

EMC とは何か

佐藤智典

<http://homepage3.nifty.com/tsato/>

平成 16 年 2 月 23 日

目次

1 はじめに	1
2 EMC とは何か	1
2.1 なぜ EMC が必要か？	1
2.2 エミッションとイミュニティ	2
2.3 EMC の達成	2
3 EMC 規制	6
3.1 エミッション規制	6
3.2 イミュニティ規制	6
3.3 規制への適合と EMC	7
4 エミッション試験	7
4.1 放射妨害波 (放射電磁界エミッション)	8
4.2 妨害電力	8
4.3 雑音端子電圧 (伝導性エミッション)	8
4.4 フリッカ	8
4.5 電源高調波電流	12
5 イミュニティ試験	12
5.1 無線周波電磁界イミュニティ	12
5.2 伝導性高周波妨害イミュニティ	12
5.3 電氣的ファースト・トランジェント・パースト	12
5.4 サージ	13
5.5 静電気放電 (ESD)	13
5.6 瞬時停電、電圧ディップ	13
6 製品開発と EMC	16
7 参考、引用 * 文献	19

これは、トランジスタ技術 2003 年 12 月号に「知っておこう！ノイズ規制と測定法」というタイトルで掲載された記事の編集部における書き換え前の原稿に、若干の加筆を行なったものです。

1 はじめに

多くの方は EMC という言葉を聞いたことはあると思いますが、それが何であるかがよくわからないという方や、なぜそれが必要とされるのかわからないという方もおられるかも知れません。しかし、EMC の達成は製品開発における重要なポイントとなっており、製品の開発に携わっているそれぞれの人が基本的なことを知っておくことが望ましいと思われまます。そこで、ここでは、EMC とは何なのか、なぜそれが求められているのか、そして EMC の確認がどのように行なわれているのかについて、簡単に述べることにします。

2 EMC とは何か

EMC は、electro-magnetic compatibility の略であり、日本語では電磁両立性、電磁環境両立性などとも呼ばれます。この用語は、「機器やシステムの、その環境内のいかなるものに対しても許容できない妨害を与えることなく、その電磁環境内において満身に機能する能力」のような形で定義されています。簡単に言えば、機器がその動作によって他のものに妨害を与えず、またその動作が他のものによって妨害されないならば、EMC が達成されているということになります。

おおよそどのような機器も世界の中に他のものと全く無関係に存在しているわけではなく、自然現象や他の機器などによって形成される環境の中で、他のものと共存していくことが求められます。これが、その名前の「両立性 (compatibility)」が意味するものです。

2.1 なぜ EMC が必要か？

EMC が欠如しているということは、何らかの干渉が発生することを意味します。多くの人は電話やラジオへの雑音の混入やテレビの画像の乱れなどを経験したことはあるでしょうが、これも EMC が不十分であることによるものと言えます。やや深刻な EMC 問題の身近な例の 1 つとしては、携帯電話とペースメーカーとの干渉の可能性があげられます。

私達のまわりには妨害を発生する可能性を持つ多くの電気機器が存在しており、それらは雷に伴うサージや電磁波、人体などからの静電気放電などといった電気機器以外のものからの妨害とともに、他のものへの干渉を引き起こす可能性を持っています。このような干渉現象の例としては、表 1 に示すようなものがあげられます。

近年の、多くの機器へのコンピュータの搭載、信号の高速化、機器の相互接続の増加、無線の使用の拡大などの傾向は、干渉の可能性をさらに増加させていると言えます。現代においては、普通の家庭においても実に多様な電気機器が使われており、それらは互いに相手の動作を妨害する可能性を持っています。干渉問題は決して珍しい現象ではありませんし、ラジオの雑音のように単に迷惑だけでなく、医療機器の誤動作、自動車や工作機械の暴走のように、命にかかわるような影響を持つものともなり得ます。このような意味からも、技術者の方々には、このような問題を未然に防ぐために必要なものとして EMC を真剣に考えていただきたいと思います。

2.2 エミッションとイミュニティ

機器からの妨害の放射（つまり、加害者としての振る舞い）は、エミッションと呼ばれます。これは、EMI (electro-magnetic interference; 電磁干渉) と呼ばれることもあります。また、妨害に対する耐性、すなわち妨害の受けにくさの程度はイミュニティと呼ばれます。これは、その逆の妨害の受けやすさの程度を示す、サセプティビリティ、あるいは EMS (electro-magnetic susceptibility; 電磁的感受性) という言葉で呼ばれることもあります。電気機器からのエミッションや電子機器への妨害の例を表 2～表 3 に示します。

2.3 EMC の達成

機器への干渉が問題となるのは、被害者となる機器が受ける妨害のレベルがその機器が耐えられる限界を超えた時です (図 1)。従って、被害者となる機器が受ける妨害のレベルを下げる (例えば、近傍の他の機器が発生する妨害を抑える) か、あるいは被害者となる機器をより強い妨害まで耐えられるようにすることによって、妨害のレベルがその機器が耐えられる限界を超えないようにすれば、干渉が防止され、従って EMC が達成されたということになります。機器の設計者が EMC を考える場合には、通常は、その機器が発生する妨害がその影響範囲内にある他のもののイミュニティ・レベルを超えないようにし、またその機器のイミュニティ・レベルをそれが受けることが予期される妨害のレベルよりも高くすることが目標となります。

一般に、干渉の可能性はそのエミッションやイミュニティのレベルに応じて連続的に変化していくものとなり、このレベルに達していれば大丈夫だという明確なラインを示せるものとはなりません。また、干渉の可能性をどの程度許容できるかも、機器によってかなり異なったものとなります。例えば、ある機器は厳しい電磁環境で使用されることが予期され、しかもその誤動作が重大な災害を引き起こし得るために、非常に高いイミュニティを達成することが必要となるかも知れません。それに対して、ある機器は穏やかな電磁環境でのみ使用されるものと想定され、しかも干渉に際して機能を失っても大きな問題とはならないことから、イミュニティがかなり低くても問題とはならないかも知れません。このような観点からは、達成すべきレベルはその機器の特性や使用環境などに基づいて個々に判断することが必要となり、一概に決めることはできないと考えられます。

実際には、個々の製品についてそのような調査をゼロから行なうことは非現実的なことでしょう。幸い、EMC に関する様々な規格が作成されており、国際的な標準化 (表 4～表 5 を参照) も進められていますので、多くの場合は適当な規格を基準として用いることができると考えられます。

現象	原因の例
ラジオやオーディオの雑音	電磁波、電源からの伝導性雑音
テレビの画像の乱れ	電磁波、低周波磁界、電源からの伝導性雑音
テレビのゴースト	ビルなどからの放送波の反射
コンピュータやその他の電子機器の誤動作	電磁波、電源からの伝導性雑音、静電気放電、サージ、電源電圧変動
照明のちらつき (フリッカ)	電源電圧変動
変圧器の過熱、力率補償用コンデンサや雑音防止用コンデンサの破損	電源高調波電流
生体への影響	電磁波、低周波磁界

