は、CWG と CDN の組み合わせの許容値外かもしれない。”の記載は、許容値を超えてよい解釈となることから、誤解を防ぐため注<sup>c)</sup> の全文を削除した。
- g) **シールド線を用いた装置の試験セットアップ (7.6)** 対応国際規格の図 12 に RGP を記載しているが、この規格では、本文と合わせて基準グラウンドとした。また、片端接地したシールド線の試験において、試験を適用しない理由として、“シールドは、磁界によって誘導されないサージに対する保護機能をもたない。”とあるが、意味が分かりにくいため、審議の結果、この規格では削除した。
- h) **10/700 μs CWG の波形規定 (A.2.2)** 対応国際規格では、表 A.1 及び表 A.2 の波形パラメータを測定する条件として、注記で“波形を出力するピーク短絡電流は、図 A.1 のスイッチ S<sub>1</sub>を開いた状態で測定する。”とあるが、必須の設定であるため本文に移行した。
- i) **屋外用非シールド対称通信線用 CDN のサージ波形規定 (A.4)** 対応国際規格の表 A.4 の注<sup>c)</sup> の“この表におけるこの値は、CWG における理想値である。CWG は、許容値に近い値を生成するが、CDN を追加した許容値は、CWG と CDN の組み合わせの許容値外かもしれない。”の記載は、許容値を超えてよい解釈となる。このため、審議の結果、誤解を防ぐため注<sup>c)</sup> 全文を削除した。
- j) **その他の対応国際規格との変更点**

- 試験セットアップの引用の間違え (7.1) 対応国際規格に記述している RGP の引用している箇条は、**7.6.2** となっているが、**7.6** の間違えのため変更した。
- 屋外用非シールド対称通信線の試験セットアップ (A.5) 試験しない導体について、対応国際規格では、結合デバイスを介して“アース”に接続すると記述しているが、これは“基準グラウンド”的誤りであり修正した。
- **1.2/50 μs** 電圧サージの立ち上がり (E.2) 対応国際規格の図 E.2 の立ち上がりのパラメータ  $T_w$  は、 $T$  の間違えであり、また電圧軸の単位 ( $t$ ) は不要であり、修正した。
- $T_{MS}$  の説明に用いる係数  $\alpha$  の引用 (F.4.2) 対応国際規格の係数  $\alpha$  の引用が F.1 となっていたが、式 (F.1) の間違えのため、修正した。
- 不確かさバジェットの実際の値の例 (F.4.2, F.4.3 及び F.4.4) 対応国際規格の不確かさバジェットの表 F.1, 表 F.2 及び表 F.3 のパラメータ  $y$  及び “Expressed in % of 3.84 kV” は、算出した不確かさバジェットを実際の値で示したもので、不確かさバジェットとしては不要なため削除した。
- 電圧ステップを発生する発生器 (G.3) 対応国際規格の G.3 に記述している“電圧ステップ信号を発生する発生器は、G.1 の項目を満たすことが望ましい。”の引用である G.1 は、G.2 の間違えのため修正した。

