

独立型太陽光発電システムの出力係数に関する検討

川口 博嗣*, 黒川 浩助 (東京農工大学), 野崎 洋介 (NTT 通信エネルギー研究所)

A Study of System Performance Ratio of A Stand-Alone Photovoltaic System

Hiroshi Kawaguchi*, Kousuke Kurokawa* and Yousuke Nozaki**

*Tokyo University of Agriculture & Technology, **NTT Telecommunications Energy Laboratories

1. まえがき

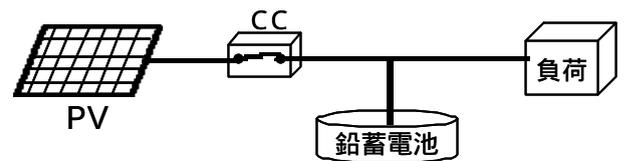
近年、発展途上国の電化を目的としたソーラーホームシステム (SHS) 等に独立型太陽光発電 (PV) システムの導入が進められている。一般的に独立型 PV システムは鉛蓄電池により不日照時の電力供給を行うが、充放電回数の増加が劣化の要因となっている。そこで筆者らは、電気二重層コンデンサ (EDLC) [1] を鉛蓄電池と併用し、不日照時の発電量の変動を平滑することにより、鉛蓄電池の充放電回数を低減させ、劣化を防止するシステムを提案している [2] [3]。本論文では、提案しているシステムと鉛蓄電池の充電制御としてチャージコントローラ (CC) を用いたシステム及び DC-DC コンバータにより PV の最大出力点を追従する機能を加えたシステムについて、PV 模擬電源を用いて動作実験を行う。また、発電電力、負荷供給電力及びシステム各部の損失を分析することによりシステム出力係数及び鉛蓄電池依存率を求め、比較を行う。

2. システム構成

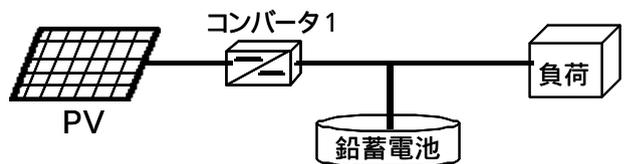
実験システムの各構成を図 1 に示す。(A) は太陽電池の出力に CC を介して、鉛蓄電池と直流負荷に接続したシステム (CC システム) である。(B) は CC の代わりに DC-DC コンバータ (コンバータ 1) を接続し、このコンバータ 1 により PV の最大電力追従 (MPPT) 制御を行うシステム (MPPT システム) である。(C) は PV 出力にコンバータ 1 に加えて、鉛蓄電池の充電制御を行う DC-DC コンバータ (コンバータ 2) を用い、EDLC をコンバータ 1 の出力に、鉛蓄電池をコンバータ 2 の出力に接続したシステム (EDLC 併用システム) である。このシステムは長期不日照時のみ鉛蓄電池を使用するため、鉛蓄電池の充放電サイクルを低減することが可能である。

3. システム仕様

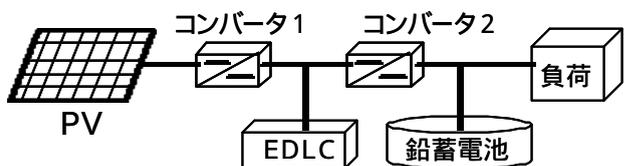
システム仕様を表 1 に示す。PV として、PV 特有の IV 特性をもった出力特性を実現でき、日射強度を自由に制御できる PV 模擬電源を使用する。各コンバータは DSP を用いて制御演算を行い、主スイッチ (MOS-FET) を制御する。CC は過充電制御機能のみを利用する。負荷は通信用を想定し、約 10W 一定の抵抗負荷を使用する。



(A) CC システム (Charge Controller system)



(B) MPPT システム (MPPT system)



(C) EDLC 併用システム (EDLC and battery system)

図 1. システム構成

Fig.1. Configuration of stand-alone PV systems

表 1. システム仕様

Table 1. System specifications

分類	仕様
PV電源	定格 :150W、Voc :15V、Is :12A、FF :0.85
EDLC	定格 :24V-180F
鉛蓄電池	定格 :12V-6Ah
負荷	抵抗負荷 (約10W)
CC	定格 :12V、過充電設定電圧 :14.3±0.2V 充電再開電圧 :13.2±0.3V
コンバータ	昇降圧チョップ、スイッチング周波数20kHz

4. 実験結果

4.1 実験条件

晴天時、曇天時、長期不日照時を模擬した日射パターンを任意に作成し、1分を1時間と換算して、10日間を想定した試験を行った。換算による鉛蓄電池容量は7.5日、EDLC容量は1.5日とする。初期条件として、鉛蓄電池はSOCを60%とし、EDLCは電圧3V(放電状態)とする。

4.2 長期動作を模擬した時間短縮試験

各システムの PV 出力端子電力、鉛蓄電池電圧及び EDLC 電圧の特性を図 2 に示す。CC システムでは、鉛蓄電池の電圧により充電できる電力量が決まり、また MPPT システムでは、最適動作電圧 (13.3V) に達すると定電圧制御を行うため、充電に制限がかかる。即ち、CC 及び MPPT システムでは、PV 出力電力が鉛蓄電池の充電状態に大きく依存するため、鉛蓄電池の電圧が高い場合、充電電流が減少することから、期待される発電量を十分に得られないことがわかる。従って、これら 2 つのシステムでは期待できる PV 発電量との mismatch 損失が大きくなる。

