

蓄電システム

村井貴博 Takahiro Murai

キーワード 蓄電システム, 再生可能エネルギー, 系統安定化, BCP

概要



蓄電用交直変換装置

低炭素社会の実現に向けて、太陽光／風力発電に代表される再生可能エネルギーの普及が進み、世界的にその潮流は拡大の一途をたどっている。我が国では再生可能エネルギーの大量導入に起因する電力需給バランスの乱れ、電力系統の出力変動や周波数変動などの影響が懸念されるため、地域によっては再生可能エネルギーの電力系統への接続を制限せざるを得ない状況に至っている。また、2016年4月から予定されている電力小売りの自由化やその後の発送電分離によって、これまでのエネルギーの需要と供給の関係は大きく変化すると考えられる。再生可能エネルギーの拡大は我が国のエネルギー政策上、重要な位置付けであり、電力系統の安定化は喫緊の技術課題である。この課題を解決する有力な手段の一つのとして、蓄電システムがより一層注目されている。

1 まえがき

地球規模の気候変動を抑制するために、CO₂排出量削減のための種々の取り組みが国内外で広がりを見せている。発電分野では、CO₂を多量に放出する化石燃料による火力発電の供給比率を低下させるべく、太陽光／風力発電を代表する再生可能エネルギーの拡大が世界的に顕著である。

我が国でも2012年7月に施行された再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)の後押しによって、それら発電量は飛躍的に向上している。

また、未曾有の被害をもたらした2011年3月の東日本大震災以来、それまで安定的な電力供給源としていた原子力発電所が長期間停止している状況は、我が国にとってのエネルギー政策の在り方を見直すことになった。特に災害時のエネルギー供給源の確保は、地域や家庭といった小コミュニティでも重要

課題となっている。

一方、再生可能エネルギーとして広く普及している太陽光／風力発電は、日射・風況によって発電出力が大きく変動する特性を有し、電圧上昇・周波数変動・需給アンバランスなど、電力系統の安定的な運用に悪影響を及ぼすことが懸念される。そのため、電力系統の安定的な運用に関する実証研究などが既に各地域で進められており、技術課題を解決する一つの手段として蓄電システムの利用が注目され、実運用のフェーズを迎えつつある。

本稿では、蓄電システムのキーコンポーネントである蓄電用交直変換装置(PCS: Power Conversion System)と系統安定化用途として海外へ展開した蓄電システムの適用事例を紹介する。

2 蓄電用PCS

2.1 特長

- (1) 単機250kVAのPCSを最大8台(2MVA)までの並列運転と細かな容量選択ができ、個々の設備規模に最適な容量を提供できる。
- (2) 従来の負荷平準化だけでなく、自然エネルギーの変動緩和機能や系統電圧調整、周波数変動緩和機能などの新機能を有している。

第1表 PCS装置仕様

PCSは、国内及び海外の規格を準拠している。

	項目	定格・性能	
主要諸元	定格装置容量	250kVA～2MVA	
	定格の種別	A0：100%連続	
	インバータ制御方式	自冷式電圧形電流制御PWMインバータ	
	絶縁方式	商用周波絶縁変圧器方式	
	変換効率	95%以上	
	環境	冷却方式	強制風冷
		周囲温度	0～40℃
		相対湿度	15～85%
		耐震	水平1.0G, 垂直0.5G
		寸法	W1600×H1950×D700mm
	質量	2000kg	
	準拠規格	JEC2440, JEC2433 EN50178, EN61000-6-2, -4 EN50160, IEC60146-1-1	
連系運転仕様	交流	相数	三相3線
		定格電圧	400V級
		電圧変動許容範囲	定格電圧-12～10%
		定格周波数	50又は60Hz
		周波数変動許容範囲	定格周波数±6%
		有効電力制御範囲	-100% (充電)～0～+100% (放電)
		無効電力制御範囲	-100% (遅れ)～0～+100% (進み)
		電力制御精度	±1%
	電流高調波含有率	総合5%以下, 各次3%以下	
自立運転仕様	直流	電圧範囲	240～600V
	交流	相数	三相3線
		定格電圧	400V級
		定格周波数	50又は60Hz
		定格負荷率	遅れ0.9～1.0
		電圧制御精度	±3%以内
		周波数制御精度	±0.1%以内
	電圧高調波含有率	3%以下	
	直流	電圧範囲	240～600V

