

コンデンサは、なぜ期待どおりの効果を発揮しないのか？

Patrick André

André Consulting, Inc.

はじめに

エンジニアが言った「デカップリング・コンデンサをいくつか入れた。もう問題はないはずだ」。よし、これで万事、解決である。なのに、なぜラボ内でまだ問題が起こるのだろうか？

電子機器において我々が直面する不都合な真実は、電流がループ状に流れるということである。無線周波数エネルギー源があると、どこかに電流が発生する。その電流は回路を完成させるために発生源に向かって戻るように流れなければならない。コンサルタントとしてクライアントに尋ねるべき最も重要な質問の1つは「電流はどのようにして発生源に戻るのか？」である。一般的に返ってくる答は、回路図のグランド・シンボル（経路にはたぶんコンデンサがある）をエンジニアが指差すというものである。肩をすくめるという別の答もある。どちらにせよ頼もしい回答ではないのは明らかである。



路により発生する不要なエネルギーは、できるだけ速やかに発生源に戻らなければならない。これが発生源の近くで完了しない場合、エネルギーは一番近いコネクタを探して無防備なワイヤに飛びつき、機器のシャーシから流れ出て外に放射される。ここで、近くにアンテナを置きこのエネルギーを測定する迷惑なエンジニアもいるが、その結果わかるのは、ある限度を超えたということだけである。

そこで、電流をエネルギー源に戻すため、回路および機器から遠く離れてワイヤをルーティングするコネクタ全てをフィルタすることになる。そう、よく「グランド」と呼ばれる電源・信号リターンも含め全てのワイヤを、である。だが0ボルトはワイヤ上に無線周波数（RF）エネルギーがゼロという意味ではなく、信号入力線もフィルタされている。これを「入力専用」線と呼んでいるが、そこからエネルギーが出ないというわけではない。もちろんRFエネルギーが、そういう指示を理解しているようには到底思えない。

私が思うに、コンデンサは回路のフィルタには優れた選択であり、一般的に費用も高くない。小型かつ軽量で、種々の苛酷な環境で使うことができる。しかし最も効果的にするには、コンデンサを正しく使わなくてはならない。コンデンサが期待通りに効果的にならない理由を以下にいくつか示す。

1. サイズの違い

容量だけでなく、サイズが違うという問題がいくつかあるが、容量値も非常に重要である。

容量値は、課される誘導電流を吸収するのに十分大きくなければならない。 $Q = CV$ を思い出してほしい。 Q は電荷量で、電流と周波数から導くことができる。概算を得るには、周波数の4倍の逆数を出し、それに電流を掛ければよい。例えば 250 kHz なら $1 \mu\text{s}$ で、電流が 1 A の場合、 Q はおよそ $1 \mu\text{クーロン}$ となる。 CV にはできればこれ

以上を確保する。だが、このラインにデータやデジタル信号がある場合は、この周波数をフィルタせずに通過させる必要がある。通常、信号をフィルタする以前の第5～第10高調波を維持するように努める。

だが、コンデンサの物理的なサイズもまた問題となる。全てを小型化しようとして、表面実装コンデンサが信じがたいほど小さなパッケージになることがある。2012年、Murata Manufacturing 社は、25 VDC 定格で 100 pF、サイズ $0.25 \times 0.125 \text{ mm}$ の 008004 セラミック・コンデンサを発表した。同社は2016年に、6.3 VDC 定格で $1 \mu\text{F}$ の 015008 サイズのコンデンサを発売している。驚くべき小ささだが、生産工程全てを吹っ飛ばしてしまう恐れがあるので、くしゃみ厳禁である！

このような小型パッケージは特にクラス2のセラミック・コンデンサで問題となる。DC バイアス電圧がコンデンサにある場合、可能な静電容量は図1にあるように大幅に減少する。従って、このレイヤを増やすような状況全てが効果を低減させる。つまり大きなパッケージサイズ、高い定格電圧、小さな静電容量値（希望容量の半分のコンデンサを2個並列接続して使うとして）などである。

この作用は他のタイプのコンデンサには見られないことに注意してほしい。

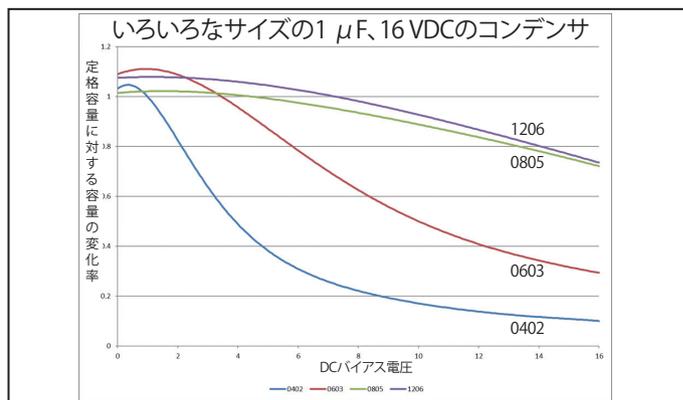


図1. DCバイアスによる静電容量の減少。