特集論文

PV・EV連携パワーコンディショナ

土本直秀* 奥田達也**
春日井 誠* 泉 喜久夫**
久保山 裕*

PV Inverter and EV Charger−Discharger Linked by AC Power Line

Naohide Tsuchimoto, Makoto Kasugai, Yutaka Kuboyama, Tatsuya Okuda, Kikuo Izumi

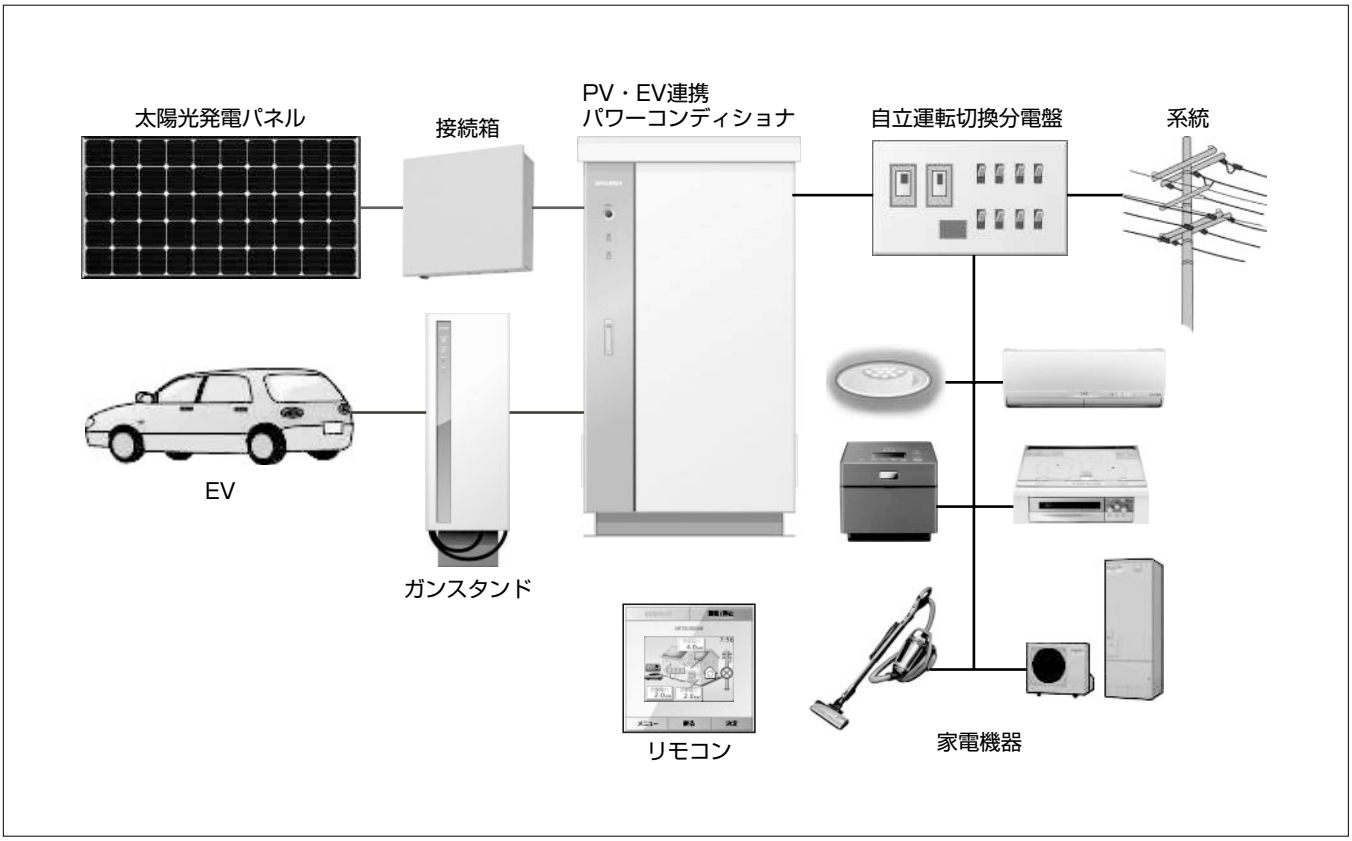
要 旨

2011年3月11日に発生した東日本大震災以降，災害などの停電時でも一定期間は家電機器の使用に困らない生活が強く望まれてきており，一般消費者の意識も安全・安心を求め大きく変化してきている。

