

鉄道マニアがVVVFインバータ方式
制御システム搭載車両の製作に挑戦!

電鉄用モータ制御の旅

第5回

自動で電流を一定に制御するカム軸式抵抗制御装置

千倉 ぱるす



写真1 直流モータで動く5インチ・ゲージの車両を製作した

前回(第4回, 2022年5月号)に引き続き, ミニサイズの鉄道車両(写真1)を実際に製作しながら, 電車制御技術が進化してきた歴史をたどってみます。制御対象の車両は軌間127mmの5インチ・ゲージ規格に合わせて製作し, 人を乗せて走行可能な仕様とします。

前回に引き続き主幹制御器を製作

● 電流感応式にして制御性能を改善する

今回は, モータに流れる電流をメカニカルな方法で自動制御するカム軸式抵抗制御装置を製作して車両を駆動する方法を紹介します。前回取り上げた直接制御器による抵抗制御システムをベースに改良を加えることで制御性能の改善を図りました。

最も単純な直接制御器によるモータの制御では, 主抵抗器を短絡する電気接点を運転士が手動で切り替えます。しかし, 複数の電動車をまとめて制御する場合, 主回路の接点を手動で切り替える方式は, 安全性や電流容量の観点から適用が困難です。そのため一般的な電車では, 運転士の操作により制御指令を出力するマスコン(主幹制御器)と, 各電動車の主回路電流を制御する主制御装置を分けて設置しています。マスコンは低い電圧の信号で制御指令を送ります。各電動車の主制御装置は, 制御信号を受けて間接的に主回路電流を制御します。

● 今回製作するのは現役モデル…モータの出力トルクを一定にしつつ加速できる

今回製作するカム軸式抵抗制御装置は, 現役で活躍する抵抗制御車のほとんどが採用しているタイプの主制御装置です。モータに流れる電流を常に監視し, 電車の速度の上昇に伴って電流値が限流値と呼ばれる基準値を下回ると, 自動でカム軸を回転させてカムの動きによってスイッチを切り替えます。これによって主抵抗器の抵抗値を順次減少させていきます。この方法で, モータの出力トルクをほぼ一定に維持しながら加速することができます。

カム軸式抵抗制御装置には, 直接制御器と比べて次のメリットがあります。

- 複数の電動車をまとめて制御でき, 長大編成にも適用可能
- 設置スペース制約の緩和によって抵抗ステップ数を増やすことができ, 乗り心地が向上
- モータ電流の制御が自動化され, 制御品質のばらつきが低減

カム軸式抵抗制御装置の構成と仕組み

製作した小型電車の制御システムを図1に示します。

● 主抵抗器の切り替えはカムで行う

電車を加速させる際には, ショート抵抗で主回路電流を検知し, 限流値を下回ったときにモータでカムを回転させます。カム・モータは, 複数のカムが一体となったカム軸を駆動します。このカムによって主抵抗器を短絡する4つのスイッチを切り替え, 16段階で徐々に抵抗値が減少するようになっています(表1)。こうすることで, 広い速度領域において主回路電流がほぼ一定になるように自動制御できます。

限流継電器^{注1}基板は, あらかじめ設定された限流値と主回路電流を比較し, 抵抗ステップを切り替えるタイミングを判断する装置です。限流値を下回ったときにリレー接点を閉じることで, カム・モータの回転

注1: 主回路電流が限流値を下回ったときに切り換わるリレー。