

鉄道車両用蓄電池状態監視システムの実用化

Practical Development of Train's Battery Monitoring System

長谷川 和則 *
Kazunori Hasegawa

深沢 正利 *
Masatoshi Fukasawa

Abstract

The Train's Battery Monitoring System was supplied to Tobu Railway Co., Ltd. This system is a system that informs train's crew of battery conditions (S.O.C and alarm). We succeeded in the miniaturization and the simplification of the original system which had been developed before as prototype. Also, the system cost was reduced.

1. はじめに

鉄道車両には通常、停電時のバックアップとしてSIV（静止形逆変換装置）の起動用に蓄電池が搭載されているが、今までこの蓄電池の状態を監視する装置は、蓄電池の電圧を表示する程度の手段しかなかったため、蓄電池を過放電させ、停電復旧後のSIV起動に支障をきたす危険性があった。

今回、東武鉄道株式会社殿から蓄電池の状態（特に残存容量）をモニタしたいとの御要望があり、蓄電池の状態を常に監視し、その情報を運転手に伝達する車両用蓄電池状態監視システム（以下、本システム）¹⁾の実用化に成功したので紹介する。

2. システムについて

本システムは、蓄電池状態監視装置本体（以下、装置本体）、電流センサ、温度センサ、接続ケーブルから成り、装置本体は車両の先頭及び後尾車両の下部に取り付けられる蓄電池格納箱内のモニタ部に設置され、搭載されている蓄電池の充電量及び放電量を積算し放電可能容量を表示する。

モニタ部は、蓄電池収納部に隣接しており、モニタ部内には装置本体以外に電磁接触器や蓄電池の充放電電流を検知する電流センサなどが収納されている。図1に蓄電池格納箱の外観を示す。



図1 蓄電池格納箱外観 モニタ部(左) 蓄電池部(右)
Fig.1 Appearance of battery housing box. Monitor box (left) and Battery box (right)

装置本体は、通常モニタ部内に収納されているが、点検時などには容易に取り出せる様、スライド式の収納となっている。図2に装置本体を示す。

3. システム機能

図3にシステムブロック図を、表1に装置本体の主要諸元を示す。

3.1 モニタ機能

3.1.1 電流モニタ

今回、電流センサには、非接触型のDCCTを採用した。このセンサで蓄電池の入出力電流を検知し、その情報は装置本体に送られ、CPUによって平均処理後、積算される。

* アルカリ電池部 宇航特機技術グループ



図2 装置本体
Fig.2 Monitoring device

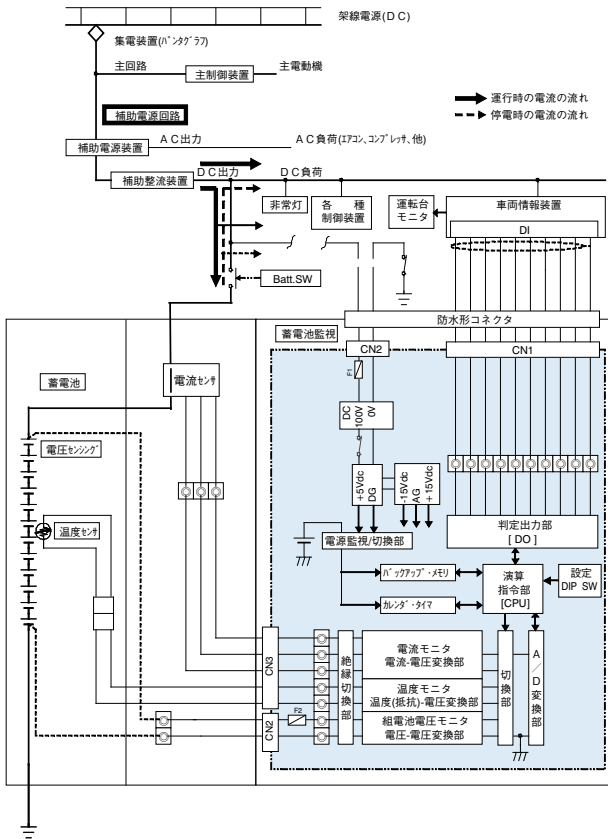


図3 システムブロック図
Fig.3 System block

3.1.2 温度モニタ

組電池内のモジュールに温度センサ(サーミスタ)を取り付け、蓄電池の温度を監視する。

3.1.3 蓄電池電圧モニタ

組電池の総電圧を監視する。
電流・温度・電圧値は、常時監視され各補正值算出に使用される。

表1 装置本体仕様概要
Table1 Specification of the monitoring system

項目	内容
監視機能	監視入力範囲 ①組電池電圧：DC 0V ~ 150V ②充放電電流：DC -150A ~ 0A ~ + 150A ③蓄電池温度：-20 ~ + 80℃
	判定出力 ①容量状態 1：SOC 100%以下 ~ 70% 以上 ②容量状態 2：SOC 70%未満 ~ 40% 以上 ③容量状態 3：SOC 40%未満 ~ 15% 以上 ④容量低警報：SOC 15%未満 ~ 7% 以上 ⑤給電停止警報：SOC 7%未満 ~ 0% 以上
	アラーム出力 充電電流異常、電池温度異常、システム異常、BU 電池電圧異常
出力方式	DO 伝送方式
電源入力範囲	DC 70V ~ 125V
環境温度	作動時 -10 ~ + 60℃
	非作動時 -20 ~ + 70℃
寸法	H400 × W72 × D320
質量	約 6kg