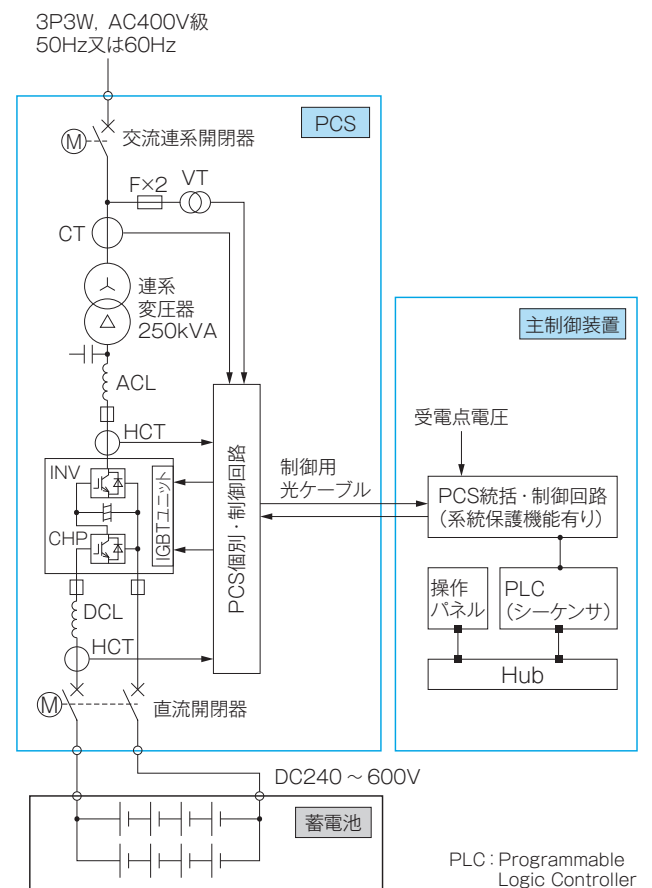
(3) 自立運転機能を有し、非常用発電機を代替えして事業継続計画 (BCP: Business Continuity Plan) に対応できる。

(4) PCSの電池側に双方向チョッパを搭載し、幅広い電圧範囲に対応する。リチウムイオン電池・鉛蓄電池・リチウムイオンキャパシタ・レドックスフロー電池・デュラソン電池 (ゼブラ電池) など多種多様な蓄電媒体を直流電源とし、要求されるアプリケーションに対して最適な蓄電池を選択できる。

(5) EU指令である低電圧指令 (EN50178) 及びEMC指令 (EN61000-6-2, EN61000-6-4) に適合するほか、国内規格にも対応した製品展開をしている。

2.2 装置仕様及び回路構成

第1表にPCS装置仕様として電気・構造・環境仕様を、第1図にPCS (主制御装置含む) の回路構成を示す。PCSは交流連系開閉器・直流開閉器・フィルタ、インバータとチョッパ一体式のIGBT



第1図 PCS (主制御装置含む) の回路構成

1つの主制御装置につき、PCSは最大8台並列まで構成できる。

(Insulated Gate Bipolar Transistor) ユニット及び PCS 監視制御シーケンサ・操作パネルなどの主制御装置部から構成される。

2.3 主な機能

PCS の基本運転モードを以下に紹介する。また、**第 2 表**に PCS が有する主な制御機能及び機能概要を示す。

2.3.1 連系充放電運転

商用系統に連系し充放電を行う運転モードである。制御権が「直接」の場合は、操作パネル上の電力設定値に従い任意の充放電を行う。制御権が「遠方」の場合は、上位系から与えられる電力指令値に従い任意の充放電を行う。電力指令値が与えられていない場合は、インバータをゲートブロックすることで待機モードとし、スイッチング損失を 0 にする。

