



第2章 あえてソフトに？
インバータ制御が省エネのキモ

パワー半導体 SiC/GaN 高速スイッチング回路の 実際

山本 真義 Masayoshi Yamamoto

EVの高性能化のために、配線での電力損失を減らすための高電圧化と、SiCやGaNのような高電圧でも低損失な次世代パワー半導体の採用が進んでいます。

ところが、SiCやGaNは高速なのでサージ電圧が大きくなる問題があります。

サージ電圧を防ぐには、ソフト・スイッチング化が有力な手段です。その例となるインバータを紹介しします。
(編集部)

高効率な次世代パワー半導体の課題… サージ電圧の抑制

- 次世代パワー半導体はスイッチング速度が速いのでサージ電圧が大きくなりがち

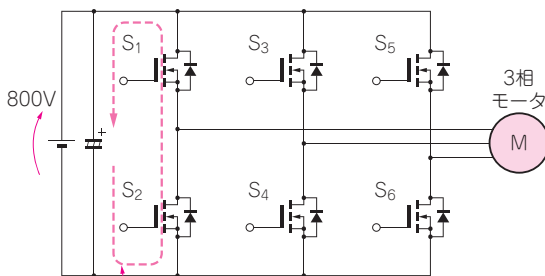
図1に通常のモータ駆動用3相インバータの等価回路を示します。

各相の直列に接続されたパワー半導体と直流側平滑キャパシタとの配線インダクタンスをおよそ5nH以下に抑制しなければ、今後、市場に広がる次世代パワー半導体である、SiCやGaNを応用できません。

なぜなら、これらの化合物半導体による新世代デバイスには急峻なスイッチング特性をもっており、そのスイッチングの影響がそのままサージ電圧として印加されるからです。耐圧を越える電圧が加われば、パワー半導体は壊れていくので、サージ電圧は低く保つ必要があります。

サージ電圧と配線インダクタンスは比例するので、従来の3相インバータでは、配線インダクタンスの低減が必要になってきます。

サージ電圧対策は、スナバ回路による対策や、ゲート・ドライブ回路での対策も考えられます。しかし、パワー半導体モジュール内へのスナバなどの受動素子の配置は信頼性に問題が出ますし、ゲート・ドライブ回路の負担が増えると、プリント基板の冷却は構造上難しいことから、やはり寿命などへの信頼性が懸念されます。



このループ内における配線インダクタンスを5nH以下にしなければ800V以上の電圧による駆動は困難

図1 モータ駆動用3相インバータの基本回路
電圧を800Vまで上げて高効率化するにはSiCやGaNなどの次世代パワー半導体の採用が不可欠だが、そのまま置き換えると高速すぎて大きなサージ電圧が発生してしまう

- 高電圧化と合わせてサージ電圧を抑える技術が必要になる

バッテリー電圧の高圧化、次世代パワー半導体であるSiC/GaNの応用、ともにサージ電圧の視点においては厳しい状況になります。何か良い対策はないのでしょうか。

1つの解決策として、ソフト・スイッチング技術が考えられます。

回路上に存在するインダクタンスやキャパシタンスの共振現象を積極的に利用して、パワー半導体のスイッチング時に、電圧と電流の遷移を共振的に行わせることで、スイッチング損失を抑制しながらサージ電圧を抑制する技術です(図2)。

SiC/GaNパワー半導体は導通損失が非常に少ないことがメリットですが、スイッチング遷移が急峻なため、サージ電圧やサージ電流の発生が問題となります。

SiC/GaNパワー半導体を用いるときはソフト・スイッチング技術を適用すると、導通損失の低減効果を確保しながらサージを抑制できます。