

電磁両立性—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 61000-4-6 : 2017

(IEC 61000-4-6 : 2013)

(IEEEJ/JSA)

(2021 確認)

平成 29 年 3 月 21 日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

C 61000-4-6 : 2017 (IEC 61000-4-6 : 2013)

日本工業標準調査会標準第二部会 電気技術専門委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	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
	岩 本 光 正	東京工業大学
	上 原 京 一	IEC/ACTAD エキスパート (株式会社東芝)
	加 藤 正 樹	一般財団法人電気安全環境研究所
	木 戸 啓 人	電気事業連合会
	熊 田 亜紀子	東京大学
	酒 井 祐 之	一般社団法人電気学会
	下 川 英 男	一般社団法人電気設備学会
	高 村 里 子	全国地域婦人団体連絡協議会
	前 田 育 男	IEC/ACOS エキスパート (IDEC 株式会社)
	山 田 美佐子	千葉県消費者センター

主 務 大 臣：経済産業大臣 制定：平成 11.2.20 改正：平成 29.3.21
官 報 公 示：平成 29.3.21
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)
審議専門委員会：電気技術専門委員会 (委員長 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 用語及び定義	2
4 一般	3
5 試験レベル	5
6 試験装置及びレベル調整手順	6
6.1 試験信号発生器	6
6.2 結合デバイス及び減結合デバイス	8
6.3 結合デバイス及び減結合デバイスの EUT ポートでのコモンインピーダンスの検証	15
6.4 試験信号発生器の設定	17
7 試験セットアップ及び注入方法	20
7.1 試験セットアップ	20
7.2 単一のユニットからなる EUT	20
7.3 幾つかのユニットからなる EUT	21
7.4 注入方法及び試験ポイントの選択	22
7.5 CDN 注入	24
7.6 コモンモードインピーダンス要求条件に適合する場合のクランプ注入	25
7.7 コモンモードインピーダンス要求条件に適合しない場合のクランプ注入	27
7.8 直接注入	27
8 試験手順	28
9 試験結果の評価	28
10 試験報告書	29
附属書 A (規定) EM クランプ及び減結合クランプ	30
附属書 B (参考) 試験周波数範囲の選択基準	40
附属書 C (参考) 試験レベルを選択するための指針	42
附属書 D (参考) CDN に関する情報	43
附属書 E (参考) 試験信号発生器の仕様に関する情報	49
附属書 F (参考) 大形 EUT の試験セットアップ	50
附属書 G (参考) 試験電圧レベルの測定不確かさ	53
附属書 H (参考) AE のインピーダンスの測定	64
附属書 I (参考) ポート間注入	68
附属書 J (参考) 増幅器の圧縮及びノンリニアリティ	70
解 説	76

C 61000-4-6 : 2017 (IEC 61000-4-6 : 2013)

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 61000-4-6:2006** 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 20 A 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－電氣的ファストトランジェント／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 61000-4-14 第 4 部：試験及び測定技術－第 14 節：電圧変動イミュニティ試験

JIS C 61000-4-16 第 4-16 部：試験及び測定技術－直流から 150 kHz 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 61000-4-17 第 4 部：試験及び測定技術－第 17 節：直流入力電源端子におけるリップル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 相当たりの入力電力が 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

(2)

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。

日本工業規格

JIS

C 61000-4-6 : 2017

(IEC 61000-4-6 : 2013)

電磁両立性—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

Electromagnetic compatibility(EMC) —Part 4-6: Testing and measurement
techniques—Immunity to conducted disturbances, induced by
radio-frequency fields

序文

この規格は、2013 年に第 4 版として発行された **IEC 61000-4-6** 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、この規格で側線又は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、周波数範囲 150 kHz～80 MHz の意図する無線周波 (RF) 送信機から到来する電磁妨害に対する電気・電子装置の伝導性イミュニティ要求事項について規定する。装置に妨害 RF 電磁界を結合させる伝導ワイヤ及び／又はケーブル (例えば、電源線、信号線又はグラウンド線) を一つももたない装置は、この規格の適用範囲から除外する。

注記 1 電磁放射によって誘導する伝導妨害信号が、関連装置に及ぼす影響を評価する試験方法を、この規格の中で定めている。これらの伝導妨害のシミュレーション及び測定は、影響の定量的な決定のためには適切で正確なものとはいえない。影響の定量的分析のために、各種の設備での結果の適切な再現性を確立することを主要な目的として、この規格を構成している。この規格の目的は、RF 電磁界によって誘起する伝導妨害に対して、電気・電子装置の機能的イミュニティを評価するための共通の引用規格を確立することである。この規格は、定義した現象に対する、装置又はシステムのイミュニティを評価するための方法を規定している。

注記 2 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、製品規格原案作成委員会は、このイミュニティ試験規格を適用する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。

注記 3 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 61000-4-6:2013, Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-6: Testing and measurement techniques—Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields (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

C 61000-4-6 : 2017 (IEC 61000-4-6 : 2013)

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**:1990, International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161 : Electromagnetic compatibility (IDT)

3 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

擬似手 (artificial hand)

平均的な動作条件下での、大地と携帯用電気機器との間の人体のインピーダンスを模擬する電気回路網 (**JIS C 60050-161-04-27**)。

注記 この構造は、**CISPR 16-1-2** に従うことが望ましい。

3.2

補助装置, **AE** (auxiliary equipment)

供試装置 (EUT) に、通常動作を行うのに必要な信号を供給するための装置、及び EUT の性能を確認するための装置。

3.3

クランプ注入 (clamp injection)

クランプ“電流”注入デバイスをケーブルに取り付けることによって行う注入。

3.4

クランプ注入デバイス (clamp injection device)

クランプしたケーブルに“電流”を注入するためのデバイス。クランプ注入デバイスには、電流クランプ及び EM クランプがある。

3.4.1

電流クランプ (current clamp)

電流を注入するケーブルを二次巻線とするトランス。

3.4.2

EM クランプ (electromagnetic clamp, EM clamp)

容量結合及び誘導結合を組み合わせた注入デバイス。

3.5

コモンモードインピーダンス (common-mode impedance)

あるポートにおけるコモンモード電流でコモンモード電圧を除した数値。

注記 コモンモードインピーダンスは、そのポートの端子又はシールドと基準面（点）との間に単一のコモンモード電圧を印加することによって決定できる。その結果生じたコモンモード電流は、これらの端子又はシールドを流れる全ての電流のベクトル和として測定できる [図 8 a) 及び図 8 b) 参照]。

3.6

結合係数 (coupling factor)

結合デバイス及び結合・減結合デバイス（結合デバイス及び減結合デバイスの両方の機能を備え合わせたもの）の EUT ポートで得られる開回路電圧（e.m.f.）を，試験信号発生器の出力で得られる開回路電圧で除して得られる比。

3.7

結合回路網（coupling network），結合デバイス（coupling device）

エネルギーをある回路から他の回路へ規定のインピーダンスで伝達するための電気回路，及びデバイス。

注記 結合回路網及び減結合回路網は，一つの箱〔結合・減結合回路網（CDN）〕に統合してもよいが，別々の回路網としてもよい。

3.8

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。

3.9

減結合回路網（decoupling network），減結合デバイス（decoupling device）

EUT に印加する試験信号が EUT でない他の機器，装置又はシステムに影響を及ぼすのを防ぐための電気回路，及びデバイス。

3.10

試験信号発生器（test generator）

所要の信号を発生することができる発生器（RF 発振器，変調器，減衰器，広帯域電力増幅器及びフィルタ）。

注記 図 3 参照。

3.11

起電力，e.m.f.（electromotive force）

能動素子を理想電圧源で表現するときの電圧源の端子における電圧。

3.12

測定結果，U_{mr}（measurement result）

測定装置の電圧の読み。

3.13

電圧定在波比，VSWR（voltage standing wave ratio）

線路に沿った電圧の最大振幅と隣接する最小振幅との比。

4 一般

この規格の対象となる妨害源は，通常，意図する RF 送信機から到来し，設置している装置に接続するケーブルの全長にわたって作用する電磁界である。妨害を受ける装置は，ほとんどが大きなシステムの一部であるが，その寸法は，妨害信号の波長に比べて短いと仮定できる。EUT の入出力線（例えば，電源線，通信線，インターフェースケーブル）は，意図的及び非意図的信号に対して，受動的な受信アンテナ回路網及び信号伝導路として働く。

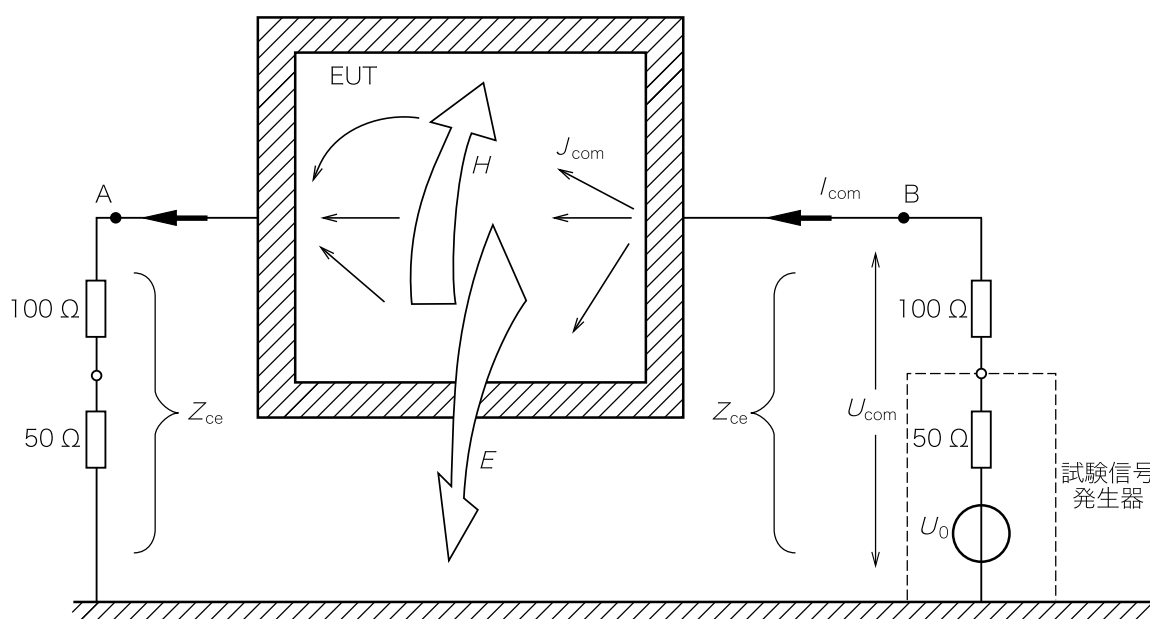
ケーブルネットワークでは，感受性のある装置はその装置を“通り抜ける”電流にさら（曝）される。装置に接続するケーブルシステムは，共振モード（ $\lambda/4$ 又は $\lambda/2$ の開放形又は折り返しダイポール）にあると仮定でき，それらは基準グラウンド面に対して 150 Ω のコモンモードインピーダンスをもつ結合デバイス及び減結合デバイスによって代表される。二つの 150 Ω のコモンモードインピーダンス（一つは RF 信

号源で、もう一つは電流の帰路) 接続によって、EUT を試験することができる。

この試験方法では、意図する RF 送信機から到来する電磁界を模擬した妨害源に EUT をさら(曝)す。これらの妨害電磁界(電界 E 及び磁界 H)は、図 1 a) の中で示す試験系によって発生する電圧及び電流による近傍電磁界で近似できる。

結合デバイス及び減結合デバイスを用いて、一つのケーブルに妨害信号を印加するとき他のケーブルには印加しないという方法[図 1 b) 参照]は、全てのケーブルにレベル及び位相の異なった電圧を同時に印加するという現実の状況を近似しているにすぎない。

結合デバイス及び減結合デバイスの特性は、6.2 に規定する。この特性を満足する任意の結合デバイス及び減結合デバイスを利用することができる。附属書 D 中の結合・減結合回路網(CDN)は、市販の回路の一例である。



Z_{ce} : CDN のコモンモードインピーダンス, $Z_{ce}=150 \Omega$

U_0 : 試験信号発生源の電圧(起電力)

U_{com} : EUT と基準グラウンド面との間のコモンモード電圧

I_{com} : EUT を通るコモンモード電流

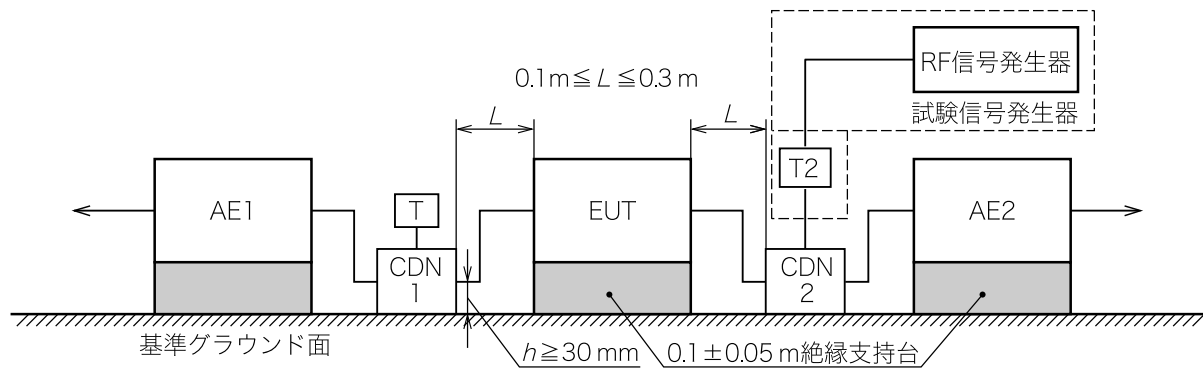
J_{com} : EUT の伝導表面における電流密度又は EUT の他の導体における電流

E, H : 電界及び磁界

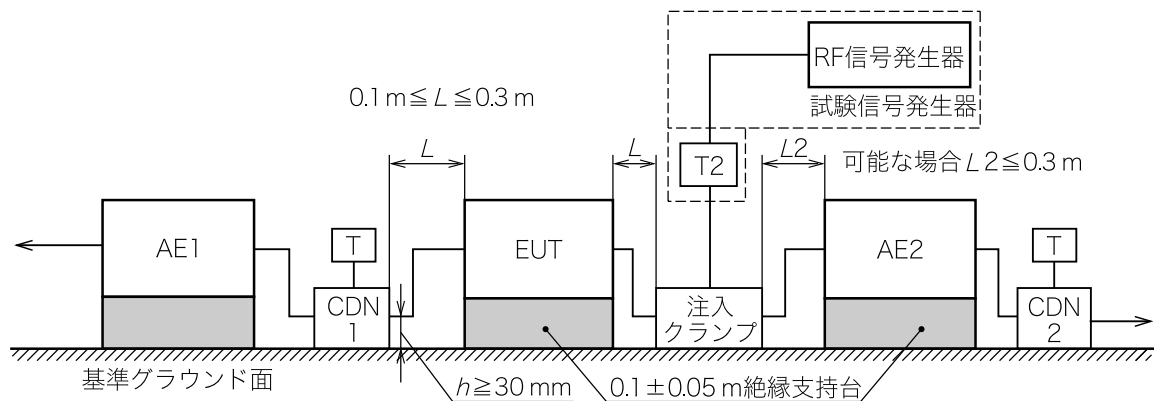
注記 図中の端子 A 及び B に接続した 100Ω の抵抗器は、CDN に含む。左側の端子 A は、 50Ω 負荷で接続し、かつ、右側の端子 B は試験信号発生源の出力端子に接続する。

a) EUT のケーブルのコモンモード電流による EUT 近傍の電磁界を示す図(概念図)

図 1—RF 伝導妨害に対するイミュニティ試験



CDN を用いるイミュニティ試験のためのセットアップ図



注入クランプを用いるイミュニティ試験のためのセットアップ図

- T : 終端 50 Ω
 T2 : 固定減衰器 (6 dB 以上)
 CDN : 結合・減結合回路網
 注入クランプ : 電流クランプ又は EM クランプ
 h : CDN に接続するケーブルの高さ
 L : CDN と EUT との間の距離, 注入クランプと EUT との間の距離
 L2 : 注入クランプと AE との間の距離

b) RF 伝導妨害に対するイミュニティ試験のためのセットアップ図

図 1-RF 伝導妨害に対するイミュニティ試験 (続き)

5 試験レベル

150 kHz～80 MHz の周波数範囲における RF 送信機からの電磁波によって誘導される伝導妨害に対して、この規格に従った試験を行う。

実効値で示した無変調妨害信号の開放端試験レベル (起電力) は、表 1 による。

表 1－試験レベル

周波数範囲 150 kHz～80 MHz		
レベル	起電力 (e.m.f.)	
	U_0 V	U_0 dB (μV)
1	1	120
2	3	129.5
3	10	140
X ^{a)}	特殊	
注 ^{a)} “X” は、オープンレベルである。レベルは、個別装置の仕様書に明記しなければならない。		

試験レベルは、結合デバイスの EUT ポートで設定する (6.4 参照)。この信号は、実際の脅威を模擬するために 1 kHz の正弦波による変調度 80 % の振幅変調を行う。振幅変調した場合の効果を図 2 に示す。試験レベルを選択するための指針は、附属書 C に示す。

注記 1 JIS C 61000-4-3 もこの規格と同様に、放射電磁エネルギーに対する電気・電子装置の免疫性を確立するための試験方法を規定している。JIS C 61000-4-3 は、80 MHz 以上の周波数を対象とする。製品規格は、これら二つの試験方法での適用領域の境界を 80 MHz 未満又は以上の周波数に変更してもよい (附属書 B 参照)。

注記 2 製品規格は、代替の変調方式を選択してもよい。

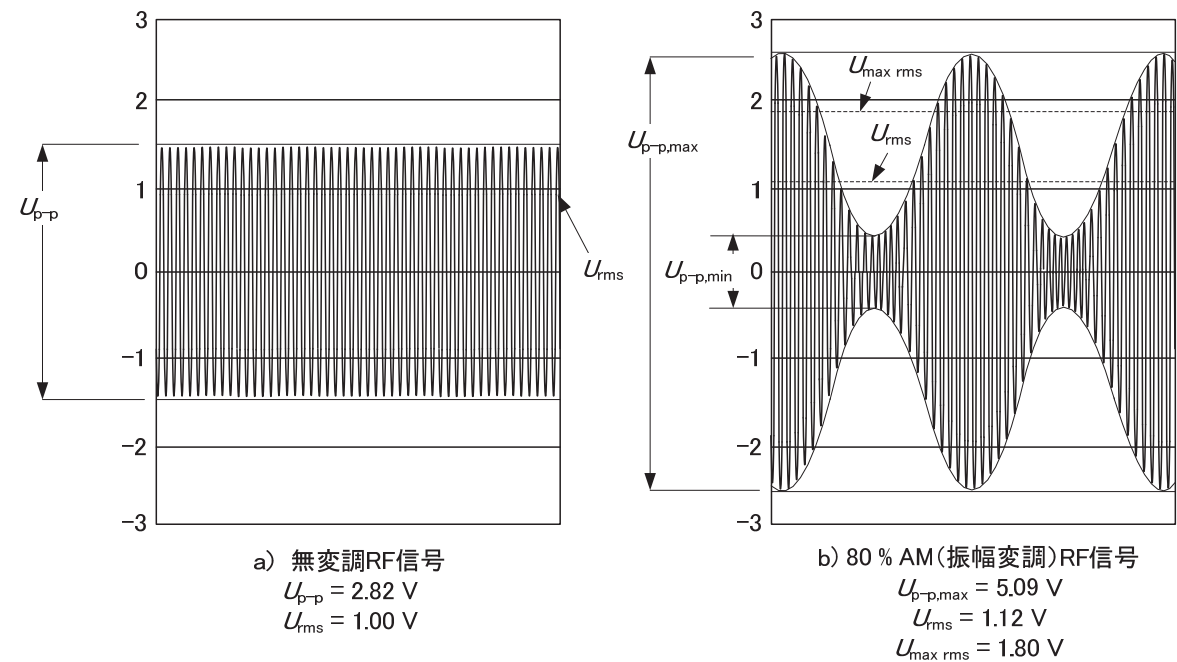


図 2－試験レベル 1 に対する結合デバイスの EUT ポートに発生する開回路波形

6 試験装置及びレベル調整手順

6.1 試験信号発生器

試験信号発生器は、適切な注入点で所要のレベルの妨害信号を各結合デバイスの入力ポートに供給するための全ての装置及び部品を含む。代表的には次に示す項目のもので構成し、これらは個々に独立になっていてもよいし、一つ又は幾つかに統合してもよい (3.10 及び図 3 参照)。

- － RF 信号発生器 (G1) 対象の周波数帯の信号を発生でき、1 kHz の正弦波による変調度 80 % の振幅変調ができる。信号発生器は、例えば、周波数、振幅若しくは変調度を手で制御し、又は RF シンセサイザの場合、周波数に依存するステップの幅及び滞在時間 (dwell time) をプログラムで設定できなければならない。
- － 可変減衰器 (T1) 妨害試験信号源出力レベルを制御するための、適切な周波数特性をもつ RF 信号減衰器 (通常 0 dB～40 dB)。T1 は RF 信号発生器に組み込んでもよい。
- － RF スイッチ (S1) EUT のイミュニティ試験中に妨害試験信号を ON/OFF できる。RF 信号発生器に組み込んでもよい。
- － 広帯域電力増幅器 (PA) RF 信号発生器の出力電力が不十分なとき、その信号を増幅するために用いる。
- － ローパスフィルタ (LPF) 及び／又はハイパスフィルタ (HPF) 幾つかの種類の EUT (例えば、RF 受信機) では高調波 (高次又は副次) による干渉を避けるために用いる場合がある。これらが必要な場合には、PA と T2 との間に挿入する。
- － 固定減衰器 (T2) 十分な電力定格をもつ固定減衰器 (6 dB 以上)。T2 は結合デバイスの不整合に起因する電力増幅器に対する VSWR を減らすために用いる。

注記 T2 は、CDN の中に組み込んでもよく、広帯域電力増幅器の出力インピーダンスがいかなる負荷条件の下でも規定の範囲内にある場合、取り付けなくてもよい。

試験信号発生器の特性は、表 2 による。

表 2—試験信号発生器の特性

出力インピーダンス	50 Ω, VSWR は 1.5 未満
高調波及びひずみ ^{b)}	結合デバイスの EUT ポートにおいて、150 kHz～80 MHz の周波数帯域の全ての不必要な信号 (スプリアス) は搬送波レベルに比べ 15 dB 以上小さくなければならない。また、アンプの出力を直接測定した場合も同様に 15 dB 以上小さくなければならない ^{a)} 。
振幅変調	内部変調又は外部変調 変調信号は、1 kHz±0.1 kHz の正弦波 変調度 m (%) は、次の式による $m = (80^{+5}_{-20}) \%$ ここに $m = 100 \times \frac{U_{p-p,max} - U_{p-p,min}}{U_{p-p,max} + U_{p-p,min}}$ (記号は、図 2 参照。)
出力レベル	試験レベルを満足するために十分な大きさ (附属書 E も参照)
注 ^{a)} 結合デバイスとして電流クランプを用いる場合、試験ジグの EUT 又は AE いずれかの側を測定することによってスプリアスの検証 (搬送波レベルに比べ 15 dB 以上) ができる。 ^{b)} 高調波及びひずみは、出力レベルの 1.8 倍の無変調連続波で測定できる。	

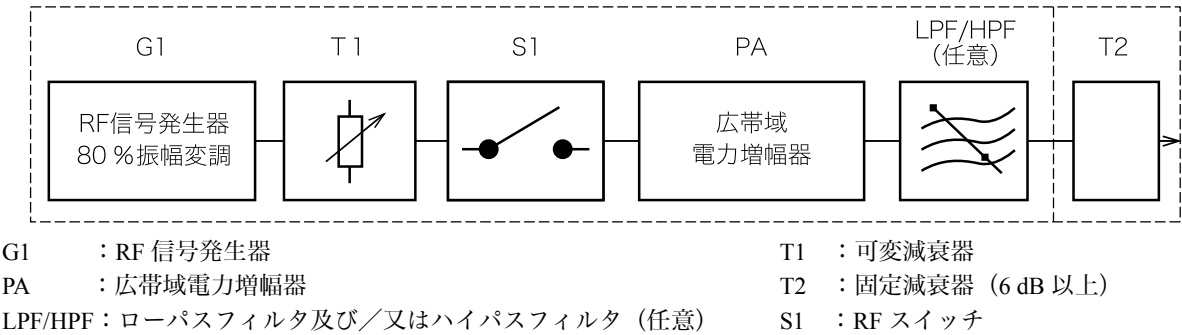


図 3－試験信号発生器の概念図

6.2 結合デバイス及び減結合デバイス

6.2.1 一般

結合デバイスは、EUT に接続する各種のケーブルへ、EUT ポートにおける規定のコモンモードインピーダンスで、全周波数範囲にわたり妨害信号を適切に結合（注入）するために用いる。減結合デバイスは、結合した妨害信号によって試験の対象としないデバイス、装置及びシステムが影響を受けるのを防ぐために用いる。

結合デバイス及び減結合デバイスは、CDN 又は EM クランプとして一つの箱に組み込むことができるが、幾つかの部分に分けて構成することもできる。

試験の再現性及び AE の保護のための望ましい結合デバイス及び減結合デバイスは、CDN (6.2.2 参照) である。結合デバイスと減結合デバイスとを組み合わせた場合の主なパラメータである、EUT ポートから見たコモンモードインピーダンスは、表 3 による。CDN が適切でない、又は入手不可能な場合、他のデバイスを用いた注入方法を使うことができる。適切な注入方法の選択は、7.4 に示す。ただし、他のデバイスを用いた注入方法は、その電気的特性のために表 3 のパラメータの要求を満たすことは容易ではない。

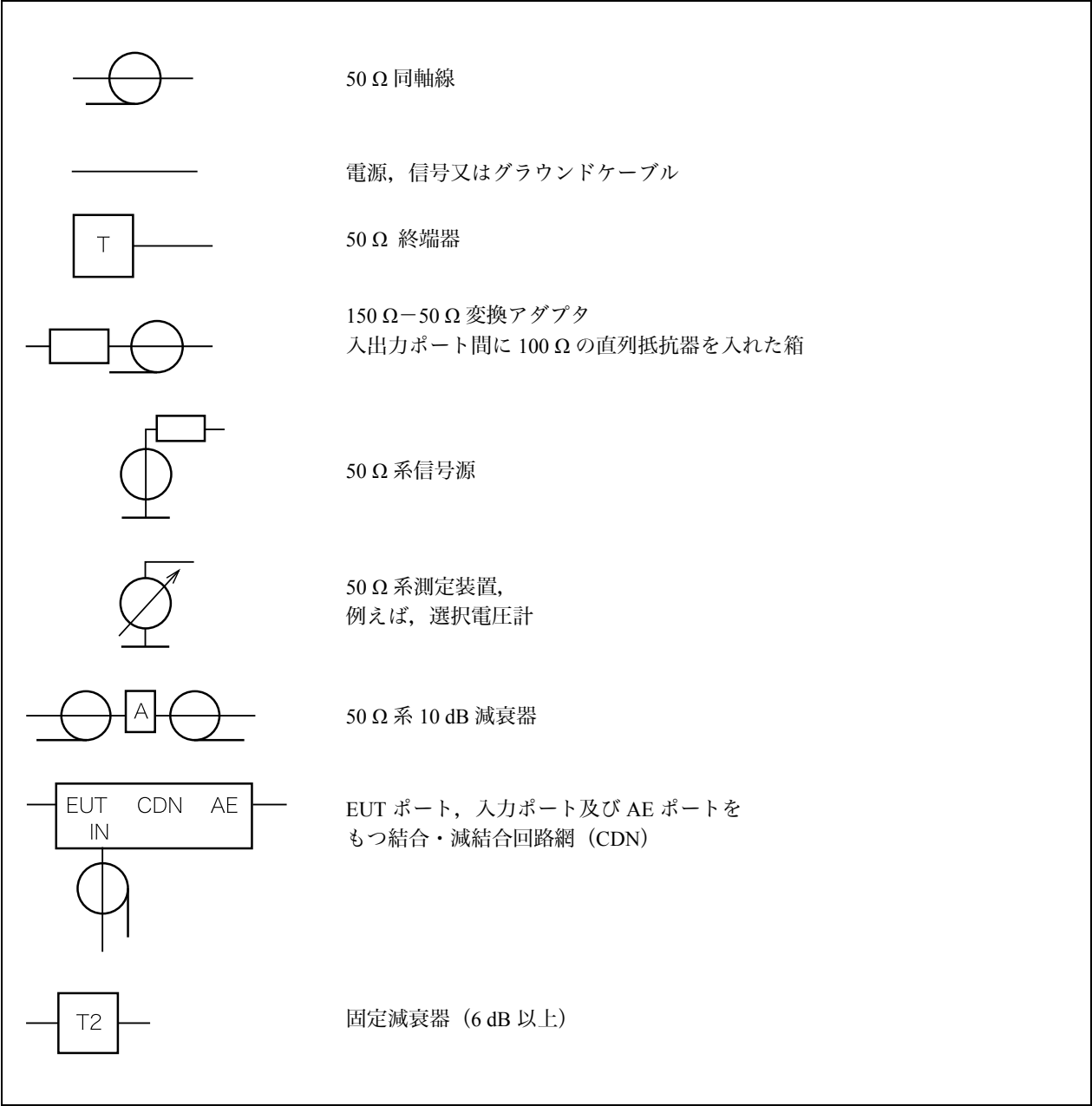
注記 1 目的の信号に対して、CDN 内部の減衰によって生じる影響が容認できない場合、CDN の使用は適切ではない。

表 3－結合デバイスと減結合デバイスとを組み合わせた場合の主なパラメータ

パラメータ	周波数帯	
	0.15 MHz～24 MHz	24 MHz～80 MHz
$ Z_{ce} $	$150 \Omega \pm 20 \Omega$	$150 \Omega^{+60}_{-45}$

注記 2 Z_{ce} の位相（偏角）、及び EUT ポートと AE ポートとの間の減結合係数は、共に規定していない。これらの係数は、 $|Z_{ce}|$ の許容差が、AE ポートと基準グラウンド面との間を短絡及び開放した条件で満たされるという要求事項 (6.3.1 参照) に含まれる。

注記 3 クランプの詳細は、附属書 A 参照。



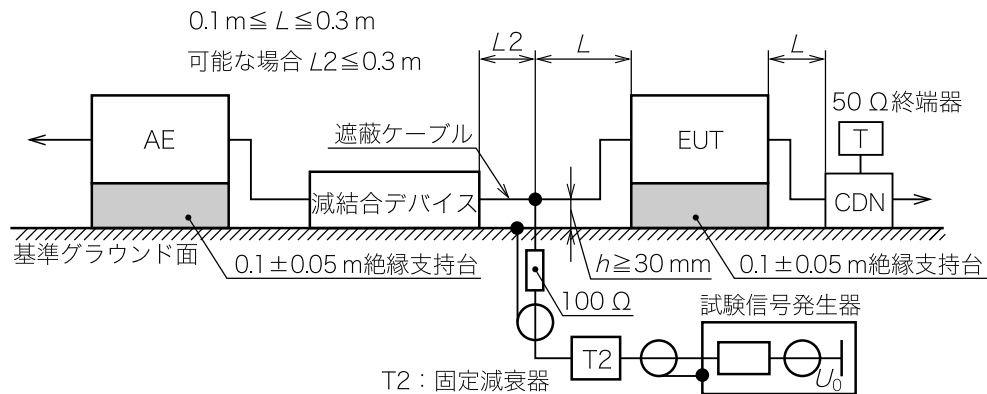
これらの記号は、他の図にも用いる。

a) セットアップの説明に用いる記号の一覧

図 4－結合及び減結合の原理

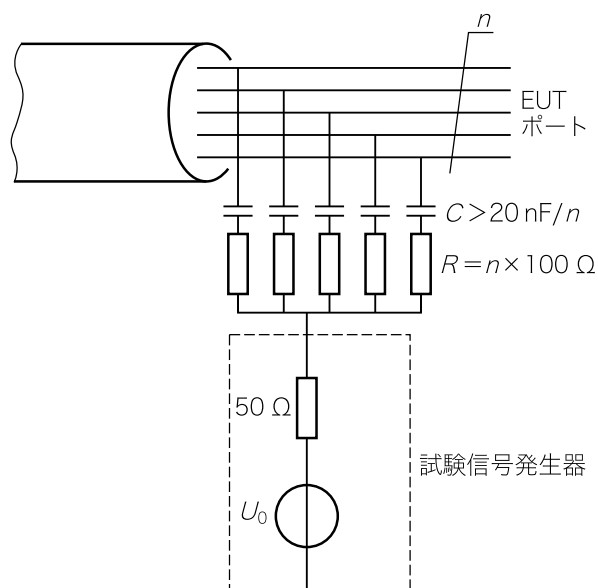
10

C 61000-4-6 : 2017 (IEC 61000-4-6 : 2013)



