

ノイズ対応型 蓄電池診断装置 (BCW) の開発

Development of Noise Solution Type BCW for VRLA Batteries

高橋 清*
Kiyoshi Takahashi

長嶋 茂*
Shigeru Nagashima

Abstract

Since its product launch, in 2002, the battery condition watcher (BCW), a diagnosis equipment for Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) batteries has been adopted by many customers, making a significant contribution to the facilitation of maintenance and reliability improvement for Lead-Acid batteries^{1)~5)}. However, when used in Lead-Acid batteries for uninterrupted power supply (UPS) systems, it may happen that a BCW is adversely influenced by the current ripples and noise generated in the UPS, rendering it difficult to correctly measure the internal impedance of batteries. We have recently developed a BCW usable in UPS systems that can carry out stable measurements even under the presence of large current ripples or in noisy environments. The new BCW will be described in this report.

1. はじめに

UPSでは重要な負荷設備に使用されることが多く、停電などの非常時に瞬断なく負荷に電力を供給する必要がある。鉛蓄電池が劣化または故障した場合、非常時に負荷に所定の電力を供給できなくなる場合があるため、特に鉛蓄電池の点検は重要とされている。鉛蓄電池の内部インピーダンスを携帯型計器等で計測する場合、UPSから発生するノイズの影響を受け正確な値の測定が困難となり、UPSを一時停止した状態で計測する等、多くの工数や点検のためのスケジュール策定を必要とする問題がある。このような背景から、BCWをUPSに適用し保守点検の容易化、信頼性の向上を図りたいとの要望が、多くのユーザーから寄せられている。

既存BCW（以下BCW3）は、通信用および制御用電源などに用いられている鉛蓄電池の内部インピーダンス計測では、図1のように安定した値が得られている。しかし、UPS用鉛蓄電池の場合、UPS機種によって図2のように計測値の変動が大きく、データの欠損等が生じる場合がある。

そのため、BCW3での問題を解決しUPS用鉛蓄電池でも安定した計測値が得られるように、UPS用途向けにBCW（以下BCW7）の開発を行った。

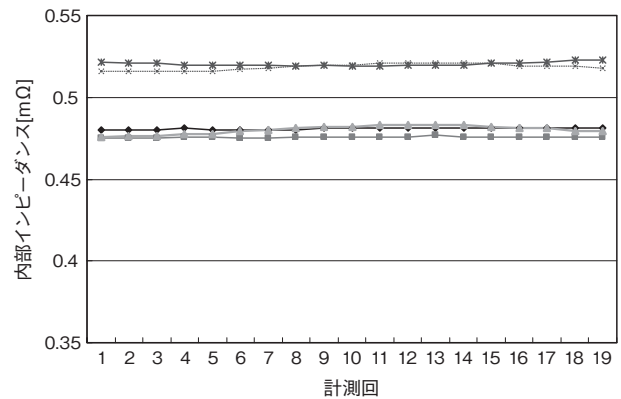


図1 通信用電源での内部インピーダンス計測値
Fig.1 Internal impedance of VRLA batteries

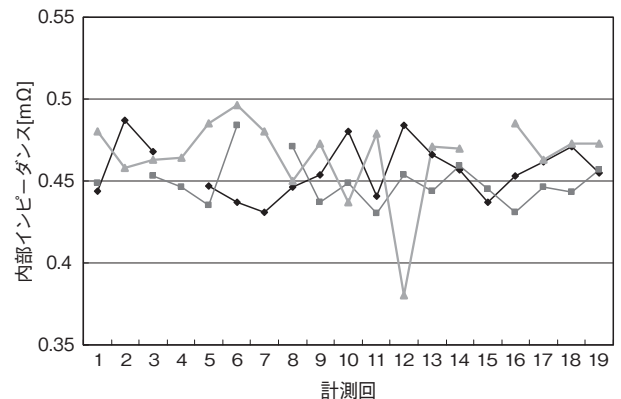


図2 UPSでの内部インピーダンス計測値
Fig.2 Internal impedance of VRLA batteries in telecom system in UPS system

* 技術開発本部 開発第2グループ

2. 開発課題

鉛蓄電池の内部インピーダンスの値は、MSE形 200Ahの場合、0.4～0.5mΩ程度と小さく、仮に1Aの計測電流を流しても発生起電力は1mVに満たない微少信号レベルを扱うため、わずかなノイズの侵入が計測誤差につながることもある。