表 1: 干渉の例

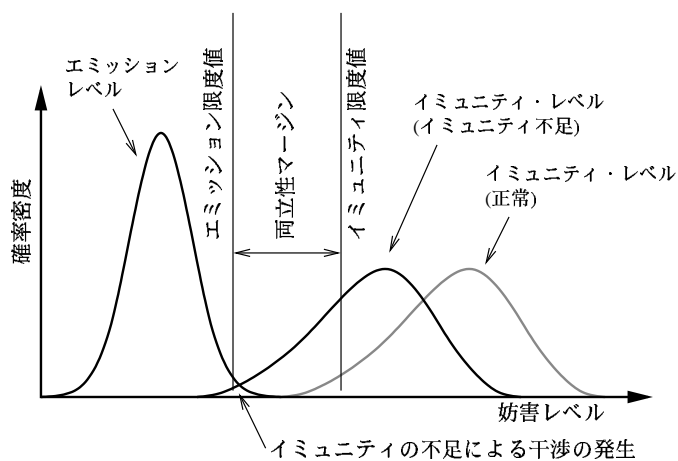
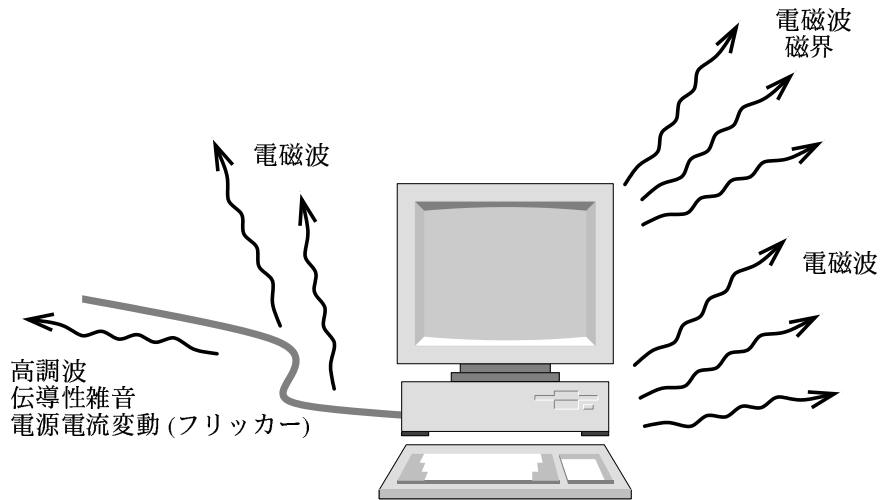
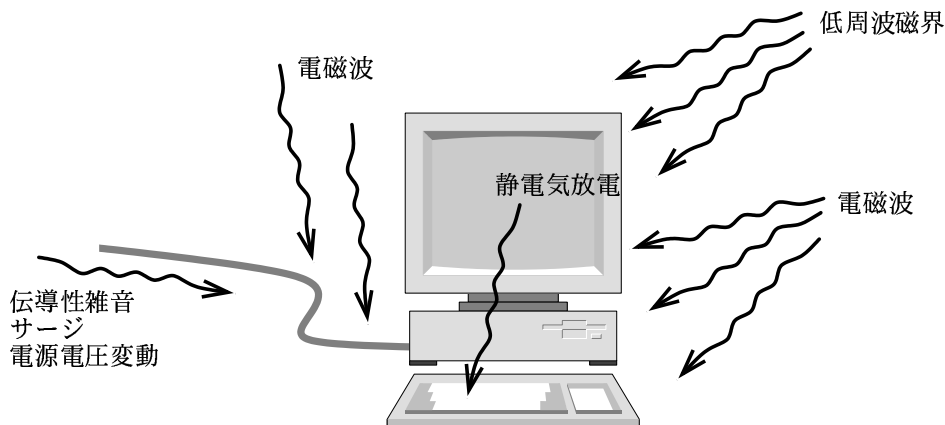


図 1: イミュニティの不足による干渉の発生の概念図



発生源	現象
放電灯、放電加工機、内燃機関の点火系、整流子電動機、接点の開閉、高圧線などの放電	電磁波の放射
無線送信 (放送、無線通信、レーダーなど)	電磁波の意図的な放射、スプリアス
高周波エネルギー利用機器 (高周波加熱装置、電子レンジなど)	電磁波の放射
高周波信号利用機器 (無線受信機、スペクトラム・アナライザなど)	電磁波の放射
デジタル回路 (情報技術機器、マイクロプロセッサ利用機器など)	電磁波の放射
電力スイッチング (電力負荷の開閉、インバータなど)	電磁波の放射、電源系統への高周波雑音やサージの注入、電源電圧変動の誘起 (フリッカ)
交流電源 (送電線、変圧器、電動機など)	低周波電磁界の放射
整流回路、位相制御回路	電源系統への雑音の注入、電源高調波電流

表 2: エミッションの例



現象	影響の例
電磁波	テレビやオーディオへの雑音、コンピュータの誤動作、無線や有線の通信の障害
電源やその他の導体を通して伝導する高周波ノイズ	テレビやオーディオへの雑音、コンピュータの誤動作
静電気放電、サージ	回路の誤動作や破壊
低周波磁界	CRT の画像の歪み、ハム雑音
電源電圧変動や短時間の停電	機器の機能の停止や誤動作

表 3: 電子機器への妨害の例

規格	適用対象
CISPR 11	工業、科学、及び医療 (ISM) 用無線周波機器
CISPR 13	音声、及びテレビ放送受信器、及び関連機器
CISPR 14-1	家庭用器具、電動工具、及び類似の器具
CISPR 15	電気照明、及び類似の機器
CISPR 22	情報技術機器
IEC 61326	測定、制御、及び研究所での使用のための電気機器
IEC 60601-1-2	医用電気機器、及び関連機器
IEC 61000-6-3	住宅、商業、及び軽工業環境向けの機器 (一般規格)
IEC 61000-6-4	工業環境向けの機器 (一般規格)
IEC 61000-3-2	16A/相までの機器の、高調波電流エミッション限度
IEC 61000-3-3	16A/相までの機器の、電圧変動、電圧動揺、及びフリッカの限度

表 4: エミッションに関する代表的な国際規格

規格	適用対象
CISPR 14-2	家庭用器具、電動工具、及び類似の器具
CISPR 20	音声、及びテレビ放送受信器、及び関連機器
CISPR 24	情報技術機器
IEC 61326	測定、制御、及び研究所での使用のための電気機器
IEC 60601-1-2	医用電気機器、及び関連機器
IEC 61000-6-1	住宅、商業、及び軽工業環境向けの機器 (一般規格)
IEC 61000-6-2	工業環境向けの機器 (一般規格)