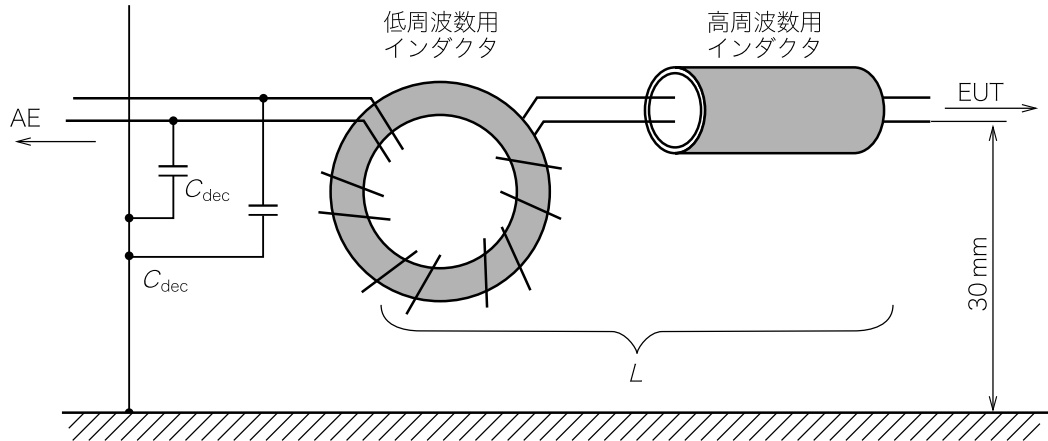
詳細は、6.2.4 参照...

b) 遮蔽ケーブルに対する直接注入の原理



c) CDN を用いた場合の無遮蔽ケーブルに対する結合の原理

図 4ー結合及び減結合の原理 (続き)



例 一般的には C_{dec} は 47 nF (無遮蔽ケーブル), 150 kHz のときの L は, 280 μ H 以上
低周波数インダクタ: フェライトトロイダルコアに 17 回巻, 材料: ニッケル亜鉛フェライト,
 $\mu_R = 1\,200$
高周波数インダクタ: 2 個~4 個のフェライトトロイダルコア (チューブ), 材料: ニッケル亜鉛フェライト,
 $\mu_R = 700$

d) 減結合の原理

図 4—結合及び減結合の原理 (続き)

6.2.2 結合・減結合回路網 (CDN)

6.2.2.1 一般

CDN は, 一つの箱の中に結合回路及び減結合回路を組み込んだものである。CDN の代表的な原理は, 図 4 の c) 及び d) に示す。附属書 D で記載する異なる種類の CDN の選択方法を表 4 に示す。選択した CDN は目的の信号に過剰に影響を及ぼしてはならない (図 12 参照)。信号への影響に対する制限を, 製品規格の中で規定することができる。

表 4—CDN の選択方法

線種	例	用いる CDN の種類
電源 (交流及び直流) 及び 接地	商用電源, 工業用施設の直流電源, 接地	CDN-Mx ^{a)} (図 D.2 参照)
遮蔽ケーブル	同軸ケーブル LAN 及び USB の接続に用いるケーブル オーディオシステムに用いるケーブル	CDN-Sx ^{a)} (図 D.1 参照)
無遮蔽平衡線路	ISDN 回線 電話回線	CDN-Tx ^{a)} (図 D.4, 図 D.5, 図 D.7 及び附属書 H 参照)
無遮蔽不平衡線路	上記に属さないその他の線	CDN-AFx ^{a)} 又は CDN-Mx ^{a)} (図 D.3 及び図 D.6 参照)

注 a) x は線数。

6.2.2.2 電源線用 CDN

CDN は, 全ての電源線に接続するのが望ましい。ただし, より大きい電力システム (電流 16 A 以上) 及び/又は複合電源システム (多相又は各種の並列の供給電圧) に対しては, その他の注入方法を選択してもよい。

妨害信号は, CDN-M1 (単線), CDN-M2 (2 線), CDN-M3 (3 線) 又はこれらと同等の回路網 (附属書 D 参照) を用いて電源線に結合しなければならない。同様の回路網は, 三相電源にも適用できる。この結合回路は, 図 4 c) に示す。

CDN の性能は, EUT に流れる電流による磁性体の飽和によって過度に低下してはならない。CDN は, 可能な限り順方向電流の磁化効果が逆方向電流による効果で確実に相殺できるように構成するのが望ましい。

実際の設置状態で, 電源線を 1 線ずつ別々の経路で配線している場合, 各々に CDN-M1 を用い, 更に全ての入力ポートを別々に扱わなければならない。

EUT が機能接地端子を備えている場合 (例えば, RF 機器又は漏れ電流が大きい機器) は, 次に示す条件で基準グラウンド面に接続する。

- EUT の特性又は仕様で, CDN-M1 回路網を接続できる場合は, CDN-M1 を用いる。この場合, 電源は, CDN-Mx を通して供給する。
- EUT の特性又は仕様 (例えば, RF 又は他の理由で) によって, CDN-M1 回路網を EUT の接地端子と接続できない場合は, 接地端子は基準グラウンド面に直接接続する。この場合, 保護接地導体による RF での短絡を防ぐために, EUT に電源を供給するのに用いる回路網は, CDN-M3 回路網の使用を避け, CDN-M2 回路網を用いる。装置が既に CDN-M1 又は CDN-M2 回路網を通して電源を供給している場合は, その状態にしておく。
- 三相電源の場合においても, 適切な CDN-Mx 回路網の使用に関して, 上記二つの条件と同様に扱う。

警告 CDN 中のコンデンサは, 充電部に接続している。この結果, 大きい漏れ電流が発生する可能性があるため, 安全上, CDN を基準グラウンド面に接続する (CDN の構造によっては, 基準グラウンド面に置くことで実現できる場合がある。)

6.2.2.3 無遮蔽平衡線路用の CDN

無遮蔽の平衡ケーブルに対する妨害信号の結合及び減結合は, 次のとおり CDN-T2, CDN-T4 又は CDN-T8 を用いる。図 D.4, 図 D.5 及び図 D.7 にこれらの回路の例を示す。

- 一对の平衡線 (2 線) をもつケーブルは CDN-T2
- 二対の平衡線 (4 線) をもつケーブルは CDN-T4
- 四対の平衡線 (8 線) をもつケーブルは CDN-T8

目的の周波数範囲において適切であり, かつ, 6.2.1 の要求事項に適合する場合は, 他の CDN-Tx を用いてもよい。例えば, CDN-Tx の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は, 敷設しているケーブル又はケーブルを接続している EUT の指定の変換率よりも大きな値であることが望ましい。変換率の指定値がケーブルと EUT とで異なる場合は, 小さいほうの値を適用する。多対平衡ケーブルに対しては, クランプ注入がより適している。

6.2.2.4 無遮蔽不平衡線路用の CDN

無遮蔽の不平衡線路への妨害信号の結合及び減結合は, 一对の場合は, 図 D.3 に示す CDN を, 四対の場合には, 図 D.6 に示す CDN を用いることができる。

無遮蔽不平衡線路に対して, CDN が適用できない場合には, 図 12 に従って注入方法を決定する。

6.2.2.5 遮蔽ケーブル用の CDN

遮蔽ケーブルへの妨害信号の結合及び減結合は, CDN-Sx を用いる。図 D.1 に同軸ケーブル用の CDN (CDN-S1) の例を示す。

妨害信号の結合に CDN-Sx を用いて遮蔽ケーブルを試験する場合には, 遮蔽の両端を接地する。この条

件が満足できない場合には、そのケーブルは無遮蔽ケーブルとして取り扱うことが望ましい。

6.2.3 クランプ注入デバイス

6.2.3.1 一般

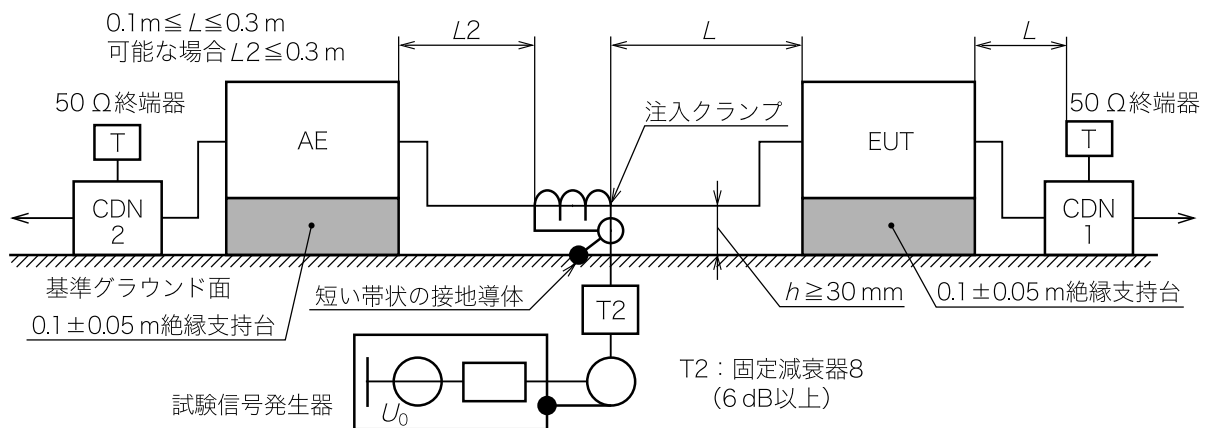
クランプ注入デバイスを用いる場合、結合と減結合とは、別のデバイスを用いる。結合は、クランプ注入デバイスで行い、コモンモードインピーダンスの確立及び減結合機能は、AE で実現する。

このように、AE は、結合デバイス及び減結合デバイスの一部となる (図 5 参照)。クランプ注入デバイスを用いる場合、AE にも EUT に注入した電流が流れるので、適用する試験レベルに対応した電流に耐えることが望ましい。

注記 1 クランプ注入法を、AE のコモンモードインピーダンス要求事項に適合することができない状態で用いる場合、 Z_{cc} の要求事項に適合しないことがある。ただし、7.4.2 に従った場合には、その注入クランプは受容可能な試験結果を提供できる。

注記 2 EM クランプは、10 MHz を超える周波数では、幾らかの減結合機能をもつ。附属書 A 参照。クランプ注入デバイスの適切な選択及び適用手順は、7.6 による。

EM クランプ又は電流クランプが 7.6 の要求事項に適合していない場合は、7.7 に規定する手順に従う。試験電圧は、6.4.2 と同じ方法で設定する。さらに、結果として生じる電流を監視し、 I_{max} (7.7 参照) に制限しなければならない。この手順においては、より低いコモンモードインピーダンスを用いてもよい。ただし、コモンモード電流は、150 Ω を負荷としたときに流れる電流を超えてはならない。



AE 及び EUT に接続した CDN、例えば、接地した CDN-M1 又は CDN-M3 は、その入力ポートを 50 Ω で終端しなければならない (7.7 参照)。

図 5—クランプ注入法における結合及び減結合のセットアップ図

6.2.3.2 電流クランプ

電流クランプは、EUT に接続したケーブルへの誘導結合を実現する。例えば、5:1 の巻数比で変換したコモンモード直列インピーダンスは、AE によって実現した 150 Ω に比べて極めて小さいため無視できる。この場合、試験信号発生器の出力インピーダンス (50 Ω) は、2 Ω に変換される。その他の巻数比を用いてもよい。

電流クランプの挿入によって発生する試験ジグの伝送損失は、1.6 dB を超えてはならない。伝送損失検証のための回路の一例を、図 7 に示す。

注記 1 性能検証は次の二つの手順で実施できる。第一の手順では、電流クランプがない状態でその

電圧を記録する。第二の手順では、電流クランプを挿入し、その入力ポートを $50\ \Omega$ 負荷で終端した状態で、その電圧を測定する。この二つの測定電圧の違いが上記のように $1.6\ \text{dB}$ を超えないことを確認する。

電流クランプへ印加する信号レベルは、試験の前に設定する。試験レベルの設定手順は、**6.4.2** による。また、レベル設定セットアップの回路例を図 6 に示す。

電流クランプを使う場合は、結合デバイスの EUT ポートで、電力増幅器によって基本信号レベル以上の高調波が、発生しないことが望ましい。

注記 2 結合容量を最小にするために、クランプの中央を通してケーブルを配置することが一般的に必要なである。

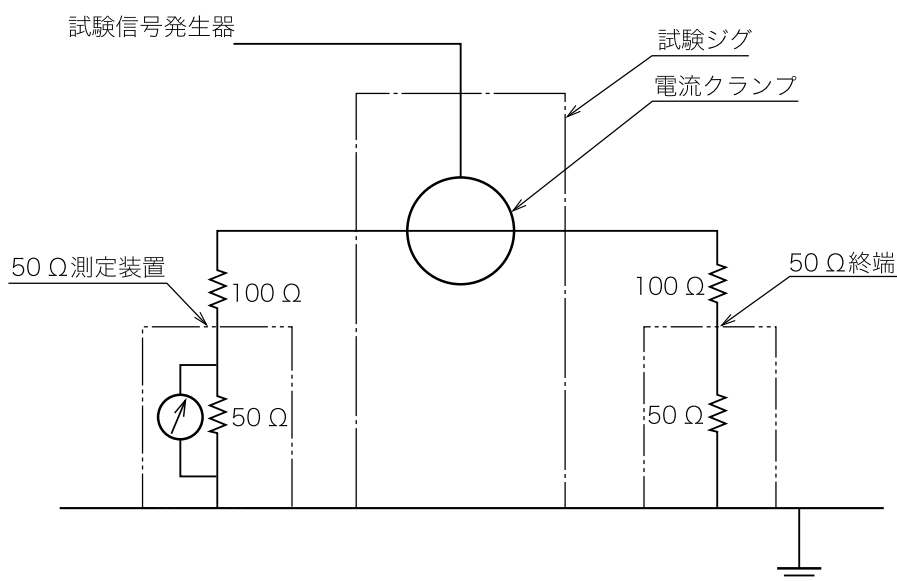


図 6— $150\ \Omega$ 試験ジグ内のレベル設定セットアップの回路例

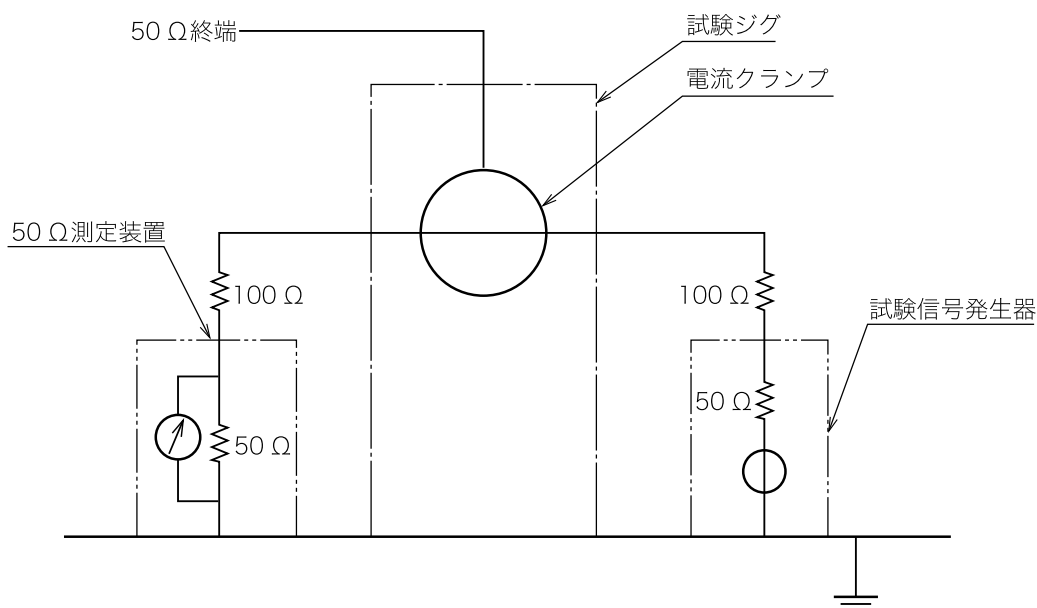


図 7—電流クランプの性能検証の回路例

6.2.3.3 EM クランプ

EM クランプは、EUT に接続したケーブルに対して容量結合及び誘導結合の両方を実現する。EM クランプの構造及び性能は、**附属書 A** による。

6.2.4 直接注入デバイス

直接注入を用いる場合には、妨害信号を試験信号発生器から $100\ \Omega$ の抵抗器を通して、遮蔽ケーブル端のグラウンド接続の有無にかかわらず、その遮蔽ケーブルに注入する。AE と注入点との間に、減結合デバイス（**6.2.5** 参照）をできる限り注入点 [図 4 b) 参照] に近づけて挿入する。減結合量を増加し回路網を安定させるため、グラウンド接続は、直接注入デバイスの入力ポートの遮蔽から基準グラウンド面へ接続する。

遮蔽部分に直接接続する場合には、良好に接続することで信頼できる試験結果が得られる。

6.2.5 減結合回路網

通常、減結合回路網は、全周波数範囲にわたって高いインピーダンスを作り出すために、幾つかのインダクタで構成する。減結合回路網のインピーダンスは、用いるフェライト材料によって決まり、更に周波数 $150\ \text{kHz}$ においては $280\ \mu\text{H}$ 以上のインダクタンスが必要である。リアクタンスは、周波数 $24\ \text{MHz}$ までは $260\ \Omega$ 以上、周波数 $24\ \text{MHz}$ 以上では $150\ \Omega$ 以上を維持しなければならない。このリアクタンスは、フェライトのトロイダルコア [図 4 d) 参照] に巻線を多く巻くか、又はケーブルに多くのフェライトのトロイダルコア（通常、クランプオンチューブとして）を取り付けることによって実現できる。

注記 クランプの仕様を**附属書 A** に示す。

附属書 D に記載するような CDN は、この規格の他の場所で規定がない場合、無負荷状態の入力ポートをもつ減結合回路網として用いることができる。CDN をこの方法で用いる場合は、上記の要求事項を満たさなければならない。

減結合回路網は、試験のために選択したケーブルだけではなく、EUT 及び／又は AE に接続する全てのケーブルに取り付けなければならない。ただし、**7.3** の場合における EUT 間の接続ケーブルを除く。

6.3 結合デバイス及び減結合デバイスの EUT ポートでのコモンインピーダンスの検証

6.3.1 一般

結合デバイス及び減結合デバイスは、EUT ポートから見たコモンモードインピーダンス $|Z_{\text{ce}}|$ によって特徴付けている。その正確な値は、試験結果の再現性を保証する。結合デバイス及び減結合デバイスのコモンモードインピーダンスは、図 8 に示すセットアップを用いて検証する。

結合デバイス、減結合デバイス及びインピーダンス基準面 [図 8 a)] は、基準グラウンド面上に置く。基準グラウンド面の寸法は、その全ての辺がセットアップした状態で投影した外形寸法よりも $0.2\ \text{m}$ 以上大きくする。

インピーダンス基準点は、図 8 a) に例示するように $30\ \text{mm}$ と等しいか又はより短い接続で CDN の EUT ポートと接続する。インピーダンス基準面にあるコネクタから見たコモンモードインピーダンスの大きさを、測定する。

CDN は、入力ポートを $50\ \Omega$ 負荷で終端し、AE ポートを図 8 b) で示すようにコモンモードで順次短絡及び開放条件としたとき、表 3 のインピーダンス規定に適合しなければならない。この要求事項は、十分な減衰を保証するとともに、AE のセットアップの影響（例えば、その入力ポートの開放又は短絡）を、軽微なものとなるようにしている。

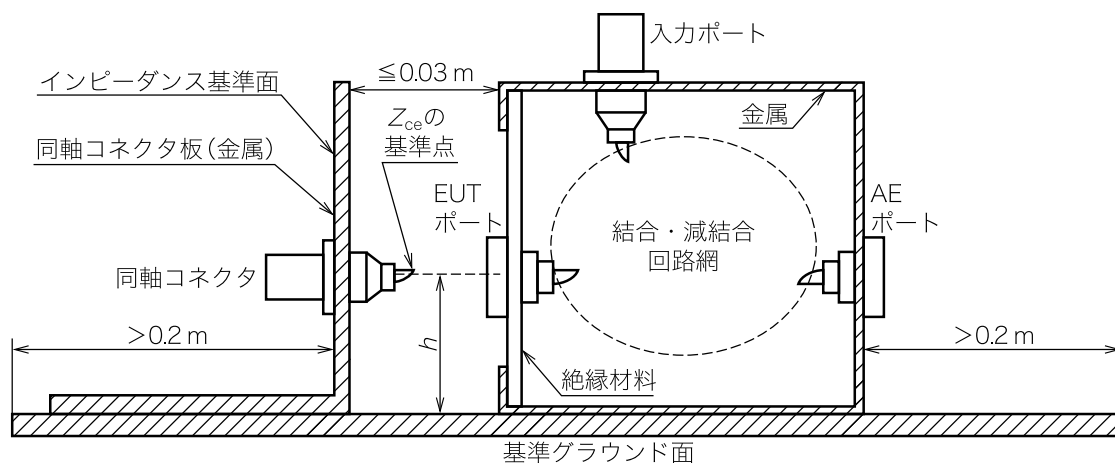
クランプ注入又は直接注入を用いる場合、EUT に接続した各種の AE の組合せについて、コモンモードインピーダンスを検証することは非現実的である。クランプ注入の場合、通常、**7.6** の手順に従うことで十

分である。他の全てのクランプ注入の場合には、7.7 に規定する手順を用いる。直接注入の場合、通常、7.8 の手順に従うことで十分である。

6.3.2 150 Ω–50 Ω 変換アダプタの挿入損失

試験の前に試験信号発生器を設定する場合は、試験レベルは 150 Ω 系コモンモードインピーダンス環境の中で確かめなければならない。これは、図 8 c) に示すように適切なコモンモードポイントを 150 Ω–50 Ω 変換アダプタを通して 50 Ω 測定デバイスと接続することによって達成できる。アダプタの構造は、図 8 d) 及び図 8 e) に示す。

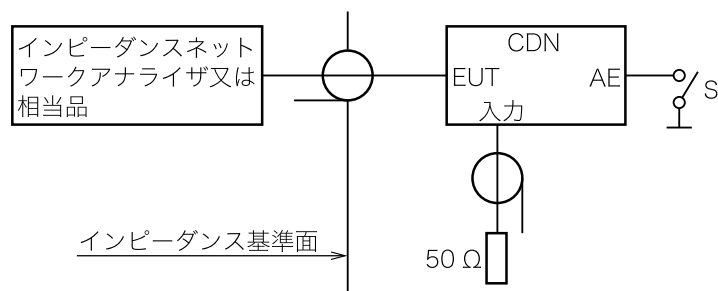
変換アダプタは、投影した外形寸法よりも全ての辺で 0.2 m 以上大きい基準グラウンド面の上に置く。挿入損失は、図 8 c) の原理に従って測定する。この値は、9.5 dB±0.5 dB (50 Ω のシステムで測定した場合に直列に付加したインピーダンスに起因する理論値は 9.5 dB) の範囲でなければならない。受信器の入力及び信号発生器の出力で、適切な VSWR (1.2 以下が望ましい) をもつ減衰器を推奨する。



- 基準グラウンド面の寸法は、その全ての辺が結合デバイス、減結合デバイス及び他の部品の投影した外見寸法よりも 0.2 m 以上大きくなければならない。
- 同軸コネクタは、水平に EUT ポートへ接続しなければならない。
- EUT ポートの高さ h は各 CDN に応じて、30 mm～100 mm の高さで変えてよい。特に大電流用 CDN は、基準グラウンド面からより高い位置に EUT ポートをもつ。
- コネクタ面 (同軸コネクタをもつ) は、 $h=30$ mm の場合 100 mm×100 mm、他の高さ h の場合 150 mm×150 mm とする。
- 両方のコネクタ面は、銅、真ちゅう又はアルミニウムで作り、かつ、RF 的に良好に接続していなければならない。

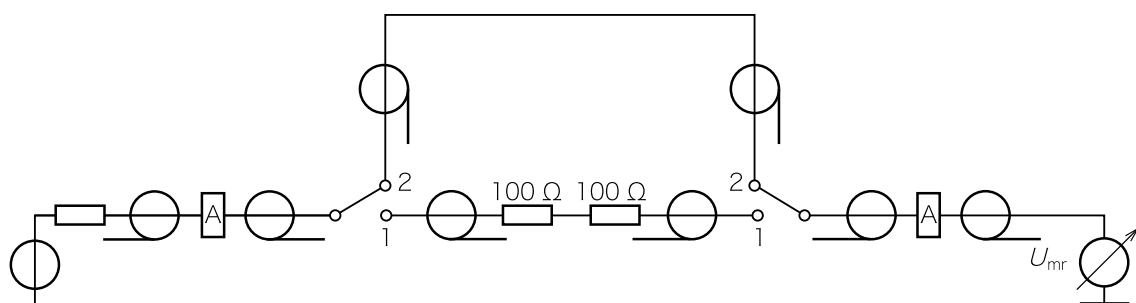
a) 結合デバイス及び減結合デバイスのインピーダンス特性を確認するためのセットアップの例

図 8—結合デバイス、減結合デバイス及び 150 Ω–50 Ω 変換アダプタの
基本特性を確認するための構成及び部品の詳細



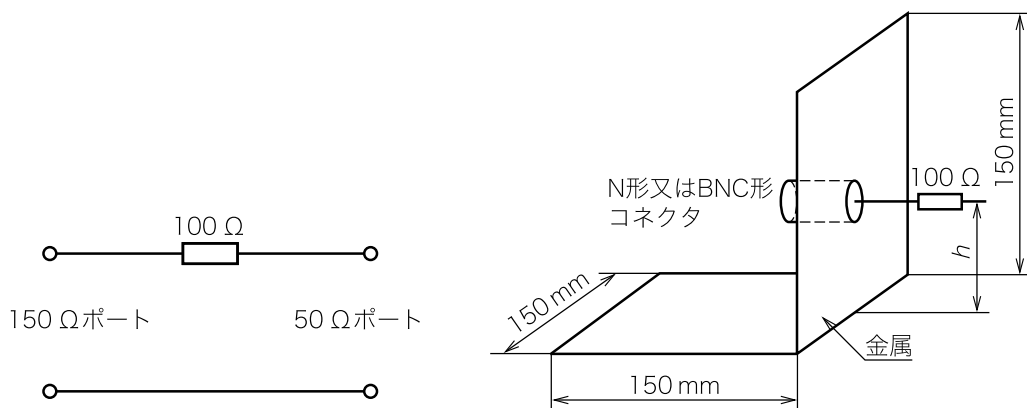
インピーダンスの要求事項は、スイッチ S を開放したとき及び閉じたときの両方に適合しなければならない (6.3 参照)。

b) 結合デバイス及び減結合デバイスの Z_{ce} を確認するためのセットアップの原理



挿入損失 = U_{mr} (スイッチ位置 2) - U_{mr} (スイッチ位置 1)
 dB dB (μV) dB (μV)

c) 二つの 150 Ω-50 Ω 変換アダプタの挿入損失を測定するためのセットアップの原理



注記 低インダクタンスの抵抗器：
 定格電力は 2.5 W 以上

注記 同軸コネクタ面は図 8 a) と同じ、ただし、100 Ω の低
 インダクタンスの抵抗器を付加

d) 150 Ω-50 Ω 変換アダプタの回路

e) 150 Ω-50 Ω 変換アダプタの構造図の例 (150 mm × 150 mm の例)

図 8—結合デバイス、減結合デバイス及び 150 Ω-50 Ω 変換アダプタの
 基本特性を確認するための構成及び部品の詳細 (続き)

6.4 試験信号発生器の設定

6.4.1 一般

無変調での試験レベルを正しく設定するために、6.4.2 の手順を適用する。試験信号発生器、結合デバイ

ス, 減結合デバイス及び $150\ \Omega$ – $50\ \Omega$ 変換アダプタは, **6.1**, **6.2.1** 及び **6.3.1** の要求事項に適合したものを
用いる。**6.4.2** の手順に従って得た測定結果に対する測定不確かさを, **附属書 G** に示す。

レベル設定に次の二つの方法を用いることができる。

- 増幅器出力電力 (方向性結合器を用いて測定する進行波電力) を測定することによって, 試験信号発生器の出力電力を決めることができる。
- 試験装置 (特に増幅器) の安定性が保証できる限り, レベル設定時に記録した RF 信号発生器の設定値を用いて, 増幅器出力電力の測定値を用いることなく, 試験信号発生器の出力電力を決めることができる。

6.4.2 結合デバイスの EUT ポートにおける出力レベル設定

試験信号発生器は, 結合デバイスの入力ポートに接続する。結合デバイスの EUT ポートは, $150\ \Omega$ – $50\ \Omega$ 変換アダプタを通して, 入力インピーダンス $50\ \Omega$ の測定装置にコモンモードで接続する。結合デバイスの AE ポートは, コモンモードで $50\ \Omega$ で終端した $150\ \Omega$ – $50\ \Omega$ 変換アダプタを負荷として接続する。全ての結合デバイス及び減結合デバイスのセットアップは, **図 9 c)** に示す。

注記 1 直接注入では, AE ポート側で基準グラウンド面にシールドが接続しているので, AE ポートに $150\ \Omega$ の負荷は必要ない。

注記 2 クランプ注入では, 一般に電流クランプは双方向のため EUT ポート及び AE ポートの区別がない。これらの装置は**図 6** のジグを用いて校正を行う。

警告 試験信号発生器の設定の間, 必要以外の (**図 9** 参照) 結合デバイス及び減結合デバイスの EUT ポート, 並びに AE ポートへの全ての接続は, 短絡回路状態及び測定装置の破壊を避けるために, 外しておかなければならない。

