

擬似回路網 (AN、AMN、ISN) の インピーダンス 不確かさの寄与 アプリケーションノート

製品：

- | R&S[®]ENV4200 | R&S[®]ENY21
- | R&S[®]ENV216 | R&S[®]ENY41
- | R&S[®]ESH2-Z5 | R&S[®]ENY81
- | R&S[®]ESH3-Z5 | R&S[®]ENY81-CA6
- | R&S[®]ESH3-Z6

このアプリケーションノートでは、ローデ・シュワルツのソフトウェア「AN Impedance Uncertainty Contribution」を使用して標準測定不確かさの合計値を見積もるために、既知の擬似回路網インピーダンスに対する不確かさ範囲を決定する方法について説明します。

目次

1	擬似回路網のインピーダンス不確かさの寄与	3
1.1	概要	3
1.2	不確かさの計算	3
1.3	不確かさ範囲	5
2	最大偏差カリキュレータ	6
3	参考文献	7

1 擬似回路網のインピーダンス不確かさの寄与

1.1 概要

CISPR 16-4-2[1]の擬似電源回路網（AMN）の場合、 U_{cispr} の大きさは「不確かさ円」 ΔZ （図 1 参照）の仮定に基づいて計算されていますが、これは、要するにインピーダンスの許容範囲を示す円です。図 1 に示す円の中心は、既知の周波数における AMN の公称負荷インピーダンス Z です。

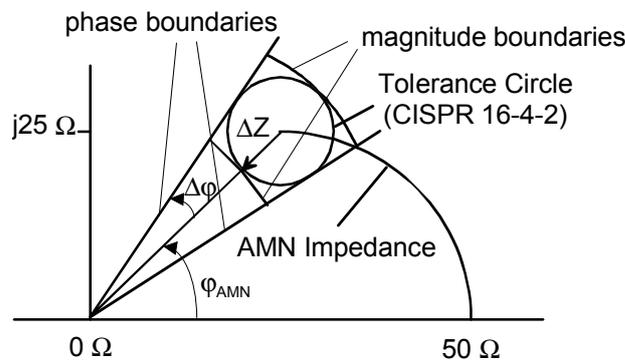


図 1：インピーダンスの振幅と位相の誤差の定義

しかし、既存のネットワーク・アナライザで許容範囲円を指定することはできません。したがって CISPR は、CISPR 16-1-2[2]において、振幅誤差についてオリジナルの仕様を使うことと、位相誤差の仕様を追加することとしました。三角関数を使用して、次式から $\Delta\phi = 11.5^\circ$ という値が得られます。

$$\Delta|Z|/|Z| = 0,2$$

CISPR 22 などの一部の標準では、非対称擬似回路網（AAN）のことをインピーダンス安定化ネットワーク（ISN）と呼んでいますが、CISPR 16-1-2 は、たとえばこの回路のような他の擬似回路網（AN）に関し、ネットワーク負荷インピーダンスの振幅と位相の両方について許容差の仕様を定めています。

1.2 不確かさの計算

位相要件を満たすことができない場合は、CISPR 16-4-2[1]に従った不確かさ予測の際に、測定位相角を考慮に入れることができます。不確かさの計算に関するガイドラインは、CISPR 16-1-2[2]の Annex I に示されています。

