

ローコスト EMC 対策技法に関する研究

井 尻 和 夫*

【要 旨】

産業活動のグローバル化の中で、企業の自己責任を前提とした EMC 規格・規制に適合させることが製品設計の必須要件となり、京都の基幹産業である工業・科学・医用 (ISM) 分野の企業群では、この規格・規制に適応することが求められている。

本研究は、長年に渡る EMC 対策支援の中で今後の事業へ継承する必要があると考えられる「特徴的な EMC 問題の解決への技術的アプローチ」に関する解説を「ローコスト EMC 対策技法」と題して、取りまとめたもので、1～3 項にその一端を紹介し、4 項の「EMC の主要な課題と対策技法」に主要な項目を示す。

1 EMC の問題をどのように見るか

(1) 動的な平衡状態

様々な状態の場を決定付けているのは、それぞれの動的な相互作用によって形成されている平衡な状態であることを認識し、2 値化してものを画一的に見ないことが、EMC 問題を解決していく上で決定的に重要である。

EMC 問題の多くは、電子回路網に起因するものだけでなく、装置を構成する筐体の架台や遮へい板など、すべての構成部材とその形状と装着部の高周波電送特性に依存して生じているものであり、そこに存在している、共振系とその過渡応答に起因した発生源と、共通インピーダンスを含む伝送路と受信経路の問題であることを理解することが必要である。

(2) 対象物の内と外

EMC 対策を必要とする全ての装置において最も重要なことは、「対象とする装置の外部空間との境界がどのような状態を形成しているのか」を全

ての外装面で見えていくことである。装置のノイズ伝送路の内と外を明確に区分して見ていく上で、境界近傍の遷移領域を形成している内外装の部材とその固定部、ケーブル、表示・操作、その他の装着部・接続部の状態を分析していく必要がある。また、パワー駆動・制御を要するメカトロ装置、大型据え付け装置等においては、境界域が不鮮明な様相を呈しており、遷移領域が広く存在していることに留意して、境界域 EMC 問題を検証していく必要がある。

(3) アース接続とその機能

アース接続は、本来は感電防止をする保護接地を目的として使用されているが、雑音低減を目的とした EMC 領域の機能接地の能力を必ずしも内包していない。また、回路網の安易なゼロ電位接続も、回路動作の安定化には有効ではあるが、EMC 領域のノイズ伝送路を形成することや、回路相互での干渉問題など、ノイズ放射の主要な問題を提起している場合もあり、注意を要するところである。

パワー駆動・制御を要するメカトロ装置、大型

* 中丹技術支援室 主任研究員

据え付け装置等においては、保護接地線の問題は、非常に長い伝送路を持つ共通インピーダンスを形成すると共に、多様なグラウンドループの形成を内包することもあり、これらの装置のスケールに依存した固有のEMCを発生させている。この問題は、「電気的安全の規格が要求する要件」と「EMC対策で必要とする要件」と相反するようなものとなっていることに留意する必要がある。

(4) 高周波域のアナログ応答

デジタル素子の高集積化・省電力化に伴い、動作周波数の高域化、動作電位の低電圧化、素子の入力インピーダンスの高域化と素子間の伝送電流の微弱化等に伴い新たに顕在化してきたEMC問題として、伝送路とその終端に関わるインピーダンスの不連続（不整合）に起因した反射による局部共振や線路長に依存した信号遅延による動作タイミングの問題や、インパルス性電磁波を含む放射電磁界のイミュニティーレベルの低下の問題などが発生している。

また、パワースイッチング素子の高速化とスイッチング周波数の高速化、高出力化に伴い、放射ノイズの広帯域化と高出力インパルス性電磁波の放射などによる問題も顕在化してきており、これらの問題への対応が急務となってきている。

2 EMC問題解決へのアプローチ

(1) ノイズ対策は、発生源・伝送路・受信経路の解析から

EMC問題を解決するには、個々の装置で発生しているノイズ問題の発生原因、伝送路、受信経路を特定するための仮説とその検定作業の繰り返しによって検証し、その結果に依拠して有効な対策方法を決定することである。この検証の過程では、様々な現象を決定付けている原因を探る〔下