上記のセットアップ及び次の測定方法を用いて, 測定装置での読取りが次手順の U_{mr} となるように試験信号発生器を調節しなければならない。

出力レベル設定は, 各結合デバイスについて, 次の手順で行う。

- a) $150\ \Omega$ – $50\ \Omega$ 変換アダプタの出力ポートで U_{mr} に等しい電圧値になるように, 結合デバイスに無変調の進行波電力を加え, RF 信号発生器の出力レベル P_{gen} , 及び／又は増幅器の出力ポートでの進行波電力 P_{for} , 並びに $150\ \Omega$ – $50\ \Omega$ 変換アダプタの出力ポートの電圧 U_{mr} を記録する。
- b) 周波数を, 現周波数の 1 % 分増やす。
- c) 次の周波数が試験周波数範囲の最高周波数 (例 $80\ \text{MHz}$) を超えるまで, **a)** 及び **b)** を順番に繰り返す。
- d) 手順 **a)** で得られた RF 信号発生器の出力レベル P_{gen} , 進行波電力 P_{for} 及び電圧 U_{mr} の記録したレベルを用いて, 結合デバイスの EUT ポートで要求の電圧を発生させるために必要な進行波電力及び／又は RF 信号発生器の出力レベルを計算する。
- e) 増幅器が飽和していないことを確認するために, 手順 **d)** で得たデータを用いて, 希望の試験レベル U_{mr} が発生するように試験信号発生器を調節する。用いる最も高い試験レベルで次の手順 **1)** から手順 **4)** を行う。
 - 1) RF 信号発生器の出力レベルを 5.1 dB 増やす。
 - 2) 結合デバイスに供給する新しい出力レベル, 又は $150\ \Omega$ – $50\ \Omega$ 変換アダプタの出力ポートでの電圧を記録する。
 - 3) 対数表示で進行波電力の差分, 又は電圧の差分を計算する。
 - 4) 差分が 3.1 dB～7.1 dB の場合, 増幅器は許容範囲にあり, 選択した試験レベルでの試験に十分な試

験システムである。差分が 3.1 dB 未満, 又は 7.1 dB よりも大きい場合, 増幅器はノンリニアであり, 試験には適さない。

試験発生器の圧縮点及び増幅器のノンリニアリティについての情報は, 附属書 J に示す。

手順 a) で電圧 U_{mr} は, 次のように調節する。

$$\text{リニア表示では, } U_{mr} = U_0 / 6 \begin{pmatrix} +19 \% \\ -16 \% \end{pmatrix}$$

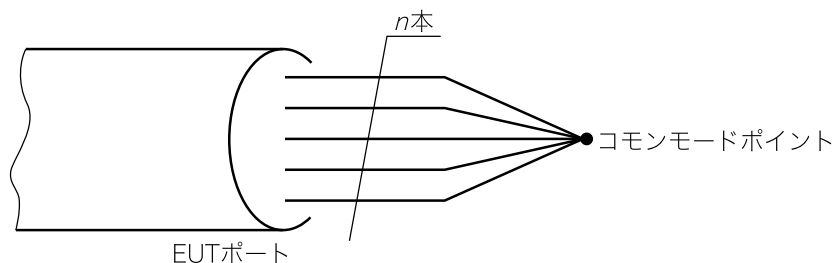
$$\text{対数表示では, } U_{mr} = U_0 - 15.6 \text{ dB} \pm 1.5 \text{ dB}$$

注記 3 U_0 は, 表 1 の中で規定する試験電圧であり, U_{mr} は, 3.12 及び図 9 で定義する測定電圧である。試験誤差を最小にするために, 試験信号発生器の出力レベルを, U_0 によって設定するのではなく, 150 Ω 負荷 (例えば, 150 Ω –50 Ω 変換アダプタ及び 50 Ω 終端を用いた状態で) の設定値 U_{mr} で設定する。

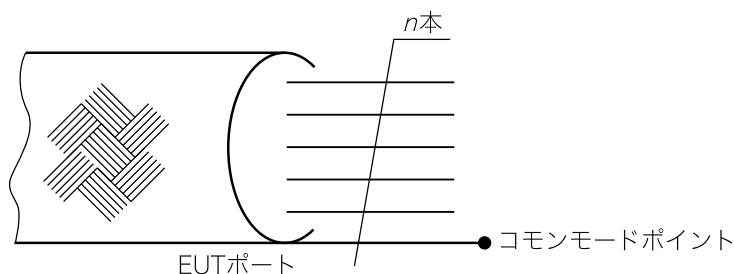
注記 4 係数 6 (15.6 dB) は, 試験レベルを起電力値で規定したことによって生じる。整合負荷レベルは起電力レベルの半分であり, 更に 50 Ω の測定装置によって終端した 150 Ω –50 Ω 変換アダプタによって 1/3 に分圧される。

注記 5 増幅器に出力電力調節機能がない試験装置の場合には, 各結合デバイス及び各試験レベルについて, 出力レベル設定を繰り返して行う。試験装置が増幅器出力電力設定, 又は附属書 J の増幅器リニアリティを満足する場合, 6.4.2 の手順は各結合デバイスについて最も高い試験レベルについてだけ行う。

試験信号発生器の設定における制御パラメータ (ソフトウェアのパラメータ, 減衰器設定など) は記録し, その値を試験に用いる。

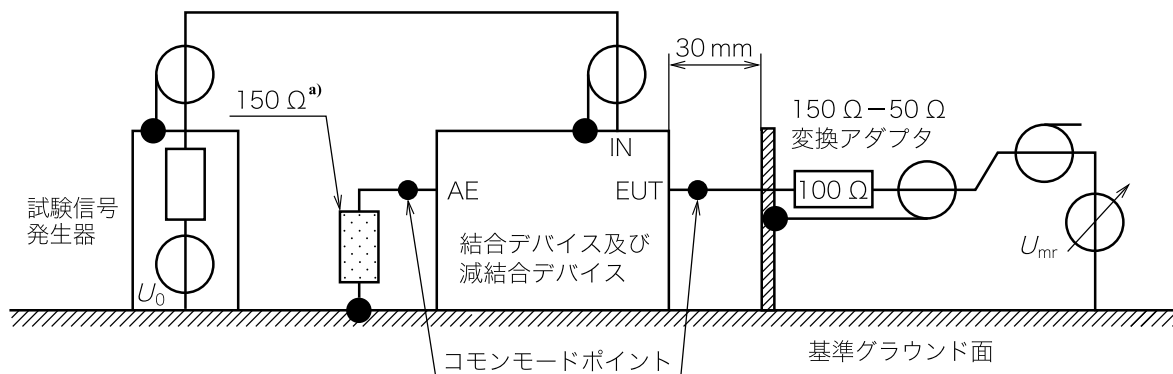


a) 無遮蔽ケーブルのコモンモードポイントの定義



b) 遮蔽ケーブルのコモンモードポイントの定義

図 9—レベル設定のためのセットアップ



結合デバイス及び減結合デバイスの例：

- － CDN
- － 直接注入回路網（減結合付き）
- － クランプ注入器（EM クランプ）

注^{a)} 図中の 150 Ω 負荷, 例えば, 50 Ω で終端した 150 Ω-50 Ω 変換アダプタは, 無遮蔽ケーブルだけに適用する。遮蔽ケーブルの場合には, その遮蔽が AE 側で基準グラウンド面に接続しているので不要である。

c) 結合デバイス及び減結合デバイスの EUT ポートにおけるレベル設定のためのセットアップ

図 9—レベル設定のためのセットアップ（続き）

7 試験セットアップ及び注入方法

7.1 試験セットアップ

EUT は, 基準グラウンド面から高さ 0.1 m±0.05 m の絶縁支持台上に設置する。基準グラウンド面からの高さ 0.1 m±0.05 m の非導電性のローラ又はキャストを絶縁支持台の代わりに用いることができる。EUT から出る全てのケーブルは, 基準グラウンド面上 30 mm 以上の高さとする。

パネル, ラック又はキャビネットに取り付けるように設計している装置は, 取り付けた状態で試験する。試験のために EUT を支持する必要がある場合, この支持材料は非金属で, 非伝導性を用いる。装置のグラウンドは, 製造業者の設置説明書に従う。

結合デバイス及び／又は減結合デバイスを取り付けるときは, それらを EUT から 0.1 m～0.3 m の距離に配置する（この規格ではこの距離を L と表記する。）。この距離は, 基準グラウンド面上の EUT 投影面から結合デバイス及び／又は減結合デバイスまで, 水平方向に寸法を測る（図 5, 図 10 及び図 11 を参照）。7.2 ～7.8 に, より詳細な情報を提供している。

注記 距離 L は, EUT の全ての面で同じである必要はなく, 0.1 m～0.3 m の間にあればよい。

附属書 F に大形 EUT の試験セットアップ例を示す。

7.2 単一のユニットからなる EUT

EUT は, 基準グラウンド面から高さ 0.1 m の絶縁支持台の上に置く。卓上形装置は, 基準グラウンド面を机の上に置いてもよい（図 10 参照）。

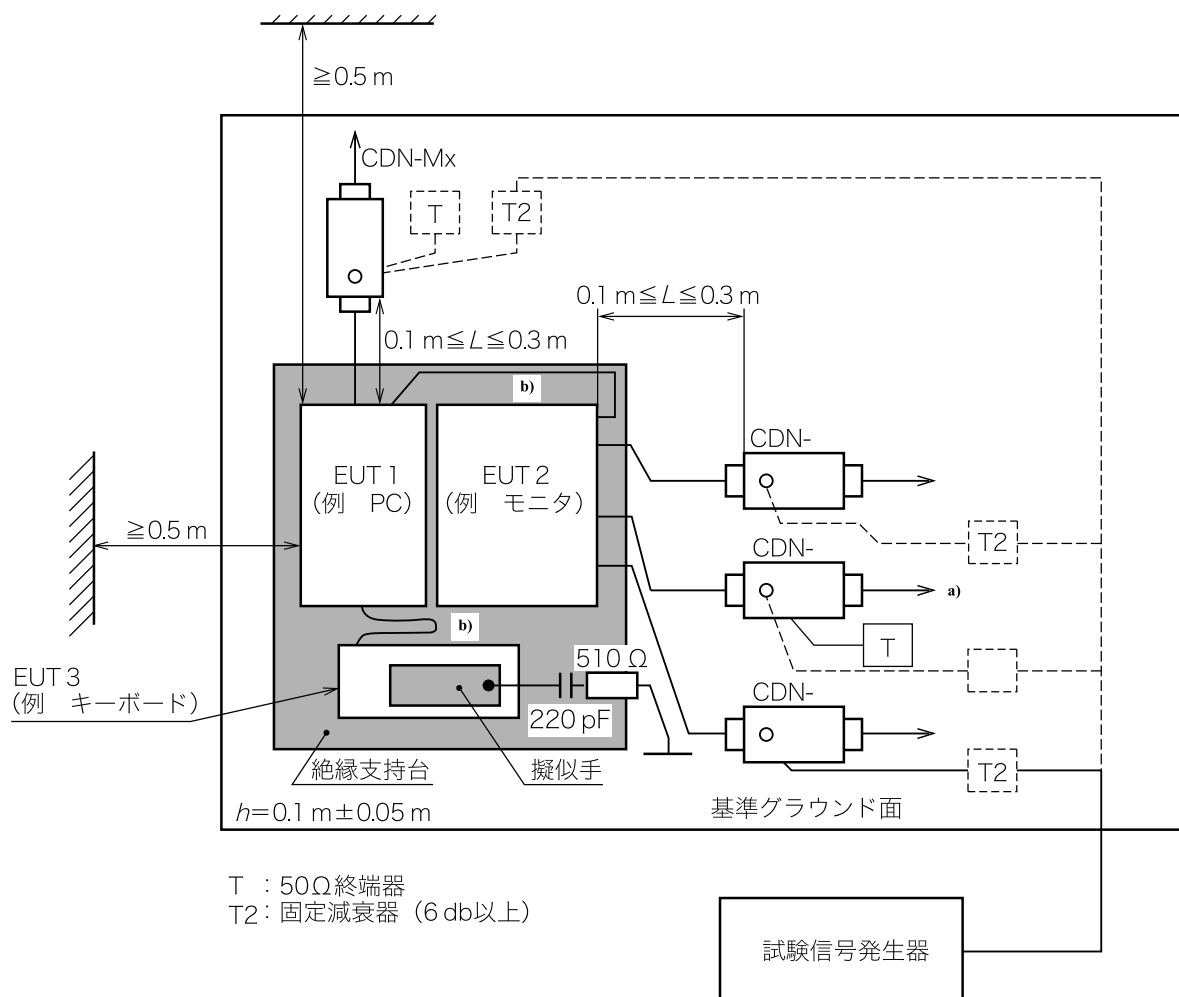
試験する全てのケーブルに, 結合デバイス及び減結合デバイスを挿入する（7.4.3 参照）。結合デバイス及び減結合デバイスは, EUT から 0.1 m～0.3 m の距離で基準グラウンド面上に直接接触して配置する。結合デバイス及び減結合デバイスと EUT との間のケーブルは, 可能な限り短くし, 束ねたり, 巻いたりしてはならない。これらのケーブルの基準グラウンド面上の高さは, 30 mm 以上とする。

EUT と AE とを結ぶインターフェースケーブルは, できる限り短くすることが望ましい。

EUT に他のグラウンド端子がある場合で, 許容できる場合, これを CDN-M1 を通して基準グラウンド

け近くに置く。これらのユニットの相互接続ケーブルもまた、絶縁支持台の上に置く。その他の全てのケーブルは、7.4～7.8 に従って試験する。

EUT は、試験と無関係な全ての金属物から 0.5 m 以上離す。



注 a) 注入に用いない CDN のうち一つだけは、50 Ω で終端して、帰路を一つにする。他の全ての CDN は、減結合回路網として構成する。

b) EUT に附属する相互接続ケーブル (1 m 未満) は、絶縁支持台の上に置く。

図 11—幾つかのユニットからなる EUT における試験セットアップの例 (上面図)

7.4 注入方法及び試験ポイントの選択

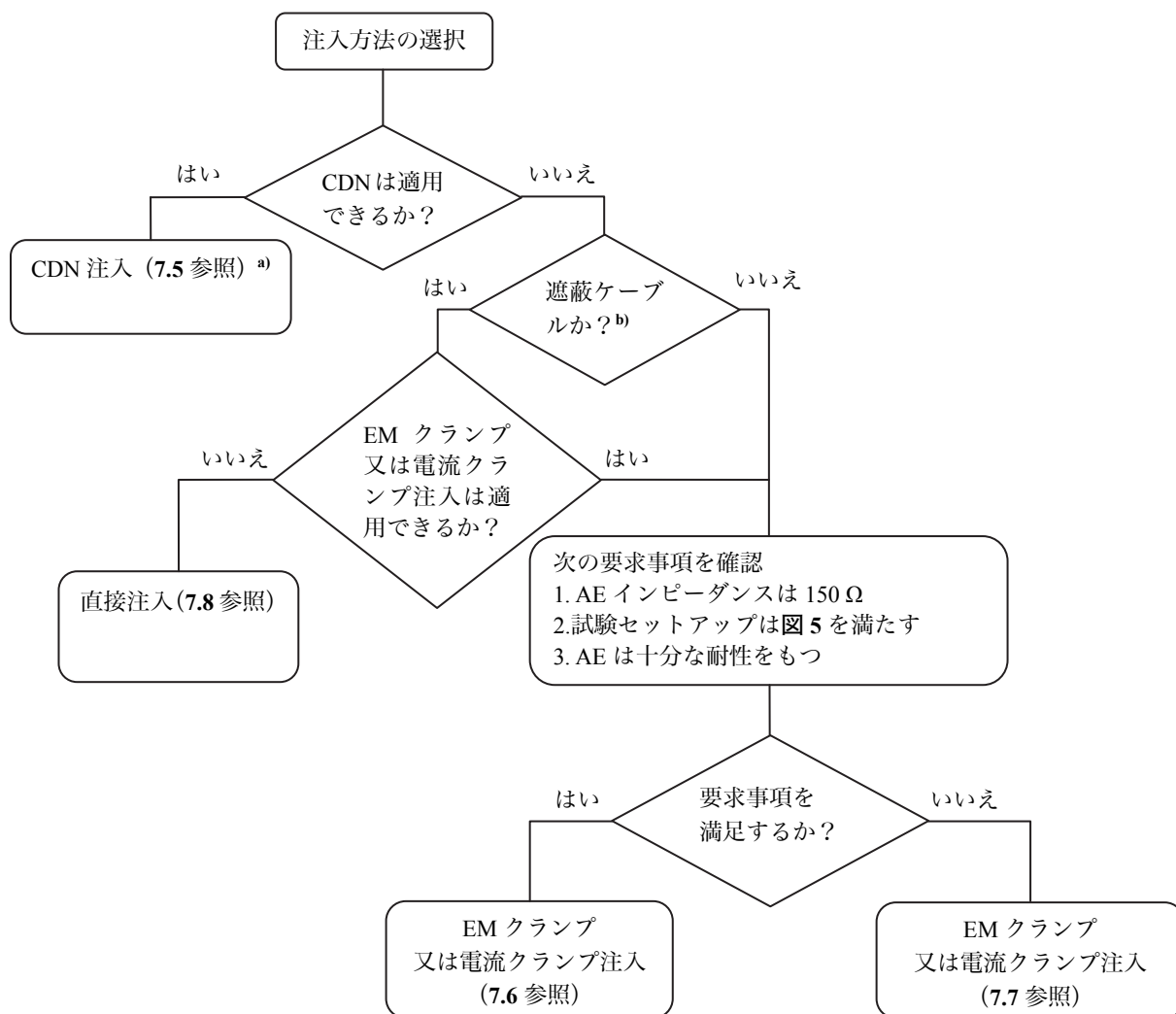
7.4.1 一般

結合デバイス及び減結合デバイスに取り付けるケーブルの形式及び数を選択するために、典型的な設置条件における物理的な形状、例えば、ケーブルの適切な長さを考慮する。

全ての試験において、CDN の内部ケーブル長を含む EUT と AE との間のケーブル長は、EUT の製造業者が指定する最大長を超えてはならない。

7.4.2 注入方法

図 12 に、注入方法を選択するためのフローチャートを示す。



注 ^{a)} 表 4 参照。

^{b)} 6.2.4 参照。

図 12—注入方法の選択フローチャート

特に指定のない場合, 試験のために選択したケーブルを含む EUT は, 標準的な適用に沿った方法で構成, 設置, 配置及び操作する。この規格にない CDN であっても, この規格の要求事項に適合する場合, 用いてもよい。

EUT から出ている幾つかのケーブルが, 10 m を超える長さで極めて近接しているか又は EUT から他の装置までケーブルトレイ又はコンジットによって敷設する場合は, それらは一つのケーブルとして扱うことが望ましい。

特別な製品群に接続するケーブルについて, ある種類の結合デバイス及び減結合デバイスを, 製品規格の中で用いることがより適切であるとの規定がある場合, その選択 (技術的根拠が正当である場合) を優先する。これらのデバイスは, 製品規格に規定していなければならない。CDN の例は, 附属書 D に示す。

7.4.3 試験するポート

一つの試験において二つの 150 Ω 回路が必要となる。試験信号を注入する回路は, 試験する様々なポートに移すことができる。CDN をポートから外したとき, 減結合回路に置き換えてもよい。

EUT に複数の同種のポート (同じ入力又は出力電子回路, 負荷, 接続した装置など) がある場合, それらの全ての異なるタイプのポートを包含し試験を確実にを行うために, 少なくともそれらの一つのポートを選択する。

7.5 CDN 注入

CDN 注入を行う場合は, 次の処置が必要となる。

- a) AE が EUT と直接接続している場合 [例えば, 図 13 a) に示すように, これらの接続間にいかなる減結合デバイスも接続していない], 基準グラウンド面上の高さ $0.1\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ の絶縁支持台の上に配置する。さらに, 終端した CDN を通してグラウンドに接続する。

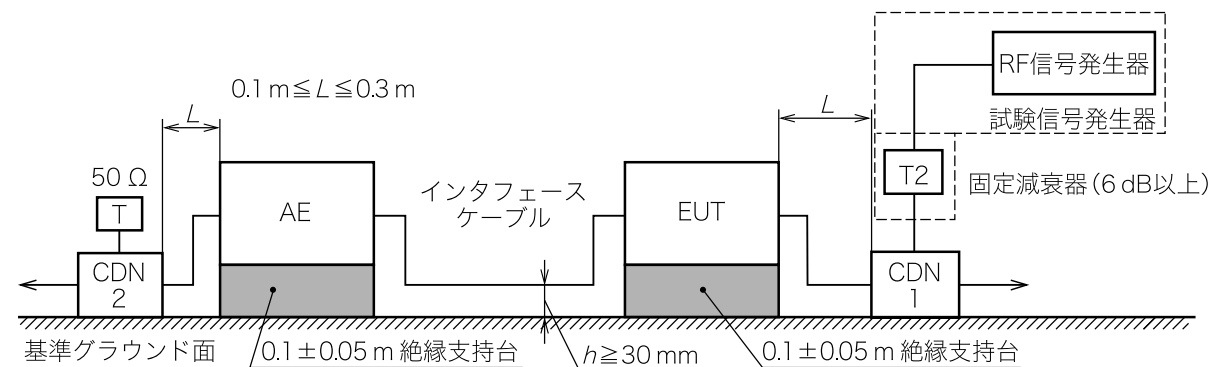
EUT が複数の AE に直接接続している場合, 一つの AE はこの方法で終端する。他の直接接続している AE は, その他全ての接続を減結合する。この方法によって, それぞれの末端を $150\ \Omega$ で終端された一つの閉回路を実現する。

- b) AE が CDN を経由して EUT に接続している場合, その AE 周りの配置及び配線は, 通常, 重要ではなく, 製造業者の設置仕様に従って基準グラウンド面に接続することができる。
- c) 試験する目的のポートに注入するための CDN を接続し, 更に他のポートに接続した一つの CDN に $50\ \Omega$ で終端する。減結合回路網は, 他の全てのケーブルが接続するポートに取り付ける。この方法によって, それぞれの末端を $150\ \Omega$ で終端した一つの閉回路を実現する。
- d) 終端した CDN は, 次の優先順に従って選択する。

- 1) グラウンド端子に接続した CDN-M1
- 2) 保護接地線のある電源線に用いる CDN-M3, CDN-M4 又は CDN-M5
- 3) EUT が幾つかの CDN- S_n ポートをもつ場合, 選択された注入ポートに最も近い位置を用いる。
CDN- S_n ($n=1, 2, 3, \dots$)
- 4) 保護接地線のない電源線に用いる CDN-M2
- 5) 選択した注入ポートに最も近い位置ポートに接続しているその他の CDN

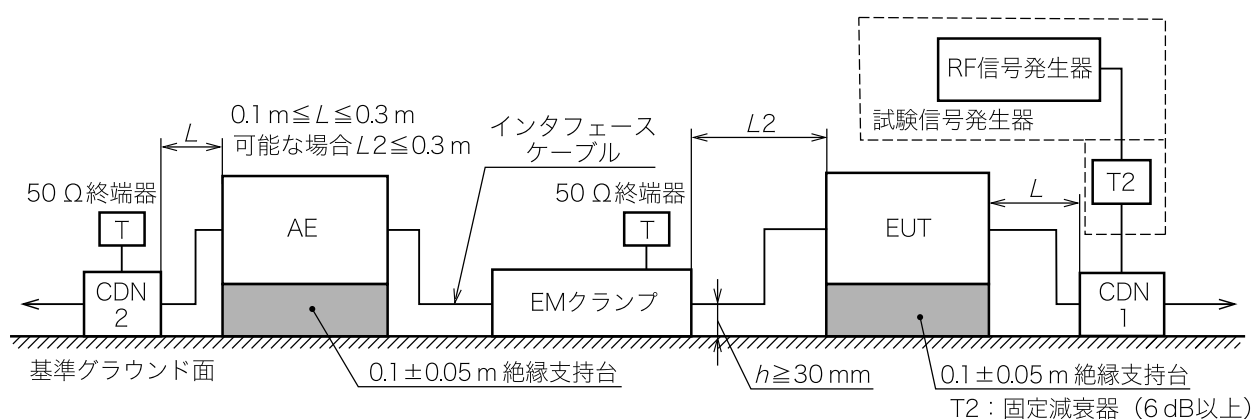
注記 附属書 I に特殊な製品における代替 CDN 注入方法を示す。

- e) EUT にポートが一つしかない場合は, そのポートは注入用の CDN に接続する。
- f) EUT が二つのポートをもち, EUT に一つだけ CDN が接続できる場合, もう一方のポートは AE に接続し, その AE の EUT に接続していないポートの一つを上記 d) の優先順位に従って $50\ \Omega$ で終端した CDN に接続する。AE の他の全ての接続は減結合する。[図 13 a) 参照]。EUT に接続している AE が試験中に誤動作を示す場合, 減結合デバイス (できれば終端した EM クランプ) を EUT と AE との間に接続することが望ましい [図 13 b) 参照]。
- g) EUT が三つ以上のポートをもっていて, 一つだけ CDN が接続できる場合, 二つのポートをもつ EUT について規定する通りに試験する。残りの全てのポートは減結合する。EUT に接続している AE が試験中に誤動作を示す場合, 減結合デバイス (できれば終端した EM クランプ) を EUT と AE との間に接続することが望ましい。



インターフェースケーブルは可能な場合 1 m とする。

a) 二つのポートをもつ EUT で CDN が一つだけ接続される回路構成



b) AE が試験中誤動作を示す場合の回路構成例

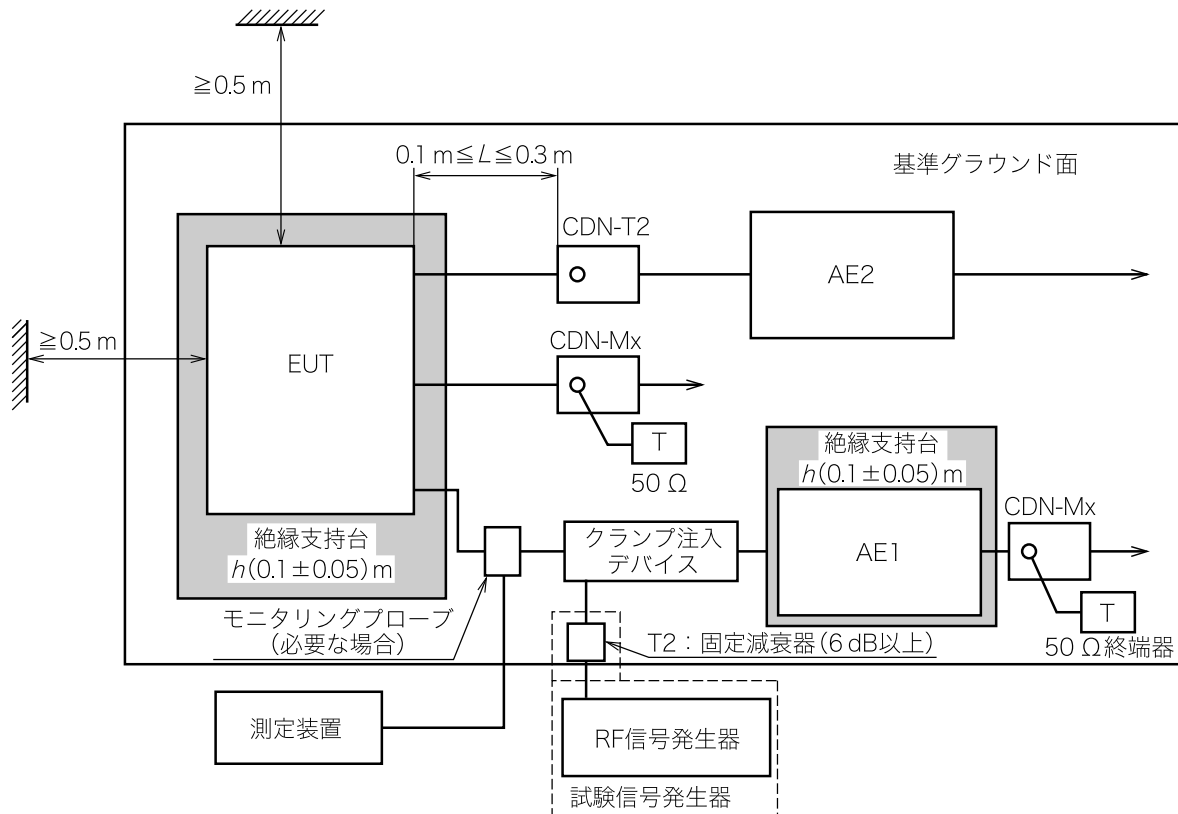
T : 50 Ω 終端
 T2 : 固定減衰器 (6 dB 以上)
 CDN : 結合・減結合回路網

図 13—二つのポートをもつ EUT のイミュニティ試験 (CDN を一つだけ用いる場合)

7.6 コモンモードインピーダンス要求条件に適合する場合のクランプ注入

クランプ注入を用いる場合, AE の配置は 6.2.1 で要求するコモンモードインピーダンスにできるだけ近づけるようにする (附属書 H 参照)。クランプ注入を適用する各 AE は, できる限り機能上の設置条件に近い状態にする。要求するコモンモードインピーダンスを擬似するために, 次の方法を用いる。

- クランプ注入の場合に用いる各 AE は, 基準グラウンド面上高さ 0.1 m の絶縁支持台上に置く。
- 試験するケーブルにクランプを挟む。試験信号発生器は, 事前にレベルセッティング手順で確立したレベルをクランプに供給する。
- 試験中, 電流クランプを用いる場合には, 入力ポートのシールドを, EM クランプを用いる場合には, EM クランプの接地面を, 基準グラウンド面 (図 14 及び図 15 参照) に接続する。
- 減結合回路網は, 試験するケーブルを除いた EUT と AE との間の各ケーブルに取り付ける。
- 各 AE に接続する全てのケーブルのうち, EUT に接続していないケーブルは, 減結合回路網を用いる (6.2.5 及び図 5 参照)。
- (EUT と AE との間のケーブルを除いた) 各 AE に接続したこれらの減結合回路網は, AE から 0.3 m 以上 (長さ: L_2) 離してはならない。AE と減結合回路網との間又は AE と注入クランプとの間のケー



注記 モニタリングプローブの使用条件は、7.7 参照。

図 15—注入クランプを使う場合のグラウンド面上の試験ユニットのセットアップ例（上面図）

7.7 コモンモードインピーダンス要求条件に適合しない場合のクランプ注入

AE 側でコモンモードインピーダンスの要求事項に適合しないクランプ注入の場合、AE のコモンモードインピーダンスは、試験している EUT ポートのコモンモードインピーダンスと同等かそれ以下とする。そうでない場合は、（例えば、CDN-M1 又は AE からグラウンドに 150 Ω の抵抗器を使うことによって）この条件を満たし、かつ、共振を避けるために AE ポートに対策する。

次の手順は、7.6 で規定する手順との差違だけを示す。

- クランプ注入の場合、各 AE 及び EUT は、例えば、EUT を基準グラウンド面に接続していても、絶縁支持台上に設置していても、機能上の設置条件に可能な限り合わせる（図 14 及び図 15 参照）。
- 注入クランプと EUT との間に挿入した低挿入損失の電流プローブを用いて、誘導電圧（6.4.1 に従って設定）から生じる電流を監視する。この電流が次の式で得る公称値 I_{\max} を超える場合は、測定電流が I_{\max} の値と等しくなるまで試験信号発生器のレベルを減らす。

$$I_{\max} = U_0 / 150 \Omega$$

I_{\max} の値と等しくするために用いた試験電圧レベルは、試験報告書に記録する。

再現性を保証するために、この試験セットアップを詳細に試験報告書に記載する。

7.8 直接注入

遮蔽ケーブルへの直接注入の場合、次の方法を用いる。

- EUT は、基準グラウンド面上の高さ 0.1 m の絶縁支持台上に置く。
- 試験するケーブルに対して減結合回路網は、注入点と AE との間で、注入点にできる限り近づけて配

置する。第二のポートは、50 Ω で終端した CDN (150 Ω の負荷) を接続する。その終端の方法は、7.5 d) の優先順に従って選択する。EUT に付随した他の全てのケーブル上には、減結合回路網を組み込む (CDN を開放にしておく場合、CDN は減結合回路網とみなす)。

- 注入点は、基準グラウンド面上の EUT の投影面から 0.1 m～0.3 m に配置する。
- 試験信号は、100 Ω の抵抗器を介してケーブルの遮蔽部分に直接注入する (6.2.4 参照)。遮蔽部分に直接接続する場合には、良好に接続することで信頼できる試験結果が得られる。