図 2 は計算のための基本回路です。

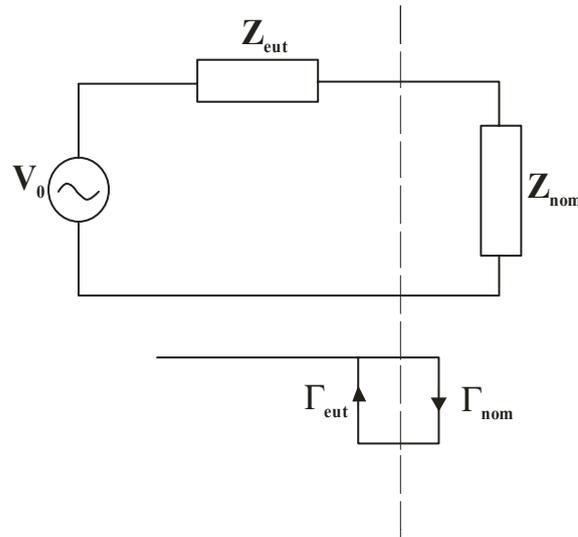


図2：理想的な擬似回路網に接続されたEUTとそのフローグラフ

50Ω/50 μH の理想 AMN の例では次式が成り立ちます。

$$Z_{nom} = 1/Y_{nom}, \text{ with } Y_{nom} = 1/R - j/\omega L, \quad (1)$$

ここで、 $R = 50\Omega$ 、 $L = 50 \mu\text{H}$

他のANについても、同様の値があてはまります。実際のANでは、 Z_{nom} ではなく Z_{an} を使用します。計算には、 Z_{nom} と Z_0 インピーダンス系内の未知のEUTインピーダンス Z_{eut} に対応する反射係数 Γ を使用しますが、これは次式で表されます。

$$\Gamma_{nom} = \frac{Z_{nom} - Z_0}{Z_{nom} + Z_0}, \quad \Gamma_{eut} = \frac{Z_{eut} - Z_0}{Z_{eut} + Z_0} \quad (2)$$

$$V_{nom} = \frac{Z_{nom}}{Z_{eut} + Z_{nom}} V_0 = \frac{(1 + \Gamma_{nom})(1 - \Gamma_{eut})}{2(1 - \Gamma_{nom}\Gamma_{eut})} V_0$$

これは、理想擬似回路網の場合です。

$$\Gamma_{an} = \frac{Z_{an} - Z_0}{Z_{an} + Z_0} \quad (3)$$

$$V_{an} = \frac{Z_{an}}{Z_{eut} + Z_{an}} V_0 = \frac{(1 + \Gamma_{an})(1 - \Gamma_{eut})}{2(1 - \Gamma_{an}\Gamma_{eut})} V_0$$

実際の擬似回路網の場合は上の通りです。

一般に Z_{an} と Z_{nom} は等しくならないので、測定電圧 V_{an} も V_{nom} とは異なる値となります。測定の不確かさに対するこの寄与項の最大値は、 V_{an} と V_{nom} の比率の極値によって与えられます。

$$\left| \frac{V_{an}}{V_{nom}} \right| = \left| \frac{1 + \Gamma_{an}}{1 - \Gamma_{eut} \Gamma_{an}} \cdot \frac{1 - \Gamma_{eut} \Gamma_{nom}}{1 + \Gamma_{nom}} \right| \quad (4)$$

1.3 不確かさ範囲

CISPR 16-4-2 は、実際のインピーダンス Z_{an} に関して、公称インピーダンス Z_{nom} を中心とするインピーダンス許容範囲円の概念を採用しており（図 1 参照）、これは次式で表されます。

$$Z_{an} = Z_{nom} + \alpha |Z_{nom}| \exp(j\theta), \text{ ここで、 } 0 \leq \alpha \leq 0,2 \text{ かつ } 0 \leq \theta < 2\pi \quad (5)$$

Z_{eut} の値は未知で、範囲も設定されていません。しかし、正規化インピーダンス Z_0 が実数（たとえば 50Ω ）となるような任意の値を選ぶことにより、 Γ_{eut} は 1 より大きくはなり得ず、この場合 Γ_{eut} は次のように書くことができます。

$$\Gamma_{eut} = \rho \exp(j\phi), \text{ ここで、 } 0 \leq \rho \leq 1 \text{ かつ } 0 \leq \phi \leq 2\pi \quad (6)$$