一方、EDLC 併用システムでは、日射強度とほぼ似たような出力特性になり、mismatch 損失が減少していることがわかる。これは、鉛蓄電池の充電電流が減少した場合、急速充放電特性に優れた EDLC により鉛蓄電池が吸収することができない電力量を蓄えることができるためである。日中 EDLC に蓄えられた電力は、夜間等の不日照時に鉛蓄電池の充電及び負荷電力供給を行うため、PV に期待される発電量を有効に利用することができる。

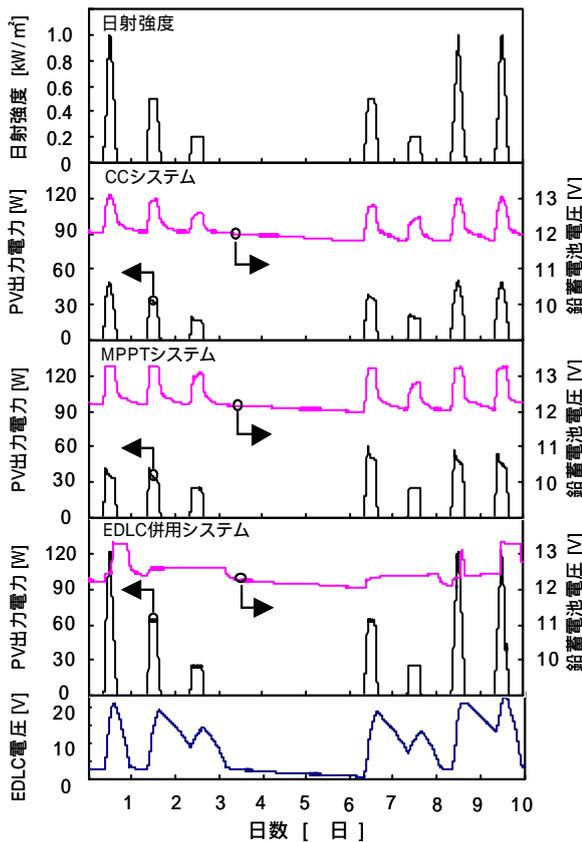


図 2. 各システムの出力特性

Fig.2 Systems output energy and voltage characteristics

4.3 システム分析

各システムに入出力される電力量の分析を表 2 に示す。EDLC 併用システムは CC 及び MPPT システムと比較して、

システム各部の損失が 9Wh 程度多くなる。しかしながら、PV mismatch 損失を 14Wh 以上、鉛蓄電池放電量も 5Wh 以上低減させることができる。

表 2. システム入出力電力量分析

Table 2. Break down of input and output energy

種類	CC [Wh]	MPPT [Wh]	EDLC [Wh]
入力			
期待できる PV 発電量	52.53	52.53	52.53
鉛蓄電池放電量	11.05	7.87	2.37
出力			
PV mismatch 損失	27.8	21.47	7.14
鉛蓄電池充放電損失	1.13	1.09	0.51
配線等の損失	0.41	0.39	0.43
CC 損失	0.52		
コンバータ1損失		2.10	3.60
コンバータ2損失			4.39
EDLC 充放電損失			2.93
EDLC への充電量			0.54
負荷供給量	33.84	35.35	35.36

4.4 システム出力係数

実験結果から求めたシステム出力係数^[4]と鉛蓄電池依存率を表 3 に示す。ここで、システム出力係数は、表 2 において負荷供給量から EDLC 充電量を加え、鉛蓄電池放電量を差し引いた値を期待できる PV 発電電力量で割ることにより得た。EDLC 併用システムによるシステム出力係数は CC 及び MPPT システムと比較して、11% 以上増加し、また鉛蓄電池依存率は 34% 以上低減することができる。このことから、EDLC 併用システムは、PV の利用率の向上と鉛蓄電池の負荷低減に有効であることがわかる。

表 3. システム出力係数と鉛蓄電池依存率

Table 3. Performance ratio and battery contribution factor

	CC [%]	MPPT [%]	EDLC [%]
システム出力係数	43.3	52.3	63.8
鉛蓄電池依存率	77.8	76.3	42.3

5. まとめ

提案している EDLC と鉛蓄電池を併用したシステムと鉛蓄電池の充電制御に CC を用いたシステム及び DC-DC コンバータにより最大出力点を追従する機能を加えたシステムを比較した結果、システム出力係数を 11% 以上、鉛蓄電池依存率を 34% 以上改善することができる。

[参考文献]

- [1] 斎藤, 田淵, 吉備他: 大容量電気二重層コンデンサ, NEC 技報 Vol.46, No10, P89, 1993
- [2] 野崎, 松崎, 秋山, 山下: 円筒型モジュールを用いた独立型太陽光発電システム, 信学技報, P47, 1999
- [3] 川口, 野崎, 黒川: EDLC を併用した独立型太陽光発電システム, 太陽/風力エネルギー講演論文集, P495, 1999
- [4] 黒川, 若松: 太陽光発電システム設計ハンドブック, オーム社, P43, 1994