

IEC61000-4 シリーズのイミュニティ試験 - IEC61000-4-6 伝導性妨害イミュニティ試験の概要 -

キーワード：伝導性妨害、イミュニティ、無線周波送信機、コモンモード、CDN

はじめに

電子機器はそれに接続されたケーブルを介して電磁波妨害を受けることがあり、これを伝導性妨害と呼びます。IEC 61000-4-6は、無線周波送信機から意図的に放射された電磁波による伝導性妨害に対する機器のイミュニティ(耐性)に関して試験方法を定めた国際規格です。

当研究所ではIEC 61000-4-6準拠の試験を行うシステムを開放機器としてご利用いただけます。ここでは、試験法と再現性確保に必要な事項について概説します。

試験信号

この試験では、被試験機器(EUT)に接続されたケーブルにコモンモード妨害波として試験信号を重畳します。試験信号は1kHz正弦波、変調度80%で振幅変調された150kHz～80MHzの無線周波信号です。図1に試験信号波形を示します。試験レベルは無変調時の開路電圧(起電力)の実効値として、表1のように規定されています。

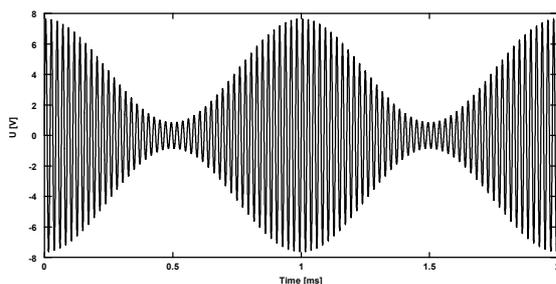


図1 試験信号の波形 ($U_0 = 3[V]$)

コモンモード妨害波は、試験室の床に敷かれた金属板(接地基準面)を基準として、ケーブルを構成する各々の導線に同電位で印加される妨害波です。試験では、妨害波によってEUT内部および近傍に発生する電磁界からEUTが受ける影響を調べます。図2に試験の模式図を示します。

試験信号の重畳

規格において試験信号をケーブルに重畳する方法が幾つか述べられていますが、CDN(Coupling-Decoupling Network)を使用する方法が最も一般的です。CDNはEUT側から見た信号源インピーダンスが150Ωとなるようにインピーダンス変換を行った上でケーブルに信号を注入する結合回路と、外部機器(AE)側への試験信号の伝達を阻止する減結合回路から構成されています。減結合回路はまたAE側コモンモードインピーダンスが注入点に並列接続されることによるインピーダンス不整合を解消する役割もしています。

表1 試験レベル

レベル	試験電圧 U_0 [V]
1	1
2	3
3	10
X	任意

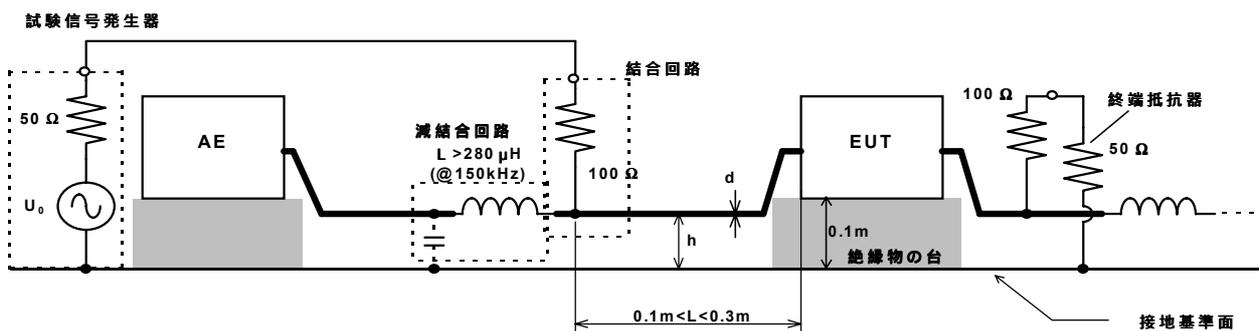


図2 ケーブルへの試験信号注入の模式図

CDNにはケーブルの線数、種類(遮蔽ケーブルか非遮蔽ケーブルか、電源線か通信線か)により種々の形式があります。表2に当研究所で利用できるCDNの一覧を示します。

対応するCDNが無い場合は、抵抗器を介して試験信号を注入する直接注入法を採用するか、EMクランプを利用します。直接注入法を採用する場合、デカップリングクランプ等の減結合デバイスを別に用意する必要があります。EMクランプに関しては、結合回路・減結合回路の接続により(妨害信号を重畳しなくても)、機器が正常動作しなくなる場合のみ利用が認められません。

