

鉛蓄電池多機能型再生装置

水本 巖 (富山高等専門学校 電子情報工学科, mizumoto@nc-toyama.ac.jp)
 小熊 博 (富山高等専門学校 電子情報工学科, oguma@nc-toyama.ac.jp)
 由井 四海 (富山高等専門学校 電子情報工学科, yyoshii@nc-toyama.ac.jp)
 山本 桂一郎 (富山高等専門学校 商船学科, keiichirou@nc-toyama.ac.jp)

Multifunctional lead acid battery recovery system

Iwao Mizumoto (Department of computer technology, National Institute of Technology, Toyama college, Japan)
 Hiroshi Oguma (Department of computer technology, National Institute of Technology, Toyama college, Japan)
 Yotsumi Yoshii (Department of computer technology, National Institute of Technology, Toyama college, Japan)
 Keiichirou Yamamoto (Department of maritime technology, National Institute of Technology, Toyama college, Japan)

要約

定電流間断充電と短パルス大放電電流を組み合わせ、多機能型劣化鉛蓄電池回復機を開発した。本機は、劣化鉛蓄電池回復機能、定電流・定電圧充電機能、定電流放電機能を備えた多機能型鉛蓄電池回復機である。本機をシリアルケーブルでパソコンに接続することによりインターネットを介して、電流電圧モニタ、遠隔制御、制御プログラムの変更が可能である。そのため蓄電設備に本機を組み込むと、現地に赴かなくても劣化鉛蓄電池の再生・放電試験が可能である。実際に通勤用軽四自動車で4年間使用したエンジン始動用鉛蓄電池について、CCA値および放電時間を同型の新品電池同様に再生した。再生する電池については、エンジン始動用であれば製造時から5年以内、ディープサイクル型の中古電池であれば8年以内の電池が望ましい。

キーワード

鉛蓄電池, サルフェーション, 再生, 定電流充電, 間断充電

1. 緒言

現在ハイブリッド車やEV車が普及している中でも、エンジン始動用や機器制御補助バッテリーとして鉛蓄電池が使用されている(荻野他, 2016)。そのため鉛蓄電池は二次電池の総生産額の中で、リチウムイオン電池に次ぐ割合を占めている。鉛資源はリチウムイオン電池の材料と比べても資源が豊富にあり安価であることから、自動車や産業用機械などの大型機器には、今後も使用し続けられると考えられる(高林他, 2005)。鉛蓄電池は充放電サイクルを繰り返すことにより、サルフェーション(硫酸鉛の肥大結晶による不導体化)により徐々に内部インピーダンスが高くなり放電容量が減少するため、従来の性能が引き出せなくなる(高田・古川, 2008)。廃棄処分に至る前に、鉛蓄電池の回復が可能になれば、自動車のバッテリー上がりの減少や廃棄バッテリーの削減が見込まれ、環境改善に結びつくと期待される。従来の鉛蓄電池再生方法としてはサルフェーション除去に有効とされる高周波パルス印加や、リグニンなどの添加剤の使用が有効であるとされてきた(小澤・櫻岡, 2010)。本研究では通常市販の鉛蓄電池回復機は0.1Cで充電するところ、瞬時電流0.2~0.3C程度の定電流充電と1C程度の短パルス大放電を組み合わせた間断充電を利用して、劣化鉛蓄電池の再生を試みた。またこれまで別機器として購入されていた放電試験機、充電機の機能を付加した多機能型劣化鉛蓄電池回復機を開発した。

2. 装置概要

2.1 システム構成

本装置は、鉛蓄電池回復モード、充電モード、放電試験と、

再生から試験検査まで一つの装置で済ませることができる。蓄電池の電池電圧に応じて12V機、24V機、48V機と3つのタイプがある。システムブロック図を示す(図1)。装置は、定電流充電を行うための直流電源と電流フィードバックを掛けるための電流検出及び制御回路、放電を行うための負荷抵抗、これらを組み合わせ回復モード、定電流充電もしくは定電圧充電および定電流放電が可能である。また任意の電流電圧値設定および時間設定、繰り返し充放電のループ条件設定のプログラム制御が可能である。また本機はパソコンとシリアルケーブル接続することにより電圧、電流値のモニタが可能であるため、蓄電池の品質管理に利用できる。また、各種モード設定および電池容量に応じた制御プログラム設定およびスタート、ストップ、リセットのリモート制御が可能であり、

