

筑波研究協力センター70kW太陽光発電システムとその運転特性評価

学生員○杉山 尚 (東京農工大学)
会 員 津田 泉 (電子技術総合研究所)
会 員 上迫 浩一 (東京農工大学)

会 員 黒川 浩助 (電子技術総合研究所)
会 員 大谷 謙仁 (電子技術総合研究所)

Data Acquisition and Evaluation Scheme of PV Systems (1)

Hisashi Sugiyama*, Izumi Tuda**, Kenji Otani**,
Koichi Kamisako* and Kosuke Kurokawa**
* Tokyo University of Agriculture and Technology
** Electrotechnical Laboratory

Abstract

Although there are many experimental PV plants in Japan, the measurement data from these plants have not been sufficiently evaluated. In this paper, data acquisition and evaluation scheme of PV systems are proposed. The features of the PV system at *Tukuba Education and Training Center(ETC)* are described, at which the proposed guidelines are to be demonstrated.

1. はじめに

わが国では、多くの太陽光発電システムのフィールドテスト事業プラントが建設されている。そこでは各種フィールドデータが計測されているが、現在その運転特性評価は、必ずしも十分になされているとは言い難い。既存システムの適切な評価は、最適システムの設計手法を構築する上で重要であると考えられる。そこで本研究では、筑波研究協力センターに設置された70kW太陽光発電システムの測定・評価を行い、その長期運転特性を明らかにする。同時に各種フィールドデータの測定・評価指針を確立することを目的とする。

本報告では、当面の研究対象とする70kW太陽光発電システムの構成を紹介し、その評価方法について考察したので報告する。

2. システム概要

2.1 設備の概要

本システムは、筑波工業技術院内にある研究協力センター（宿泊研修施設）に設置され、平成7年4月に運転を開始している。この設備概要を表-1に示す。

表-1 設備概要

項 目	仕 様 等
(1) 種類	系統連系形
(2) 連系する電力系統	高圧一般電線 (みなし低圧連系)
(3) 発電設備	太陽電池式
(4) 太陽電池容量	70kW以上
(5) パワーコンディショナ容量	10kVA×7台
(6) 逆潮流の有無	みなし逆潮流あり

2.2 システム構成

本システムは、太陽電池アレイ群、屋外据置型接続箱、パワーコンディショナ、連系保護装置及び開閉器盤により構成されている。

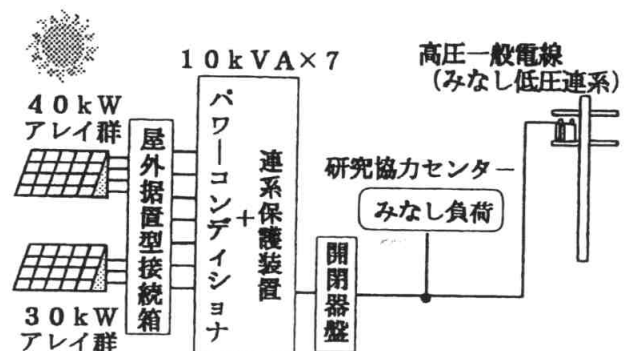


図1 太陽光発電システムの構成図

- (1) 太陽電池アレイ群 (40 kW、30 kW) は、最大アレイ出力が10 kW出力されるように7つのセクションに分割されている。
- (2) アレイ群は、太陽から日射を受けて、7つのセクションで直流電力を発生し、それぞれ続箱で集電する。
- (3) 集電された直流電力は、パワーコンディショナ (インバータ) 7台により、並列する商用電源と電圧・周波数・位相の同期した交流電力に変換し、対象負荷である研究協力センターに電力を供給する。

2.3 太陽電池アレイの仕様

図2は、研究センターにおける太陽電池アレイの配置図を示す。アレイは事務棟屋上に30 kW、宿泊棟屋上に40 kWの2ブロックに分けて配置している。表-2に太陽電池架台の仕様を、表-3に太陽電池モジュールの仕様を示す。

