

## 変動緩和用途の鉛蓄電池寿命予測手法の開発

Development of The Battery Life Prediction Algorithm for Real Site with Various Conditions

横田 登志美† 井上 秀樹† 郡司 圭子† 渡辺雅浩† 福原 啓介†† 伊東 良晃‡

Toshimi Yokota Hideki Inoue Keiko Gunji Masahiro Watanabe Keisuke Fukuhara Yoshiaki Ito

### 1. まえがき

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを受け入れられるスマートグリッド(次世代電力網)に対する関心が高まっている。再生可能エネルギーの導入促進を図るためには、日射条件や風力状況などによって変動する電力の安定化を図る必要があり、最も有望な手段として、蓄電池が期待されている。

蓄電池の寿命劣化を防ぐ効率的な運用をするためには、運用条件と寿命・劣化の関係を把握する必要がある。本研究は、再生可能エネルギーの変動緩和用途に適した鉛蓄電池を対象とし、実運用における寿命を予測する手法を検討・立案することを目的とする。

### 2. 変動緩和用途における寿命予測の課題

再生可能エネルギーの変動緩和用途の蓄電池は様々な状態で運用される。たとえば風力発電に併設される蓄電池は、図1に示す充放電パターン例のように、充放電1サイクルの時間、SOC(\*)範囲、電流値などの運用条件が変動することになる。

蓄電池は運用を続けると、各部位に劣化が生じ、次第に蓄電池容量が低下する。ここで、蓄電池の寿命とは、蓄電池容量低下が30%以上になることと定義する。一般的に蓄電池の寿命特性を把握するためには、充放電1サイクルの時間、SOC(\*)範囲、電流値などの運用条件を一定にして、何サイクルでどれだけ蓄電池容量が低下するかを実験する。複数の条件を組み合わせると実験数が多くなり、現実的でないため、限られた実験数で寿命を予測したい。また、常に変動する運用条件での充放電パターンから寿命予測をしなければならない。このことから、以下を課題と考える。

課題1 限られた実験数での寿命予測モデル

課題2 変動する運用条件における寿命予測

(\*) State of Charge 満充電を100%とした蓄電池の充電状態

### 3. 寿命予測手法の提案

#### 3.1 タグチメソッドを用いた寿命予測モデル

課題1の限られた実験数での寿命予測モデルを確立するために、タグチメソッドを用いた寿命予測モデルを提案する[1]。タグチメソッドは直交表を活用して最適化実験を効率的に行うための開発技法である。ここでは、表1のA~Hに示す制御因子を18実験に割り付けるL18実験を行うこととした。これらの制御因子A~Hと劣化との関係を以下に説明する。

†(株)日立製作所, Hitachi, Ltd.

††日立化成(株), Hitachi Chemical Co., Ltd

‡新神戸電機(株), Shin-Kobe Electric Machinery Co., Ltd.

#### (1) 充放電サイクル: A(G,H)

充放電のサイクル数が多いと、正極活物質の泥状化、負極活物質の劣化が生じる。周期が短く電流値が小さい場合のサイクル数は寿命にあまり影響しない。長周期と短周期のサイクルの重ね合わせで考える。

#### (2) 均等充電: B,C,D

定期的に満充電を行うことで、低SOC時に生じる負極サルフェーション(結晶が生じる)を起こりにくくする。

#### (3) SOC: E,F

高いと正極が腐食する可能性が高まり、低いと負極サルフェーションが生じ易い。

#### (4) 充放電電流値: G,H

充放電電流値が大きいと、電池が発熱し正極を損なう、急激な容量低下を起こす可能性がある。長周期と短周期のサイクルの重ね合わせで考える。

タグチメソッドにより、各制御因子水準における蓄電池容量低下に関する感度を算出でき、感度を用いて、任意の水準における寿命予測式を得られる[2]。

寿命予測値  $L = \text{寿命判定限界 } T / \text{劣化特性 } \beta \dots (1)$

劣化特性  $\beta = 10^{\text{感度 } k / (10^{*2})}$

寿命判定限界  $T = 0.3$

感度  $k = \text{切片} + \sum F(x_i, \beta_i(\text{水準 } 1), \beta_i(\text{水準 } 2), \beta_i(\text{水準 } 3))$