停電時の電力供給を実現する手段として，太陽光発電(Photo Voltaic：PV)といった自然再生エネルギーを活用する発電手段が有効であるが，発電量が天候に左右され，夜間は発電できないなどの課題もあり，蓄電池を併用したシステムがより有効な手段と考えられる。一般家庭向けに蓄電池も多く市販されているが容量が小さいため，電気自動車(Electric Vehicle：EV)に搭載されている大容量の蓄電池を活用することでより多くの電力が扱えるようになり，電力変動や住宅内への電力供給に対して，より安定かつ長期間の対応が可能となってくる。

PVとEVを連携したパワーコンディショナは，PVで発電した電力を住宅内の家電機器，系統，EV搭載蓄電池に供給することが可能である。電力需要の少ない夜間にEV搭載蓄電池を充電し，電力需要の多い昼間に放電するなど，状況に応じた電力制御が可能となる。さらに，停電時は，自立運転切換え分電盤と連携して動作することで系統との遮断後にEVから家電機器への電力供給が可能となる[(1)(2)]。

本稿では，PV・EV連携パワーコンディショナのシステム構成，機能のほか，これを用いた実証試験結果について述べる。



PV・EV連携パワーコンディショナのシステム構成

PVパワーコンディショナとEVパワーコンディショナを内蔵し，交流側で連携したPV・EV連携パワーコンディショナは，災害などによる停電時にPV発電電力とEV搭載蓄電電力によって宅内家電への電力供給を可能とした。また，PV発電電力の余剰電力をEVに充電し，かつ家電消費電力を制御することによって，停電時も一定期間宅内家電への電力供給が可能となる。

*中津川製作所 **先端技術総合研究所

1. まえがき

東日本大震災以降，災害などの停電時でも，一定期間家電機器の使用に困らないだけのエネルギーの自給自足が可能なシステムが強く望まれている。また，供給電力不足による電力需給逼迫(ひっぱく)時の節電要求や計画停電時でも，快適性と節電の両立が可能なシステムへの関心が高まっている。

これらを実現する手段として，再生可能エネルギーである太陽光発電システムが有効であるが，発電量が天候に左右される，夜間は発電できないなどの課題があった。

こうした背景のもと，太陽光発電と電気自動車の蓄電池を利用することで，天候や時間に左右されず，住宅内の家電機器に電力供給可能なPV・EV連携パワーコンディショナ(以下“PV・EV連携パワコン”という。)を開発した。PV・EV連携パワコンは，電気自動車に搭載されている大容量・高出力の蓄電池を活用することで，より安定かつ長期間の電力供給が可能となる。

本稿では，PV・EV連携パワコンのシステム構成，機能のほか，これを用いた実証試験結果について述べる。

2. PV・EV連携パワコンのシステム構成

2.1 システム構成

図1にPV・EV連携パワコンのシステム構成を示す。PV・EV連携パワコンには，出力4kWの太陽光発電用パワコン(PVパワコン)と出力3.5kWのEV用パワコン(EVパワコン)が搭載されている。太陽電池の発電電力は，接続箱を通してPVパワコンに供給され，交流電力に変換される。EVの蓄電池は，CHAdeMO(注1)に準拠した専用のケーブル付きコネクタによって車両と接続され，EVパワコンを介して，住宅内負荷への電力の供給及びPVと系統からの充電を行う。電力会社から単相3線式200Vの商用系統が，住宅用分電盤の主幹漏電ブレーカ(電力会社によっては系統側に契約ブレーカを設置することもある)によって引き込まれ，分岐ブレーカで住宅内負荷に分配される。PV・EV連携パワコンシステムでは，自立運転切換え用分電盤を商用系統の引込み部に設置し，PVパワコン，EVパワコンの交流側をこの分電盤に接続するAC連携の形態とすることで，商用系統及び住宅内負荷と電気的に接続される。

システムの運転は，使用者のリモコン操作によって，PV・EV連携パワコン内のEMコントローラが管理する。系統が正常な場合，各パワコンは系統連系運転を行い，住宅内負荷への電力供給やEVへの充電を行う。停電など系統が異常な場合，自立運転機能によって，系統連系時に使用していた同一負荷にパワコンから電力を供給することができる。

(注1) CHAdeMOは，東京電力㈱の登録商標である。

2.2 系統連系運転

電力会社の系統が正常な場合，EMコントローラが分電盤の受電部電圧が正常であることを監視し，通常運転モードとして系統連系運転を行う。EVから住宅内負荷への供給，また，商用系統からEVへの充電は，リモコンによる使用者の操作によって運転モードを切り換える。

EVパワコンの出力電力は，系統側への流出(逆潮流)が認められていないため，分電盤に設けた逆潮流検出用変流器(CT)によって，系統側へ逆潮流しないようEVパワコンの交流出力電力を制御している。一方，太陽電池の発電電力は通常系統側への逆潮流が認められ，余剰電力を売電する。

