

EMC対策のシステマ的アプローチに関する研究

井 尻 和 夫*¹

長 崎 泰 三*²

黒 川 悟*³

要 旨

府内の電気・電子関連業界では、欧州のCEマーキングのEMC規制と、通産省が提起している「平成10年度を目処にした国内のEMC環境整備」に対応して行く必要がある。本研究では、当センタがこれまでに実施してきたISM（工業・医用・科学）の関連機器が抱えている特徴的なEMC問題と技術課題を検討し、EMC対策部品やデジタルデバイス、データリンク等の今日の技術革新を考慮した効果的なノイズ対策を実現するための技術課題を明らかにした。

1. 緒 言

近年、EU市場でのCEマーキングをはじめIEC規格とCISPR規格を基調とした電子機器のEMC規格の国際的な相互認証への移行を準備するために通産省が提起している「平成10年度を目処にした国内のEMC環境整備」に対応して行く必要がある。本研究では、ISM関連製品を生産している関連業界が抱えているEMC問題を、製品に共通するEMI・EMS問題、電源・パワーエレクトロニクス機器・メカトロ機器のEMI問題を分類し、内在する技術課題を明らかにすると共に、ノイズ対策技術・デバイスとデータリンク技術、EMC計測技術等の技術革新の流れを明らかにし、最近のデバイス、機器内のデータリンク、実装方法等を考慮した効果的なノイズ対策の方向について検討した。

2. 研究内容

2.1 既存機器に内在する特徴的なEMC問題

ISM関連製品は、ライフサイクルが10年前後と家電・民生品に比べて長いために、製品設計に係る回路部品や実装技術、EMC対策部品や対策技術などが近年の技術革新に対応しきれていないのが現状であり、EU市場でのCEマーキングをはじめ、国際的なEMC規制の規格に適合していない製品が数多く存在し、規格に適合させることが必須課題となっている。

しかし、現有製品に対するEMC対策の多くは、規格に適合させるためのフィルタリング、シールドリング、グラウンディング等の補強を中心とした危機的な後対策に終始しており、製品の基本設計段階からの十分なEMC対策はされていない。

(1) 製品に共通するEMI問題

製品設計の多くが、低コスト化を中心とした80年代の設計手法を採用しており、EMC規制を前提とした設計となっていないために、次のような特徴的問題が内在している。

* 1 機械電子課 専門員

* 2 京都府公営企業管理事務所 課長

* 3 機械電子課 技師

2層のプリント基板が多く、80年代の汎用デジタルICを多用し周辺基板とのデータ伝送にデジタルバス伝送を採用しているため、電源やGND線はハイインピーダンス線路となり共通モードや差動モードのノイズ放射源を形成している。一般に、筐体内外のデータ伝送線路や電源線、アナログ信号線の多くは、高周波インピーダンスが高く、ケーブル長に依存した定在波を発生し共振アンテナとなっている。

ISM関連機器は、機能上開口部や開閉部が多いためにシールドングが困難で、筐体内からのノイズ電磁波の漏れが大きい。特に、フロントパネルの多くは、LCD表示部とパネルスイッチ等を実装した単一基板を筐体に開口部を設けて取り付け、CPU基板とフラットケーブルで接続されているために、GNDインピーダンスが高く基板が共通モード放射源を形成している。

また、パネルスイッチの多くは、マトリクス状の有接点スイッチでCPU基板のPIOに接続されていたるに、ハイインピーダンスの共通モード放射アンテナを形成している。

筐体の低コスト化を図るために、6面の板金を張り合わせた構造が多く、接触部や取り付け部に油膜が付着している場合もあり、高周波域の接触抵抗が高く面放射体を形成している。

また、プラスチックで筐体を構成した製品では、内面に導電ペースを塗布したシールドングを施しているが、接続面が面接触していない場合が多く、面放射体を形成していることが多い。

(2) 電源・パワーエレクトロニクス機器・メカトロ機器・のEMI問題

電源基板の多くは、1～2層基板が使用され素子数も多いために電源・GNDパターンが細く、スイッチング電流による大きなリップル電圧を生じていることが多く、パターンの寄生インダクタンスと浮遊容量が共振回路を構成し、スイッチング電流に依存して高周波のリングングノイズを発生している。

また、パワー制御回路にチョッパ制御、インバータ制御等を多用しているが、電力用フィルターやサージ吸収回路が不十分であるために、パワースwitching時の高周波電力ノイズを十分抑制できていない。

