

L-21

昭和基地を想定した RE システム用 Ni-MH 蓄電池のモデル化

-蓄電池温度と周囲温度を使用したときのモデルの精度-

Modeling of Ni-MH Battery for RE System in Syowa Station

-Accuracy of Model by using Storage Battery Temperature and Ambient Temperature-

○佐々木 隆充¹, 山中 直紀¹, 稲葉 有哉², 西川 省吾³

*Takamichi Sasaki¹, Naoki Yamanaka¹, Yuya Inaba², Shogo Nishikawa³

Abstract: We are examining the use of renewable energy (RE) in Syowa Station. However, since the RE output is unstable, it is necessary to stabilize the system output by using the storage battery to solve this problem. However, since the temperature affects the performance of the battery and the performance falls under low temperature. The objective of this study is to establish highly accurate model of rechargeable battery to performance decrease of the rechargeable battery at the low temperature. In this paper, the model by using about storage battery temperature, and accuracy of model are described.

1. はじめに

南極の昭和基地では、今後、様々な実験や研究などで大型観測装置の導入に伴って増加する基地内の熱量や消費電力の供給源として、現地で太陽光発電や風力発電を活用することが考えられている。しかしながらこれらは出力変動が激しく、昭和基地の小規模な電気系統に接続すると周波数変動が懸念される。この対策として出力変動を抑制する蓄電池の適用が考えられている。本稿では、Ni-MH 蓄電池を周囲温度からでも蓄電池性能を推定できるように、充放電時の周囲温度、蓄電池温度を使用した際のモデル化を行い精度評価したので、その結果を示す。

2. 試験環境

表 1 に供試体の仕様、図 1 に試験回路、図 2 に Ni-MH 蓄電池内部の等価回路^[1]、図 3 に熱電対の設置位置^[2]を示す。等価回路の充放電時の式は式(1)となる。

$$V = E \pm rI \quad (1)$$

ただし、 r : 内部抵抗[Ω], E : 蓄電池起電力[V],
 V : 蓄電池端子電圧[V], I : 電流[A]
 +: 充電時, -: 放電時

Table 1. Specification of Ni-MH battery

cell	1
rated voltage[V]	1.2
rated capacity[Ah]	10
rated hour rate[Hr]	5

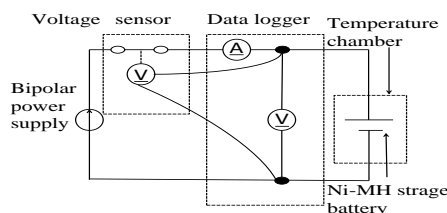


Figure 1. Examination circuit

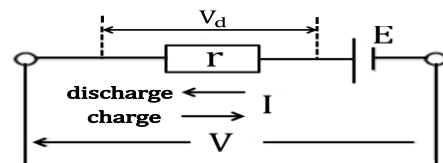


Figure 2. Equivalent circuit in Ni-MH battery



Figure 3. The setting position of thermocouple

3. 試験方法

試験を行う前に蓄電池を空放電し、その後、蓄電池の化学反応を安定化させるため 5 時間静置した。

周囲温度 20℃, 充放電電流 2A 又は 10A 一定とし、充放電を行った。5 時間静置後、放電終止電圧 1.0V に達するまで放電した。

4. 試験結果

< 4. 1 > 充電モデル

電圧降下 V_d は内部抵抗 R_c と充電末期の内部抵抗 R_0 で式(2), (3)のように想定できる。

$$V_d = (R_c + R_0) \times I \quad (2)$$

$$R_0 = \begin{cases} 0 & (SOC < SOC_c) \\ \frac{\alpha_0}{(1 + \exp(-\beta_0 \times SOC - SOC_c)) + \gamma_0} & (SOC \geq SOC_c) \end{cases} \quad (3)$$

ただし、 R_c : 内部抵抗[Ω]

R_0 : 充電末期の内部抵抗[Ω]

α_0 : 定数[Ω], β_0 : 定数, γ_0 : 定数

SOC_c : V_d の変曲点の充電状態, I : 電流[A]

表 2 にパラメータ値を示す。

Table 2. Comparison of parameter data

	storage battery temperature	ambient temperature
R_c	$6.97 \times 10^{-6}T^2 - 4.23 \times 10^{-3}T + 0.65$	1.20×10^{-5}
SOC_c	$1.29 \times 10^{-2}T - 3.06$	$-3.30 \times 10^{-4}T^2 + 0.19T - 27.04$
α_0	$9.19 \times 10^{-5}T + 3.53 \times 10^{-2}$	$-6.95 \times 10^{-4}T + 0.23$
β_0	$0.36T - 83.28$	$8.59 \times 10^{-3}T^2 - 4.29T + 546.80$
γ_0	3	3