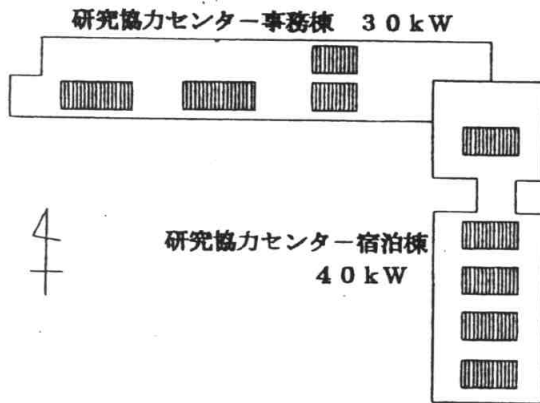


図2 アレイ配置図

表-2 太陽電池アレイの仕様

項目	仕様等
(1) 傾斜角	10°
(2) 許容風速	60 m/sec
(3) モジュール枚数	1260枚

表-3 太陽電池モジュールの仕様

項目	仕様等
(1) 種類	単結晶シリコン太陽電池
(2) 外形寸法	970×430×45 mm
(3) 重量	5.5 kg
(4) 出力特性	表-4 参照

表-4 太陽電池モジュールの出力特性

項目	標準値
最大出力	55.6 W
最適動作電圧	17.4 V
最適動作電流	3.19 A
開放電圧	22.0 V
短絡電流	3.60 A
モジュール変換効率	13.3%

(条件: 日射強度AM1.5 1kW/m², モジュール温度25℃)

2.4 パワーコンディショナの仕様

- (1) 表-5にパワーコンディショナの仕様を示す。

表-5 パワーコンディショナの仕様

項目	仕様等
種類	常時系統連系形
定格容量	10 kVA×7
定格入力電圧	DC 348 V
出力電圧	単相3線 AC 210 V
出力周波数	系統連系周波数 50 Hz
効率	90%以上 (定格出力時)
高周波	連系時の電流歪み (定格出力時) 総合5%以下 各次3%以下
力率	95%以上 (定格出力時)
連系運転範囲	連系点電圧 210±25 V 系統周波数 50±0.5 Hz
過負荷耐量	110% 連続
直流リップル	10%以内

(2) 運転方式

- ① 太陽電池電圧設定値以上で自動起動する。
- ② 太陽電池電圧設定値以下で自動停止する。
- ③ 重故障で連系遮断し、手動復帰で再起動する。
- ④ 軽故障で連系遮断し、故障復旧で一定時間後再起動する。

2.5 系統連系保護装置

本システムは、平成5年10月29日に改訂された『分散型電源系統連系技術指針』に準じた保護方式とし、以下の装置で構成されている。

- ・保護継電器
- ・無停電電源装置
- ・直流電源

2.6 開閉器盤

構成を以下に示す。

・開閉器

太陽電池入力回路遮断器・・・7回路

系統連系出力回路遮断器・・・1回路

・表示メータ

・計測用変圧器

3. 計測システムの構成

3.1 計測システムの概要

図3は、本研究対象である70kW太陽光発電システムの運転特性を計測するシステムの構成図である。計測データは、データロガーにより研究協力センター内のパーソナルコンピュータに収集する。その収集されたデータは、夜間、電話回線を通じて電総研研究室内のパーソナルコンピュータに自動転送し保存する。