#### 4 主な改正点及び規定項目の補足説明

主な改正点及び規定項目の補足説明は、次のとおりである。

なお、規定項目の補足説明は、主に対応国際規格を修正したものである。

##### a) 試験装置 (箇条 6)

- 1) CWG の性能特性 (6.2.2) サージ波形規定は、歴史的に IEC 60060-1 による規定を用いているが、波形の測定方法が煩雑である欠点がある。旧規格が基礎とした IEC 61000-4-5: 2005 では、デジタルオシロスコープがもつ自動計測機能を用いて波形の立ち上がり時間及び持続時間が測定できる IEC 60469-1 の波形規定を並行して導入した。このため、旧規格のコンビネーション波形は、IEC 60060-1 及び IEC 60469-1 に従った二つの波形を規定した。しかし、この二つの規定は、サージ波形測定の規定点及び規定値も異なり理想的なサージ波形では整合するが、サージ波形にひずみ（歪）が含まれる場合では、一方の規定で合格、他方の規定で不合格となる場合があり、規格の規定としては不合理である。この不合理を解決するために、対応国際規格及びこの規格では、IEC 60060-1 での規定だけに統一した。また、波形測定の煩雑さを軽減するために、サージ波形測定の基本の規定点は変更せず、一部の係数を変更する簡素化した波形規定に見直した。この結果、IEC 60469-1 で校正した CWG は、旧規格の IEC 60060-1 に従った規定及びこの規格の規定に適合できない場合がある。またサージ波形自体を変更していると誤解される場合があるが、サージ発生波形自体は、旧規格と同一のものである。
- 2) CWG の校正 (6.2.3) この規格では、1.2/50 μs CWG の波形校正時に、18 μF のコンデンサを直列に接続して開放電圧波形及び短絡電流波形を測定する改正を行った。これは、旧規格の規定の矛盾を是正する措置である。対応国際規格の旧版及び旧規格では 1.2/50 μs CWG の電源線 CDN (定格 25 A 以下) の出力の開放電圧及び短絡電流波形規定は、1.2/50 μs CWG 出力波形と同じ規定となっている。電源線 CDN の出力は、結合回路の 18 μF コンデンサによって、特に短絡電流の持続時間  $T_d$  が短縮し、規定の許容範囲に入らない場合がある。したがって、1.2/50 μs CWG の出力波形と電源線 CDN 出力波形の規定を同一とすることは矛盾となる。このため、1.2/50 μs CWG 出力に 18 μF コンデ

ンサが接続することによって電源線 CDN と同じ条件となり、この矛盾を解消した。ただし、旧規格に適合した CWG 及び電源線 CDN は、各試験器製造業者が、この矛盾に対応する処置を実施しており、今回の規定で試験器が適合できない場合もあることに留意が必要である。

- 3) **1 ライン当たり 200 A 以下の交流及び直流電源ポート用 CDN の構成 (6.4.2)** 注記に “CDN の構成によって、ラインーグラウンド間への印加時に試験電圧がラインーライン間電圧に顕著に現れることがある。高いインピーダンスをもつ EUT の場合、この電圧はラインーライン間の試験レベル以上に高くなることがある (7.3 参照)。” と記載した。この意味は、EUT 側のインピーダンスが高い場合、L ラインーグラウンド間にサージを印加した場合、CDN のデカップリング回路及び電源インピーダンスにより、N ラインにもサージが回り込みラインーライン (L-N) 間にサージ電圧が観測される。さらに EUT に容量性の負荷が接続している場合、共振現象によって印加電圧より大きくなる可能性があることを示している。
- 4) **相互接続線用 CDN の校正 (6.4.3)** この規格では、非シールド非対称相互接続線及び非シールド対称相互接続線 CDN の構成を変更し、旧規格の補助装置、保護装置及び DN の直列抵抗  $R_L$  を削除した。また旧規格の CN の CD は、コンデンサ、クランプ素子及びアバランシェ素子は、コンデンサとそれ以外のクランプ素子及びアバランシェ素子を CD として記載した。旧規格では、相互接続線 CDN の出力波形の規定及びその校正を指定していなかったが、コンデンサ及びガスアレスタを用いた CD の出力波形及びその測定方法を規定し、校正の対象とした。

b) 試験セットアップ (箇条 7)

