

特 集 論 文

電池電力貯蔵用パワーコンディショナの開発

Development of the Power Conditioner for Battery Energy Storage

張 金 林* 綾 部 宏 規*
J. Zhang K. Ayabe
長谷部 孝 弥*
T. Hasebe

概要

今後普及が見込まれる再生可能エネルギー発電の出力安定化や、スマートグリッド向けの系統安定化用途などに需要が見込まれる電池電力貯蔵用パワーコンディショナの開発を行ったので紹介する。

Synopsis

We introduce a power conditioner using battery for stabilization of the renewable energy generation and system stabilization of the smart grids.

1. まえがき

2012年7月から施行された再生可能エネルギーの固定価格買取制度の実施により、太陽光発電システムの市場が急速に立上り、当社の太陽光発電用パワーコンディショナ (SOLARPACK 100/250/500) についても需要が高まっている。一方、太陽光発電システムの普及に伴い、電圧変動や周波数変動等、電力系統品質へ影響を及ぼす問題も発生し、様々な対策が検討されている。そのひとつの手段として電池電力貯蔵システムが注目されている。当社はこれまで数百kWクラスの負荷電力平準化装置および、離島系統へ連系される風力発電システムの安定化において実績がある。今回、新たにレドックスフロー電池を用いて太陽光発電システムの日射変動に伴う短時間変動対策と負荷電力を計画的に調整するための長時間変動対策が両立できる電池電力貯蔵用パワーコンディショナ (以降:電池電力用PCS) を開発したので、紹介する。

2. システム概要

図1に、電池電力用PCSを用いた安定化システムの全体構成を示す。本システムは電池電力用PCS及び二次電池システム (以下電池システム) から構成され、太陽光発電システムと商用電力系統に連系される。電池電力用

PCSは電池システム内の電池制御システムから出力される電力指令に基づいて電池の充放電を行っている。電力指令は、太陽光発電システムの出力変動の平滑化や、あらかじめ定めた計画出力に追従するように演算されたものであり、電池電力用PCSはこの指令に高速追従することで、負荷電力の安定化を図ることができる。

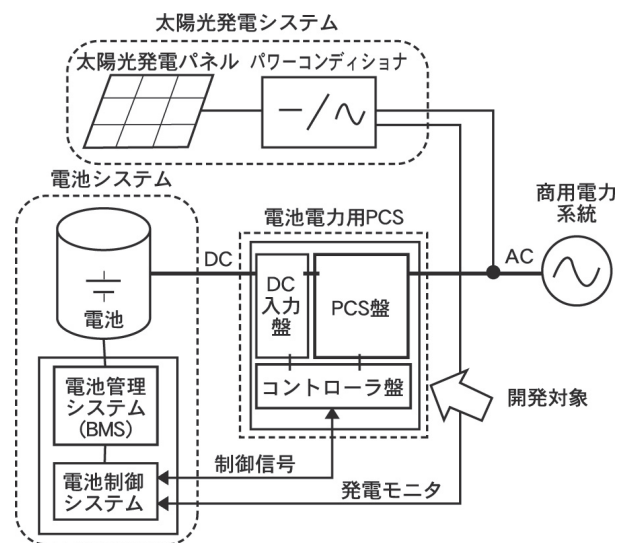


図1 電池電力用PCSを用いた安定化システム構成

*新エネルギー・環境事業本部

3. 装置仕様と機能

3.1 装置仕様

表1に今回開発した電池電力用PCSの基本仕様を、図2に装置外観を示す。

表1 電池電力用PCS基本仕様

項目	仕様
制御方式	自励式電圧型PWM方式
使用素子	IGBT
冷却方式	強制風冷方式
交流入力電圧	三相3線式 AC420V±10%
定格周波数	50Hz/60Hz ±5%
交流定格出力	250kVA
直流運転電圧範囲	320V~600V (0Vからの初期充電が可能)
効率	95%以上
高調波電流歪率	総合5%以下,各次3%以下
力率	0.95以上(定格出力時)
騒音	70dB以下
標高	1000m以下
周囲温度	-5℃~40℃
設置環境	塩害、塵害、腐食性ガス無し



図2 電池電力用PCS装置外観
(左から コントローラ盤、PCS盤、DC入力盤)

3.2 機能

本装置は、コントローラ盤、PCS盤、DC入力盤から構成されている。電池電力用PCSのシーケンス制御を担うのがコントローラ盤である。電池制御システムや外部機器との通信、アナログ及び接点信号等各種情報の送受信と信号処理を行いながら、PCS盤へ適切な制御指令を行うとともにその状態監視を行っている。太陽光発電電力変動のような短時間変動補償には高速性が要求されるため、制御信号を処理する機器には高速演算対応のものを採用している。また、電池電力用