SOC: 放電可能容量

3.1.4 表示・出力

装置本体で積算された放電可能容量及び異常アラーム情報は、装置本体正面のLEDにより表示する(放電可能容量：5段階別表示、異常アラーム：4種類)。

また、この情報は装置本体から車両情報装置にDO伝送され、運転席モニタでも蓄電池の状態が確認できる。

放電可能容量の段階別表示については、表1の「判定出力」欄に示すとおり。

- 本装置のアラーム出力には下記の4種類がある。
- (1) 充電電流アラーム：異常充電電流を検知したとき、出力される。
 - (2) 電池温度アラーム：電池温度が高温に達したとき、出力される。
 - (3) システムアラーム：内部CPU及び接続ケーブル間に問題が発生したとき、出力される。
 - (4) BUアラーム：内部CPUのバックアップ電池電圧が下がったとき、出力される。

3.2 放電可能容量積算機能

蓄電池ラインには、電流センサ(DCCT)が設置され、蓄電池の入出力電流をモニタする。モニタされた入出力電流は、16bitマイコンで積算処理される。通常、蓄電池の容量は電流(A)と時間(h)の積のAhで表される。

本システムで算出される放電可能容量は、入出力による蓄電池の積算残存容量(Ah)に蓄電池温度

及び放電電流値データを考慮し、補正した積算残存容量である。

それゆえ、蓄電池温度が同じであれば、残存容量が同じ場合でも、放電電流値が大きい場合は、放電電流値が小さい場合に比べて放電可能容量は小さくなるため、容量状態表示は放電電流値に対応して変化する。

3.3 補正機能

3.3.1 積算補正

蓄電池の積算残存容量は、サイクル中の充放電効率による誤差及び使用年数による電池自体の容量低下などによる誤差が生じる。充放電効率による誤差は微小ではあるが、この誤差はサイクルを繰り返す毎に積算され、長期間になると積算容量誤差として顕著に現れる。

この積算容量誤差を補正するため、今回の容量判定方式はメインに積算方式を、サブに放電電圧方式を採用している。

これは、積算方式に誤差が生じた場合、放電中の電流と電圧データより積算残存容量を補正する方式である。

3.3.2 満充電リセット補正

車両に搭載される蓄電池は、常に充電される浮動充電（定電圧）方式のため、通常は微小な充電電流で満充電状態を維持する。監視装置は、蓄電池への入出力電流及び電圧を常に監視しており、もし、積算残存容量が満充電容量を示していない場合でも充電電流及び電圧が満充電時の値で一定時間変化がない場合は、積算残存容量を満充電にリセットする方式を備えている。

なお、これらに使用される充電電流及び電圧値、また、3.3.1 積算補正での放電電流及び電圧値データによる補正值は、開発段階での実車における実測値を採用している。

3.3.3 自己放電補正

車両が休車や整備・点検などで長期間、車両搭載蓄電池に充電が行われない場合は、自己放電による容量低下が起こる。

本装置はタイマ機能が付いており最後に充電が行われた時より、再度充電が行われるまでの間の時間を計算し、その間に失われた自己放電容量を補正す

る。

以上の各補正により、従来の積算残存容量計算よりも精度を上げたものとなっている。また、今回はこの積算残存容量に補正をかけた放電可能容量を表示するため、利用者は、その時の状況でどれ位蓄電池容量が使用できるかを容易に判断できる。

4. 量産化にあたり

開発時は、基礎データ収集のため、蓄電池のモジュール別に電圧を測定していたが、既に十分なデータを収集済みであること、またそのまま実用化した際、装置本体が複雑になる、蓄電池へのモニタ配線も複雑になり蓄電池のメンテナンス時に運用しにくい等の理由からモジュール別から組電池での電圧測定に変更した。このことにより、モニタ入力数が減り装置本体を小型化することができた。

放電可能容量は当初、数値（%）で表していたが、容量を5段階（表1参照）に分け、LED及びDOで出力することによりシステムの簡略化、及びコストダウンに大きく貢献した。

プログラムについては、開発時のプログラムを搭載する予定であったが、実車での電流リップル測定値から電流値平均処理プログラムの一部を変更した。実車での測定値を図4に示す。