- 1) **EUT の電源ポートにサージを印加するときの試験セットアップ (7.3 及び C.1)** 電源のインピーダンスに関して、7.3 に “この規格では、交流電源又は直流電源の配電システムに直接接続された電源ポートを対象とする。” と記載し、また、C.1 に “ $2 \Omega$  のインピーダンスは、低電圧電源系統の電源インピーダンスを模擬している。” と記載している。7.3 は、電源線の試験セットアップの記載であり、試験対象を規定しているわけではないが、対象とする電源供給形態及びその線路インピーダンスによってサージの影響が異なるため、模擬する対象を限定した。
- 2) **二重絶縁の定義 (7.3)** “二重絶縁された製品（例えば、専用の接地端子をもたない製品など）には、ラインーグラウンド間の試験を行わない。PE 以外の接地接続をもつ二重絶縁された製品に対して、ラインーグラウンド間の試験を、製品規格に規定してもよい。” の記載を、対応国際規格及びこの規格で追記した。二重絶縁とは、絶縁の单一故障時における感電保護の観点から、充電部が基礎絶縁によって保護されることに加えて、基礎絶縁に絶縁故障が発生した場合でも感電しないように付加絶縁を施したものという。このため、充電部が二重絶縁で保護されているときは、基礎絶縁故障を保護するための PE を外すことができる。したがって、この規格に示す “二重絶縁された製品” とは、二重絶縁によって PE がない製品を示す。この考えは、国際規格では、感電保護の種類のクラス分けをしており、二重絶縁又は強化絶縁（基礎絶縁と比較して单一故障を起こしにくい強固な絶縁）で構成されたものは、クラス II 機器に分類され、他のクラスとの識別のためにクラス II 機器の表示が付されている。

なお、基礎絶縁及び PE で感電保護をするものは、クラス 0I 機器又はクラス I 機器に分類される。このほかに、基礎絶縁だけで構成され、PE のないクラス 0 機器という分類があるが、この分類は、欧州の AC230 V 機器では認められていない。日本では、電気用品安全法の技術基準解釈又は JIS において多くの AC100 V 機器に対してクラス 0 機器が認められている。クラス 0 機器は、この規格で指定されている二重絶縁された製品ではないが、この場合もラインーグラウンド間の試験は行わな

い。

- c) **一般 (A.1)** 旧規格では、本文に  $1.2/50 \mu\text{s}$  CWG,  $10/700 \mu\text{s}$  CWG 及び種々の相互接続線用 CDN が記載され、二つのコンビネーションウェーブ波形をどの CDN に適用するかが明確になっていなかった。 $10/700 \mu\text{s}$  コンビネーション波形は、国際電気通信連合の電気通信標準化部門 (ITU-T) から派生したもので、いわゆる公衆電話回線に誘導するサージ波形を模擬したものである。したがって、この規格では、 $10/700 \mu\text{s}$  CWG を用いた 300 m 超の屋外の通信線を対象とするサージ試験をこの附属書に独立して記載した。非シールド対称相互接続線の CDN は、公衆電話回線である 2 線 (1 対) の CDN とし、屋外から屋内への通信線引き込み部にある保安器に相当する一次保護が組み込まれている。また、結合部の結合抵抗は、旧規格の合成抵抗値  $40 \Omega$  から、ITU-T の規格に準じ、1 ライン当たり  $25 \Omega$  とする値に変更した。
- d) **種々の出力インピーダンス (C.1)** C.1 の注記に、“AC/DC コンバータ（例えば、ノートパソコンの AC/DC アダプタ）に接続することを意図した直流電源ポートのインピーダンスは、低電圧電源系統のインピーダンスの考え方とは異なる。直流電源が信号ケーブルに含まれるラインで供給される場合、これらの接続は低電圧電源ポートのインピーダンスの考え方とは異なる。”と記載した。これは、この規格で規定する電源ポートのサージ試験は、配電システム（いわゆる商用電源）を前提として  $2 \Omega$  のインピーダンスを規定しており、ローカル電源供給システム、及び装置によって変換された直流及び／又は交流電源では、 $2 \Omega$  でない電源インピーダンスとなることを示している。

## 5 懸案事項

規格の原案作成及び審議の過程において、保留となった事項及び次回の見直し又は改正のときに再検討する懸案事項はなかったが、解説の箇条 3 に記載した審議中に特に問題となった事項及び箇条 4 に記載した主な改正点及び規定項目の補足説明については、SC77B 国内委員会から国際委員会に修正を提案する。