方への分析〕と、この分析によって得られる複合した原因から物事の全体像を再構成する〔上方への総合〕を試み、ノイズ問題の因果関係を特定することが重要である。

さらに、ノイズ問題を解決する上で、受信経路から伝送路へ、そしてできるだけ発生源に近い箇所で対策を試み、製品の設計段階に遡って対策方法を検証していくことが、〔ローコストEMC対策〕を実現する上で重要である。

(2) ノイズ対策のテンポを決定付けている若干の問題点

ノイズ対策の作業現場で多々見受けられる製品設計を担う技術者の資質と技術管理に関する若干の遅れた部分が、EMC問題の解決を遅らせている。製品開発に携わる技術者の中に、改新されるべき次の様なタイプの事例が見受けられる。

① 技術者の資質に関する問題

- ・他言的、順応的対応をする。
- ・時系列にのみ物事を見る。(視点を換えて見るのが苦手)
- ・思い込みで突っ走る。(これまでの経験を過信する。)
- ・オウム返しに終始する。(自信がないためか、自分で判断しない。)
- ・聞く耳を持たず突っ走る。(自信過剰)
- ・自分の知識のみで突っ走る。(検証された結果を見ず、同じことを繰り返す。)

② EMC対策と相反する80年代の低コスト設計手法に固執する技術者が、今なお存在している問題

- ・低コスト化を指向した設計手法のずさんな見直しかせず、EMC規制とその対策技術が眼中にない。
- ・製品のライフサイクルに依存した技術更新が

遅れている。

- ・シールド不良や、共通インピーダンスを無視した不完全接地など、基本的な対策技術が無視している。
- ・フィルタ機能を低下させるクロストークとノイズ伝送路を断たない機内・機外配線網の不完全な分離を顧みない。

これらの憂慮すべき問題は、今日のEMC問題への対応を遅らせるだけに止まらず、基幹産業の相対的な技術競争力を低下させている要因の一つとなっており、製品の規格適合への取り組みと共に、早期に改善される必要がある。

また、EMC対策は、製品製造の直前で行う危機的アプローチとも言える対応ではなく、製品設計の段階から取り組んでいく「ローコストEMC対策を指向したシステム的アプローチ」が、製品のトータルコストを低減する上で重要である。

3 新EMC指令への対応

近年、国際市場では大型据付装置を含めたEMC規制が強化され、関連企業では、多大な時間と経費を費やし対応するのに苦慮されているところも多いようであり、その解決に向け「ローコストEMC対策」の視点に立ったEMC対症療法の概要をここに紹介する。

(1)大型据付機器の特徴的なEMC問題とその対症療法

この問題を決定付けている主要な要因としては、大型故に顕在化してくる次のようなことが考えられる。

- ① 装置を構成する筐体の架台、梁、外装パネル、その他の金属性の構造物が、高周波領域で絶縁若しくは不完全接続されているために、ノイズ伝送路を形成していることが多々存在

している。

- ② センサと計測ユニット、パワーアクチュエータと制御ユニット、その他の配線網が、機外配線となっているにも拘わらず、各ユニットの入出力部で良好なフィルタによる対策がなされていない。
- ③ 各ユニットへの電源供給線路、パワー制御電力の伝送線路、計測・制御用デジタル信号伝送線路などが、束ねられているか、ダクト配線として組み込まれ、クロストークの元凶となっている。
- ④ 各ユニットから基準グランド点までの長い保護接地線が、共通インピーダンスとして作用し、各ユニットを高周波域でフローティングさせている。

以下に、これまでに多数見受けられた大型据付機器のノイズ問題とその対策の事例を紹介する。

- ・構成部材への全面塗装やアルマイト加工部材が、絶縁体として装着されているために、フレームグランドの基準面が構成されていない問題

対策：架台接合部の導電性を確保すると共に、基準グランドラインを装置の深層部に配置する。

- ・装置を構成している計測・制御ユニット間の配線網のクロストークと、保護接地線の共通インピーダンスの問題

対策：動力線とその他の配線網を分離すると共に、各ユニットのフレームグランド(FG)を架台か、若しくは基準グランドラインに単独で接続する。

- ・構成部材と配線網が、その長さに依存した定在波を発生させる共振アンテナとして作用している問題

対策：配線ダクト・配線網は、外装部材との

空間距離を大きく取る。

- ・電力制御、デジタル制御、通信、表示・操作等の個別ユニットが、ユニット内でノイズ対策を完了していない問題

対策：個別ユニットを含め制御盤内全ての計測・制御ユニット単体でノイズ対策を完了する。

- ・デジタル信号線、アナログ信号線の殆どが、不平衡伝送線路で構成されているために、コモンノイズに弱い問題

対策：信号の伝送は、極力平衡伝送に切り替えると共に、シールド線のFG接続を補強する。

(2) I S M関連製品の開発設計に関する問題解決への対症療法

この製品分野においても、(1)の①～③と同様のEMC問題を内在させていることが多々見受けられる。それらの問題を含め、次にI S M関連機器の特徴的なEMC問題とその対策の事例を紹介する。

