27p-G22-10

鉄道におけるパワーエレクトロニクス応用の未来と課題

Power Electronics Applications in Railways: future prospects & problems to be solved

(公財)鉄道総合技術研究所　　正田　英介

Railway Technical Research Institute.　　Eisuke Masada

E-mail: emasada@rtri.or.jp

1.　はじめに　　持続可能な輸送機関の維持に向けて、鉄道にはエネルギー環境問題への貢献と社会の経済的な発展を支えるためのモビリティの確保とが求められている。この要件を満たすためにパワーエレクトロニクス技術は鉄道において広く利用されてきたし、今後もこれらの課題の解決に一層寄与することが期待されている。以下ではその現状を簡単に紹介するとともに、今後の発展の方向性を示し、新しいパワーデバイスの適用の可能性について論じる。

２．鉄道におけるパワーエレクトロニクス応用　　鉄道におけるパワーエレクトロニクスの応用は、大別して地上設備と車両設備の二つに分けられる。地上設備は電力系統からの電力を受けて列車群に電気エネルギーを供給するための設備である。直流電気鉄道では三相交流から直流への電力変換設備や事故電流の遮断設備があり、交流電気鉄道では列車の運行に伴う電力変動に起因するき電電圧の変動の抑制や電力系統への電磁妨害を避けるための多様な電力調整装置があり東海道新幹線では大容量の周波数変換設備も使用されている。車両設備ではき電線からの電力を受けて車両の加減速や制動のエネルギーを制御する双方向電力変換器や補機類にエネルギーを供給するインバータがある。他の産業用装置と比較して鉄道で使用される電力変換装置は高圧大容量であり、信頼性の高いものでなければならない。車載用では小型･軽量が求められるし、地上設備であっても立地の制約からコンパクトな構造が望まれる。この意味で電力密度の高い変換装置が必要になる。

３．新しい技術展開と課題　　国内外とも鉄道の高速化は進んでおり、営業時の運転最高速度は320-350km/hのレベルに達してきており、2020年には400km/h運転の時代に入ると想定されている。しかもエネルギー環境条件の制約からこのような高速運転においても環境への影響は現在の車両のレベルで抑えられる。このために車両駆動用の変換装置はより軽量でコンパクトなものでなければならない。エネルギーの利用効率を一層向上させるために、制動時のエネルギーを回収して効果的に利用するための電力貯蔵装置の導入は本格化すると考えられる。そのための電力潮流の制御装置(PCS)が車載用としても、地上設備としても導入が進む。これらのPCSは列車運転における駆動用の電力変換装置と協調して動作する必要があり、その制御はより高度化する。鉄道の運営コストの低減や労働力不足への対応を考えれば、鉄道用のパワーエレクトロニクス装置の信頼性と保守性の向上はより緊急の課題であり、装置自体の性能としても自己診断や自己復旧の機能の導入の点からも革新が求められる。新幹線鉄道ではき電セクションの切り替えスイッチとして機械式の真空スイッチが中心的に用いられているが、その半導体利用による無接点化も課題である。2027年に開業が予定されている超電導磁気浮上鉄道（リニア新幹線）では大容量の駆動用可変周波数変換装置が沿線に多数配置されることになる。

４．SiCパワーデバイスの適用性　　現在開発が進んでいるSiCパワーデバイスはシステム技術的に完成すれば高い適用可能性を持つ。Siパワーデバイスとの比較で言えばより高耐圧のデバイスの実現と冷却システムの簡素化、特に自然風冷の適用が鉄道応用の視点からはSiCデバイス導入の途を拓くことになろう。同時にプロセス上の制約から大電流化には課題があると考えられるので、チップを並列化したモジュール構造でどこまでの容量が実現できるかによって応用範囲も変化する。また、鉄道車両への応用ではEMCが重要な要件であり、周辺素子も含めた装置構成上の革新が必要になる。当面はSi主回路素子とSiCSBDのハイブリッド構成が実用化を牽引することになり、コストや信頼性が実用化に十分に耐えるようになれば、本格的な導入に進むことになろう。

５．おわりに　　鉄道分野ではエネルギー利用効率の向上が強く求められており、パワーエレクトロニクス技術の革新に対するニーズは高い。Si/SiCハイブリッドインバータの試用はき電電圧の低い都市内交通車両で始まっており、運転効率の大幅な改善が実現されている。より耐圧の高いSiCパワーデバイスが実用化されて、直流電気鉄道車両から新幹線車両へ、さらに地上設備へと展開されて行くことを期待している。

© 2013 年　応用物理学会