

蓄電池の劣化防止等に関する開発研究

研究期間 10年度～11年度(2年計画)

研究機関 装備技術部船舶課

研究者 岡井 功・坂本 義人

研究の目的

本研究の対象は、セルスタートの主機関の始動用蓄電池であり、蓄電池の劣化の防止(長寿命化を図ること)及び劣化の状況を正確に判定できるようにすることを目的としている。

1 電気二重層コンデンサとのハイブリッド電源装置の導入

蓄電池劣化の最大の要因は、機関始動時のような瞬時大電流放電である。寿命を延長するためにはこの負担を軽減することが最も効果的である。他方、最近著しく性能が向上している電気二重層コンデンサは、蓄えられるエネルギー量は蓄電池よりは小さいものの、瞬時の大放電が可能であること及び充放電によって劣化することが(原理的に)ない。そこで両者の欠点が補完されるようにシステム化したのが、蓄電池と電気二重層コンデンサとのハイブリッド電源装置である。

電気二重層コンデンサを蓄電池と並列に接続して使用することにより、大電流放電の際に蓄電池にかかる負担を緩和することができる。

2 劣化判定装置による蓄電池の劣化状況の監視

蓄電池を取り扱う上でもっとも厄介なのは、前兆がなく、ある時突然著しく性能が低下してしまうことにある。これまで劣化判定はバッテリーチェッカーにより行えるようになってはいるが、正確さに欠けるうえ危険が伴うなどの欠点がある。新たに採用する劣化判定装置は、電流内部抵抗の変化(増加)を監視することにより劣化状況を判定するもので、極板の腐食状況を評価することとなるためより正確な判定が期待できる。また、蓄電池をつないだまま判定ができるというメリットがある。

後者の劣化判定装置は陸上で実績があり、ソフトの改造を行うことにより船舶においても即使用することが

可能であろうという目処があったが、前者のハイブリッド電源装置はわが国初めての試みであり、工場内で数々の試験を積み重ねながら実船への搭載に至ったものである。また、搭載1番船「はまぐも」では最初の1年間をフィールドテスト期間と位置づけ、作動状況等をモニターすることとした。

研究の内容

1 ハイブリッド電源装置

(1) ハイブリッド電源装置を搭載している巡視船艇

ハイブリッド電源装置(蓄電池+電気二重層コンデンサ)は、「はまぐも」を搭載1番船とし、その後建造した巡視船艇に順次導入している。1番船ではフィールドテストを行うことを計画していたが、フィールドテストはできるだけ過酷な条件で行うことが望ましい。PCはセルスタートとしては最大クラスの主機関を搭載しているためこの趣旨に合っている。

なお、一部の船艇については、現在蓄電池のみの装備としているが、将来的にハイブリッド電源装置への変更することもあり得ると想定し、配電盤については充電回路をハイブリッド対応型とし容易に設置できるようにしている。

(2) ハイブリッド電源装置の概要

イ 設計コンセプト

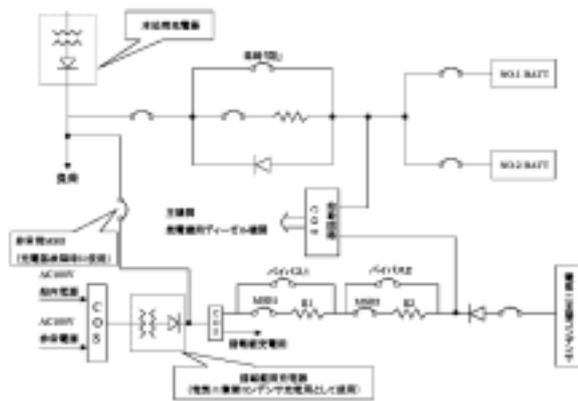
PCクラスとCLクラスで設計コンセプトを分けている。PCクラスの装備方法が理想的であり本来ならこれに統一するに越したことはないが、両者は電路系統が異なっていた(直流船と交流船の違い)ことから分けざるを得なかったものである。

以下にそれぞれの設計コンセプトを述べる。

PCクラス

電気二重層コンデンサの充電回路及び始動回路はともに蓄電池の回路とは分離したものとしている。回路を分離することによりどちらかの不具合が生じてもお互いに影響を受けないようにしたものである。勿論、機間始動時には両者を共通接続とするが、機関始動を終えたら再び独立した回路とする。蓄電池用の充電は本船用充電器で行い、電気二重層コンデンサの充電は搭載艇用充電器で行う。非常時には、携帯用発電機から搭載艇用充電器を経て電気二重層コンデンサを充電し、主機及び発電機原動機の起動を行うこととしている。