第 2 表 制御機能及び機能概要

PCS は、系統保護機能・系統安定化機能・蓄電池制御機能など多彩な機能を有している。

制御機能	機能概要
系統連系保護機能	系統異常時にインバータをゲートブロック、交流連系開閉器を開放し、系統から解列する機能である。保護要素は交流過電圧・交流不足電圧・周波数上昇・周波数低下・単独運転検出(受動・能動)を有する。外部のリレー接点の取り込みにも対応する。
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。
系統連系時突入電流防止機能	系統連系時、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防止するため、あらかじめ PCS の出力電圧を系統と同期させた後、系統連系する機能である。
再生可能エネルギー潮流変動緩和機能	太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーで発電した電力を平滑化する機能である。再生可能エネルギーから出力される電流を検出し、蓄電池の充放電制御を行い、潮流変動を平滑化する。
負荷変動緩和機能	負荷側の電流を検出し、蓄電池の充放電制御を行い、負荷側の潮流変動を平滑化する。
蓄電池リフレッシュ運転	蓄電池の SOC (State Of Charge) を適正化するために、CV (定電圧) 充電を伴う運転モードである。蓄電池のリフレッシュ運転やリセット充放電とも表現される。
SOC による電力分配制御	並列システムで蓄電池の SOC の差分を軽減するため、充放電指令値を各 PCS へ最適分散する制御である。

2.3.2 自立運転

商用系統が停電などで電源を喪失したときに、蓄電池を利用して、負荷に対して一定電圧・周波数の給電を行う運転モードである。1 台あたり 250kVA の PCS を最大 8 台並列して、最大 2MVA で自立運転できる。非常用発電機の代替電源として利用することができ、数秒という短時間で起動できる点は非常用発電機よりも優れている。