表 5: イミュニティに関する代表的な国際規格

3 EMC 規制

多くの地域では EMC に関連する何らかの規制が行なわれており、製品を販売するためにはそれらの規制に従うことが必須となっています。他の規制と同様、法的な規制はそれぞれの国や地域ごとに定められますので、規制の内容やそれに関連する手続きはその国や地域によって異なったものとなります。

これに加えて、製品の納入先によっては、その組織や産業分野に特有の規格への適合を求められることもあります。これは国家による規制のような形での法的な強制力を持つものではありませんが、それに従わなければその顧客 (あるいはその産業分野) には製品を納入できないなど、実質的な強制力を持つものとなることもあります。この例には、軍事、航空、宇宙開発などの分野があります。

全般的な傾向としては、手続きを簡素化し、政府による認可に代わって、届け出 (第三者認証が要求される場合もある) や自己宣言といった、より簡単な手続きを広範に採用する方向にあると言えるでしょう。そうであっても、依然として国や地域ごとにある程度の作業が必要となる場合が多いことには変わりなく、製品をいくつもの国に輸出しようとしている企業にとっては負担となることでありますが、これは仕方がないことです。

認可や届け出に際しては、所定の条件を満たす試験所での試験が要求されるのが普通です。試験所認定制度や相互承認協定のもとで、単一の試験報告書を複数の国への申請のために使うことが可能な場合もありますが、その国内の特定の試験所での試験が求められる場合もあります。認可や認証を受けるためには相当の時間を要することもありますので、この種の作業は時

間的な余裕を持って計画的に進めることが望ましいと言えます。

自己宣言においては、一般に、適合性を達成し、所定の記録を残し、適合宣言書を作成し、適合性を達成したことを示すための表示を製品に付けることが必要となりますが、当局への書類の提出などは不要となります。このような場合、規則上必要とされている書類を用意しておかなくても気付かれる可能性が低いいため、それらの書類を作成することなく、あるいは適合性を達成することさえなく製品を出荷してしまおうという誘惑にかられるかも知れませんが、これが良いかどうかは言うまでもないことでしょう。

3.1 エミッション規制

多くの国は、かなり昔から、主に無線障害 (例えばラジオやテレビの受信障害) の防止の観点からエミッション (機器からの妨害の放射) に関する何らかの規制を行なっています。日本においては電波法があり、規定された限度値 (許容される最大の放射強度) よりも強い電磁波を無許可で放射することは違法となります。また、日本においては、一部の機器については電気用品安全法 (昔の電気用品取締法) による規制も行なわれています。

他の国でも、同様の規制は何らかの形で行なわれています。例えば、アメリカの FCC 規制、EU の EMC 指令は、いずれも機器からのエミッションを規制しています。規制の内容は国や地域によって、そして機器の種類によっても異なりますので、機器を輸出する際には、それぞれの国や地域の該当する規定に従うことが最低条件となります。

また、国家による規制以外に、業界団体などが主導する自主規制もあります。例えば、日本国内ではコンピュータは電気用品安全法の対象となっておらず、従ってコンピュータそのものに対するエミッション規制はないこととなりますが、日本で販売を行なっている大手のコンピュータ・メーカーの多くは VCCI (情報処理装置等電波障害自主規制協議会) の規定に従ったエミッション規制を自主的に行なっています。

3.2 イミュニティ規制

エミッションと異なり、イミュニティ (機器の妨害への耐性) が法的な規制の対象となっているケースはそれほど多くはありません。この意味で、EMC 指令のもとにほとんど全ての機器にイミュニティ要求が適用される EU は例外的とも言えるでしょう。

エミッションのみを規制してイミュニティを規制しないというのは、片手落ちのように見えるかも知れません。ですが、一般に、法律は機器が正しく動作することを要求してさえいないことを考えれば、これはそれほど奇妙なことでもないとも言えるでしょう。しかし、たとえイミュニティに関する法的な要求がないとしても、それはイミュニティを確保する必要がないということの意味しているわけではありません。

干渉問題は、単なる観念的なものではありません。電磁干渉に伴う問題が現実が発生しており、これには、産業用ロボットの暴走による死傷事故のような重大なものも含まれています。ですから、特に電磁干渉によって重大な結果が引き起こされる可能性がある場合には、たとえそれが規制の対象となっていないとしても、十分なイミュニティを確保すべきでしょう。電磁干渉によって機器が誤動作することがあるという事実は既に広く知られていますし、その可能性を低くすることは可能ですので、十分なイミュニティを持たない機器が予期し得るレベルの干渉によって誤動作し、何らかの不利益を生じたならば、製品の他の欠陥と同様、損害賠償やその他の処置の対象となることは充分に考えられます。

3.3 規制への適合と EMC

その製品に適用される規制がある場合には、その規制に従うことが必要となります。ですが、規制に適合しさえすれば本当に充分なのでしょうか？

1つの考え方としては、規制に従うことそのものが目的であり、その要求を超えたことをする必要はないというものがあるでしょう。これは、規制がある場合にはその最低限の水準をクリアしさえすれば良いし、規制がないならば何もする必要はない、という考えです。

確かに、規制に従っている製品は合法的に販売できるでしょうし、それは EMC に関しても同様です。ですが、考えていただきたいいくつかのポイントがあります：

- あなたは、その製品が問題を生じないと確信できるでしょうか？
- あなたの製品が実際に問題を生じたとき、その製品は規制に従っているのか？製品の問題ではないと言えば、顧客は納得してくれるでしょうか？
- あなたの製品が出荷後に問題を発生した場合、その対処のためのコスト (原因の同定、製品の改善や回収、顧客に与えた損害の補償などに伴う) はどの程度のものとなるでしょうか？
- あなたの製品は、人に危害を与えるような事故を生じ、あるいは他の機器にそのような事故を生じさせる可能性はないでしょうか？

そして、製品が EMC 試験に合格したとしても、干渉の恐れはないと無条件で安心できるとも限りません。その理由のいくつかは：

- 製品のそれぞれの個体の EMC 特性は、さまざまな要因によるばらつきを持ちます。これは、製品のサンプルが試験に合格したとしても、同一の機種別の個体が合格するとは限らないことを意味します。
- 規格は、干渉が決して生じないようなレベルを定めているわけではありません。例えば、放射性エミッションが規格に入っている機器も、近傍のラジオの受信障害を引き起こすかも知れません。また、携帯電話の近傍の電界強度は、一般的なイミュニティ要求レベルを大幅に超える可能性があります。