以下にPC型巡視艇の電気二重層コンデンサ周辺回路例を示す。



第1図 電気二重層コンデンサ周辺回路例
(PC型巡視艇)

充電回路

電気二重層コンデンサの充電回路は、搭載艇用充電器により充電を行うこととしている。

搭載艇用充電器の入力は、通常時は船内100V電源とし、非常時はCOSを切り替えて携帯用発電機からの入力とする。

最近の充電回路には2つの抵抗が挿入されているが、この抵抗は以下のとおり入力電源によって使い分ける。

R1使用 (0.5) (1) ... 船内電源使用時

R1+R2使用 (0.5 +3.5) (2) ... 携帯用発電機使用時

1 抵抗R2は「入」にして「切」させる。

2 「切」も「入」も「切」とする。

入力電源に応じて抵抗を使い分けるのは、携帯用発電機の出力が小さいため、抵抗値を大きくして充電電流を絞る必要があるためである。

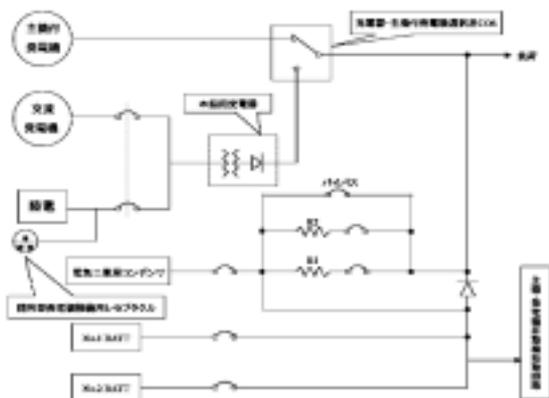
また、非常用MCBはどちらかの充電器が故障したときに使用する渡りの回路である。

始動回路

始動回路は、蓄電池及び電気二重層コンデンサから始動用COSを介して、主機及び発電機原動機のセルモータへと接続している。始動用COSでは、蓄電池及び電気二重層コンデンサそれぞれの単独及びハイブリッドの切り替えが可能であり、通常はハイブリッドで使用する。なお、始動を終えた時点で「切」位置とする。この状態では充電回路はそれぞれ分離した回路となる。

CLクラス

HS、LSも同じであるが、このクラスの船型では回路構成上PCのように互いに分離することは不可能である。したがって、個々のトラブルが他方に影響を及ぼすのは避けられない。ただし、蓄電池が異常な放電をした場合は電気二重層コンデンサを回路から切り離して同じく放電することを避けるための保護回路を設けている。このクラスの船型が従前搭載している蓄電池では容量に余裕があったため、電気二重層コンデンサの装備に合わせて蓄電池の容量を半減させた。トータル重量の増加を極力抑えらるとともに保守費用の低減を図るためである。



第2図 電気二重層コンデンサ周辺回路例
(CL型巡視艇)

ロ 充電回路の抵抗について

電気二重層コンデンサの充電回路には抵抗を挿入する必要があることを前回の技報で述べているが、挿入する抵抗値は適正な値としなければならない。抵抗値が小さすぎると電流の抑制効果電流が少なく充電器に負担がかかるし、一方、抵抗値が大きすぎると充電効率が悪くなるからである。

また、新しい船艇では、充電回路に通常の充電方法に対応した抵抗に加えて非常時の充電方法に対応した抵抗を挿入している。非常時の充電とは、蓄電池及び電気二重層コンデンサが空になった状態から主機関あるいは発電機原動機を始動するために、(今のところ)携帯型発電機により外部から電気二重層コンデンサを充電する方法である。この場合、携帯型発電機の容量が小さいことから、電気二重層コンデンサを空から充電するためには更に大きな抵抗値を挿入して発電機にかかる負担を抑える必要がある。

配電盤の中に抵抗を設置することに関して、当初は発熱によるリスクを避けるため最大ワット数のものを使っていたが(1120W)、長さが約30cmとかなり大きくCLの様に小さな配電盤では配置に苦労した。そこで、ワット数の低い抵抗の使用を検討するため、温度上昇試験を行った。抵抗に最大電流(=MCBの定格電流)を流し、温度上昇が飽和した時点での温度を計測した。その結果、中央部ではかなりの温度上昇が認められたものの端子部では問題にならないほどの温度上昇量であったため、途中からワット数を下げて、省スペース化を図った。この試験では出来るだけワット数の低い抵抗を使用し、しかも飽和するまで電流を流しているが、実際はこのような状況は考え難く、ここまで温度が上昇することはないと考えられる。