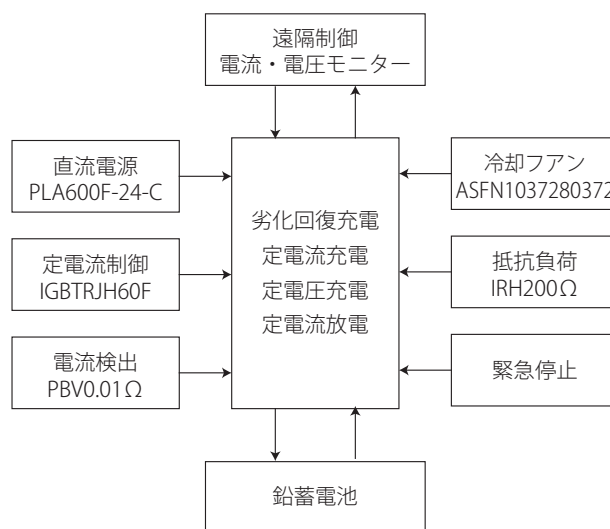


図1: システムブロック図

遠隔地での劣化鉛蓄電池の回復に応用できる。

図2に 装置のフロント写真を示す。装置は蓄電池と結ぶクリップコードが脱着可能であるため、経年変化によりグリップバネが弱くなった場合も現地で即交換できる。また緊急時対応の為に、緊急ストップボタンが付属している。



図2：装置のフロント写真

フロントパネルには、回復・充電・放電のモード切り替えスイッチ、4パターン設定の個別選択ボタン(上列)、スタート・ストップ・リセットのスイッチ(下列)が付属している。これらは手動操作およびインターネットを介した遠隔操作の両方で、それぞれ切り替えることができる。

2.2 プログラム変更機能

本機は鉛蓄電池の電荷容量に応じて、注入電流や放電終止電圧等、プログラムの書き換えが可能である。初期設定ではエンジン始動用蓄電池に2チャンネル(28 Ah、50 Ah)、ディーゼル用2チャンネル(35 Ah、120 Ah)の規定4チャンネルに設定しているが、回復時間の短縮や放電電流の増減等、ユーザの要求に応じてエクセルファイル表で簡単に書き換えが可能である。特に海外での商用電源使用時、停電等の影響が懸念される場合には、回復モードでの補充電を省くなど、現場に即した対応が可能である。またプログラム書き換えは遠隔制御でも可能である。

2.3 データ通信機能

本機は電流・電圧・時間値を、モニタリングすることができる。電池の回復パターンをデータベース化して、回復履歴を残すことにより品質管理に役立てることができる。電圧電流の時間変化パターン例を図3に示す。

グラフ上部は電圧値の時間推移、下部は電流値の時間推移である。使用した電池は日本製40B19タイプ、8 A定電流で約3時間半充電した後、8 Aで定電流放電を行い、端子電圧が10.2Vになるまで放電し終了待機とした。1時間放置して再び充電を行い、繰り返し放電試験を行った例である。本機は蓄電池の繰り返し充放電による耐久試験も可能である。

2.4 遠隔操作機能

本機はパソコンからの遠隔操作が可能である。鉛蓄電池と

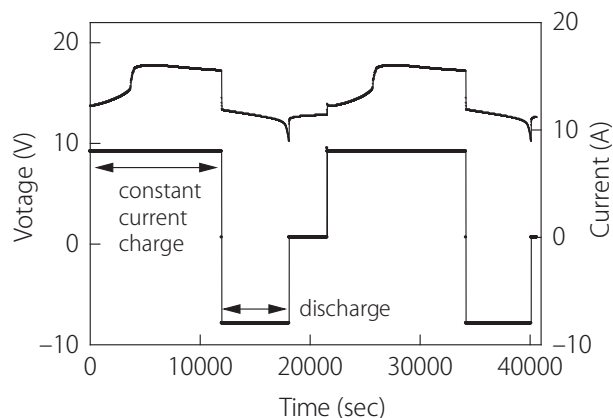


図3：電圧電流モニタ例

その負荷が継電リレー等で切り離せる状態であれば、その場に赴かなくても遠隔操作で鉛蓄電池の回復と電源への接続が可能である。制御ソフトウェアの書き換えやその場での放電試験も可能であるので定期メンテナンス検査は、電池の入れ替え作業以外に現地へ赴く必要は無い。

2.5 放電モード

放電は定電流放電が可能で、終了電圧値および放電終了時間を任意に設定できる。また放電終了電圧測定タイミングは、放電中もしくは放電終了後の指定時間待機後、どちらでも設定可能である。特に放電時間を決めて放電終了後の戻り電圧で放電特性を判断したい場合等に便利である。繰り返し充放電試験を行いたい場合も、プログラム制御可能である。

