

校正等の実施について
高周波インピーダンス (9 kHz～0.04 GHz 未満)
高周波インピーダンス (0.04 GHz～)

1. 背景

高周波インピーダンスとは、電波（高周波）信号が流れる信号線路の伝送特性を表す量であって、高周波電気回路の設計製造における重要な測定項目であり、高周波回路を扱う通信分野や計測器産業において基本的な計量標準として広く使用されている。

携帯電話端末・無線 LAN に代表されるように、電波はすでに社会基盤の要素となっている。その一方で、電磁波が他の電子機器に障害を及ぼす危険もあって、電磁環境の安全性（EMC）確保がより重要となっている。このため、電磁環境に関する国内外の規格・規制・法令等が一層厳しさを増しており、その計測・試験に用いる機器においても国家計量標準へのトレーサビリティが強く要求されている。このように、民生機器の高周波化や高度化を背景に、国内外の規制が強化される現在、高周波インピーダンス標準の校正範囲拡大への要望は強く、産業界から早急な標準の確立と供給が要求されていた。

それら電磁環境試験に用いる測定機器は国際規格でトレーサビリティが要求されているため、これら測定機器に最も多く使用されている Type-N50 および PC-3.5 コネクタ規格の高周波インピーダンス標準の認定校正の要求が以前から非常に高い。両コネクタに関し、これまでに jcss 供給を開始した 40 MHz 以上の高周波インピーダンス標準供給に加え、今回、9 kHz まで周波数を拡張することで、産業界から要望される計量用コネクタの種類の約 75 %について、必要な周波数範囲をカバーすることとなる。

産業技術総合研究所では高周波インピーダンス標準の研究開発を行い、このたび Type-N50 および PC3.5 規格の高周波インピーダンス標準供給体制を整備し、産業界の要求を十分満足する高精度な標準供給が可能となった。したがって、主に EMC 分野でのトレーサビリティ要求に応えるため、上述のコネクタ種類・周波数について特定標準器による校正を開始することとしたい。

2. 特定標準器

標準終端器群（既存,PC7,9 kHz～40 MHz）に PC3.5 及び Type-N50 を追加
標準エアライン群（既存,100 MHz～33 GHz(PC-3.5)）に 40 MHz～100 MHz(PC3.5) を追加

3. 特定標準器の概要

(1) 特定標準器の構造（図 1、図 2 参照）

電磁波を伝送する伝送線路の代表的な形状は同軸構造である。図1のように外部導体と内部導体とから構成される。

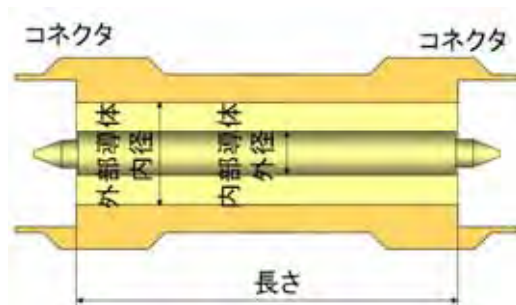


図1 同軸信号線路の構造 (エアライン)

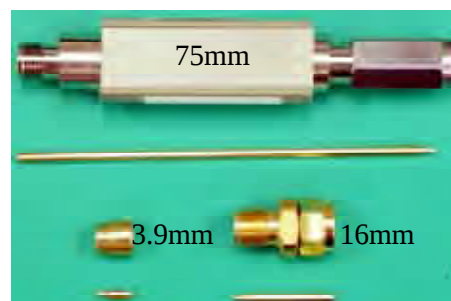
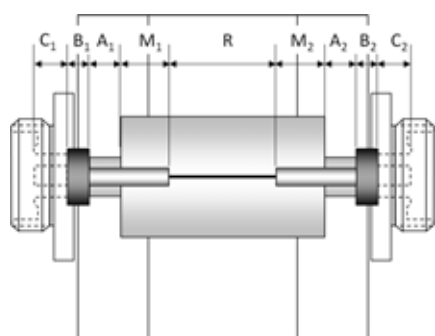


図2 標準エアライン群(PC-3.5)



(a)



(b)

図4 標準整合終端器(PC-3.5) (a) 構造 (b) 写真



図5 標準短絡終端器(PC-3.5)

実用的な同軸線路では同軸構造を維持するために、内部にポリエチレンのような絶縁体が充填されているが、精密な計量標準器に使用されるものは、内外部の導体が空気絶縁された構造となっており、電磁波は内外導体の隙間を伝搬する。高周波インピーダンスは、物理的には一定の状態で行き渡る信号の電圧と電流の比であり、エアライン同軸構造においては内導体の外径と外導体の内径の比から決定される。高周波の伝送線路インピーダンスは規格が決められており、一般的には $50\ \Omega$ である。電波の広い周波数帯域に応じるため、種々の長さの標準エアライン（既存、図2）を必要とする。

9 kHz までの低周波側への標準供給範囲拡張には、校正周波数の電磁波波長に比べ、十分に長い標準エアラインが実現できないため、別の形態の標準を必要とする(図4, 5)。図4および5に示した終端器群は、校正装置の特性インピーダンスにインピーダンスが一致した終端器を国際単位系(SI 単位系)にトレーサブルに実現している。

同一規格の信号線路もわずかにでもインピーダンスの異なる線路を接続すると接続点で高周波信号の反射が生じて信号電力が有効に伝わらないこともあるので、信号回路としてはその反射係数として評価することが重要であり、校正する物理量としては信号端子での反射・伝搬係数の組み合わせである散乱パラメータ(反射特性、伝送特性)とする。