8 試験手順

EUT は、意図する動作条件及び気象条件の範囲内で試験する。

試験セットアップからの放射に関しては、地域の障害規制に従わなければならない。放射エネルギーが許容レベルを超える場合は、シールドルームを用いる。

注記 1 一般的には、この試験は、シールドルームを用いなくても実行できる。これは、適用した妨害レベル及び設備の形状から、特に低い周波数では、高いエネルギー量を放射するようなものではないといえるからである。

この試験は、試験信号発生器を各々の結合デバイス (CDN, EM クランプ及び電流クランプ) に順次接続して実施する。その時点で試験に用いないほかの全てのケーブルは、機能的に許容できる場合は接続しないか、又は減結合回路網若しくは未終端の CDN で分離する。

LPF 及び／又は HPF (例 カットオフ周波数 100 kHz) は、高次又は副次の高調波から EUT への妨害を避けるために、試験信号発生器の出力側に用いてもよい。LPF の帯域阻止特性は、結果に影響を及ぼさないように高調波を抑制するために十分なものでなければならない。これらのフィルタは、試験レベルの設定の前に試験信号発生器の出力側に挿入する (6.1 及び 6.4.1 参照)。

設定手順に従って確定した信号レベルを使い、1 kHz の正弦波による変調度 80 % の振幅変調を行った妨害信号を、必要に応じて RF 信号レベルを調節、又は結合デバイスを交換するために中断しながら、150 kHz～80 MHz の周波数範囲で妨害信号を掃引する。周波数を増加方向に掃引する場合、そのステップの幅は、直前の周波数の 1 % を超えてはならない。各周波数での振幅変調搬送波の滞在時間は、EUT が作動及び反応するのに必要な時間以下にしてはならない。ただし、全ての場合も 0.5 秒間以下にしてはならない。影響を受けやすい周波数 (例えば、クロック周波数、製造業者が指定する周波数、又は試験によって得られる周波数) は、ステップした周波数に加えて試験する。

注記 2 EUT は、周波数掃引の間に発生する過渡現象によって妨害を受けることがあるので、このような妨害を避ける準備をする必要がある。例えば、信号の強さは、周波数を変更する前に試験レベルより数 dB 小さくすることができる。

試験中は、EUT の全てのモードを動作させ、更に選択した、影響を受けやすい全ての動作モードについて試験を行う。

特別な動作試験プログラムを用いることが望ましい。

試験は、試験計画に従って行う。

試験計画の幾つかの条件を確立するために、予備試験が必要となることがある。

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、製品の製造業者、試験の依頼者によって、又は製品の製造業者と使用者との間の合意によって指定する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によって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消滅する一時的な機能損失又は性能低下。操作者が介入することなく EUT が正常な性能に自己復帰する。
- c) 操作者が介入する調整が必要な、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破壊による修復不可能な機能損失若しくは性能低下、又はデータの損失。

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、製造業者の仕様書に指定してもよい。

この分類は、共通規格、製品規格及び製品群規格の性能評価基準を規定するときの指針として、又は適切な共通規格、製品規格及び製品群規格が存在しない場合の製造業者と使用者との間で性能評価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。

10 試験報告書

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

- EUT 及び関連装置の識別表示（例えば、商標、製品形式、製造番号）
- EUT の寸法
- EUT の代表的な動作条件
- 試験する EUT が単一か、複数ユニットか
- 長さを含む相互接続ケーブルの形式、及び EUT に接続するインタフェースポートの形式
- 適合性を達成するために必要な EUT の動作条件、又は仕様上のあらゆる条件。例えば、ケーブル長又は形式、シールド又はグラウンド
- 必要な場合、EUT の回復時間
- 用いた試験設備の形式、並びに EUT、AE、結合デバイス及び減結合デバイスの配置
- 試験装置の識別（例えば、商標、製品形式、製造番号）
- 各ケーブルに用いた結合デバイス及び減結合デバイス
- 各々の注入点及び 50 Ω 終端した減結合デバイスの表示
- EUT の動作方法の説明
- 試験を行うために必要な特別な条件
- 試験を適用した周波数範囲
- 周波数の掃引率、滞在時間及び周波数ステップの幅
- 適用した試験レベル
- 製造業者、試験の依頼者又は使用者によって指定する性能レベル
- 適用した性能評価基準
- 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
- 合否判定の根拠（共通規格、製品規格若しくは製品群規格において規定してある、又は製造業者と使用者との間で合意した性能評価基準に基づく。）

附属書 A (規定) EM クランプ及び減結合クランプ

A.1 EM クランプ

A.1.1 一般

この附属書は, EM クランプについて規定する。従来の電流クランプと比較した場合, EM クランプは, 数十 MHz を超える周波数帯域で方向性をもっている。

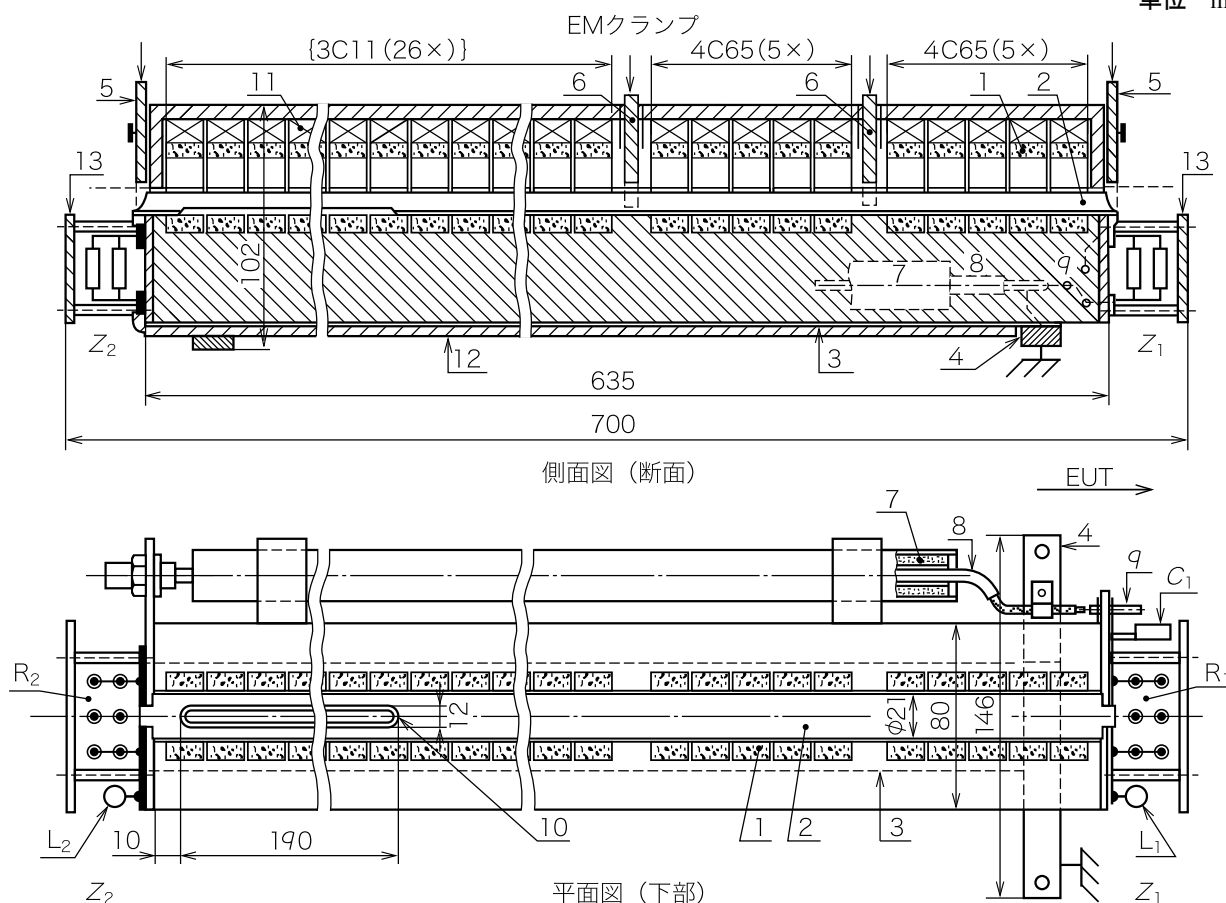
A.1.2 EM クランプの仕様

EM クランプは, ケーブルへの注入に用いる。要求事項は, 次による。

- 動作周波数範囲 : 0.15 MHz ~ 80 MHz
- 長さ : 650 mm ± 50 mm
- グラウンド面からクランプ中央の開口部までの高さ : 50 mm ~ 70 mm
- クランプ開口部の直径 : 20 mm ± 2 mm
- クランプの基準点 (外面から最初のコアまでの距離) : 30 mm 未満
- EM クランプの構造及び概念を, 図 A.1 及び図 A.2 に示す。
- インピーダンスの典型的な特性を, 図 A.7 に示す。
- 減結合係数の典型的な特性を, 図 A.8 に示す。
- 結合係数の典型的な特性を, 図 A.11 に示す。

注記 A.2 の要求事項に適合する場合, 物理的な寸法が異なるクランプ (例 より大きな直径のケーブルの試験) を用いることができる。

単位 mm

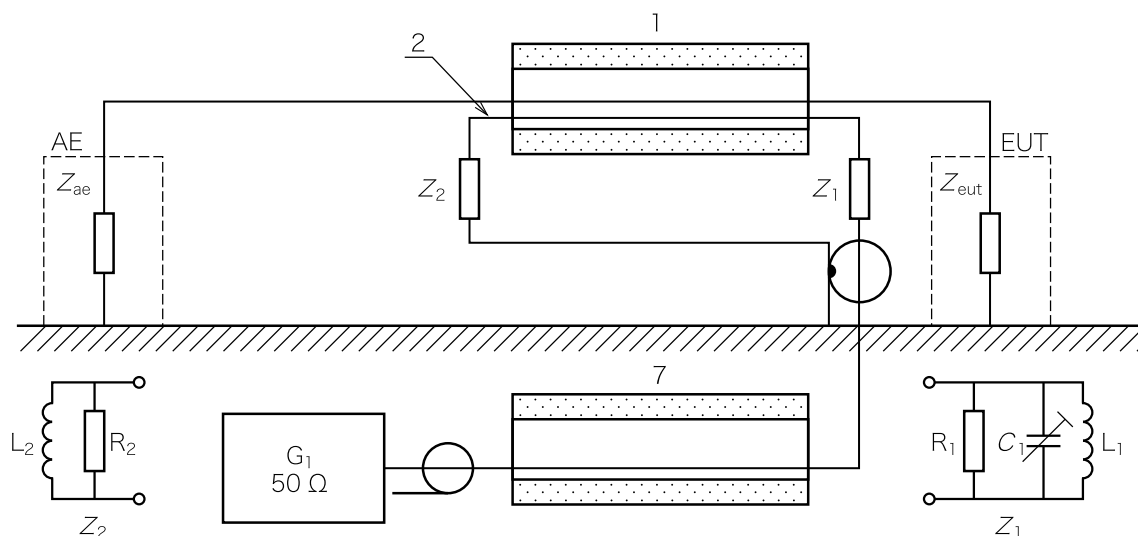


部品リスト

- 1 フェライトリングコア $\phi 36 \text{ mm} \times \phi 23 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$
 10 個のリング, 形式 4C65^{a)}, ニッケル亜鉛 (NiZn), 比透磁率 μ は約 100
 26 個のリング, 形式 3C11^{a)}, マンガン亜鉛 (MnZn), 比透磁率 μ は約 4 300
 - 2 溝に接着した銅はく (箔) の半シリンダ
 - 3 下部の導体板
 - 4 グラウンド棒
 - 5/6 供試ケーブルを溝に押し付けるための素子
 圧縮ばね (表示していない) をもつ絶縁物の部品
 - 7 フェライト管, 4C65^{a)}
 - 8 同軸ケーブル, 50 Ω BNC コネクタ付き
 - 9 Z_1 の開放のためのスイッチ
 - 10 部品 2 のためのスロット
 - 11 弾力のあるフェライト固定具 (上部の半リング)
 - 12 下部の絶縁板
 - 13 Z_1 及び Z_2 のための保護板
- Z_1 : 直列インピーダンス (図 A.2 参照), C_1 : 20 pF~100 pF, L_1 : 0.15 μH , R_1 : 50 Ω /12W
 Z_2 : 直列インピーダンス (図 A.2 参照), L_2 : 0.8 μH , R_2 : 50 Ω /12W

注 ^{a)} 3C11 及び 4C65 は市販製品の一例である。この情報は、この規格の利用者の便宜を図って記載するもので、この製品を推奨するものではない。

図 A.1—EM クランプの詳細構造の例



部品リスト

- 1 フェライト管 (クランプ構造) 長さ 0.6 m, ϕ 20 mm, EUT 側 10 個のリング (形式 4C65) 及び AE 側 26 個のリング (形式 3C11) から成る。
 - 2 銅はく (箔) の半シリンダ
 - 7 EM クランプ構造の中に内蔵するフェライト管
- Z_1, Z_2 周波数応答及び方向性を最適化するために組み込んだもの
 Z_{eut} EUT のインピーダンス
 Z_{ae} AE のインピーダンス

G_1 試験信号発生器

EM クランプの原理:

- － フェライト管による磁気結合 (第 1 項)
- － EUT ケーブルと銅はく (箔) との間の密着による電気結合 (第 2 項)

図 A.2—EM クランプの概念の例

A.2 EM クランプ特性評価

A.2.1 クランプ試験ジグの仕様

クランプの S パラメータを測定するために用いる試験ジグは, 図 A.4 及び図 A.5 に示すように金属板 (基準グラウンド面) 上に円筒形金属棒をもつ。

試験ジグは, 三つの部分で構成し, 減衰のない 50 Ω 系アダプタをもつ二つのジグ部分及びその間を伝送する線を形成する部分からなる (図 A.3～図 A.5 参照)。

EM クランプの特性評価のために単一の円筒形金属棒を用いる。金属棒の長さ ($L_A + L_B + L_{reference}$) は, 図 A.5 の寸法を満たすように設定する。

円筒形金属棒の直径 d は 4 mm とする。基準グラウンド面からの高さ h は, クランプ開口部の中心位置の高さである。典型的な h の値は, 50 mm～70 mm である。

クランプ基準点 (両端のフェライトコアの端) とジグの垂直基準面との間の距離 L_A 及び L_B は 30 mm \pm 5 mm とする (図 A.5 参照)。基準グラウンド面の寸法は, ジグ及びクランプの幾何学的投影の全ての側面から 0.2 m 以上とする。

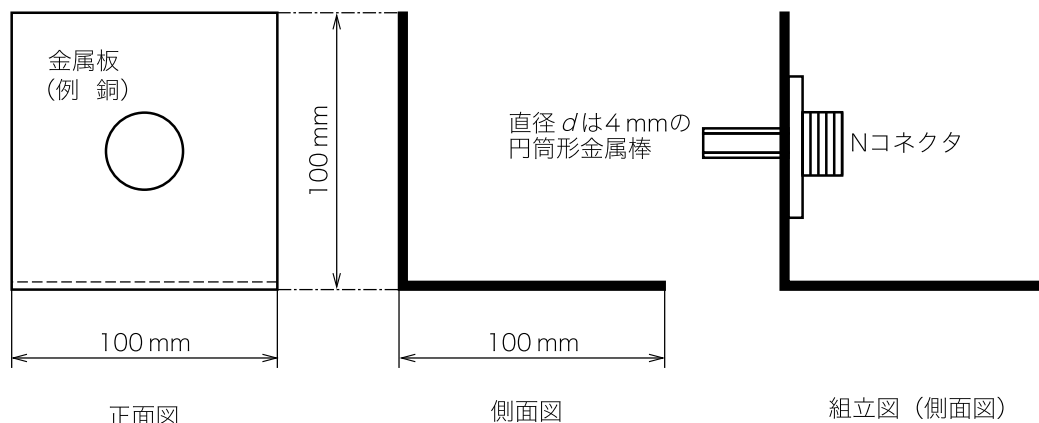
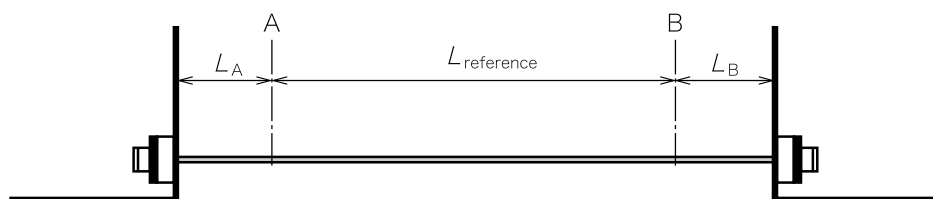
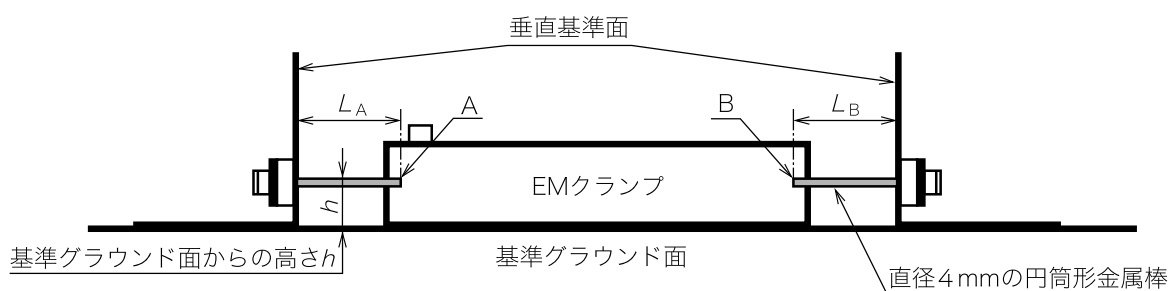


図 A.3—ジグの寸法



A, B : EM クランプの両端のフェライトコアの端の位置を表す。

図 A.4—試験ジグ



A, B : EM クランプの両端のフェライトコアの端の位置を表す。

図 A.5—EM クランプを配置した場合の試験ジグ

A.2.2 EM クランプの特性

A.2.2.1 インピーダンス

A.2.2.1.1 測定セットアップ

A.2.1 で規定する試験ジグは、インピーダンス測定のために用いる。EM クランプは試験ジグ内に配置し、注入ポートは $50\ \Omega$ で終端する (図 A.6 参照)。

インピーダンス測定において EM クランプは、2 ポートデバイスとして扱う。その特性はネットワークアナライザ (VNA) を用いて S パラメータ S_{11} , S_{12} , S_{21} 及び S_{22} を $50\ \Omega$ 系で測定する。

測定の前に VNA は適切な校正キットを用いて、標準的な通過－開放－短絡－整合 (Through-Open-Short-Match: TOSM) 法によって、ケーブル端 (試験ジグに接続する箇所) で正規化する。ケーブル端とクランプ基準点との間の長さは、VNA のオフセットポート又は他の手段で考慮する。

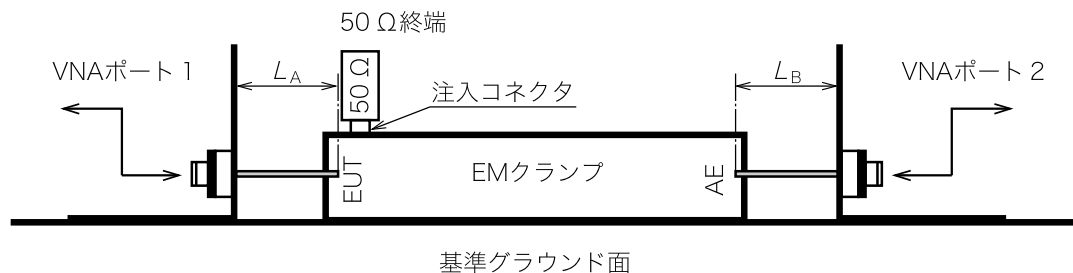


図 A.6—インピーダンス又は減結合係数測定セットアップ

A.2.2.1.2 変換

A.2.2.1.1 で規定するように VNA で測定する S パラメータは, 50 Ω 系で測定する。ただし, 試験ジグの特性インピーダンス Z_{ref} は, 一般的に 50 Ω とは異なり, グラウンド面からクランプ開口部の中心までの高さによって決定する。S パラメータから F パラメータ (ABCD パラメータ) への変換を用いて, Z_{ref} から独立した変換係数は, 次の式によって得られる。

注記 全ての計算は複素数で実施する。

$$Z_{\text{ref}} = 50 \Omega \quad \text{..... (A.1)}$$

$$A = \frac{(1 + S_{11})(1 - S_{22}) + S_{12}S_{21}}{2S_{21}} \quad \text{..... (A.2)}$$

$$B = \frac{(1 + S_{11})(1 + S_{22}) - S_{12}S_{21}}{2S_{21}} Z_{\text{ref}} \quad \text{..... (A.3)}$$

$$C = \frac{(1 - S_{11})(1 - S_{22}) - S_{12}S_{21}}{2S_{21}} / Z_{\text{ref}} \quad \text{..... (A.4)}$$

$$D = \frac{(1 - S_{11})(1 + S_{22}) + S_{12}S_{21}}{2S_{21}} \quad \text{..... (A.5)}$$

試験ジグの特性インピーダンスを根拠とした一組の S パラメータは, F パラメータを用いて計算できる。

$$Z'_{\text{ref}} = 60 \Omega \cosh^{-1} \left(\frac{2h}{d} \right) \quad \text{..... (A.6)}$$

ここに, d : ジグの円筒形金属棒の直径 (4 mm)
 h : 基準グラウンド面から円筒形金属棒の中心までの高さ

$$B' = B / Z'_{\text{ref}} \quad \text{..... (A.7)}$$

$$C' = C \cdot Z'_{\text{ref}} \quad \text{..... (A.8)}$$

$$S'_{11} = \frac{A + B' - C' - D}{A + B' + C' + D} \quad \text{..... (A.9)}$$

$$S'_{12} = \frac{2(AD - BC)}{A + B' + C' + D} \quad \text{..... (A.10)}$$

$$S'_{21} = \frac{2}{A + B' + C' + D} \quad \text{..... (A.11)}$$

$$S'_{22} = \frac{-A + B' - C' + D}{A + B' + C' + D} \quad \text{..... (A.12)}$$

A.2.2.1.3 インピーダンス計算

入力インピーダンスは, 式(A.13)による。

$$Z_{in} = Z'_{ref} \frac{1 + S'_{11}}{1 - S'_{11}} \dots\dots\dots (A.13)$$

図 A.7 は、3 種の EM クランプのインピーダンス曲線の典型的な例を示す。

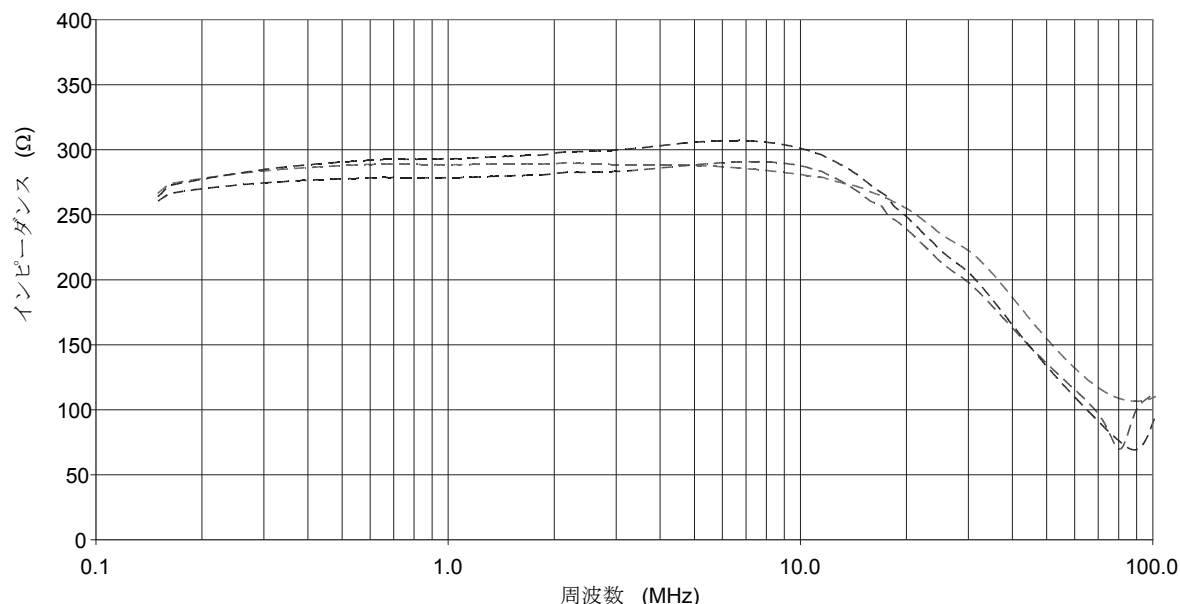


図 A.7—典型的な 3 種のクランプインピーダンス特性の例

注記 この方法によって測定したインピーダンスは、機器の遠端が Z_{ref} で終端した場合に有効である。
 実際のイミュニティ試験セットアップでは、この値は AE のインピーダンスによって異なる場合がある。

A.2.2.2 EUT と AE との間の減結合係数

測定セットアップ及び変換は、A.2.2.1.1 及び A.2.2.1.2 による。減結合係数 a は、式(A.14)で計算する。

$$a[\text{dB}] = 20 \log_{10} (ABS(S'_{21})) \dots\dots\dots (A.14)$$

図 A.8 は、3 種の EM クランプの減結合係数の典型的な例を示す。

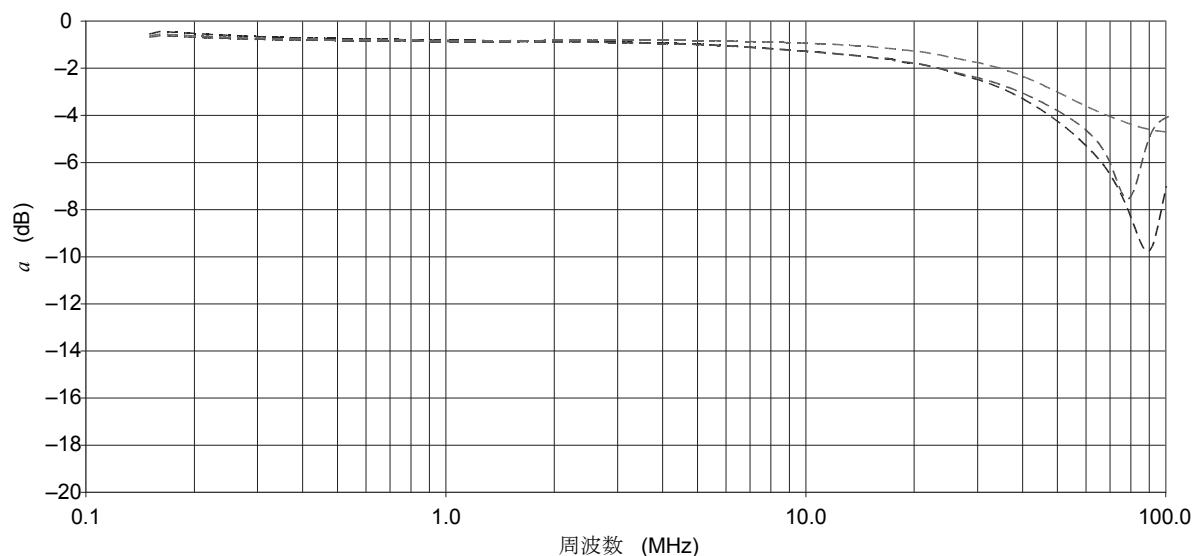


図 A.8—典型的な 3 種のクランプの減結合係数の例

A.2.2.3 結合係数

結合係数は、図 A.10 に示すセットアップによって 150 Ω 系で測定する。

試験ジグは、次の点を変更して A.2.1 を適用する。円筒形金属棒はクランプ開口部の下部になるように調整する。さらに、150 Ω–50 Ω 変換アダプタは、垂直基準面に挿入する。測定前にジグの二つの垂直基準面を接続して正規化する（図 A.9 参照）。図 A.9 及び図 A.10 に示すように、二つの 10 dB の固定減衰器を用いることが望ましい。

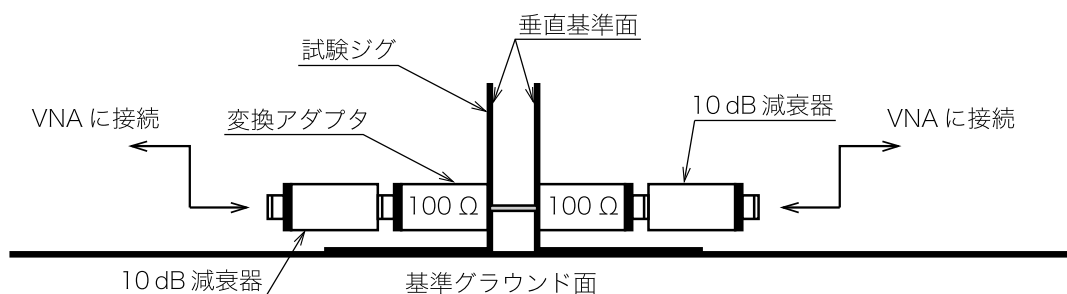


図 A.9—結合係数測定に用いる測定系を正規化するためのセットアップ

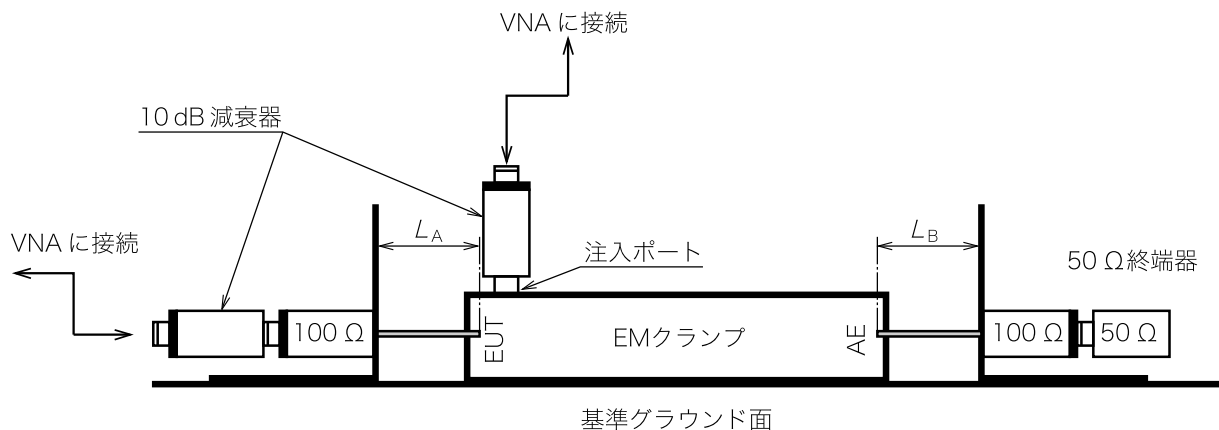


図 A.10－結合係数測定セットアップ

3 種の EM クランプの結合係数の典型的な例を, 図 A.11 に示す。

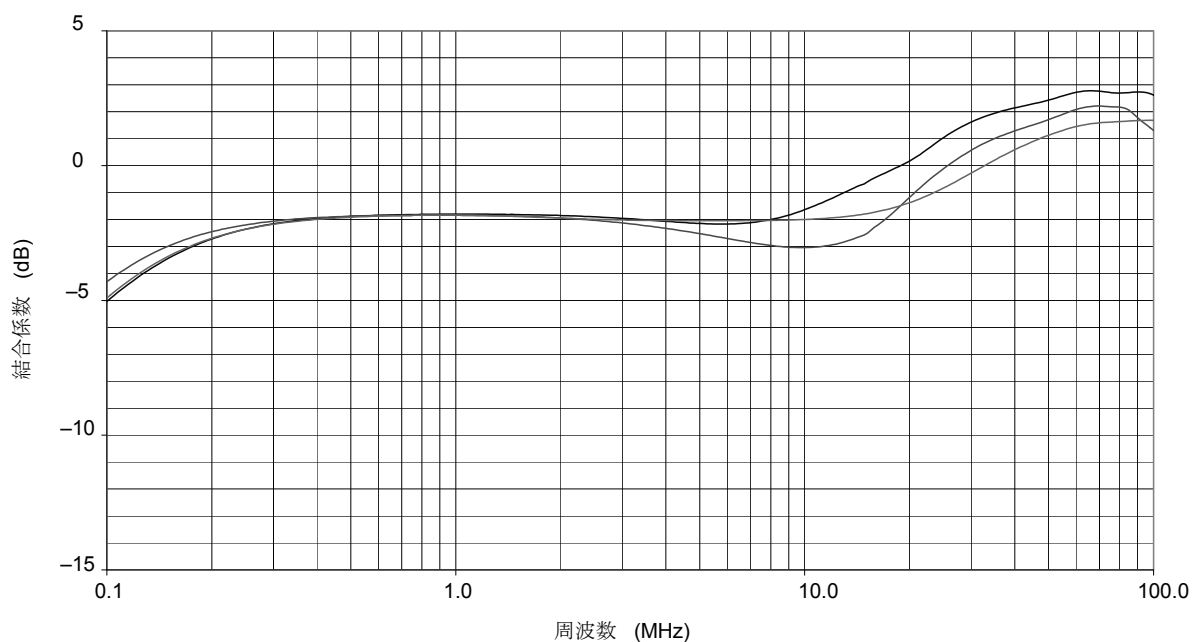


図 A.11－3 種の EM クランプの結合係数の典型的な例

A.3 減結合クランプの特性

A.3.1 インピーダンス

A.3.1.1 測定セットアップ

A.2.1 で規定する試験ジグは, インピーダンス測定のために用いる。減結合クランプは, 試験ジグ内に配置する (図 A.12 参照)。インピーダンス測定において減結合クランプは, 2 ポートデバイスとして扱う。その特性は VNA を用いて S パラメータ S_{11} , S_{12} , S_{21} 及び S_{22} を 50 Ω 系で測定する。測定の前に VNA は適切な校正キットを用いて, 標準的な TOSM 法によって, ケーブル端 (試験ジグに接続する箇所) で正規化する。ケーブル端とクランプ基準点との間の長さは, VNA の電気長補正機能又は他の手段で考慮する。