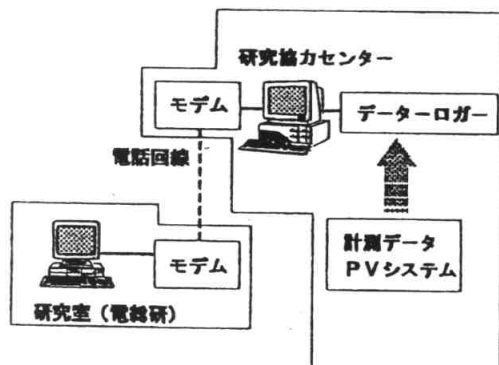


図3 計測システムの構成

3.2 計測条件・計測点

本研究では、太陽光発電システムの運転特性を明らかにするために、図4に示すような計測点での計測が必要であると考察した。その計測条件を以下に示す。

(1) 計測条件

- ①計測はサンプリング間隔を10秒とし、それらの1分間の積算値を求め平均したデータを保存する。
- ②大きな構内に接続されている太陽光発電システムでは、同システムが電力を供給しようとする特定負荷（みなし負荷）との組み合わせを想定して評価を行う方が、より一般性を持つものと考察される。そこで、本システムでは研究協力センター内における負荷をみなし負荷とし、電力の流出または流入量を評価することとする。

(2) 計測値

表-6は計測項目を示し、現在の計測状態を次のように示した。

○：図3の計測システムによって計測が行われている。

△：現在、計測されているデータから推定が可能。

×：計測方法を検討中である。

表-6 計測項目

計 測 項 目	状 態
$G_{A,j}$: 傾斜面全天日射強度 [kWm^{-2}]	○
$V_{A,j}$: 太陽電池アレイ出力電圧 [V]	○
$I_{A,j}$: 太陽電池アレイ出力電流 [A]	○
$T_{A,j}$: 気温 [$^{\circ}\text{C}$]	○
$T_{CR,j}$: アレイ代表温度 [$^{\circ}\text{C}$]	○
$P_{P,j}$: 太陽光発電システム出力電力 [kW]	○
$V_{P,j}$: 太陽光発電システム出力電圧 [V]	○
$I_{P,j}$: 太陽光発電システム出力電流 [A]	○
$P_{L,j}$: (みなし) 負荷電力量 [kW]	×
$C_{W,j}$: 待機状態	△
$C_{O,j}$: 運転状態	△
$C_{F,j}$: 故障状態	△
$C_{R,j}$: 連系保護リレー動作状態	×
$C_{B,j}$: 解列状態	×

注) j : データ番号を示す添字

(3) 計測点

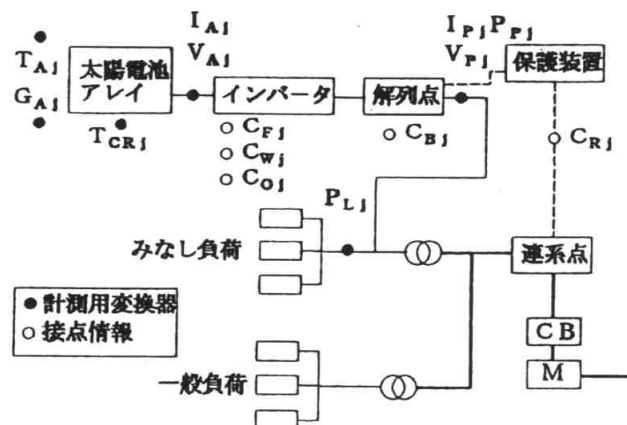


図4 計測点

4. システムの評価方法

測定データから運転記録を作成することによってシステム評価を行うこととする。作成手順、記録量の算出式および評価パラメータの定義式を下記に示す。

4.1 運転記録の作成手順

以下の手順で太陽光発電システムの運転記録を作成し、発電性分析、経済性分析などを行い、運転特性を明らかにする。

手順: 計測データ→日報作成→月報作成→年報作成

4.1 算出・記録量

以下の諸量を表-6に示した計測値から算出し、1時間ごとの値を記録する。この記録量からシステムの1日の運転特性(日報)を作成する。

注). i : 時間帯を示す添字

Δt : サンプル間隔

①時積算傾斜面日射量 H_{Ai} [kWhm⁻²]

