

校正等の実施について 電気(高周波)：高周波インピーダンス

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、一般のユーザが測りたい量である高周波信号・雑音の電力や減衰の大きさなどについてもそれらを測定する回路の状態を知らなければ評価できないため、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、電磁環境の安全性確保がより重要となっている。近年では、電磁波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、高周波計測・試験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、また、民生機器の高周波化や高度化が進み、国内外の規制が強化される現在、高精度で品質の保証された高周波インピーダンス標準への要望は強く、産業界から早急な標準の確立と供給が要求されていた。具体的には、複数種類の基本標準量を用いた高周波測定器の ISO/IEC 17025 認定校正、車載部品に要求される品質規格 ISO/TS 16949、電磁障害試験規格 CISPR 16-1-1, 16-1-2 などと、CISPR を基準として各国・地域で定められている規制や法令(VCCI, CE マーク, UL など)からの要求がある。

今回申請する PC-7 コネクタは、高周波用の精密コネクタとして設計され計測用に多く使用されているためその高周波インピーダンス標準の供給要望は従来から強い。特に、ここ数年で急激に電子化された自動車部品の規格等に SI トレーサビリティが要求されるようになって、その評価に用いる測定機器は多くが PC-7 規格であるので、PC-7 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にも増して高くなっている。PC-7 規格の標準供給開始により高周波インピーダンスの校正ニーズの約 15%弱をカバーすることとなり、これまでに jcss 供給を開始した Type-N50 と PC-3.5 コネクタ規格を合わせて、全体ニーズの約 70%をカバーする。残りの 30%のうち、15%程度が地上波デジタル放送・通信系とその試験設備に用いられる N 型 75 コネクタ、残りの 15%は 2.92 mm, 2.4 mm, 1.85 mm コネクタや導波管で、後者の 2 つはミリ波領域の Wireless HD や車載レーダ関連で、ニーズが増加している。基本的に、ニーズの背景には、規格・規制への対応があり、技術革新に合わせて必要とされる標準を確立する必要はある。現在予測している所望の標準については、その標準の基本技術を蓄積しており、今後の標準の確立は原資配分に応じて粛々と進めていく。

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 PC-7 規格のインピーダンス標準供給体制を準備したので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。

2．特定標準器

標準エアライン群（既存）

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

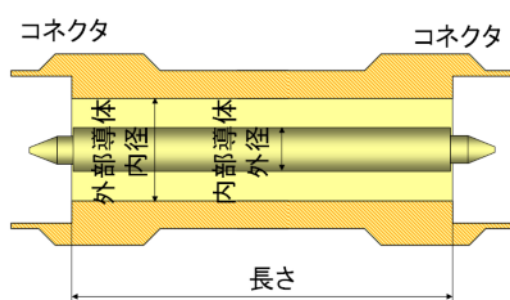


図１ 同軸信号線路の構造（エアライン）



図２ 標準エアライン群

内部導体とから構成される。

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で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一方向に流れ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 Ω 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（図２）を必要とする。

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(反射係数、透過係数)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３参照）

産総研では高周波インピーダンス、または反射係数の電氣的測定にスルー・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。

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。

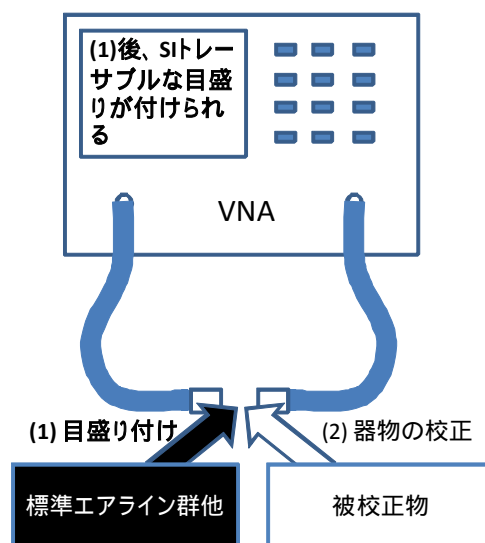


図3 仲介標準器によるインピーダンス（反射係数）測定

4 . 計量法第 135 条第 1 項に基づく校正実施機関

独立行政法人 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、ミスマッチラインまたは終端器であって、周波数が 0.04 GHz 以上 18 GHz 以下の場合において、入射波と反射波との比又は入射波と透過波の比が 1 以下のもの

(2) 特定二次標準器の具備条件

(a) 形状

線路：同軸

コネクタ：PC-7 (7mm 径 50)

(b) 校正範囲

周波数：0.04 – 18 GHz

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

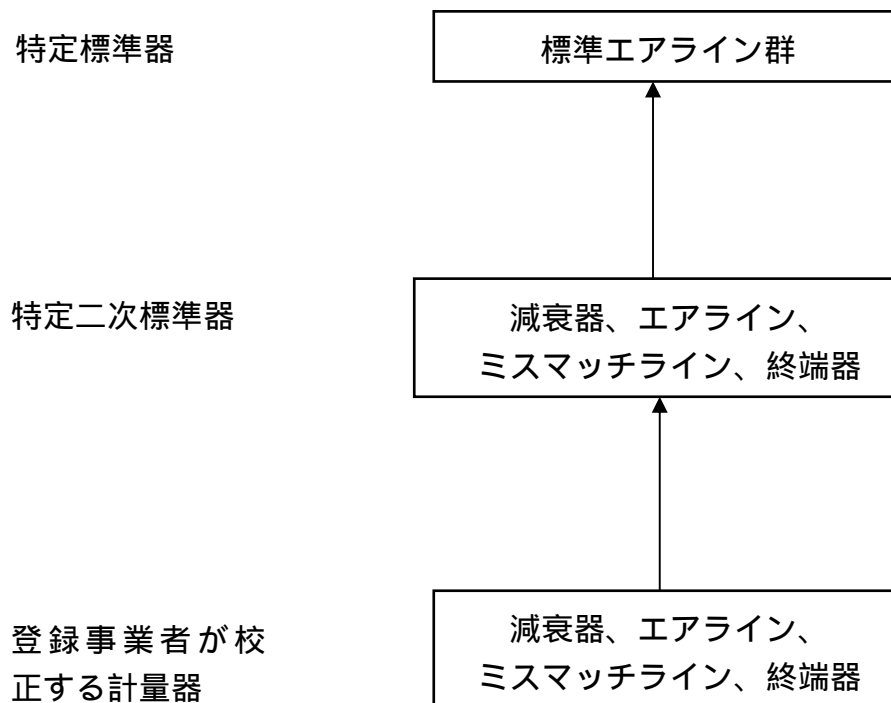
伝送特性(入射波と透過波の比、ベクトル量)：ベクトルの大きさが 0.001 – 1.0

(3) 特定標準器による校正等の期間

校正周期は 1 年である。

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

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、0.3 % ~ 1.4 % を予定している。

登録事業者が行う校正における測定の相対拡張不確かさ ($k=2$) は、1.5 % ~ 7 % 程度を想定している。

以上