

特集に寄せて

小型・高速・高効率への果てしなき挑戦

Challenges Toward Small Size, Fast Response, High Efficiency, and Beyond

岩崎 誠 IWASAKI Makoto

名古屋工業大学大学院工学研究科教授
工学博士



折しも 2013 年には電気学会が創立 125 周年を迎え、さまざまな行事や出版とともに、学会誌（例えば電気学会誌 2013 年 10 月号）ではパワーエレクトロニクス（パワエレ）、モータ、輸送・搬送機器といった本特集に関連する応用技術や製品開発に関して、各専門家が歴史を振り返り、現在のトレンド、そして将来展望を紹介している。そんな中、筆者はメカトロニクスを専門とする門外漢ではあるが、パワーデバイスに期待するアプリケーションと要素技術について、パワエレ応用の機械制御への展望も併せ、特集に寄せて概観したい。

(1) パワーデバイスが拓（ひら）く応用技術への期待

電力コンディショナやインバータなどの各種電力変換装置、さまざまなモータ、そして多種多様な産業機械や輸送機器に切望される共通事項は、間違いなく“小型”“高速”“高効率”であり、それらは未来永劫（えいごう）追求され続けるであろう。SiC（炭化けい素）や GaN（窒化ガリウム）といったワイドバンドギャップ半導体による次世代パワーデバイスは、低損失かつ高速で動作する特長を存分に生かしてパワエレ機器の高性能化を拓き、幅広い応用領域で期待に応えることができる。そこで、さまざまなアプリケーションに対してどのような利点をもたらすのか、次世代デバイスの特徴とともに具体的に見てみよう。

(2) アプリケーションの技術動向

電力変換装置には、装置自身の小型・軽量化、高効率化、高周波化とともに、インバータなどの変換器としてモータや機械システムの高速度化や高応答化への寄与が期待される。小型・軽量の指標として変換器のパワー密度（W/cm³）がよく用いられるが、SiC トランジスタを適用した装置では数十 W/cm³ を実現している。さらに、高効率かつ高温の動作が可能となるため、装置の熱設計や冷却方式での優位性、ファンレスによる静音性などにも期待が高まる。そして、高周波動作と逆回復特性の特長を生かした双方向スイッチを使えば、高速充電器や電力コンディショナなどのパワー回路で、格段の特性改善が進展するであろう。

EV（Electric Vehicle）や HEV（Hybrid Electric Vehicle）をはじめ、自動車や鉄道などの輸送機器の主機に使用され

るモータには、圧倒的に小型・軽量化、高速回転化が求められる。それはアクチュエータとしての高効率化や高出力密度化につながり、回生エネルギーの高回収率や機械システムのメンテナンス低減化にも寄与する。その実現には、変換器のスイッチング損失の低減やスイッチング周波数の向上が鍵となり、後述する電磁雑音の対策との合わせ技が必須である。一方、磁石レスを実現する SR（Switched Reluctance）モータや、故障耐性に優れた多相モータなど、構造自体に特徴を持つモータの適用も進んでいる。その場合、多くの交流モータに供する三相汎用インバータモジュールをそのまま使用できないため、さまざまなモータに適用可能で自由度が高くかつ低価格な変換器モジュールも望まれよう。

さらに、モータの小型化や高速回転化、そして変換器のスイッチング周波数の向上は、ドライブする機械システムの制御性能のブレイクスルーにも直接つながる。すなわち、制御サンプリング時間のさらなる短縮や、モータトルクの応答帯域の格段の伸張により、従前を凌駕（りょうが）する高速高精度な速度制御や位置決めなどが実現される。

(3) アプリケーションが要望する回路技術

それでは、次世代パワーデバイスならではの利点である、高速スイッチング、高周波動作、高温動作を実現するパワー回路技術・実装技術にはどのようなものが要望されるだろうか？ 真っ先に解決しなければならないことは、高速スイッチングに伴うサージ電圧や電磁雑音の抑制であろう。その対策として、パワー回路の配線距離短縮、スイッチング素子のドライブ回路やラインバイパスコンデンサの配置工夫など、実装技術の改善が挙げられる。さらに、パワー回路で使用する各種リアクトルで高周波動作に伴い上昇する損失を低減すべく、リアクトルコア材の適切な選択も必要であろう。一方、単体では接合温度 400℃ 以上でも動作する SiC デバイスも、はんだやパッケージングに対する温度制約によって、その高温動作性能をフルに発揮できていない。したがって、これらの回路実装技術の今後の進展が、高機能で差別化可能な製品創出のイノベーションを生むことであろう。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。