バッテリの数値シミュレーションモデル

|  |  |
| --- | --- |
| AE11074 堀越　雄介 | 指導教員 藤田吾郎 |

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災を受け，非常用電力貯蔵システムに注目が集まっている。さらに太陽光などの再生可能エネルギー発電の導入が促進されている。しかし，太陽光や風力などは，天候により左右されるため出力が不安定となり，系統に悪影響を与えるなどの諸問題がある。このような問題の対応策として二次電池を用いた電力貯蔵装置が期待されている。

そのため，太陽光や風力発電に連系した際の電力貯蔵装置の評価にあたっては，装置が高価であるため，実証実験をむやみに行うことができない。そこで評価の際には，数値シミュレーションの活用が有効であると考えられる。

本研究では電力貯蔵装置として用いられるバッテリを電気的等価回路で模擬することを目的とする。ここでは，既存のバッテリモデルを用い，そのモデルのパラメータの推定を行うための実験を行う。

2. 等価回路モデル

等価回路を用いた鉛バッテリのシミュレーションモデルについては多くの研究が行われている。本研究では，鉛バッテリの電気的等価回路として次のような既存のモデルを用いて実験を行う。図1に本研究で用いる鉛バッテリの等価回路を示す。

この等価回路[1][2]には，電流変化に対し瞬時に応答する内部抵抗と，電流変化に対し時間遅れをもって応答する内部抵抗の2つが存在する。これらの2つの内部抵抗をそれぞれとする。を並列に持つことによりの時定数が発生する。ここで等価回路　が開放状態の時，(Open Circuit Voltage)は(バッテリの端子電圧)と等しい。回路に電流が流れるときによる電圧降下が生じ，とは値が異なる。また，回路に流れる電流，バッテリのSOC(State of Charge)によってこれらのパラメータは変化する。本研究では，バッテリ状態により変化した際のパラメータの測定も行っていく。



図1　バッテリ等価回路

3. バッテリ評価試験

本研究では，バッテリが充放電を連続して行っている際の電圧，電流の測定を行う。本研究で用いたバッテリ評価試験回路を図2に示す。試験回路は，直流安定化電源，バッテリ，定電流負荷を並列接続したものである。前述したように，バッテリSOCと電流値によってパラメータは変化すると考えている。よって本研究では，試験条件を表1のように設定した。これは，実運転データを想定し，表1にあるような充放電が繰り返される連続的なデータからのパラメータ算出を考える。

表1　試験方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 充電電流[A] | 充電時間[s] | 放電電流[A] | 放電時間[s] |
| A | 39 | 120 | 39 | 120 |
| B | 26 | 120 | 26 | 120 |
| C | 10.4 | 120 | 10.4 | 120 |



図2　試験回路

4. パラメータの算出

次に一般的な等価回路の算出方法[1]について述べる。蓄電池が充放電を連続して行なった際の電圧，電流を測定することで等価回路定数を求める。充放電を連続で行った際の端子電圧を図3に示す。は充電または放電から次の動作に移る直前の電圧とその直後の電圧の差と，測定電流によって求められる。

は, 過渡現象終了後の電圧，および測定電流によって求められる。

はより求められる。ここでは過渡現象の時定数である。



(a) 充電時の電圧波形



(b) 放電時の測定波形

図3　充放電試験を行った際の電圧波形

しかし，今回の実験では過渡現象が終了する前に，次のサイクルに進むため上記の方法を取ることができない。そこで，本研究では次のようにしてパラメータの算出を行う。

　まず，測定した波形において，充放電が切り替わる際の時刻を基準とし，基準から時間経過した際の電圧の変化分をとする。この時，回路に流れる電流が一定とすると，この過渡現象はによる影響と考えられる。よって

となる。この回路方程式を解くと，

となる。これより，測定値から時間経過した時の電圧変化分，を用いて，

と表すことができる。この2式は非線形連立方程式であるため，ガウス･ザイデル法を用いて，を算出する。

上記の方法より求められたパラメータを表2，3に示す。

表2　充電時のバッテリパラメータ(試験パターンA)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| SOC | [mΩ] | [mΩ] | [kF] |
| 1 | 13.9 | 83.6 | 0.674 |
| 0.95 | 12.0 | 55.6 | 0.676 |
| 0.9 | 11.0 | 41.5 | 0.863 |
| 0.8 | 11.9 | 24.5 | 1.21 |

表3　充電時のバッテリパラメータ(試験パターンA)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| SOC | [mΩ] | [mΩ] | [kF] |
| 1 | 18.2 | 2.91 | 6.11 |
| 0.95 | 16.8 | 4.85 | 5.30 |
| 0.9 | 17.5 | 4.27 | 7.81 |
| 0.8 | 11.3 | 10.3 | 3.41 |

5. 数値シミュレーションによる評価

次に前述した試験により算出したパラメータを用いて，この過渡現象の数値シミュレーションを行い，実験で得られた波形と比較を行う。なお，数値シミュレーションにはMATLABを用いる。数値シミュレーションにより得られた波形と実験で得られた波形を比較したものを図4に示す。

実験パターンA，バッテリSOC100%で試験した際に得られた波形と，シミュレーションにより算出した波形を比較した波形を図4に示す。また，そのときの誤差率を図5に示す。誤差率は以下の式により求めた。誤差率は最大4%程度であったため，ある程度の精度は出すことができた。



図4　実測波形との比較



図5　誤差率

6. まとめ

今回の検証実験から，この等価回路のパラメータはバッテリのSOC，放電電流により変化することが考えられる。そのため，試験中にバッテリのSOC，電流によってパラメータを連続的に変動させるモデルを作成した。

今後は，他のパターンの試験に対してもここで算出したパラメータを用い精度が維持できるか検証していく。

参考文献

1. 牛山健太郎・森本雅之：「電圧，電流のみによる鉛バッテリのSOH推定」，平成22年電気学会産業応用部門大会，No.2-5, pp.Ⅱ-255-258　(2010年)
2. 西村怜馬・深田隆文：「自動車用鉛バッテリのシミュレーションモデル」，平成22 年電気学会全国大会，4-208 (2010年)

発表論文

1. 堀越雄介・熊谷和樹・カイ・藤田吾郎，『鉛バッテリの数値シミュレーション』，電気学会B部門大会(2014)