UPSから発生するノイズは、通信用や制御用の電源に比べ大きなレベルとなる場合が多く、計測誤差等が発生しやすくなる。以下に各種課題点の詳細を示す。

2.1 ノーマルモードノイズによる影響

図3は、中・大容量UPSに多く用いられている常時インバータ給電形のブロック図である。鉛蓄電池は、コンバータとインバータ間に接続され、受電時、コンバータでフロート充電され、停電時にはイ

ンバータに電力を供給する。図4は、受電時の鉛蓄電池に流れる電流波形（ノーマルモードノイズ＝リップル電流）とその周波数成分を測定した例である。

BCWでは、鉛蓄電池内部インピーダンスの計測時には鉛蓄電池に交流電流を流し、発生した起電力によって内部インピーダンスを求めている。この計測用交流電流の周波数とリップル電流の周波数成分が近接していると、前記図2のように計測値が変動してしまう場合がある。

2.2 コモンモードノイズによる影響

中・大容量のUPSに用いられている鉛蓄電池は、多数のセルを直列接続（176～252セル程度）して高電圧で用い、交流を直流に変換するコンバータは、図5のように交流入力側に変圧器を設けない力率補正形コンバータ（Power Factor Correction：以下PFC）等で構成することが多い。

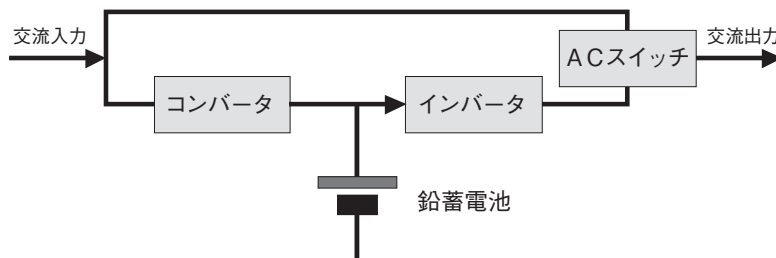


図3 常時インバータ給電方式UPSの構成
Fig.3 System configuration of on-line type UPS system

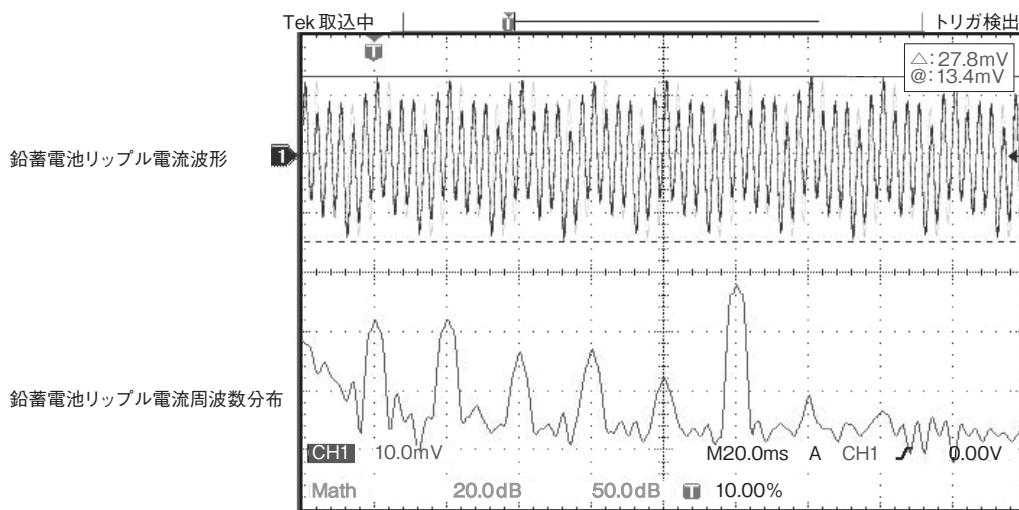


図4 鉛蓄電池リップル電流波形測定例
Fig.4 Ripple current of VRLA batteries in UPS system

PFC では数 k ~ 数 10kHz の周波数でスイッチング動作しているため、鉛蓄電池全体と接地間には、図 5 のような交流電圧にスイッチングノイズが重畳されたコモンモードノイズが印加され、1kV を超える場合もある。