PCSの過渡的な動作特性や異常発生時の状態解析のため、各入出力データはカード型のストレージメモリに保存できるようにした。さらに電池電力用PCSは、初期に整定すべきパラメータが多く、工場試験や、現地調整の効率化のため、タッチパネルも10.4インチの大型のもの(当社比)を採用した。運転・停止操作は、電池制御システムの他、外部機器から通信で行うリモートモードと、タッチパネルから直接行うローカルモードの2種類のモードを備えており、さらに、緊急時に備え緊急停止ボタンを盤面に配置した。

PCS盤には、250kVAの双方向インバータが内蔵され、コントローラ盤からの充放電電力指令に応じて電力制御を行っている。また本インバータ内部でも、出力電力追従制御応答の高速化を図っている。

DC入力盤は直接電池の直流回路と接続されるため、PCS盤内での短絡事故保護はもちろんのこと、PCSと電池の接続時の突入電流抑制のための電流抑制用抵抗回路を組み込んでいる。

4. 電池電力用PCSの制御方式

電池電力用PCSの主な制御仕様を表2に示す。

電池電力用PCSでは、電池制御システムからの制御要求に対応するため、交流側、直流側において、定電力、定電圧、定電流での充放電制御ができるようにし、様々なモードでの運用ができるようにした。また、完全放電状態の電池への初期充電機能を備えており、レドックスフロー電池への適用も可能とした。以下、各制御方式の詳細について述べる。

表2 電池電力用PCS制御仕様

項目	仕様
1 初期充電制御	電池電圧0(V)から充電可能
2 システム 運転方式	電池充放電制御
	平滑運転制御
	計画運転制御
3 電池電力 PCS 充放電 制御方式	直流/交流定電力充電
	直流/交流定電力放電
	直流定電流充電
	直流定電圧充電(フロー充電)
4 電力制御応答	100msec以下
5 通信情報	電池制御信号,設定信号(受/発信)

4.1 初期充電制御

初期充電制御フローを図3に示す。本制御では、あらかじめ整定しておいた設定電圧までインバータユニット内蔵のダイオードによる整流充電を行い、設定電圧到達後、定電圧充電に移行する。移行後は、一定

期間経過後もしくは、最小充電電流到達のいずれかの条件で初期充電完了と判断し、待機に移行する。

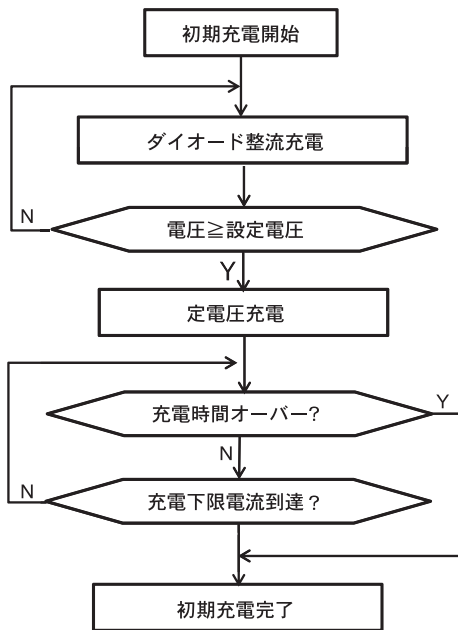


図3 初期充電制御フロー

4.2 電池充放電制御

電池の充放電制御は図1に示したように電池制御システムからの制御信号である充電・放電指令(値)により行っている。電池電力用PCSは、この指令に基づき、表2の3に示すいずれかの充放電方式へと移行し、その方式の終止条件到達後に待機に移行する。

