

審査の結果の要旨

氏名 藤井 毅

本論文は、「電気二重層キャパシタを用いたモータアシスト自動 MT の研究」と題し、AMT と呼ばれる自動変速機とキャパシタの組み合わせによるハイブリッド車両を提案し、その成立性と制御方法に対して検討を行い、実験的な検証によってそれを実証した結果をまとめたものである。

第1章は序論である。近年、蓄電デバイス的一种である電気二重層キャパシタの大容量化が進み、自動車の駆動電源として用いることができるレベルにまで達してきたこと、キャパシタは従来の化学電池と比較して、単位重量あたりのエネルギーは小さいものの、出力密度が非常に大きく瞬時に大エネルギーを放出することが可能である。そのため、AMT のモータ駆動電源として適していることなどを述べている。

第2章ではモータアシスト AMT の提案を行い、その特徴と従来型ハイブリッド車 (HEV) との差異について述べている。モータアシスト AMT は変速機の出軸後端に駆動力をアシストするモータを取り付けた自動変速機的一种である。変速中にエンジントルクが車軸に伝わっていない短い時間、モータがアシストする。モータは連続的に大トルクを負担する必要がないため、電気駆動系の小型化が可能である。ここではモータアシスト AMT システムや、他の一般的な HEV システムを含めた技術動向についても詳述している。

第3章では、提案するモータアシスト AMT に適したエネルギーストレージデバイスに関する考察を行っている。鉛電池やニッケル水素電池、リチウムイオン電池、そして電気二重層キャパシタなど近年著しく進化している自動車用エネルギーストレージについて、それぞれの特徴や性能について調査した結果をまとめて述べている。

第4章では、ハイブリッド車両の設計において重要となる、エンジンとモータ、エネルギーストレージの重量配分について取り扱っている。まず一般走行の速度パターンを3種のパラメータを用いてモデル化し、非 HEV, 従来型 HEV, そして提案するモータアシスト AMT 車の三者について、最適なエネルギー効率が得られる重量配分を解析的に求めている。さらに、最高エネルギー効率が車体重量によってどう変化するかを計算し、電気二重層キャパシタとモータアシ

スト AMT の組み合わせが、車重 500kg 以下の軽車両のエネルギー効率改善にとくに有効であることを理論的に示している。

第 5 章では具体的なトルクと充放電の制御法を述べている。キャパシタに蓄えられるエネルギーは、低車速時には大きく、高車速時には小さくするべきである。そこで、キャパシタの残存エネルギーを表す端子間電圧を、車速により決まるある目標電圧に追従させる制御方法を提案している。また、エンジントルクの推定やクラッチの解放判定を行う「エンジントルクオブザーバ」を提案し、追加センサを用いずにモータアシスト AMT を実現している。

第 6 章ではキャパシタ駆動モータアシスト AMT の成立性の検討を行っている。Simulink 上に、車体やエンジン、モータ、エネルギーストレージ、路面勾配などのプラントを模したモデルと、第 5 章で述べた制御系を組み込んだコントローラを配置し、車速や電流などのダイナミクスを演算する。車両のモデルには軽三輪車であるインド Lovson 社製の RICKY の諸元を採用し、電圧 30V、容量 200F の電気二重層キャパシタを使用することで、モータアシスト AMT が可能であることを確かめている。また副産物として、加速応答の向上や制振性の向上にも効果があることを示している。

第 7 章では提案するモータアシスト AMT の効果を検証するために製作した車両について述べている。上述の三輪車 RICKY を輸入し、これをモータアシスト AMT に改造して実験車を製作した。実験車を実際に運転し、モータアシスト AMT で滑らかな加速が実現できることを確かめている。

第 8 章は結論であり、本研究の成果と将来展望をまとめている。

以上これを要するに、軽車両のエネルギー効率改善にモータアシスト AMT が有効であることを示し、変速中のトルク抜けをキャパシタ駆動の電気モータによって高速高精度に補償してスムーズな加減速特性と燃費向上を実現するハイブリッド車両を提案し、シミュレーションと自ら製作した実機によってその有効性を検討したもので、電気工学、自動車工学、制御工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。