

# パワーMOSFETのスイッチング波形観測術 オシロスコープによる ドレイン-ソース間電圧の測定

天野 典 *Minori Amano*

デジタル化が進み、アナログ波形計測の領域は限られてきました。しかし、スイッチング電源は変わらずアナログ波形計測が必要な上、正しい波形を観測するのに難易度が高い分野です。電子計測の観点からは、決して周波数は高くありませんが、機器の選定、使用方法によって誤った計測結果を招きます。

ここではスイッチング電源に使われるパワーMOSFETの損失測定に必要な、ドレイン-ソース間電圧や、ドレイン電流の観測方法に注目します。回路動作への影響やひずみを、最小限に抑える波形の取得を目指します。

## スイッチング電源の評価ポイント

### ● スイッチング電源のキー・パーツ「パワーMOSFET」の動作波形を観測する

スイッチング電源の性能評価には、次のような項目が挙げられます。

- 設計した出力電圧/電流が静的に得られているか
- 商用電源周波数成分やスイッチング周波数成分を含むリプルが仕様値以下か
- 1次側へ漏れる高調波電流が規制値以内か
- 効率が設計値通りに得られているか

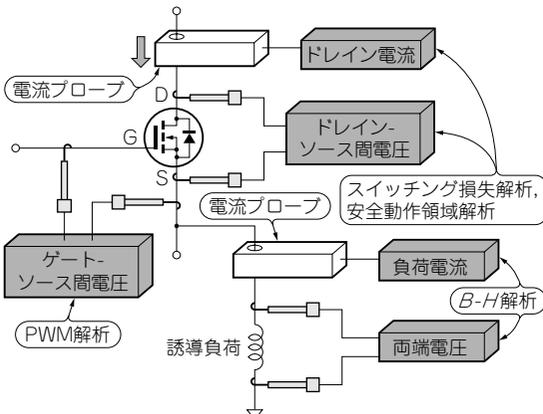


図1 スイッチング回路の観測ポイントのいろいろ  
グレーの箱はオシロスコープを表す

- 負荷が過渡的に変化した場合の応答特性は設計通りか

上記以外に、オシロスコープを使うスイッチング回路の観測ポイントを図1に示します。

信頼性の確保やスイッチング損失低減のためには、パワーMOSFETが次の仕様値以下で動作していることを確認しておきます。

- ドレイン-ソース間に印加できる最大電圧
- 最大ドレイン電流
- 最大内部損失

上記三つの制限による動作領域を安全動作領域といい、ASO (Area of Safety Operation), またはSOA (Safety Operation Area)と呼ばれています。

今回は、ASOの測定やスイッチング損失の測定に必要なドレイン-ソース間電圧の測定方法を紹介します。

### ● 高効率MOSFETの測定には広帯域・高感度なオシロスコープが必要

近年のパワーMOSFETは、ON/OFF切り替え時やオン時に生じる損失を低減するため、ON/OFFの切り替え時間が短くなり、オン抵抗が小さくオン電圧が小さくなっています。これにより、観測に使うオシロスコープの帯域や感度を上げて観測するテクニックが必要になってきました。

## 観測に必要な オシロスコープとプローブ

パワーMOSFETで消費されるエネルギー、つまり損失は、ドレイン-ソース間電圧波形とドレイン電流波形をオシロスコープで取り込み、掛け算することで求められます。しかし、この電力波形は適切な仕様のオシロスコープやプローブで測定しなければ、図2に示すように多くの誤差を含みます。

### ● 周波数帯域はスイッチングの立ち上がり時間から求める

デジタル・オシロスコープは入力された信号を高速A-D変換器でデジタル・データに変換します。