4.2.1 充電制御

充電指令の受信により、定電流制御もしくは定電力制御にて運転が開始され、あらかじめ整定された直流電圧に到達することで、待機に移行する。充電制御フローを図4に示す。

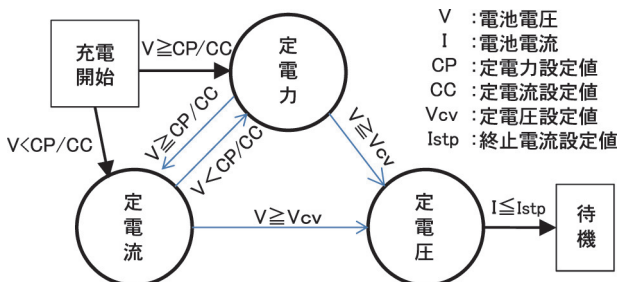


図4 充電制御フロー

4.2.2 放電制御

放電指令の受信により、定電流制御もしくは定電力制御にて運転が開始され、あらかじめ整定された放電下限電圧到達により待機に移行する。

放電制御フローを図5に示す。

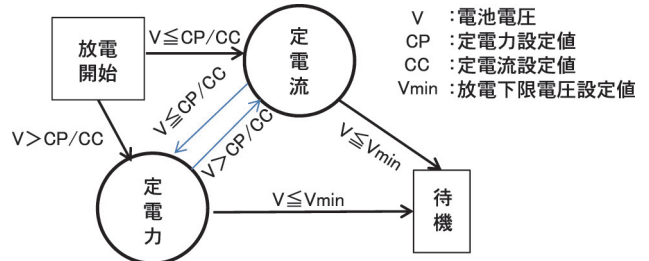


図5 放電制御フロー

4.3 平滑運転制御

太陽光発電の変動抑制のため、以下に示す平滑運転を行う。応答遅れなく計測された太陽光発電の発電電力計測値(PV出力)を、平滑化の平滑度(なめらかさ)を決定するフィルタを通すことで変動の少ないPV出力の目標値を算出、実発電電力(PV出力)との差を電池電力用PCSから発生させる方式である。図6に平滑運転制御フローを示す。

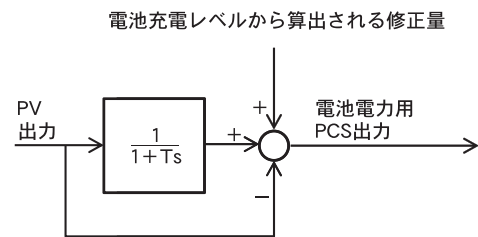


図6 平滑運転制御フロー

4.4 計画運転制御

太陽光発電出力と電池充放電電力の合成電力を、あらかじめ計画された負荷電力指令に追従させる制御である。図7に示すとおり、太陽光発電の発電電力計測値(PV出力)と、目標とする計画負荷電力指令値(合成出力指令値)との差分を電池電力用PCSの充放電指令値とするものである。

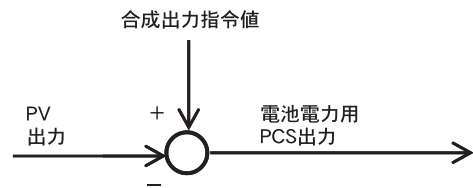


図7 計画運転制御フロー

5. 制御応答性能

平滑運転及び、計画運転を良好に行うためには電池電力用PCS出力の高速な追従・応答性能が要求される。今回レドックスフロー電池用として指令値の90%到達時間において100msec以内の応答性能を実現するため、下記項目の最適化を図った。

- ① 電力制御指令値用LPFの時定数
- ② 電力制御ゲイン
- ③ 電流指令値用LPFの時定数
- ④ 有効電力検出用LPFの時定数

上記の4点において、それぞれの時定数のマッチングが良好でないと、過電流や過電圧、交流出力の発振現象など制御が不安定になり、制御性能及び応答性の悪化の要因になる。今回、各制御定数の最適化を行い、効果確認を行った。検証条件としては充電、放電モードにおける交流電力のステップ応答（充電/放電0-250kW）を指標とした。

充電時、放電時それぞれの応答波形を図8、図9に示す。

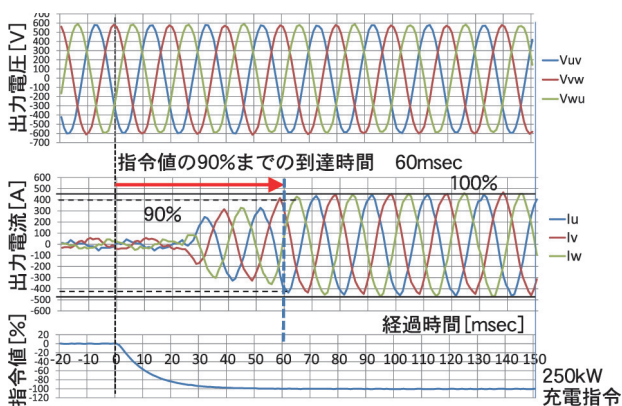


図8 充電応答速度測定結果

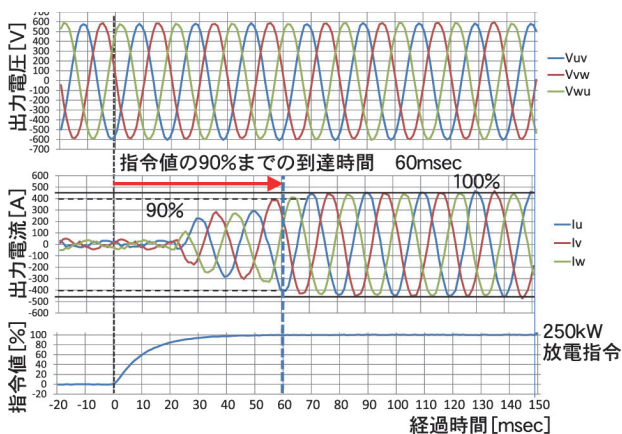


図9 放電応答速度測定結果

充電、放電とも定格の90%（225kW）までの出力応答速度が60msecであり、100msec以内の応答性能を実現することができた。

6. フィールド試験

今回開発した電池電力用PCSを住友電気工業株式会社 横浜製作所に設置された太陽光発電設備およびレドックスフロー電池システムに適用し、フィールドでの運転特性を検証した。