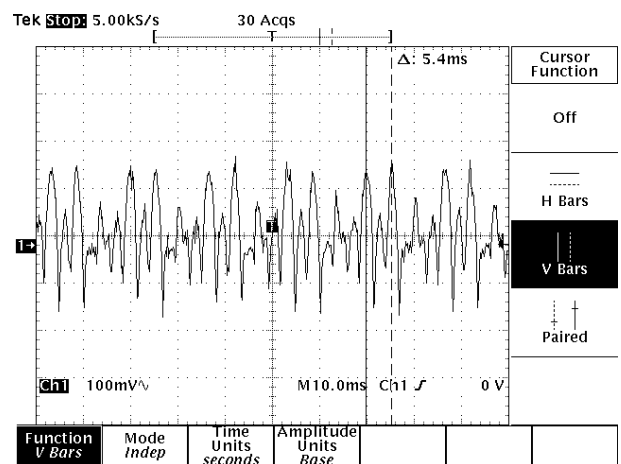


図4 実車における充電電流リップル（充電時）
Fig.4 Actual battery current ripple (at charge)

蓄電池は、SIVからのAC出力（3相、200VAC、60Hz）を補助整流装置により整流されたDC出力ラインに接続される。蓄電池への充電電流リップルは、60Hz×6（3相全波整流）=360Hzになるため、

電流センサからの入力データの電流平均処理プログラムの周波数を 360Hz に設定したが、実車でのデータから、AC200V の 3 相のうち 1 相に負荷によると思われる歪みがあることが判明した。

このため、本システムの電流リップル平均処理の周期は 360Hz ではなく、各相の基本周波数の 60Hz が適切であることが分かり、電流平均処理プログラムの周波数を 360Hz から 60Hz に変更した。

この数値であれば、負荷が違う他の車両で違う相に歪みが生じて平均処理は問題なく処理される。

図 5 に 360Hz 平均処理プログラムにおける電流平均処理結果（リップル分）を示し、図 6 に 60Hz 平均処理プログラムにおける電流平均処理結果（リップル分）を示す。

なお、両図は蓄電池における一定充電電流を 0 と

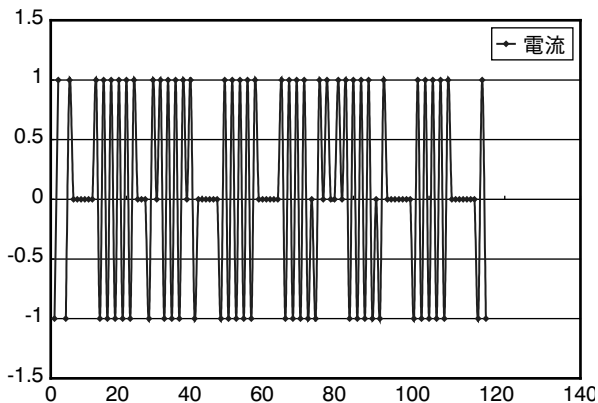


図 5 360Hz 周期での平均処理結果（リップル分）
Fig.5 Average processing result at 360Hz cycle (ripple)

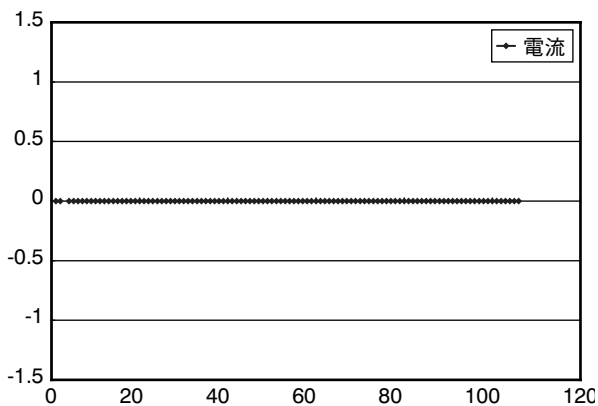


図 6 60Hz 周期での平均処理結果（リップル分）
Fig.6 Average processing result at 60Hz cycle (ripple)

したときの変動リップル分を平均処理し、プロットしたものである。

図 5 は、リップル平均処理の周期が合致していないため、正規の電流値に収めることができない。

図 6 は、実際の電流リップルと平均処理プログラムの周期が合致しているため、正規の電流値に処理された。

5. まとめ

今回、本システムの実用化にあたり、開発時からの変更点（ハード及びソフト）が多かったため、工場内に模擬システムを設置し、長時間のサイクル試験を行い、システムに問題がないことを確認した。また、ケーブル及びケーブルチューブにノンハロゲン材料を、その他の部品も難燃材を使用することにより、防火対策も万全なものとした。

今後は、車両側への伝送方法を変えた装置を実用化し、多様な車両への搭載を可能とするとともに、車両の安全運用に一層貢献できるよう努力していきたい。

謝辞

今回、本システムを導入して頂いた東武鉄道株式会社様には、多大なご指導とご教示を頂きました。

この場をかりて厚くお礼申し上げます。

（参考文献）

- 1) 長谷川和則, 江黒高志, FB テクニカルニュース, No.59, (2003)