

リチウムイオン電池用PCS

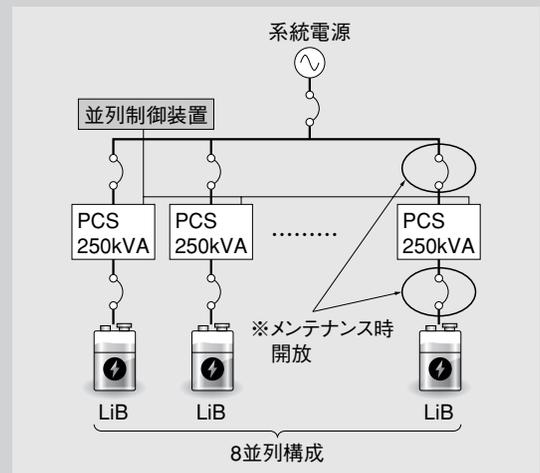
🔌 PCS, リチウムイオン電池, BMU, エネルギー, BCP, バックアップ電源, 周波数調整, FRT

* 寺本 学 Manabu Teramoto

概要

既に車載用として実用化され、今後も大きな普及が期待されるリチウムイオン電池 (LiB: Lithium-ion Battery) は、電力貯蔵用電池としても国内外で注目されている。

近年、特に東日本大震災以降は、再生可能エネルギー普及拡大・電化推進によるエネルギー最適化・脱原発・非常電源対応など、系統電源安定化の要求が高まり、電力を貯蔵して電力系統の需給調整や周波数調整などに適用できる蓄電システムへの期待が大きくなっている。



蓄電システム概要図

1. ま え が き

これまで電力貯蔵用の蓄電池として鉛蓄電池、ナトリウム・硫黄電池、ニッケル水素などが用途に応じて使い分けられてきた。

近年、エネルギー密度が高く車載用への普及も進んでいるリチウムイオン電池 (LiB: Lithium-ion Battery) が注目され、電力貯蔵用電池として国内外の様々な地域で実証研究が行われている。

本稿では、電力貯蔵用電池の特性比較などの紹介と当社が開発したLiB用の交直変換装置 (PCS: Power Conversion System) について紹介する。

2. 電力貯蔵用電池

2.1 電力貯蔵用電池比較

需要負荷曲線を意識した負荷平準化を目的として導入される蓄電システムでは、高エネルギー密度と高い充放電効率が求められる。

第1表に電力貯蔵用に用いられる各種電池の特性比較を示す。LiBは他の電池と比較してエネルギー

第1表 電池特性比較表

当社独自調査によりまとめた比較表である。LiBは他の電池に比べて効率が良い。

特性項目	鉛電池	ナトリウム・硫黄電池	ニッケル水素電池	LiB
自己放電率(%/日)	0.5	0	0.7~1.0	0.3~0.6
サイクル寿命	500~3000	4500	500~5000	500~5000
エネルギー密度 (Wh/kg) ()内は理論エネルギー密度	40 (167)	100 (786)	60~90 (125)	130 (392~585)
充放電効率	0.87	0.85	0.6	0.95
セル電圧	2.0	2.1	1.2	3.8

*電力変換装置工場



第2表 LiB仕様例

仕様の一例を示す。電池メーカーによっては異なる。

電池の種類	リチウムイオン電池
反応式	$Li_{1-x}M_yO_{2y} + Li_xC_6 \leftrightarrow LiM_yO_{2y} + C_6$
正極活物質	リチウムイオン含有金属複合酸化物
負極活物質	炭素
電解質	有機溶媒電解液
理論エネルギー密度 (wh/kg)	392~585
開路電圧/セル (V)	3.6~3.8
作動温度 (°C)	0~40
主な補機	特に無し