図 A.12—減結合クランプ特性測定セットアップ

A.3.1.2 インピーダンス計算

A.2.2.1.2 で規定する変換を適用する。入力インピーダンスは、式(A.13)による。

ここで規定する減結合クランプ及び CISPR 16-1-4 で規定するコモンモード吸収クランプ (CMAD) のインピーダンス特性の例を図 A.13 に示す。

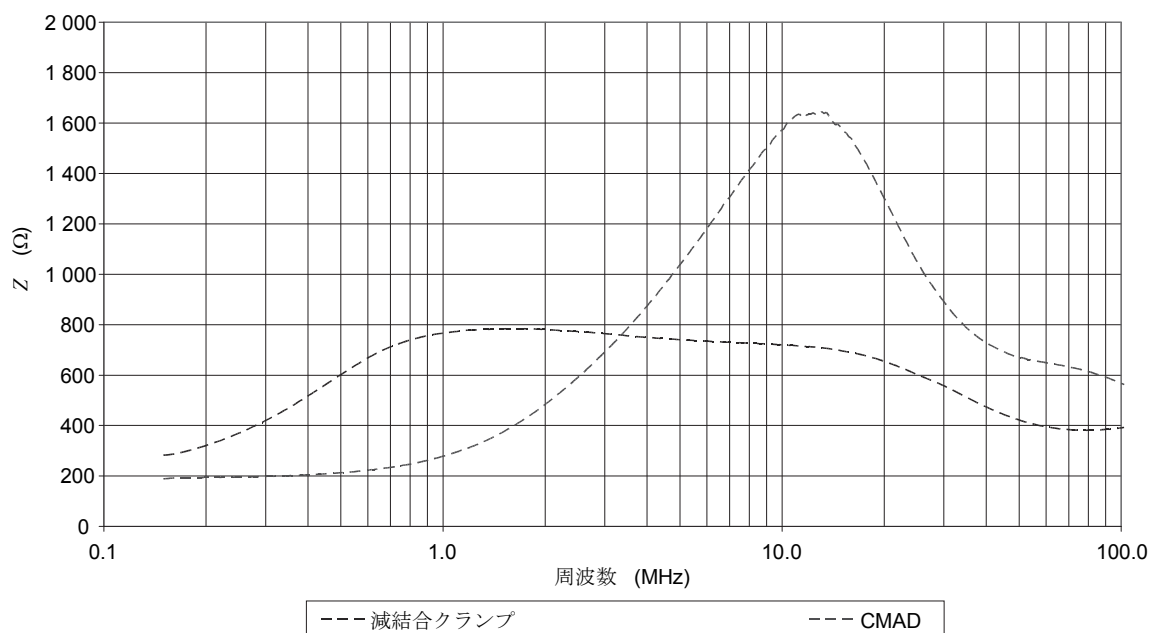


図 A.13—減結合クランプのインピーダンスの典型的な例

注記 この方法によって測定したインピーダンスは、機器の遠端が Z_{ref} で終端した場合に有効である。実際のイミュニティ試験セットアップでは、この値は AE のインピーダンスによって異なる場合がある。

A.3.2 減結合係数

測定セットアップ及び変換は、A.3.1.1 及び A.2.2.1.2 による。減結合係数 a は、式(A.14)で計算する。

ここで規定する減結合クランプ及び CISPR 16-1-4 で規定するコモンモード吸収クランプ (CMAD) の減結合係数の例を図 A.14 に示す。

注記 CISPR 16-1-4 記載のコモンモード吸収デバイス (CMAD) は、30 MHz～200 MHz で良好な減結合を実現するよう設計されている。このため、この規格の試験には適切でないかもしれない。

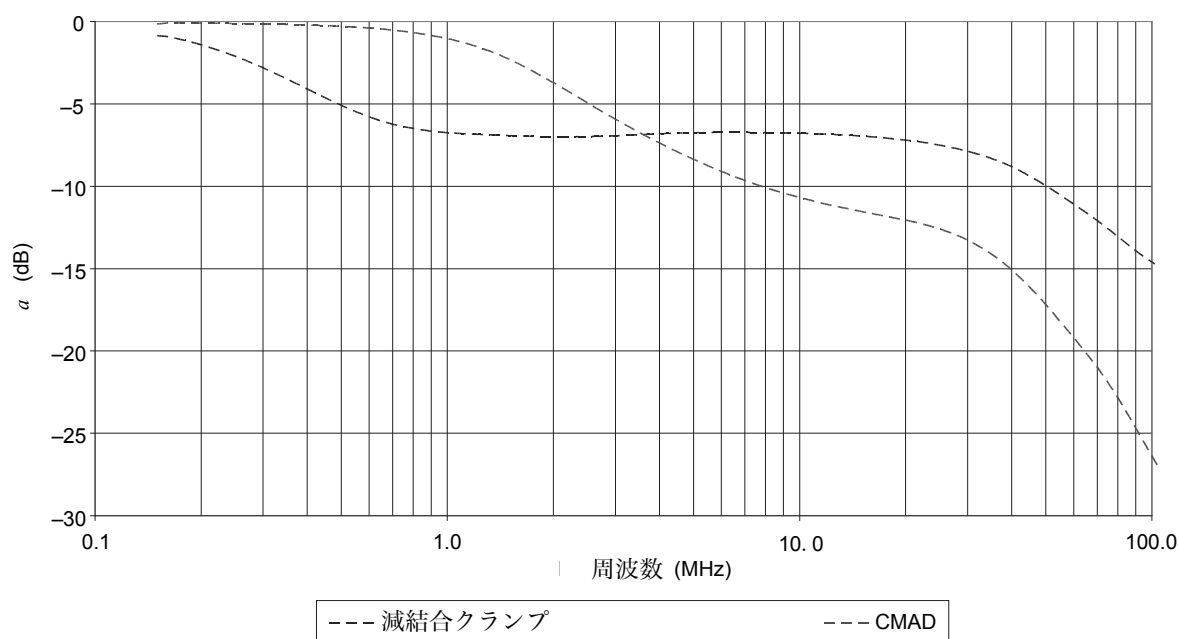


図 A.14—減結合係数の典型的な例

附属書 B
(参考)
試験周波数範囲の選択基準

この規格の要求事項は、150 kHz～80 MHz の周波数範囲を規定しているが、適用できる周波数範囲は試験する装置の正規の設置条件及び動作条件に依存する。

一般的に、試験終了周波数は 80 MHz である。小形装置（波長の 1/4 未満の装置）を考慮する場合は、専用の製品規格で試験終了周波数を、最大で 230 MHz まで拡張して定めてもよい。この場合、結合デバイス及び減結合デバイスは、表 B.1 で記載した、EUT ポートで測定したコモンモードインピーダンスのパラメータを満足しなければならない。高い周波数までこの試験方法を用いる場合、試験結果は装置の寸法、用いる相互接続ケーブルの形式、80 MHz を超える周波数に対応した特別な CDN の有効性などに影響を受ける。さらに、適切に適用するための指針を製品規格に記載することが望ましい。

表 B.1—試験周波数範囲が 80 MHz を超えて拡張するときの結合デバイス及び減結合デバイスの組合せの主要なパラメータ

パラメータ	周波数範囲		
	0.15 MHz～24 MHz	24 MHz～80 MHz	80 MHz～230 MHz
$ Z_{ce} $	$150\ \Omega \pm 20\ \Omega$	$150\ \Omega \begin{smallmatrix} +60 \\ -45 \end{smallmatrix} \Omega$	$150\ \Omega \pm 60\ \Omega$
<p>Z_{ce} の根拠及び EUT ポートと AE ポートとの間の減結合係数は規定していない。これらの係数は、Z_{ce} の許容差が、AE ポートと基準グラウンド面との間を短絡又は開放した条件で満たされなければならないという要求事項に含まれる。</p> <p>AE のコモンモードインピーダンス要求事項に適合しない状態でクランプ注入方法を用いる場合、Z_{ce} に対する要求事項に適合しない場合がある。ただし、7.7 の規定に従う場合は、注入クランプで許容可能な試験結果を得ることができる。</p>			

試験開始周波数は、接続するケーブルを含む装置が、妨害電磁界から大きな RF エネルギーを受ける可能性があるかどうかに依存する。

次の三つの異なる場合が、考えられる。

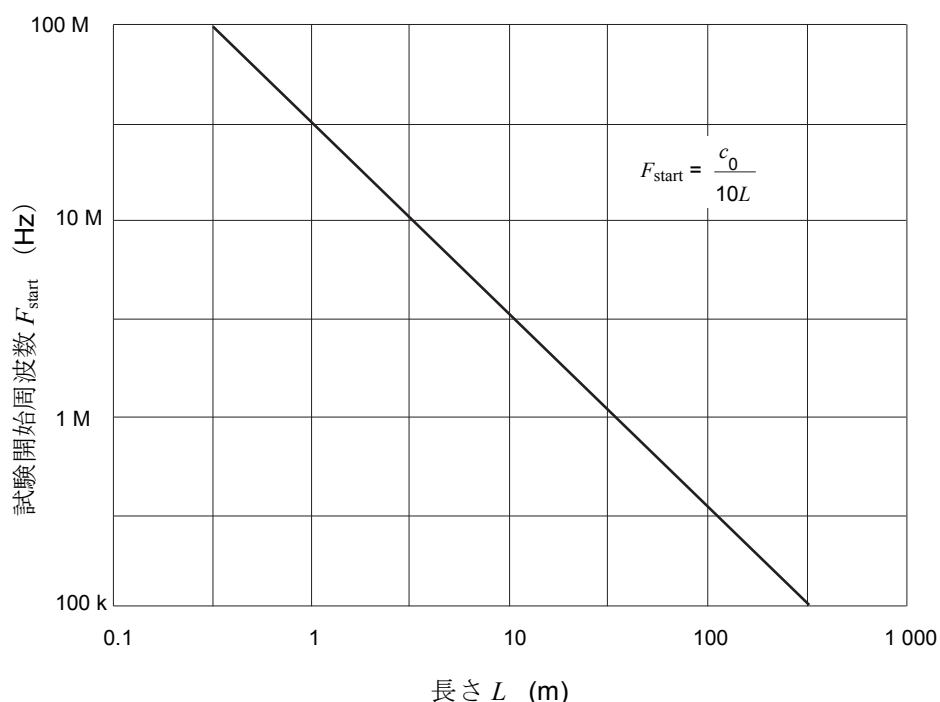
- a) グラウンド線及び他の装置への接続をもたず、電池充電中は用いない電池駆動の装置（波長の 1/4 未満の装置）は、この規格に従った試験をする必要はない。充電中に装置が動作する場合、b) 又は c) を適用する。

電池駆動の装置（波長の 1/4 以上の装置）は、接続するケーブルの最大長を含む寸法で、試験開始周波数を決定する（図 B.1 参照）。

- b) 電源系統に接続するが、他の装置又はケーブルに接続していない装置。

結合デバイス及び減結合デバイスを通して電力を供給し、擬似手を装置に置く。このような装置の試験開始周波数は、150 kHz とする。

- c) 電源系統に接続し、かつ、制御及び I/O ケーブル又は通信ケーブルを通して他の絶縁装置又は非絶縁装置に接続する装置。このような装置の試験開始周波数は、150 kHz とする。



$$c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

L : ケーブル長に装置寸法を加えた長さ

例:

- 電池駆動のパーソナルコンピュータからケーブルの長さ 4 m のカールコードで電源を供給するキーボード（最大寸法 $\geq \lambda/4$ ）に接続するケーブルは、試験開始周波数は 6.67 MHz であることが望ましい。このキーボードは、擬似手で覆うことが望ましい。2 m のケーブルの付いているマウスは、試験開始周波数は 15 MHz となる、など。
- AC/DC アダプタが利用可能な電卓は、そのアダプタの商用電源側で 150 kHz 以上の周波数で試験することが望ましい。この電卓は擬似手で覆うことが望ましい。
- グラウンド線に接続できる携帯形の電池駆動のマルチメータは、そのケーブルに 150 kHz 以上の周波数で試験することが望ましい。このマルチメータは擬似手で覆うことが望ましい。
- 絶縁したスピーカーボックスに接続し、オーディオレシーバ及びグラウンド線に接続でき、かつ、アンテナ入力端子も付いている二重絶縁の（電源に接続する）コンパクトディスクプレーヤは、電源線及びオーディオケーブルの両方で 150 kHz 以上の周波数で試験することが望ましい。
- 建築物の中に分配している各種の絶縁した検知器をもち、その最大ケーブル長が 200 m（製造業者の仕様）を超える盗難警報器は、これらのケーブルに 150 kHz 以上の周波数で試験することが望ましい。

図 B.1—ケーブル長に装置寸法を加えた長さに対応する試験開始周波数

附属書 C (参考) 試験レベルを選択するための指針

試験レベルは、最終的に設置したときに、EUT 及びケーブルがさらされる電磁放射環境に対応して選択することが望ましい。試験レベルの選択に当たっては、障害による影響を考慮することが望ましい。障害による影響が重大である場合は、より高いレベルを考えることが望ましい。

EUT を限られた場所にだけ設置する場合は、当該場所の RF 発生源の観測によって、発生する電磁界強度の計算が可能である。発生源の電力が未知の場合は、当該場所における実際の電磁界強度を測定してもよい。

多様な場所での移動を意図する装置は、次の指針に従って試験レベルを選択してもよい。

次のクラスは、箇条 5 で規定するレベルに対応している。これらは適切なレベルの選択のための一般的な指針である。

クラス 1 : 低レベル電磁放射環境。ラジオ送信所及びテレビ送信所が 1 km よりも遠い距離にある場合の典型的なレベル及び低電力トランシーバの典型的なレベル。

クラス 2 : 中程度の電磁放射環境。低電力可搬形トランシーバ（一般的には定格電力 1 W 未満）を用いるが、装置の近傍での使用を制限する。典型的な商業環境。

クラス 3 : 厳しい電磁放射環境。可搬形トランシーバ（一般的には 2 W 以上）を装置の比較的近くで用いるが、1 m 未満の距離には接近しない。大電力放送用送信機が装置に近接、又は工業・科学・医療（ISM）装置が近くにある。典型的な工業環境。

クラス X : X は任意のレベルであって、専用の装置仕様又は装置固有の規格で取り決めて規定してもよい。

この規格で規定する試験レベルは、上記の場所においてめったに超えない典型的な値である。ただし、同じ建物内において、例えば、大電力送信機又は ISM 装置の近傍など、場所によってはこの値を超える場合がある。このような場合には、全ての装置をこのレベルに耐えるように規定するよりはむしろ、部屋又は建物を遮蔽すること、並びに装置への信号線及び電源線にフィルタを付けることを推奨する。

附属書 D

(参考)

CDN に関する情報

D.1 CDN の基本的機能

CDN は、次の機能を備えていることが望ましい。

- EUT への妨害信号の結合
- AE のコモンモードインピーダンスによって変化しない, EUT からみて安定したインピーダンス
- 妨害信号による干渉を防ぐための, AE への減結合
- 必要な信号に対する通過特性

周波数範囲 150 kHz～80 MHz における CDN の必要なパラメータは 6.2.1 に規定し, その例は D.2 に示す。

図 D.1～図 D.7 において, CDN のコモンモードインピーダンス Z_{cc} [図 1 a)参照] は, 試験信号発生器の内部抵抗 (50 Ω) と供試ケーブルの導線から並列に組み合わせた抵抗器 (100 Ω) との合計で構成する。減結合素子は, 適切なインダクタ L ($|Z_L| \gg 150 \Omega$) を用いて, Z_{cc} に影響しないことが望ましい。

CDN の EUT ポートの中心は, 基準グラウンド面上 30 mm に位置することが望ましい。CDN と EUT との間のケーブルは, 基準グラウンド面上高さ 30 mm に配線すれば, 特性インピーダンスが約 150 Ω の伝送線路と同等になる。

図 D.2～図 D.7 において, 試験信号発生器と CDN の各線との間で直流及び低周波を分離させるコンデンサ C_1 及び C のインピーダンスは, 対象とする試験周波数範囲において 150 Ω よりも極めて小さいことが望ましい。

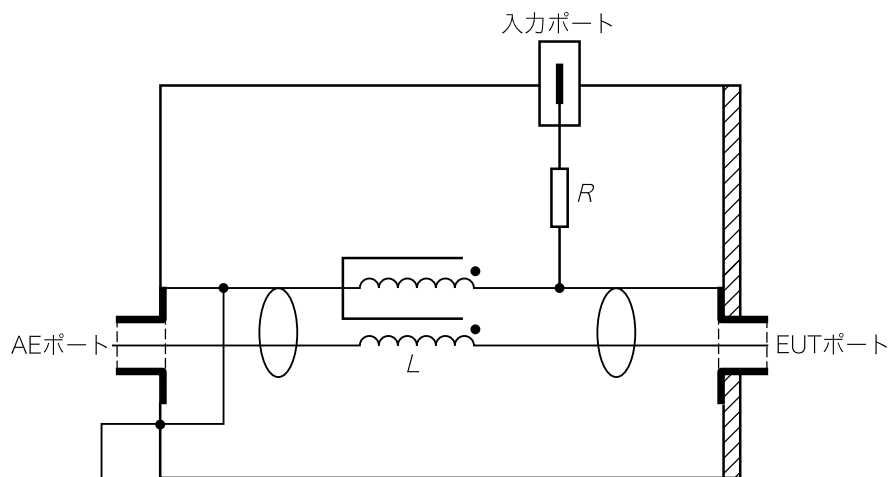
AE は, 無遮蔽ケーブルはコモンモードインダクタ L 及びコンデンサ C_2 によるか又はコモンモードインダクタ L だけで減結合する。遮蔽ケーブルは, 遮蔽が AE 側で基準グラウンド面に接続しているために, コンデンサ C_2 は必要としない。

無遮蔽ケーブルは, 必要な信号に過度に影響しないように C_2 の値を選ぶことが重要である。CDN のパラメータが, 必要な信号によって, 過度に影響を受けることは許容できない (例えば, CDN-M1 でフェライトが飽和するなど)。

警告 コンデンサの C_1 又は C , 及び C_2 (図 D.2～図 D.7 参照) は電源線の CDN 内の充電部をつなぐため, 適切なコンデンサを用いなければならない。漏えい電流が大きいため, CDN はグラウンド端子をもち, 全ての試験条件下で基準グラウンド面に接続しなければならない。さらに, 基準グラウンド面は保護グラウンドに適切に接続しなければならない。

D.2 CDN の例

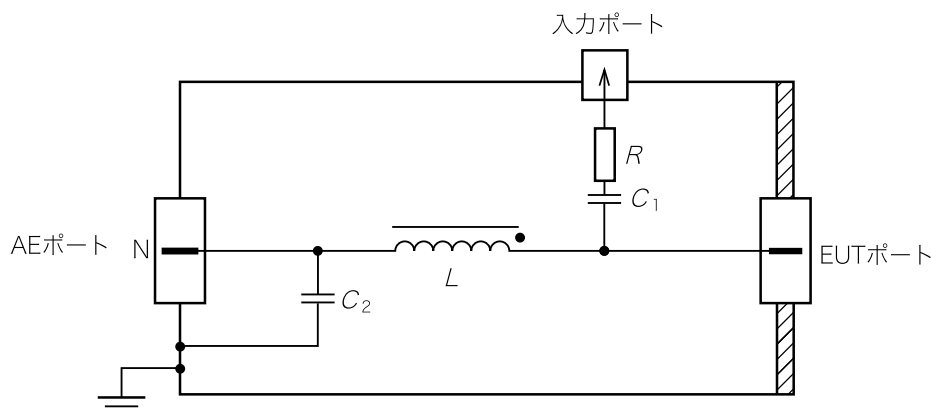
一つの CDN で, 全部の種類のケーブルに対応することは不可能なため, ケーブルの種類ごとに異なる CDN が必要になる (表 4 参照)。図 D.1～図 D.7 にケーブルの種類ごとの CDN の例を示す。



$$R = 100 \, \Omega$$

$$L \geq 280 \, \mu\text{H} \, (150 \, \text{kHz})$$

図 D.1—遮蔽ケーブルに用いる CDN-S1 回路の簡略図の例 (6.2.2.5 参照)



$$C_1 \text{ (代表値)} = 22 \, \text{nF}$$

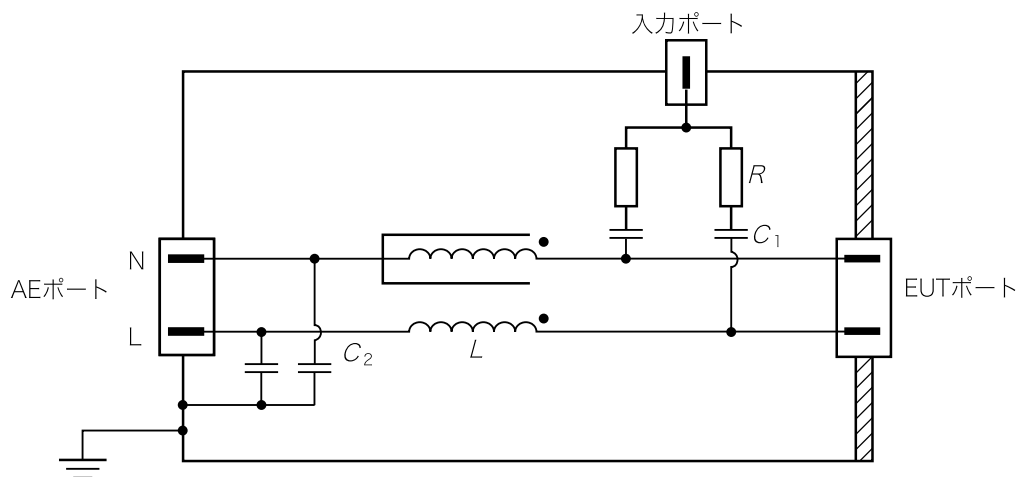
$$C_2 \text{ (代表値)} = 47 \, \text{nF}$$

$$R = 100 \, \Omega$$

$$L \geq 280 \, \mu\text{H} \, (150 \, \text{kHz})$$

a) 無遮蔽の電源線に用いる CDN-M1 回路の簡略図の例 (6.2.2.2 参照)

図 D.2—無遮蔽の電源線に用いる CDN-M1, CDN-M2 及び CDN-M3 回路の簡略図の例 (6.2.2.2 参照)



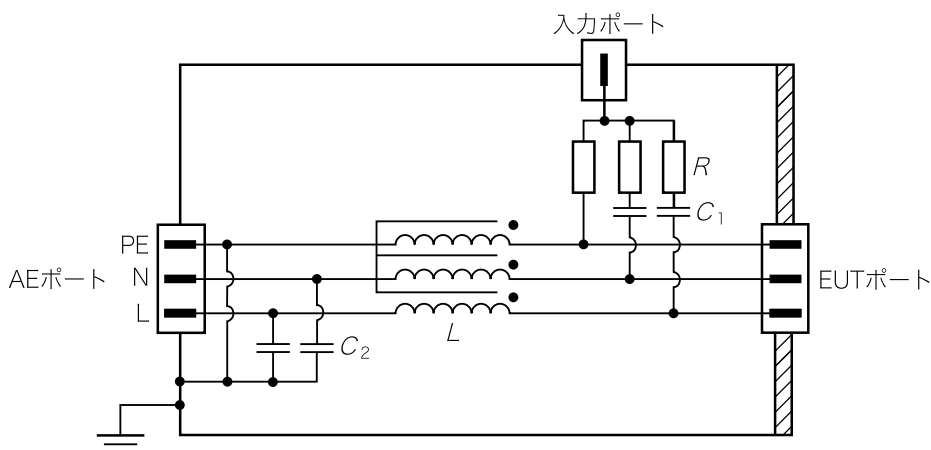
C_1 (代表値) = 10 nF

C_2 (代表値) = 47 nF

$R = 200 \Omega$

$L \geq 280 \mu\text{H}$ (150 kHz)

b) 無遮蔽の電源線に用いる CDN-M2 回路の簡略図の例 (6.2.2.2 参照)



C_1 (代表値) = 10 nF

C_2 (代表値) = 47 nF

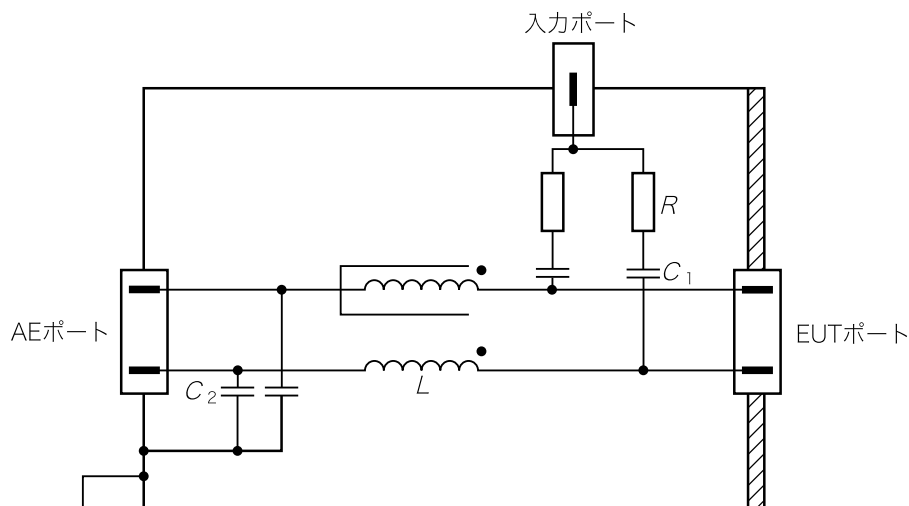
$R = 300 \Omega$

$L \geq 280 \mu\text{H}$ (150 kHz)

c) 無遮蔽の電源線に用いる CDN-M3 回路の簡略図の例 (6.2.2.2 参照)

図 D.2—無遮蔽の電源線に用いる CDN-M1, CDN-M2 及び CDN-M3 回路の簡略図の例 (6.2.2.2 参照)

(続き)



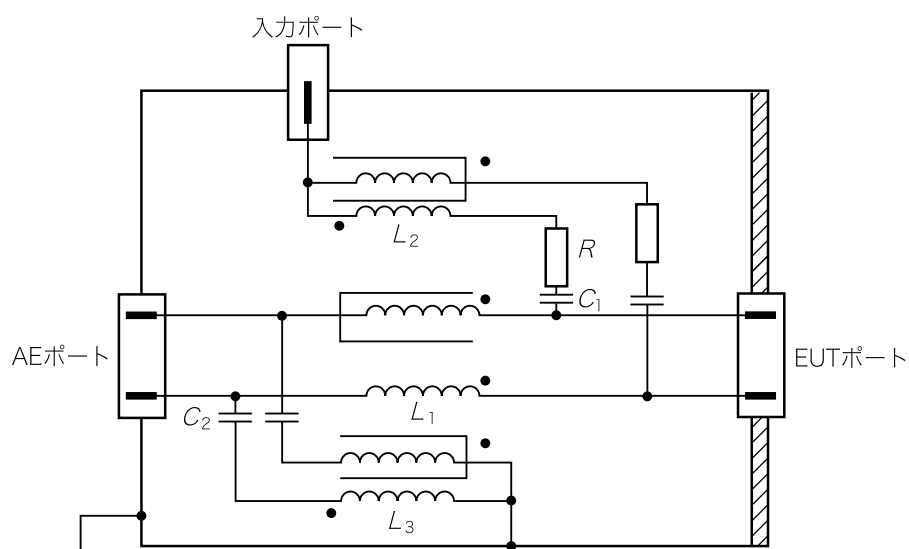
C_1 (代表値) = 10 nF

C_2 (代表値) = 47 nF

$R = 200 \Omega$

$L \geq 280 \mu\text{H}$ (150 kHz)

図 D.3—無遮蔽不平衡線路に用いる CDN-AF2 回路の簡略図の例 (6.2.2.4 参照)



C_1 (代表値) = 10 nF

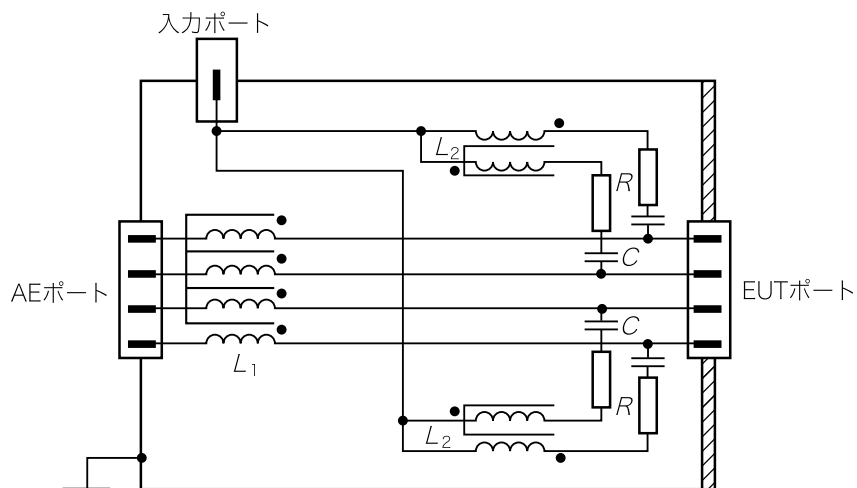
C_2 (代表値) = 47 nF

$R = 200 \Omega$

$L_1 \geq 280 \mu\text{H}$ (150 kHz) (C_2 及び L_3 を用いない場合, L_1 は 30 mH 以上)