## 6 その他の解説事項

測定システムの帯域幅制限による立ち上がり時間のひずみ (F.4.6) 及び測定システムの帯域幅制限によるサージピーク及びパルス幅ひずみ (F.4.7) の表 F.1, 表 F.2 及び表 F.3 に用いている  $\alpha$  及び  $\beta$  の係数が示す値の意味が分かりにくいため、次のように補足説明する。

いずれも測定システムに関する周波数応答を示す係数で、双方とも比例関係にある。測定システムには、ローパスフィルタを意味する  $-3 \text{ dB}$  周波数帯域が示されているが、ステップ応答に対する立ち上り時間は、これまでのアナログオシロスコープでは、立ち上り時間 =  $(0.35/\text{周波数帯域})$  の関係が代表値として示されていたが、デジタルオシロスコープでは、0.35 を代表値とすることはできない。この 0.35 に相当する係数が  $\alpha$  であり、ステップ入力に対する応答が示されている。 $\beta$  は、この  $\alpha$  を基にサージパルスのピーク電圧及びパルス幅に対する応答を示し、F.4.7 にその求め方が示されている。

## 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 C 61000-4-5 原案作成委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	高橋 丈博	拓殖大学工学部
(幹事)	石田 武志	株式会社ノイズ研究所技術部
(委員)	飯岡 茂幸	沖電気工業株式会社情報・技術本部エンジニアリングサポートセンター
	井上 博史	一般財団法人日本電機工業会技術部技術企画課
	植田 修	アズビル株式会社ビルシステムカンパニー開発本部
	大塙 修二	株式会社リコー品質本部安全信頼性技術室戦略認証グループ
	竹原 哲心	一般財団法人電気安全環境研究所横浜事業所EMC試験センター測定グループ
	田村 龍男	浜松ホトニクス株式会社製品管理統括部
	中村 哲也	株式会社東陽テクニカ第2技術部第4課
	張間 勝茂	国立研究開発法人情報通信研究機構電磁波計測研究所電磁環境研究室
	平田 真幸	富士ゼロックス株式会社国際認証センター
	輪嶋 栄	IEC/SC77B 国内委員会
	小島 弘文	一般財団法人日本規格協会規格開発ユニット
	高橋 聰	経済産業省産業技術環境局国際電気標準課 (2016年8月まで)
	森 博之	経済産業省産業技術環境局国際電気標準課 (2016年8月から)
	野村 悅哉	総務省総合通信基盤局電波環境課
(事務局)	古正慎吾	一般社団法人電気学会

(執筆者 石田 武志)

★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] でお願いいたします。  
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 Webdesk 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 Webdesk をご利用ください。

- (2) FAX [(03)4231-8665] でご注文の方は、出版情報ユニット販売サービスチームまで、お申込  
みください。

---

JIS C 61000-4-5 (IEC 61000-4-5)

電磁両立性－第 4-5 部：試験及び測定技術－サーボイミュニティ試験

---

平成 30 年 3 月 20 日 第 1 刷発行

編集兼  
発行人 摂斐敏夫

発行所

一般財団法人 日本規格協会

〒108-0073 東京都港区三田 3 丁目 13-12 三田 MT ビル  
<http://www.jsa.or.jp/>

---

名古屋支部 〒460-0008 名古屋市中区栄 2 丁目 6-1 RT 白川ビル内  
TEL (052)221-8316(代表) FAX (052)203-4806

関西支部 〒541-0043 大阪市中央区高麗橋 3 丁目 2-7 ORIX 高麗橋ビル内  
TEL (06)6222-3130(代表) FAX (06)6222-3255

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

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

---

## JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

# Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and measurement techniques—Surge immunity test

JIS C 61000-4-5 : 2018

(IEC 61000-4-5 : 2014)

(IEEJ/JSA)

Revised 2018-03-20

Investigated by  
Japanese Industrial Standards Committee

Published by  
Japanese Standards Association

Price Code 14

---

ICS 33.100.20

Reference number : JIS C 61000-4-5:2018(J)