① 基板上での対策方法

- ・全てのI/O端子の直近に、コモンフィルタ等を挿入する。(FGが良好であれば、3端子フィルタでも良い。)
- ・I/O周辺のFG接続補強と外部と接続するGNDのパターンを本体グラウンドから切断しビーズインダクタで分離する。
- ・DC電源入力部にノーマル、コモンの両フィルタを挿入する。
- ・クロック周波数が30MHz近傍以上であれば無条件に基板を4層以上とする。

② 機内の配置・配線への対策方法

- ・回路基板と接続線は、外装部材と基板面から間隙を取る。

- ・外部からの引き込み線は、①に示したフィルタに最短で配線する。
- ・迂回を要する場合は、基板面から間隙を取る。
- ・信号線と動力線は、分離して配線する。

③ 機外の配置・配線の方法

- ・制御盤内は、機外として扱い、構成ユニットの入出力端子にフィルタを挿入する。
- ・シールド線は、ガスケット等を装着してFGに接続する。
- ・機器シールドの補強／とラインフィルタのFG接続(基準GND)を補強する。

(3) 部品の加工・組立と電子機器の組立・配線に関する問題解決への対症療法

① 筐体を構成する架台、外装部材の接続部を良好に接続

- ・接続部の塗装・アルマイトを剥離、油膜を除去する。
- ・固定ネジの導通だけに頼らず、必要に応じて菊座等を挿入して接触信頼性を上げる。

② 装置を構成する計測・制御ユニットのフレームグラウンドを良好なGND接続

- ・保護接地線とノイズ対策用の機能接地線を同一視せず、ユニットのFGは、単独で接地する。

③ 計測・制御線のクロストークを低減する配線

- ・保護接地、パワー制御、デジタル信号の各線を分離し、隔離する。
- ・外配線の機内持ち込み部分は、フィルタ入力部では外配線と認識し機内を引き回さず隔離する。

④ 表示・操作部と、扉等の開閉部のGNDを補強

- ・点接続箇所は、面接続としてGNDとシールドを補強する。
- ・開口部内側の近傍の部品への配線にフィルタ

を装着する。

⑤ I/Oケーブルのシールド補強

- ・シールド線は、ピグテールや点接続をせず、ガasket等を装着してFGに接続する。

4 EMCの主要な課題と対策技法

ここでは、[ローコストEMC対策技法]と題してとりまとめた「EMCの主要な課題と対策技法」の主要な項目を以下に示す。詳細は、本稿では省略する。

- (1) 自己責任時代を迎えたEMC規制への対応
- (2) 新EMC指令2004/108/ECの特徴
- (3) 固定据付設備(固定設備)のEMC規制への対応
- (4) EMC規制の規格化の推移
- (5) ノイズ問題の発生メカニズムの理解を深めるための解説
- (6) 主なノイズ問題とノイズ低減の技法
- (7) ノイズ問題解決への危機的アプローチからシステムのアプローチへの移行

- (8) 製品と生産工程に内在するEMC問題を解決するための解説

- (9) ノイズの発生・伝送・受信経路のメカニズムと対策の留意点について解説

5 あとがき

本研究は、長年に渡るEMC対策支援の中で、今後の事業へ継承する必要があると考えられる特徴的なEMC問題の解決への技術的アプローチについて、これまでの技術支援の成果に依拠して取りまとめたもので、技術の継承を前提とした新たな啓蒙普及を進めているところである。

ここでは、その一端を紹介したが、個々の企業が当面しているEMCに関する課題を解決するためには、一般的な対策技術の研さんと共に、それぞれの企業に内在しているEMCに関する固有の問題が顕在化している場合も多々見受けられるので、それらの問題解決へのアプローチについても、新たな啓蒙普及の中で対応していくこととする。