$i = [1 \sim 8]$ : 制御因子 A~H,  $\beta_i(\text{水準 } j)$ : タグチメソッド実験から得られる制御因子  $i$  の各水準感度

本実験は、現在進行中である。

#### 3.2 短周期区間寿命予測手法

課題2の変動する運用条件における寿命予測を行うため、短周期区間寿命予測手法を提案する。図2に、そのアルゴ

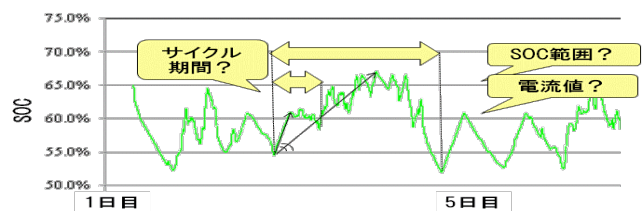


図1 充放電パターン例

表1 タグチメソッド制御因子と水準

| 制御因子              | 水準 i(1)<(2)<(3), i=[a~h] |      |      |
|-------------------|--------------------------|------|------|
|                   | 1                        | 2    | 3    |
| A:短周期サイクル(sec)    | a(1)                     | a(2) | -    |
| B:均等充電量(%)        | b(1)                     | b(2) | b(3) |
| C:均等充電電圧(V)       | c(1)                     | c(2) | c(3) |
| D:均等充電間隔(日)       | d(1)                     | d(2) | d(3) |
| E:SOC使用範囲(中心値)(%) | e(1)                     | e(2) | e(3) |
| F:SOC使用範囲(幅)(%)   | f(1)                     | f(2) | f(3) |
| G:充放電電流(短周期)(CA)  | g(1)                     | g(2) | g(3) |
| H:充放電電流(長周期)(CA)  | h(1)                     | h(2) | h(3) |

リズムを示す。蓄電池の充放電パターンとして、時系列のSOC(電流値)・制御コードを入力し、以下の処理を行う。

- (1) 制御コードから均等充電区間を抽出し、均等充電にかかわる制御因子 B,C,Dを得る。
- (2) 均等充電で挟まれる区間についてローパスフィルターをかけたパターンから長周期の充放電サイクルを抽出し、制御因子 E,F,Hを得る。
- (3) 長周期の各サイクルの区間について、元の充放電パターンと長周期サイクルパターンの差分から短周期を抽出し、制御因子 A,Gを得る。
- (4) 短周期区間の制御因子が揃うので、寿命予測モデルにより寿命予測値を得る。

区間を通しての寿命予測値は、短周期区間毎の寿命予測値を充放電量により加重平均して得る。

#### 4. 実験

タグチメソッド実験は、現在進行中であるため、暫定版寿命予測モデルを用いて、短周期区間寿命予測手法の実験を行った。

##### 4.1 実験条件

- (1) 寿命予測モデル  
暫定版寿命予測モデルを用いた。暫定版の制御因子の影響度を、図3に示す。
- (2) 充放電パターン  
風力発電変動緩和に使用する鉛蓄電池の充放電パターン1年分。サンプル間隔は10秒。

##### 4.2 実験結果

図4に、短周期区間寿命予測手法による寿命予測結果の例を示す。短周期毎に寿命予測できるため、寿命を損ねる運用がいつあったかが分かる。

長周期の抽出が変わると制御因子 A,E,F,G,H に影響するため、影響の度合いを調べる目的で、長周期を抽出するローパスフィルターのカットオフ周波数を変化させて、寿命予測を行った。結果を図5に示す。この例では、寿命予測値最大値と最小値の差は、約3%にとどまっている。図3に示した影響度では、A,E,F,G,H の影響度が比較的低いため、寿命予測モデルが確立した影響度において、再度検討する必要があると考える。

