

KISTEC における電源ポート伝導エミッション測定の不確かさの評価

臼井 亮、鶴田 誠（電子技術部 電磁環境グループ）

1. はじめに

電気製品から発生する不要な妨害波（電磁ノイズ）が、他の機器へ悪影響を与えないように、世界各国で EMI（Electromagnetic Interference：電磁妨害）規制が行われており、日本国内においては、1985 年から（一財）VCCI 協会（以下 VCCI：Voluntary Control Council for Interference by Information Technology Equipment）が自主規制を開始し現在に至っている。VCCI では、これまで技術の変化に応じて、その時々で規定類の改訂が行われてきたが、2016 年 11 月に始まった新規定の運用が、旧規定との併用期間を経て、移行期間が終了した 2019 年 4 月からは、EMI 測定における不確かさの算出が必須となった。

KISTEC では、1995 年より VCCI に測定設備登録をした電波暗室・電磁波シールド室において企業への技術支援を続けてきたが、この度の規定類の改訂に合わせて EMI 測定の不確かさを算出した。

EMI 測定には、放射妨害波・伝導妨害波・測定ポートなどの違いにより多くの測定項目があるが、本報告では、比較的、算出が容易な、電源ポート伝導エミッション測定の不確かさについて記載する。

2. 電源ポート伝導エミッション測定の測定系

電源ポート伝導エミッション測定は、供試機器の電源ポートから発生する伝導妨害波の測定を目的としている。図 1 に示すとおり、供試機器の電源ポートを疑似電源回路網（以下 AMN：Artificial Mains Network）に接続し、減衰器とハイパスフィルタを介して、妨害波のレベルを受信機で測定する。測定には計測ソフトを使用する。

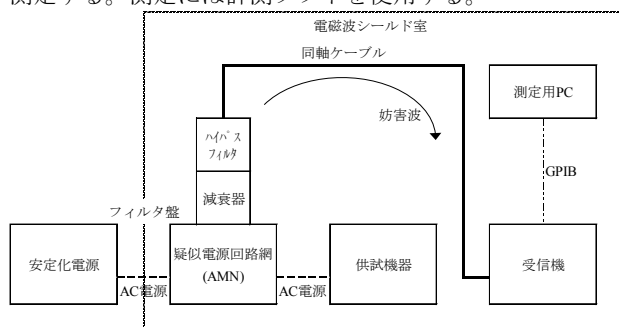


図 1 電源ポート伝導エミッション測定の測定系

受信機：ROHDE&SCHWARZ ESCI

疑似電源回路網：Schwarzbeck NSLK8127

減衰器：HUBER+SUHNER 6810.01.A

ハイパスフィルタ：協立電子工業 KFL-007

安定化電源：NF 回路設計ブロック ES2000S+ES2000B

計測ソフト：テクノサイエンスジャパン TEPTO

3. 不確かさの要因

電源ポート伝導エミッション測定のバジェットシートを表 1 に示す。入力量 X_i の測定量 V は次のとおりとなる。

$$V = V_r + a_c + F_{AMN} + \delta V_{SW} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nr} + \delta F_{AMNr} + \delta M + \delta Z_{AMN} + \delta D_{mains} + \delta V_{env}$$

不確かさの要因である入力量の推定値 x_i について検討した内容を以下に記載する。なお a) を除き、入力量と確率分布関数については、VCCI 規定と CISPR16-4-2(CISPR：国際無線障害特別委員会)を引用している。

a) 測定用受信機の読み： V_r は、測定系の不安定さや計測ソフトの数値の丸め込みに関する入力量である。一般的な算出方法である平均値の実験標準偏差を求めたが、使用している計測ソフトの丸め込み(小数点 2 位以下を四捨五入)による影響の方が大きいため推定値は $\pm 0.05\text{dB}$ とした。確率分布関数は一様(除数 $\sqrt{3}$)となる。

b) AMN-測定用受信機の減衰量： a_c は、AMN-受信機間を接続する同軸ケーブルで生じる高周波損失に関する入力量である。損失はネットワークアナライザにより測定しているため、ネットワークアナライザの校正データからレベル測定に関する不確かさを引用して a_c を求めた。校正データからの引用であるため、確率分布関数は正規分布(除数 2)となる。

c) AMN 電圧分割係数： F_{AMN} は、AMN 内部の高周波損失に関する入力量であり、校正データから引用した。確率分布関数は正規分布(除数 2)となる。

d) 正弦波電圧： δV_{SW} は、受信機の正弦波電圧測定に対する精度の入力量であり、校正データから引用した。確率分布関数は正規分布(除数 2)となる。

e) パルス振幅応答： δV_{pa} は、受信機のパルス振幅測定に対する精度の入力量である。校正データから引用することもできるが、校正時に使用するパルスは、実際の供試機器から発生する妨害波とは大きく異なるため、引用せず、代わりに CISPR16-4-2 が定める基準値を引用した。確率分布関数は一様(除数 $\sqrt{3}$)となる。