BCW は、鉛蓄電池の内部インピーダンス・電圧・温度を計測するため、鉛蓄電池端子にセンサー線が接続され、電源の供給を得るのに AC アダプタや通信用の通信線とも接続されている。更に、BCW は通常、接地と同電位の筐体等の上に設置される場合が多く、接地側間に浮遊容量が存在する。これらの浮遊容量が数 pF オーダーであっても、鉛蓄電池 - 接地間に加わるコモンモードノイズの電圧・周波数が高いと mA オーダーの電流が鉛蓄電池から BCW を経由し接地側に流れることになり、微小信号を扱う BCW にとっては、電流の流れる回路上のルートによっては誤差が発生する要因となる。

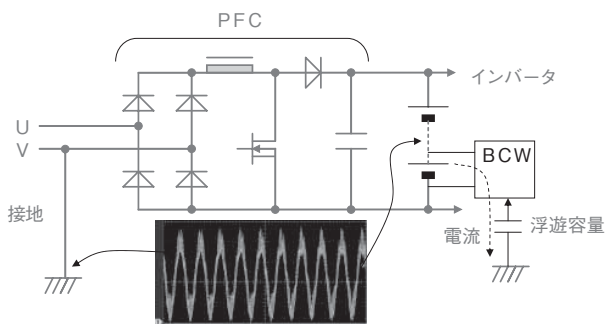


図 5 鉛蓄電池に印可されるコモンモード電圧とノイズ
Fig.5 Common mode voltage and noise impressed VRLA batteries

2.3 輻射ノイズの影響

BCW は、計測のために複数の鉛蓄電池端子にセンサー線を接続している。このセンサー線がアンテナとなり、UPS から発生する輻射ノイズが BCW 内に進入される場合がある。

3. 課題に対する設計検討

第 2 項に記した課題について、UPS 環境下でも劣化や異常を把握するのに支障ないレベルまで内部インピーダンスの計測ができるように以下の対策を

進めた。

3.1 ノーマルモードノイズ電流対策

ノーマルモードノイズに対し安定した計測を行うためには、主に以下の 4 項目が考えられる。

- ①リップル電流の影響を受けない大きな計測電流を流す
- ②リップル電流波形を計測し、発生電圧波形からリップル電流波形分を打ち消す回路を設ける
- ③リップル電流そのものを計測用電流として利用する
- ④リップル電流の周波数成分と異なった計測周波数の電流で計測する

性能やコストを含めて検討した結果、BCW7 では④案の方式で対応することとした。

④案の適正化検討

既存の BCW3 は、図 6 のように、単一のアナログフィルタとデジタルフィルタを組み合わせ計測周波数のみを通過させるフィルタを構成している。しかし、リップルノイズ周波数成分がアナログフィルタの通過周波数範囲内の場合、リップルノイズがアナログフィルタを通過してしまうため、次段のデジタルフィルタ (以下 A/D コンバータ) 入力を飽和させてしまう問題がある。A/D コンバータ入力が飽和してしまうと、正規のデータが得られないため、A/D コンバータ入力を飽和させないことが計測の絶対条件となる。アナログフィルタ前段のアンプゲインをノイズレベルに応じて変化させ出力飽和を回避することも可能であるが、大きなノイズが加わった場合、アンプゲインを低下させることで S/N 比が低下し、結果として精度が低下する。そのため、BCW7 では、図 7 のように周波数特性の異なる複数のアナログフィルタを設けることで対応した。

図 7 は、リップルノイズを印加したときの各フィルタ出力波形を示している。アナログフィルタ High 側出力はリップルノイズによって飽和してしまい、デジタルフィルタでの判別は不可能な状態になっている。しかし、通過周波数の異なるアナログフィルタ Low 側出力は、リップルノイズの影響を

受けているものの、出力が飽和に至っていない。そのため、デジタルフィルタでの信号処理が可能となり、計測電流による発生電圧を求めることができ、安定した内部インピーダンス値が得られる。

なお、アナログフィルタの通過周波数は、以下の点に注意し決定した。

- ① UPS より発生するリップル電流は、前記図4のように電源周波数の整数倍にピークを持つ周波数スペクトラムとなるため、アナログフィルタの通過周波数は、50/60Hzの整数倍を避ける。
- ② 計測周波数が大幅に異なると、鉛蓄電池の周波数特性によりインピーダンス計測値が変化するため、近接した周波数とする。

3.2 鉛蓄電池—接地間のコモンモードノイズ対策

前記第 2.2 項に記したように、鉛蓄電池と接地間には大きなコモンモードノイズが加わっている。鉛蓄電池と接続されている BCW は、接地間浮遊容量を經由して電流が流れると計測誤差の発生や通信障害が発生する恐れがある。この電流を抑制するため、浮遊容量削減する対策を表 1 のように行った。