2.6 充電モード

充電機能は定電圧充電、定電流充電、または定電流・定電圧充電の組み合わせが可能である。本機1台で回復機とトリクル充電器、放電試験機にもなるのでこれまで別々に購入してきた機器も、回復機能も併せて本機1台で済むのでコスト的にはメリットがある。

2.7 回復モード

現在12 V、24 V、48 Vの機種があり、回復したい電池の電圧によって機種を選定して使用する。回復作用が終了した後は、手動もしくはネットワークからのパソコン遠隔操作で、放電モードや充電モードに切り替えることができる。手動および遠隔操作に限らず一度「リセット」ボタンを押した次の動作が有効となるように設定している。

3. 再生方法

3.1 定電流間断充電

鉛蓄電池の劣化の主な原因はサルフェーションである。通常の充電機は定電圧で充電する機会が多いが、サルフェーションが進むと電池の端子電圧は定電圧充電後、すぐに上昇し、充電器は満充電状態と判断し十分な充電が行われない。一方、我々は定電流充電で強制的に硫酸鉛を分解するため、深く充電することができる。そのため蓄電池は回復する。ま

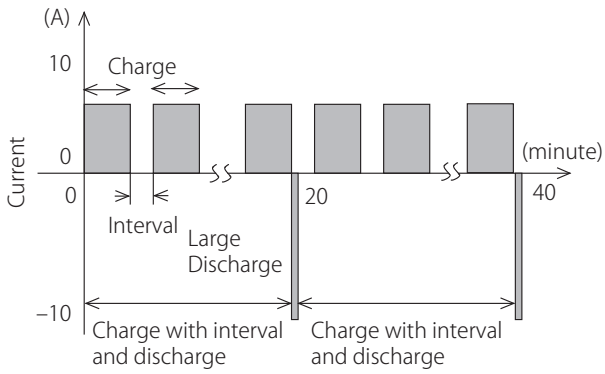


図4：定電流間断充電

た定電流充電の間隔に、間を置いているのは、化学反応の浸透を待っているのと、定電流充電による過度のバッテリー温度の上昇を抑えるためである。特に制御弁型鉛蓄電池の場合は、無理やり定電流充電を行うと容器の変形および爆発の危険が伴うので、この場合、間を多めに採るようにしている。回復モードでの充電電流値の目安は0.2C～0.3C程度であり、放電電流値の目安は0.5C～0.7C程度である(図4)。

3.2 劣化評価

蓄電池の劣化評価は、エンジン始動用鉛蓄電池であれば通常CCA (Cold Clanking Ampere) で評価する機会が多い。実際に市販されているCCA測定値は、内部インピーダンスとほぼ比例しており劣化指標としては両方を用いることができる(水本他, 2014)。ただし、ディープサイクル型鉛蓄電池にはCCA評価手法は使用できないので、満充電時の内部インピーダンスを劣化指標とした(中脇他, 2015)。主に軽四自動車エンジンの始動用として用いられる日本製40B19型、電荷容量28 Ahの蓄電池を、定電圧充電で4時間充電した後、10.2 Vまで放電を行った。劣化を促進させるために放電終了後6時間放置した後、再び充放電を繰り返して、充電終了時に内部インピーダンスをLCRメータ(HIOKI3522-50)で測定した(図5)。

その結果、放電時間が減少すると内部インピーダンスは上昇することが分かった。また内部インピーダンスとCCA値の間には相関があることが分かった。ただし放電時間および内

