

特集に寄せて

パワーデバイスと回路トポロジー

Power Devices and Circuit Topology

伊東 淳一 ITOH, Junichi

長岡技術科学大学 技術科学イノベーション専攻 (兼) 電気電子情報工学専攻
教授

炭化けい素 (SiC) や窒化ガリウム (GaN) を使ったワイドバンドギャップ半導体の開発が目覚ましい。1.2kV クラスは既に多くのメーカーから製品化され、最近、高耐圧を持つ SiC の開発が盛んで、10kV 耐圧 SiC の適用例も報告されている。これまで、サイリスタ→GTO→IGBT への変革が電力変換装置を大きく変えたように、パワーエレクトロニクスはパワーデバイスの発展とともに大きく進化してきた歴史がある。

低損失デバイスが出現すると、電力変換装置は飛躍的に小型化 (高パワー密度化) が進む。効率は最大 100% で限りがあるが、小型化には限りがない。高効率化の恩恵は省エネルギーと思われることが多いが、95% を超えるような高効率の世界では、高効率化に伴うランニングコストの低減効果は小さい。一方、効率が向上すると低損失化に伴って冷却を小さくでき、小型、軽量化に大きく寄与する。

高パワー密度化は大きなイノベーションの可能性を秘めている。例えば、スマートフォンはいくら魅力的なコンテンツやサービスがあっても、ポケットにしまえなかったり 1 日電源がもたなかったりしたら、ここまで普及しないだろう。これには、部品、バッテリー、実装をはじめ電力変換回路の大幅な高パワー密度化技術が大きく貢献している。同様に LED 照明や液晶テレビの普及には、見えないところで電源技術が大きく活躍している。高パワー密度化によって、開発当初は加工、組立てコストがアップするかもしれないが、最終的に原材料の削減につながり、コストの削減につながる。

新しいパワーデバイスが出現すると、新しい回路トポロジーが生まれるのが期待される。しかし、もともと電力変換回路のトポロジーは、抵抗、キャパシタ、インダクタ、スイッチの組合せであり、単純化されていく流れがある。純粋な意味で、これらの新しい組合せは、ほぼ出尽くしている感がある。しかし、パワーデバイスの発展により、“昔は実用が難しかった回路”が復活する可能性を秘めている。例えば、T タイプ 3 レベルインバータの回路トポロジーはずっと昔からあったが、高圧大容量の電力変換装置ではダイオードクランプ型が主に使用されてきた。しかし、高耐圧パワーデバイスの導通損失が低下したことや、そのコストがインダクタのコストよりも安価になったこと、小

型化、高効率化の要求が格段に高まったことにより、2000 年初頭に実用化された。このように昔とは技術だけでなく、社会の価値観が変化している。現在、小型化、高効率化の要求に加え、信頼性 (メンテナンスフリー) や、系統連系やワイヤレス給電など新たな規格への適合が求められるたびに大きな変革をもたらすチャンスである。

ワイドバンドギャップ半導体は、高耐圧、低オン抵抗、低スイッチング損失の特徴がある。また、マイコン、FPGA をはじめとするデジタル制御装置の発展と低コスト化も目覚ましい。これまでの常識を一回捨てて、新しい価値観に適合した回路やシステムを新しいパワーデバイスや制御装置で実現できないか、見直してはどうだろう。

例えば、SiC 化により 1,200V 系のデバイスが当たり前になれば、1 台で世界中のさまざまな電源電圧に対応するスイッチング電源が当たり前になったように、汎用インバータも従来別々に対応していた 200V/400V の両方の電圧に共通して対応できるようにするのもよいかもかもしれない。また、AC200V 系の回路に 1,200V 耐圧のデバイスが適用できれば、これまで、“パワーデバイスの耐圧が上がるから”敬遠されてきた回路が日の目を見るかもしれない。このような回路トポロジーの“発掘”や“再発見”がワイドバンドギャップ半導体の発展とともに訪れるであろう。

回路トポロジーの“発掘”や“再発見”は早い者勝ちなので、いち早く発見できるかどうかにかかっている。このような研究開発には、回路だけでなく、パワーデバイス、受動部品、冷却、構造などさまざまな知見が必要であり、特に最適設計を行うにはパワーエレクトロニクスにおけるシステムインテグレーション技術が重要である。これは、回路トポロジーありきの設計ではなく、コンポーネント、サーマルマネジメント、EMC を含めた統合設計技術である。これを実現する手法はいくつかあるが、いずれも幅広い知識が必要であり、アンテナを広げて得た知識を整理することが重要である。自戒の念を込めていうと、特に目の前の仕事に追われているとなかなか気がつかない。自分から積極的に交流を広げ、簡単に入手できるインターネットからの情報だけでなく、自分ていろいろな人から生きた情報を取ることがますます大事となる。



*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。