

巻/頭/言

パワーエレクトロニクスの新たな展開に向けて

Toward Innovation of Power Electronics

伊瀬敏史

Toshifumi Ise



地球温暖化防止の観点から低炭素化社会が推進されてきた。また、東日本大震災に伴う原子力災害によって脱原子力発電の動きがある。一方では電気エネルギーに対する需要は増加の一途をたどっており、今後電気自動車の普及も見込まれる。したがって自然エネルギーやリサイクルエネルギーなどの再生可能エネルギーを活用して電気エネルギーを効率的に作り出し・集め、そして送る、発電・集電・送配電技術が重要となる。その中で特に重要な役割を果たすのがパワーエレクトロニクスである。

パワーエレクトロニクスは1957年にサイリスタ(当時は、SCR(Silicon Controlled Rectifier))が米国のGE社で開発・発表されたことに起源する。それまでも水銀整流器で交流から直流への変換が行われていたが、サイリスタ素子の開発によって電力の変換がよりいっそう低損失かつ安定に行われるようになった。これによって電力工学分野と電子工学分野の距離が近くなり、パワーエレクトロニクスなる用語が生み出された。電力の周波数制御が容易となり、産業機器や家電の省エネルギー及び制御の高精度化、電気鉄道、ハイブリッド自動車や電気自動車といった交通分野の発展に大きく貢献してきた。

一方、パワー半導体デバイスの大容量化に伴って電力分野での応用も発展した。パワーエレクトロニクスと電力システムとの関わりは古く、直流送電から始まり、他励式の無効電力補償装置(Static Var Compensator : SVC)があり、その後パワートランジスタやGTOなどのオン・オフ制御可能素子の適用が可能となり高調波補償のための電力用アクティブフィルタや自励式無効電力補償装置(STATIC synchronous COMPensator : STATCOM)が1980年から1990年代に相次いで実用化された。日本では世界に先駆けて木曽川水系の送電系統安定化を目的として $\pm 80\text{MVA}$ の自励式無効電力補償装置が関西電力犬山開閉所に設置されて注目を集めた。その後、1990年代半ばにFACTS(Flexible AC Transmission System)が提唱され、パワーエレクトロニクスを用いた交流電力システムの制御が注目を集めた。パワーエレクトロニクスを用いた位相調

整装置を交流系統内に設置して電力潮流の制御を行うのが主たる趣旨であった。それと同時に瞬時電圧低下が産業プラントやIT機器などに与える影響が問題となり、二次電池、キャパシタ、超電導コイル、フライホイールなどを用いた瞬時電圧低下補償装置の研究が活発に行われた。需要家側でパワーエレクトロニクス機器を用いて電力品質対策を行う技術はCustom Powerと呼ばれた。それと同時期にFRIENDS(Flexible, Reliable Intelligent Electrical eNergy Delivery System)の品質別電力供給やPremium Power Parkの概念が出された。2000年代になると分散形電源からなるマイクログリッドなどの地域電力システムの研究が活発となった。マイクログリッドの中でもパワーエレクトロニクスは分散形電源や電力貯蔵装置のインタフェースとして重要な役割を演じている。その後、スマートグリッドの時代となり、需要の制御の概念が取り入れられるようになってきた。パワーエレクトロニクスは基幹系統の制御、地域系統の制御、需要の制御まで今後重要な役割を演じることが期待される。

半導体技術が進歩し、シリコン素子からSiC及びGaNといったワイドバンドギャップ半導体が実用段階に達してきた。これによって低損失化が促進され、スイッチング制御の高速化に伴ってより一層高精度な制御ができるようになる。さらに高温動作が可能になることによって過電流に対しても頑強となり、素子の高耐圧化によって過電圧にも強くなってパワーエレクトロニクス機器は頑強なものになる。シリコン素子もIGBT、パワーMOSFET、GCTなど改良が重ねられてきた。今後、シリコン素子とワイドバンドギャップ素子とがそれぞれ適した分野で棲(す)み分けをしながらパワーエレクトロニクスは発展を続けるものと考えられる。

デバイス技術、回路・システム技術、応用技術の各分野の研究者・技術者がより一層緊密に連携を取りながらパワーエレクトロニクスの新たな展開が行われることを期待する。