

住宅 PV システム用 Ni-MH 蓄電池のモデル化 ～Ni-MH 蓄電池等価回路インピーダンス部分の作成～

Modeling of Ni-MH battery for residential PV system

Making of Ni-MH storage battery equivalent circuit impedance part

○荻野貴文¹, 小澤睦¹, 野村輝之², 西川省吾³

Takahumi Ogino¹, Mutsumi Ozawa¹, Teruyuki Nomura², Shogo Nisikawa³

When a large amount of solar photovoltaic systems are reintroduced into the electricity system, the adverse effect on the system is feared. The combination of the PV system and the storage battery is thought as this solution. Then, the nickel hydrogen storage battery with comparatively good performance was in this study selected. In the present study, it aims at the establishment of the operation control method that a high effect of the introduction is achieved. The simulation examination is indispensable for that, and the accuracy of storage battery model must be high. The equivalent circuit of impedance is made from the frequency response of the storage battery in this text.

1. はじめに

温室効果ガス排出量削減が叫ばれている現在、太陽光発電(Photovoltaic:PV)システムが注目を集め、今後各家庭への普及が予想される。しかし、このまま普及数が増えれば、電力系統に電圧変動や周波数変動などの悪影響が懸念される。

この問題を解決するため、PV システムに蓄電池を組み合わせるにより、システム出力の安定化を図る。その中で、高容量で安全性が高いなどの特徴を有している Ni-MH 蓄電池が有効だと考えられる。しかし、Ni-MH 蓄電池は高価なため、最小限の容量に抑える必要がある。最小限の容量で、導入効果を高くするには多くのシミュレーション検討が必要である。そして高精度なシミュレーションのためには、Ni-MH 蓄電池の高性能なモデル化が重要である。

本論文ではインピーダンス測定を行い、その結果から等価回路を想定し、パラメータフィッティングをしたので、その概略を示す。

2. 試験方法

<2.1>蓄電池の仕様

表 1 に使用した供試体の仕様を示す。

Table.1 Specification of storage battery

Cell	1
Rated capacity[Ah]	10.0
Rated voltage[V]	1.2
Rated hour rate[hr]	5.0

<2.2>試験方法

充電状態が 0% の状態で、電流 2A 一定として充電状態が 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% になるまで充電する。充電終了後は 4 時間静置し、インピーダンス

の測定を行う。測定終了後、2A で充電状態が 0% になるまで放電し、再び充電する。なお、2A で端子電圧 1V まで放電した状態を充電状態 0% とする。

<2.3>インピーダンス測定条件

表 2 に測定条件を示す。

Table.2 Measurement condition

AC Current [App]	1
Frequency domain [Hz]	0.01 ~ 50K
Time between measurements [step/decade]	10

3. 解析方法

インピーダンスの実測値と計算値の差の 2 乗の和を評価関数 S として SIMPLEX 法を用いてパラメータフィッティングを行った。SIMPLEX 法は初期値によって収束する値が大きく異なり、また値を細かく取ると計算時間がかかる。それらの事を改善するために、最適な初期値を探す処理 1、処理 2 を行い、その結果を用いて SIMPLEX 法を行った。以下に作業の詳細を示す。

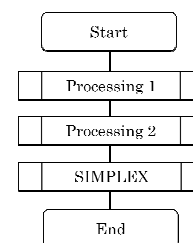


Fig.1 Flowchart

$$S = \sum_{i=1}^n \{ (R_{mi} - R_{ci})^2 + (X_{mi} - X_{ci})^2 \} \dots \dots (1)$$

ただし R_m : 実数成分の計測値, R_c : 実数成分の計算値, n : データ数, X_m : 虚数成分の計測値, X_c : 虚数成分の計算値, i : データ番号

<3・1>初期値算定

処理 1... 各回路定数に式(2)を代入して、その値を用いて S を求める。S の最小値となる回路定数ごとの K の組み合わせを探す。なお K には -5 ~ 3 までの値を用いた。ただし R1 は共振時の抵抗値, L は 0 とした。

1: 日大理工・学部・電気 2: 日大理工・院・電気 3: 日大理工・教員・電気

$$10^K \dots \dots \dots (2)$$

処理 2…処理 1 より得られた値の付近に最適な初期値があると考えられるので、得られた値の 0.1~10 倍の値から初期値を探した。そのために式(3)を用いる。なお、B には処理 2 で求めた K の値を用い、 $-1+K \sim 1+K$ を代入し、A には 1 又は 5 を代入する。

$$A \times 10^B \dots \dots \dots (3)$$

SIMPLEX 法は初期値によって収束する値が異なるため、複数の初期値を用意し、解析結果の中で良い初期値を選択することが適切だと考えたため、S の小さい順で初期値の組み合わせを 20 個選んだ。得られた 20 個の初期値に SIMPLEX 法を用いて最小である S を求めた。