アクティブフィルタやこれに類する力率改善回路は、回路構成上スイッチング周波数の高調波を抑制するために大きなインダクタンスを持つフィルタが必要であるが、電源を大型化させ小型化に相反する理由で小さいインダクタンスのフィルタが多用されているために、数100KHz域の高調波ノイズを十分抑制できていない。

スイッチ、ヒューズ、ラインフィルター等で構成するAC電源部は、配線や基板上のパターンの引き回し等に起因したクロストークを発生し安く、フィルタリング、シールドング不良を起こしている。

また、モータ、電動アクチュエータ等の接触子のアーク放電が、インパルス性電磁波を生じ、周辺回路や配線に放射している。接点の研磨不良やスパイクノイズ吸収回路の不備が、発生するノイズレベルを高くしている。

棒状の金属体が方端のみ筐体に固定されている場合や、防振ゴムや軸受け等で固定されている場合、金属体が電氣的に浮上して長さ

に依存した共振アンテナを形成し、近傍で発生しているノイズ電磁界を中継している。また、多関節ロボットのような構造のワークを使用している場合、アームの長さが刻々変わるために、これに依存して定在波周波数が変化している。

(3) 製品に共通するEMSの問題

ISM関連機器では、センサや信号線の高周波インピーダンスが高く、長さに依存した共振アンテナとして作用し、放射ミュニティ試験時に共振周波数の受信レベルが高くなり、その変調波がアナログ回路で復調される場合が多く、放射イミュニティ規格試験周波数域の放射ノイズに対する対策は、殆どなされていない。

また、アナログ回路の数10Hz以下のローパスフィルターが積分器として働き、低周波のバーストノイズに反応して直流ドリフトを発生している場合が多い。

システムクロックの高周波化と小電力化に伴い入力容量の小さいデジタル素子が多用されているが、2層基板等で使用され、グラウンディングやシールドリングが不十分な場合、静電気放電時のインパルス性電磁波ノイズで誤動作するものが多い。

雷サージに対する電源回路の対策が十分取られていない製品が多い。また、アレスタやバリスタ等のサージ吸収素子を使用している製品でも、放電時の素子のインピーダンスが高いために、試験時のコンビネーションウェーブ電流によって電源線に高電圧が残り、後段の回路を破損させることがある。

また、製品によっては、外部の信号線に規

格試験電圧以上の高電圧が印加されるものもあり、シールド線の接地箇所のインピーダンスが高い場合、回路を破損させることがある。

2.2 ノイズ問題解決へのアプローチ

(1) ノイズ対策技術課題と対策部品の変遷

電子機器の主要なノイズ対策には、フィルタリング、シールドリング、グラウンディングがあり、この他にワイヤアウト、ボンディング、部品の選択、ソフトの改善等が上げられる。

ノイズ対策部品は、80年代から今日に至る過程で部品の小型化、チップ化、低コスト化が図られてきた。パソコンや3端子フィルタのチップ化によって、リード線に寄生するインダクタンスが小さくなり高周波特性が大幅に改善された。3端子フィルタは、グラウンド端子を必要とする部品であり、その利用が限定されるため、これを補完するビーズコアの改良が進められ積層構造のフェライトビーズも実用化された。これらの部品によって、デジタル回路のノイズ対策は大きく改良された。

また、電源フィルタやサージ吸収素子等の改良も進められ、スイッチング電源、パワー制御回路の小型が図られてきたが、電子機器を構成する部品の中で大きな容積を必要とし、表面実装化部品とするためにさらなる小型化望まれている。しかし、それを実現するには、中高圧コンデンサ、バリスタ、パワーインダクタ等のチップ化が必要であり、今後のノイズ対策部品開発の大きな課題となっている。

(2) デバイスとデータリンク技術の変遷

デジタルデバイスは、LSIの集積化技術の飛躍的な発展によって大規模集積デバイスが実用化さ

れ、CPUとその周辺回路、DSP等の汎用デバイス、ゲートアレイデバイスと共に、FPGAに代表される20万ゲートに達するカスタムデバイスが実用化され、小ロットの製品に於いても低コストでカスタムデバイスを使用することが可能となってきた。