- そもそも、規格は干渉を引き起こすかも知れない全ての現象をカバーしているわけではありません。

これは、一般的な環境で使用される製品においては、適切な規格への適合によって干渉のリスクを低く抑えられることが多いであろうものの、単に規格に適合させるだけでは充分ではない可能性もあることを意味すると考えられます。そして、干渉のリスクが高い(干渉を生じる可能性が高い、あるいは干渉が重大な結果を生じ得る)場合には、何らかの方法でそのリスクを下げることも必要となるかも知れません。

このようなリスクは管理されるべきでしょうし、リスクについて知ることはその管理のための最初のステップとなるでしょう。安全の分野では、関連するリスクの分析を行なって、そのリスクを許容できるかどうかを判断するという手法が用いられています。これと同様の考え方は、EMC においても有用なものとなり得ると考えられます。

4 エミッション試験

エミッション測定は機器を実際に動作させて妨害の強度を測定するものとなりますが、着目する周波数や妨害の放射の形態などに応じて、さまざまな試験が用いられています。ほとんどの人は自分でエミッション試験を行なうことはないでしょうが、このような試験についての知識は設計技術者にとっても有用なものであると考えられますので、ここで主なエミッション試験の概要を述べることにします。

4.1 放射妨害波 (放射電磁界エミッション)

放射妨害波に対する規制は、主として、ある距離(保護距離と呼ばれる)までの範囲でのラジオやテレビの受信やその他の無線通信を保護する目的で定められています。CISPR などのエミッション規格におけるクラス A (商工業環境) とクラス B (住宅環境) の違いは主としてこの保護距離の違いによるものであり、クラス A では 30m、クラス B では 10m の保護距離が選ばれています。

放射妨害波の基本的な測定方法は、オープン・サイトか電波暗室で EUT (被試験装置) を動作させ、EUT から規定された距離(大抵は 3m ~ 30m の範囲)だけ

離して置かれた測定用アンテナで EUT から放射される電磁波の強度を測定するものです(図 2)。測定用アンテナには、EUT やそのケーブルなどの様々な箇所からの放射や、それらが大地面で反射したものが合成されたものが到達することから、アンテナで検出される電磁波の強度は EUT とアンテナの位置関係によって複雑に変動します。このため、多くの規格は、EUT を回転させ、またアンテナの高さを変化させて強度が最大となる点を探すことを求めています。

4.2 妨害電力

小形の装置からの電磁波の放射の大半は、その電源ケーブルなどのケーブルの、機器の近くのごく短い範囲からのものであることが想定されます。これは、ケーブルに漏洩している妨害波の強度を知れば、放射電磁界の強度をある程度推測できるであろうことを意味します。この観点から、規格によっては、放射妨害波の限度の代わりに、ケーブルを通して漏洩する妨害波の限度を規定している場合があります。

妨害電力の測定は、吸収クランプ(一種の電流クランプ)をケーブルに取り付けてその出力を妨害波測定器で測定することによって行ないます。ケーブル上のクランプの位置によって測定値が変化するため、この測定に際しては、ケーブルに沿ってクランプを移動させて信号が最大となる点(周波数によって異なる)を探すことが必要となります。

4.3 雑音端子電圧 (伝導性エミッション)

ケーブルに漏洩した比較的低い周波数の妨害は、ケーブルの長い範囲から放射され、あるいはケーブルを通して他の機器まで到達することが考えられます。一般に「雑音端子電圧(雑端)」として知られているものは、このような低い周波数の妨害の強度のことです。

電源ケーブルに対して雑音端子電圧測定を行なう場合には、LISN(疑似電源回路網)を通して電源を供給し、LISN の端子に出力される電圧を妨害波測定器で測定します。LISN はある種の LC フィルタで、測定の対象となる高周波成分のみを測定器に結合させるとともに、EUT から見た電源回路のインピーダンスを一定にする(これが、その LISN —line impedance

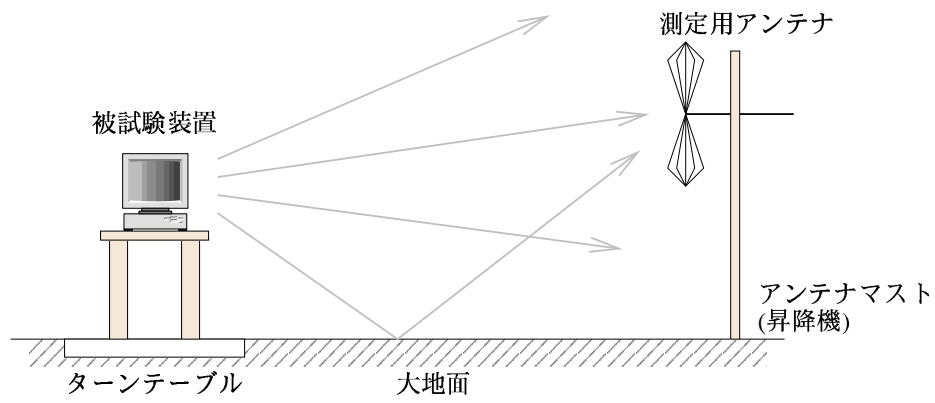


図 2: 放射妨害波測定



図 3: テュフオータマ (株) の全天候型オープン・サイト

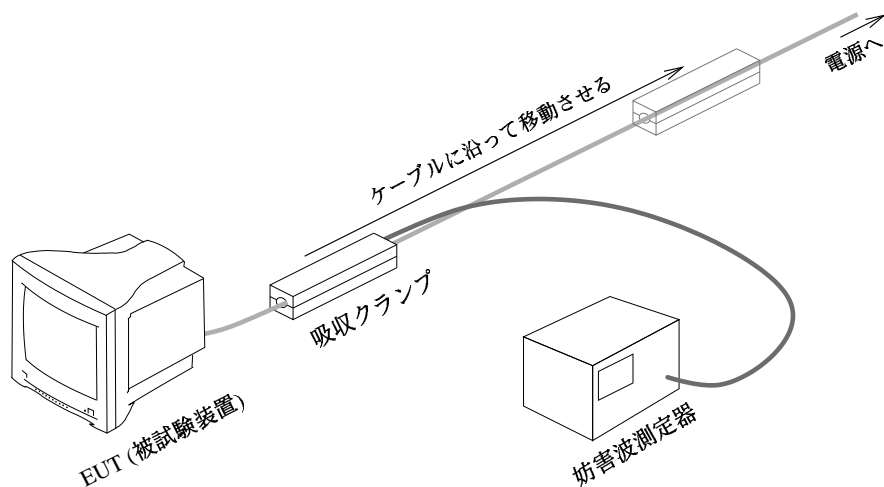


図 4: 妨害電力の測定

stabilization network— という名前の意味である) 機能を持ちます (図 5)。

4.4 フリッカ

フリッカとは、人間に知覚される明るさのちらつきを意味します。配電系統はある程度のインピーダンス (抵抗やインダクタンス) を持つため、その系統に流れる電流が変動すると電源電圧の変動が引き起こされます。照明器具は電圧変動に特に敏感であり、それが接続されている電源系統に消費電流が大きく変動する機器が接続された場合には著しいフリッカを生じ、人に相当の不快感を与え、あるいは生理学的な悪影響を与えさえる可能性がありますので、照明器具と同一の電源系統に接続されることがある機器についてはそのような電流の変動を抑制することが必要となります。

フリッカ測定 (より正確には、フリッカの原因となるような電流変動の測定) は、規定されたインピーダンスを通して EUT に電源を供給して動作させ、電源電圧の変動を測定することによって行ないます。ですが、単純に電圧変動の大きさや頻度を測定するだけでなく、人間の生理学的特性を反映させるためのやや複雑な処理が必要となるため、実際の試験にはその規格に対応したフリッカ測定器を使用するのが普通です。

4.5 電源高調波電流

交流電源で動作する機器の一部、特にコンデンサ入力式整流回路や位相制御回路を含むものは、入力電流が正弦波とは大きく異なった (つまり、高調波成分を多く含む) ものとなる場合があります。このような高調波電流は他の機器や配電系統に悪影響を与えることがあるため、その抑制が求められるようになっています。

高調波電流の測定は、機器の電源電流を周波数分析し、それぞれの次数の高調波電流の値を求めるものとなります。電流プローブと周波数分析器 (ハンディなものもある) を用いて簡易的な測定を行なうこともできますが、測定結果は電源のインピーダンスや電源電圧の歪みの影響も受けることから正確な測定のためには電源の特性の管理も必要となり、そのための測定設備はかなり大掛かりなものとなり勝ちです。

5 イミュニティ試験

イミュニティ試験、すなわち妨害に対する耐性の評価は、機器を実際に動作させた状態で妨害を与え、機器の反応を観察することによって行ないます。イミュニティ試験特有の重要な点は、機器の挙動から合否を判定することが必要となるということです。

エミッション試験と同様、ここでは主なイミュニティ

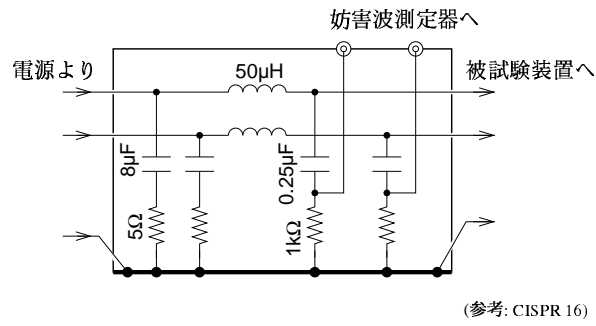


図 5: LISN の例

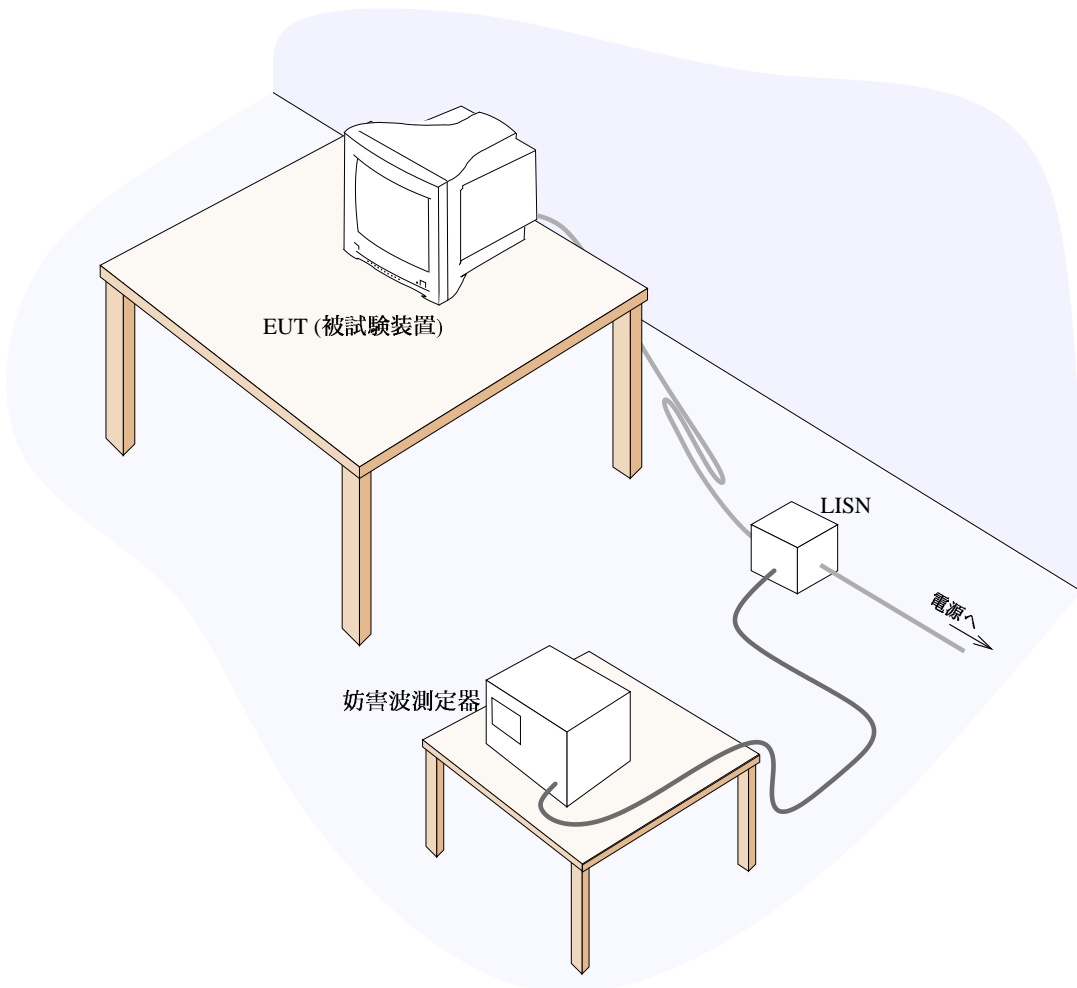
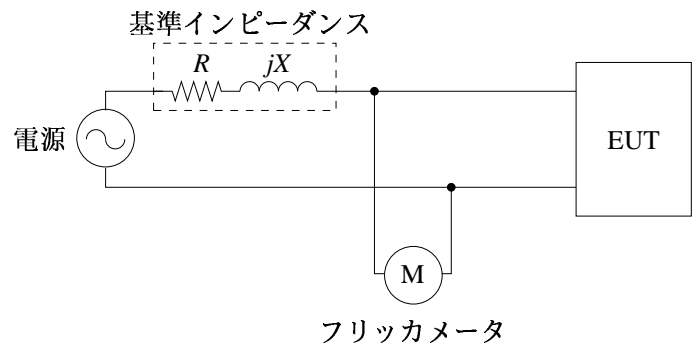


図 6: 雑音端子電圧の測定



フリッカ測定の原理 — 規定されたインピーダンスを通して EUT に電源を供給し、供給電圧の変動を測定する

図 7: フリッカ測定の原理

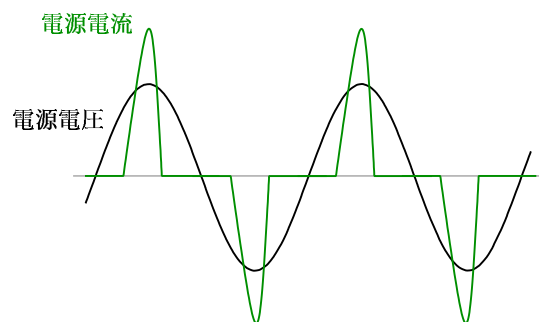


図 8: 高調波成分を多く含む電流波形の例

試験についてその概要を述べます。

5.1 無線周波電磁界イミュニティ

機器が電磁波に曝された時、その導電性の部分に電流や電圧が誘起されますが、これが機器の正常な動作を妨害することがあります。機器の外部に接続されている長いケーブルは特に電磁波の影響を受けやすいものとなりますが、筐体の中のケーブル、プリント板上のパターン、そして電子部品そのものさえも、電磁波の影響を受ける可能性を持っています。無線周波電磁界イミュニティ試験は、機器を実際に電磁界に曝すことによって、そのような妨害に対するイミュニティを確認するものです。

この試験のために様々な試験用チャンバーを用いた方法が考えられていますが、基本となる試験方法は、アンテナから電磁波（正弦波で振幅変調することが多い— 図 11 参照）を放射して EUT（被試験装置）をその電磁波に曝すものです（図 9）。この方法ではアンテナから相当の強度の電磁波を放射しますので、周囲への干渉や作業者の被曝の防止のため、シールド・ルーム（通常は、内面に電波吸収体を取り付けた電波暗室）の使用がほぼ不可欠となります。

5.2 伝導性高周波妨害イミュニティ

機器が曝される電磁波の周波数が低くなると、機器の内部に電磁波が直接侵入して問題を起こす可能性は低くなり、電磁波によってケーブルに誘起されて生じた伝導性の妨害の影響が支配的となると考えられます。また、上で述べたようなアンテナから電磁波を放射する方法では低い周波数の妨害を発生させることが難しいという現実的な問題もあります。このため、比較的低い周波数（例えば 80MHz 以下）の電磁波に対するイミュニティ試験のためには、主にケーブルへ妨害を注入する手法が用いられています。

ケーブルへの妨害の注入には、直接注入（抵抗を通してケーブルのシールドに妨害電流を注入する）、結合回路網（コンデンサと抵抗を通してケーブル内のそれぞれの導体に妨害電圧を印加する；実際には、CDN 結合/減結合回路網 が用いられることが多い）、電流クランプ（電磁誘導によってケーブルに妨害電流

を誘起させる）、EM クランプ（容量性結合と誘導性結合の双方の結合によって妨害信号を注入する）といった手段が用いられています。

5.3 電気的ファースト・トランジェント・バースト

誘導性負荷への電流をスイッチやリレーなどの接点で切る際に、誘導性負荷の逆起電力によって接点での断続的な放電が発生し、それが接続されている電源ラインに相当のレベルの妨害を注入することがあります。このような形で電源ラインに注入された妨害は、同一の電源系統に接続されている他の機器まで到達し、その正常な動作を妨げる可能性を持ちます。また、このような妨害は近傍の他のケーブルにも結合し、そのケーブルを介して機器に影響を与えることも考えられます。

電気的ファースト・トランジェント・バースト試験（バースト、ファースト・トランジェント、EFT/B、EFT、FTB などとも呼ばれる）は、そのような妨害に対するイミュニティの確認を意図したものです。この試験では、接点での放電によって発生する妨害を模擬する鋭いエッジを持つパルスのバースト（図 13）をケーブルに注入することによって試験を行ないます。

5.4 サージ

雷が発生している時、直接的な落雷を受けていない場合であっても、電力線や通信線には誘導によるかなりの大きさのサージが発生することがあります。また、これに似たサージは、大電力負荷のスイッチングや電力系統の事故などによって発生することもあります。このようなサージは比較的低い周波数のものであり、電力線や通信線を伝搬してかなり遠くの機器にまで到達し、機器の正常な動作を阻害したり、あるいはそれを破損さえさせることがあります。

サージ試験はこのようなサージに対するイミュニティの確認を意図したものであり、規定されたサージ（図 14）を電源や通信線に注入することによって試験を行ないます。

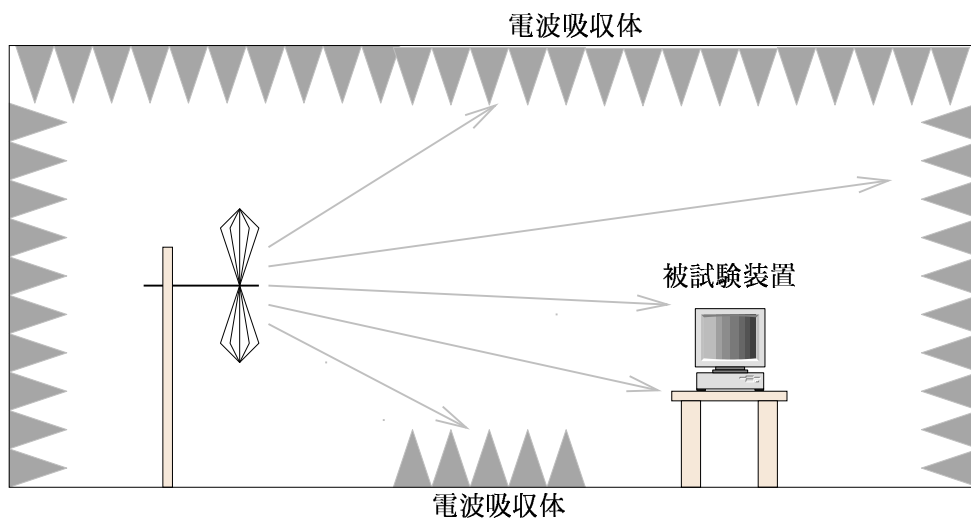
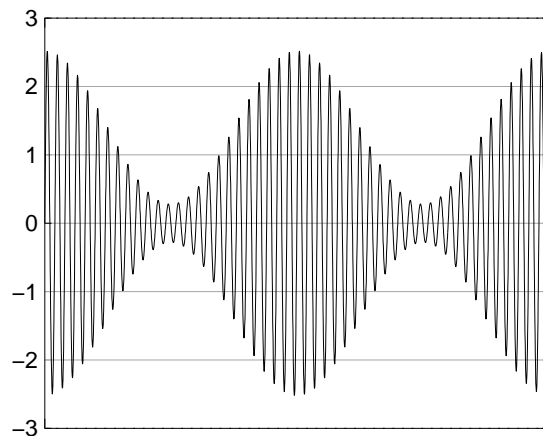


図 9: 無線周波電磁界試験



図 10: テュフオータマ (株) の電波暗室



80% 振幅変調波形
(3V/m での試験の場合、最大の電界強度は 7.6V/m 程度となる)

図 11: 無線周波電磁界イミュニティ試験や伝導性高周波妨害イミュニティ試験で用いる代表的な波形

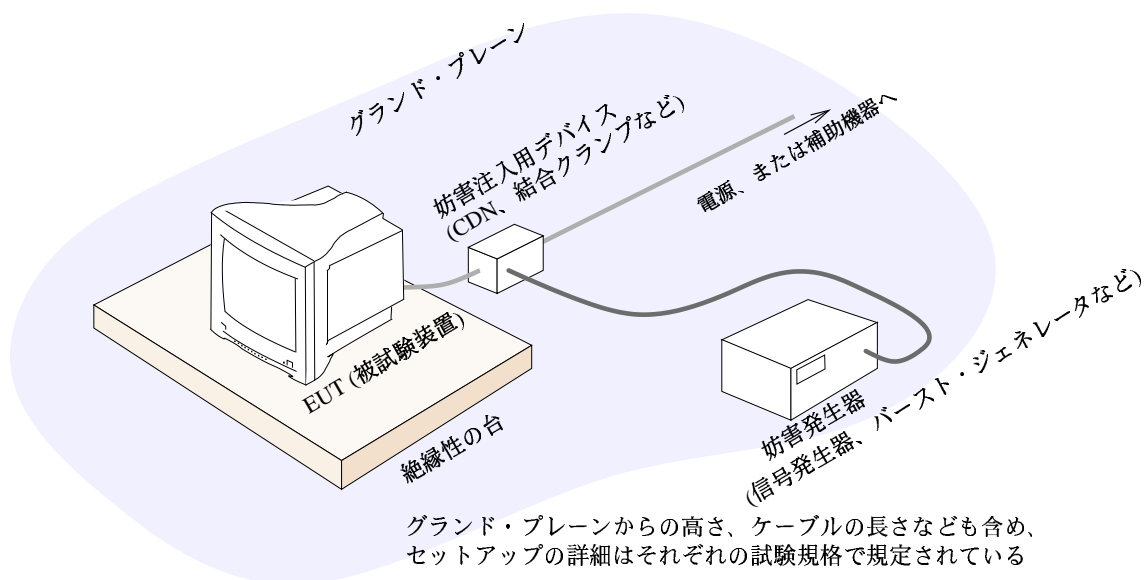


図 12: 伝導性イミュニティ試験の基本的なセットアップ

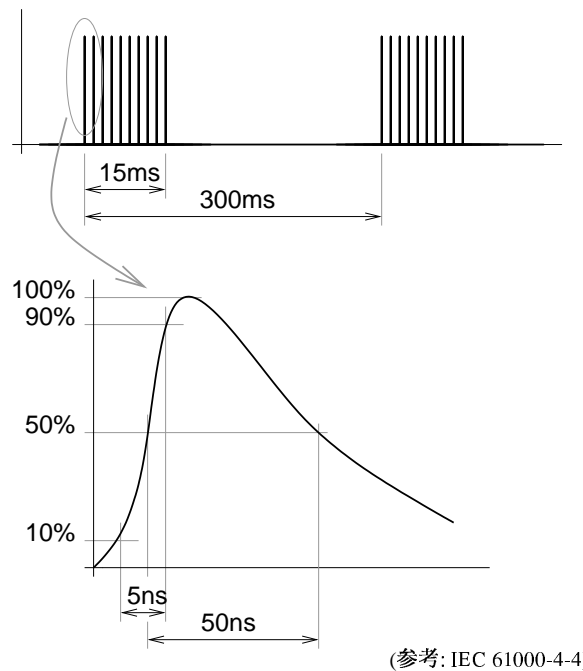


図 13: ファースト・トランジェント・バーストの波形の例

5.5 静電気放電 (ESD)

乾燥した時期には、ドアなどに触れた際に指先からの軽い放電を感じることは珍しくありません。このような人体からの静電気放電のエネルギーはそれほど大きなものではありませんが、それでも電子回路の誤動作や、十分に保護されていない半導体素子の損傷を引き起こす可能性を持っています。また、静電気放電は非常に高速な現象 (図 15) であり、放電に際してかなりのレベルの電磁波が放出され、これが近傍の電子機器への干渉を引き起こすこともあります。

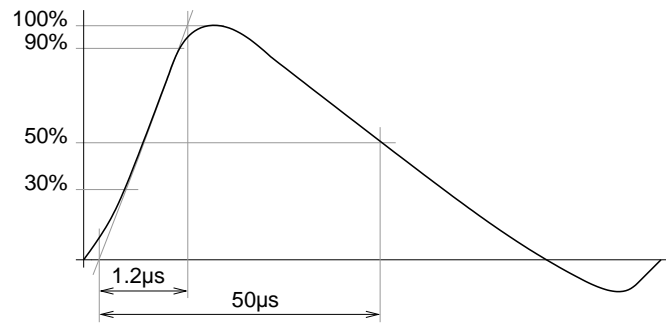
静電気放電試験は、主にこのような人体からの静電気放電の影響を模擬するものです。通常、電極を接触させることができる導電性の部分に対しては電極を押し当てた状態 (非導電性の塗装や表面処理は電極の尖った先端で突き破る) で静電気を印加する接触放電が、それ以外の部分に対しては静電気を印加した電極を放電が発生するまで接近させる気中放電が適用されます。また、機器への直接の静電気放電ではなく、その近傍での静電気放電の影響を模擬するために、EUT の近くに置かれた金属板 (結合板と呼ばれる) に対して静電気放電を印加する、間接放電と呼ばれる方法も用い

られています。

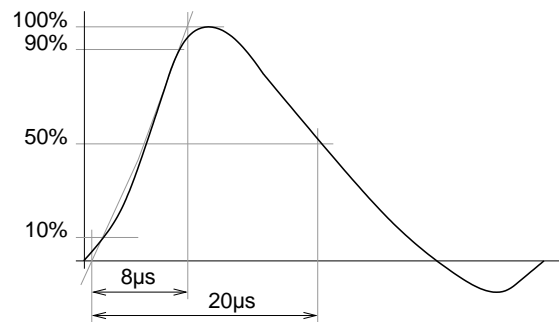
5.6 瞬時停電、電圧ディップ

電源システムの障害や負荷の急激な変動などによって、電力の供給が停止したり電源電圧が変動したりすることがあります。この種の現象には様々な形態のものがあり、その呼び方は必ずしも統一されてはいませんが、一般に、短時間の電圧の低下は電圧ディップと、電圧がゼロに達する深いディップは瞬時停電と呼ばれています (図 17)。商用電源の電圧低下は珍しい現象ではありませんので、一般に、ある程度の電圧低下までは正常な機能を維持し、それを越えた (大きな、あるいは長い) 電圧低下の際にも電源が回復した後に正常な動作状態に復帰することが望まれます。

このような電源電圧変動に対するイミュニティの確認は、機器に供給する電源電圧を実際に変化させることによって行ないます。



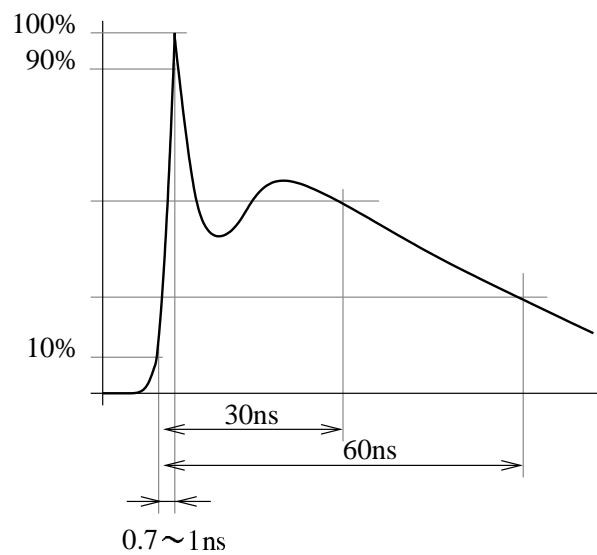
電圧サージ (開放回路電圧波形)



電流サージ (短絡回路電流波形)

(参考: IEC 61000-4-5)

図 14: サージ試験波形の例

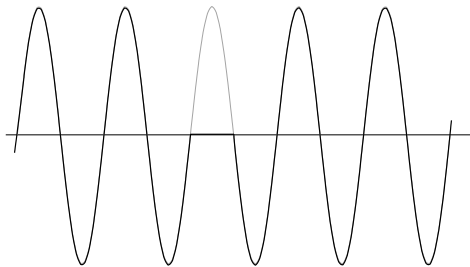


(参考: IEC 61000-4-2)

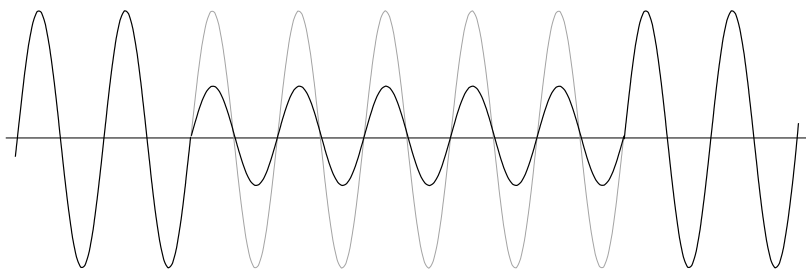
図 15: ESD 電流波形の例



図 16: 被試験装置への ESD の印加



瞬時停電の試験波形の例 (電圧変化を位相角 0 度、及び 180 度で生じさせた、0.5 周期の瞬時停)



電圧ディップの試験波形の例 (電圧変化を位相角 0 度で生じさせた、5 周期の電圧ディップ)

図 17: 瞬時停電、及び電圧ディップの試験波形の例

6 製品開発と EMC

残念ながら、製品設計の段階では EMC が十分に考慮されないことが少なくありません。この結果は、製品が完成した後で EMC 試験を行なってそのままでは基準に適合しないことがわかると (往々にして出荷直前の極めて限られた時間と多くの制約の中で) 慌てて対策を施して何とか試験に合格させる、というものとなり勝ちです。これに伴う問題としては、例えば次のようなものが考えられます：

- 合格までに、製品の改造と試験の何回もの繰り返しが必要となるかも知れない；
- 対策のためのコストがかなり大きなものとなるかも知れない；
- 製品の出荷の遅れに伴って、大きな損失を生じるかも知れない；
- 適合性を余裕を持って達成することができず、量産時の不適合や現場での干渉問題のリスクを抱えることになるかも知れない。

また、現場で干渉問題が発生してしまい、非常に厳しい制約やプレッシャーの中での対応を迫られることもあるかも知れませんが、これは誰にとっても不幸なことでしょう。

このような問題の軽減のためには、設計の所期の段階から EMC を考慮することが望ましいと言えます。設計上考慮すべき点には、回路設計、部品の選択、部品の配置やパターンの引き回し、グラウンドの処理などといった EMC 問題を元から防止するための基本的なポイント、そしてフィルタやシールドといったノイズの漏洩や侵入の防止のための手段などがあり、通常はこれらを組み合わせて必要な水準の EMC を達成することになります。

フィルタやシールドの使用は製品にコストを加えることになるという点から、それらを使わずに済ませたいと考えることも無理はないでしょう。ですが、これらが必要となる場合が少なくありませんし、一般に、それが不要だとわかった時にそれを取り除く方が後から追加するよりも容易ですので、必要となる可能性があるものは含めた形で (あるいは、必要な場合にすぐに追加できるような形で) 設計しておいた方が良いと考えられます。また、小量生産の製品においては、必

要となる可能性がある対策はすべて含めておき、それを取り除こうとしないことが、最も安上がりな方法となるかも知れません。

ここでは設計や対策に関して述べることはできませんが、これに関しては様々な書籍が入手可能であり、またインターネット上で公開しているもの ([2] など) もありますので、興味のある方はそれらを参照して下さい。また、EMC テスト・ラボや対策部品メーカーなどでも開発の様々な段階における支援を提供しているところがありますので、必要に応じてそのような組織に相談するのも良い考えでしょう。

7 参考、引用 * 文献

- [1] * International Electrotechnical Commission;
IEC 61000 シリーズ、及び CISPR Publications
- [2] Keith Armstrong 著、佐藤 訳;
EMC のための設計テクニック、
<http://homepage3.nifty.com/tsato/compliance.html>
- [3] 仁田修一 他 編;
環境電磁ノイズハンドブック、朝倉書店、1999 年
- [4] 赤尾保男;
環境電磁工学の基礎、電子情報通信学会、1991 年
- [5] 井手口健 他;
情報通信システムの電磁ノイズ問題と対応技術、
森北出版、1997 年