3 蓄電システムの利用方法及び活用シナリオ

蓄電システムの利用方法は、大きく分けて「ピーク負荷の平準化」、「再生可能エネルギーの出力変動対策・余剰電力対策」、「系統安定化」の 3 つである。

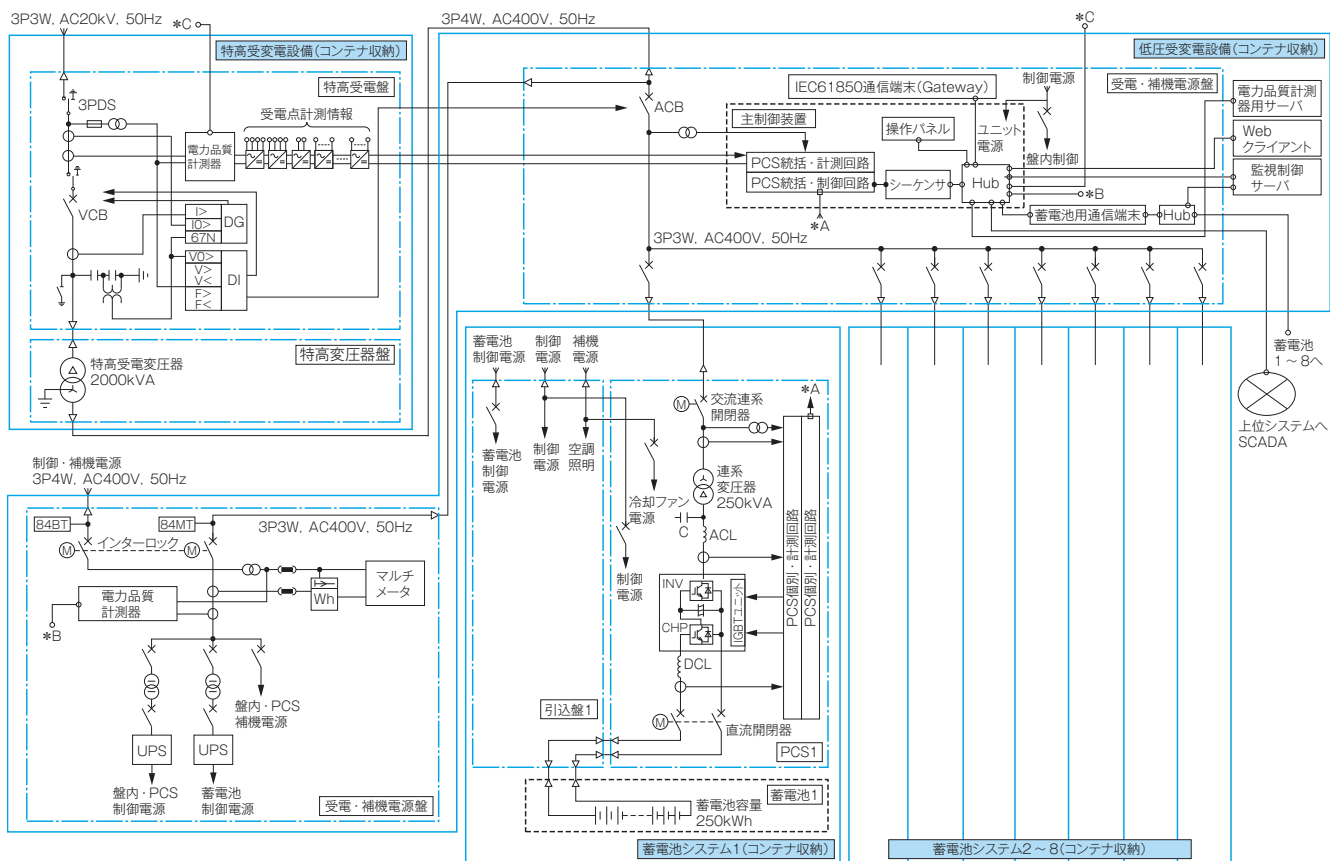
既に海外では蓄電池の需要が顕在化しつつあり、ISO (Independent System Operator) など海外の電力系統運用者の中には、将来の普及を見越して蓄電池を活用するための条件整備を開始している例がある。一方、国内でも再生可能エネルギーに蓄電システムを併設することで、電力系統へ接続できる再生可能エネルギーの容量を拡大する政策を打ち出している。

蓄電システムがそのほかの分散電源と異なるのは、マイナスの発電(いわゆる充電)ができる点である。余剰電力を蓄電システムで吸収できるため、従来発電(火力・水力)で実現していた LFC (短周期変動調整) を蓄電システムで担うことができる。このように、発電を伴わずに需給調整できる点が蓄電システムの最大のメリットと言える。

またバックアップ電源としての活用は、需要家単位の BCP を観点としたものから、コミュニティの活動維持など幅広いシナリオに適用できる。

4 蓄電システムの適用事例

当社は、欧州市場で系統安定化用途に蓄電システムを構築した。



第 2 図 システム構成例

システムは、特高受変電設備、PCS、受電・補機電源分岐盤、監視制御装置などで構成され、上位のSCADAから運転・制御指令を受ける。

4.1 システム構成

第 2 図にシステム構成例を示す。特高受変電設備、PCS250kVA×8台並列、受電・補機電源盤、監視制御及び屋外収納用コンテナなどによって構成される。欧州市場向けのため、各構成装置はCEマーキング適合品である。

本システムは受配電事業者が運用するもので、システムの監視制御を行うSCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) と接続するため、国際標準規格であるIEC61850をベースとした通信プロトコルを採用している。本システムでは、SCADAの制御指令に対して約300msという高速な応答性を実現している。

さらに商用系統喪失時の非常運転や自立運転、システムの自動シャットダウンなど、様々な機能を有する。

4.2 システム安定化機能

本システムは、太陽光／風力発電などの再生可能

エネルギーが数多く接続された不安定な電力システムの末端部に接続され、電圧や周波数変動などを抑制してシステムを安定化することが期待されている。第 3 表に本システムが保有するシステム安定化機能を示す。