第3表 BMU機能

一般的なBMUの機能を示す。電池保護機能が作動すると安全のためPCSも充放電を停止する。

項目	内容
保護機能	過充電・過放電・過電圧・過電流・温度異常など
状態監視	電圧計測・電流計測・電力量計測・充放電末管理・残存容量管理など

ギー密度が高く、電池単体の充放電効率も上回っている。

2.2 LiBの仕様概要

LiBとは、正極活物質にコバルト、マンガンもしくはニッケルを主成分とするリチウム金属複合酸化物を負極活物質に炭素、電解質に有機溶媒電解液を用いる電池である。第2表にLiBの仕様例を示す。

2.3 バッテリマネジメントユニット (BMU)

LiBは燃焼の危険性がある有機系材料を用いることから、電池安全性管理のため、保護機能と状態監視機能を持つBMUが装備され、電池内部のセル電圧、電流及び温度などの常時監視を行う。第3表にその機能を示す。

3. LiB用PCS

LiB用に開発した当社PCSについて紹介する。

3.1 装置仕様

第4表に装置仕様を示す。国内規格のほか、海外規格にも適合する設計としている。

3.2 システム構成

第1図にシステム構成図を示す。PCSは受電開閉器・連系開閉器・連系保護リレーなどの受電部分と交直変換器部・入力フィルタなどの変換器部分、及びPCS監視制御シーケンサ・操作パネルな

第4表 PCS装置仕様

PCSの並列数により容量系列化している。

項目		定格又は性能	
装置容量		0.25~2MVA (250kVA×8並列)	
回路方式		電圧形自励式PWM 電流制御方式	
定格の種類		A0	
交流入出力	定格電圧	400V級	
	電圧変動許容範囲	-12 ~+10%	
	定格周波数	50Hz	
	周波数変動許容範囲	±6%	
	相数	三相3線	
	定格入出力容量	0.25~2MVA (250kVA×8並列)	
	定電力制御精度	有効電力	±1%
		無効電力	±1%
電力制御変動範囲	有効電力	0~100%	
	無効電力	0~100%	
	電流高調波含有率	各次3%, 総合5%以下	
直流入出力	電圧範囲	240~420V	
効率		95%以上	