SIMPLEX 法⁽¹⁾…処理 2 で得られた 20 個の組み合わせを初期値として解析した。その中で S が最小の回路定数の組み合わせを採用した。繰り返し計算は 10000 回とした。

<3・2> 想定される等価回路

今までの実験結果、文献調査を考慮し想定される等価回路を図 2 に示す。

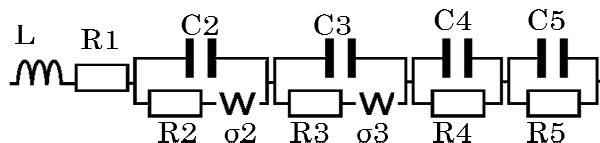


Fig.2 Equivalentcircuit

R1 は、電池内部に含まれる電解液の抵抗値や端子部分の抵抗などの和である。C2, C3, R2, R3, $\sigma 2$, $\sigma 3$ は両極に含まれる成分であり、C は電圧をかけることによって生じる電気二重層、R は C の電子授受の受け渡し安さを示す抵抗、 σ はワールブルグインピーダンスの定数を示す。ワールブルグインピーダンスはインピーダンスをベクトル軌跡で示した場合、高周波数域で容量性半円を示し、低周波数域においては実数軸に対して 45°の傾きをもつ直線を示す特性を持っている。

C4, C5, R4, R5 は両極に含まれる皮膜成分を示し、電子授受の現象がここでも起こるために電気二重層 C と抵抗 R で表される。L は電極に含まれるリアクタンス成分を示す。

4. 結果

解析結果として図 3, 図 4 に充電状態 40%, 80%時の抵抗-リアクタンス特性を示す。図からモデルは実測値とほぼ一致していることから、精度が良いと言える。

図 3 を見ると、リアクタンスが 0mΩ の時は実測値と計算値の値がずれている。これは初期値の設定に問

題があるのではないかと考えられる。しかし低周波数側、高周波数側ともに実測値、計算値は同じ軌跡を描いているといえる。

図 4 を見ると半円の軌跡を描くまではほぼ同じ軌跡を描いているのに対し、低周波数側において軌跡がずれてしまっている。低周波数側に現れる直線の軌跡はワールブルグインピーダンスの影響だということがわかっている。よって、充電状態 80%時における軌跡のずれはワールブルグインピーダンスの定数の影響だと考えられる。しかし 40%時においては同じ軌跡を描いていることから、充電状態の違いによりワールブルグインピーダンスに影響することすることが考えられる。

図 3, 図 4 を比較すると、電解液抵抗である R1 の値が大きくなっていることがわかる。これも充電状態の違いにより、電池内部の状態が変わり、電解液抵抗が大きくなったためではないかと考えられる。

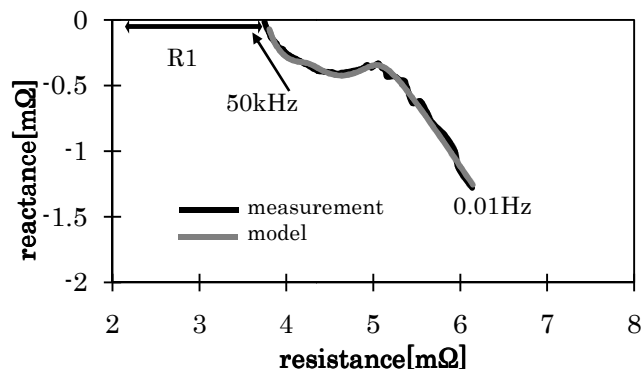


Fig.3 Impedancevectortracksatchargestate 40%time

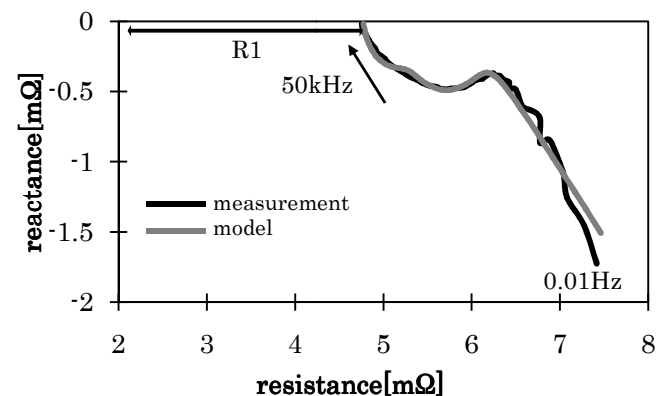


Fig.4 Impedancevectortracksatchargestate80%time

6. まとめ

本論文ではインピーダンス測定を行い、その結果から等価回路を想定し、パラメータフィッティングを行った。その結果良い精度が得られた。

7. 参考文献

(1) 奥村晴彦, パソコンによるデータ解析入門, p225~237