

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月1日現在

機関番号：16101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656201

研究課題名（和文） 電力用蓄電池の均等充放電制御に関する研究

研究課題名（英文） Studies on the charge/discharge control system of power storage batteries with voltage equalization control

研究代表者

大西 徳生 (OHNISHI TOKUO)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授

研究者番号：50035812

研究成果の概要（和文）：多くの蓄電池を直列接続した電力用蓄電池は、各蓄電池が均一状態にないと、過充電、過放電が生じ、安全性、蓄電池寿命、総蓄電能力にも影響を及ぼす恐れがある。本研究では1) 各電池セル単位の均等充電制御法と2) それらセルを直列に接続した組み蓄電池単位の均等充電制御法を提案し、充電状態や蓄電池容量のばらつきがあっても均等に充電できる簡単な小型軽量の均等充電制御システムを開発し実験によりその有効性が確認できた。

研究成果の概要（英文）：The power storage batteries composed of many series battery cells including non uniform state battery invite many problems such as affecting safety, battery life, total power storage capacity by the battery charger. In this research, the charge equalization control schemes of the assembled battery units connected in series cell was investigated at first. Next, the good characteristics of the battery cell equalization control method by discrete components composed of transistors, resistors and diodes was obtained from experimental results. And then, the new small and simple charge equalization control system by these two control methods could be obtained.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：蓄電池、直列接続、蓄電池セル、均等充電制御、個別制御、選択制御、組み合わせ制御、小型・軽量

1. 研究開始当初の背景

近年、エネルギー問題の急浮上と共に蓄電池の有効活用研究が注目を集めている。電力用蓄電池として、それらを多数直列接続して一括充電する場合、各蓄電池が均一状態にないと、過充電、過放電が生じ、安全性、蓄電池寿命、総蓄電能力にも影響を及ぼす恐れがある。このため蓄電池セル単位でのマネジメント制御が重要な課題となる。具体的には、

蓄電池の充電状態を蓄電池の種類に対応しての残存容量の把握など監視するソフト制御法と簡単で小型の均等充電制御回路を如何に構成するかが課題となる。

本研究では、後者について検討を加える。

(1) 図1に示すように電力用蓄電池として多数の直列蓄電池を一括充電すると、蓄電池セルの過充電を招く。このため、どれかが過大な電圧になった時点で充電をストップす

ると、多くの未充電セルが生じて、蓄電池全体として容量不足を生じる。また、放電が進んだ蓄電池は過放電に至る問題がある。

(2) 充電回路として組み蓄電池単位に充電器を接続して管理制御すると、組み蓄電池単位での充電管理はできるが、蓄電池セル単位での充電器制御が別途必要となる。一般には、蓄電池セル単位で電圧を検出しており、過電圧に至る蓄電池セルが出てきた段階で充電をストップしているため、蓄電池全体の蓄電池容量を下げることとなる。

(3) 蓄電池の充電システムを車載する場合、個別充電回路方式では、個別充電器単位での絶縁も必要となり、電力用蓄電池のように直列数が多くなると、充電装置は極め複雑化し大型化し、搭載が困難になると共に信頼性の低下も招く。

2. 研究の目的

本研究は、今後の電力用蓄電池応用分野を拡大させる上で、各電池に充電状態や蓄電池容量のばらつきがあっても均等に充電できる簡単な小型軽量の均等充電制御システムの開発を目的としている。具体的には、蓄電池セル単位と組み蓄電池単位での均等充電制御により制御システムの簡単化を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、蓄電池セルを直列に接続した組み蓄電池を直列に接続した電力用蓄電池に対して、定電流源とサイリスタスイッチによる組み蓄電池の選択回路を組み合わせ、組み蓄電池の均等充放電制御を行った。

図2に本研究で提案する組み合わせ充電制御回路方式を示す。充電電流を制御する定電流源制御部と充電する組み蓄電池を選択できるスイッチ選択回路から構成することにより、組み蓄電池単位から複数個そして全蓄電池を一括充電する回路を形成することができる。