2.3 自立運転

連系運転中に，停電など系統に異常が発生した場合，各パワコンは，それぞれに搭載している連系保護機能が動作して運転を停止する。EMコントローラは停電であることを認識し，使用者に対してリモコンに自立運転への移行を表示する。使用者が自立運転への移行を決定すると，分電盤内の自立運転切換え用電磁接触器(MC)を開放状態にし，系統側と解列する。なお，MCは系統連系規程[3]に従い，機械的開閉箇所として2個設けている。

自立運転は，EVパワコンが電圧源として系統と同じ周波数の電圧を出力し，PVパワコンはこの電圧位相に同期した電圧を出力することで，系統連系時に使用していた同一負荷にパワコンの出力可能範囲内で電力を供給することができる。

また，EVパワコンの出力電圧はAC200Vであるため，200Vを100Vに分圧する単巻きトランスをEVパワコンの出力と並列に接続し，単相3線式の中性点と電源に接続される100V負荷にも電力を供給する。さらに，自立運転時に，単巻トランスの中性点を接地することで，漏電事故時の

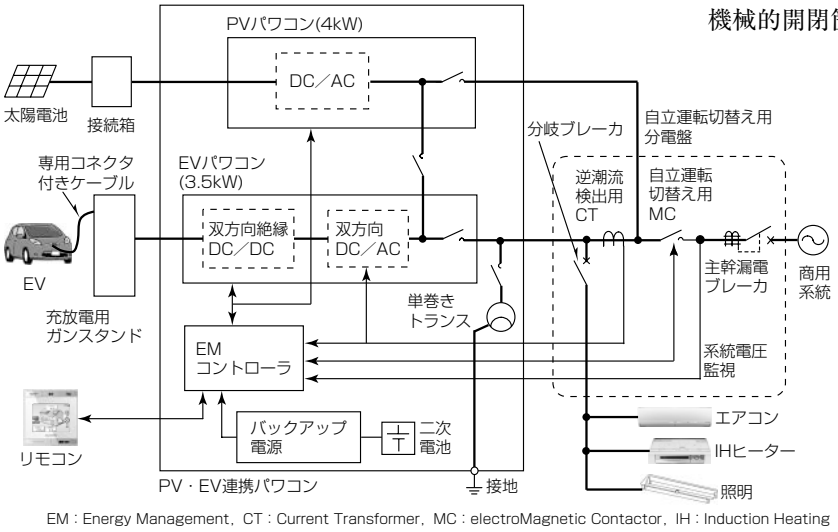


図1．システム構成

感電防止を図っている。さらに，使用者が留守の時に長時間停電が発生した場合，PV・EV連携パワコン内の制御電源に一定時間電力を供給するための二次電池によるバックアップ電源を設けている。

3. PV・EV連携パワコンの機能

系統連系運転の場合，各家庭では，住宅内の家電機器を使用する際に，電力系統から電力を買電する。PV・EV連携パワコンは，PV発電機能，EVを充電する機能，及びこの買電量を使用者の要求に従って制御する“買電制御機能”を持っている。また，停電時など，系統が異常な場合には，使用者の要求に従って，PVの発電電力とEVに搭載された蓄電池の電力を住宅内の家電機器に供給することで停電時の家電器機の使用を可能とする，又はPVの発電電力を家電機器に供給せず，EVを充電することだけに使用することで，停電時のEVの使用を可能とする“自立運転機能”を持っている。系統連系運転時，自立運転時のそれぞれについて，PV・EV連携パワコンが持つ主な機能(**表1**)を，次に述べる。

3.1 系統連系運転時の機能

3.1.1 PV発電機能

EVの充放電を実施せず，PV発電電力を住宅内の家電機器へ供給する，又はPV発電電力の余剰電力を電力系統へ逆潮流する(売電)機能である。従来のPVパワコンと同等の動作を実現している。EVの蓄電容量が十分で，かつEV使用予定があり，EVの蓄電容量を減らしたくない場合などにこの機能を使用する。なお，PV発電は，PVの発電電力がある場合には，他機能で動作している間も常時継続的に実施される。

3.1.2 EV充電機能

EVに搭載されている蓄電池は，寿命や安全性の観点から，その充電電力を制御する必要がある。この機能では，EVの充電を，EVに搭載される蓄電池管理システムからの充電電力指令に従って実施し，蓄電池の寿命や安全性を確保する。PVが発電している場合には，PVと電力系統からEVの充電電力が供給される。PVが発電していない場合には電力系統からEVの充電電力が供給される。充電は，使用者による充電停止要求がない場合には，EVの蓄電池が満充電になるまで継続し，満充電となった場合には，リモコンに“EVの蓄電池容量が上限に達しました”との表示を行い，自動的に充電を停止し，PV発電だけを行うよう動作する(**図2**(a))。