3.3 輻射ノイズ対策

センサー線等にて閉ループを構成した場合、輻射ノイズが受けやすくなる。BCW3では1ユニットで13セルの鉛蓄電池を計測しているため、鉛蓄電池配置によって接続線は様々なルートで鉛蓄電池に接続され、閉ループが構成される場合がある。輻射ノイズの影響を少なくするには、接続線によるループ形成を削減することが重要であり、センサー線数の削減および線長の短縮が有効である。

このため、UPS 対応の BCW では、1 ユニットで

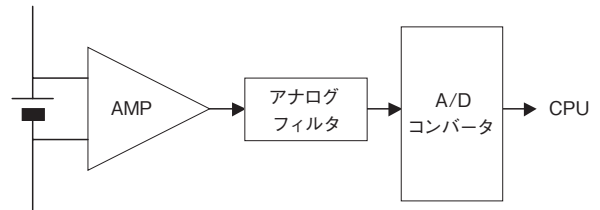


図 6 BCW3 の周波数フィルタ構成
Fig.6 Block diagram of noise filter in BCW3 system

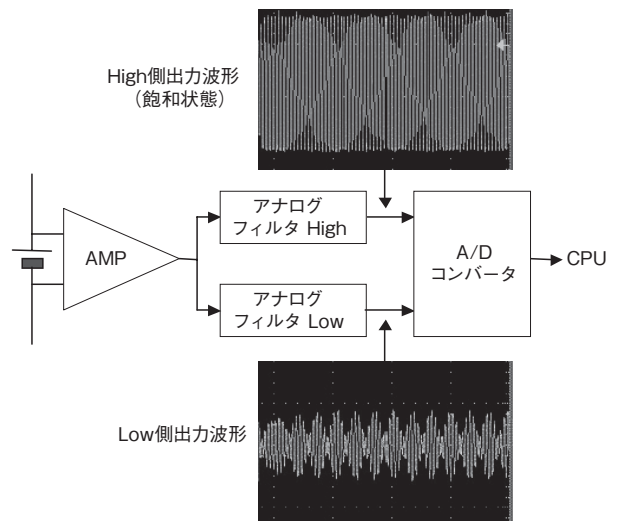


図 7 BCW7 の周波数フィルタ構成
Fig.7 Block diagram of noise filter in BCW7 system

4 セルの計測とし、あわせて鉛蓄電池近傍に設置し、短い線長で接続する構成とした。

4. 実証試験結果

上記の対策案を織り込んだ BCW7 を開発し、ユーザーの協力を得て、多数の UPS フィールド試

表 1 浮遊容量削減対策
Table 1 Reduction measures of stray capacity

項目	浮遊容量箇所	対策
1. 電源ライン	DC - DC コンバータ 1 次 - 2 次間の浮遊容量及び電源アダプタの接地間浮遊容量	電源を計測する鉛蓄電池から供給することで接地間の浮遊容量を大幅に削減
2. 通信ライン	信号伝達用パルストランス 1 次 - 2 次間の浮遊容量及び通信線と接地間の浮遊容量	浮遊容量の小さな通信用信号変換素子に変更
3. センサー線	センサー線と接地間の浮遊容量	センサー線を短くすることで、接地間の浮遊容量を削減
4. ケース	ケースと接地間の浮遊容量	ケースを小形にして鉛蓄電池上に設置する構造に変更

報文

ノイズ対応型 蓄電池診断装置 (BCW) の開発

験を行った。その一例を以下に示す。

試験は、図9のように実運用中のUPS用鉛蓄電池上にBCW7を設置し、内部インピーダンスを連続して計測して行った。図8は、前記図2のBCW3で計測した同一の鉛蓄電池列をBCW7にて内部インピーダンスを計測した結果である。計測値の変動は大幅に縮小するとともに、データ欠落もなく良好に計測できることが確認された。