図3に具体的な回路構成として3個の組み蓄電池に対する組み合わせ充電回路例を示す。1個のIGBTスイッチ動作で昇降圧動作による定電流源を構成し、その出力をサイリスタスイッチ回路により個々の組み蓄電池 E_1, E_2, E_3 から、2組直列、3組直列まで自由に組み合わせ選択することができる。

一方、蓄電池に充電された電気エネルギーを外部に取り出す放電動作に対しては、スイッチ素子の向きを逆にすることで構成することができる。図4は組み合わせ放電制御回路であり、過充電の蓄電池等から直流電源側にエネルギーを回生動作をさせることができる。

(1) 蓄電池セル単位の均等充電制御回路：

図5は、各蓄電池セルに対して、蓄電池に並列にトランジスタ、ダイオードなどを蓄電池セルに直接接続することにより、セル電圧

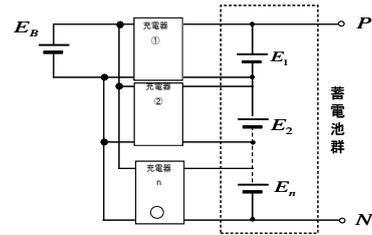


図1 組み蓄電池の個別均等充電回路

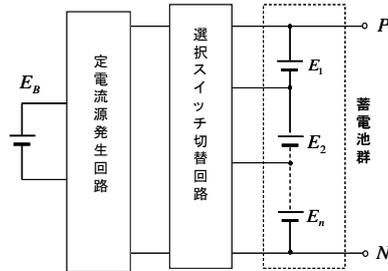


図2 組み合わせ均等充電制御回路

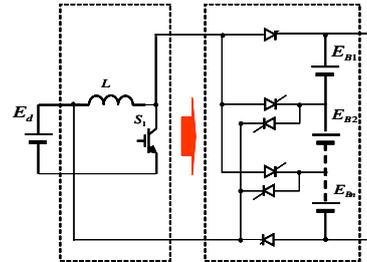


図3 組み蓄電池均等充電制御回路

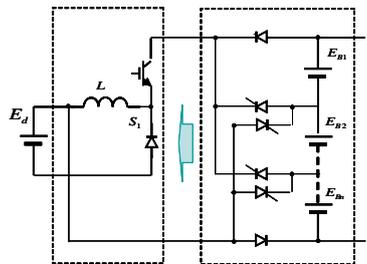


図4 組み蓄電池均等放電制御回路

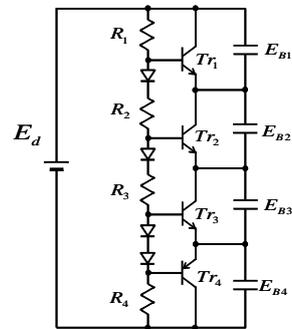


図5 蓄電池セル均等充電回路

の監視と同時に電圧均等化を行う均等充電回路である。直列抵抗で分圧したトランジスタのベース電位が関係する蓄電池セル電圧より高ければベース電流が流れ、均等化できるもので、蓄電池セルの電圧検出とスイッチ回路動作を兼ねることができ、回路構成の簡単化が図られる。なお、図中のダイオードは、トランジスタのベースエミッタ間の電圧降下を補償するためにダイオードの電圧降下によりベースエミッタ間の電圧降下を相殺させる目的で用いている。

(2) 電力用蓄電池制御システムの開発：

組み蓄電池単位の均等充放電制御と蓄電池セル単位の均等充電制御を組み合わせることにより蓄電池システムのマネジメントを行うことができる

なお、この蓄電池制御システムは、組み蓄電池単位での充電制御ができるため、将来的に特性の異なる組み蓄電池を直列に接続して構成した蓄電池のリユースに対しても充電管理することが期待できる。

4. 研究成果

本研究により、提案する均等充電制御回路を試作し実験により基本動作を確認した。

(1) 組み合わせ均等充放電制御動作確認：

表 1 に示す初期電圧値を示す 12V の鉛蓄電池（組み蓄電池）4 個に対して、1 個の IGBT を用いた昇降圧形チョッパ制御電流源と 4 組のサイリスタ選択スイッチ回路を組み合わせさせた均等充放電制御回路を構成して充電実験を行った。