表1．システムの主な機能

系統との接続状態	機能
連系運転	PV発電機能
	EV充電機能
	買電制御機能
自立運転	EV充電機能
	宅内家電供給機能

3.1.3 PV・EV連携充放電機能(買電制御機能)

この機能では，電力系統からの買電電力を，使用者の設定値以下になるようにEVを放電制御する。PVが発電している場合には，(住宅内家電消費電力－PV発電電力－EV放電電力)≦買電電力設定値になるように制御し，PVが発電していない場合には，(住宅内家電消費電力－EV放電電力)≦買電電力設定値になるように制御する。この機能を選択することによって，電力系統からの買電電力を抑制することができるため，電力ピークシフトへ貢献することができる。なお，買電電力設定値は使用者が設定するが，買電電力設定値＝0kWとすることも可能である。買電電力設定値＝0kWとすると，PV，EVによって家電機器への電力供給が全て賄える場合には，電力系統からの買電電力を0kWとすることができる。すなわち，ゼロエミッション動作が実現可能となる(**図2**(b))。

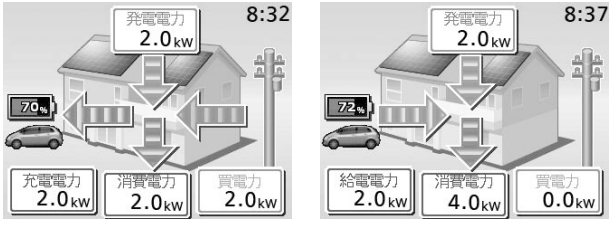
3.2 自立運転時の機能

3.2.1 EV充電機能

この機能は，自立運転時に全PV発電電力をEVの蓄電池に充電するものである。なお，EVの充電を最優先にしているため，家電機器への電力供給は停止される。EVの蓄電池が満充電になると，連系時と同様にリモコンにその内容が表示され，自動的に装置を停止する。災害による停電時などにEVの使用予定がある場合に使用する。

3.2.2 PV・EV連携充放電機能(宅内家電供給機能)

この機能は，自立運転時にPV発電電力とEV放電電力によって，住宅内の家電機器へ電力を供給する。(PV発電電力＞住宅内家電消費電力)の場合には，PV余剰電力をEVの蓄電池に充電し，(PV発電電力＜住宅内家電消費電力)の場合には，PV発電電力で賄いきれない住宅内家電消費電力を，EVから給電する。すなわち，PVの余剰電力が発生した場合には，EVの蓄電池へ充電を行うことによって，EVの蓄電容量の急速な低下を防止し，蓄電池容量不足による動作不能となるリスクを低減している。このような動作を実現するためには，PVの余剰電力の有無によって，EVの充放電を切り替える必要が生じるが，この装置では，EVの充放電を，装置を停止することなくシームレスに切り替えられるようにしたため，充放電切換え時に家電機器への電力供給を停止することがない。これによって，自立運転時に家電機器への電力の安定供給を実現しつつ，かつ，



(a) EV充電機能　(b) 買電制御機能

図2．連系時制御機能の表示例(リモコン画面)

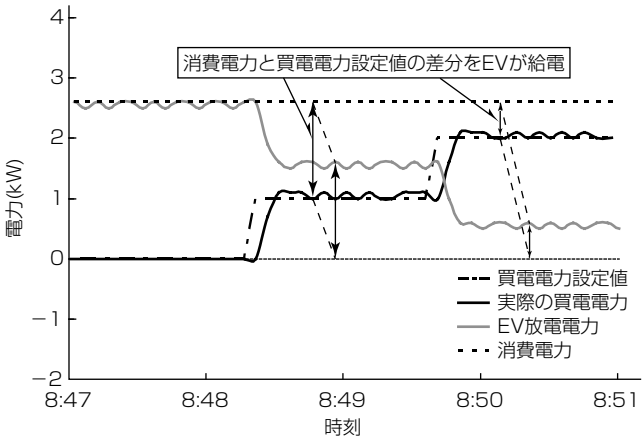


図3．買電制御機能実施時の電力グラフ

家電機器の電力を制御することによって，PVの余剰電力量を調整することで，一定期間の自立運転が可能となる。

4. 実 証 試 験

現在，PV・EV連携パワコンは，実証試験用スマートハウスなどに設置され，実証試験が進められている。ここでは，連系時，自立時のそれぞれについて代表的な実証試験結果を述べる。

