# 電気自動車における電源系統シミュレーションの構築

### E09026 加藤駿一

# 1. はじめに

近年,ガソリンおよびディーゼル自動車の急激な増加 により,内燃機関のエンジンから排出されるガスに含ま れるCO<sub>2</sub>とNO<sub>x</sub>による大気汚染や騒音等の環境問題がク ローズアップされ重大な社会問題になっている。

そこで注目されるのが排気ガスを全く出さない電気自 動車である。電気エネルギーは石油だけでなく、様々な エネルギーから作ることができるため、エネルギー源の 多様化にも役立ち、有効利用できる。

シミュレーションを通して、電気自動車のバッテリに おける充放電を理解し、短時間でバッテリの劣化具合を 把握することができるという利点がある。そこで本研究 では、リチウムイオン電池と三相誘導電動機に着目し、

MATLAB/SimPowerSystemsを使用して電気自動車におけ る電源系統を構築し、電池の有効的な使い方と寿命の面 から解析を行った。

# 2. 電気自動車の概要

電気自動車は,バッテリ(蓄電池)を蓄えた電気でモー タを回転させて走る。そのため,排気ガスを全く出さな いうえ,走行騒音も少なく,発電所で電気エネルギーを 生み出す際の排出分を考慮してもCO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>の排出量は 通常の自動車よりも少ない。また,内燃機関自動車に比 べて構造が簡単で,エンジンのかわりにモータを,キャ ブレータのかわりに制御装置を,燃料タンクのかわりに バッテリを使用する。

# 3. 蓄電池とモータの選定

#### 3.1 電気自動車に適した蓄電池

電気自動車の弱さとして、満充電における航続距離の

### 指導教員 藤田吾郎

短さ・一回当たりの充電時間の長さ・電池が高価である ことが挙げられる。表1に電気自動車用蓄電池の一般的 な特性比較を示す。鉛蓄電池はエネルギー密度が低く寿 命が短い欠点があるが低コストを生かして、今後も限定 用途での使用が見込まれている。ニッケル・水素蓄電池 は技術的にはほぼ確立されており、現時点では最も有望 視されているが、今後特にコスト低減が課題である。リ チウムイオン電池は、現時点ではコストと安全性の改良 に課題があるが、高いエネルギー密度と出力密度を有し ており、将来、二次電池としては最も期待されている電 池である<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 誘導電動機

モータの出力が電源からの誘導作用にだけ依存してい るモータで、構造が簡単で、保守が容易であり、堅牢で あるため広く一般に使用されている。回転磁界の速度を 同期速度といい、1分あたりの回転数*N*<sub>s</sub> [rpm]で表す場合 が多い。

$$N_s = \frac{120}{p}f$$
 [rpm]

ここで、p は極数、f は電源周波数である。回転子の 回転速度をN [rpm]とすると、同期速度よりも数%遅く回 転する。これをすべりといい、誘導電動機特有の性質で ある。すべりs は以下の式で表される。

$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

誘導電動機は固定子に単相または3相交流電源を流す ことによって、磁界ができる仕組みになっている。3相 誘導電動機の場合は、3組のコイルが必要であり、各コ イルは空間的に120度隔たれて巻かれている。それらに 時間的に120度位相差を持つ三相交流を流せば、回転磁 界が生じる。

<b>新</b> 粗	性長	<b></b>	質量エネルギー密度	体積エネルギー密度	出力密度	寿命	コスト
1至大只	TUIX	环心	(Wh/kg)	(Wh/l)	(W/kg)	(サイクル)	271
鉛	低コスト	エネルギー密度 寿命	30~40	70~100	200~300	400~600	0
ニッケル・水素	高エネルギー密度 高信頼度性	コスト	60~70	110~160	200~300	1000以上	$\bigtriangleup$
リチウムイオン	高エネルギー密度	コスト 安全性	90~130	130~280	500~1000	1000以上	$\bigtriangleup$

表1 主な電気自動車用蓄電池の特性比較<sup>[3]</sup>

# 4. MATLAB/SimPowerSystemsによる解析

### 4.1 ブロック図

解析に使用したブロック図を図1に示す。ブロックは, リチウムイオン電池,昇圧型2象限チョッパ回路,三相 電圧形インバータ回路,三相交流誘導電動機で構成され ている。使用した三相交流誘導電動機の回転子の極数は 4極,定格出力は50[kW],定格電圧は500[V]である。

### 4.2 解析手順

図1のように多数のブロックから構成されているため 複雑である。そこで、ブロック構成を2つのセクション に分け動作確認を行う。一つ目のセクションは、リチウ ムイオン電池の200Vを昇圧型2象限チョッパ回路により 500Vへと昇圧する回路。二つ目のセクションは、昇圧 された直流500Vを三相交流(500V/50Hz)へと変換し、電 圧形インバータ回路より得られた三相交流で誘導電動機 を駆動する回路である。誘導電動機には、10-15モード におけるオルタネータの回転数[rpm]を入力指令として 解析を行った。

#### 4.3 昇圧型2象限チョッパ

図4に昇圧型2象限チョッパ回路図を示す。電気自動車 の加速時には蓄電池からインバータを介して誘導電動機 に電力が供給され,減速時には誘導電動機からの回生電 力を蓄電池に回収することができる。蓄電池は駆動時に 放電電流が,減速時には充電電流が流入出される。した がって,一般的な昇圧チョッパ回路には一方向の電流し か流せないが,2象限チョッパを用いることにより双方 向の電流を流すことができ,効率のよい電池の運用が望 めるのである<sup>[1][3]</sup>。

### 4.4 結果

図3~5にリチウムイオン電池による誘導電動機駆動回 路の解析結果を示す。オルタネータ回転数の変化に応じ て出力トルクが変化していることが確認できる。また, そのトルクに応じて電池の充電量であるSOCが変動して, 充放電をしていることも併せて確認することができる。

# 5. まとめ

電気自動車の電源系統の構築を進めていくうえで,パ ワーエレクトロニクスと誘導電動機の面から検討を行っ た。今後は具体的な車両重量を考慮し,その重量から必 要なトルクを算出してMATLAB/SimPowerSystemsに組み 込みこみ,さらなる解析を進めていきたい。また,リチ ウムイオン電池の充放電を繰り返すことによる劣化を考 慮した解析も並行して行いたいと思う。更なる発展とし て,リチウムイオン電池とEDLCを並列接続させること によるバッテリの延命効果を検証してみようと思う。



図1 電気自動車の電源シミュレーションブロック図





図3 オルタネータ回転数



図4 誘導電動機固定子電流



図5 誘導電動機出力トルク



図6 バッテリSOC

### 参考文献

- [1] 河村篤男・横山智紀・船渡寛人・星伸一・吉野輝雄、『パワーエレクトロニク ス学ー入門基礎から実用例までー』、コロナ社 (2009)
- [2] 大野榮一, 『パワーエレクトロニクス入門(改訂4版)』, オーム社, (2006)
- [3] 日本電池株式会社, 『最新実用二次電池-第2版-』, 日刊工業新聞社, (1999)