充電回路

充電回路は常に電気二重層コンデンサと蓄電池は同じ回路で充電される。抵抗の使い分けはPCクラスと同様であるが、抵抗の「入」「切」は抵抗の前のブレーカーにて行う。

R1...常用電源使用時(0.2)

R2...携帯型発電機使用時(4.0)

バイパス回路は、電気二重層コンデンサの電圧が異常に低下した場合に抵抗を使用しての充電ができなくなる(*)ため、その場合に使用する。

(*)例えば、

電気二重層コンデンサ電圧10Vの場合、

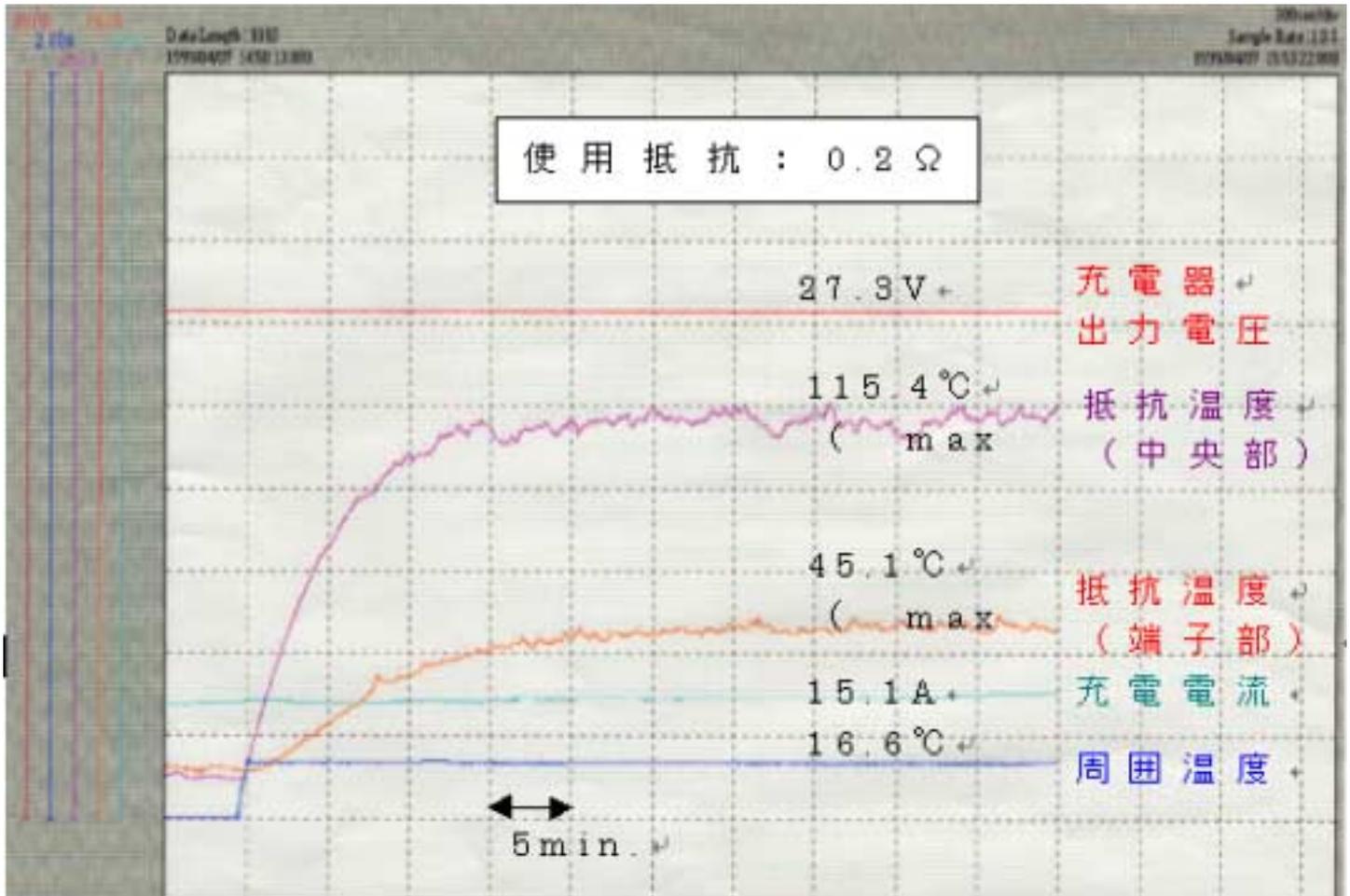
電気二重層コンデンサ充電電流I

$$= (27.3-10)/0.2 =86.5(A)$$

したがって、この場合抵抗用ブレーカー(30AF/15A)はもたないため、バイパス回路での充電と言うことになる。

始動回路

始動時は、電気二重層コンデンサと蓄電池とのハイブリッドで使用する。このクラスはCOSでの選択が出来ないため、それぞれのブレーカーの「入」「切」で行う。非常時に電気二重層コンデンサ単独で始動するときは同様の方法により蓄電池を切り離す必要がある。



第3図 抵抗温度上昇測定結果

八 電気二重層コンデンサ切り離し回路について

ここでは、電気二重層コンデンサ切り離し回路について説明する。電気二重層コンデンサの切り離しは、蓄電池の電圧を常時監視している劣化判定装置から出される電気二重層コンデンサ切り離し用信号により行われる。切り離し信号は、蓄電池電圧が24V以下の状態が一定時間続いた場合に送出されるように設定している。この信号により電気二重層コンデンサ用ブレーカーを「断」として回路から切り離されるのである。この状態から電気二重層コンデンサ単独で機関を始動する場合には、劣化判定装置の電源をOFFにすることにより切り離し信号をキャンセルする必要がある。電気二重層コンデンサ用ブレーカーは蓄電池劣化判定装置からの信号が復帰しない限り手動投入ができないためである。なお、電気二重層コンデンサの容量は重量の関係で最小限としているので、電圧が低下した状態

(24V以下)では主機の始動が困難な場合がある。したがって、切り離し回路が作動した場合には、発電機が使用できるようであれば、まず発電機の始動を行うか、携帯型発電機より満充電状態まで充電してから主機を始動するようにすべきである。

2 フィールドテスト