コモンモードインピーダンス

ここで、妨害波を重畳するケーブルのコモンモード特性インピーダンスについて考察してみます。無限大の接地基準面上高さhの位置に、基準面と平行な導体(幅wの平板および直径dの円筒)が作る2種類の伝送線路の特性インピーダンスを図3に示します。

特性インピーダンスと信号源インピーダンス(150Ω)の不整合による反射係数の許容範囲を|Γ|<1/3とすると、特性インピーダンスの範囲は75Ω~300Ω、d/hあるいはw/hの範囲は

表2 研究所で利用できるCDNの種類

形式	ケーブル	線数	製造
801-S1	遮蔽	1	Lüthi
801-S8	遮蔽	9	Lüthi
801-AF8	非遮蔽	9	Lüthi
KSI-8007	非遮蔽	4	協立電子工業株式会社
801-M1	電源線	3	Lüthi
801-M2	電源線	2	Lüthi

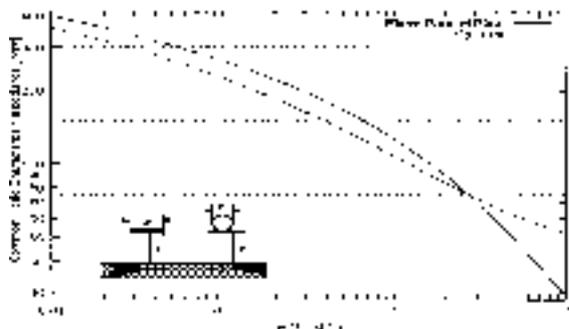


図3 平行平板導体 / 円筒導体が無限大導体面と作る伝送線路の特性インピーダンス

およそ0.06~2.5となります。

規格はケーブルの高さを30φ50mmと規定していますから、導体の等価的な直径(幅)は、3φ75mmの範囲にあればよく、一般にこの条件は満足されると考えられます。しかし、ケーブルが長くなると不整合の影響が大きくなる為、やむを得ず規格で定められたケーブル長(0.3m以内)を超える場合、あるいは製品群規格に従い試験周波数の上限を80MHzより高い周波数に設定する場合は、試験時に電圧または電流をモニターするなどの対策が必要です。また、EMクランプなど、ケーブルの太さやAE側コモンモードインピーダンスによって結合係数が変化する重畳デバイスを使用する場合も同様の注意が必要と考えられます。

なお、不整合の影響はケーブル長が妨害波の1/4波長のとき極大になり、そのときEUTに印加される妨害波(電圧 U_{com} 、電流 I_{com})は、EUTのコモンモードインピーダンスを Z_{EUT} 、ケーブルのコモンモード特性インピーダンス Z_{line} とすると、次式で表されます。

$$U_{com} = (R_0 / Z_{line} + Z_{line} / Z_{EUT})^{-1} U_0$$

$$I_{com} = (Z_{line} / R_0 + Z_{EUT} / Z_{line})^{-1} I_0$$

ただし、

$$I_0 = U_0 / R_0, \quad R_0 = 150[\Omega]$$

完全にインピーダンス整合がなされている場合は、 $U_{com} = U_0 / 2$ 、 $I_{com} = U_0 / 2R_0$ となります。

実際の試験環境では、上記理論式を用いるより、 U_{com} あるいは I_{com} を測定する方が現実的です。その場合、一般に金属製筐体のEUTは電界より磁界の影響を受けやすいため、電界の発生要因である U_{com} より磁界の発生要因である I_{com} をモニターして妨害波レベルを管理した方が良いと考えられます。

まとめ

試験法の概要の他、再現性確保に必要な事項を理論面から述べましたが、妨害波レベルのモニターなど、当研究所の試験システムではまだ実現していない課題もあります。今後、試験の再現性を高めるべく、試験システムの充実を図って行く所存です。