(2) 特定標準器による特定二次標準器の校正の方法 (図 6 参照)

産総研では高周波インピーダンス(散乱パラメータ)の 40 MHz 以上の電氣的測定には、スルー・リフレクト・ライン(TRL)法およびスルー・リフレクト・マッチロード(TRM)法を採用して、仲介標準であるインピーダンス測定器 (ベクトルネットワークアナライザ : VNA) の複素インピーダンス座標 (振幅・位相) を校正する。広い周波数帯域に渡って、この方法を適用するために種々の長さの複数の標準エアラインを特定標準器としている。

また、9 kHz 以上 40 MHz 未満の VNA の座標校正には、標準終端器群(整合終端器、短絡器、開放器)を用いたショート・オープン・ロード・スルー(SOLT)校正を採用している。

特定二次標準器の校正は、特定標準器で目盛り付けされた仲介標準器である VNA を用いて電氣的に行う。

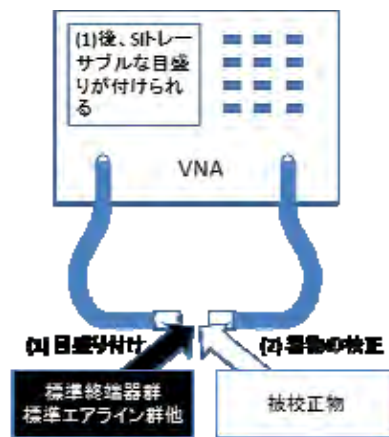


図 6 仲介標準器によるインピーダンス散乱パラメータ(反射係数、伝送係数)測定

4. 計量法第 135 条第 1 項に基づく校正実施機関

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

5. 特定二次標準器

(1) 減衰器、エアライン、 mismatch ライン、終端器

(2) 特定二次標準器の具備条件

(a) 形状

線路 : 同軸

コネクタ : Type-N50 (7 mm 径、50Ω) および PC-3.5 (3.5 mm 径、50Ω)

(b) 校正範囲

周波数 : 9 kHz – 18 GHz (40 MHz – 18 GHz は既存) , (Type-N50 の場合)

9 kHz – 33 GHz (100 MHz – 33 GHz は既存) , (PC-3.5 の場合)

反射特性(入射波と反射波の比、ベクトル量) : ベクトルの大きさが 0 – 1.0

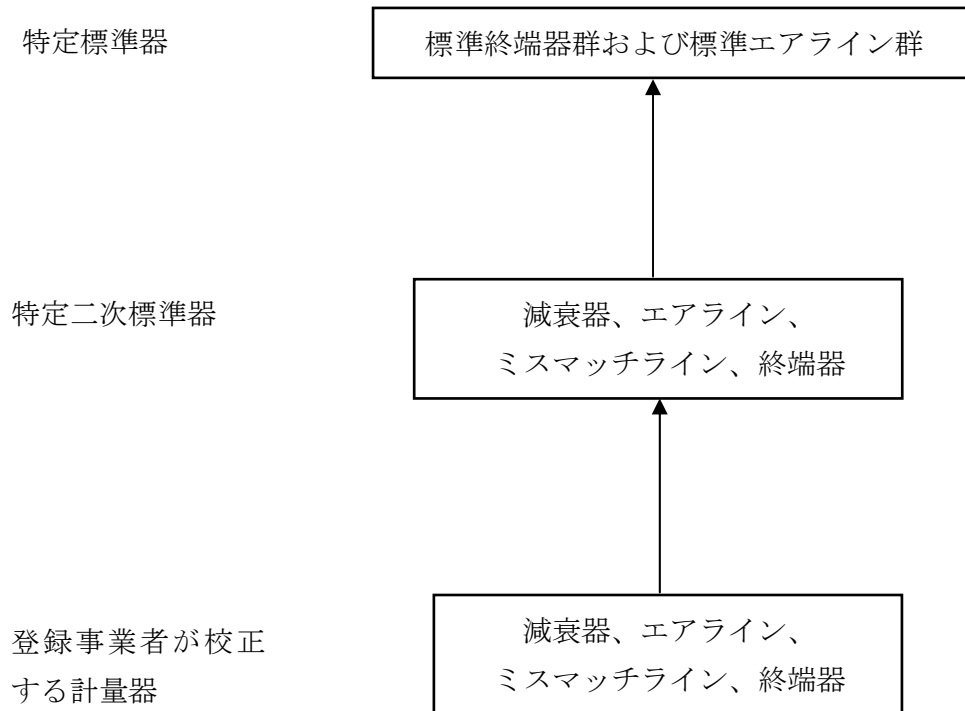
伝送特性(入射波と透過波の比、ベクトル量) : ベクトルの大きさが 0.001 – 1.0

(3) 特定標準器による校正等の期間（校正等の周期）

1 年

6. トレーサビリティの体系図及び測定の不確かさ

(1) トレーサビリティの体系図



(2) 測定の不確かさ

- ① 特定標準器による校正等における測定の相対拡張不確かさ ($k=2$) は、反射特性で 0.3 %～0.75 %程度、伝送特性で 0.035 %～0.1 % を予定している。
- ② 登録事業者が行う校正における測定の相対拡張不確か ($k=2$) は、反射特性で 1.5 %～4.0 %程度、伝送特性で程度を 0.2 %～0.5 % を想定している。

以上