**自動車電源系統におけるシミュレーションモデルの精度向上**

|  |  |
| --- | --- |
| E07022 岡田陽平 | 指導教員　藤田吾郎 |
|  |  |

1. はじめに

　近年，地球温暖化や気候変動，異常気象などの環境問題や，石油などの枯渇により原油価格の高騰が大きな問題となり，様々な改善策が検討されている。これらのことの防止策として，日本においては国土交通省が2015年新燃料費規制の導入を検討している。そして現在においては，高効率でクリーンなエネルギー源として燃料電池等の実用化，さらにはハイブリッド自動車やアイドリングストップ対応車の普及，従来のエンジンのみで走行する自動車においても，「燃費改善」「安全」「快適」の観点から，電動パワーステアリングや電動コンプレッサ等，自動車の電動化が進んでいる。しかし，これらのことを進めることによりバッテリの負担が増大し，寿命の低下を招くといった事態に陥ることが十分に予想される。本課題の解決には数値シミュレーションによる事前評価が有効である。本研究では，従来車(24[V]系)の電源系統のシミュレーションモデルを構築し，シミュレーションモデルの精度を向上させ，バッテリの長寿命を目的としている。

1. 自動車電源系統

図１に示すように，エンジンの動力はクラッチ，トランスミッションを介してホイールに伝わり車輪が回転する。一方で，エンジンの動力はベルトを介してオルタネータに伝わる。オルタネータは機械エネルギーを電気エネルギーに変換し，必要な電力を各種の電気負荷へと供給している。電気負荷が必要とする電力よりもオルタネータの電力が少ない場合には，一時的に不足分の電力をバッテリから供給している。

本研究では，自動車電源系統のバッテリにおいてSOC (State Of Charge)，効率，SOL (State Of Life) の3つの評価法を数値シミュレーションに用いる。

また，走行モードについては，10-15モードを使用して，取得方法としてはオルタネータの回転数より取得する。負荷の大きさは，負荷電流を0,10,20,30[A]の4つのパターンに設定して，試験中は常に負荷電流を一定にして実験を行う。



図1　自動車電源系統



図2　自動車電源系統回路図

1. SOC

自動車では主に鉛バッテリが使用される。バッテリは，エンジン始動時や重負荷時になどに負荷をエンジンに供給し，軽負荷時にはオルタネータからの電力を蓄電する。数値シミュレーションモデルでは，バッテリ電流からSOCを算出し，バッテリ電圧*Vb*を求める。SOCは充電状態を表し，(1)式から求める*Vb*はSOCから求まる。バッテリは化学変化によって電気を蓄えるため，SOCと*Vb*の関係は非線形な特性を持つ。ここで，*SOCini*はSOCの初期値，*CA*はバッテリの容量，*I*は放電を正としたバッテリ電流である。

　　　(1)

　現実的には放電と充電の総クーロン数は一致せず，一般に，放電時と比較して充電時の方が1.2～1.3倍程度となる。そのため，数値シミュレーション上ではSOCを補正する必要があり，満充電時にSOCをリセットする，充電時にはSOCの変化率に係数を乗じる，などの方法が考えられる。

　図3に負荷電流30[A]の時においてのSOCのシミュレーション結果を示す。

図3　SOC

1. 効率

　充電エネルギー，放電エネルギーを算出して，算出した値により効率を求める。一例として10－15モードの走パターンによるオルタネータからの総供給電力は42040[J]，その時の効率は95.1[%]である。

1. SOL

本研究ではこれまで鉛バッテリの寿命指標としてSOL (State OF Life) を提案してきた。SOLは下記の通り定義していた。

 (1)

 : バッテリから流れる電流 [A]

*CA* : バッテリの定格容量 [Ah]

SOLが0のときが新品の状態であり，バッテリを通過する総クーロン数が寿命の劣化に相当して，満充電・フル放電を経験則で1000回繰り返すとSOLが1に達して寿命に至るという指標である。この方法の特徴は，簡単であり，バッテリ使用時にもリアルタイムで計算時が得られることである。しかしながら，この考え方では放電深度が深いところでは誤差が大きくなる問題があった。そこで，今回，SOLの計算式にDODによる重みを追加することとした。提案式は次のようになる。

 (2)

 : バッテリから流れる電流 [A]

*CA* : バッテリの定格容量 [Ah]

 : 放電深度 ()

*k* : バッテリ固有の定数

: DODによる重みの固有係数

この評価式をバッテリ寿命試験結果に適用した試算例を表1に記す。それぞれの寿命判定基準は異なるため，*k* や*n*が大きく異なるものの，誤差は比較的小さく，劣化メカニズムを加えることにより実用性が高まると考えられる。

表1 　SOLのパラメータ例

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| case | *k* | *n* | Erroｒ[%] |
| 1 | 1.4245×10-6 | -0.0466 | 2 |
| 2 | 0.115 | 0.488 | 11 |
| 3 | 0.389 | 0.246 | 16 |

また，図4に表1のcase1より，*k*と*n*を用いたSOLのシミュレーション結果を示す。

図4　SOC

6．まとめ

本研究では，自動車電源系統の数値シミュレーションモデルに用いる，SOC，効率，SOLの3つの評価法を整理した。このシミュレーションにおいて，自動車電源系統の電力の過渡的な挙動を把握でき，電源系統の評価が可能となった。しかしながら，このシミュレーションモデルではバッテリの内部抵抗の値，等価回路にまだ不備があるため，今後これらのことを解決していき，将来このシミュレーションモデルの精度を向上せせることにより，ハイブリッドシステムや電気自動車の電源系統システムやバッテリの長寿命化に役立てることが可能であると考える。

7.参考資料

(1) 日刊工業新聞社「最新実用二次電池 その選び方と使い方 日本電池株式会社編」

(2) Wootaik Lee, Daeho Choi, Myoungho Sunwoo, ‘Modeling and Simulation of Vehicle Electric Power System’, Journal of Power Sources, No.109, pp.58-66 (2002)

(3) 長島紀雄，落合隆太，藤田吾郎，深田隆文，「自動車電源系統におけるシミュレーションモデルの開発」，平成20年電気学会産業応用部門大会，No.2-59 (2008-8)

(4)岡田陽平，藤田吾郎，深田隆文，竹本泰敏，「自動車電源系統におけるシミュレーションモデルの構築」，平成22年電気学会産業応用部門大会，No.2-3 (2010-8)