どの監視制御部分から構成される。

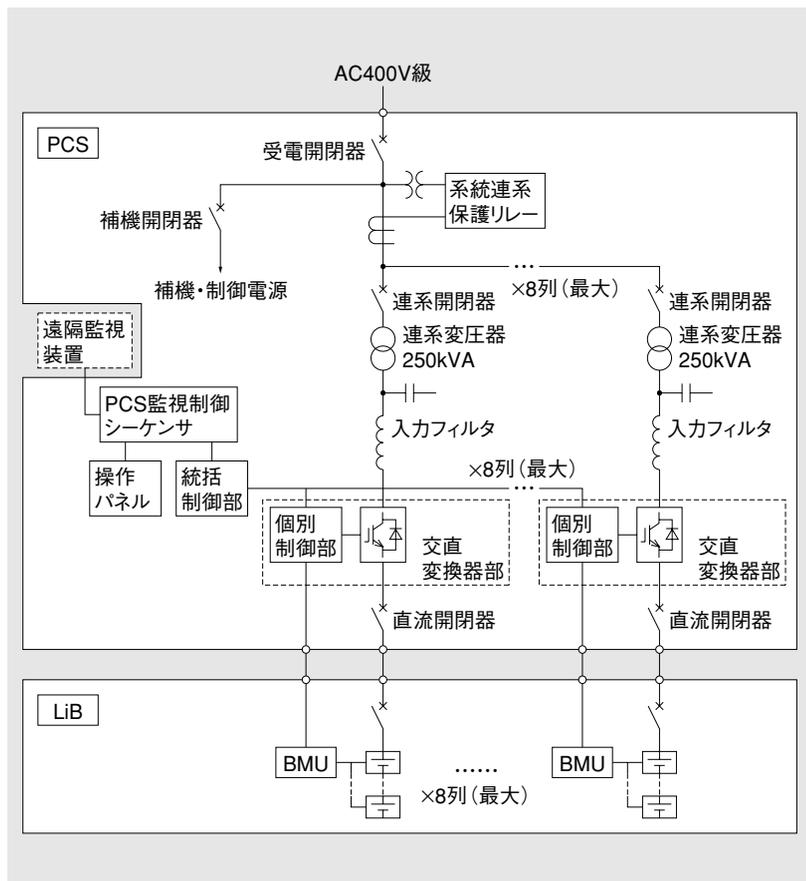
3.2.1 交直変換装置部

LiBの直流入出力と電力系統の交流電力の双方向の変換を行う。交直変換器は250kVA×8並列構成で、システム最大容量を2MVAとしている。

3.3 システム機能

PCSに実装する機能の概要を紹介する。

- (1) 手動運転 本システムの操作パネルで、起動停止や充電・放電など任意の電力設定で運転が可能である。また、操作パネルでは装置の状態・故障表示、各種計測値の監視が可能である。
- (2) 遠方運転 遠方監視室などに設置する監視装置とPCSをEthernetなどの通信接続で、前項同様の運転が可能である。
- (3) 系統連系時突入電流防止機能 系統とPCSが交流連系する際、連系変圧器の突入電流による機器の劣化や系統の擾乱を招くおそれがある。このためPCSから電圧を発生させて、系統電圧と同期後、系統連系する機能である。
- (4) 有効電力出力 電力指令値に従い、交流端の有効電力が一定になるように制御する機能である。
- (5) 無効電力出力 電力指令値に従い、交流端の無効電力が一定になるように制御する機能である。



第1図 蓄電システム構成図

交直変換器250kVAを8並列構成とした、2MVAシステムの構成図を示す。並列数は1～8並列まで任意に対応できる。

第5表 蓄電システム用途例

工場やビルのピークカット・シフトや非常用電源、電力系統の需給調整や周波数調整など様々な用途に適用できる。

用途	概要説明
負荷平準化	夜間の電力需要が少ない時間帯に電池へ充電し、昼間の電力ピーク時間帯に放電することで、契約電力料金削減に貢献する。
非常用電源	施設内で停電が発生した場合に、重要負荷へ電力を供給する。BCP (Business Continuity Plan : 事業継続計画) などに貢献する。
変動抑制	太陽光発電など再生可能エネルギーを系統に接続した場合に発生する出力変動を緩和し、系統への擾乱を防ぐ。
ピークシフト	太陽光発電などで最も発電電力が大きい時間帯の電力を充電し、需要が大きい時間帯にはその電力を放電することでエネルギーの有効活用に貢献する。
需給調整	発電機、再生可能エネルギーによる発電、需要予測による計画に対し、この計画値を逸脱する場合に充放電することで補償する。
周波数調整	系統の電圧周波数が低下した場合に放電し、上昇した場合に充電することで周波数変動を調整する。

(6) 自立運転機能 (非常用電源) 系統が停電した場合のバックアップ電源として、電池直流電源から交流電源 (一定電圧・周波数) に変換し、非常用電源として負荷給電する機能である。

(7) 周波数調整機能 交流端電圧の周波数を監視し、周波数の変化量に対応する有効電力調整量を演算し、PCSの出力を自動調整する機能である。

(8) FRT (Fault Ride Through) 機能 系統電圧異常時にPCSの一斉不要解列を防止するため、指定される電圧低下率・時間の範囲内で運転を継続する機能である。

(9) 定電圧充電機能 LiBへの定電力充電時、過電圧による電池破損・劣化防止を目的に、規定電圧 (充電未付近) となった場合に定電圧充電に切り替える機能である。

3.4 適用用途例

蓄電システムは、再生可能エネルギーとの並列接続運用、非常用電源運用など様々な用途に適用される。第5表にその用途例を示す。

4. む す び

LiB蓄電システムは、経済的・長寿命・設置性に優れ、豊富な用途に適用できることから、近い将来大きく普及することが期待される。今後、当社もLiB蓄電システムに不可欠である製品開発を進めていく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



寺本 学 Manabu Teramoto
電力変換装置のエンジニアリング及び品質管理業務に従事