図 6 は、初期充電電圧が異なる 4 個の鉛蓄電池の充電電圧が最も高い一定の電圧値 12.7V に揃うように個別充電制御を行った後で、スイッチ選択することにより一括充電モードに切り替えた制御を行った充電動作結果であり、所期の均等充電制御動作を確認することができた。

蓄電池の充電電圧が最も高い一定の電圧値 12.7V に揃うように個別充電制御を行った後で、スイッチ選択することにより一括充電モードに切り替えた制御を行った充電動作結果であり、所期の均等充電制御動作を確認することができた。

(2) セル蓄電池均等充電制御動作確認：

蓄電池の代わりにコンデンサを接続することにより、提案する蓄電池セル均等充電回路に接続して行った。

①蓄電池セルとして 4 個のコンデンサで構成し、それらの初期電圧を表 2 に示す値で充電動作を行ったときの実験結果としてセル電圧の変化を図 7 に示す。(a) 無制御動作では、初期値の違いのまま充電が進むのに対して、(b) 提案するセル均等化制御動作では、速い段階で均等化出来た後、全セルが一様に上昇する動作が確認できた。

表 1 組み蓄電池単位の充電条件

EB1	12.70V	→	12.70V	⇒ 52.0V
EB2	12.55V	→	12.70V	
EB3	12.60V	→	12.70V	
EB4	12.65V	→	12.70V	

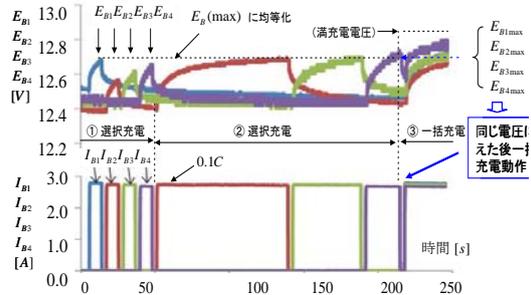
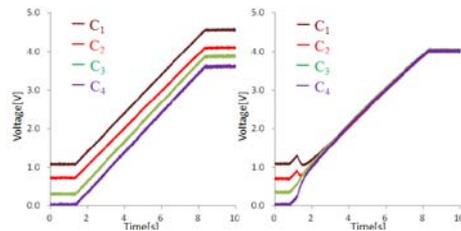


図 6 組み蓄電池の充電制御動作

表 2 蓄電池セルの初期充電値

R	1.0	kΩ		
C ₁	10000	μF	1.0	V
C ₂	10000		0.7	
C ₃	10000		0.3	
C ₄	10000		0.0	

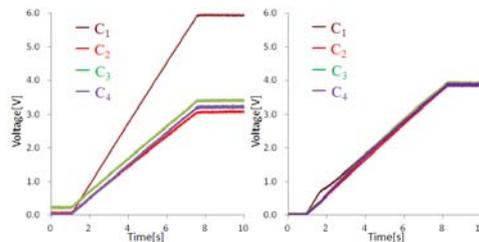


(a) 無制御 (b) 均等電圧制御

図 7 充電初期値の異なるセル充電特性

表 3 容量の異なるコンデンサ値容量

R	1.0	kΩ		
C ₁	6200	μF	0.0	V
C ₂	10000		0.0	
C ₃	10000		0.0	
C ₄	10000		0.0	



(a) 無制御 (b) 均等電圧制御

図 8 容量の異なるセル充電特性

②容量の異なる蓄電池セルに対する実験として表3に示すように1個だけコンデンサ容量値が小さいものを接続して充電実験を行った。この結果、図8に示すように(a)無制御では、同じ充電電流のため、容量に小さいセルは急速に電圧上昇しているが、(b)提案するセル均等化制御動作では、容量値の違いにも関わらず同じ傾きで充電が進むことが確認できた。