物理的検討の結果は、 α と ρ がそれぞれの最大値である 0.2 と 1.0 を取るときに、(4) が極値となることを示唆しています。次の表に示す結果は、 $\alpha = 0.2$ および $\rho = 1$ として、 θ と ϕ の値をそれぞれ 1° ずつ変化させながら両者の考えられるすべての組み合わせを使用し、 $50\Omega/50 \mu\text{H}$ の AMN に対して計算したものです[3]。

周波数 MHz	最大 dB	最小 dB
0.15	2.68	-2.60
0.16	2.56	-2.53
0.17	2.46	-2.47
0.18	2.37	-2.43
0.19	2.30	-2.38
0.20	2.23	-2.34
0.25	2.01	-2.21
0.30	1.89	-2.13
0.50	1.70	-2.01
1.00	1.61	-1.96
5.00	1.58	-1.94
10.0	1.58	-1.94
30.0	1.58	-1.94

表 1 : $50\Omega/50 \mu\text{H}$ の AMN における(4)の極値 [3]

表 1 の最大値は 150 kHz で発生し、この値は CISPR 16-4-2 の U_{cispr} の計算に使われています。

既知の測定インピーダンスに対して V_{an} と V_{nom} の最大比を計算するという作業に対応するために、ローデ・シュワルツは、このアプリケーションノートで紹介する「AN Impedance Uncertainty Contribution」というプログラムを開発しました。

2 最大偏差カリキュレータ

このカリキュレータを使用すれば、たとえば校正レポートなどから、実際の擬似回路網の既知のインピーダンスに対する不確かさ範囲を計算することができます。また、AN の位相許容差を満たすことのできない不確かさ範囲を計算することも可能なので、実施済みの放射測定における標準的な不確かさの合計値をより正確に予想し、その値が CISPR 16-4-2[1]の U_{cispr} よりも大きい小さいかを判断することができます。

The screenshot shows a software window titled "Rohde & Schwarz - AN Impedance Uncertainty Contribution". The window contains the following elements:

- Artificial Network (AN):** Four radio button options for different network configurations:
 - 50 Ω // 50 μH + 5 Ω
 - 50 Ω // 5 μH + 1 Ω
 - 50 Ω // 50 μH
 - 150 Ω
- Input Values (AN Impedance):** Three input fields:
 - Frequency: 30 MHz
 - Magnitude: 40 Ω
 - Phase: 0 deg
- Results:** Two output fields:
 - Maximum Deviation: -1.94 dB
 - Phase of EUT reflection coefficient: 368.1 deg
- Buttons:** "Calculate", "About", and "Exit".

図3 : 「AN Impedance Uncertainty Contribution」のユーザ・インタフェース

AN の絶対インピーダンス・データ（周波数、振幅、および位相）を入力して Calculate（計算）ボタンをクリックすれば、基準電圧レベルに対する測定電圧レベルの最大偏差が dB 単位で出力されます。図3を参照してください。

AN を測定レシーバとともに使用するときは、AN インピーダンスと公称インピーダンスが一致していれば、あらゆる EUT ソース・インピーダンスに対する基準電圧レベルが測定されます。EUT 反射係数の値は 1 に近づきます。最大偏差に対する位相を予測するのは容易ではないので、位相は二次的な結果として表示されます。

3 参考文献

[1] CISPR 16-4-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Measurement instrumentation uncertainties*

[2] Amendment 2:2006 to CISPR 16-1-2:2003, *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/A/WG2(Ad-hoc Measurement Uncertainty/Hunter)99-01

ローデ・シュワルツについて

ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。

75年以上前に創業し、世界70カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

本社／東京オフィス

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1

住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

神奈川オフィス

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-8-12

Attend on Tower 16 階

TEL:045-477-3570 (代) FAX:045-471-7678

大阪オフィス

〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20

TEK 第2ビル 8 階

TEL:06-6310-9651 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター

〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11...

さくら浦和ビル 4 階

TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com

<http://www.rohde-schwarz.co.jp/>

Certified Quality System
ISO 9001
DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System
ISO 14001
DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツのウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている諸条件に従ってのみ使用することができます。

掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。

おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1 住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp