

日本電気制御機器工業会 技術資料

NECA Technical Report

NECA TR-39

EMCアラカルト

EMC à la carte

2003年(平成15年)7月1日制定



社団法人 日本電気制御機器工業会

Nippon Electric Controls Equipment Industries Association

はじめに

EMC 研究会は、当初「EMC 分科会」として1995年10月に発足しました。欧州で製品安全に関する新しい規制がスタートしようとしていた直前でした。EMC 指令は1996年1月1日より正式に施行され、電磁波を発する多くの電気製品は「CEマーキング」が無ければEU域内に輸出できなくなるということで、各社がその対応に追われていた頃です。

当時、テストサイトやシールドルームの確保が難しかったことから、各社がどのように試験場を確保しているのか、どんな規格で対応しているのか、試験方法・適用製品の範囲などの情報交換を行いながら、各社の問題点・課題に対する対応を工業会として行えるような体制づくりと並行して、分科会活動の一つとして電気制御機器についての「各種 EMC 試験ガイドライン」の作成に取り組みました。

その後、国際規格への JIS 整合化の動きも活発になり、EMC 試験方法の規格も次々に JIS 化されていき、「試験方法ガイドライン」も所期の目的通り技術資料として完成したので、次の活動テーマとして、2000年4月より「EMC アラカルト」の作成をスタートしました。

これは制御機器関連その他の EMC 関連情報の理解を高めるために、EMC 対策、測定法などの関連用語の解説集を作成しようという取り組みでした。

数ある EMC 関連用語集の中から、一般的な EMC 用語や EMC 研究会のメンバーもこれは知っておきたいと思うような用語をピックアップしました。さらに制御機器製品に関連する項目の追加や名称を見直し、合計79項目をリストアップしました。それを当時のメンバー12名で分担し、各委員がそれぞれ独自の方法で作成していきました。

個人の知識をもとに解説したもの、自社の資料をもとに解説したもの、EMC 関連会社(テストサイト、部品メーカーなど)のホームページを参照したものなど色々な情報を盛り込みました。

数行で簡単に説明したもの、かなりの文字数のもの、あるいは多くの専門用語が並んでいるものなど多彩です。また、分担したにも関わらず難しく他の委員が代って担当した項目や、解説しているうちに範囲が重複してしまったために削除となった項目、メンバー全員が何回議論してもどうにもならなかった項目もあります。

こうして出来あがった「EMC アラカルト」は、最終的に74項目になりましたが、今後も項目の追加や最新情報により内容の見直しや内容の充実化を定期的に行っていきたいと考えています。

この「EMC アラカルト」が、会員会社の EMC 関係者のみならず、「EMC」に関心を持っておられる方々まで、幅広い皆様方に少しでも活用して頂ければ幸いです。

2003年7月

社団法人日本電気制御機器工業会
EMC 研究会

目次

| | ページ |
|---|-----|
| はじめに | |
| 1 .アーク放電 ,コロナ放電 ,グロー放電の違い | 1 |
| 2 .アークと妨害波 | 1 |
| 3 .アース ,FG(フレームグランド) ,SG(シグナルグランド) | 1 |
| 4 .アマチュア無線と周波数帯 | 2 |
| 5 .アンテナの種類と f 特性 | 2 |
| 6 .ISM ,ITE の定義 | 3 |
| 7 .I/O線の束線 ,長さ ,置き方 | 3 |
| 8 .イーサネットのテスト(サージイミュニティ) | 5 |
| 9 .ESD と実際のフィールドでの発生電圧(Electrostatic Discharge) | 5 |
| 10 .EMC 指令(Electromagnetic Compatibility Directive 電磁両立性に関する EC 指令) | 5 |
| 11 .エミッションとコモンモードフィルタ | 5 |
| 12 .AM・FM と妨害 | 6 |
| 13 .オープンサイトと電波暗室のテストの差 | 6 |
| 14 .感電 | 6 |
| 15 .気中放電と再現性 | 7 |
| 16 .共通インピーダンス結合による妨害 | 7 |
| 17 .強磁界との関係(誘導加熱 ,MRI) | 7 |
| 18 .距離と電界との関係 | 7 |
| 19 .クロストーク | 8 |
| 20 .クロック周波数と PLL | 8 |
| 21 .携帯電話と妨害 | 8 |
| 22 .結合 / 減結合回路 ,容量性結合クランプ及び吸収クランプ | 8 |
| 23 .検波方式 Peak ,QP ,Average の違いと必要性 | 8 |
| 24 .工業用に使用される PLC の規格 | 10 |
| 25 .コンピテントボディ (CB) | 10 |
| 26 .混変調と過変調 | 10 |
| 27 .サージの規格と根拠 | 10 |
| 28 .シールド | 11 |
| 29 .瞬時停電と電圧変動 | 11 |
| 30 .商工業 ,工業 ,家庭機器の判別方法 | 11 |
| 31 .CE マーキング | 12 |
| 32 .CMRR/NMRR | 12 |
| 33 .ストレーキャパシティ(stray capacity) | 12 |
| 34 .スナバ(Snubber)回路 | 13 |
| 35 .スペクトラムアナライザ | 13 |
| 36 .スペクトラム拡散 | 13 |
| 37 .正規化サイトアッテネーション(Normalized Site Attenuation) | 14 |
| 38 .製品群規格 | 14 |
| 39 .ソフトウエアとノイズ | 14 |
| 40 .端子妨害電圧(雑音端子電圧) | 15 |
| 41 .チョークコイル ,ビーズ対策と効果 | 16 |
| 42 .ツイストペア線 | 16 |
| 43 .通信ポートへのサージ印加と通信延長距離 | 17 |
| 44 .ツェナーダイオード ,バリスタ ,放電管の効果と故障モード | 17 |
| 45 .低電圧指令 | 17 |

| | ページ |
|-------------------------------------|-----|
| 46 . デシベル | 18 |
| 47 . 電源インピーダンス安定回路 | 18 |
| 48 . 電源システムの規格レベル | 18 |
| 49 . 電源高調は規制と背景 | 19 |
| 50 . 電源周波数磁界の要否と程度 | 20 |
| 51 . 電源線妨害イミュニティのテスト方法 | 20 |
| 52 . 電磁界強度 | 20 |
| 53 . 電波妨害はなぜ発生するか | 20 |
| 54 . 電磁放射と被爆 | 21 |
| 55 . 電波, 電磁波 | 21 |
| 56 . TEM セル | 22 |
| 57 . TCF | 22 |
| 58 . DC 電源と試験レベル | 22 |
| 59 . トランシーバートテストと IEC 規格 | 22 |
| 60 . トランジェント | 22 |
| 61 . ノイズ | 23 |
| 62 . ノイズシミュレータの種類 | 23 |
| 63 . ノイズカットトランス | 23 |
| 64 . コモンモードノイズ・ノーマルモードノイズ | 24 |
| 65 . バイパスコンデンサ(パスコン)の容量と周波数帯 | 25 |
| 66 . 表皮効果 | 25 |
| 67 . フィルタの種類と効果 | 25 |
| 68 . 部品と装置の解釈 | 26 |
| 69 . 不平衡(Unbalance) , 平衡(Balance) | 26 |
| 70 . 方形波インパルス・ノイズ試験と EFT/B ノイズ試験の相関 | 26 |
| 71 . ポート | 27 |
| 72 . 許されている dB と妨害との関係 | 27 |
| 73 . ラッチアップの原理 | 28 |
| 74 . 両端接地と片端接地 | 28 |

EMCアラカルト

EMC a la carte

1. アーク放電, コロナ放電, グロー放電の違い

(1) **アーク放電** アーク放電は、気体中での放電の1つで、放電に弧状の強い光と高熱をともなう。気体放電としては最も電流密度が大きく、電圧降下が少ない。電弧ともよばれる。

この放電は高熱をともなうため、金属の溶接(アーク溶接)などで利用されている。

(2) **コロナ放電** コロナ放電は、気体中での放電の1つで、2つの導体の間で局部的に高電圧が生じ、空気の絶縁が破壊されて発生する、光をともなう静かな放電現象。この放電は電圧降下が大きく、送電線相互、送電線と大地間などに生じる。

(3) **グロー放電** グロー放電は、真空放電の1つで、低圧の気体を封入したガラス管内などで発生する発光をともなう放電。この放電は、電流密度が小さく、発熱が少ないため、ネオン管・蛍光灯・水銀灯・キセノンランプなどに利用されている。放電管の点灯や溶接のアークが始動する際に、妨害波が発生して機器を誤動作させる原因となることがある。

2. アークと妨害波

アークを発生させる装置に、アーク熱によって金属を溶融接合させるアーク溶接機、短時間のパルス性アーク放電を繰り返すことで超硬金属や焼き入れ鋼などを加工する放電加工機、製鋼や特殊鋼の熔解に使用されるアーク炉がある。

アーク溶接の施工方法を大別すると手溶接と機械溶接とになる。手溶接には最も広く使われている交流アーク溶接機と直流アーク溶接機がある。機械溶接にはリールに巻かれた長い電極ワイヤを小型電動機で送給し、この送給装置を一定速度で溶接線に沿って進みながら連続的に溶接を行う自動アーク溶接、電極ワイヤを自動的に送給し、ワイヤ先端のトーチ移動を手で操作する半自動溶接、溶接棒先端がアークによって溶融消耗するにつれて溶接棒支持部が重力によって下降して自動的に溶接を行う重力式溶接、重ねた板の片側からアークによって加熱して点状に溶着させるスポット溶接などがある。

アーク溶接機から発生する妨害波には、伝導と放射の両方がある。手溶接機は通常、建物の鉄骨や、加工物の母材に接地(リターン)線を接続するため、接地線を共通インピーダンスとする伝導性の妨害を発生することがある。機械溶接機にはパイロットアークに高周波電流を使うものがあり、放射性の妨害波を発生することがある。

なお、アーク溶接機は、工事などの際に一時的に使用される場合があり、再現性の無い機器の誤動作の原因となる場合がある。

3. アース, FG(フレームグラウンド), SG(シグナルグラウンド)

(1) **アース** アースとは、すなわち大地を表し、電気的には 0V の基準電位を表す。また、電気機器と地面とを銅線などの導体でつなぐこと(接地)をいう。

(2) **FG** FG(フレームグラウンド)とは、電子機器の筐体接地のことをいい、大地と機器を同電位に保つことによって機器の電位が異常に上昇することを防いだり、雑音を低減したりする。一般的にアースに接続されるのが普通である。

(3) **SG** SG(シグナルグラウンド)とは、内部の電子回路の 0V 基準電位面(点)をいう。SG はアースに接続され FG と同電位にされる場合と、FG と分離される場合がある。EMC の面から見ると、一般的には FG と SG は同電位に接続されてアースされている方が有利の場合が多い。

4. アマチュア無線と周波数帯

日本国内の無線は、総務省総合通信基盤局が管理している。各無線局に使用周波数帯を割当て、その場所、周波数帯を公開している(特殊無線を除く)。

表1 アマチュア無線の使用周波数帯

| 番号 | 周波数帯 | 番号 | 周波数帯 |
|----|-----------------------------|----|---------------------------|
| 1 | 1,907.5 kHz ~ 1,912.5 kHz | 13 | 50.000 MHz ~ 54.000 MHz |
| 2 | 3,500.0 kHz ~ 3,575.0 kHz | 14 | 144.000 MHz ~ 146.000 MHz |
| 3 | 3,747.0 kHz ~ 3,754.0 kHz | 15 | 430.000 MHz ~ 440.000 MHz |
| 4 | 3,791.0 kHz ~ 3,805.0 kHz | 16 | 1.260 GHz ~ 1.300 GHz |
| 5 | 4,630.0 kHz | 17 | 2.400 GHz ~ 2.450 GHz |
| 6 | 7,000.0 kHz ~ 7,100.0 kHz | 18 | 5.650 GHz ~ 5.850 GHz |
| 7 | 10,100.0 kHz ~ 10,150.0 kHz | 19 | 10.000 GHz ~ 10.250 GHz |
| 8 | 14,000.0 kHz ~ 14,350.0 kHz | 20 | 10.450 GHz ~ 10.500 GHz |
| 9 | 18,068.0 kHz ~ 18,168.0 kHz | 21 | 24.000 GHz ~ 24.050 GHz |
| 10 | 21,000.0 kHz ~ 21,450.0 kHz | 22 | 47.000 GHz ~ 47.200 GHz |
| 11 | 24,890.0 kHz ~ 24,990.0 kHz | 23 | 75.500 GHz ~ 76.000 GHz |
| 12 | 28.000 MHz ~ 29.700 MHz | 24 | 142.000 GHz ~ 144.000 GHz |

注: 使用周波数の分布表は、製本され出版されている。

5. アンテナの種類とf特性

EMI, EMS 測定では、一般的に表2のアンテナが使用される

表2 測定に使用されるアンテナの種類

| 測定分野 | アンテナ名称 | 使用周波数範囲(例) |
|-------|--------------------|------------------------|
| 磁界測定用 | ループアンテナ | 10kHz ~ 30MHz |
| 電界測定用 | ダイポールアンテナ(シリーズ) | 24MHz ~ 1GHz(シリーズ合計) |
| | バイコニカルアンテナ | 25MHz ~ 300MHz |
| | ログペリオディックアンテナ | 200MHz ~ 1GHz |
| | バイコニ・ログアンテナ | 26MHz ~ 2GHz |
| | ゲイン・ホーンアンテナ(シリーズ) | 960MHz ~ 40GHz(シリーズ合計) |
| | ダブルリッジド・ガイドホーンアンテナ | 1GHz ~ 18GHz |

磁界測定では、主としてループアンテナが使用される。

1GHz 以下の電界測定では、代表的なアンテナはダイポールアンテナであるが、個々のアンテナは使用範囲が狭く、広帯域の測定を行う場合は、特性の異なるアンテナに取替えて測定を行う必要がある。したがって、使用範囲が広いバイコニカルアンテナ及びログペリオディックアンテナが使われることが多い。

また、さらに使用範囲が広いバイコニ・ログアンテナが使われることもあるが、アンテナ形状が大きくなる。

1GHz 以上の電界測定では、代表的なアンテナはゲイン・ホーンアンテナであるが、ダイポールアンテナと同様で使用範囲が狭く、また低い周波数では形状が大きくなり使いにくい。

したがって、ダブルリッジド・ガイドホーンアンテナが使われることが多いが、アンテナの主ローブの大きさに注意することが必要となる。

図1 アンテナの種類



ループアンテナ



ダイポールアンテナ



バイコニカルアンテナ



ログペリオディックアンテナ



バイコニ・ログアンテナ



ゲイン・ホーンアンテナ



ダブルリッジド・ガイドホーンアンテナ

6. ISM, ITE の定義

- (1) ISM: Industrial Scientific and Medical equipment [工業, 科学, 医療用装置 (CISPR 11 での定義)] 無線周波数を内部的に利用又は放射する工業, 科学, 医療用装置のこと。他の CISPR で定義される, 通信装置や情報処理装置を除く。
- (2) ITE: Information Technology Equipment [情報技術装置 (CISPR 22 での定義)] 定格電圧が 600V 以下であって, データ及び電気通信メッセージの入力, 記憶, ディスプレイ, 検索, 電送, 処理, 交換又は制御, 又はこれらの組み合わせを主機能とし, 典型的に情報伝達のために動作する1つ又は多数の端子ポートを有することもある装置。

7. I/O線の束線, 長さ及び置き方

- (1) 放射妨害電界強度 被試験品 (EUT) は, 典型的な用途に対して矛盾しない範囲で, 被試験品の配置を変えることによって妨害レベルが最大になるよう配置する。

ケーブルは, 製造業者が指定している型式と長さのものを使う。種類に指定のない場合はシールドなどが付加されていない線を使う。適合性を得るための試験中に, シールドケーブル又は特殊ケーブルを使用して試験する場合には, このようなケーブルを使用する必要がある旨の注記を取扱説明書の中で規定する。

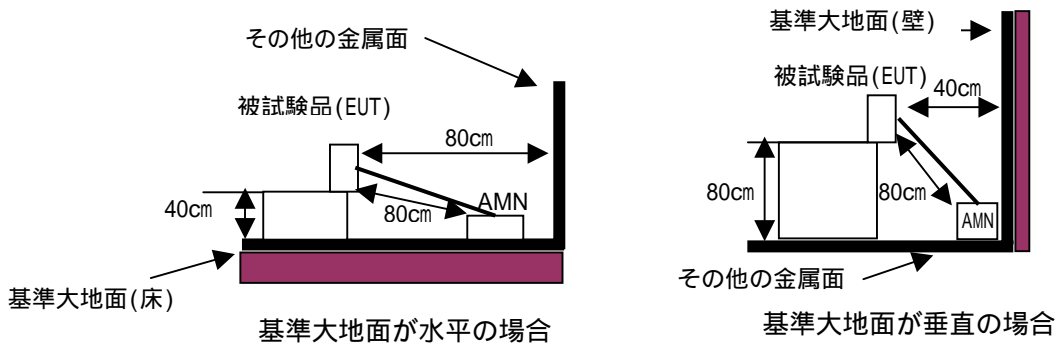
装置間のケーブルの長さは, 長さに指定のない場合はノイズが最大になる長さにする。装置間を接続するのに余長が出る場合, ケーブルの中央で 30 ~ 40cm 程度に折り返して束ねる。束にすることが実際上不可能な場合は, 余分のケーブルの処置を試験成績書に正確に記載する。

- (2) 端子妨害電圧 (雑音端子電圧)

基準大地面は, 機器の種類によって図2のように分けられる。

- (a) 基準大地面が水平: 工業用, 科学用及び医療用 高周波利用機器 (ISM 機器)
- (b) 基準大地面が垂直: 情報処理装置 (ITE 機器)

図2 取付けの位置



配置時には、次のことを守る必要がある。

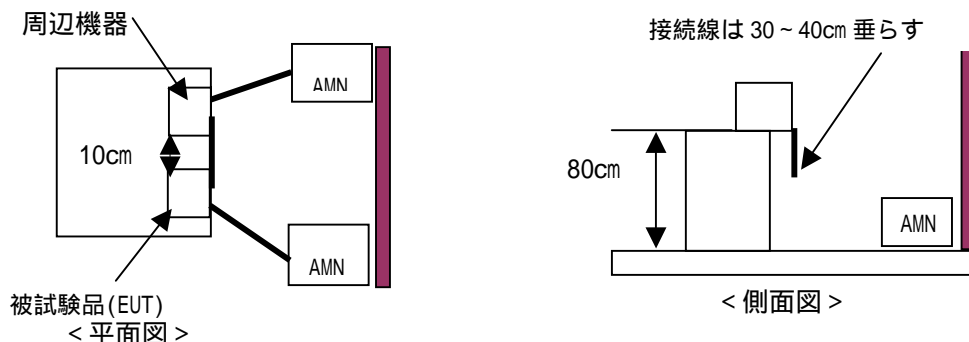
- 基準大地面は $2\text{m} \times 2\text{m}$ 以上あること。
- 擬似電源回路網[Artificial Mains Network(AMN)]と被試験品の距離を 80cm 離し、ケーブル(電源線など)を接続する。ケーブルに余長が出る場合、ケーブルのほぼ中央で長さ 30cm ~ 40cm の水平な束に束ねる。そうすることができない場合は、余分のケーブルの処置を試験報告の中に正確に記載する。
- 被試験品と基準大地面の距離は 40cm 離す。
- 被試験品とその他の金属構造物は 80cm 以上離す。
- 接地板は、導体をできるだけ短くして擬似電源回路網の基準アース端子に接続する。

単体機器については、図2の配置でほとんど問題ないが、システム機器においては、機器によってサンプルの設置方法が違うので注意が必要である。以下に、機器別の配置上のポイントを示す。

- ISM 機器** 本体と周辺装置の間隔は規定がないので、実使用状態に近い形に配置し、詳細を記録しておく。ケーブルは製造業者指定のものを使う。種類に指定のない場合は、シールドなどが付加されていないケーブルを使用する。長さに指定のない場合は、ノイズが最大になる長さにする。装置間を接続するのに余長がでる場合、ケーブルの中央で 30cm ~ 40cm 程度に折り返して束ねる。硬いなどの理由で束ねることのできない場合、余長の処理に規定はないが、処理方法は詳細に記録しておく。周辺機器の電源線も AMN に接続する。AMN の配置、周辺機器と AMN までの線の引き回しは単体機器の場合と同じである。
- 情報処理機器** 特に製造業者の指定がない限り本体と周辺装置の間隔は 10cm 程度とする。ケーブルは製造業者指定のものを使う。種類に指定のない場合は、シールドなどが付加されていないケーブルを使用する。長さに指定のない場合は、ノイズが最大になる長さにする。装置間を接続するのに余長がでる場合、ケーブルの中央で 30cm ~ 40cm 程度に折り返して束ねる。硬いなどの理由で束ねることのできない場合、余長の処理に規定はないが、処理方法は詳細に記録しておく。

図3に、測定配置の一例を示す。

図3 システム機器の測定配置



8. イーサネットのテスト(サージイミュニティ)

イーサネットのケーブル方式のうち、最も一般的に用いられているのは 10BASE-T 及び 100BASE-T である。このケーブルは非シールドのツイストペア線で、数百メートルの延長が可能な仕様となっている。したがって、EN/IEC 61000-4-5 の規格を適用する場合、「非シールド平衡信号線」に対するサージイミュニティ試験の実施が必要である。しかし、通信状態に影響を与えない結合・減結合回路の実現が困難であるため、ほとんど試験が行われていないのが実情である。

9. ESD と実際のフィールドでの発生電圧(Electrostatic Discharge)

ESD とは、静電気放電のことで、摩擦などによって物体に蓄積された電荷が、放電により極めて短時間に逃げる現象をいう。一般的にこの静電気の発生源は人体に蓄積された摩擦静電気によるもので、その電圧は数 kV ~ 数十 kV になる。

10. EMC 指令[Electromagnetic Compatibility Directive(電磁両立性に関する EC 指令)]

機器の EMC 特性についての EC 指令を EMC 指令(EC 指令 No.89/336/EEC)という。EMC 指令は 1992 年より3年間の移行期間を経て、1996 年1月1日より強制となった。

EMI と EMS の両方の対策ができているときに、電磁環境的に両立しているといい、EMC 対策ができていることになる。CE マーキングは EC 指令の適合マークで、その製品が関連するすべての EC 指令で(EMC 指令も含む)規制された保護の水準に適合していることを示唆する。

- (1) **適用範囲** 電磁波妨害を発生する恐れがあり、さらに我々の生活環境に存在する各種の電磁波によって影響される恐れがある全ての電気及び電子装置並びに設備に適用。
- (2) **必要要求事項** これらの装置及び設備が発生する電磁波妨害は、無線及び電気通信機器が許容する妨害レベル以下であること。また、機器及び設備が十分なイミュニティを有するものであること。
- (3) **関連用語**

EMI[Electromagnetic Interference (電磁妨害)] 電磁妨害波によって引き起こされる機器、装置又はシステムの性能劣化をいう。

一般に電磁妨害波は、「妨害波を発生する装置」と「被害を被る装置」との間の結合形態によって、次の二種類に分類される。

- (a) **伝導妨害波(又は伝導妨害)** 妨害波の電磁エネルギーが主として電力線や信号線などの導体を經由して伝達され、他の装置に侵入して妨害を与えるもの。
- (b) **放射妨害波(又は放射妨害)** 妨害波の電磁エネルギーが電磁波の形態で放射され空間を伝播して、他の装置に妨害を与えるもの。

Emission(電磁エミッション) ある発生源から電磁エネルギーを放出する現象。電磁波放射による電磁エネルギーの発生・放射と低周波における導線に沿って伝導する電磁エネルギーの発生・放出がある。

EMS[Electro magnetic Susceptibility(電磁気感受性)] 電磁妨害による素子、機器又はシステムの性能低下の発生のし易さであり、イミュニティ不足の程度を意味している。

Immunity (イミュニティ) 使用している機器や装置が、外部からの妨害波、例えば「静電気放電、雷、無線局、各種機器・システムからの雑音」によって性能が劣化することなく、これらに耐えることのできる能力を意味する。「妨害排除能力」、「耐ノイズ性」ということもある。

11. エミッションとコモンモードフィルタ

1例としてノートパソコンにおける電源部のエミッション対策を示す。

AC ラインには、スイッチング電源自身のスイッチングノイズが発生する。

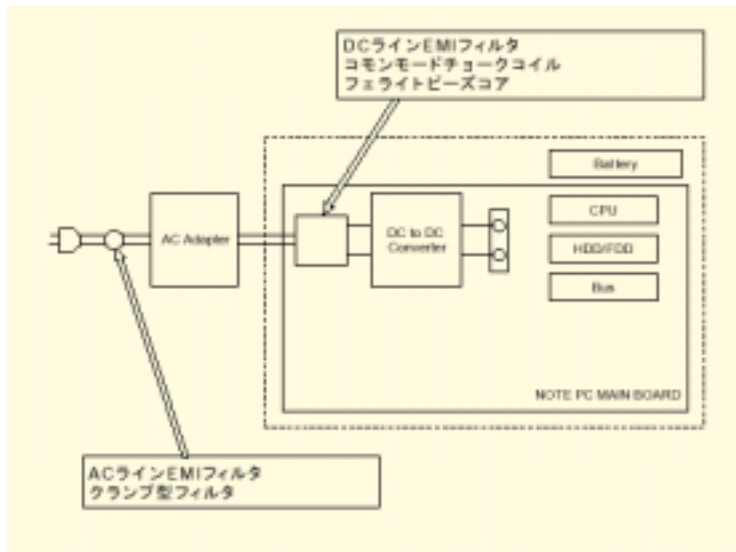
スイッチングノイズは主に伝導ノイズと、100MHz 以下の輻射ノイズの大きな山となって出現する。これらはスイッチング電源内において、ライン間コンデンサ、ノーマルチョークとコモンモードチョークなどでまず対策される。さらに、AC ライン側にクランプフィルタを使用することで、より輻射ノイズを抑制することができる。

また、DC ラインは本来、直流の伝送ラインであって周波数をもたないため、輻射ノイズにおいてはアンテナとしての役割が大きくなる。したがって高周波用のコモンモードチョークやクランプフィルタ、フェライトコアによって対策されることが

多く、またその効果も大きくなる。この場合のフィルタ選択のポイントは、小形で電流容量の大きいことであり、コモンモードチョークやビーズが有効である。

この例では特に 80 ~ 200MHz における輻射ノイズの抑制効果が確認された。

図4 ノートパソコンの AC ラインと DC ラインの EMI フィルタ使用例



備考 PRODUCT Hotline magazine [TDK NOW]より引用。

12. AM・FM と妨害

音声放送方式は振幅変調方式(AM)と周波数変調方式(FM)に大別される。

わが国では中波、短波の音声放送には AM が用いられ、超短波の音声放送には FM が用いられている。

AMは狭い電波占有帯域で送信でき、受信機も安価であるが、振幅変調であるため環境ノイズや妨害波の影響を受けやすい。

FMは周波数変調方式とするため、電波占有帯域が広く受信機も比較的高価になるが、環境ノイズや妨害波の影響は微小である。

13. オープンサイトと電波暗室のテストの差

妨害波電界強度測定において、オープンサイトと電波暗室では測定値に差が生じる。オープンサイトに対して電波暗室の特性を保証する手段としてサイトアッテネーションの比較が行われる。オープンサイトを基準に ± 4 dB 以内であれば測定サイトとして使用できる。

簡易電波暗室は対策測定に便利であるが、通常オープンサイトとのサイトアッテネーションの相違が ± 4 dB を超えるため、正式な測定には使用できないが、対策効果は相対値として測定できる。

14. 感電

IEC 61010 では、正常状態で感電の恐れがある(危険ライブ)ものの判断は下記である。

通常のオペレータがアクセス可能な部位については、電圧レベルで 30V rms, 42.4V ピーク又は 60V DC を超えないこと。

超える場合は、電流、キャパシタンスを測定し、電流で正弦波に対して 5mA rms, 非正弦波又は混合周波数では 0.7mA ピーク又は 2mA DC 以下であることが危険ライブでない条件である。

また、同様にキャパシタンスは、最大 15kV ピーク又は DC までの電圧に対して 45 μ C 以下であること。

感電に関しては、人間の感性や周囲環境状況にて違ってくるが、これらの値が目安となっている。

15. 気中放電と再現性

気中放電試験は、試験方法が大きく再現性に影響する。静電気試験の気中放電に関しては、IEC 61000-4-2(JIS C 1000-4-2)でも、**附属書に参考(informative)**として、解説されている。

規格書の8.3 (試験の実施)には試験方法が定められており、できるだけ軽量の放電ガンをもつ試験機を準備し、

- (1) 被試験品から離れた状態で放電ガンを充電する。
- (2) 被試験品が機械的に破壊しない範囲で、垂直に素早く近づける。
- (3) 放電ガンを被試験品に接触後離す。
- (4) 放電ガンに残った静電気を除去する。

というサイクルで試験するのが現実的である。

16. 共通インピーダンス結合による妨害

共通インピーダンス結合による妨害を、AC 電源に接続された溶接機とコンピュータを例として説明する。

- (1) ここで配電盤からコンピュータへの電源配線の経路に、溶接機の電源が接続された場合を仮定する。
- (2) 溶接が行われると、溶接機に流れる高周波電流が、溶接機から配電盤までの電源配線のインピーダンスによって、電源に高周波電圧成分を発生させる。
- (3) コンピュータは、溶接機と電源を共有しているため、その電源入力に高周波電圧が印加されることになり、妨害を受けることになる。つまり、溶接機とコンピュータの電源に存在する共通のインピーダンスによって、コンピュータが溶接機から妨害を受けたことになる。

この例のような妨害を防ぐには、溶接機とコンピュータの電源を別経路で配線すればよい (現実には、変圧器から配電盤までの共通インピーダンスや、変圧器自体の共通インピーダンスも考慮する必要がある)。

17. 強磁界との関係(誘導加熱, MRI)

すべての物質は、電子と陽子からなる原子で構成されている。強磁界中では、より安定した状態になるために、磁界を打ち消す方向に物質内部で電子の移動(偏り)が起こり、その結果電位差が生じる(電磁誘導作用)。

この現象を利用したものとしては、以下のものが代表的である。

誘導加熱は、交流磁場中に導体を置くと電磁誘導作用により起電力が発生し、渦電流が流れて渦電流損失として発熱することを利用している。そのため無接触・高温度・局部加熱・均一加熱などが可能である。

MRI は、核磁気共鳴映像法とよばれ、人体に弱い交流磁場を当てることにより、人体の細胞核がもともと持っている微弱な磁気を核磁気共鳴を利用して検出し、それから得られた情報をコンピュータを使って画像化する診断法である。生体に害を与えずに任意の断層映像や、肝臓のように軟らかい組織の診断が可能である。

18. 距離と電界との関係

電界は、自由空間という理想状態では、ごく近接したところ(近接界という)では静電界、誘導電界によるものが、またある程度距離が離れたところ(遠方界という)では放射電磁界によるものが支配的である。

静電界によるものは距離を r とすると $1/r^3$ に、誘導電界によるものは $1/r^2$ に、また放射電磁界によるものは $1/r$ に比例する。

電界強度はアンテナによって測定され、単位は V/m である。

近接界と遠方界の境界は厳密には分けられないが、発生源より2波長以上離れば、遠方界とみなすことができる。

EMI 測定の際に、適合性の検討のために、規定と異なるアンテナと被試験品(EUT)との水平距離を使用する場合には、距離10倍あたり20dBの反比例係数を使用する[10m規定に対し3mで参考測定する場合は $20\log(3.3) = \text{約 } 10\text{dB}$ となる]。

ただし、30MHz 付近の低い周波数で距離が短い場合は、近接界の影響があるので注意を要する。

19. クロストーク(Crosstalk)

並行して配線された電線間には、静電的な結合・電界結合と、電磁的な結合・電磁結合が発生する。

例えば、整備の良くない長距離配線された電話線では、希望回線のみでなく他の通話内容が入り込むことがある。プリント基板のパターン間でも同様に起こる。

アナログ回路のように数 mV で動作しているパターンと、5V で動作しているデジタル回路は回路間を離したり、パターンを並行させない工夫が必要になる。

なお、高速ボード設計に於いてクロストーク雑音を理論的にゼロにできる「Hyperbola 終端法」がある。

これは、ドライバの出力抵抗 r とレシーバの終端抵抗 R の積を、同相モードの特性インピーダンス Z_c と差動モードの特性インピーダンス Z_d の積(特性インピーダンス Z_o の 2 乗)に等しくすれば、レシーバ側のクロストーク雑音をゼロにできるという手法である。

20. クロック周波数と PLL

最近のマイクロプロセッサの内部動作周波数は、ますます高い周波数になってきている。これに従いマイクロプロセッサに与えるクロックは内部動作周波数より低い基本クロックを端子に接続し、内部に構成された PLL(phase locked loop) 回路にて、高周波数を得る構成のものが増えている。このような機器では、内部動作周波数の整数倍だけではなく、基本クロックの整数倍も、妨害波として、検出されるので、エミッション対策に注意を要する。また、基本クロック自身もさらに IC 化により、より低い周波数から作成されている場合もある(パソコンなどの場合)。

21. 携帯電話と妨害

携帯電話は、人体のきわめて近くで使用されるので、機器や人間に対して高い電磁波にさらす可能性がある。そのため携帯電話などによる医療機器への障害が緊急に実験調査された。実験結果から「携帯電話機を埋込型心臓ペースメーカーから 22cm 以上離すこと」などの「医療電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末などの使用に関する指針」が 1997 年不要電波問題協議会から発表され病院や公共交通機関内での使用制限の協力が呼びかけられている。

因みに 800MHz 帯の携帯電話、アナログ(0.6W)、デジタル(0.8W)のアンテナ取付部からの放射電界強度は直近で 10V/m、1m の距離で 2V/m 程度である。

さらに、2002 年 6 月 1 日から、携帯電話機の放射する電波が人体頭部にどれくらい吸収されるかの測定が規格化され、一定の基準を満たすことが必要となった。

22. 結合 / 減結合回路、容量性結合クランプ及び吸収クランプ

(1) **結合 / 減結合回路** [Coupling-Decoupling-Network (CDN)] 結合 / 減結合回路は、被試験品 (EUT) の供給電源入力端子へコモンモードの試験電圧を印加するものである。

通常、ノイズシミュレータの中にはこの回路が組み込まれている。

(2) **容量性結合クランプ** (Capacitive Coupling Clamp) 容量性結合クランプは、供試回路に対しその回路の端子、ケーブルのシールド、あるいは被試験品 (EUT) の他の部分に何ら直接接続することなく、EFT/B ノイズを結合できる。

直接ノイズ印加評価の難しい信号入力回路や、通信回路のノイズ試験に使用する。

(3) **吸収クランプ** (Absorbing Clamp) 吸収クランプは、30MHz 以上の電子機器の電源ラインから放射されるノイズをフェライトチューブで吸収し、その吸収量はノイズ電流に比例することから、VDE 規格では測定対象になる。

23. 検波方式(尖頭値, 準尖頭値, 平均値)の違いと必要性

何れも妨害波測定に使用する検波方式であり、検波方式の違いによる値のことである。

通常、計測に時間のかからない尖頭値で測定し、規格ギリギリ部分を準尖頭値で確認する方法がとられることが多い。

尖頭値, 準尖頭値, 平均値の関係を図5に示す。

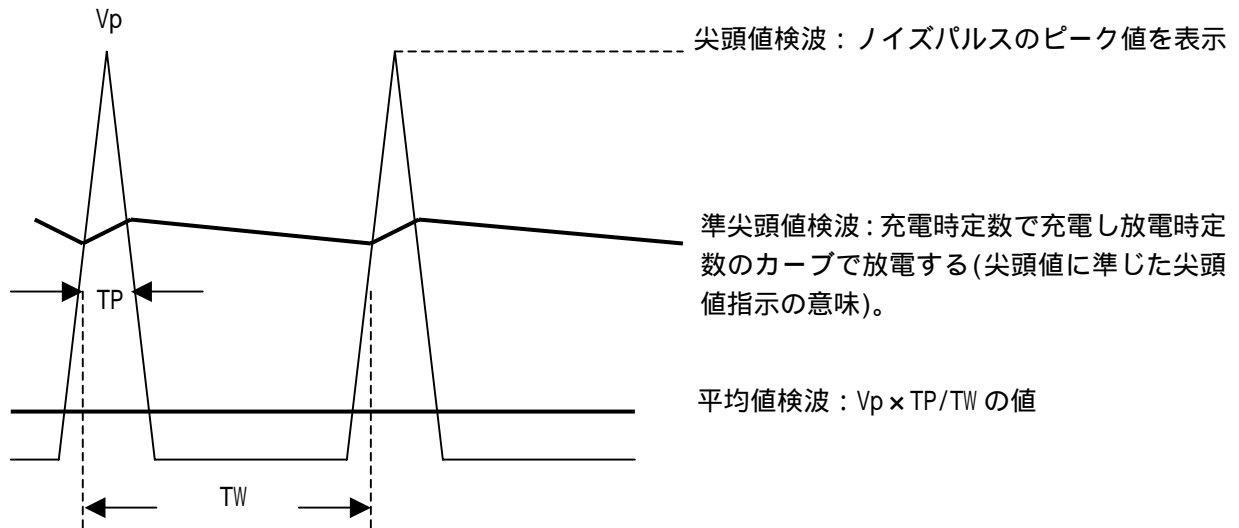
(1) **尖頭値 (Peak Value)** 時定数を持たず、ノイズそのもののピーク値を検出することを尖頭値検波という。

(2) **準尖頭値 [QP (Quasi - Peak) Value]** インパルス性の強いノイズをメータ型の測定器で計測する場合、その応答時間の長さのため、ピーク値は正しく指示し得ないことがある。また正しく指示し得たとしても、読み取りが難しくなる。

検波器及びメータ部の時定数を大きく定め、測定器、読み取り時の問題解決を図ったのがこの検波方式で、時定数及び応答特性は CISPR 16 で定められている。

(3) **平均値 (Average Value)** 平均値検波は、ノイズの平均値を示す。

図5 尖頭値, 準尖頭値, 平均値の関係

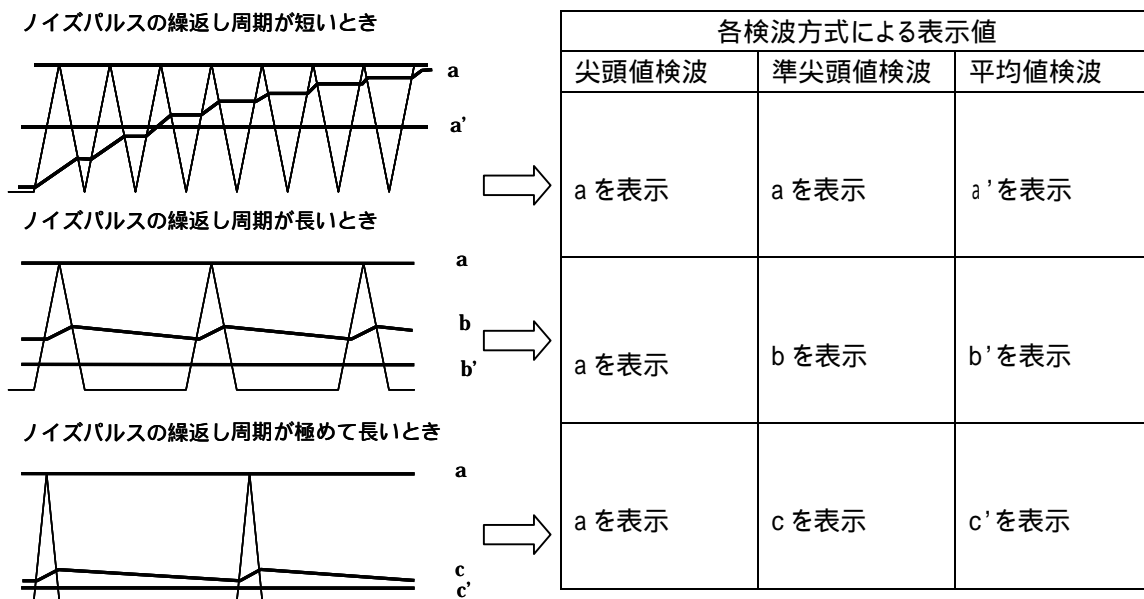


参考 検波器: CISPR 規格には、検波器として準尖頭値検波、平均値検波は必要であると規定されている。

尖頭値検波はノイズ測定のパーク値表示、及び測定時間が早いということで、現在の「電界強度測定器」や「スペクトラムアナライザー」に備わっている。

尖頭値検波、準尖頭値検波、平均値検波はノイズパルスの繰り返し周期が短い場合と長い場合とで表示は大きく異なる。

図6 パルスの繰り返しと検波器と表示の関係



繰り返し周期が短いとき 尖頭値検波、準尖頭値検波の各指示値は同一指示となる。平均値検波の指示値は尖頭値検波、準尖頭値検波の各指示値に近づく。繰り返し周期が極めて短い時は、尖頭値検波、準尖頭値検波、平均値検波の各指示値は同一指示となる。

繰り返し周期が長いとき 準尖頭値検波の指示値は、充電の時定数が同じでも相対的に放電の時間が長いので

ピーク値に比べて低くなる。

繰り返し周期が極めて長いとき 準尖頭値検波の指示値は、平均値に近くなる。また、平均値検波の指示値は、ゼロレベルに近くなる。

24. 工業用を使用される PLC の規格

PLC の規格の一つに、“プログラマブルコントローラ - 装置への要求事項及び試験”として、平成 5 年 7 月 1 日に制定された **JIS B 3502** がある。

この規格は、IEC 61131-2:1992(Programmable controllers - Part 2: Equipment requirements and tests, Clause 6. Test and verifications)を基にして平成 2 年度に工業技術院からの委託によって社団法人 日本電機工業会において原案が作成され、その後、日本工業標準調査会における規格調整専門委員会での審議を重ねた後、平成 4 年 11 月 FA 部会において議決され、新規制定されたものである。

この規格は、プログラマブルコントローラ(PLC)に関する関連 JIS である **JIS B 3500**(プログラマブルコントローラ用語)、**JIS B 3501**(プログラマブルコントローラ - 一般情報)及び **JIS B 3503**(プログラミング言語)と一体をなすものであり、その中の“機能特性”の要求事項に適合していることを確認するための“試験及び検証方法”である。

25. コンピテントボディ (CB)

CB は、製品の評価・検証についての技術的能力を有する機関として公認された試験機関。

TCF 検証と検証報告書(認定書)の発行能力を国より認められた機関。

主な CB として下記がある。

VDE: ドイツ

TUV: ドイツ

DEMKO: デンマ - ク

BSI: イギリス

KEMA: オランダ

関連事項：ノーティファイドボディ (NB) 適合性評価のために選定されたモジュールに従って製品評価、品質システム評価を行う機関。技術的能力、客観性及び透明性を有すると認められ、各国内の適合性評価機関の中から各国政府が選択して EC 委員会と他の加盟国に通知している機関。

26. 混変調及び過変調

(1) **混変調** 変調の目的は、信号の伝送伝達の多重化、機密化のために行う手法である。目的の信号が、信号の変調・復調回路において、電磁妨害を受ける事により、本来の変復調信号と複数の異なる定在波(ノイズ)とが発生し、受信感度を妨げる状態を、混変調という。

特に電波の相互干渉において、混変調、相互変調という。

(2) **過変調** 信号を搬送波に変換する(変調)場合、信号波を搬送波に幾ら変換するかの割合を、変調度(搬送波電圧 / 信号波電圧)と呼び、目的に応じて、変調割合を変更する。変調度 100% を超えると、元の信号が搬送波に埋もれ、復調できなくなる。

この過度の変調の事を、過変調という。

27. サージの規格と根拠

IEC のサージイミュニティで想定されているのは、スイッチング及び雷により発生する過渡電圧サージに対する機器のイミュニティを測定することである。日本では、業界によっては非通電状態での絶縁破壊が起こるかどうかの耐電圧試験として考えていた場合もあった。このため両者の電圧レベルには差があり、IEC のレベルが低くなっている。

IEC がシミュレーションしているのは、

(1) スイッチング過渡現象

コンデンサバンクスイッチングなどの、主要電源システムのスイッチング妨害

電源供給システムにおける負荷の変動
 サイリスタなどのスイッチング装置と関係する共振回路
 設備の接地ネットワーク/接地システムへの短絡及びアーク障害など

(2)雷過渡現象

屋外への直接の雷撃が接地抵抗やサージインピーダンスを通して流れる高電流による間接の導体への誘導による電圧

近傍の導体へ流れ、電磁波を発生させ、この電磁波による導体への電圧誘起

などであり、これらを想定して、使用環境によりクラス1~5, X で分けられた試験電圧にて評価を行う。

試験サージ波形は開電圧、閉電流(短絡)にて定義されており、上記の現象の高電圧、高電流を発生させることができる。

28. シールド

機器の筐体内部や測定などを行う空間を、その外部の電磁界の影響から保護するために行われるシールド(遮へい)をいう。シールド材には銅、アルミ、鉄などの高い導電率、高い透磁率の板材や金網が使用されるが、最近では筐体の成形が容易なことから導電性プラスチックも使用されている。

29. 瞬時停電と電圧変動

(1) **瞬時電圧低下** 瞬時電圧低下とは、コンピュータ機器の急速な普及による PLC・プリンタ・コピー機などの増設で、使用電力が大幅に増加し、慢性的な電圧降下が発生することである。それ以外にも、エアコン、レーザープリンタなどの起動時に大きな負荷がかかる事によって発生する(部屋の照明が一瞬暗くなるような時)。

電圧低下は、電気系統のある一点における電圧の突然の減少で、半周期から数秒の短時間の内に電圧が回復することをいう。

(2) **瞬時停電** 瞬時停電とは、典型的には1秒を超えない期間、供給電圧が消失することである。瞬時停電は、100%の振幅をもつ瞬時電圧低下と考えることができる。

(3) **電圧変動** 電圧変動とは、電圧が連続的にゆるやかに変化することをいう。定格電圧より低くなることも高くなることもあるが、CE マーキング対応の試験では、低くなる場合のみを規定している。

欧州連合(EU)の EMC 指令(CE マーキング制度)では、EN 61000-4-11 で規定されている「電圧ディップ、瞬停及び電圧変動のイミュニティ試験」で確認することになっている。

30. 商工業、工業、家庭機器の判別方法

IEC では電磁環境 EMC レベルを規定した規格として、IEC 61000-2 シリーズがある。その中で、電磁環境の分類を規定したものが IEC 61000-2-5 である。

IEC では、電磁環境を「ある場所に存在する電磁現象のすべて」と定義しているが、ここで「ある場所」とは、機器が存在する場所で、住宅、商店、工場、病院など様々な場所を指す。このような電磁環境によって区別される規格が共通規格で規定されており、代表的な IEC 規格は、表3の通りである。

表3 代表的な IEC 規格

| 規格番号 | 規格名称 |
|---------------|-------------------------|
| IEC 61000-6-1 | 住宅、商業及び軽工業環境のイミュニティ |
| IEC 61000-6-2 | 一般規格 - 工業環境のイミュニティ |
| IEC 61000-6-3 | 住宅、商業及び軽工業環境についてのエミッション |
| IEC 61000-6-4 | 一般規格 - 工業環境のエミッション |

電磁環境は、全般的に住宅地域より重工業地域の方が悪いことから、イミュニティでは工業環境の方が、また、エミッションでは逆に住宅、商業及び軽工業環境の方が要求レベルが高く厳しくなっている。

31. CEマーキング

CE マーキングとは、EU 連合域内で販売される指定製品に義務づけられている“CE”マークの貼付のことで、EC 指令によって示されている安全要求に適合した製品だけが、貼付することを許されている。

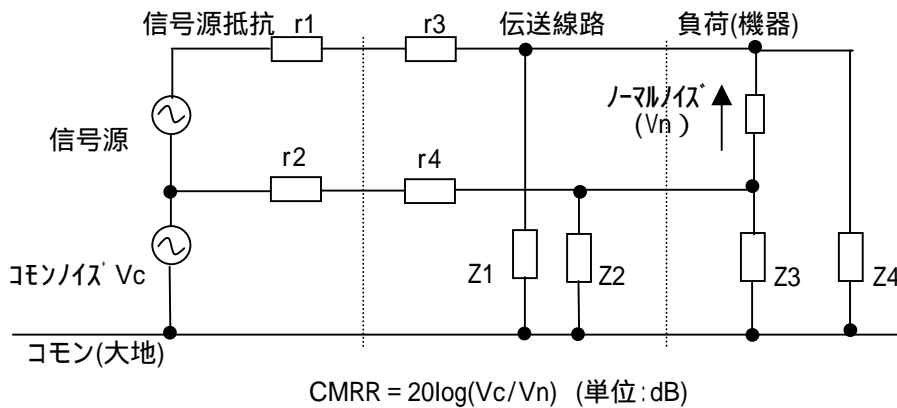
EC 指令のうち、電磁気障害を発生させる機器、及び影響を受ける機器は全て EMC 指令の対象となり、関係する EN 規格に適合する事を証明しなければならない。また、これらの機器は他の指令(代表的な指令としては機械指令、低電圧指令)の適用対象となることが多く、注意が必要である。

適合の証明のためには、機器にもよるが、自己認証が許されている場合もある (モジュールシステム)。

32. CMRR/NMRR

(1) CMRR(同相ノイズ除去比)(Common Mode Noise Rejection Ratio) コモンモードのノイズが、ノーマルモードに変換される割合をいう。度合いを数値化したもので、数値が大きいくほどコモンモードノイズの影響を受けにくい。

図7 CMRR の等価回路

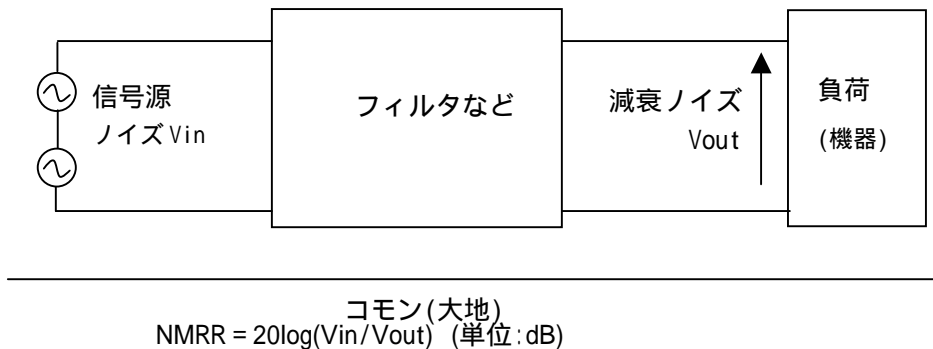


負荷インピーダンスが平衡状態、伝送線路のインピーダンスが平衡状態の時、コモンモードノイズ Vc はノーマルモードノイズ Vn に変換されない。しかし、負荷インピーダンス、伝送線路インピーダンスの平衡状態が崩れることにより、コモンモードノイズが、ノーマルモードノイズに変換され、機器に悪影響を与えることがある。

ノイズの軽減方法は、伝送線路を最短かつツイストペアにする、機器を絶縁するなどが挙げられる。

(2) NMRR(差動ノイズ除去比)(Normal Mode Noise Rejection Ratio) ノーマルモードのノイズが、どれだけ減衰したかの割合をいう。

図8 NMRR の等価回路



33. ストレージャパシティ(stray capacity)

配線のための電線やパターン、部品内部の端子間がもつ静電容量。直流や低周波では無視できるが、高周波になると回路の動作に色々な影響を与える。

アナログ回路や高周波回路では、ストレージャパシティによる結合で思いどおりの性能が出せなくなることがある。以下のような事象を防止するため、部品配置・パターンレイアウトの段階で浮遊容量の影響を考慮しておく必要がある。

トラブルの例：

- a)増幅器の出力が入力にフィードバックしてしまい、思い通りの周波数特性が得られない（フィルタ特性の悪化。最悪の場合、発振してしまう）。
- b)ある信号線から別の信号線に波形が伝わってしまう（信号のクロストーク、アナログ回路へのデジタル信号の混入など）。

34. スナバ(Snubber)回路

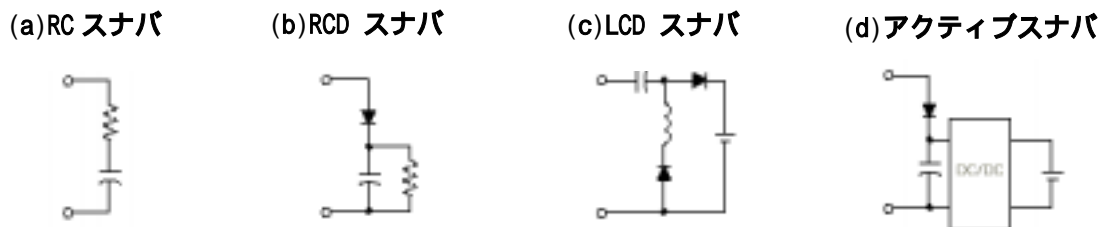
もともとスナバ回路は、サイリスタなどの電力用半導体デバイスを直列で使用するとき、各デバイスに均一な電圧が加わるように設けた、特にコンデンサを主体とする並列回路をスナバ回路と称していた。

現在では、サージ電圧を抑える並列回路の一般的な呼称として使われている。

たとえば、スイッチング電源では、以下のように使われている。

スイッチング素子や出力整流ダイオードなどのパワー半導体の両端にスナバ回路を接続してサージ電圧の発生を抑えることにより、部品の電圧ストレスを低減させると同時にノイズの発生を少なくすることができる。主なスナバ回路の例を図7に示す。

図9 スwitchング電源のスナバ回路の例



35. スペクトラムアナライザ

スペクトラムとは、各周波数における電磁波の強度をいい、横軸に周波数、縦軸に強度(電界強度又は電力)をとって表す。

スペクトラムアナライザは、掃引同調型のスーパーヘテロダイン受信機(ある帯域をもった中間周波数の受信機で局発周波数を変化させながら、帯域内の強度を測定する)であり、上記スペクトラムを CRT 画面上に表示できる機器である。基本的にはピーク強度を表示するが、アダプタなどにより準尖頭値も表示できるものもあり、EMI 測定に使用される。また、広範囲の測定に使用できるようノイズレベルが低く設計されており、ダイナミックレンジを広くとることができる。

低周波の領域では、FFT による演算にてスペクトラム測定を行う、フーリエアナライザもあるが EMI 測定の周波数では、使用されない。

36. スペクトラム拡散

データ通信において、送信すべきデータを変調して通信媒体上へ送出する場合、元のデータの信号レートと変調方式に応じて、通信媒体上で、ある一定の周波数帯域を占有する。このとき、周波数別に見た信号エネルギーの強度の分布状態をスペクトラムといい、通常は横軸に周波数、縦軸に信号強度をとった2次元グラフで表す。

従来の通信技術では、なるべく必要な周波数帯域幅を抑え(狭帯域化)、限られた周波数資源の有効利用を図るように進歩してきた。しかし狭帯域化すればするほどノイズ耐性(通信路の雑音に対する耐久性)や耐干渉性(他チャンネルの信号などによって信号が歪むことに対する耐性)などが劣化し、結果としてデータの再送などによって通信路の帯域がよけいに消費されてしまうという事態も生じていた。

そこで、まったく逆にデータの冗長度を大幅にあげて(エラー訂正コードなどを追加するなどして)、広帯域化し、(全体的に見て)周波数資源の有効利用を図るという方式が考えられた。これをスペクトラム拡散通信方式という(SS 方式とよばれることもある)。非常に広帯域のスペクトラムを占めるが(通常、数百kHz～数MHzの帯域幅をもつ)、その分スペクトラムの密度は薄く、同じ周波数帯域で他の通信が行なわれていてもほとんど影響を受けなくなる。たとえ衝突しても、データに付加した強力なエラー訂正コードでデータを修正する。

スペクトラム拡散通信方式では広い周波数帯域に微弱なスペクトルを分散させるので、次のような特徴をもつ。

- (1)同一帯域上で多くの通信が同時並行的に行える
- (2)他局に対する影響が少ない(ほとんどない)
- (3)ノイズや他ノードからの影響をほとんど受けない
- (4)信号内容を追跡, 検出するのが困難なので, 秘匿性が高い

代表的なスペクトラム拡散通信方式には, 直接拡散方式や周波数ホッピング方式などがある。直接拡散方式とは, 信号データにある帯域幅をもった擬似乱数系列を乗算して, データ列自身の周波数帯域を広げ, それを変調して送信する方法である。周波数ホッピング方式とは, 1チャンネルあたりの使用周波数帯域幅は比較的狭いながらも, 非常に短い時間間隔(0.1 秒程度)でチャンネルを変えながら, データを送信する方式である。

出展: アスキーデジタル用語辞典

<http://www.ascii.co.jp/pb/ghelp/12/001244.html>

37. 正規化サイトアッテネーション(Normalized Site Attenuation)

正規化サイトアッテネーション(Normalized Site Attenuation)とは, 電子機器などから放射される電磁波(放射妨害波)の測定に使用されるテストサイトの性能を評価するために測定される値。

測定はテストサイトにおいて被試験品の代わりに送信アンテナを用い, これから放射される電波を測定用アンテナで受信してアンテナ間の電波伝搬損失を測定する。この伝搬損失のことをサイトアッテネーションとよび, さらに使用した送受信アンテナの影響を補正した値を正規化サイトアッテネーションとよぶ。

38. 製品群規格

IEC では EMC 規格が, 多くの技術委員会で別々に検討されていたために, 基準の考え方, 測定方法がばらばらに規定されていた。このため, 内容の矛盾や誤解を防ぐため IEC は EMC 専門の委員会にて, CISPR と共同して, 用語の統一を含めた規格の体系を定めた。製品群規格は下記の体系の一部である。

- (1) **基本規格** すべての規格の土台となるものとして, 用語, 電磁環境分類(住宅環境, 商業環境, 軽工業環境及び工業環境), エミッションレベル, イミュニティレベルなどの一般的仕様や, 測定試験技術がまとめられている。
- (2) **共通規格** 既存の規格などで定められていない, 特殊な機器や全く新しい機器についても, 既存の規格(製品群規格や製品規格)で規制されている機器と同じように対応できるような汎用の規格を定めたもの。基本規格で決められた, 電磁環境に従って共通のエミッションやイミュニティの基準が定められている。
- (3) **製品群規格** 試験法や基準値などを, 放送受信機, ITE, ISM 機器といったような製品グループごとにまとめた規格である。例えば「CISPR 13 ラジオ・テレビ放送受信機及び関連機器の無線障害特性の限度値と測定法」などがある。
- (4) **製品規格** 適用対象として個別の製品を限定した規格である。製品規格は製品群規格の一部のようなものであり, 当該製品固有の測定法や限度値が規定される。この規格では対象製品が限定されるので, 規格の数は無数にある。

出典: TDK ホームページ

http://www.tdk.co.jp/tjbc01/tech_world_spec.pdf

39. ソフトウェアとノイズ

通信回線を介して伝送を行なう場合, 回線の雑音や瞬断などの影響により, 受信信号の中にデータ符号の各ビットの誤りが独立に生起するランダム誤り(Random Error)及び, 複数ビットの誤りが生起するバースト誤り(Burst Error)が一定の確率で発生する場合がある。

このため高品質のデータ伝送を必要とするデータ通信システムでは, データ端末装置及び通信制御装置で発生する誤りを検出し, その検出した誤りをなんらかの方法で訂正することによって伝送品質を高めている。

この誤り検出方法には単純なものから高度なものまでいくつか存在し, それぞれ誤り検出能力(誤りを見逃さない能力)が異なっている。

これらのどの方式を採用するかは, そのシステムに要求される信頼度, 回線の誤り発生率分布, 伝送効率及び経済性

によって決定される。

(1) **誤り検出方法** データ伝送に使用される誤り検出方法は、冗長ビット付加方式が一般的であり、幅広く用いられている。この方式は、キャラクタごとに冗長ビットを付加する垂直パリティ・チェック、キャラクタをいくつかまとめてブロックとし、ブロックごとに冗長ビットを付加する水平・垂直パリティ、CRC 方式とに分けられる。

(2) **パリティ・チェック方式** 垂直パリティ・チェック方式 VRC(Vertical Redundancy Check)キャラクタごとにパリティビットを付加し、1ビットの誤りを検出可能とする方式である。垂直方向に“1”のビット数が偶数(又は奇数)になるように付加ビットをつけてキャラクタ構成し、検出の場合は偶数(又は奇数)かどうかチェックして良否を判定する。検出には、“1”の数をキャラクタ単位にカウントし、偶数パリティならば“1”の数が偶数なら良、奇数ならば誤りがあると判定する(奇偶性がくずれる)。

しかしながら偶数個のビットが誤ったときは、“1”のビットに奇偶性が保たれているので誤りを検出できない欠点をもっており、単独ではあまり有効でない。

(3) **水平パリティ・チェック方式**[LRC(Longitudinal Redundancy check)] データ伝送では、一般に符号をいくつかのブロック(50～256 字程度)として伝送している。これは伝送路で誤りの発生が比較的少ない場合、キャラクタごとに確認するよりも、ある程度まとめてチェックし確認する方が伝送効率が良くなるからである。このブロック伝送の際のチェックとして用いられるのがブロック・チェック・キャラクタ(BCC)で、各ブロックの末尾に付加して伝送される。一般に BCC のうちベーシック伝送制御手順で用いられているのが水平パリティ・チェックである。

(4) **サイクリック符号方式**[CRC 方式(Cyclic Redundancy Check)] 本方式は誤り検出及び訂正方式の中で最も重要なもので、ランダム誤りやバースト誤りにたいして少ない冗長度で厳密なチェックができるという長所をもっている。

CRC コードは、VRC、LRC 同様に原情報ビット・シーケンスにチェック・ビット・シーケンスを追加した形で構成される。

送信側でデータのビット列を多項式とみなし、特定の多項式(生成多項式という)で割り切れる構成とするために冗長ビット列を付加して送信する。

受信側では、受信データを送信側と同じ生成多項式で割り算し、割り切れれば(余りが0)誤りなしとして正常に受信する。

4.0. 端子妨害電圧(雑音端子電圧)

端子妨害電圧は、被試験品の電源端子や負荷端子から発生する伝導ノイズをいい、他の機器にノイズが侵入して妨害を与える要因になる。

試験水準値が準尖頭値のみの場合、準尖頭値を測定し、その絶対値が試験水準値(規格値 マージン)を超えていなければ合格となる。

水準値が準尖頭値と平均値の両方存在する場合の判定を表4に示す(準尖頭値を測定し、その絶対値が準尖頭値を超える場合は不合格となり、平均値は測定不要である。また、平均値の試験水準値以下であれば、平均値の測定を省略して合格としてもよいことになっている)。

表4 合格 / 不合格の判定

| | 試験水準値 | 絶対値 A | 絶対値 B | 絶対値 C | 絶対値 D |
|------|--------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 準尖頭値 | 56dB μ V | 56dB μ V 以上 | 55.9 ~ 46dB μ V | 55.9 ~ 46dB μ V | 45.9dB μ V 以下 |
| 平均値 | 46dB μ V | 測定不要 | 46dB μ V 以上 | 45.9dB μ V 以下 | 測定不要 |
| 結果 | | 不合格 | 不合格 | 合格 | 合格 |

参考として、各規格の規格値を表5及び表6に示す(詳細は規格書参照)。

表5 製品群規格の規格値

| 製品群 | 住宅環境 | | | 住宅環境以外 | | |
|--------------------------|--------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| | 周波数 (MHz) | 準尖頭値 (dB μ V) | 平均値 (dB μ V) | 周波数 (MHz) | 準尖頭値 (dB μ V) | 平均値 (dB μ V) |
| 情報処理装置 EN 55022, VCCI | 0.15 ~ 0.5 | 66 ~ 56 | 56 ~ 46 | 0.15 ~ 0.5 0.5 ~ 30 | 79 73 | 66 60 |
| | 0.5 ~ 5 | 56 | 46 | | | |
| | 5 ~ 30 | 60 | 50 | | | |
| 高周波利用機器 EN 55011 | 0.15 ~ 0.5 | 66 ~ 56 | 56 ~ 46 | 0.15 ~ 0.5 0.5 ~ 30 | 79 73 | 66 60 |
| | 0.5 ~ 5 | 56 | 46 | | | |
| | 5 ~ 30 | 60 | 50 | | | |

表6 共通規格の規格値

| 工業環境以外 EN 61000-6-3 | | | 工業環境 EN 61000-6-4 | | |
|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| 周波数(MHz) | 準尖頭値 (dB μ V) | 平均値 (dB μ V) | 周波数(MHz) | 準尖頭値 (dB μ V) | 平均値 (dB μ V) |
| 0.15 ~ 0.5 | 66 ~ 56 | 56 ~ 46 | 0.15 ~ 0.5 0.5 ~ 30 | 79 73 | 66 60 |
| 0.5 ~ 5 | 56 | 46 | | | |
| 5 ~ 30 | 60 | 50 | | | |

4.1. チョークコイル, ビーズ対策と効果

回路に直列に挿入してノイズを阻止する部品としてチョークコイル, フェライトビーズ, フェライトコアがある。

電源ライン用としてノーマルモードチョークとコモンモードチョークがある。EMI, EMS のいずれにも効果があり, 電流容量が比較的大きく, 比較的低周波領域に効果が大きい。

信号ライン用としても, ノーマルモードチョークとコモンモードチョークがある。ノーマルモードチョークは信号波形に影響を与えるので注意が必要であるが, コモンモードチョークは影響しない。IC と同形パッケージとして面実装タイプのものである。

フェライトコア又はフェライトビーズはその中に信号線を通すことによりインピーダンス素子として機能し高周波ノイズ成分がコアの損失として熱変換され, 減衰, 吸収される特性がある。一般的にケーブルなどの多芯ケーブルにコモンモード用に使用する大形のものをフェライトコア, 1芯のノーマルモード用のものをフェライトビーズと呼んでいる。

フェライトコアは機器の接続ケーブルのコモンモードノイズ阻止に有効であり, クランプタイプのものである。コアへの巻き付け回数を増やすことにより効果が大きくなるが, 高周波域では線間の結合容量のため逆効果になることもある。インターフェイスなどのフラットケーブル用の物や, コネクタや IC にそのまま挿入できるものもある。

フェライトビーズは, フェライトを円筒形に焼結成型したもので, 信号ラインに挿入してノーマルモードノイズの抑制や IC のスイッチングによるリングングなどを防止して立ち上がり波形の適正化を図るなどの目的に使用する。このフェライトは意図的に磁気損失をもつよう調整されていて, 通常, 磁気損失のピークは数十から数百メガヘルツの範囲内にある。ビーズを通したリードは高周波領域で抵抗成分が増加し, 高周波信号を低減することができる。ただし 1GHz を超える領域ではほとんど効果がないものが多い。また, 出力インピーダンスが高い場合にも十分な効果が得られないことがある。ごく小型で面実装対応した種々な特性のものがあり, 回路特性により選定することができる。

4.2. ツイストペア線

ノ - マルモ - ドノイズの有効な防止方法として, 2芯間の誘導電圧が打ち消しあうように信号線を撚りあわせ機器内外の配線で他の配線からの誘導やクロスト - クを防止する手法がある。ツイストペア線は, 何対かの撚りあわせ線を内蔵したケーブルであり, ノ - マルモ - ドノイズを受けないため RS-422 など入出力に差動モード変換器と組合せることにより長距離の信号授受も可能になる。

43. 通信ポートへのサージ印加と通信延長距離

通信ポートへのサージ印加電圧は、製品 / 共通規格によって異なるが、EN 61000-6-2 の場合は電圧1kV でいい、製造業者の仕様に基づく30mを超えるケーブルのみの場合に試験を適用する。

44. ツェナーダイオード、バリスタ、放電管の効果と故障モード

(1) **ツェナーダイオード(Zenner Diode)** 定電圧ダイオードは逆方向に電圧を印加していくと、ある電圧を境にして低インピーダンスとなり電流が急速に流れ始める特性がある。

原理はPN接合の次の降伏現象を利用したものである。

量子力学的トンネル効果によって生じるツェナー降伏

高電界で起こる電子と正孔のなだれの増殖によるアバランシェ降伏

一般的に小さな電圧・電流回路に使用し過大入力電圧のクリップや、低電圧回路の基準電圧に使用される。

例: 電圧範囲: 概略 2V ~ 1kV

消費電力: 概略 250mW ~ 5W

故障モード: ガラスシールタイプ . ショート

表面実装タイプ(過電圧) . ショート

表面実装タイプ(過電流) . オープン

(2) **バリスタ(Varister)** バリスタは、ZnO の主原料に数種の添加物を加え、粉体を成型し、1,200 ~ 1,400 で焼結したセラミック体。バリスタ電圧は、成型時の電極間隔に比例する。

低い電圧領域では絶縁体として働き、高い電圧領域(バリスタ電圧)では半導体として働く。サージとして外部から電圧が引加された場合に、機器を保護するために一定の電圧以下に制限する。

サージ電圧が発生、侵入した場合に他の部品に影響を与えないように電圧を抑え、かつ定常状態でも支障のない内容のものを選択使用することが必要である。

一般的に機器の電源入力回路に設置され、ラインに乗ってくる、雷サージを含むあらゆるサージをパスさせ機器内部に取り込まない目的で使用する。

サージ電流を繰り返し印加する場合は、その動作電圧が低下するため、サージの最大電流値を軽減する必要がある。

例: 電圧範囲: 20V ~ 10kV

サージ耐量: 10,000A

エネルギー耐量: ~ 250J (2ms)

故障モード: エネルギー耐量を超えると貫通孔を生じショート

(3) **放電管** 放電管は、セラミックス管やガラス管にガスを封入した構造。

電極間に徐々に電圧を印加していくと、微小電流が流れはじめる。この範囲を非持続放電とよぶ。電流値は 1pA 以下。

さらに電圧を上げると、急激に電流が増加して放電電圧が一定となる。この放電を「タウゼント放電」とよび、更に電流を増加させると電極間電圧が低下した状態で一定となり「グロー放電」領域に入る。さらに電流を増加させると、最終的に「アーク放電」が起こり電圧は極端に低くなる(10 ~ 25V)。

以上のように電流が増加すると、端子電圧が下がる特性があるため、この素子には電流制御機能がない。

一般的に機器の電源入力回路に設置され、雷サージなどの保護目的で使用される。

例: 電圧範囲: 100 ~ 1,000V

最大衝撃波(8/20 μs): 10kA

故障モード: オープン(最大の長所)

45. 低電圧指令

電気装置の安全性を要求する、EC の指令

指令発効日は、1997 年 1 月 1 日。

対象は、50-1000VAC , 75-1500VDC で使用する電気装置及び単独で安全評価ができる部品が対象となる。他の

電気装置に組み込まれる基本部品は非対象で CE マーキングも不要。

低電圧指令 73/23/EEC, 93/68/EEC 及び欧州委員会ガイドライン(1997)を参照。

適合方法

- (1) EC 官報で公示された整合規格の安全条項に適合させる。指令第5条を参照
- (2) 整合規格がない場合, EN 規格又は IEC 規格の安全条項に適合させる。指令第6条を参照
- (3) 整合規格, EN 規格, IEC 規格, いずれの安全条項もない場合は, EU 加盟国の現行の安全条項に適合させる。

指令第7条を参照

上記(1), (2), (3)いずれの規格も適用されていない場合は, 「技術文書」に「必須安全事項」への適合方法を詳細に述べる。当局からの疑義に対して NB からレポートを取得してもよい(**指令第8条**を参照)。

46. デシベル

デシベルは, 二つの量を比較するのに用いる無次元量の対数尺度の単位。電気工学や音響学などの分野において用いられる。記号は dB で表す。デシベルのベル(B)はアメリカの電気工学者グラハム・ベルにちなむ。

ベルの 10 分の 1 がデシベルである。デシベル値は以下の式で表される。

$$A = 10 \log_{10}(P / P_0)$$

ここで, A = デシベル値

P = 比較対象の電力

P₀ = 比較の基準となる電力

電圧比を使う場合, 電力は電圧の 2 乗に比例するため, 以下の計算式となる。

$$A = 20 \log_{10}(V / V_0) \quad (\text{ただしインピーダンスが一定であること})$$

ここで, V = 比較対象の電圧

V₀ = 比較の基準となる電圧

EMC 測定では, 補助単位 μV を付加した以下の単位が使用される。

$\text{dB } \mu\text{V/m}$ 電界強度比を表し, $1 \mu\text{V/m}$ が $0\text{dB } \mu\text{V/m}$, $10 \mu\text{V/m}$ が $20\text{dB } \mu\text{V/m}$

他にも, 以下のような単位がある。

DBm 電力比を表し, 1mW が 0dBm , 10mW が 10dBm

$\text{dB } \mu\text{V}$ 電圧比を表し, $1 \mu\text{V}$ が $0\text{dB } \mu\text{V}$, $10 \mu\text{V}$ が $20\text{dB } \mu\text{V}$

ただし, 負荷のインピーダンス条件は, 以下のように業界によって異なる。

オーディオ業界では 600

テレビ業界では 75

無線・高周波業界では 50

47. 電源インピーダンス安定回路

電源インピーダンス安定回路は LISN と略される。擬似電源回路網と呼ばれることもある。

LISN には, 安定化電源に接続する電源入力端子, 被試験品(EUT)を接続する電源出力端子, 雑音端子電圧を測定するレシーバを接続するための同軸コネクタ, 測定相を切り替えるためのスイッチが備わっている。

LISN は, EUT の電源ポートから見た大地へのインピーダンスを一定にするような LCR ネットワークで構成されている。EUT の雑音端子電圧の負荷は電源インピーダンスであるが, LISN を用いることで大地とのインピーダンスが一定となり, 雑音端子電圧を正確に測定することができる。

なお, 測定精度に影響する場合があるので EUT に接続される周辺機器の電源にも LISN を接続することが推奨されている。

48. 電源システムの規格レベル

電源システムは, 低圧受電設備以降の電力設備を通った電流を大別すると AC 系, DC 系の 2 系統に分類できる。規格レベルの違いは, AC 系と DC 系で雷サージ試験, 電圧ディップ・瞬時停電及び電圧変動試験の 2 項目で発生する。

また, EMC 指令での AC 系と DC 系の試験項目の違いは, 雑音端子電圧試験, 高調波電流規制の有無であり, DC

系でこの試験を問われることは稀である。

それよりも、安全規格による諸項目の制約の方が重要となる。

受電設備などの電力系統の規格は、EN 61000-3 で定められている。

表7は、EN の一般工業用機器、電源ラインに関する例である。

表7 EN の一般工業用機器、電源ラインに関する例

| | 試験名称 | 規格番号 | 試験レベル |
|-----|------------------------|----------------------------|--|
| EMI | 雑音端子電圧 | EN 55011 EN 50081-2 | Class A QP(AV)値 0.15 ~ 0.50MHz 79(66)dB μ V 0.50 ~ 30.0MHz 73(60)dB μ V |
| | 妨害電界強度 | | Class A 10m QP 値 Group 1 30 ~ 230MHz 40dB μ V/m 230 ~ 1000MHz 47dB μ V/m |
| | 高調波電流規制 | EN 61000-3-2 | 230V 16A 以下の機器, Class A 機器 |
| | | | 高調波次数 許容高調波電流 |
| | | | n A(\times 230/Vnom) |
| | | | 奇数高調波 |
| | | | 3 2.30 |
| | | | 5 1.14 |
| | | | 7 0.77 |
| | | | 9 0.40 |
| | | | 11 0.33 |
| | | | 13 0.21 |
| | | | 15 n 39 0.15 \times (15/n) |
| | | | 偶数高調波 |
| | | 2 1.08 | |
| | | 4 0.43 | |
| | | 6 0.30 | |
| | | 8 n 40 0.23 \times (8/n) | |
| EMS | 電気的ファースト・トランジェントノイズ試験 | EN 61000-4-4 | AC Port and DC Port クラス 3 \pm 2kV/ バースト 15ms/幅 300ms |
| | 雷サージ試験 | EN 61000-4-5 | クラス 3 Common mode \pm 2kV, Differential mode \pm 1kV |
| | 誘導伝導性妨害試験 | EN 61000-4-6 | クラス 3 10Vrms 0.15 ~ 80MHz 1kHz, AM80%変調 |
| | 電圧ディップ, 瞬時 停電及び電圧変動 | EN 61000-4-11 | 30%低減 0.5 周期 60%低減 5 周期, 50 周期 95%低減 250 周期 |

4.9. 電源高調波規制と背景

例えば、エアコンの最新機種ではインバータが、また機器の電源回路には効率アップのためにスイッチング電源が使用されている。このような場合には、電源電流に高調波成分が含まれる。(一過性のノイズと異なり、電源周波数に同期している) この電流により、負荷機器の容量よりも大きな電流が流れるため、電力設備として大きなものが必要になったり、電力系統のインピーダンスにより、電圧波形も高調波成分を含んで歪み、正弦波を前提として作られている機器に障害が発生する場合がある。

電力用の進相コンデンサの焼損事故などはその一例である。 これらを防止する必要性から、IEC では機器単体毎に

規制値を設ける考え方で、IEC 61000-3-2 が作られている。

50. 電源周波数磁界イミュニティ試験の要否と程度

被試験品 (EUT) に要求される規格によるが、磁気発生をとまなう部品を使用しているものか、製品自体が磁気発生を目的とするものが対象となる。工業環境では XYZ(各±)方向に 30A/m 1 分間照射にて誤動作がないことが求められる。ただし明らかに磁気に対して耐性が低く他に影響を与えないもの(例えば CRT など)は要求レベルが低く(1A/m)設定されている。

51. 電源線妨害イミュニティのテスト方法

電磁妨害波は、機器・システムの動作を妨げ、性能を低下させたり、あるいは悪影響を及ぼす原因となるもので、妨害波の電磁エネルギーが、主として電力線や信号線などの導体を経由して伝達される伝導妨害波(Conducted Disturbance)と妨害波の電磁エネルギーが、電磁波の形態で放射され空間を伝搬して妨害波を発生する放射妨害波(Radiated Disturbance)の2種類に分類できる。

電磁妨害波が電源線を通して侵入してきても、機器・システムがその性能を低下させずに、正常に動作することができる能力(電源線妨害イミュニティ)の IEC 規格を次に示す。

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 電気的ファースト・トランジェント/バースト | IEC 61000-4-4 |
| 雷サージ | IEC 61000-4-5 |
| 無線周波伝導妨害 | IEC 61000-4-6 |
| 電源高調波 | IEC 61000-4-7, IEC 61000-4-13 |
| 電圧ディップ, 瞬断, 電圧変動 | IEC 61000-4-11 |
| 減衰振動波 | IEC 61000-4-12 |
| 電圧変動・電源周波数変動・不平衡 | IEC 61000-4-14 |

なお、放射妨害波イミュニティの IEC 規格は、次のとおりである。

| | |
|---------|----------------|
| 電源周波数磁界 | IEC 61000-4-8 |
| パルス磁界 | IEC 61000-4-9 |
| 減衰振動磁界 | IEC 61000-4-10 |

52. 電磁界強度

機器・システムの動作を妨げ、性能を低下させたり、あるいは悪影響を及ぼす電磁現象的な妨害波を、電磁妨害波という。

電磁波として伝搬する電磁妨害波の強さは、電界強度、磁界強度、電力密度などで現される。この電界強度、磁界強度を総称して電磁界強度とよぶ。

53. 電波妨害はなぜ発生するか

有線又は無線受信機は、送信機から送られる情報を含んだ変調波を、アンテナ又はケーブルによって受信し、他の信号や雑音の中から選別して、元の情報を再現する機能をもっている。

妨害波によって受信対象である変調波が干渉を受けたり、受信機内部の増幅回路や検波・復調回路の動作が影響を受けると、再現される情報が劣化する。

情報の劣化は、例えば情報が音声や映像であればノイズや画質低下であり、デジタル情報であればデータ誤りとなる。

妨害波が受信機に侵入する経路は、受信アンテナやケーブル、受信機の筐体などであり、妨害波は、空間(放射)及び電源線・接地線・受信ケーブルなどからの伝導で伝播する。また、伝導伝播したものが再放射される場合もある。

妨害波となる雑音の種類・発生源・帯域などは表8、表9のように分類できる(61. ノイズを参照)。

表8 電磁雑音の種類

| 雑音の種類 | 現象型 | 発生源 |
|-------|--------|--|
| 自然雑音 | 天文 | 宇宙電波, 太陽電波(黒点), オーロラ |
| | 気象 | 雷, ホイスラ(電離層) |
| 人工雑音 | 連続的な放電 | 送電線, 発電機(火花), 整流器, 照明機器, 電力機器, 回転機器(モータ) |
| | 間欠的な放電 | 電車(パンタグラフ), 自動車(点火栓) |
| | 持続振動 | 発振器(電子機器, 医療機器), 送信機(通信), 電力機器, 計測・制御機器 |

(出所) 『IT 技術と電磁環境問題』 豊橋工科大学 宮崎保光 教授

表9 人工雑音の帯域特性

| 雑音の種類 発生源 | 広帯域 | | | | | 狭帯域 (特定の周波数) | |
|---------------|-----|-------------------|-----------|-----------|--------------|-----------------|-----------|
| | 放電 | 回路開閉 の 過渡現象 | パルス 信号 | 電磁 パルス | スプリアス 高調波 | 誘導 | 高周波 放出 |
| 電力システム | | | | | | | |
| 高周波利用設備 | | | | | | | |
| 輸送機器 | | | | | | | |
| 電気機器・照明 | | | | | | | |
| 核爆発 | | | | | | | |
| 無線通信・計測制御システム | | | | | | | |
| 電子機器 | | | | | | | |
| ME 機器 | | | | | | | |

(出所) 『IT 技術と電磁環境問題』 豊橋工科大学 宮崎保光 教授

5.4. 電磁放射, 被曝

- (1) **電磁放射** 電磁放射とは, 発生源から電磁波の形態でエネルギーが空間に放出する現象又は電磁波の形態で空間を伝搬するエネルギーをいう。
- (2) **被曝** 被曝とは, 放射線や電磁波にさらされることをいう。CE マーキングで要求される EMC 試験では, IEC 61000-4-3 で規定されている放射無線周波数電磁界イミュニティ試験のように, 被試験品(EUT)若しくは被試験物(DUT)が放射電磁界にさらされることをいう。

備考: DUT は, Device Under Test の略で, 被試験物であるが EUT に比べて小規模のもの又は部品レベルのものをいう。

5.5. 電波, 電磁波

- (1) **電波** 電磁波の一種で電界と磁界を伴って進む波である。国際電気通信条約によって周波数が 3000GHz(3THz)以下のものが「電波」と定められている。また同条約により使用用途別に細かく分類されており, その使用には総務省電波管理局への許可申請が必要となる場合がある。
- (2) **電磁波** 光や電波, X線, 線などの総称。空气中を伝播する電磁波の速度 C は光と同じ速度 (300,000km/s) で, 周波数 f に対する波長 λ は $\lambda = C/f$ で表される。

56. TEM セル

TEM セル (Transverse Electromagnetic Cell) は、米国の NBS (National Bureau of Standards) において、シールドされた環境内に標準の均一な電磁界を発生させる装置として 1974 年に発表された。同軸ケーブルを膨らませて空間を作り外部導体をテーパ付き外箱、内部導体を板として 50 で終端する。この空間に被試験体を置きイミュニティ試験を行う。強電界強度が容易に得られるが、TEM モード以外のモードについては評価ができない欠点がある。共振周波数をもちやすい。

57. TCF

Technical Construction File の略。技術構造ファイル又は技術構成ファイルと訳される。

TCF は、製品の EC 指令への適合性を評価立証するために必要で、指令の要求事項に対し、どのように適合させ対策を実施したかを記述する資料と、その製品を理解するために必要な仕様書、配線図などの技術資料により構成される。

EMC 指令では、TCF の内容には次のようなものが必要とされる。

- (1) 製品に関する一般的な説明 (取扱説明書など)
- (2) システムブロック図、配線図、部品図、回路図などの設計・製造図面
- (3) 上記の図面を理解するために必要な説明、製品の動作を理解するために必要な説明
- (4) 適用した規格のリスト、及び、規格を適用しない場合には、指令の要求事項を満足するために実施した対策の説明
- (5) 試験結果
- (6) 指令への適合性を説明する技術報告書又は CB が発行した証明書
- (7) 取扱説明書(仕様書)

これらの文書は、自己宣言書と共に、製造業者が該当製品の生産終了後 10 年間保管し、規制当局からの提出要請があった場合には、規定の期日までに応じる必要がある。

58. DC 電源と試験レベル

一般的に工場の配電系統は、日本では特別高圧電源(22kV)又は高圧電源(6.6kV)から工場の受電設備を介して配電されている。欧米では 11kV 以上の高圧から受電するのが一般的である。工場内では、AC 電源と DC 電源が混在しており、EMC の要求も AC 電源と DC 電源の限度値が設定されている。

一例として、現在検討が進んでいる PLC の製品規格 IEC 61131-2 では、工場の電源環境ゾーンごとに、AC 電源と DC 電源の限度値がそれぞれ定められつつあり、対応が明確にされてきている。

59. トランシーバーテストと IEC 規格

トランシーバーテストは、IEC 規格には規定されていないが無線機を使用し、試験機器近傍で通信を行い、試験機器に電磁界の印加を行う試験である。

電磁界強度は、放射電力に比例し、距離に反比例することから、IEC 61000-4-3 の代替試験として実施される場合があるが、IEC 規格とは試験の意味が全く異なるため、注意が必要である。

IEC 規格では、電界、商用磁界の照射試験は、IEC 61000-4-3、IEC 61000-4-8、IEC 61000-4-9、IEC 61000-4-10 で規定し、機器の電磁界協調を規定、試験の再現性、トレーサビリティを規定している。

60. トランジェント

トランジェントとは、「過渡的な、過渡応答」という意味で、EMC においては、機器が外部から印加される過渡的なノイズの影響による振舞、又は、過渡的なノイズのことである。

EMS 試験では、短時間連続するバーストノイズによるファースト・トランジェント/バースト試験、単発のパルスノイズによる静電気試験、雷サージ試験がある。

61. ノイズ

電気通信系あるいは電氣的測定器の増幅器などの出力端において、信号(signal)以外に観測されるかく乱を雑音(noise)という。元来、電氣的かく乱は一般的に音に変換して検知されるため「雑音(noise)」と称するようになった。

雑音を分類すると雷の放電現象に代表される自然雑音と人間の社会的活動で発生する人工雑音に分けられる。電気制御機器に影響を与える雑音は、雷以外はほとんど人工雑音である。これを発生要因別に列挙すると次のようなものが挙げられる。

- (1) **雷の放電現象によるサージ電圧** 直撃雷の放電電圧は 1000kV にも及ぶと言われている。誘導雷(雷雲により送電線が帯電し主放電が他の場所で起きた場合)では大きいもので 100～200kV、通常 20kV 程度とされている。送配電線に誘起された電圧は進行波となって伝達されるが通常の需要家では配線距離やトランスにより減衰し更にアレスタ(避雷器)により保護されるので数 kV 程度のサージ電圧が到来する。
- (2) **静電気放電雑音** 二つの物体を摩擦すると静電気が発生する。この静電気が帯電し放電する際に IC などの半導体部品の破壊や制御機器が誤動作する可能性がある。人体の帯電は乾燥状態でドアの把手に触れる際に経験するが、この際の火花放電が見える状態は 4kV 以上である。人体から放電する際の電流の立ち上がりは 10ns 程度であるが IEC 規格では人体から金属に帯電し、これが放電した状態を想定して 1ns で試験される。
- (3) **電源系統より侵入するノイズ**
 瞬時停電: 電源系統切り替えにともなう瞬断、雷害による瞬断
 瞬時電圧低下: 同一電源系統に接続される起動時に大電流を要する機器などによる電圧低下
 接点による開閉ノイズ: 電力系統開閉によるサージ電圧は開閉する機器によりサージ電圧の発生量が異なるが、電源電圧の 20 倍程度の電圧が侵入する可能性がある。
 電気接点を有する機器が開閉時に発生するノイズ。特に接点によるマグネットコンタクトなどの誘導負荷開閉時には数 kV のノイズが発生する。消弧回路による対応が求められる。
 整流子電動機のブラシが整流子片を離れる際の火花によるノイズ。
 スイッチングノイズ
 パワーエレクトロニクス関係、加熱制御、モータ速度制御などのインバータが発生するノイズ。
 制御機器などに内蔵するスイッチングレギュレータより発生するノイズ。
 デジタル電子機器の LSI, IC がクロックなどの信号による反転時に発生するノイズ。
 高周波加熱、電子レンジなどの雑音。
- (4) **その他**
 放送電波、携帯電話、トランシ - バなどの環境ノイズ。
 伝導妨害: 電源、入出力線を介して侵入又は放出するノイズ形態。
 伝導妨害はコモンモードとノ - マルモードに分類される。
 放射妨害: 空間を伝播して侵入又は放出するノイズ形態。

62. ノイズシミュレータの種類

ノイズシミュレータとは、外来ノイズによる被試験品(EUT)誤動作や信頼性劣化を評価するために、各規格に基づいた電磁妨害波を発生させる装置である。

現在一般的に市販されているものは、IEC(EN) 61000-4 シリーズの規格に基づいたものが中心であり、各規格ごとに専用のノイズシミュレータが用意されている。

代表的なものとして、広帯域アンプ、信号発生器、アンテナからなる放射無線周波電磁界イミュニティ試験機、電氣的ファースト・トランジェント/バースト試験機、雷サージ試験機、静電気放電試験機などがある。他に、インパルスノイズシミュレータがあるが、IEC による規格化はされていない(70. 方形波インパルス・ノイズ試験と EFT/B ノイズ試験の参照)。

63. ノイズカットトランス

妨害波遮蔽変圧器(Noise Cut-Out Transformer)。電源線から侵入する妨害波を減衰させる目的で使用される。一次コイルと二次コイルの間を絶縁物で隔て、コイル間やトランスの外周に多重の電磁遮蔽板を設けている。さらに高周波ノイズの磁束がコイル相互に交叉しない構造となっている。

ノイズカットトランスは電研精機研究所の商品名であるが、EMC を考慮したこの種のトランスの通称となっている。

6.4. コモンモードノイズ・ノーマルモードノイズ

ノイズの種類には、伝導の仕方(モード)により、大きく分けて二つある。

第一のノイズは、信号や電源電流と同じように、信号ラインと GND ラインに流れるノーマルモードノイズ(ディファレンシャルモードノイズ)。このノイズは、信号や電源ラインにフィルタを取付け対策する。

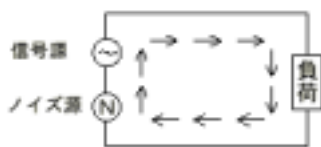
第二のノイズは、信号や GND などのラインの種類に関係なく、全てのラインを同じ向きに流れるコモンモードノイズ。例えば、AC 電源ラインの場合、ホット側とコールド側の両方に同じ向きにノイズが伝導する。信号ケーブルの場合、そのケーブル内のライン全てに同じ向きでノイズが伝導する。

そのため、このノイズを対策するには、ノイズが伝導している全てのラインに EMI 除去フィルタを取り付ける。

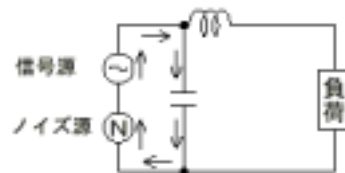
たとえば、

- (1) 信号ラインと GND ラインの両方にインダクタを取り付けることにより、ノイズの伝導を抑制する。
- (2) 金属ケースを設け、それと信号ラインをコンデンサで接続することにより、ノイズを信号・GND ライン コンデンサ 金属ケース 浮遊容量 ノイズ源のルートで戻してやるなどの対策があります。

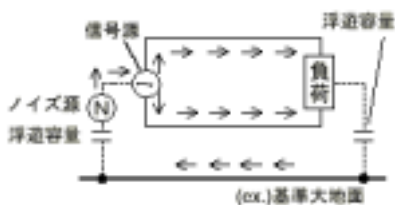
図10 ノイズの対策法



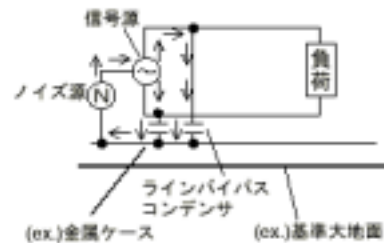
ノーマルモードノイズ
(ディファレンシャルモードノイズ)



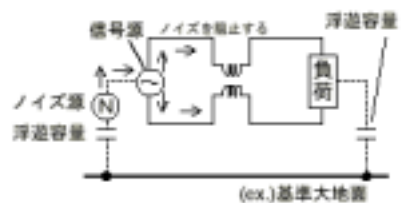
ノーマルモードノイズの対策法



コモンモードノイズ



コモンモードノイズの対策法(1)



コモンモードノイズの対策法(2)

65. バイパスコンデンサ(パスコン)の容量と周波数帯

パスコンは、高周波のノイズ成分をバイパスさせるノイズ対策部品としてよく使用される。しかし、その実装方法は難しく、本当に機能する実装になっていない場合もある。

コンデンサの容量が大きくなれば低周波数帯域でのインピーダンスは下がるが、むやみに大きな容量のコンデンサを用いると、共振周波数が低くなり、バイパスできる周波数範囲が狭くなる。

高い周波数用のセラミックコンデンサと低い周波数用のタンタルコンデンサや電解コンデンサを組合せて、様々な周波数帯域で低インピーダンスとなるように使用するのが一般的である。

66. 表皮効果

導体を流れる電流は、周波数が高いほど導体表面に近い部分流れようとし、導体表面が最大電流となる。このことを表皮効果という。

導体表面の電流を I_0 (A)、また表面からの距離 x (m)の電流を I_x (A)とすると

$$I_x = I_0 \times e^{-(x/\delta)} \text{ (A)}$$

となる。

ここで、 δ は

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}} \text{ (m)}$$

σ : 導体の抵抗率($\Omega \cdot m$)

μ : 導体の比透磁率(H/m)

f : 周波数(Hz)

で表され、 $x = \delta$ となる距離を表皮の深さとよぶ。

ここで導体を銅とし、

$$\sigma = 1.72 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot m,$$

$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ (一般に導体は非磁性体として考える)として数値を代入する

$$\delta = 66.0 \times 10^{-3} \times 1 / \sqrt{f} \text{ (m)} \text{ となる。}$$

表10 銅の表皮深さ

| f (Hz) | (mm) |
|-----------|--------|
| 60 | 8.5 |
| 1K | 2.09 |
| 1M | 0.066 |
| 100M | 0.0066 |

67. フィルタの種類と効果

(1) **ラインフィルタ** ラインフィルタは、通常、機器の電源入力部に接続される。

機器から電源に流出するノイズを遮断する目的と、電源から機器に進入するノイズを遮断する目的の両方の目的で使用される。内部は π 型 LC フィルタで構成されている。単相用の場合、L はコモンモードチョークであることが多い。

ラインフィルタの多くは、ラインのインピーダンスが 50 Ω であることを前提として設計されているため、ノイズ試験ではカタログどおりの効果を発揮するが、現場では十分な効果を発揮できるとは限らず、時には逆効果となる場合もある。

なお、高電流のインパルスに対してはチョークのフェライトが磁束飽和を起こし遮断効果が得られない場合がある。このような場合にはアモルファス鉄心を用いたタイプのラインフィルタが有効である。

(2) **貫通コンデンサ** 貫通コンデンサは、減衰特性は緩やかだが、インダクタンスが小さいため高周波領域でも良好な減衰効果がある。入出力インピーダンスが高いほど効果が期待できる。

(3) **EMI フィルタ(T 字型 LC フィルタ)** EMI フィルタは、フェライトビーズあるいは巻線型インダクタとコンデンサを組合せたもので、急峻な遮断特性が得られる。パルス信号の形を大きく崩さずに不要輻射を抑える目的で、デジタル回路のインターフェイスなどに多用される。数 GHz まで良好な遮断特性を示すものや、広範な入出力インピーダンスに対応するものがある。

68. 部品と装置の解釈

EMC 指令で対象となるのは、電磁気障害を発生又は影響を受ける電気・電子部品を有する装置や設備を含んだ全ての電気・電子装置で、個々の部品は対象とはならない。

ここでいう部品とは、IC や抵抗・コンデンサといった素子個々、又はブラウン管やケーブルなど最終ユーザに対して直接的機能をもたないものことで、装置全体から見れば部品であっても、センサや PLC などそれぞれが内部に電気・電子部品を含み、固有の機能をもっていることから装置と考えられ、部品とはみなされない。

69. 不平衡(Unbalance) , 平衡(Balance)

(1) **不平衡(Unbalance)** シングルエンド(single end) ともいう。データの伝送に、一本の信号線を使い、グラウンドレベルの電位差によって信号を表す。ノイズなどの影響を受けやすく、長距離、高速通信には向いておらず、RS-232C などで使われている。

(2) **平衡(Balance)** 差動型、ディファレンシャル(differential)ともいう。データ伝送に2本の信号線を使い、その電位差で信号を表す。グラウンドレベルに左右されないため、不平衡に比べてノイズに強く、より長距離、高速通信に対応し、RS-422, RS-485 などで使われている。

出展: 株式会社ラインアイ Web (<http://www.lineeye.co.jp/singdiff.html>) より。

70. 方形波インパルス・ノイズ試験と EFT/B ノイズ試験の相関



NECA TR-28(工業用に使用される電気制御機器の伝導性雑音に対するイミュニティ試験ガイドライン)にて、方形波インパルス・ノイズ試験と EFT/B ノイズ試験について共通の試験方法を規定している。

ここでは、方形波インパルス・ノイズ試験機と EFT/B ノイズ試験機の性能の面からインパルステストと EFT/B ノイズ試験の関係について比較してみる。

表11に示すように両試験機によるイミュニティ試験結果は方形波インパルス・ノイズ試験機のほうが厳しい傾向にあるが、必ずしも相関性があるとはいえない。

EFT/B ノイズ試験は、国際的な共通の試験方法として認知されているが、日本では方形波インパルス・ノイズ試験が対策をたてるうえで実用的であるとの認識から併用して評価方法に採用されている。

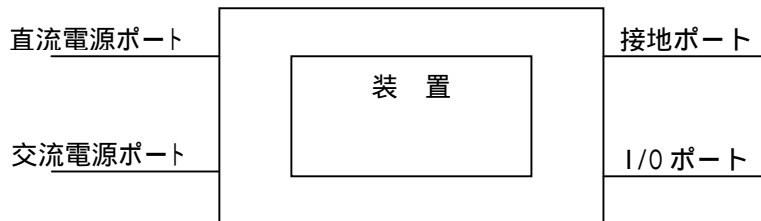
表11 方形波インパルス・ノイズ試験機と EFT/B ノイズ試験機

| | 方形波インパルス・ノイズ試験機 | EFT/B ノイズ試験機 |
|-----------|--|--|
| 繰り返し周波数 | 30 ~ 100Hz | 5kHz/15ms 休止 285ms 繰り返し |
| 波形 |  立ち上がり1ns 以内 パルス幅 50ns ~ 1μs |  立ち上がり5ns パルス幅 50ns |
| 周波数分布 | 広い ~ 1GHz | 狭い ~ 500MHz |
| 実妨害波との相似性 | 異なる | 相似 |
| 汎用性 | 日本で普及 | IEC で規定 |

71. ポート

電磁界が放射又は侵入する装置の物理的境界を筐体ポートといい、システム又は装置への導電体又はケーブルにより接続される情報の出入口で、電源ポート、接地ポート、I/Oポートなどがある。I/Oポートには入出力又は双方向ポート、計測ポート、制御ポート、信号ポートなどがある。

図11 ポートの例
筐体ポート



72. 許されている dB と妨害との関係

(1) **放射妨害電界強度(雑音電界強度)** 放射妨害電界強度(雑音電界強度)は、被試験品(EUT)全体から発生する放射ノイズ強度である。

この試験は、EN 55011 クラス A 機器(家庭用外機器)によって、測定距離は 30m で規定されていたが、2000 年 1 月 25 日付けオフィシャルジャーナル(OJ)によって公示された Amendment A1:1999 で、測定距離は 10m のみに統一、改訂された。

(2) **グループ1機器の電磁放射妨害波の限度値** EN 55011:1998 は、2002 年 8 月 1 日に期限満了となり、現在は EN 55011 A1:1999 に移行している。表12及び表13にその限界値を示す。

表12 EN 55011:1998 の限度値

| 周波数範囲 MHz | テストサイトでの測定 | | 現場での測定 |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | グループ1, クラス A 測定距離 30m dB(μV/m) | グループ1, クラス B 測定距離 10m dB(μV/m) | グループ1, クラス A 現場に設置し建物の外壁より 30m の距離で測定の限度値 dB(μV/m) |
| 0.15-30 | 検討中 | 検討中 | 検討中 |
| 30-230 | 30 | 30 | 30 |
| 230-1000 | 37 | 37 | 37 |

表13 EN 55011 A1:1999 の限度値

| 周波数範囲 MHz | テストサイトでの測定 | | 現場での測定 |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | グループ1, クラス A 測定距離 10m dB(μV/m) | グループ1, クラス B 測定距離 10m dB(μV/m) | グループ1, クラス A 現場に設置し建物の外壁より 30m の距離で測定の限度値 dB(μV/m) |
| 0.15-30 | 検討中 | 検討中 | 検討中 |
| 30-230 | 40 | 30 | 30 |
| 230-1000 | 47 | 37 | 37 |

試験サイトの関係上、これまでは EN 50081-2(共通規格):30m 又は 10m(10dB 増加)で試験していた場合でも、EN 55011(製品群規格)で 10m が認められたため、実施内容はこれまでと同じ(10m 法)であっても「製品群規格で評価している」と堂々と言えることになる。

(3) **合否判定** 合否判定は、準尖頭値を測定し、その絶対値が試験水準値(規格値 - マージン)を超えていなければ合

格となる。

(4) **試験水準** 試験水準の参考として、各規格の規格値を**表14**及び**表15**に示す(詳細は、規格書参照)。

表14 製品群規格の規格値

| 製品群 | 住宅環境 | | 住宅環境以外 | |
|--------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | 周波数 | 準尖頭値 | 周波数 | 準尖頭値 |
| 情報処理装置 EN 55022, VCCI | 30 ~ 230MHz | 30 dB μ V/m | 30 ~ 230MHz | 40 dB μ V/m |
| | 230 ~ 1000MHz | 37 dB μ V/m | 230 ~ 1000MHz | 47 dB μ V/m |
| 高周波利用機器 EN 55011 | 30 ~ 230MHz | 30 dB μ V/m | 30 ~ 230 MHz | 40 dB μ V/m |
| | 230 ~ 1000MHz | 37 dB μ V/m | 230 ~ 1000MHz | 47 dB μ V/m |

表15 共通規格の規格値

| 工業環境以外 EN 50081-1 | | 工業環境 EN 50081-2 | |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 周波数 | 準尖頭値 | 周波数 | 準尖頭値 |
| 30 ~ 230MHz | 30 dB μ V/m | 30 ~ 230 MHz | 40 dB μ V/m |
| 230 ~ 1000MHz | 37 dB μ V/m | 230 ~ 1000MHz | 47 dB μ V/m |

73. ラッチアップの原理

IC, 特に CMOS 構造のデバイスではラッチアップとよばれる状態になることがある。これは CMOS IC 自身が内蔵する寄生の PNP 接合(サイリスタ構造)が 導通し, IC に数百 mA 以上の大電流が流れ, 破壊に至る現象である。ラッチアップは, 入力・出力電圧が定格を越えて内部素子に大きな電流が流れた場合, あるいは電源端子の電圧が定格を越えて内部素子が降伏状態になったときに起こる。この場合定格外の電圧印加が瞬間的なものであっても, 一度 IC がラッチアップ状態になると大電流は保持され流れ続ける。

ラッチアップを防ぐには次の点に気を付ける。

- ・入出力端子の電圧レベルを Vcc より上げない, 又は Vss より下げない。
- ・異常なノイズが入らないようにする。
- ・未使用入力端子の電位を Vcc 又は Vss に固定する。
- ・出力の短絡をしない。

通常の IC では, ある程度までの電圧あるいは電流が印加されてもラッチアップは起こらないことを信頼性試験において確認している。

74. 両端接地と片端接地

2つの機器間をシールドケーブルで接続する場合, シールド線のシールドに電流が流れると, その誘導によって信号線に雑音電流が流れる。これを防ぐために, 低周波で使用する場合はシールド線のシールドは1点で接地したほうがよい。しかし高周波で使用する場合は, シールドを片端接地したとしても, 浮遊容量の影響でシールド他端をグランドから分離しておくことは難しく, シールドに電流が流れやすくなる。したがって高周波で使用する場合は, 通常シールド線のシールドは両端接地を行い, 接地電位に近づけるようにしたほうがよい。

この技術資料の作成に参加した委員（敬称略）

E M C 研究会

| | | |
|----|--------|--------------|
| 主査 | 川 由紀夫 | 春日電機株式会社 |
| 委員 | 野涯 輝男 | 春日電機株式会社 |
| " | 徳野 義久 | 和泉電気株式会社 |
| " | 斉藤 忠義 | オムロン株式会社 |
| " | 山田 雅宏 | 東洋電機株式会社 |
| " | 岡田 博之 | 日東工業株式会社 |
| " | 大澤 寛治 | 日東工業株式会社 |
| " | 小林 正 | 日東工業株式会社 |
| " | 北村 靖司 | 松下電工株式会社 |
| " | 篠塚 隆 | 安川コントロール株式会社 |
| " | 大坂謙志郎 | 安川コントロール株式会社 |
| " | 紀伊国屋真澄 | 株式会社山武 |

この技術資料作成に参加した元委員（敬称略）

| | | |
|-----|--------|-----------|
| 元主査 | 澤口 守 | 株式会社デジタル |
| 元委員 | 佐藤 正喜 | 株式会社小松製作所 |
| " | 大久保慎一郎 | 株式会社小松製作所 |
| " | 吉田 光希 | 株式会社パトライト |
| " | 岩井 俊二 | 北陽電機株式会社 |
| " | 草苺 利樹 | ライン精機株式会社 |

平成15年9月1日 発行
 発行所：社団法人日本電気制御機器工業会
 105-0013 東京都港区浜松町2 - 1 - 17
 TEL：03-3437-5727 FAX：03-3437-5904
 URL：http://www.neca.or.jp
webmaster@neca.or.jp

この技術資料は、技術委員会の審議及び承認を経て発行されたものです。