4.3 遠隔監視制御機能

本システムは遠隔監視制御機能を監視制御サーバ (Remote control server) 内に有し、SCADAの予備機の役割を持つ制御サーバとして運用している。また、Remote control client (Webクライアント) にSCADA同等の制御指令とシステム監視のためのユーザインタフェース (Web GUI) を有する。第 3 図にWebクライアント画面一例を示す。

これらの遠隔監視制御機能はSCADA故障時や通信スタック時、及びメンテナンス時に利用するためのものである。SCADAと同等の機能を有するため、システム冗長化と同等のメリットを提供する。

Webクライアントを介して、サーバ内に格納さ

第3表 系統安定化機能

システムは多様な系統安定化機能を有し、運用者が系統の状況に応じて機能のON/OFFを任意に設定する。

機能	用途
電圧不平衡補償機能	受電点の電圧不平衡を軽減するように電圧検出値から逆相電圧を抽出し、逆相電流を決定する。本機能が有効化された場合は、システム側で自律的に制御する。
電圧瞬低補償機能	FRT領域における電圧低下が起きた時に、システムは出力可能な上限値で有効電力を放電する。本機能が有効化された場合は、システム側で自律的に制御する。
高調波補償機能	受電点の電圧高調波を軽減するように電圧検出値から高調波成分を抽出し、5・7次の高調波電流を決定する。本機能が有効化された場合は、システム側で自律的に制御する。
電圧調整機能	受電点の電圧検出値が不感帯から逸脱した場合、電圧が範囲内に収束するよう無効電力出力を自律的に行う。調整機能はあらかじめシステムに設定した算出式に従う。
周波数調整機能	受電点の周波数検出値が不感帯から逸脱した場合、周波数が範囲内に収束するよう有効電力出力を自律的に行う。調整機能はあらかじめシステムに設定した算出式に従う。
負荷平準化機能 需給調整機能 力率補正機能	これらの機能は、SCADAからのP、Q制御指令で制御される。システムが指令に従い充放電することで、結果的に系統安定化を実現する機能である。
各機能の優先度制御	上記2種類以上の機能が有効化された場合は、機能の干渉や不適切な動作を避けるために、機能の優先度を決定する制御ロジックがシステムに組み込まれている。

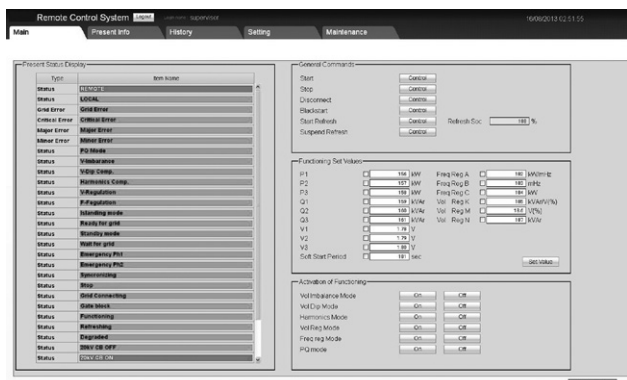
れた各種ロギングデータやトレンドグラフを遠隔地から抽出することができる。ロギングデータを解析することで、トラブルの原因を早期に究明することができ、システム運用時のメンテナンス性が格段に向上する。

5 むすび

系統安定化やBCPなどを用途として、蓄電システムは実用化のフェーズを迎え、近い将来に広く普及することが期待される。一方で、システムの運用効率向上やコスト低減など、普及させる上の課題も表面化している。

また、電力小売り自由化や発送電分離など我が国のエネルギー政策が転換期を迎えることもあり、蓄電システムの市場は、今後加速的に拡大することが予想される。当社はこれまでの経験で培ってきた技術と知見に基づき、蓄電システムのキーコンポーネントとなるPCSの製品開発を積極的に進め、付加価値の高いシステムを提供する所存である。

・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。



第3図 Webクライアント画面一例

Webクライアントは、システムのリアルタイム計測表示、SCADA同等の監視制御を行う機能を兼ね備えている。

執筆紹介



村井 貴博
Takahiro Murai

エネルギーシステム部
電力変換装置のエンジニアリング業務に従事