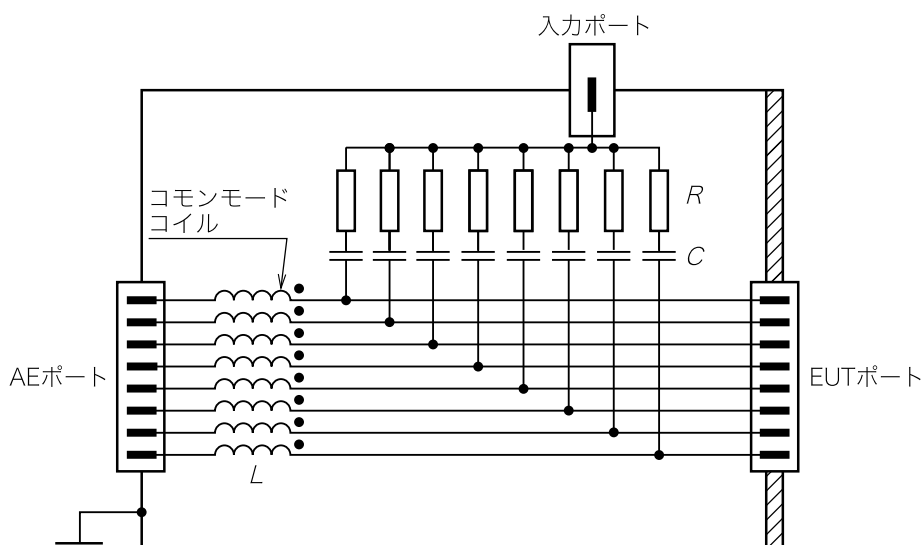
$L_2 = L_3 = 6 \text{ mH}$

図 D.4—無遮蔽平衡線路に用いる CDN-T2 回路の簡略図の例 (6.2.2.3 参照)



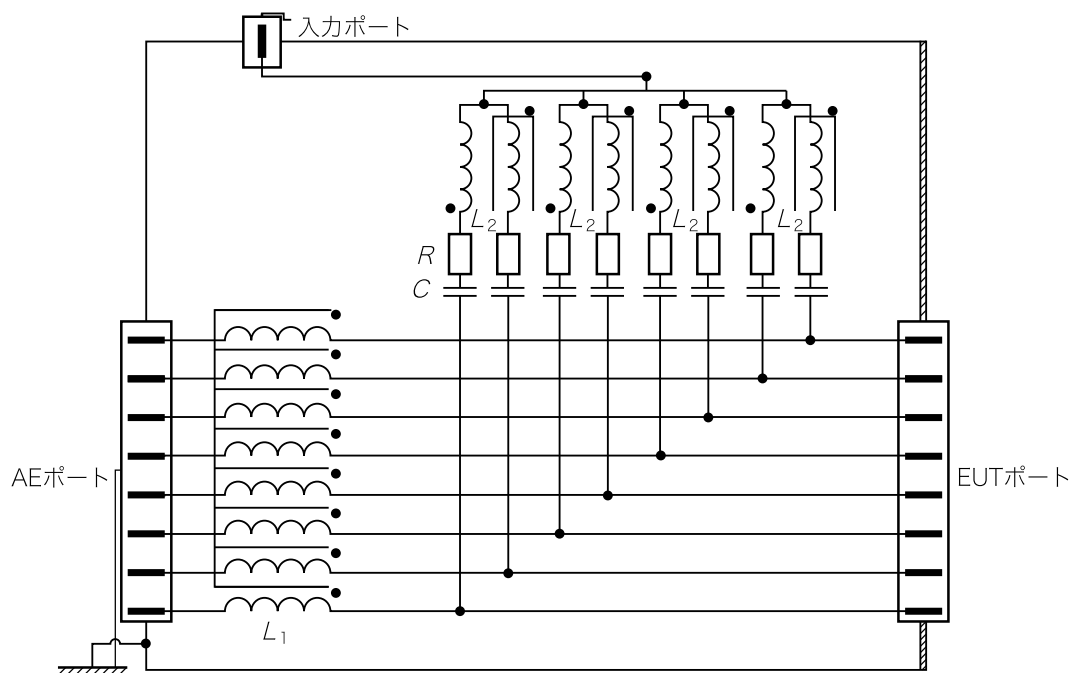
C (代表値) = 5.6 nF
 $R = 400 \, \Omega$
 $L_1 \gg 280 \, \mu\text{H}$ (150 kHz)
 $L_2 = 6 \, \text{mH}$

図 D.5—無遮蔽平衡線路に用いる CDN-T4 回路の簡略図の例 (6.2.2.3 参照)



C (代表値) = 2.2 nF
 $R = 800 \, \Omega$
 $L \gg 280 \, \mu\text{H}$ (150 kHz)

図 D.6—無遮蔽不平衡線路に用いる CDN-AF8 回路の簡略図の例 (6.2.2.4 参照)



C (代表値) = 2.2 nF

$R = 800 \, \Omega$

$L_1 \gg 280 \, \mu\text{H}$ (150 kHz)

$L_2 \gg 6 \, \text{mH}$ (150 kHz)

図 D.7—無遮蔽平衡線路に用いる CDN-T8 回路の簡略図の例 (6.2.2.3 参照)

附属書 E
(参考)
試験信号発生器の仕様に関する情報

電力増幅器 PA (図 3 参照) の有効出力電力は, 固定減衰器 T2 (6 dB 以上), 振幅変調度 (80 %) (図 2 参照) 及び用いた CDN 又はクランプの最小結合係数を考慮して決定する。表 E.1 に 10 V の試験レベルを得るために必要な電力増幅器の出力電力例を示す。

表 E.1－10 V の試験レベルを得るために必要な電力増幅器の出力電力

注入デバイス	最小結合係数 ±1.5 dB dB	電力増幅器出力における必要電力 W
CDN	0	7
電流クランプ (巻数比 5:1 の場合)	－14	176
EM クランプ	－6	28
注記 結合係数は 3.6 で定義している。これは出力レベル設定回路を用いて測定することができる [図 9 c) 参照]。結合係数は, 結合・減結合デバイスを 150 Ω－50 Ω 変換アダプタと直列に用いた場合の出力電圧 (U_{mr}) と 2 個の 150 Ω－50 Ω 変換アダプタを直列に用いた場合の出力電圧との比である。		

附属書 F (参考) 大形 EUT の試験セットアップ

F.1 一般事項

箇条 7 で記載する試験セットアップは、ケーブルの入出力の高さが 1 m を超える大形 EUT の要求事項に適合するには、十分ではない場合がある。試験信号の周波数の上限が 80 MHz のため、EUT 寸法は波長に比べて無視できず、そのような EUT に接続するケーブルによる共振の影響があるかもしれない。

ここでは、大形 EUT に適用可能な代替試験方法を記載する。高い位置にあるケーブル入力の上に結合デバイスを設置することで、小さなループ領域を作成し共振の影響を少なくする。

この附属書で適用可能な大形 EUT の例は、次に示すが、この限りではない。

- ラック搭載形の通信交換システム
- 大形電動機
- ラック搭載形の開閉装置及び制御装置

F.2 大形 EUT の試験セットアップ

大形 EUT の試験セットアップの例を図 F.1 及び図 F.2 に示す。

図 F.1 で示す、高く持ち上げた基準グラウンド面（以下、水平高架基準グラウンド面という。）は、この試験セットアップのための基準グラウンド面とする。水平高架基準グラウンド面の目的は、EUT と CDN との間のケーブルの長さを短くすることで、ケーブルの共振の影響を抑制することにある。

水平高架基準グラウンド面の寸法は、試験中に用いる全ての CDN の側面から 0.2 m 以上大きくする。試験中での EUT と CDN との間のケーブルの長さは、最大 0.3 m とする。

水平高架基準グラウンド面は、ケーブルが EUT から CDN を水平に配置できるように基準グラウンドよりも高い位置に設置する。

水平高架基準グラウンド面は、安全上の理由によって電氣的に接地する。一つ以上の CDN をセットアップに用いる場合に、この接続は RF 観点からは重要ではない。

注記 1 水平高架基準グラウンド面の物理的構造及びその支持台構造は、機械的な安全条件を確保するために重要である。

試験する装置は、基準グラウンド面上の高さ $0.1 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ の絶縁支持台に置くことが望ましい。装置が搬送台の上にあり、かつ、その過度な重量又は寸法のために、搬送台から安全に移動できない場合、台の高さが $0.1 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ を超えていても、EUT は試験のために搬送台上に置いたままでもよい。装置が、寸法又は重量のため、 $0.1 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ に持ち上げることができない場合には、EUT が基準グラウンド面から電氣的に分離可能ならば、薄い絶縁体を用いてもよい。試験の標準的な方法からの変更点は、試験報告書に記録する。

AE は水平高架基準グラウンド面に配置してもよいが、AE が CDN 経由で EUT に接続している場合、水平高架基準グラウンド面上に配置する必要はない。直接注入の場合、適切な減結合を用いる場合、AE は水平高架基準グラウンド面から離れて配置してもよい。クランプ注入を CDN 注入の代わりに用いる場合の AE は、水平高架基準グラウンド面に配置しなければならない。

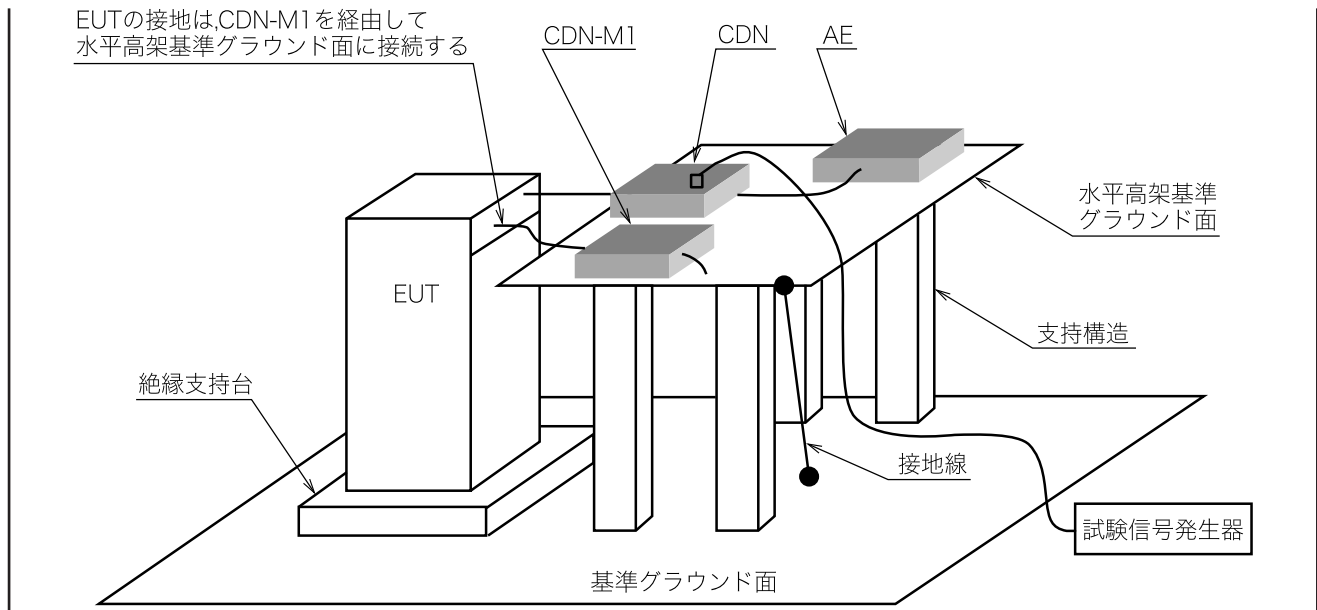


図 F.1ー水平高架基準グラウンド面を用いた大形 EUT の試験セットアップ例

図 F.2 で示す垂直基準グラウンド面は、この試験セットアップのための基準グラウンド面である。垂直基準グラウンド面の目的は、EUT と CDN との間のケーブルの長さを短くすることで、ケーブルの共振の影響を抑制することにある。

注記 2 入出力ケーブルが EUT に複数の高さで接続されているか、又は一つの CDN だけを用いる場合は、水平高架基準グラウンド面よりも垂直基準グラウンド面を用いる方が、便利ことがある。

垂直基準グラウンド面は、安全上の理由によって電氣的に接地する。この接続は、RF の観点からは余り重要ではない。

垂直基準グラウンド面の寸法は、試験中に用いる全ての CDN の側面から 0.2 m 以上大きくする。ただし、EUT が一つの CDN だけを用い、垂直基準グラウンド面が小さく作られる可能性がある場合は、垂直基準グラウンド面を床面まで延長し、床面に直接接続するか、又は床面に接続するケーブルの長さが誘導性をもたないように配慮する。試験中での EUT と CDN との間のケーブルの長さは、0.3 m 以下とする。EUT と垂直基準グラウンド面との間の距離は、0.3 m 以下のケーブルで接続できるようにする。シールドルームの壁は、垂直基準グラウンド面として用いることができる。

CDN は、EUT からのケーブルが水平になる高さの垂直基準グラウンド面の位置に取り付ける。

水平高架基準グラウンド面を用いる試験セットアップの規定（すなわち、絶縁支持台及び AE の配置）は、垂直基準グラウンド面の試験セットアップにも適用する。

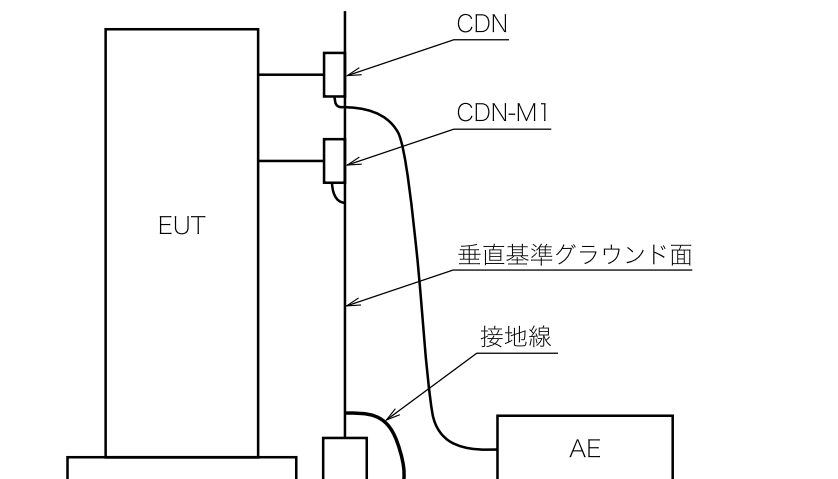


図 F.2—垂直基準グラウンド面を用いた大形 EUT の試験セットアップ例

附属書 G

(参考)

試験電圧レベルの測定不確かさ

G.1 一般

この附属書は、この規格の本文に記載された試験方法の特定の要求に従った試験装置によって発生する電圧の測定不確かさ (MU) に関する情報を示す。MU に関するさらなる情報は、参考文献[5]～[7]を参照。

この附属書は、レベル設定の不確かさに焦点を絞っており、測定装置不確かさ及び 6.4 で規定する試験電圧レベル設定手順の双方に基づく不確かさバジレットの作成方法を例として示している。妨害量のその他のパラメータ (例えば、変調周波数、変調深さなど) は、等しく重要であり、必要に応じて試験所で考慮することを推奨する。この附属書で示す方法論は、妨害量の全てのパラメータに適用可能と考える。

この附属書の目的は、6.4 の試験レベル設定手順によって要求された EUT インピーダンスが 150 Ω の場合の電圧レベル設定の MU の評価である。異なる試験機関で同一の EUT を試験することに関連する非再現性問題の解析は、この附属書の目的外である。

G.2 一般記号

この附属書で用いる一般記号を次に示す (参考文献[5]参照)。

X_i	: 入力量 (不確かさの要因)
x_i	: X_i の推定量
$u(x_i)$: x_i の標準不確かさ
c_i	: 感度係数
y	: 全ての認められた有意な系統的影響を補正した測定結果 (測定量の推定値)
$U_i(y)$: y の標準不確かさ
$u_c(y)$: y の (合成) 標準不確かさ
$U(y)$: y の拡張不確かさ
k	: 包含係数
δX_i	: 影響量 X_i に対する補正值

G.3 試験方法に対する不確かさバジレット

G.3.1 測定量の定義

測定量は、箇条 5 で規定する開回路試験レベル U_0 である。

注記 U_0 は、150 kHz と 80 MHz との間の特定の周波数において、結合デバイスを通じて 150 Ω 負荷に供給される電圧であり、MU を求める場合は、dB (μV) で表している。

G.3.2 測定量の MU への寄与

図 G.1～図 G.4 に示す要因図は、試験電圧レベルへの影響の例である。この要因図は、全ての要因を網羅していないと理解するのがよい。要因図からの最も重要な寄与を、表 G.1～表 G.8 の不確かさのバジレット例に示す。異なる試験場所又は試験所の比較可能なバジレットを得るために、少なくとも表 G.1～表 G.8 に記載する寄与成分を不確かさの計算に用いる。MU の計算において、試験所が特定の環境の下で追

加の寄与成分（例えば、タイプ A）を含む場合があることに注意する。

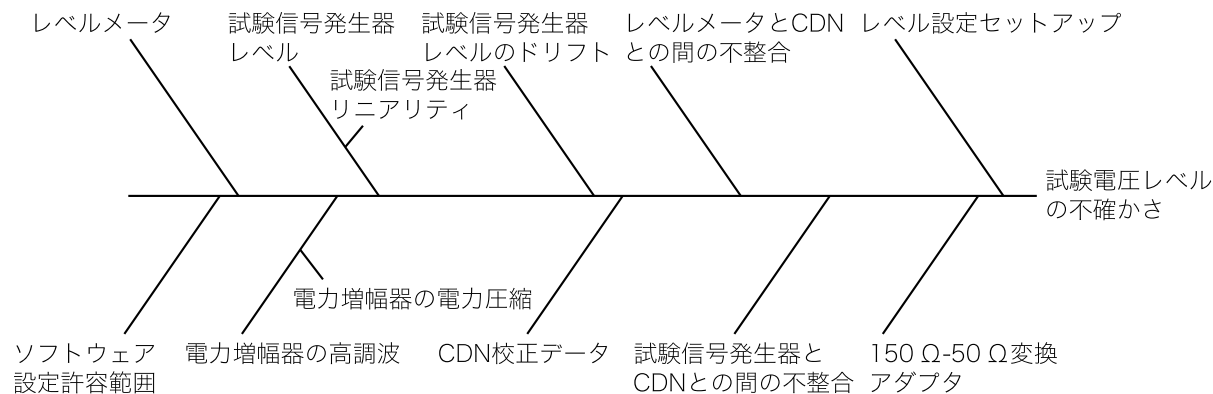


図 G.1—CDN 使用時の試験電圧レベルへの影響の例

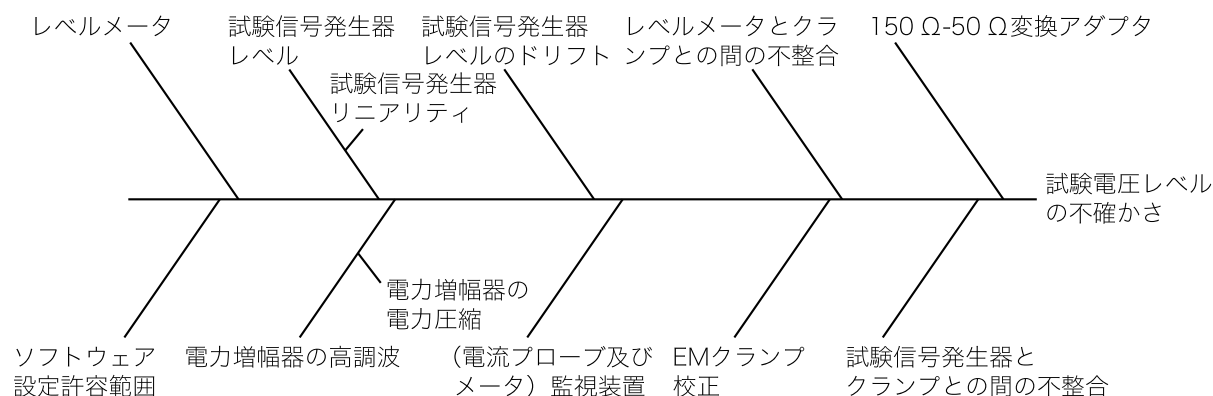


図 G.2—EM クランプ使用時の試験電圧レベルへの影響の例

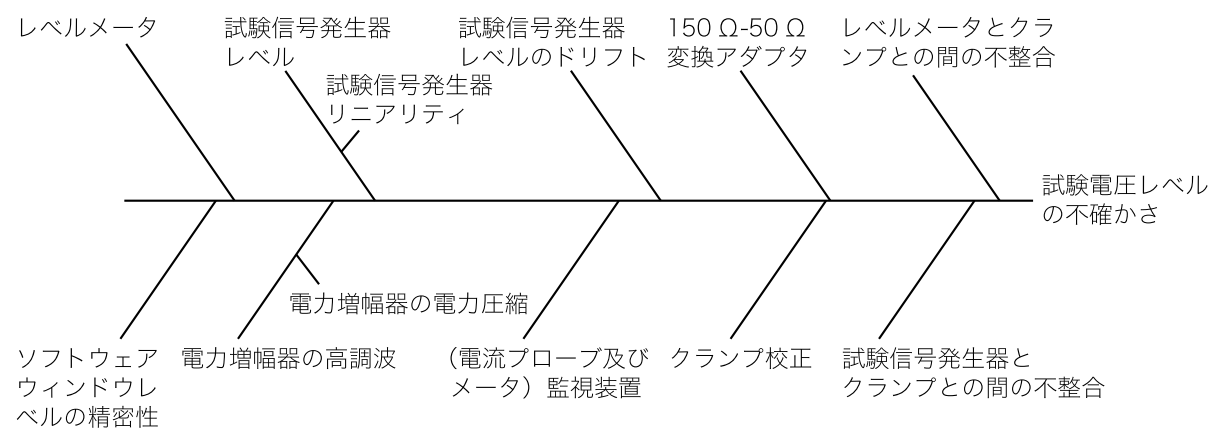


図 G.3—電流クランプ使用時の試験電圧レベルへの影響の例

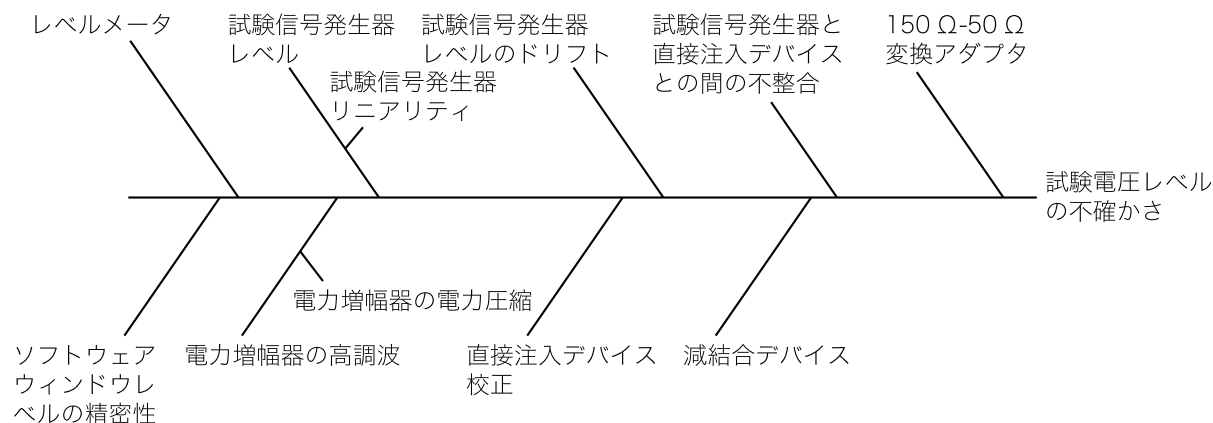


図 G.4—直接注入デバイス使用時の試験電圧レベルへの影響の例

G.3.3 拡張不確かさに対する入力量及び計算例

次の例は、試験の間用いない測定機器を除き、試験レベル設定手順に用いる測定装置が試験電圧レベル [試験レベル設定に対する測定セットアップは、図 9 c) 及び図 G.5 に示す] を発生するためにも用いることを仮定している。しかしながら、異なる測定装置を用いる場合、表 G.1～表 G.8 で示す不確かさの寄与を見直す(表 G.1～表 G.8 の注を参照)。したがって、レベル設定時に対して適用する不確かさ寄与(表 G.1, 表 G.3, 表 G.5 及び表 G.7) と試験時に対し適用する寄与(表 G.2, 表 G.4, 表 G.6 及び表 G.8) とは同一ではなく、(若干)異なる不確かさバジェットになる。

表 G.1～表 G.8 は、電圧レベル設定に対する不確かさバジェットの例である。各不確かさバジェットは、レベル設定の不確かさ及び試験に対する不確かさの二つの部分で構成する。レベル設定時において、 U_x と U_{mr} との関係が決定し(図 G.5 参照)、試験時に U_x が再現できる。

a) CDN を用いた場合の不確かさバジェット

CDN を用いた場合のレベル設定時及び試験時の不確かさを、表 G.1 及び表 G.2 に示す。

CDN 電圧レベル設定時に対するモデル関数 (全ての量は対数で表現) :

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots (G.1)$$

寄与の説明 :

U_{LMc} : 電力計から得られる電圧表示 U_{mr} dB(uV)

注記 1 式(G.1)のその他の記号は、記号の説明に含む。

CDN 試験時に対するモデル関数 (全ての量は対数で表現) :

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t \dots\dots\dots (G.2)$$

ここに、 $U_x = U_{LMc} + 20 \log(5)$

注記 2 式(G.2)の記号は、記号の説明に含む。

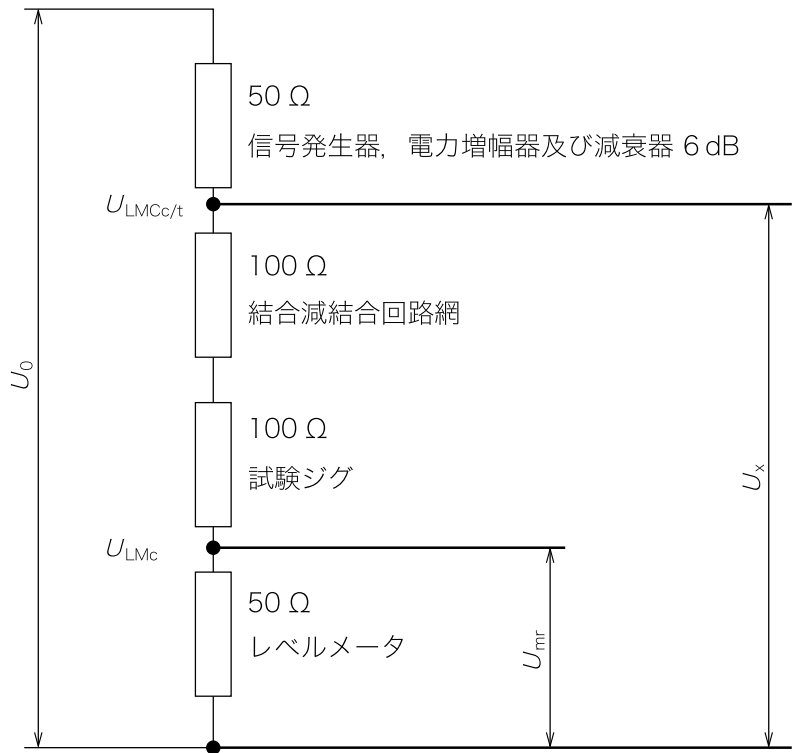


図 G.5－レベル設定セットアップのための回路

表 G.1－CDN のレベル設定時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
$\delta RCAL$	150 Ω－50 Ω 変換アダプタの偏差	0.3	dB	一様	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
	150 Ω－50 Ω 変換アダプタの校正	0.2	dB	正規 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01	dB
$\delta SETUP$	レベル設定のセットアップ	0.35	dB	正規 $k=1$	1	0.35	dB	1	0.35	dB	0.12	dB
δLM_c	レベルメータ	0.5	dB	一様 (方形)	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08	dB
δSW_c	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一様 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta LMC_c^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0	dB	一様 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta TG_c^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一様 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_c^{b)}$	信号発生器と CDN との間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δML	レベルメータと CDN との間の不整合	0.5	dB	U 字形	1.41	0.35	dB	1	0.35	dB	0.13	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							0.40	dB
注 ^{b)} 注記 5 を参照。				合成不確かさ $u(y)=\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							0.63	dB
				拡張不確かさ (CAL) $U=u(y) \cdot k, \quad k=2$							1.27	dB

表 G.2—CDN の試験時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u(y)$	単位	$u(y)^2$	単位
δCAL	校正	1.27	dB	正規 $k=2$	2	0.63	dB	1	0.63	dB	0.40	dB
$\delta LMC_i^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0.3	dB	一樣 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta TG_i^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一樣 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_i^{b)}$	信号発生器と CDN との間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δSW_i	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一樣 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。 注 ^{b)} 注記 5 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							0.46	dB
				合成不確かさ $u(y)=\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							0.68	dB
				拡張不確かさ $U=u(y) \cdot k, k=2$							1.36	dB

注記 3 レベルメータ (LMC) 又は試験信号発生器 (TG) の寄与は、試験信号発生器及び増幅器出力レベルの制御ループを用いるか否かに応じて、レベル設定時及び／又は試験時のための表 G.1 及び表 G.2 中に含める。この例では、試験信号発生器は、制御ループの一部となるので不確かさバジェットに寄与しない。制御ループからの寄与は、レベルメータによって確定する (注記 4 参照)。ただし、試験信号発生器は、試験機関の個々の試験セットアップに依存するこの項を試験機関が考慮できることを示唆するため、表 G.1 及び表 G.2 に含める。この場合、TG の寄与のより詳細な分析が必要である。記号の説明を参照。

注記 4 同じ装置をレベル設定及び試験に用いる場合、再現性及びリニアリティの寄与だけ試験時のための表 G.2 に含める。レベル設定の寄与は、無視することができる。

注記 5 同じ回路をレベル設定及び試験に用いる場合、これらの寄与は表 G.1 及び表 G.2 中に含まない。

記号の説明：

$RCAL$ は、150 Ω から 50 Ω への変換アダプタの不確かさである。この寄与は、通常校正報告書から得られる、又は VNA で測定した挿入損失を用いて求めることができる [図 8 c) 参照]。規定の損失 (9.5 dB) からの最大偏差及びその校正の不確かさは、表 G.1 及び表 G.2 に含めることを推奨する。校正証明書が許容範囲に対し合否だけ記載している場合、0.5 dB の値を用いることを推奨する。

注記 6 偏差はソフトウェアで補正できる。この場合、最大偏差は、補間の不確かさ及び校正の不確かさにまで減少させることができる。

注記 7 150 Ω から 50 Ω への変換アダプタのインピーダンスも、例えば VNA を用いて直接測定できる、又は校正証明書から取り出すことも可能である。この場合、100 Ω からの偏差及び校正の不確かさは、表 G.1 及び表 G.2 に含めることができる。その結果、この寄与に対する感度係数 c_i は、変化する。

$SETUP$ は、校正ジグ、CDN と CDN アダプタとの間の接続、及び基準グラウンド面の影響、例えば基準グラウンド面への接続など、レベル設定時のセットアップによって導入された不確かさの組合せである。この寄与は、条件を変化させて実施した再現試験の結果によって得られる、又はバジェット表の例で示すような知見に基づいて推定できる。

LM_c は、レベルメータ (すなわち、CDN の出力端でレベルの測定に用いる電圧計又は電力計) の不確かさである。不確かさは、例えば、製造業者の仕様書から引用するが、他の根拠からも決定できる。

SW_c は、レベル設定時におけるレベル設定のため、信号発生器の離散的なレベルステップ幅及びソフトウェアウィンドウ (目的のレベルに対する設定許容範囲) から決定する不確かさである。ソフトウェア

