

フィルタ入力EMC妥当性確認を成功させる秘訣

Ranjith Bramanpalli & Steffen Schulze

Würth Elektronik

スイッチングコントローラに関連するAC部品の大小にかかわらず、フィルタ入力はEMC妥当性確認をうまく進めるために今日でも変わらず不可欠な要素である。スイッチングコントローラは、接続形態や用途に関わりなくライン内のAC部品により伝導性妨害波を発生させる。そのため、低圧線との結合と放射エミッションに対し電源モジュールを最適化した部品メーカーもある。こういったモジュールの残留リップルは通常、無視できる低い値である。つまり殆どの用途で出力フィルタなしで済ませることができることを意味する。降電圧コンバータで入力電流が脈動しているため、これによりアプリケーション内で無線周波妨害が発生するかもしれない。特定の用途にもよるが、ハードウェア開発者は、入力フィルタが電源モジュールのすぐ前に必要なのか、スイッチ内の別の場所で必要なのかを決定する。本稿では、電源モジュールを最適化するための入力フィルタの設計方法と、今使われている測定技術について述べる。

1. はじめに

出発点としてはまず、どこからディファレンシャルモードノイズが発生するか説明することが有用である。ディファレンシャルモードノイズは、源とスイッチングコントローラのライン内の負荷の間に対称的な電流の戻りを伴うシステム内の妨害信号である。入力回路内では、電源モジュールのクロック周波数は有用な電流に重ねられたAC成分を含んでおり、またクロック周波数はその構成において電源モジュールの貯蔵 (storage) インダクタンスを通る電流と同様である。入力電流は入力容量 C_{in} 内に流れる。実際のコンデンサには、図2に示すように抵抗性構成要素 ESR、誘導性構成要素 ESL がある。

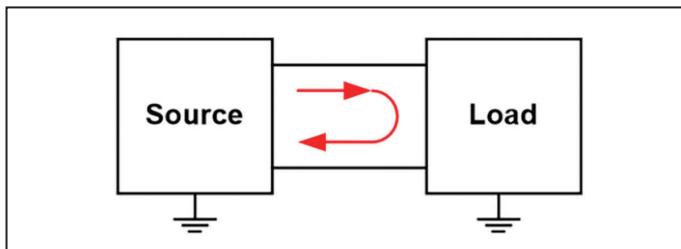


図1. 対称システム

入力コンデンサの ESR と電源モジュールのラインインピーダンスが原因となって、AC 部品は不要な電圧低下をもたらす。

この形では、ノイズ電圧はディファレンシャルモード信号として現れる。入力コンデンサで発生する妨害電圧の振幅は、主に使用コンデンサの ESR 次第である。電解コンデンサには比較的高い ESR がありその値は、わずかに数ミリΩから数Ωまでの間で変動する可能性がある。結果として、妨害電圧は数ミリボルトから数ボルトの間で変化することになる。一方セラミックコンデンサの ESR は、わずかに数ミリΩと非常に小さいので、数ミリボルトのノイズ電圧となる。さらに言えば、電源モジュールの回路基板設計は妨害電圧に対して大きく影響する。

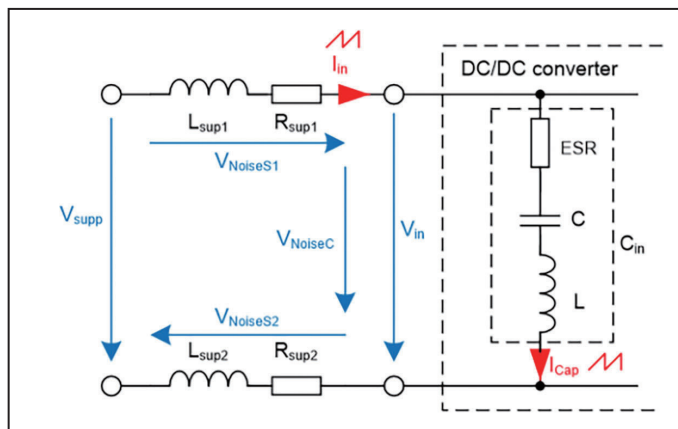


図2. ノイズ電圧の発生

ディファレンシャルモードノイズを減らすため、ライン内で AC 部品を最小にする対策として少なくとも単純な LC フィルタ1つを1つコンバータの入りに組み込まなくてはならない。高いインピーダンス・システムでは、理論的にそのような入力フィルタは阻止帯域で 40dB/ デイケードの電圧減衰を生じる可能性がある。実際には、終端インピーダンスの Ω 値は元々低く部品自体も損失を示すので、程度の低い減衰が達成される。LC フィルタを必要な大きさにする際、電源モジュールのスイッチング周波数 f_{sw} より低いコーナー周波数 (折点周波数) f_c が選択される。 f_c が f_{sw} の 10 分の 1 である場合、理論的には最も高いスペクトル振幅が発生するスイッチング周波数で 40 dB の挿入損失が実現する。

$$f_c = \frac{f_{sw}}{10} \quad (1)$$

通常、LC フィルタのコーナー周波数 f_c は:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_f \cdot C_f}} \quad (2)$$