蓄電池と電気二重層コンデンサのハイブリッド電源装置を搭載した1番船において、1年間のフィールドテストを実施中である。フィールドテストの目的は船特有の特殊な環境(振動・環境温度)に電気二重層コンデンサが耐えられるかを試験することであり、劣化具合のバロメータである内部抵抗による判定と定期的な目視による外観検査を実施している。内部抵抗の監視はオシログラフにより行う。

オシログラフによるモニタリング項目は、

- ・主機始動電流
- ・発電機原動機始動電流
- ・電気二重層コンデンサ端子電圧

であり、これらから求めた内部抵抗値により電気二重層コンデンサが異常か否かを判定することができる。なお、本船が就役してから間もなく電気二重層コンデンサに不具合が生じたため、フィールドテストの開始の時期が遅れた。

事故対策後、平成11年11月に測定器を搭載し現在も続行して計測を行っている。なお、今のところ内部抵抗の上昇は見られなく順調であるといえる。

3 蓄電池劣化判定装置

(1) 劣化判定装置を搭載している巡視船艇

蓄電池劣化判定装置は、平成11年以降の竣工船に順次搭載している。本開発研究では主機始動用の蓄電池をターゲットとしているが、劣化判定装置は用途を問わないため初期始動用以外にも大型巡視船の非常電源及び補助電源用の蓄電池についても採用している。これらを含め報告したい。巡視船艇が搭載している蓄電池は2V、12V、24Vの3種類あるが、劣化判定装置はそれぞれの特性、用途等に応じ大きく分けて3つのタイプを採用している。

(2) 各装置の概要

劣化状況の表示方法は3つのタイプとも共通である。劣化判定の結果、寿命が残り6ヶ月と判断されたら黄色のLEDを、更に残り1ヶ月となった時点で赤色のLEDを点灯させることと、その他の異常は、3つのLED(緑・黄・赤)の組み合わせパターンで知らせることとしている

以下に3つのタイプ毎にその概要を述べる。

24V用

セルスタートの巡視艇に搭載している蓄電池用に設置している。始動用蓄電池は2群装備であり、当初は各群にひとつの割合で劣化判定装置を設けていたが、蓄電池は全群同じ環境下にあるため劣化具合はほぼ同じと考え最近の船艇では1群のみ装備としている。劣化判定は環境温度と内部抵抗の2つのファクターにより行うが、温度計測については連続的なデータを取ることにより寿命を予想する方法であるため、蓄電池を