アウインドウは、通常、試験所によって調節できる。

LMC_c は、レベルメータ（すなわち、信号発生器及び増幅器の出力レベルの制御ループに用いる電圧計又は電力計）の不確かさである。不確かさは、製造業者の仕様書から引用又は他の根拠から決定することができる。

TG_c は、信号発生器、電力増幅器及び減衰器を含む試験信号発生器のレベル設定時における不確かさである。不確かさは、製造業者の仕様書から引用又は他の根拠から決定できる。

注記 8 試験信号発生器の個々の構成要素（例えば、信号発生器、電力増幅器の安定度、電力増幅器の急激な利得変動、減衰器など）の不確かさは、特に制御ループを試験のセットアップで用いない場合は個別に評価できる。

MT_c は、増幅器、減衰器及び CDN 間のレベル設定時における不整合の合成である。

ML は、CDN 及びレベルメータ間の不整合である。

CAL は、レベル設定時における試験電圧レベルの拡張不確かさである。

LMC_t は、電力増幅器の出力で用いたレベルメータ（例えば、電圧計）の製造業者の仕様書に記載する不確かさである。代替として、不確かさを小さくするために、電力計を用いてもよい。

TG_t は、信号発生器、電力増幅器及び減衰器を含む試験信号発生器の試験時の不確かさである。不確かさは、製造業者の仕様書から引用又は他の根拠から決定できる。

注記 9 試験信号発生器の個々の構成要素（例えば、信号発生器、電力増幅器の安定度、電力増幅器の急激な利得変動、減衰器など）の不確かさは、特に制御ループを試験のセットアップで用いない場合は個別に評価できる。

MT_t は、増幅器、減衰器及び CDN 間の試験時の不整合の合成である。この不確かさの寄与は、同じ構成（すなわち、減衰器及びケーブル）をレベル設定及び試験に用いる場合は無視できる。

SW_t は、試験時のレベル設定のため、信号発生器の離散的なレベルのステップ幅及びソフトウェアウィンドウから決定する不確かさである。ソフトウェアウィンドウは、通常、試験所によって調節できる。

b) EM クランプを用いた場合の不確かさバジェット

EM クランプを用いた場合のレベル設定時及び試験時の不確かさを表 G.3 及び表 G.4 に示す。

EM クランプの電圧レベル設定時に対するモデル関数（全ての量は対数で表示）：

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots (G.3)$$

寄与の説明：

U_{LMc} ：電力計から得られる電圧表示 U_{mr} dB (μV)

注記 1 式(G.3)のその他の記号は、記号の説明に含む。

EM クランプの試験時に対するモデル関数（全ての量は対数で表示）：

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta AETERM \dots\dots\dots (G.4)$$

ここに、 $U_x = U_{LMc} + 20 \log(5)$

注記 2 式(G.4)の記号は、記号の説明に含む。

表 G3—EM クランプのレベル設定時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
$\delta RCAL$	150 Ω —50 Ω 変換アダプタの偏差	0.3	dB	一樣	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
	150 Ω —50 Ω 変換アダプタの校正	0.2	dB	正規 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01	dB
$\delta SETUP$	レベル設定のセットアップ	0.35	dB	正規 $k=1$	1	0.35	dB	1	0.35	dB	0.12	dB
δLM_c	レベルメータ	0.5	dB	一樣(方形)	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08	dB
δSW_c	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一樣(方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta LMC_c^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0	dB	一樣(方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta TG_c^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一樣(方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_c^{b)}$	信号発生器とクランプとの間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δML	レベルメータとクランプとの間の不整合	-0.5	dB	U 字形	1.41	-0.35	dB	1	-0.35	dB	0.13	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							0.40	dB
注 ^{b)} 注記 5 を参照。				合成不確かさ $u(y)=\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							0.63	dB
				拡張不確かさ $U=u(y)k, k=2$							1.27	dB

表 G4—EM クランプの試験時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
δCAL	校正	1.27	dB	正規 $k=2$	2	0.63	dB	1	0.63	dB	0.40	dB
$\delta LMC_t^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0.3	dB	一樣(方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta TG_t^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一樣(方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_t^{b)}$	信号発生器とクランプとの間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δSW_t	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一樣(方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta AETERM$	AE 終端	2.5	dB	一樣(方形)	1.73	1.45	dB	1	1.45	dB	2.09	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							2.55	dB
注 ^{b)} 注記 5 を参照。				合成不確かさ $u(y)=\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							1.60	dB
				拡張不確かさ $U=u(y)k, k=2$							3.19	dB

注記 3 レベルメータ (LMC) 又は試験信号発生器 (TG) の寄与は、試験信号発生器及び増幅器出力レベルの制御ループを用いるか否かに応じて、レベル設定時及び／又は試験時のための表 G3 及び表 G4 中に含む。この例では、試験信号発生器は、制御ループの一部となるので不確かさバジェットに寄与しない。制御ループからの寄与は、レベルメータによって確定する (注記 4 参照)。ただし、試験信号発生器は、試験機関の個々の試験セットアップに依存するこの項を試験機関が考慮できることを示唆するため、表 G3 及び表 G4 に含めている。この場合、TG の寄与のより詳細な分析が必要である。記号の説明を参照。

注記 4 同じ装置をレベル設定及び試験に用いる場合、再現性及びリニアリティの寄与だけ試験時のための表 G4 に含める。レベル設定の寄与は、無視することができる。

注記 5 同じ回路をレベル設定及び試験に用いる場合、これらの寄与は表 G3 及び表 G4 中に含まない。

記号の説明：

幾つかの記号は、原則として、上記の CDN などを用いた場合の記号を適用する。これらの記号は、ここでは説明しない。

注記 6 モニタリングプローブを用い、電流制限を適用する 7.7 に関する不確かさは、この附属書では考慮しない。この場合、 U_0 の値は、レベル設定手順で決定した値と同じではなく、未知の値に減少する。したがって、不確かさは、この場合の U_0 に割り当てることができない。

AETERM は、AE インピーダンスの影響である。そのインピーダンスは、150 Ω に維持するのが望ましい。この値からの偏差は、EM クランプの方向性が弱くなる低い周波数範囲（10 MHz 未満）で特に重大な影響がある。この場合、不確かさのバジェットに対する *AETERM* の寄与は、ここで例を用いた数値よりも恐らく大きくなる。より低い値を 10 MHz 以上の周波数で用いてもよい。

この寄与は、VNA を用いて実験的に評価できる。クランプの結合係数は、150 Ω の AE インピーダンスで測定し、異なる AE インピーダンスと比較することができる。

c) 電流クランプを用いた場合の不確かさバジェット

電流クランプを用いた場合のレベル設定時及び試験時の不確かさを表 G.5 及び表 G.6 に示す。

電流クランプ電圧レベル設定時に対するモデル関数（全ての量は対数で表示）：

$$U_0 = U_{LMc} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta JIG + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots (G.5)$$

寄与の説明：

U_{LMc} ：電力計から得られる電圧表示 U_{mr} dB (μV)

注記 1 式(G.5)のその他の記号は、記号の説明に含む。

電流クランプ試験時に対するモデル関数（全ての量は対数で表示）：

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta AETERM \dots\dots\dots (G.6)$$

ここに、 $U_x = U_{LMc} + 20 \log(5)$

注記 2 式(G.6)の記号は、記号の説明に含む。

表 G.5－電流クランプのレベル設定時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
$\delta RCAL$	150 Ω－50 Ω 変換アダプタの偏差	0.3	dB	一樣 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
	150 Ω－50 Ω 変換アダプタの校正	0.2	dB	正規 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01	dB
δJIG	レベル設定のセットアップ	0.5	dB	正規 $k=1$	1	0.50	dB	1	0.50	dB	0.25	dB
δLM_c	レベルメータ	0.5	dB	一樣 (方形)	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08	dB
δSW_c	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一樣 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta LMC_c^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0	dB	一樣 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta TG_c^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一樣 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_c^{b)}$	試験信号発生器とクランプとの間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δML	レベルメータとクランプとの間の不整合	0.5	dB	U 字形	1.41	0.35	dB	1	0.35	dB	0.13	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。 ^{b)} 注記 5 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							0.53	dB
				合成不確かさ $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							0.73	dB
				拡張不確かさ (CAL) $U = u(y)k, k = 2$							1.46	dB

表 G.6－電流クランプの試験時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
δCAL	校正	1.46	dB	正規 $k=2$	2	0.73	dB	1	0.73	dB	0.53	dB
$\delta LMC_t^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0.3	dB	一樣 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta TG_t^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一樣 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_t^{b)}$	信号発生器とクランプとの間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δSW_t	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一樣 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta AETERM$	AE 終端	2.5	dB	一樣 (方形)	1.73	1.45	dB	1	1.45	dB	2.09	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。 ^{b)} 注記 5 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							2.68	dB
				合成不確かさ $u(y) = \sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							1.64	dB
				拡張不確かさ $U = u(y)k, k = 2$							3.27	dB

注記 3 レベルメータ (LMC) 又は試験信号発生器 (TG) の寄与は, 試験信号発生器及び増幅器出力レベルの制御ループを用いるか否かに応じて, レベル設定時及び／又は試験時のための表 G.5 及び表 G.6 中に含む。この例では, 試験信号発生器は, 制御ループの一部となるので不確かさバジェットに寄与しない。制御ループからの寄与は, レベルメータによって確定する (注記 4 参照)。ただし, 試験信号発生器は, 試験機関の個々の試験セットアップに依存するこの項を試験機関が考慮できることを示唆するため, 表 G.5 及び表 G.6 に含めている。この場合, TG の寄与のより詳細な分析が必要である。記号の説明を参照。

注記 4 同じ装置をレベル設定及び試験に用いる場合, 再現性及びリニアリティの寄与だけ試験時のための表 G.6 に含める。レベル設定の寄与は, 無視することができる。

注記 5 同じ回路をレベル設定及び試験に用いる場合, これらの寄与は表 G.5 及び表 G.6 中に含まない。

記号の説明:

幾つかの記号は, 原則として, 上記の CDN などを用いた場合の記号を適用する。これらの記号は, ここでは説明しない。

注記 6 モニタリングプローブを用い, 電流制限を適用する 7.7 に関する不確かさは, この附属書では考慮しない。この場合, U_0 の値は, レベル設定手順で決定した値と同じではなく, 未知の値に減少する。したがって, 不確かさは, この場合の U_0 に割り当てることができない。

JIG は, 試験ジグの不確かさの合成を示す。この合成は, 条件を変えた再現性試験から得ることができ, 又は実験に基づき評価することができる。

d) 直接注入を用いた場合の不確かさバジェット

直接注入を用いた場合のレベル設定時及び試験時の不確かさを表 G.7 及び表 G.8 に示す。

直接注入電圧レベル設定時に対するモデル関数 (全ての量は対数で表示):

$$U_0 = U_{LMC} + 15.6 \text{ dB} + \delta LM_c + \delta RCAL + \delta SETUP + \delta SW_c + \delta ML \dots\dots\dots (G.7)$$

寄与の説明:

U_{LMC} : 電力計から得られる電圧表示 U_{mr} dB (μV)

注記 1 式(G.7)のその他の記号は, 記号の説明に含む。

直接注入試験時に対するモデル関数 (全ての量は対数で表示):

$$U_0 = U_x + 20 \log(6/5) + \delta LMC_t + \delta CAL + \delta SW_t + \delta DD \dots\dots\dots (G.8)$$

ここに, $U_x = U_{LMC} + 20 \log(5)$

注記 2 式(G.8)の記号は, 記号の説明に含む。

表 G.7—直接注入レベル設定時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
$\delta RCAL$	150 Ω —50 Ω 変換アダプタの偏差	0.3	dB	一様 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
	150 Ω —50 Ω 変換アダプタの校正	0.2	dB	正規 $k=2$	2	0.10	dB	1	0.10	dB	0.01	dB
$\delta SETUP$	レベル設定のセットアップ	0.5	dB	正規 $k=1$	1	0.50	dB	1	0.50	dB	0.25	dB
δLM_c	レベルメータ	0.5	dB	一様 (方形)	1.73	0.29	dB	1	0.29	dB	0.08	dB
δSW_c	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一様 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta LMC_c^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0	dB	一様 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta TG_c^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一様 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_c^{b)}$	試験信号発生器と CDN との間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δML	レベルメータと CDN との間の不整合	-0.5	dB	U 字形	1.41	-0.35	dB	1	-0.35	dB	0.13	dB
注 ^{a)} 注記 3 及び注記 4 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							0.53	dB
注 ^{b)} 注記 5 を参照。				合成不確かさ $u(y)=\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							0.73	dB
				拡張不確かさ (CAL) $U=u(y) \cdot k, k=2$							1.46	dB

表 G.8—直接注入試験時のバジェット

記号	不確かさの要因 X_i	$U(x_i)$	単位	確率分布	除数	$u(x_i)$	単位	c_i	$u_i(y)$	単位	$u_i(y)^2$	単位
δCAL	校正	1.46	dB	正規 $k=2$	2	0.73	dB	1	0.73	dB	0.53	dB
$\delta LMC_t^{a)}$	制御ループ内のレベルメータ	0.3	dB	一様 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
$\delta TG_t^{a)}$	試験信号発生器	0	dB	一様 (方形)	1.73	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
$\delta MT_t^{b)}$	信号発生器とクランプとの間の不整合	0	dB	U 字形	1.41	0.00	dB	1	0.00	dB	0.00	dB
δSW_t	ソフトウェア設定許容範囲	0.3	dB	一様 (方形)	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03	dB
δDD	減結合デバイス	2.3	dB	一様 (方形)	1.73	1.33	dB	1	1.33	dB	1.77	dB
注 ^{a)} 注記 1 及び注記 2 を参照。				$\Sigma u_i(y)^2$							2.36	dB
注 ^{b)} 注記 5 を参照。				合成不確かさ $u(y)=\sqrt{\Sigma u_i(y)^2}$							1.54	dB
				拡張不確かさ $U=u(y) \cdot k, k=2$							3.07	dB

注記 3 レベルメータ (LMC) 又は試験信号発生器 (TG) の寄与は、試験信号発生器及び増幅器出力レベルの制御ループを用いるか否かに応じて、レベル設定時及び／又は試験時のための表 G.7 及び表 G.8 中に含む。この例では、試験信号発生器は、制御ループの一部となるので不確かさバジェットに寄与しない。制御ループからの寄与は、レベルメータによって確定する (注記 4 参照)。ただし、試験信号発生器は、試験機関の個々の試験セットアップに依存するこの項を試験機関が考慮できることを示唆するため、表 G.7 及び表 G.8 に含めている。この場合、TG の寄与のより詳細な分析が必要である。記号の説明を参照。

注記 4 同じ装置をレベル設定及び試験に用いる場合、再現性及びリニアリティの寄与だけ試験時のための表 G.8 に含める。レベル調整の寄与は、無視することができる。

注記 5 同じ回路をレベル調整及び試験に用いる場合、これらの寄与は表 G.7 及び表 G.8 中に含まない。

記号の説明:

幾つかの記号は、原則として、上記の CDN などを用いた場合の記号を適用する。これらの記号は、ここでは説明しない。

DD は、減結合デバイス及び AE による終端の合成不確かさである。減結合が十分な場合、AE 終端の影響がないが、不十分な場合は、大きな影響がある。この寄与は、減結合素子のインピーダンスから計

算できる。

G.4 計算した MU の表記及びその適用

MU は、通常 dB で表記する試験レベルの不確かさへの寄与（例えば、電圧計の振幅仕様及びアダプタの挿入損失校正）と同様にするために、対数で計算する。したがって、バジェットも対数 [例えば, dB (μV)] で表記する。

試験電圧レベルは、電圧及びその拡張不確かさの最良の値を報告書に記載する。最良の値とは、適応周波数範囲内の電圧 U_0 の平均である。

測定不確かさの例を次に示す。

対数の表記では、

$$U_0 : 129.5 \text{ dB } (\mu\text{V}) \pm 1.36 \text{ dB (CDN 注入の例)}$$

リニア表記では、

$$U_0 : 3 \text{ V} + (17 \%) - (14.5 \%)$$

$$U_0 : 3 \text{ V} \begin{matrix} +17 \% \\ -14.5 \% \end{matrix}$$

計算した MU は、様々な目的、例えば、製品規格、試験所認定などに用いられる。

この計算結果を、試験中の EUT に適用する試験レベルの設定のために用いることは意図しない。

また、6.4 で規定した電圧許容範囲の要求事項の評価に用いることも意図しない。

附属書 H
(参考)
AE のインピーダンスの測定

H.1 一般

この附属書は、EUT と一緒に用いる一般の AE のコモンモードインピーダンスの測定方法に関する情報を示す。試験のセットアップの詳細は、この規格の本体に規定している。AE ユニットが常に EUT を一緒に用いる場合は、一緒に試験を行う。

この附属書は、測定した AE のインピーダンスの値の例を示す。さらに、AE のコモンモードインピーダンスが 150 Ω の理想インピーダンスにどのように近似できるかの指針を示す。

H.2 コモンモードインピーダンス

H.2.1 インピーダンスの要求事項

箇条 6 及び箇条 7 に記載した試験セットアップに従って、AE のインピーダンスは、表 H.1 (表 3 から引用) に示したインピーダンス要求事項に合致することが望ましい。

表 H.1—AE のインピーダンス要求事項

パラメータ	周波数帯	
	0.15 MHz～24 MHz	24 MHz～80 MHz
$ Z_{\text{cel}} $	150 Ω±20 Ω	150 Ω ⁺⁶⁰ ₋₄₅ Ω
注記 7.7 に従った試験では、AE のインピーダンスは、この表の値よりも低いかもしれない。クランプ注入時の電流のモニタリングに関する追加情報は、7.7 を参照。		

H.2.2 インピーダンスアナライザを用いた測定セットアップ

AE のインピーダンスは、図 8 b) に示す測定セットアップを用いて測定する。AE のケーブルの全ての配線は、150 kHz を超える周波数において 150 Ω よりも十分低いインピーダンスで、インピーダンスアナライザに接続する。AE は、測定中に機能し、かつ、電源及びその他の AE (ある場合) に接続する。ケーブルにインピーダンスアナライザを接続することで AE が正常動作しないことがある。

注記 20 nF 以上のコンデンサを介することで、インピーダンスアナライザと接続できる。この場合、AE のケーブルに接続している高電圧及び／又は高電流によって AE 及びインピーダンスアナライザが損傷しない様に注意する。

H.2.3 レベル設定セットアップを用いた測定

AE のインピーダンスは、図 9 c) に示すレベル設定セットアップを用いても測定できる。この場合、AE は、適切な CDN と並列に接続し、100 Ω 校正抵抗 (150 Ω－50 Ω 変換アダプタ) と入力インピーダンス 50 Ω の電圧計とを直列に接続する。

測定中の実際のセットアップ及び AE の操作は、H.2.2 を参照。

AE のインピーダンスは、試験レベル U_0 での AE の負荷による分圧の変化によって求める (図 H.1 参照)。50 Ω 電圧計から読み取る電圧限度値は、表 H.2 に示す。

表 H.2－AE のインピーダンス測定のための電圧分圧比

パラメータ	周波数帯	
	0.15 MHz～24 MHz	24 MHz～80 MHz
$ Z_{ce} $	$150\ \Omega \pm 20\ \Omega$	$150\ \Omega \begin{smallmatrix} +60 \\ -45 \end{smallmatrix} \Omega$
理論値 ($ Z_{ce} = 150\ \Omega$)	$0.111 \times U_0$ (−19.1 dB)	$0.111 \times U_0$ (−19.1 dB)
電圧上限	$0.116 \times U_0$ (−18.7 dB)	$0.123 \times U_0$ (−18.2 dB)
電圧下限	$0.106 \times U_0$ (−19.5 dB)	$0.097 \times U_0$ (−20.2 dB)
注記	この表の公称値は、測定不確かさは考慮せず、全てのインピーダンスは、純抵抗値を想定している。したがって、指針であり要求ではない。	

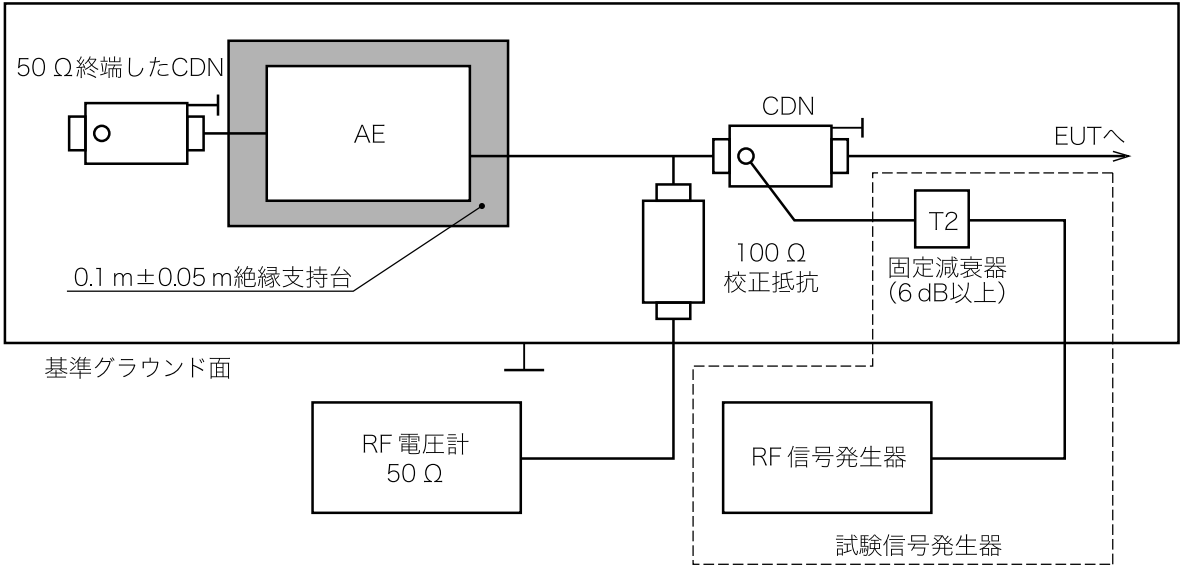


図 H.1－電圧計を用いたインピーダンス測定

H.2.4 電流プローブを用いる測定

AE のインピーダンスは、7.7 に挙げた電流モニタリングプローブを用いて測定することもできる。この場合、AE は適切な CDN と並列に接続し、注入 CDN から流れる電流をモニターして、理想的な 150 Ω の AE インピーダンスから予想する電流と比較する。

図 H.2 のセットアップを用いて AE のインピーダンスを測定する。AE は、測定中に機能し、かつ、電源及びその他の AE (ある場合) に接続する。CDN が AE と EUT との間の機能信号の送信に影響することがあるため、AE は正常動作しないことがある。

AE のインピーダンスは、試験レベル U_0 での AE の負荷による分圧の変化によって求める。50 Ω 電圧計から読み取る電圧限度値は、表 H.3 に示す。この数値は 0 dB (V/A) という理想的な変換係数をもつ電流プローブの場合のものであることに注意する。プローブの変換係数が 0 dB (V/A) でなければ、電圧の読み値を実際の変換係数に合わせて補正しなければならない。

表 H.3－AE のインピーダンス測定のための電圧分圧比

パラメータ	周波数帯	
	0.15 MHz～24 MHz	24 MHz～80 MHz
$ Z_{ce} $	$150\ \Omega \pm 20\ \Omega$	$150\ \Omega \begin{smallmatrix} +60 \\ -45 \end{smallmatrix} \Omega$
理論値 ($ Z_{ce} = 150\ \Omega$) (プローブの変換係数を 0 dB とした場合)	$0.003\ 333 \times U_0$ (−49.5 dB)	$0.003\ 333 \times U_0$ (−49.5 dB)
電圧上限 (プローブの変換係数を 0 dB とした場合)	$0.003\ 571 \times U_0$ (−48.9 dB)	$0.003\ 922 \times U_0$ (−48.1 dB)
電圧下限 (プローブの変換係数を 0 dB とした場合)	$0.003\ 125 \times U_0$ (−50.1 dB)	$0.002\ 778 \times U_0$ (−51.1 dB)
注記 この表の公称値は、測定不確かさは考慮せず、全てのインピーダンスは、純抵抗値を想定している。したがって、指針であり要求ではない。		

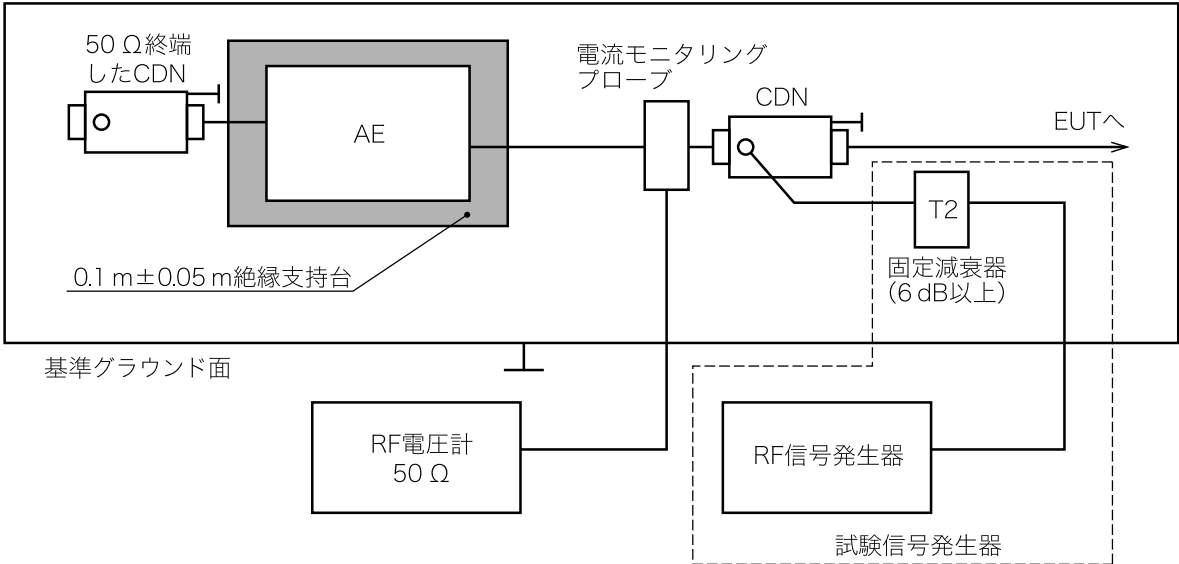


図 H.2－電流プローブを用いたインピーダンスの測定

H.3 理想的なインピーダンスを得るための指針

一般的な AE を用い、150 Ω という理想的な AE コモンモードインピーダンスを得る目的は、試験の再現性を得ることである。

CDN を用いることができないときは、再現性のある正確な結果を得るために、AE は 150 Ω のコモンモードインピーダンスをもつことが望ましい。これは、EUT に接続する AE のケーブルが次のいずれかの特性をもつときに得られる可能性がある。

- － 遮蔽ケーブルの場合、遮蔽が AE の金属きょう体（又はそのプリント配線板のグラウンド面）に接続している。
- － 無遮蔽ケーブルの場合、数本の線が直接又は高い容量結合で、きょう体又はプリント配線板のグラウンド面に接続している。

金属きょう体をもった AE を使って 150 Ω のインピーダンスを得る場合は、次のようにすることが望ましい。

- － AE のきょう体を, 150 Ω を通して基準グラウンド面に接続する。
- － 100 pF 未満の容量の電源絶縁トランスを用い, AE に電源を供給する。保護接地線は, 直接接地してはならない。安全性を考慮して, 280 μ H よりも大きい RF チョークを用いてもよい。直流電源 (ガルバニック絶縁付き) が必要な場合, 又はバッテリーを用いる場合も, 同じ手順を適用する。
- － 外部へのケーブルをできるだけ少なくする。
- － AE ケーブルを束ねて AE の近くに置き, AE を 300 mm の絶縁体の上に置き, 基準グラウンド面との結合を減らす。
- － 他の AE との接続に, 光ファイバ信号変換器を用いる。

きょう体が非導電性材料の場合, AE を使って 150 Ω のインピーダンスを得る場合は, 次のようにすることが望ましい

- － 遮蔽ケーブルのシールドを, 150 Ω を通して基準グラウンド面に接続するか, 又はプリント配線板のグラウンド面を, 150 Ω を通して基準グラウンド面に接続する。
- － コンデンサを経由してケーブルの全ての線を一緒にコモンポイントに接続し, 150 Ω を介してそのポイントを基準グラウンド面に接続する。AE ケーブルの線をまとめて接続するとき, 高い電圧及び／又は電流によって AE が破損しないように注意する。接続は, 最低 20 nF のコンデンサを経由させれば可能となる。

上記の手段をとったにもかかわらず, AE のコモンモードインピーダンスを 150 Ω に近づけることができない場合は, 可能なら, AE に終端処理した追加の CDN を加えて AE のコモンモードインピーダンスの低減を試みる。表 H.1 の注記も参照。

附属書 I (参考) ポート間注入

I.1 一般

一つのポートに注入し、同じ種類の別のポートを終端処理している場合、EUT によっては RF 信号によって敏感に反応するものがあることが経験的に分かっている。製品規格では、この規格の本体で規定している手順に代えて、この附属書で説明している方法を規定してもよい。

この附属書は、EUT に同じ種類のポートが複数ある場合のポートの試験に関する情報を示している。この附属書では、RF 信号を同じ種類のポートの一つに注入し、7.5 に従って選択したポートの代わりに残りの同じ種類のポートに注入する方法を紹介する。

一つのポートに誘導し、同じ種類の別のポートに流れる RF 信号に対する EUT のイミュニティを評価する目的で、7.5 に規定するテストケースを補完するものとして試験を実施する。

同じ種類を複数もつポートの例には、ローカルエリアネットワーク、熱電対入力、アナログ入出力、デジタル入出力、タコメータカウンタ入力があるが、これらだけに限らない。

I.2 同じ種類のポートを複数もつ場合の試験セットアップ

I.2.1 ポートの選択

注入は、同じ種類の二つのポート間で実施する。物理的にできるだけ近く配置している二つのポートを選択して試験する。EUT に、異なる種類のポート群がある場合は、ポート群ごとに二つのポートを選択して試験する。

注記 製品規格では、特定のケーブル若しくはインタフェースの種類だけ、又はある一定の長さを超えているケーブルをもつポートだけに試験を限定することができる。この附属書は、このような限定されたポートだけに適用する。

I.2.2 ポート間注入の手順

一つのポートを注入ポートとして選択する。もう一つのポートは、50 Ω で終端した CDN に接続する (図 I.1 参照)。

この規格の本体に従って、他の全ての EUT ポートには減結合装置として用いる CDN を接続する。この場合、この規格の本体で規定しているように、CDN には 50 Ω の終端器は接続しない。