6.1 システム概要

横浜製作所内のシステム概要を下記に示す。

- ① レドックスフロー電池 125kW×8面
- ② 電解液タンク 16基
- ③ 電池電力用PCS 250kW×2面（当社開発品適用）
500kW×1面
- ④ 太陽光発電設備 100kW

開発した電池電力用PCSの外観（屋外収納盤に収納）を図10に示す。またレドックスフロー電池システム全体の外観を図11に示す。



点線内が屋外収納タイプの屋外仕様PCS

図10 レドックスフロー電池用PCS盤設置状況（250kW器×2台 納入）



図11 レドックスフロー電池システム外観⁽¹⁾

6. 2 運転制御例

図12に レドックスフロー電池にて太陽光発電出力変動に対して平滑運転（平滑度設定時定数3600秒）を行った波形例を示す。太陽光発電出力の出力変動が抑制され、また出力の急変に対しても電池電力PCSにより吸収され、滑らかな平滑化出力（合成出力）が実現できていることがわかる。

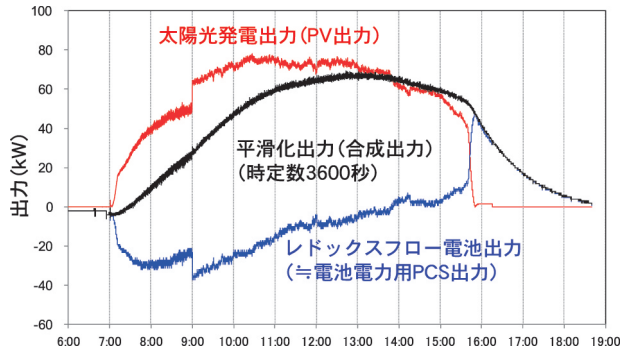


図12 平滑運転波形例 (1)

同じく、図13に同フィールドにおいて負荷電力の計画運転を行った結果を示す。太陽光発電出力の変動を抑制しながら、合成出力（負荷電力）が計画値どおりになっていることがわかる。

(計画運転条件)

- ① 7:00-10:00 計画運転指令値 50kW
- ② 10:00-15:00 計画運転指令値 100kW
- ③ 15:00-18:00 計画運転指令値 50kW

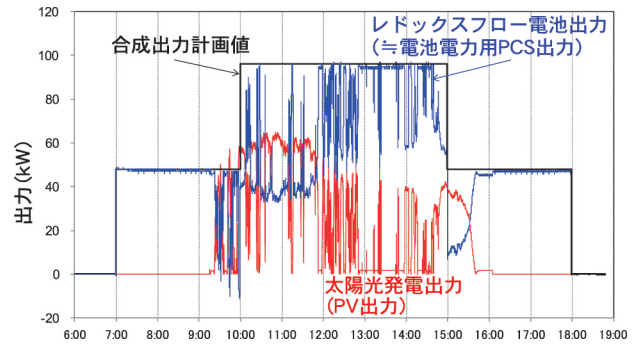


図13 計画運転波形例 (1)

7. あとがき

電池制御システムからの指令や設定値に基づいて電池の充放電を行う電池電力用PCSを開発した。基本的な電池の充放電機能の他に、太陽電池発電電力変動対策である平滑運転機能、および電池と太陽光発電の合成出力の計画運転制御機能を備えている。また開発した電池電力用PCSを住友電気工業株式会社 横浜製作所設置のレドックスフロー電池に適用し、実フィールドでの有効性を確認した。

当社は太陽光発電用パワーコンディショナのメーカーとして、その普及拡大に向け系統品質への課題にも積極的に取組み、太陽光発電の更なる普及促進に貢献する所存である。

参考文献

- (1) 柴田 他:「再生可能エネルギー安定化用レドックスフロー電池」、2013年1月・SEIテクニカルレビュー・第182号、pp.10-17

執筆者紹介



張 金林 Jinlin Zhang
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部
パワーコンディショナ部
開発グループ



綾部 宏規 Kouki Ayabe
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部
パワーコンディショナ部
設計グループ



長谷部 孝弥 Takaya Hasebe
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部
パワーコンディショナ部
開発グループ長