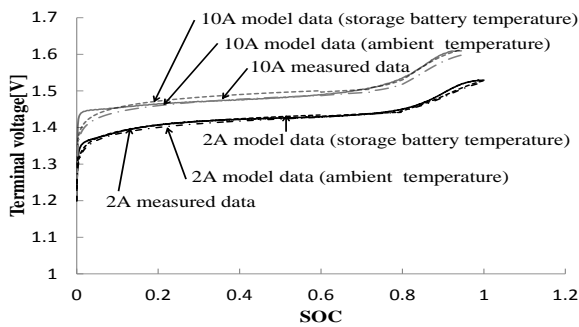


Figure 4. Terminal voltage and SOC Characteristic

< 4. 2 > 放電モデル

電圧降下 V_d は内部抵抗 R_d 、放電初期の内部抵抗 R_e 、放電末期の内部抵抗 R_l を含むと想定し、式(4)~(6)のように想定できる。

$$V_d = (R_d + R_e + R_l) \times I \quad (4)$$

$$R_e = \begin{cases} 0 & (DOD < DOD_d) \\ \frac{\alpha_e}{(1 + \exp(-\beta_e \times (DOD - DOD_d)) + \gamma_e)} & (DOD \geq DOD_d) \end{cases} \quad (5)$$

$$R_l = \begin{cases} \frac{\alpha_l}{(1 + \exp(-\beta_l \times (DOD - DOD_d)) + \gamma_l)} & (DOD < DOD_d) \\ 0 & (DOD \geq DOD_d) \end{cases} \quad (6)$$

ただし、 α_e , α_l : 定数[Ω], β_e , β_l , γ_e , γ_l : 定数
 R_e : 放電初期の内部抵抗[Ω]
 R_l : 放電末期の内部抵抗[Ω],
 DOD_d : R_e と R_l の変曲点の放電状態

表 3 にパラメータ値を示す。

Table 3. Comparison of parameter data

	storage battery temperature	ambient temperature
R_l	$5.90 \times 10^{-6}T^2 - 3.67 \times 10^{-3}T + 0.59$	6.49×10^{-6}
DOD_d	$-9.59 \times 10^{-3}T^2 + 3.48T$	$-8.66 \times 10^{-3}T^2 - 3.20T$
α_e	$3.92 \times 10^{-2}T^2 - 22.96T + 3443.65$	$3.79 \times 10^{-2}T^2 - 22.01T + 3303.50$
β_e	$-1.65T^2 + 500.04T$	$9.59 \times 10^{-2}T^2 - 16.55T$

γ_e	15	15
α_l	$4.40 \times 10^{-2}T^2 - 15.89T$	$5.62 \times 10^{-2}T^2 - 19.22$
β_l	$0.12T^2 - 24.05T$	$9.59 \times 10^{-2}T^2 - 16.55T$
γ_l	$0.13T^2 - 28.83T$	$0.12T^2 - 27.83$

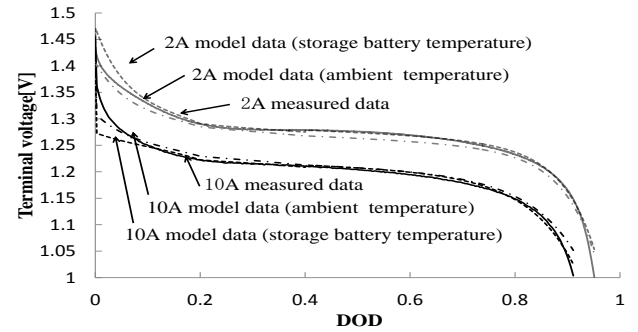


Figure 5. Terminal voltage and DOD Characteristic

< 4. 3 > モデルの精度評価

モデル式の精度を評価するために式(9)に ϵ [%] を定義した。

$$\epsilon = \frac{\sum_{i=1}^n |V_c(i) - V_m(i)|}{\sum_{i=1}^n V_m(i)} \times 100 [\%] \quad (9)$$

ただし、 $V_m(i)$: i 番目の蓄電池実測電圧[V]

$V_c(i)$: i 番目の蓄電池モデル電圧[V]

n : データ個数

表 4 は周囲温度と蓄電池温度の精度評価を比較したものである。蓄電池温度の方が精度が良いが、周囲温度によるモデルも精度が高いと言える。

Table 4. Comparison of ϵ (unit:%)

temperature	charge		discharge	
	2A	10A	2A	10A
ambient	0.400	0.724	0.735	0.575
storage battery	0.220	0.588	0.239	0.480

5. まとめ

今回は Ni-MH 蓄電池の周囲温度 20℃一定、充放電電流 2A, 10A としたときの蓄電池温度を使用した充放電モデルを作成し、その精度を評価し、蓄電池温度を使用したモデルの方が精度が良いことがわかった。

6. 参考文献

- [1] 野村輝之他「住宅PVシステム用Ni-MH蓄電池モデル化」, 平成 21 年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集, pp32-1 ~2
- [2] 日本電動車両協会規格(JEVSD705)