

省エネルギー機器の進化をおって

年清 幹雄 車両事業本部 車両設計部

河野 和夫 車両事業本部 車両設計部

鉄道車両の省エネルギーには、車両の軽量化と走行用電力の低減(回生電力の利用を含む)が有効であることはいうまでもない。そこで、過去から現在までの制御回路における省エネルギー技術の進化をおって見た。

電車の速度制御は、1975年頃までは直流電動機の起動電流を抵抗器で制限する抵抗制御方式が主流であったが、この方式は電車の起動や発電ブレーキ時の電力を抵抗器に消費させるもので、発生する熱がエネルギー損失になっていた。また、地下鉄では、トンネル内の温度が上昇するという問題があった。

1976年の石油危機以降、省エネルギーの考え方が加速し、また、半導体技術の進歩により高耐圧大容量サイリスタが開発され、チョップ制御方式(電機子チョップ制御、界磁チョップ制御、界磁添加励磁制御)が使用されるようになった。

チョップ制御は、直流電動機速度制御のための抵抗器での熱損失をなくし、また、発電ブレーキ時の発生電力の一部を自車内で消費するとともに、架線に返して他の電車の動力として消費するいわゆる電力回生ブレーキを可能としたため、大幅な省エネルギー化とともに無駄な発熱が抑制された。

なお、半導体の使用による無接点化は、信頼性の向上、省保守化をもたらし、保守作業のためのエネルギーの低減も実現した。

1970年代後半には、GTO (Gate Turn Off) サイリスタが開発され、1980年代に入ると実用的なVVVFインバータ制御方式が登場した。

この方式は、小型で大出力の三相誘導電動機を使用、粘着性能の向上により、M車比率の低減が可能となり、また、T車遅込めブレーキの採用で電力回生率が向上し、いっそう省エネルギー化が進んだが、起動、ブレーキ時に発するVVVFインバータ特有の耳障りなうなり音が不快感をあたえていた。

この問題を解決したのが、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 素子の登場で、スイッチング周波

数の向上で、このうなり音が小さくなるとともに、高周波ノイズの低減、熱損失が減少した。なお、誘導電動機の採用は、直流電動機に比して、大幅な信頼度の向上と省保守化をもたらした。

制御技術の進歩に伴う、省エネルギー率の変化は、車両重量、線路条件、線区特性、運用条件などさまざまな条件がからみあうため、具体的なデータを挙げ比較することは難しいが、大阪市交通局殿のデータによると、1 km・car当たりの走行のみに関する消費電力は、電機子チョップ制御車(10系)が従来の抵抗制御車(30系)の約66%、またGTOサイリスタVVVFインバータ車(66系)が従来の抵抗制御車(60系)の約53%となっている。ちなみに、GTOサイリスタVVVFインバータ車(20系)は、電機子チョップ制御車(10系)の約80%というデータもある。よって、20系車両は30系車両に比較して、この80%に前述の66%を乗じた値、約52.8%の消費電力となる。これより、GTOサイリスタVVVFインバータ車の走行エネルギーは、抵抗制御車の半分程度ですむといっって差し支えないものと思われる。

今後も、さらに小型・軽量化が進み、ローコストで、損失の少ないVVVFインバータの登場が期待されている。

ちなみに、近鉄殿向け新造車(シリーズ21以降)を例にとれば、VVVFインバータ装置の主回路にIGBT素子を使用することにより従来のGTOサイリスタ素子に比べインバータ出力がアップしていながら重量・容積比で約1/3の軽量・小型化が達成されている。

また、三相誘導電動機もフレームレス構造を採用し、容量増にもかかわらず従来比で約20%の軽量化が達成されている。

そのほか、機器の効率化と省エネルギーを求めて、前灯にHID灯、尾灯、各種表示器、補助照明等にLEDを使用した機器が増加している。