試験対象に複数の種類のポート群がある場合、それぞれのポート群ごとに試験する。

試験するポート群に CDN を用いることができない場合は、ポートへの注入に箇条 7 で規定している一般規則を適用する。注入方法選択の指針は、図 12 を参照。

ポートの試験及び試験結果の取扱いは、この規格の本体の規定による。

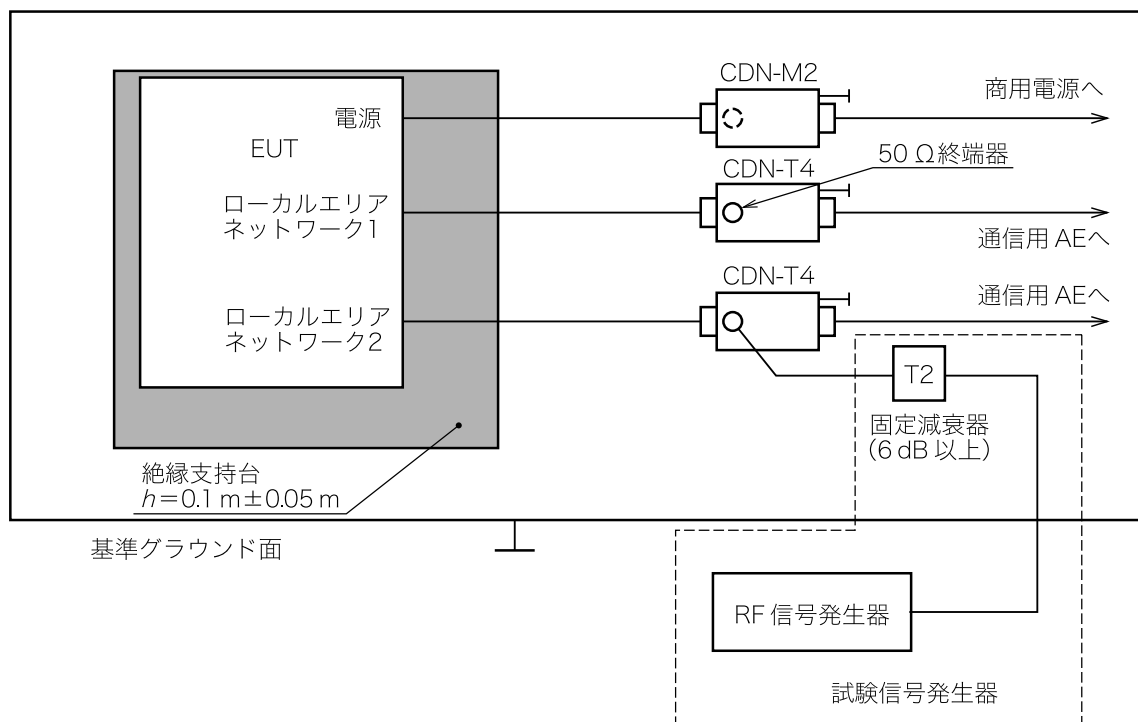


図 I.1-ポート間注入のセットアップ例

附属書 J

(参考)

増幅器の圧縮及びノンリニアリティ

J.1 増幅器のひずみを制限する目的

増幅器のノンリニアリティは、EUT に加わる妨害信号の不確かさの要因となり得る。この附属書の目的は、増幅器のノンリニアリティを低く保ち、不確かさに影響を与えないようにすることである。この附属書は、増幅器のひずみを理解及び制限するための試験所に向けた指針である。

J.2 高調波及び飽和が原因として考えられる問題点

増幅器を飽和状態で用いる場合、次のような結果を生じることがある。

- a) 電力計は基本波及び高調波の両方の総電力を測定するため、試験レベルの校正時の測定値に高調波が大きく影響することがある。例えば、EM クランプ入力端子で第 2 次及び第 3 次高調波が基本周波数よりも 15 dB 低いと仮定すると、それ以外の高調波は無視できる。さらに、実質的な EM クランプ係数が、基本周波数のときに比べて、第 3 次高調波の周波数のときに 5 dB 低いと仮定する。基本周波数の電圧レベルは、第 3 次高調波のレベルよりも 10 dB 高いだけである。10 V の全振幅が測定した場合、基本周波数の影響は 9.5 V だけの可能性がある。EM クランプ校正の不確かさよりも小さい場合、これは許容できる誤差である。スペクトラムアナライザのような周波数選択式装置はこの測定誤差はない。
- b) EUT が意図する基本周波数に対しては影響を受けないが、高調波周波数に対しては強い影響を受ける場合、高調波が EUT の誤動作の原因となることがある。誤動作は不正確に記録され、不正確な誤動作対策につながる可能性がある。
- c) 特別な状態で高調波が非常によく抑えられている場合でも、高調波が測定結果に影響を及ぼすことがある。例えば 60 MHz の受信機を試験する場合、20 MHz の信号の高調波が十分微弱に抑えられていても、受信機の入力で過負荷になるときがある。似たような現象は、信号発生器が高調波に無関係な信号（スプリアス）を出力している場合にも起こることがある。特殊な LPF 又はノッチフィルタは、感度の高い EUT の保護に用いることができる。
- d) 測定可能な高調波がない場合でも飽和が内在することがある。これは、増幅器が高調波を抑える LPF を備えている場合、及び／又は内部回路及び複合技術で帯域端部の高調波を抑えるように働いている場合に発生する。このような場合にも、次に示す例のように誤った結果を導くことがある。
 - 1) 6.4.2 に規定するアルゴリズムでは電力増幅器がリニアリティをもつことを前提としているため、これが校正中に生じた場合、誤った校正データとなる。
 - 2) 試験時のこの種の飽和は、不正確な変調指数及び変調周波数（通常 1 kHz）となる。

上記の事例から分かるように、ひずみの影響は、試験する EUT の種類に大きく依存するため、電力増幅器のひずみに対して、数値的な制限が与えられないことは明らかである。

J.3 妨害信号の高調波成分の制限

妨害信号の高調波成分は、電力増幅器の出力端子において、調整可能形、トラッキング形又は同調形 LPF を用いて制限できる。

電力増幅器の出力端子に生じた高調波は、J.2 c) において論じられた状況を除き、全ての周波数に対す

る妨害信号の基本波と高調波との差は 15 dB 以上あれば十分である。

これによって、妨害電圧レベル誤差は 2 %に制限される。例えば、広帯域で測定した 10 V 信号は、基本波 9.8 V 及び高調波 1.75 V から生じる結果である。これは、校正の不確かさとして許容してもよい。

出力端子に固定 LPF をもつ電力増幅器では、基本波周波数の上限は、電力増幅器の仕様上の最大周波数の約 1/3 となる。

飽和した電力増幅器の高調波を LPF で抑制している場合、どのような状況（例えば、特性が最も悪い周波数、変調を含んだ最大妨害電圧レベル）でも電力増幅器の 2 dB 圧縮点を超えないことが望ましい。2 dB 圧縮点で、最大電圧振幅は 20 %減少する。これは、80 %変調指数が 64 %に低くなること、言い換えると、EUT 内で検波される電圧の 20 %低減となる。

J.4 イミュニティ試験へのリニアリティの影響

J.4.1 一般

イミュニティ試験の結果に影響を及ぼす問題は、電力増幅器のリニアリティ特性、高調波及び飽和である。

6.4.2 に規定する CDN 及び／又はクランプのレベル設定手順は、用いる電力増幅器が入力信号に比例した出力を発生すると仮定している。

電力増幅器のリニアリティは、用いる電力増幅器が校正電圧レベル及びより低い計算されたレベルにおいて、正しい妨害電圧レベルを生成することを保証するために検証することが望ましい。

電力増幅器のリニアリティは、振幅変調の変調度にも影響を与えるため、振幅変調度も検証することが望ましい。

J.4.2 電力増幅器のリニアリティ特性評価

J.4.2.1 評価レベル範囲

電力増幅器のリニアリティ特性は、試験に用いる電力増幅器の周波数範囲及びレベル範囲全体にわたって評価することが望ましい。これには、変調による変化分を考慮した、最小レベルから最大レベルを含まなければならない。

最大レベルは変調分を考慮し、連続波の最大レベルを 5.1 dB 増加する。

一つの結合デバイスレベル調整手順に基づいて、異なる試験妨害電圧レベルを計算して求めるときは、試験に利用されるアンプ出力の最小と最大の範囲でリニアリティ特性評価を実施する。例えば、10 V のレベル調整手順から得られた値を用いて 1 V 試験を実施するならば、電力増幅器に定義された出力のリニアリティ特性評価範囲は、最低でも 1.8 V～18 V (e.m.f.) と定義される。

いろいろな結合デバイスは、必要とする妨害レベルを達成するために異なる電力増幅器の出力を必要とする場合があるため、それについても考慮する。例えば、電流クランプは、10 V の妨害試験レベルを達成するために CDN よりも更に多くの電力を必要とする場合がある。

注記 6.4.2 で規定する結合デバイス校正手順では、電力増幅器の最大の出力が 5.1 dB 増加するとき、試験所は許容範囲 2 dB を確認することを規定している。この手順は、J.4.2.2 で記載するリニアリティ特性を評価するのではなく、電力増幅器の飽和状態を確かめるだけに適用できる。

J.4.2.2 評価手順

電力増幅器のリニアリティ評価には、試験のために利用される結合デバイス及び試験装置のような実際の負荷並びに環境条件を用いることが重要である。試験セットアップを図 J.1 に示す。

電力増幅器のリニアリティ特性は、少なくとも電力増幅器の周波数範囲の最小、中央及び最大の周波数

で評価する。例えば、0.15 MHz～80 MHz の電力増幅器の場合、0.15 MHz、40 MHz 及び 80 MHz を評価する。

注記 上記リニアリティ特性の測定結果の評価によって、他の周波数のリニアリティ特性が妥当であるとみなすことができる。

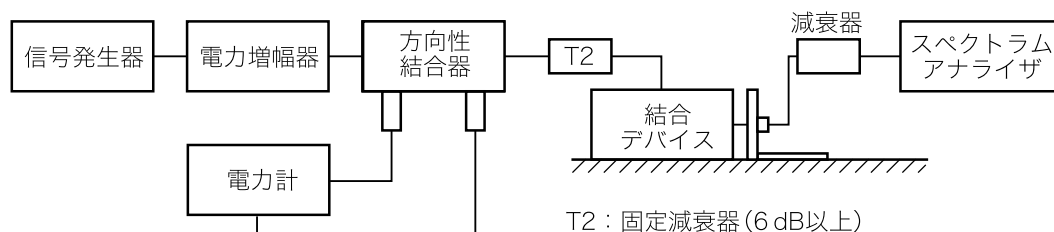


図 J.1ー電力増幅器のリニアリティ特性の測定セットアップ

リニアリティ特性の測定は、上記の各周波数において、次の手順に従って行う。

- 1) 結合デバイスを適切にセットアップするために、信号発生器の最小及び最大レベルの出力の設定を決定する (J.4.2.1 参照)。
- 2) 信号発生器を 1) で決定した最小値に設定し、信号発生器の出力及び電力増幅器の進行波電力を記録する。
- 3) 信号発生器の設定を 1 dB 増加し、そのときの信号発生器の出力及び電力増幅器の進行波電力を記録する。
- 4) 1) で決定した信号発生器の最大値に到達するまで、3) を繰り返す。
- 5) 残りの周波数で 2)～4) を繰り返す。

J.4.2.3 リニアリティ特性の基準

J.4.2.2 で得られた結果に関して、信号発生器の出力が 1 dB 増加するごとに、測定した電力増幅器の出力も 1 dB（電力増幅器のリニアリティ特性の許容範囲は ± 1 dB である）増加しなければならない。

J.4.2.2 で記載した手順に従って記録した値が ± 1 dB の基準を満たす場合、評価した電力増幅器はリニアリティ特性の基準を満たしている。記録した値がこのリニアリティ特性の基準を超えている場合は、J.4.2.4 及び J.4.2.5 を適用する。

ある周波数で出力された電力増幅器のリニアリティ特性、及び ± 1 dB 許容範囲の例を図 J.2 に示す。この例における信号発生器出力は、最小値の -30 dBm と最大値の 0 dBm との間の変化を示している。この例では、電力増幅器は許容範囲を超えている。

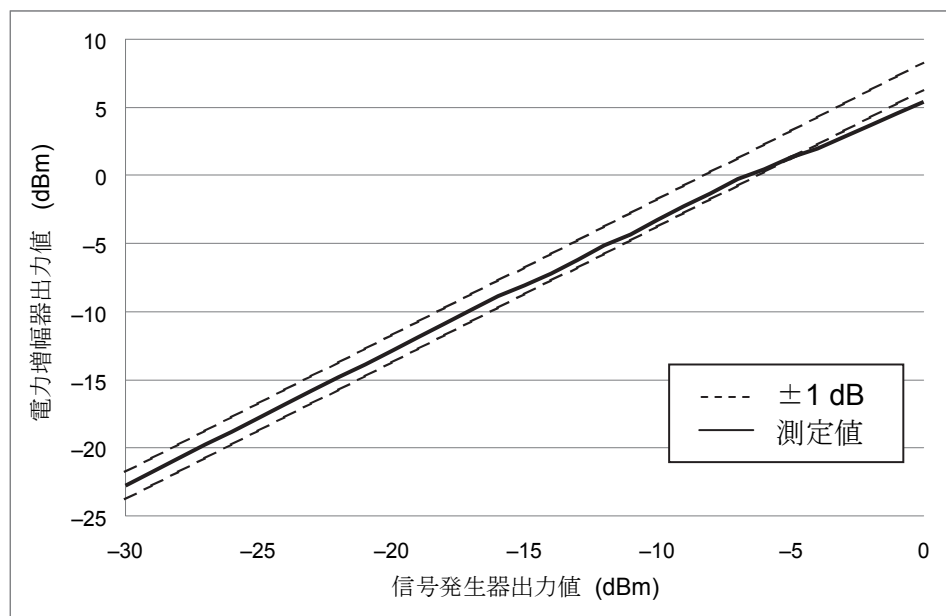


図 J.2—リニアリティ特性の例

J.4.2.4 振幅変調の確認

J.4.2.3 によって得た評価結果がリニアリティ特性の基準±1 dB を超えた場合、次の手順で振幅変調を確認する。試験セットアップは図 J.3 に示す。

J.4.2.3 の評価の結果、許容範囲を逸脱した全ての周波数で試験する。

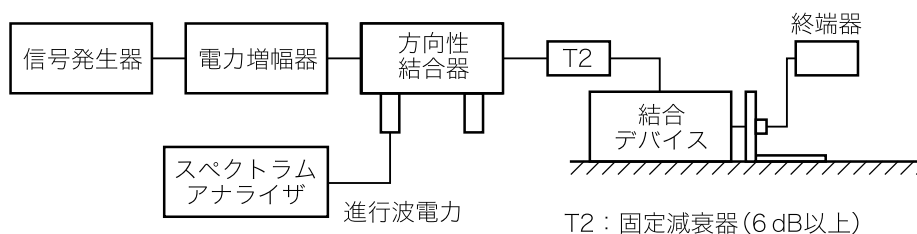


図 J.3—変調度の測定セットアップ

- 1) 対象の周波数において振幅変調を有効にし、信号発生器の出力を J.4.2.1 で決定した最大値にする。
- 2) 1) で決定した信号発生器の出力周波数を、図 J.3 に示すようにスペクトラムアナライザの中心周波数に設定する。
- 3) 搬送波、上側波帯及び下側波帯の波形が画面に表示されるように、スペクトラムアナライザを設定する。例えば、周波数スパンを 10 kHz、分解能帯域幅を 100 Hz とする。
- 4) 搬送波の値 (L_{carrier}) と上側波帯又は下側波帯 (L_{sideband}) との振幅の差 ($L_{\text{CS}} = L_{\text{carrier}} - L_{\text{sideband}}$) を記録する (図 J.4 参照)。

L_{CS} が 10 dB よりも大きい (変調度が 64 %未満) か、又は L_{CS} が 6 dB よりも小さい (変調度が 100 %を超える) 場合、その結果を試験報告書に記録することが望ましい。

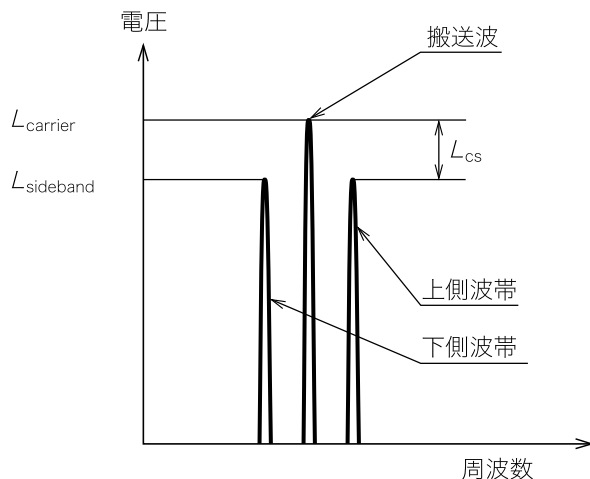


図 J.4—振幅変調信号のスペクトラム

J.4.2.5 電力増幅器のリニアリティ特性が基準を逸脱した場合のイミュニティ試験

J.4.2.3 の評価結果が ± 1 dB の基準に適合しないが、J.4.2.4 の基準に適合する場合には、実際の試験のとき、次のいずれかの方法に従って進行波電力を調整する。

一つは、フィードバックを用いるシステムによって、電力計を用いて試験発生器からの進行波電力を監視する方法である。

もう一つは、必要とする試験レベルごとに進行波電力を校正し、フィードバックを用いない方法である。これらの方法は、いずれも 6.1 の要求事項に適合しなければならない。

参考文献

- [1] **JIS C 61000-4-3** 電磁両立性—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
注記 対応国際規格：IEC 61000-4-3, Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-3: Testing and measurement techniques—Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test (IDT)
- [2] **CISPR 16-1-2**, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus—Ancillary equipment—Conducted disturbances
- [3] **CISPR 16-1-4**, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus—Antennas and test sites for radiated disturbance measurements
- [4] **CISPR 20**, Sound and television broadcast receivers and associated equipment—Immunity characteristics—Limits and methods of measurement
- [5] **IEC/TR 61000-1-6:2012**, Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 1-6: General-Guide to the assessment of measurement uncertainty
- [6] **UKAS, M3003**, Edition 2:2007, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, www.ukas.com
- [7] **ISO/IEC Guide 98-3:2008**, Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)
- [8] **IEC Guide 107** Edition 4.0 2014-07, Electromagnetic compatibility—Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications

JIS C 61000-4-6 : 2017
(IEC 61000-4-6 : 2013)

電磁両立性－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
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

1996 年に制定された IEC 61000-4-6 第 1 版 [Electromagnetic compatibility (EMC)－part 4: Testing and measurement techniques－Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields] を基に、この規格が JIS C 61000-4-6:1999 (電磁両立性－第 4 部：試験及び測定技術－第 6 節：無線周波電磁界によって誘導された伝導妨害に対するイミュニティ) として制定された。

その後、2003 年に改正された IEC 61000-4-6 第 2 版を基にした JIS が 2006 年に改正 (以下、旧規格という。) された後、IEC 規格では、次の三つの改定が行われた。三つ目の改定が行われた 2008 年には、それまでの二つの改定を統合し、IEC 61000-4-6 第 3 版に改正された。

- － 大形 EUT の試験セットアップ (2004 年)
- － 非遮蔽、不平衡ケーブルに使用される CDN の優先度の記述の改訂 (2006 年)
- － 試験電圧レベルの測定不確かさ (2008 年)

その後、全面的な見直しが行われ、2013 年には第 4 版が発行され、今回の改正に至った。

今回、一般社団法人電気学会：IEC/SC77B 国内委員会で、この規格を再度改正することを決定し、JIS 原案作成委員会 (JIS C 61000-4-6 改正) を設置して JIS 原案を作成した。

なお、委員会は、2015 年 4 月 15 日から 2016 年 2 月 17 日まで 13 回開催し、専門家による詳細な検討を含めた原案の審議を行った。

2 今回の改正の趣旨

IEC 61000-4-6:2013 (以下、対応国際規格という。) を基に、この規格を改正した。主な改正点を次に示す。改正に当たっては、対応国際規格に整合し、日本のインフラストラクチャーの違いによる不整合については、インフラストラクチャーの変更を求めるような議論は行わないことを原則として原案を作成した。

- － 大形 EUT を試験する場合のセットアップ情報を追加した。
- － シールドケーブルに対する結合及び減結合方法を追加した。
- － 電流クランプの校正時のインピーダンスを 50 Ω から 150 Ω に変更した。
- － レベルセッティング時のアンプの飽和チェックの要求を追加した。
- － EM クランプの詳細な仕様を規定した。
- － 試験電圧レベルの測定不確かさの情報を追加した。
- － アンプのリニアリティ及び振幅変調度のチェック方法のガイドを追加した。

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。

これらの改正は、大形 EUT を取り扱う医療器規格など、この規格を引用する全ての製品規格の試験法及び判定基準に影響がある。

3 審議中に特に問題となった事項

今回のこの規格の改正審議で問題となった主な事項及び審議結果は、次のとおりである。

- a) **結合回路網 (coupling network) 及び結合デバイス (coupling device) の用語について (3.7)** 結合デバイスは対応国際規格で明確に定義されていないことが問題になった。審議の結果、この規格では用語を統一する必要があるとの結論に達し、結合デバイスを定義した。結合デバイスとは、妨害を結合するためのデバイスの総称で、結合回路網のほかに電流クランプ、EM クランプなどのクランプ注入デバイスが含まれる。また、結合デバイスのうち、結合のための電気回路をもつものを、結合回路網とした。**3.9** の減結合回路網 (decoupling network) 及び減結合デバイス (decoupling device) も同様の扱いとした。
- b) **結合デバイス及び減結合デバイスの特性の規定先について (箇条 4)** 対応国際規格では、結合デバイス及び減結合デバイスの特性の規定先について、修正が行われず **6.2.1** を指示していることが問題になった。審議の結果、**6.2.1** は一般事項だけの記載で、当該デバイスの特性の規定先は **6.2** 全体が適切であるため、この規格では“結合デバイス及び減結合デバイスの特性は、**6.2** に規定する。”とした。
- c) **図 1 a) の Z_{ce} の説明について (箇条 4)** 対応国際規格では“ $Z_{ce}=150\ \Omega$ ”の e に e 乗の表記があるが、誤りであるため、審議の結果、この規格では、正しく Z_{ce} と記載した。
- d) **レベル設定の二つの測定法の詳細について (箇条 6)** **6.4.1** に規定する、試験時に使用するレベルの測定（この規格では対応国際規格の“Level setting”に合わせ“レベル設定”と呼んでいる）には、次の二つの方法があるが、どちらを意図しているかが不明確であることが問題となった。
 - － 測定の都度、増幅器の出力を測定し、その出力レベルが目的のレベルになったときの試験信号発生器の設定レベルを記録する方法（この規格の上段の方法）
 - － 試験装置の安定性が保証できるならば、以前に取得した試験信号発生器の設定レベルを使用する方法（この規格の下段の方法）下段の方法は測定時間を短縮できるが、試験装置が安定していることが条件である。
審議の結果、この二つの方法の差を明確にするために、この規格では、下段に“増幅器出力電力の測定値を用いることなく”を追加した。ただし、下段の方法を使用する場合は、試験装置の安定性を検証できるように増幅器出力電力の測定値を記録することを推奨することとした。
- e) **増幅器の圧縮及びノンリニアリティ (附属書 J)** **J.3** において、対応国際規格には、電力増幅器の高調波が 15 dB の場合の妨害レベル誤差は 10 % と表記されているが、この値は高調波を 6 dB とした場合の値であるとの意見があった。精査した結果、同段落の基本波の値 9 V 及び高調波の値 4.5 V も高調波を 6 dB として計算した値であると判断し、この規格では、高調波が 15 dB の場合の値を使用し、妨害電圧レベル誤差を 2 %、基本波の値を 9.8 V、及び高調波の値を 1.75 V とすることとした。

4 主な改正点

主な改正点は、次のとおりである。

- a) **図 1 a) の端子名 (箇条 4)** 図 1 a) に端子名 A, B の名称を追加し、注記の説明を分かりやすくした。
- b) **図 2 b) の名称 (箇条 5)** 図 2 b) に $U_{p-p,max}$, $U_{p-p,min}$ を追加し、同図の式の変数と整合させた。また、言葉の統一のために $U_{maximum\ rms}$ は、 $U_{max\ rms}$ とした。

解 2

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。

c) 試験装置及びレベル調整手順 (箇条 6)

- 1) 結合・減結合回路網 (CDN) (6.2.2) 対応国際規格の 6.2.2 のタイトル “Coupling/decoupling network (CDNs)” は, この規格では “結合・減結合回路網 (CDN)” とし, 以降の対応国際規格における “Coupling/decoupling network” 及び同意の “Coupling and decoupling network” は, 附属書 D のタイトルを含め, 全て CDN と記載した。
- 2) 150 Ω-50 Ω 変換アダプタの挿入損失 (6.3.2) 対応国際規格の本文が引用する図番号が, 整合していないため, 正しく整合させた。また, アダプタの構造を示す図は, 図 8 d) も含むとして図 8 d) 及び図 8 e) とした。
- 3) 結合デバイスの EUT ポートにおける出力レベル設定 (6.4.2) 図 9 に記載している “コモンモードポイント” は, 詳細な定義のないまま使用している。これは, 実際の試験に使用する多様なケーブルについて, 既定のインピーダンス, 及び規定の試験レベルの試験対象となるポイントを明確にするために記載されているポイントである。図 9 a) では無遮蔽ケーブルについて, 図 9 b) では遮蔽ケーブルについて, 及び図 9 c) ではそれぞれのケーブルのコモンモードポイントをどのように接続するかを示している。

- d) 試験セットアップ及び注入方法 (箇条 7) 対応国際規格の 7.1 では大形機器の試験セットアップ方法を記載している附属書 F を引用していないが, 試験セットアップを規定している 7.1 に附属書 F の引用は有効である。したがって, この規格の 7.1 の文末に “附属書 F に大形 EUT の試験セットアップ例を示す。”を追記した。

- e) 試験周波数範囲の選択基準 (附属書 B) 附属書 B の第一段落で, 対応国際規格で記載していた “For example, a small battery-powered equipment with total dimensions less than 0,4 m and without any metallic cable(s) connected thereto, does not need to be tested below 80 MHz because it is unlikely that the induced RF energy resulting from the disturbing EM field will upset the device. (例えば, 電池駆動で全寸法が 0.4 m 未満の小形装置で, かつ, いかなる金属ケーブルも接続していない場合は, 80 MHz 以下で試験する必要はない。なぜならば, 妨害電磁界によって誘導する RF エネルギーは, この装置を誤動作させることは少ないからである。)” の記載は, この試験を必要としない機器の例であり, この附属書の目的である周波数範囲の選択基準を説明する例として適切ではないため削除した。

- f) CDN に関する情報 (附属書 D) 対応国際規格の図 D.2 は, CDN-M3 の図だけを記載しているが, 我が国の場合, CDN-M1 及び CDN-M2 も多く用いられるため, CDN-M1 及び CDN-M2 を CDN-M3 の図に併記し, それぞれの図に a), b) 及び c) を付記した。

- g) 大形 EUT の試験セットアップ (附属書 F) 対応国際規格の図 F.1 は, CDN に注入する試験信号発生器が省略されている。試験セットアップをより理解しやすくするために, この規格の図 F.1 に, CDN に接続した試験信号発生器の図を追加した。また, 同図に “水平高架基準グラウンド面” を支える構造物に対する名称 “支持構造” を追記した。

h) 試験電圧レベルの測定不確かさ (附属書 G)

- 1) 拡張不確かさに対する入力量及び計算例 (G.3.3) G.3.3 では, 拡張不確かさを求めるための入力量と計算例を結合方法 (CDN, EM クランプ, 電流クランプ及び直接注入) ごとに記載している。対応国際規格では, これを一つの項で記載しており, 表に使用するパラメータの補足をする “NOTE” も連番となり “NOTE 1~NOTE 26” までであるが, 内容が同じで繰り返し使用している文も多く不明瞭であるため, この規格では, 結合方法ごとに細別した。このことによって, 対応国際規格の内容を変更することなく, 注記は 6~7 に分けられ, 同じ内容の注記は同じ番号にすることで, 表から

の引用番号を統一した。

- 2) 表 G.1～表 G.8 の整理 (G.3.3) G.3.3 の表 G.1～表 G.8 を分かりやすくするために、次に示す追加及び修正を行った。

- － 最後列の $u_i(y)^2$ に単位の列を追加した。
- － 表の最下行に行を追加し、注を表内に移動した。

- 3) “ソフトウェアウィンドウ”について (G.3.3) G.3.3 の a) の記号の説明の中の SW_c の説明に“ソフトウェアウィンドウ”という言葉を使用している。これは、測定器の出力レベルをソフトウェアで制御して、目的のレベルに調整する場合に、目的レベルとして許容する範囲のことである。ソフトウェアが制御する信号発生器の出力レベルは通常 0.1 dB などの最小レベルステップ幅をもち、また、レベル測定器は通常測定レベルにばらつきがある。ソフトウェアが目的のレベル調整時に許容範囲をもたない場合、これらが原因となり、目的のレベルに収束できず、無限ループになる場合がある。したがって、ソフトウェアを用いて、目的のレベルに調整する場合は、目的のレベルに対して許容範囲を設ける必要がある。このため、この規格では、この許容範囲のことを“ソフトウェアウィンドウ”と呼び、不確かさの要因とした。通常、この許容範囲は、ソフトウェアに事前にパラメータを設定することによって、試験所側で調整することができる。

i) AE のインピーダンスの測定 (附属書 H)

- 1) インピーダンスアナライザを用いた測定セットアップの補足説明 (H.2.2) H.2.2 ではインピーダンスアナライザを用いて AE インピーダンスを測定する場合のセットアップについて記載した。ここで、参照している図 8 b) は、測定対象が CDN であるため不要な情報が多く分かりにくい、インピーダンスアナライザのケーブルの内部導体は AE のケーブルのコモンモードポイントに接続し、外部導体は基準グラウンド面に接続する点を参照することを示している。
- 2) 表 H.3 のパラメータの単位について (H.2.4) 対応国際規格の表 H.3 を引用している文章“50 Ω 電圧計から読み取る電圧限度値は、表 H.3 に示す。”は、“電圧限度値”を用いているが、対応国際規格の Table H.3 のパラメータは電流を用いて、“Upper current limit”及び“Lower current limit”としている。この部分の整合を取るために、この規格の表 H.3 のパラメータには電圧を用いて、“電圧上限”及び“電圧下限”と表記した。

5 懸案事項

解説の箇条 3 及び箇条 4 で記載した内容のうち、対応国際規格の誤記及び不適切な内容は、SC77B 国内委員会より国際委員会に修正を提案する。

6 原案作成委員会の構成表

JIS 原案作成委員会の構成表を、次に示す。

JIS 原案作成委員会（JIS C 61000-4-6 改正）構成表

	氏名	所属
(委員長)	澁谷 昇	拓殖大学工学部
(幹事)	中村 哲也	株式会社東陽テクニカ第2技術部
(委員)	飯岡 茂幸	沖電気工業株式会社エンジニアリングサポートセンタ
	石上 忍	国立研究開発法人情報通信研究機構電磁波計測研究所
	石田 武志	株式会社ノイズ研究所技術部
	井上 博史	一般社団法人日本電機工業会技術部
	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
	大塩 修二	株式会社リコー品質本部
	小島 弘文	一般財団法人日本規格協会
	笹川 友孝	一般財団法人日本品質保証機構北関西試験センター
	谷由紀 夫	拓殖大学工学部
	野村 惇哉	総務省総合通信基盤局電波環境課
	張問 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
	平田 真幸	富士ゼロックス株式会社国際認証センター
	広島 芳春	NTT ネットワーク基盤技術研究所
	湯本 心平	一般財団法人電気安全環境研究所横浜事業所
	輪嶋 栄	SC77B 国内委員会
	高橋 聡	経済産業省産業技術環境局国際電気標準課
(事務局)	古正 慎吾	一般社団法人電気学会標準化推進室

(執筆者 中村 哲也)

★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販売サービスチームまで、お申込みください。

JIS C 61000-4-6 (IEC 61000-4-6)

電磁両立性—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

平成 29 年 3 月 21 日 第 1 刷発行

編集兼
発行人 揖斐敏夫

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 4-6: Testing and measurement techniques —Immunity to conducted disturbances, induced by radio- frequency fields

JIS C 61000-4-6 : 2017

(IEC 61000-4-6 : 2013)

(IEEJ/JSA)

Revised 2017-03-21

**Investigated by
Japanese Industrial Standards Committee**

**Published by
Japanese Standards Association**

Price Code 14

ICS 33.100.20

Reference number : JIS C 61000-4-6:2017(J)