

GNDとFGとアースのお話

電気機器設計者が苦労するEMC対策でのこれら3つの関係

応用技術課 中山 恭利

電気機器を設計する上で、EMC対策が必須となって長いですが、対策の足かせとなっている要因の一つにGNDやアースの取り扱いが曖昧であることがあげられます。自分たちの設計で、これらが確実に整理されているか今一度ご確認ください。また、これらに対してEMC対策ではいけないことについても説明します。

GND(グラウンド)

回路動作の基準となる電位で、ここを0V電位と設定し、様々な素子の電位的足場として使用します。その各素子が必要とする電流により、高周波域での電位変動が多発する場所とも言えます。そのため旧来は電圧変動を嫌うアナログGNDと電圧変動の要因となりやすいデジタルGNDとを分けるのが主流でした。しかしながら動作周波数などが高くなってきた昨今では、集積素子やパワー素子ごとなど可能な限り細分化することで他素子への電位変動伝搬による悪影響を防ぐ必要が出てきました。

この考え方をさらに進めて(基板の中での実現は難しいですが)機器間ケーブルはもちろん基板間接続も往路となる各信号線と復路となるGNDをペアとして他配線と共用にならないGNDとすることにより、高周波のノイズ放射や外来電磁波によるトラブルを防ぐことができます。例えば、高速信号伝送であるイーサ接続やUSB接続、機器内部接続ではSATAなどがその例です。

FG(フレームグラウンド)

機器の金属としての体積が大きいところを、一般に外装フレームであることが多いので、フレームグラウンド(FG)と呼んでいます。ただし、機器の最外壁となるのでシールドとしての機能を持たせることも多いため、過度のシールド電流が流れる構造になってしまうと、機器内部のノイズを外部へ放出する放射アンテナとなったり、機器内部へ外界ノイズを伝搬する受信アンテナになってしまう恐れがあります。

なお、FGは後述の安全上の理由を除いて必ずしもアース接続されている必要はありません(例えばモバイル機器などは、そもそも接続が不可能です)。

また、機器間接続にシールドケーブルを使用する際はシールドはGNDではなくFGと接続することになります。

アース(接地)

文字通りFGを地球につなぐことです。大きくは目的別に「保護接地」と「機能接地」の二つに分けられます。

「保護接地」は感電防止などの目的でJISなどの安全規格に基づき接続するものです。配線の色や接地端子の表示など、細かく規定されています。例えば洗濯機など水回りで使用する家電製品に義務化されているのはご存じのとおりです。

「機能接地」は機器にて地球のゼロ電位が必要な際に接続するものです。電位をとることが目的ですので、静電気の放電時などを除いて電流は流れないのが本来です。

GND、FG、アースとそれぞれ説明しましたが、これらについてEMC対策の観点からしてはいけないことを禁則事項として以下に説明します。

禁則事項：アース最強説

従来ではアースにノイズを逃がす設計が主流でした。FGに何らかの原因で電位変動が発生した際、アース線へ電流が流れることにより、その電圧を降下させることに利用されてきました。しかしながらその電位変動の周波数が高くなり、アース線のインピーダンス、特にインダクタンス成分が無視できなくなってきました。線材のインダクタンス成分とノイズ周波数からインピーダンスがkΩ以上となることが一般的な状況では、電圧降下など全く期待できません。しかも、アース線を伝わる電流により高周波ノイズを空間に効率よく放射する送信アンテナになってしまう例もあります。

禁則事項：FGとGNDはコンデンサ接続

従来、ノイズ発生源は電位の高い信号線であり、GNDは理想的な0Vであるという状況であれば、FGとGNDとのコンデンサ接続により電圧降下が発生しノイズの抑制効果が得られると考えられていました。しかしながら、現実のGNDは電位変動が多発していますから、その電位変動の高周波成分をそのままFGへ伝えることとなります。そのため電位変動が伝搬したFGは放射アンテナとなり、その電位変動を放射ノイズとして空間にまき散らします。

FGとGNDの直接接続はもっての外ですが、先人の設計がこうなっていたから、という理由でこれらをコンデンサで接続するのは意味がありません。しかしながら、コンデンサの内部抵抗によりノイズの電力が熱に変換され、発生する電磁ノイズを抑えることができるケースもあります。ただし、コンデンサ素子としての内部抵抗はコントロールが難しいため、それなりのノウハウが必要です。

まとめ

これらの禁則事項はあくまでEMC対策の有力な一例に過ぎません。電磁気的な物理現象を理解した上であえてこれらの方法に反した設計を行い、それが(経済的に最も)有効である場合もあります。これがEMC対策を難しくしている要因であるとも言えます。