f) パルス繰り返し率応答： δV_{pr} は、受信機の繰り返しパルスに対する精度の入力量である。e) と同様の理由から CISPR16-4-2 が定める基準値を引用した。確率分布関数は一様(除数 $\sqrt{3}$)となる。

g) ノイズフロアの影響： δV_{nr} は、受信機のノイズフロアが測定値に与える影響に関する入力量である。使用している受信機は CISPR 規格に適合したもので、ノイズフロアは VCCI 規格の限度値に対して 30dB 以上の余裕があるため、影響は無視できると考えた。

h) AMN 電圧分割係数の周波数補間： δF_{AMNr} は、校正デー

タから得られる電圧分割係数を周波数補間によって計算する際に生じる誤差に関する入力量であり、校正データから算出した。確率分布関数は一様（除数 $\sqrt{3}$ ）となる。

i) AMN-測定用受信機の不整合： δM は、測定系の接続箇所からの反射の影響に関する入力量である。受信機、AMN、減衰器、ハイパスフィルタの反射係数を合成して算出した。確率分布関数はU字（除数 $\sqrt{2}$ ）となる。

j) AMN インピーダンス： δZ_{AMN} は、AMN のインピーダンスと位相角に関する入力量である。規格に適合した AMN を使用していることから、CISPR16-4-2 が定める基準値を引用した。確率分布関数は三角（除数 $\sqrt{6}$ ）となる。

k) 電源からの妨害波の影響： δD_{mains} は、測定サイト外部からの妨害波の影響に関する入力量である。KISTEC では電磁波シールド室において電源ポート伝導エミッション測定を行っており、専用の安定化電源、フィルタ盤を介して電源を供給していること。さらに、測定に使用する AMN は 40dB 以上の絶縁性能を有していることから、影響は無視できると考えた。

l) 環境の影響： δV_{env} は、その他の環境の影響に関する入力量である。影響を与えるもので定量化できる入力量があれば今後検討するが、現時点では考慮しないこととした。

4. 拡張不確かさの算出

標準不確かさ $c_i u(x_i)$ は、感度係数 c_i を 1 とし、 x_i の不確かさを除数で乗じて算出する。次に合成標準不確かさ $u_c(y)$ を次式により算出する。

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_i c_i^2 u^2(x_i)}$$

表1 電源ポート伝導エミッション測定のパジェットシート(150kHz から 30MHz)

入力量	X_i	x_i の不確かさ		標準不確かさ $c_i u(x_i)$ dB
		dB	確率分布関数	
測定用受信機の読み	V_r	± 0.05	一様	0.029
AMN-測定用受信機の減衰量	a_c	± 0.25	正規(k=2)	0.125
AMN電圧分割係数	F_{AMN}	± 0.21	正規(k=2)	0.105
・測定用受信機の補正：				
正弦波電圧	δV_{SW}	± 0.25	正規(k=2)	0.125
パルス振幅応答	δV_{pa}	± 1.5	一様	0.866
パルス繰り返し率応答	δV_{pr}	± 1.5	一様	0.866
ノイズフロアの影響	δV_{nf}	± 0		0
AMN電圧分割係数の周波数補間	δF_{AMNf}	± 0.05	一様	0.029
AMN-測定用受信機の不整合	δM	$+0.055 / -0.056$	U字	0.039
AMNインピーダンス	δZ_{AMN}	$+2.6 / -2.7$	三角	1.082
電源からの妨害波の影響	δD_{mains}	± 0		0
環境の影響	δV_{env}	-	-	-

合成標準不確かさ $u_c(y)=1.65\text{dB}$

拡張不確かさ $U_{lab}=3.3\text{dB}$ (k=2)

この合成標準不確かさに、次式のとおき包含係数 $k=2$ を乗ずることにより拡張不確かさ U_{lab} を算出する。

$$U_{lab}=2u_c(y)$$

5. 結果

KISTEC における電源ポート伝導エミッション測定の不確かさを算出した結果、拡張不確かさ U_{lab} は 3.3dB (U_{lab} は包含係数 $k=2$ として求めた拡張不確かさで、約 95% の信頼の水準を持つと推定される区間を定める。) となった。CISPR で提示されている基準値 U_{CISPR} は 3.4dB であり、ほぼ同じ値であった。今のところ VCCI では不確かさの算出を要求してはいるが、測定結果への適用までは要求していない。しかし、将来的には適用することも検討されており不確かさの算出は重要な課題となる。今回 3.3dB という値が得られたが、不確かさには正解はなく、今後、更に検討を繰り返すことで KISTEC における不確かさをより小さくしたいと考える。

【参考文献】

- 1.VCCI32-1-3:2016 測定装置の不確かさ、(一財) VCCI 協会、(2016)
- 2.CISPR16-4-2 Edition2.1 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling - Measurement instrumentation uncertainty, CISPR, (2014)
- 3.今井秀孝ほか、測定における不確かさの表現ガイド [GUM]ハンドブック、日本規格協会、(2018)