4.1 連系時の買電制御機能実証試験

図3は，買電制御機能の実証試験で，買電電力設定値を任意に変化させ，実際の買電電力をモニタした結果である。この結果で，PV・EV連携パワコンは，買電電力設定値と住宅内家電消費電力の差分をEVから放電することによって，実際の買電電力を買電電力設定値に制御することを実証した。

4.2 自立時の宅内家電供給機能実証試験

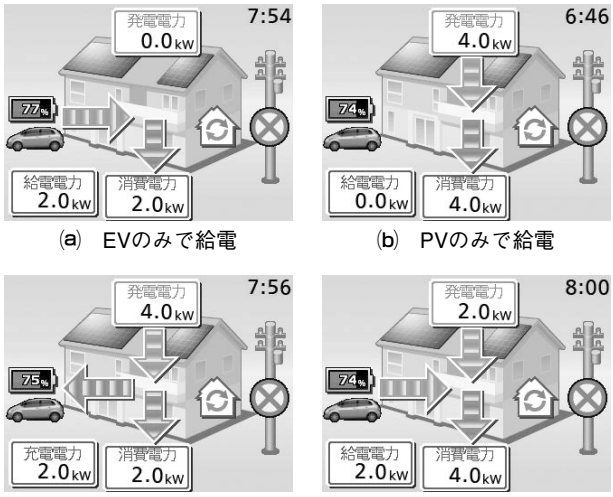
宅内家電供給機能では，住宅内の家電機器の消費電力とPVの発電電力の状況が大別して4パターンあるため，実証試験では，それぞれのパターンに応じてEVの充放電電力を確認する必要がある。電力状況のパターンとしては，

①PV発電電力＝0kW(**図4**(a))
②住宅内家電消費電力＝PV発電電力(**図4**(b))
③住宅内家電消費電力＜PV発電電力(**図4**(c))
④住宅内家電消費電力＞PV発電電力(**図4**(d))

がある。それぞれのパターンで，EVの充放電動作としては，

①EVを放電し，住宅内家電消費電力を全てEVから賄う
②EVの充放電を停止する
③PVの余剰電力をEVに充電する
④EVを放電し，PVの発電電力で賄いきれない住宅内家電消費電力の不足分をEVから供給する

の動作を行う。**図5**は住宅内家電消費電力が一定の場合にPVの発電電力が変化した場合の実証試験結果であり，PV発電電力と住宅内家電消費電力の関係によってEVの充放電がシームレスに切り替わることで，家電機器への電力供給を安定に実施しつつ，PVの余剰電力が発生した場合には充電動作を行うことを実証した。



(a) EVのみで給電　(b) PVのみで給電
(c) 余剰電力充電　(d) PV，EVで給電

図4．自立運転時の電力フロー(リモコン画面)

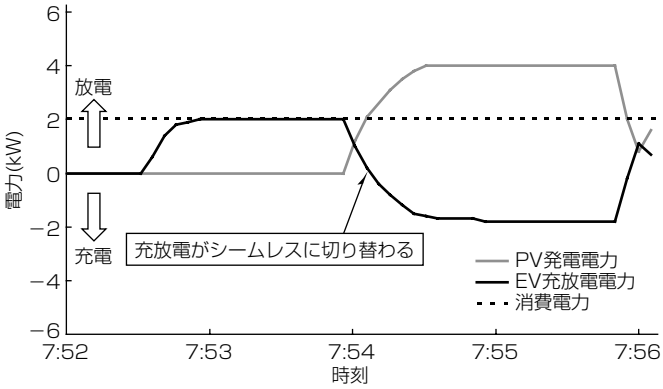


図5．宅内家電供給機能実施時の電力グラフ

5. む す び

PV・EV連携パワコンは，再生可能エネルギーであるPVと大容量蓄電池を搭載したEVを連携して動作させることで，災害などによる停電時に住宅内の家電機器に電力を安定供給できるだけでなく，平常時でも電力ピークシフトなどの電力有効利用が可能となる。今後，実証試験を継続し，早期実用化を目指す。

参 考 文 献

(1) 三菱電機ニュースリリース2013年2月14日：「PV・EV連携パワコン」を開発（2013）
http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2013/pdf/0214-s01.pdf
(2) 川久保　守，ほか：PV・EV連携パワーコンディショナ，三菱電機技報，**86**，No.10，552～555（2012）
(3) 社団法人日本電気協会　系統連系専門部会：系統連系規定（JEAC 9701-2012）