交換するときは蓄積しているデータも更新しなければならない。今のところは蓄電池の交換にあわせて劣化判定装置も交換することが必要である。劣化の判定は2つのファクターにより行うためより正確な劣化判定が可能である。内部抵抗の計測は1月に1度行う。外部警報出力として重警報・軽警報の2通り有している。

なお、H11年7月以降のものは若干の改良を施している。改良内容は次のとおりである。

1) 電圧異常を知らせる警報の設定値の変更

当初、電源電圧異常を警報するレベルは上限を27.3V+2%(=27.85V)、下限を27.3V-2%(=26.75V)に設定していたが、新品であっても機関始動後に低電圧警報が頻発したため下限値を21Vに変更した。

2) コンデンサ切り離し信号出力の追加

コンデンサを回路から切り離すための信号で、新たに追加したものである。なお、信号の外部出力のみで警報表示は行わない。切り離し電圧設定は24Vとしている。

3) 試験釦の追加

従来1ヶ月に1度自動的に内部抵抗を計測することとしていたが、任意に計測できる様、試験釦を押すことにより内部抵抗を計測する機能を追加した。

12V用

劣化の判定は蓄電池の内部抵抗のみで行う。計測を行うときだけ装置の計測押釦を押し一定時間経過後(いくつかサンプリングを行い平均値をとる)劣化判定の表示が行われる。当初は船艇に常時設置する方式にしていたが、これらは搭載艇等小型の船に装備されるため、設置場所の都合と常時人が乗っていないこと及び24V用と異なり環境温度の蓄積を行わないことから特定の蓄電池に固定して設置する必要がないこと等を考慮して、必要な時だけ装置を接続する方式に変更した。

2V用

大型巡視船の非常電源及び補助電源として搭載している2Vバッテリー用に設置している。劣化判定装置1つに対して監視できる蓄電池の最大数は6個であるため、6個以上の組み電池の場合マスターを1つ設置し、残りの蓄電池はスレーブにより監視し情報をマスター

に送る構成としている。劣化判定は環境温度と蓄電池端子電圧により行う。内部抵抗での判定を行わないのは、蓄電池の特性上端子電圧のほうが劣化に対する変化が顕著であるためである。24V用と同じく環境温度データを蓄積していくため蓄電池交換時には劣化判定装置も交換する必要がある。またこの装置の特徴はデータを外部に出力することが可能であることで、現在は補機制御表示盤にデータを送り、新たに追加した蓄電池管理画面で蓄電池寿命・環境温度・単電池の端子電圧及び異常警報を表示している。

むすび

本開発の目的である蓄電池の劣化防止に対して研究の成果が証明されるのは、蓄電池が今まで以上に長持ちしたと言う評価を待つことになる。蓄電池が寿命を迎える時になって初めて、劣化判定装置の効果やハイブリッドとしたことの効果証明されるわけである。一連の研究開発の集約であるハイブリッド電源装置と蓄電池劣化判定装置を導入することによって、我々はもう一つの効果を期待している。それは、乗組員が電源装置に対して安心感を持てるようになる効果である。蓄電池の寿命は2～3年と言われており、それ以上使う場合は常に心配しながら使わなければならない。しかも「突然死」を考えると使用年月が長くなるとともにその心配は増幅される。しかし、劣化判定装置の導入によりこの心配は無用となり、装置が教えてくれるまで安心して使うことができる。また、電気二重層コンデンサを持つことにより今まで出来なかったデットシブからの起動も可能となり、これもまた乗組員にとってはひとつの安心材料となる。しかしながら、一方ではこれらの機能を有効に使っていただけのかという心配もある。今回の報告は実際に取り扱うことを想定してできる限り細部まで説明したつもりであるが、特に新しい電源装置を搭載した船艇の乗組員の方の参考になれば幸いである。

新電源装置を搭載した船艇はまだわずかではあるが、何らかの形でこれらの研究の成果が現場で認められることを願って本研究の最終報告としたい。

なお、現在フィールドテスト中の「はまぐも」乗組員一同及び第三管区海上保安本部船舶技術部の関係各位に対して紙面を借りて今までのご協力に対するお礼と引き続いてのご協力をお願いしたい。