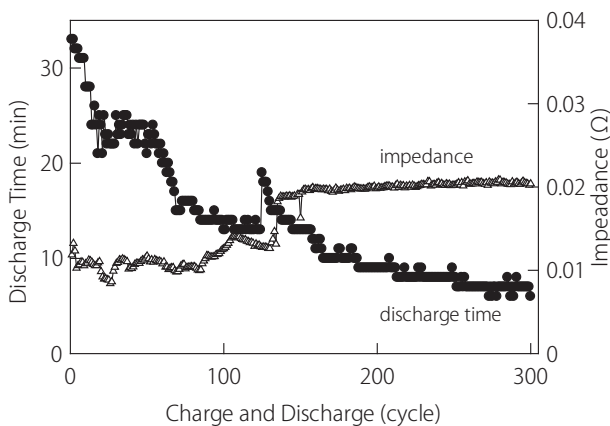


図5：放電時間と内部インピーダンスの関係

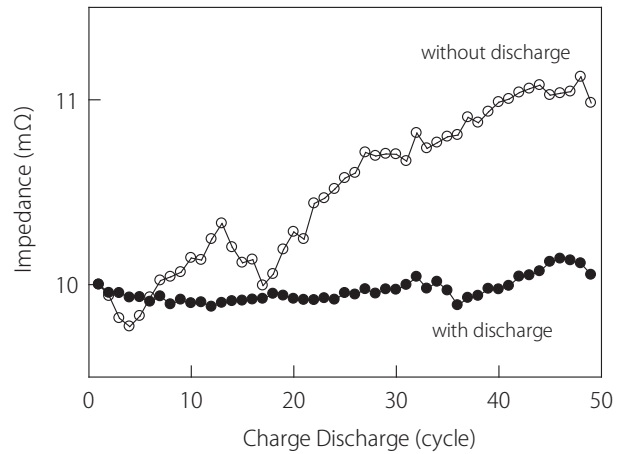


図6：放電パルスの有無と内部インピーダンスの比較

部インピーダンスとCCAの関係は、測定器の接続時の誤差もあるので、傾向としては比例関係が確認されたものの、CCA値から放電時間が厳密に予測できるほどの精度では無かった。エンジン始動用電池およびディープサイクル型とも内部インピーダンスを蓄電池の劣化指標とした。なお従来の劣化鉛蓄電池の回復方法は、端子電圧よりも高い電圧で高周波パルスを印加する方法が主だったが、我々は通常定電流充電でも電気分解が伴うので、ある程度の回復効果は期待できると考えた。更に放電用パルスを組み合わせることにより、内部インピーダンスの上昇は更に抑えられることが分かった。間断充電における負パルスの効果を図6に示す。

インピーダンスの上昇変化をみると、放電無しの間断充電は、放電有りに比べてインピーダンス値の上昇傾向が強いことがわかる。そのため回復効果は、放電パルス有りの方が有効であると考えられる。回復可能な劣化鉛蓄電池は、主に劣化原因がサルフェーションであることから、負パルス放電により導電率が低い部分、すなわちサルフェーションが進んでいない場所に $PbSO_4$ が晶出し、充電によってその領域部分と共に電気分解されるため、電極表面のサルフェーションが一様に分解(イオン化)されると考えている。次に日本製エンジン

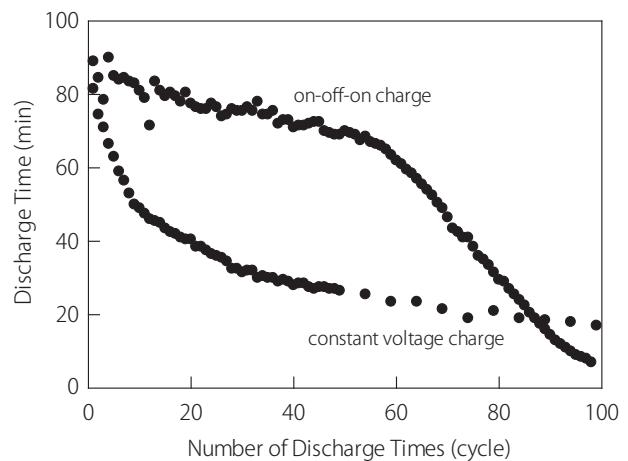


図7：間断充電と定電圧充電の放電時間の比較

始動用鉛蓄電池40B19を用いて、間断充電と定電圧充電の放電時間の推移を比較した(図7)。放電は定電流8 Aで端子電圧9 Vまで放電を行い、劣化を恣意的に早く促進させるために放電後6時間放置してから充電した。

間断充電では、充放電繰り返し回数が60回近くまで当初の放電時間を確保しているが、定電圧充電では指数関数的に下がっていることが分かる。

4. 回復事例

エンジン始動型鉛蓄電池の回復事例を図8に示す。主に小型軽四自動車に使用されている鉛蓄電池(40B19)は、約4年間使用後、車検交換の時に外した。

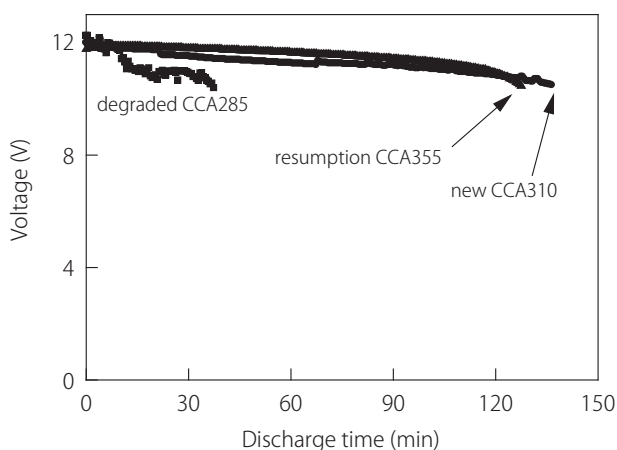


図8：エンジン始動用電池回復事例

回復前は定電圧充電後10.2 Vまで8 Aの定電流で放電した。放電時間は約40分程度である。これを本装置回復モードに掛けて12時間後、同じ定電圧充電器で満充電状態を確かめ放電試験を行った。その結果、新品電池と同程度の放電時間まで回復した。