5. まとめ

今回開発したBCW7は、従来のBCW3では困難であったUPS用鉛蓄電池でも、安定して良好に計測できることを確認した。BCW7の仕様は表2のとおりである。

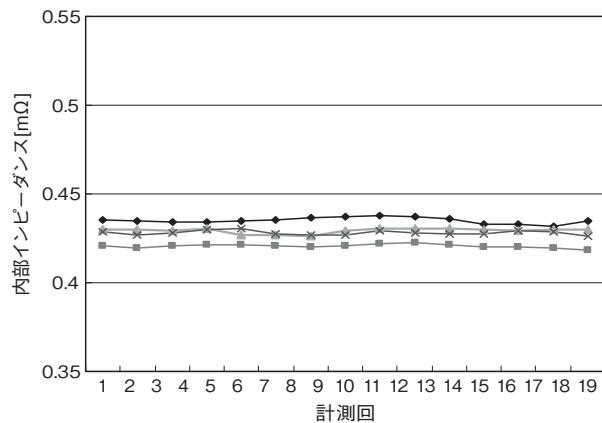


図8 UPSでの内部インピーダンス計測値
Fig.8 Internal impedance of VRLA batteries in UPS system



図9 鉛電池列外観
Fig.9 Appearance of VRLA batteries string

あわせて開発したBCW7用のシステムコントローラ (BCWT) と組み合わせることで、最大256セルまでの鉛蓄電池監視が可能となり、現在多く使用されているUPSへの適用が可能となった。

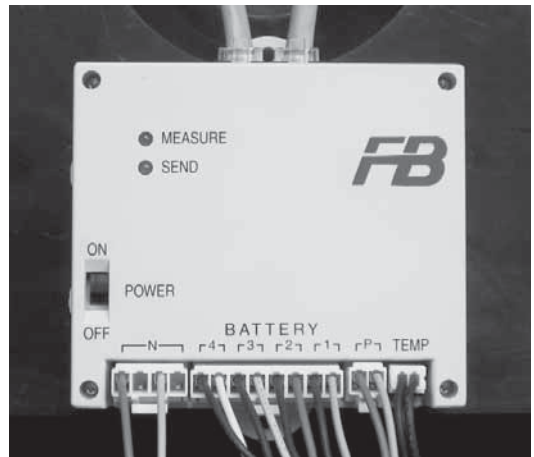


図10 鉛蓄電池センサーユニット (BCW7) 外観
Fig.10 Outside view of VRLA batteries sensor unit (BCW7)

表2 BCW7仕様一覧
Table 2 Specification of BCW7

項目		仕様	
計測	セル電圧	計測範囲	0 ~ 2.490V
		チャンネル数	3 または 4
		精度	± 0.2% FSR
	内部インピーダンス	計測範囲	0 ~ 1.400mΩ
		精度	± 4%
	温度	計測範囲	- 20 ~ 60°C
チャンネル数		1	
精度		± 1.5% FSR	
通信	方式	RS485	
	転送レート	9.6kbps 固定	
	接続ノード	最大 32 点	
電源	電圧範囲	5 ~ 10V	
	消費電力	待機時: 0.2W インピーダンス計測時: 7W	
表示ランプ		2点 (MEASURE SEND)	
ケース	寸法 (突起部含まず)	W : 84mm H : 74mm D : 27mm	
	重量	125g	
	材質	難燃性 ABS	
設置環境温度		- 10 ~ 50°C	
設置方法		蓄電池近傍に取り付け	

しかし、ノイズは設置環境や負荷条件などによって大きく異なるため、今後は、多くのフィールド試験データの解析を基に設置ガイドラインを策定していきたいと考えている。

6. 今後の展開

今回は 2V セル用の鉛蓄電池を対象に開発を行ったが、今後は 6V 以上のモノブロック形鉛蓄電池への適用並びに更なる設置、監視の容易化に取り組むことを計画している。また、通信方式については、ZigBee をはじめとする双方向無線通信デバイスが安価になってきていることから、今後ワイヤレスに向けた検討を行っていく予定である。

謝辞：

フィールド試験に際し、ご協力戴いたユーザー各位に感謝致します。

参考文献：

- 1) K. Takahashi and Y. Watakabe, "Development of SOH Monitoring System for Industrial VRLA Battery String", Proceedings of the 25th International Telecommunications Energy Conference, 664 (2003)
- 2) 高橋清, 渡壁雄一, 「蓄電池診断装置の開発」, FB テクニカルニュース, No.58, 44 (2002)
- 3) 熊谷枝折, 「ドコモエンジニアリング北海道株式会社殿での蓄電池監視システム (BCW) の導入と展開」, FB テクニカルニュース, No.60, 49 (2004)
- 4) S. Nagashima, K. Takahashi, T. Yabumoto and S. Shiga, "Battery Condition Watcher, BCW, for VRLA batteries in stationary applications", 11th Asian Battery Conference, Abstracts of Papers, 11 (2005)
- 5) 長嶋茂, 高橋清, 籾本俊昭, 「蓄電池診断装置「BCW」の運用実績」, FB テクニカルニュース, No.61, 13(2005)