しかし、ISM関連機器の製品ライフサイクルが10年前後と長いために、これらのデバイスは、まだ十分に使用されていないのが現状である。

電子機器のデータ伝送の高速化に伴い、基板間、機器間を高速シリアルデータ伝送する技術が近年実用化されてきた。ことデータ伝送方法は、従来のパラレルデータバスの伝送に置き換わる伝送速度を有するものと、A/DコンバータやパラレルI/OとCPU間をつなぐ小規模データ伝送に適したUSBをはじめとする多くのシリアルデータリンク技術が近年実用化されてきた。これらの伝送方法と光伝送を併用することによって、従来のデータ伝送線路のノイズ問題の根本的な解決が可能となってきた。

(3) EMC測定技術の変遷

EMI計測は、EMIレシーバやスペアナに代表される周波数ドメインのノイズレベル測定が基本測定方法とされ、EMC規制の規格化の進展に伴い小型・高精度化と多機能化が図られてきた。しかし、ノイズ問題は、その発生源と伝送・受信経路の共振現象と、伝送線路の定在波の問題であり、デジタルデバイスやパワーデバイスのスイッチングに同期した回路網や伝送線路の過渡現象の問題であり、時間ドメインの過渡応答と回路網の特性インピーダンスや伝送特性の測定結果から対策方法を検討することが有効である。

近年、これらの測定に必要な高速ストレージスコープやネットワークアナライザの低コスト化が

図られ普及を加速している。また、インパルスやステップ電圧印加方法による測定器も実用化し、さらに低コスト化が可能となってきている。

(4) ノイズ問題の解決を困難にしている問題

製品設計におけるEMC問題は、現状の後対策を中心とした「危機的対応」を「システム設計段階からの対応にするシステムの・アプローチ」へ如何にして速やかに移行するかが問題を解決する大きな課題となっているが、その解決を難しくしている次のような問題がある。

経営者や現場責任者のノイズ問題の認識のズレを是正する必要がある。

EUのCEマーキングや国際規格に対する対応のズレを是正する必要がある。

回路設計者の多くが、高周波のアナログ回路に精通していない。

民間先行で試験サイトが立てられたため高コストの試験となっている。

KHzからGHz域を測定域とするノイズ対策専用の簡易測定器が少ない。

ノイズの時間ドメイン計測が対策の検討に有効であるが、あまり利用されていない。

現有製品の多くは、伝導性イミュニティレベルが高くエミッションレベルが低い。

ISM関連機器の設計技術が、今日の技術革新のテンポに十分対応できていない。

3. 結果及び考察

本研究では、ISM関連機器を生産している府内関連企業に対してこれまでに実施ノイズ対策指導の中から既存機器に内在する特徴的なEMC問題を整理した結果、製品に共通するEMC問題とその解決への課題として次のことが判った。

製品のライフサイクルが10年前後と比較的長いために、現状のEMC対策は、製品完成後の対策が中心であり、システムの基本設計段階からの対策となっていない。製品のライフサイクルの短縮と今日の技術革新のテンポに対応して技術の更新を図ると共に、ノイズ耐性の高い新しいセンシング技術の開発が必要である。

現状のISM関連機器は、フィルタリング、シールドリング、グラウンディング等の主要なノイズ対策が、ローコスト化と生産性を重視した80年代の製品設計技術と相反する内容となっており、後対策に多大なコストと時間を要している。また、ノイズ対策に周波数ドメインの測定器を多用しているが、ノイズの発生源と伝送・受信経路計測を特定できる時間ドメインの測定器を効果的に使用して行く必要がある。

製品設計技術が、電子デバイス、データ伝送技術、EMC対策技術等の今日の技術革新の成果を十分に反映した内容と成っていない。集積度の低い汎用デバイスで構成した回路をFPGA等の集積度の高いカスタムデバイスに移行すると共に、光データ伝送とシリアル

データリンク等を使用したEMCの根本的な対策を実現できる設計技術へ早期に移行する必要がある。

スイッチング電源やその他のパワー制御機器では、電源高調波抑制と力率改善等を図ることが近年ノイズ対策の新たな課題となっているが、製品の小型化と相反する大型のフィルタが必要であり、小型化を図るための技術開発が必要である。

4. 結 言

本研究は、指導事例の中から、製品のシステム設計に係るEMC問題の特徴的な課題を明らかにし、最近の製品設計技術を考慮した主要なEMC対策技術の内容を明らかにすると共に、EMC問題を解決した次世代の製品開発の技術的な方向を明らかにすることができ、今日のEMCの国際的な相互認証に適応した技術支援を強化することが可能となった。

今後は、危機的対応となっている現状のEMC問題への対応を、製品設計段階からのシステムのアプローチに移行させ、関連業界にローコストEMC対策技術を確立して行く必要がある。