図9に、回復後の負電極の電子顕微鏡写真を示す。同じ電池の写真では無いが、日本製40B19タイプの電池で(a)は新品の電極であり、(b)は劣化サルフェーションが進行した電池の電極写真である。(c)は、軽四自動車での通勤で4年間使用後、本機で回復させた。同型の電池のCCAは通常330程度であるが、CCA300台まで回復後放電時間は新品電池の85%まで回復した鉛蓄電池の負極電極写真である。電子顕微鏡による写真で観察では、電極表面の一部を観察しただけで、全

ての電極表面を観測したわけではないが、観察を行った部分ではサルフェーションが除去され新品とほぼ変わらない状態になっているのがわかる。

5. 結言

電流間断充電方式を用いた鉛蓄電池多機能型回復機は、劣化鉛蓄電池のCCA値および放電時間の回復に成功した。本機に付属している放電・充電・回復機能は、インターネットによる遠隔制御が可能であり、制御プログラムの書き換え等全て遠隔で行えた。動作中の電圧および電流のモニタリングが可能であるため、回復パターンのデータベース化が可能であった。ディープサイクル型鉛蓄電池の再生も可能であったが再生に適している鉛蓄電池は、使い方や過放電・過充電履歴にも依存するが、一般的にはエンジン始動用であれば製造期間は5年以内、ディープサイクル型の中古電池であれば8年以内の電池が望ましい。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)(課題番号：16K06252)により行われた。

引用文献

- 荻野由涼・西村章宏・竹本高清・本間徳則・古川淳(2016). マイクロハイブリッド車用第二世代Ultra Batteryの開発(第2報). FBテクニカルニュース, Vol. 72, 28-32.
- 高林久顕・下浦一朗・尾上昇一・松村康司・近藤悟(2005). サイクル長寿命電力貯蔵用制御弁式鉛蓄電池LL-S型の開発. 新神戸電機テクニカルレポート, No. 15, 31-37.
- 高田利通・古川淳(2008). アイドリングストップ車用鉛蓄電池の開発(第2報). FBテクニカルニュース, Vol. 64, 43-48.
- 水本巖・由井四海・小熊博・山本桂一郎・牧啓士郎(2014). インピーダンスの位相角変化を用いた鉛蓄電池の劣化診断. 電気学会論文誌C, Vol. 134, No. 8, 743-744.
- 中脇昂弥・小熊博・山本桂一郎・水本巖・能村正治・高田賢治・鈴木弥志雄(2015). 鉛蓄電の劣化回復評価システム. 平成27年度電気関係学会北陸支部大会, H-22.
- 小澤昭弥・櫻岡秀樹(2010). 鉛蓄電池. 日刊工業新聞社.

(受稿：2017年9月11日 受理：2017年10月18日)

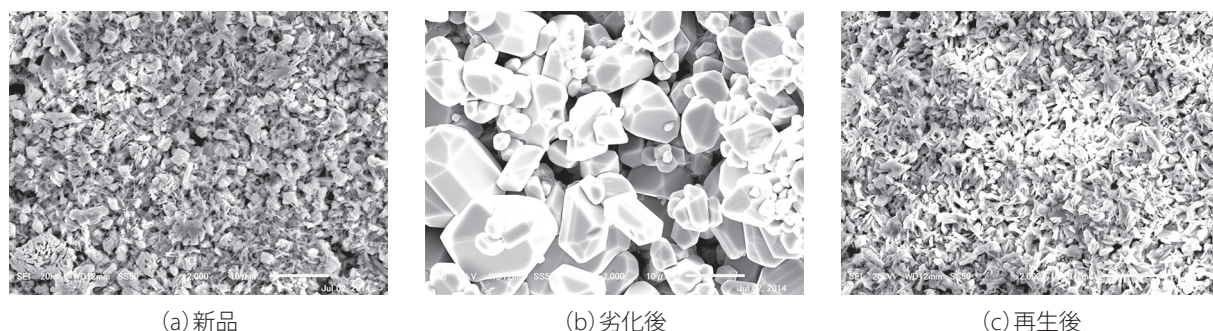


図9：負電極の電子顕微鏡写真