以上により、初期充電電圧が異なる場合や、容量が異なる場合も均等充電状態に落ち着くことを実験で確認できた。

(3) 均等充電制御システム動作確認：

蓄電池セル均等充電回路を組み蓄電池として複数個直列接続した組み蓄電池均等充電回路と組み合わせた均等充電制御システムを構成して実験を行ったところ、蓄電池セル電圧の均等充電と組み蓄電池で単位での均等充電が実現でき、数多くの蓄電池が直列接続される電力用蓄電池の均等充電制御法として十分機能できることも確認できた。

(4) まとめ

以上により、提案する均等充電回路の有効性を確認することができた。

紙面の都合上、制御システムについての詳細は割愛したが、提案する組み蓄電池均等充電回路では、電流源からの出力端子電圧は、スイッチ選択がなされた段階での直列組み蓄電池が直流端子電圧として現れることを利用して、1個の電圧検出器で個々の蓄電池電圧を検出することができるため、主回路構成だけでなく制御回路システムの単純化ができる点も特徴である。

なお、各蓄電池への充電電流は、定電流源の設定値により容易に制御できるため、組み蓄電池単位での電圧値と電流値、積分値などを基に、組み蓄電池を構成する蓄電池の種類に応じた細かい受電管理も容易となる。

一方、提案した組み蓄電池均等充電制御回路は、1個の昇降圧回路で定電流制御をかけているため、一括充電動作モードに対応するためには高い昇圧比が求められ、充電効率の低下を招くことが考えられる。今後、提案方式の充電回路の実用化においては、定電流源の構成を図9に示す回路とし、蓄電池と直流電源電圧の関係に基づき、個々の蓄電池を充電する場合はS, S2, S4をオフとしS3のみのオンオフ制御により降圧動作をさせ、全蓄電池を一括充電する場合はS1, S4をオフ、S2をオン状態でS3のオンオフ制御のみで昇圧動作をさせることにより動作モードを切り替え高効率で定電流源を構成するなどの改良が求められる。放電動作においても同様のスイッチ選択により特性改善させることができる。

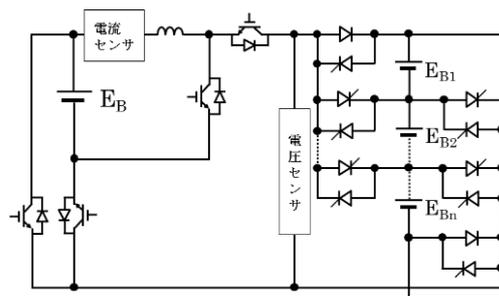


図9 改良形均等充放電制御回路

以上、萌芽研究において、主回路構成の単純化制御システムの単純化に有効な直列蓄電池の新しい均等充電制御法を提案すると共に、基本動作の確認を行うことができた。

提案システムの実用化に向けては、主回路構成の改善やきめ細かな充電管理制御が求められるが、今後の課題としたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計5件)

- ①吉永 拓誠、大西 徳生、「蓄電池のセル均等電圧制御充電回路の特性」、平成25年度電気学会全国大会、2013.3.23、名古屋大学(名古屋市)
- ②吉永 拓誠、大西 徳生、「定電流充電蓄電池の均等充電制御システム」、平成24年電気関係学会四国支部、5-6、2012.9.29、四国電力株式会社 総合研修所(高松市)
- ③吉永 拓誠、大西 徳生、「蓄電池の均等充放電制御システムの特性」、平成24年電気学会産業応用部門大会、Y-39、2012.8.22、千葉工業大学(習志野市)
- ④大西 徳生、「蓄電池の均等電圧制御充放電制御システム」、電気学会半導体電力変換研究会・自動車合同研究会、SPC-11-197, VT-11-29、2011.12.15、徳島大学(徳島市)
- ⑤大西 徳生、酒井 宣年、「間接充電方式多機能EVスタンド」、平成23年電気学会産業応用部門大会、2-69、2011.9.8、琉球大学(那覇市)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称：電源装置および充電回路

発明者：大西徳生

権利者：徳島大学

種類：特許

番号：PCT/JPT2011/60788

出願年月日：平成23年5月10日

国内外の別：国外

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 徳生 (OHNISHI TOKUO)

徳島大学・

大学院ソシオテクノサイエンス研究部・

教授

研究者番号：50035812

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：