#### 5. まとめ

変動緩和用途の鉛蓄電池の寿命を予測するため、寿命予測手法を検討し、以下の結論を得た。

- (1) 限られた実験数での寿命予測モデルを確立するため、タグチメソッドを用いた寿命予測モデルを提案した。
- (2) 短周期区間寿命予測アルゴリズムを試作し、寿命予測値を得られることが分かった。
- (3) 短周期区間寿命予測アルゴリズムを試作し、寿命予測値を得られることが分かった。
- (4) 長周期を抽出するローパスフィルターのカットオフ周波数を変化させて寿命予測を行い、寿命予測値最大値と最小値の差は、約3%にとどまった。

今後の課題は、タグチメソッド実験を進めて寿命予測モデルを構築し、また、実運用データにより寿命予測の精度を検証、向上させることである。

(参考文献)

- [1]郡司圭子ほか 6名, 風力発電出力変動緩和用鉛蓄電池の寿命・劣化予測モデル, 新神戸テクニカルレポート No.22, P.19-26, 2012-3  
 [2]広瀬健, 上田太郎, EXCEL でできるタグチメソッド解析入門, 単行本, 2003年, (株)同友館

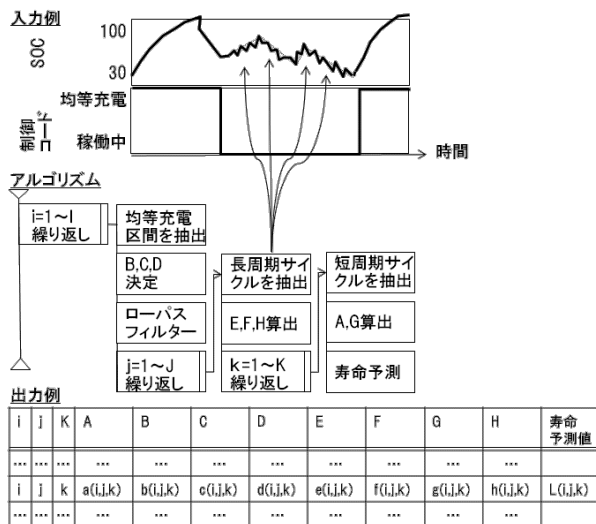


図2 短周期区間寿命予測手法

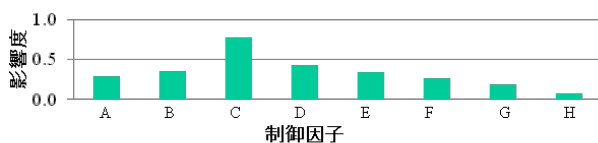


図3 暫定版の制御因子の影響度

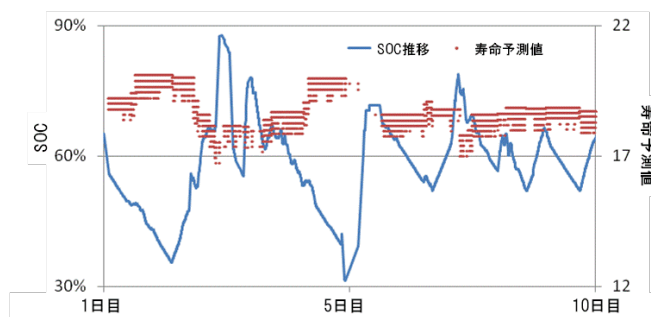


図4 短周期区間寿命予測の結果の例

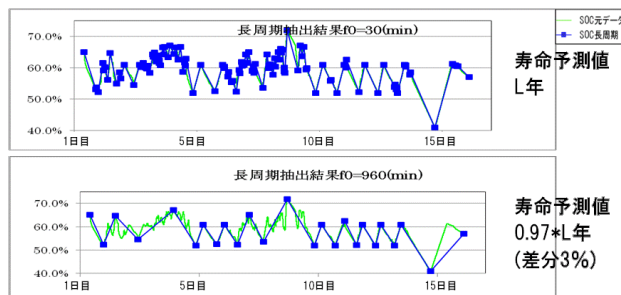


図5 短周期区間寿命予測の結果の例