$$H_{Ai} = \frac{\Delta t}{3600} \sum G_{Ai} \quad (1)$$

②時積算有効傾斜面日射量 H_{AEi} [kWhm⁻²]

$$H_{AEi} = \frac{\Delta t}{3600} \sum G_{Ai} \cdot (C_{oi}) \quad (2)$$

③時積算太陽電池アレイ出力電力量 E_{Ai} [kWh]

$$E_{Ai} = \frac{\Delta t}{3600} \sum (V_{Ai} \cdot I_{Ai}) \quad (3)$$

④時平均気温 T_{Ai} [°C]

$$T_{Ai} = \frac{\Delta t}{3600} \sum T_{Ai} \quad (4)$$

⑤時積算太陽光発電システム出力電力量 E_{Pi} [kWh]

$$E_{Pi} = \frac{\Delta t}{3600} \sum P_{Pi} \quad (5)$$

⑥時積算(みなし)負荷電力量 E_{Li} [kWh]

$$E_{Li} = \frac{\Delta t}{3600} \sum P_{Li} \quad (6)$$

⑦時積算系統供給負荷電力量 E_{FUi} [kWh]

(i) 内が正または0の場合のみ計算、それ以外は0とする。

$$E_{FUi} = \frac{\Delta t}{3600} \sum (P_{Li} - P_{Pi}) \quad (7)$$

4.2 評価パラメータ (K , Y_H , Y_P)

地域性および設備構成が異なるシステム間において運転特性の比較を行うために、以下に示す評価パラメータを定義した。これらのパラメータは、計測値を日積算または月積算した値から算出し、運転記録の月報および年報作成に用いる。表-7に記号の意味を示す。

$$Y_H = \frac{H_A}{G_s} \quad (8) \quad Y_P = \frac{E_P}{P_{As}} \quad (9)$$

$$K = \frac{Y_P}{Y_H} \quad (10)$$

表-7 記号の説明

記号	説明・単位
K	システム出力係数
Y_H	等価日照時間 [h 期間 ⁻¹]
Y_P	等価システム稼働時間 [h 期間 ⁻¹]
G_s	標準状態における日射強度 [kW m ⁻²]
H_A	ある期間に得られるアレイ面日射量 [kWhm ⁻² 期間 ⁻¹]
P_{As}	標準状態における太陽電池アレイ出力 [kW]
E_P	システム発電電力量 [kWhm ⁻² 期間 ⁻¹]

5. おわりに

本報告は、研究対象である70kW太陽光発電システムの設備概要および、その評価方法の報告である。システムの運転状態の計測は、95年7月から開始している。計測データの解析・評価は、今後実施していく予定であるが、現段階においてシステムの評価を行う上で重要な(みなし)負荷電力量の測定を行っていないなど、検討課題も既に認識されている。

今後も、太陽光発電システムの適切な評価指針を確立することに向けて問題点を解決し研究を進めていきたい。

なお、本考察に基づいてNEDOフィールドプラント等の評価方法に対する提案がなされている。

6. 謝辞

本研究は電子技術総合研究所エネルギー情報技術研究室において実施されている。本研究の当面の評価対象となった70kW太陽光発電システムは、資源エネルギー庁の予算で、工業技術院研究支援総合事務所により建設された。同所、研究企画調整官室および共同利用施設管理課の関係者の諸氏に深謝する。また、本研究の機会を与えて頂いた、電子技術総合研究所神本正行エネルギー部長に感謝する。

7. 参考規格・文献等

- 1) 太陽光発電システムJIS規格
JIS C8905-1993: 独立型太陽光発電システム通則
JIS C8906-1993: 太陽光発電システム運転特性の測定方法
- 2) IEC TC82関係規格
IEC 1277(1995): Terrestrial photovoltaic(PV) power-generating systems General and guide
IEC 1194(1992): Characteristic parameters of stand alone photovoltaic systems
- 3) 電総研研究報告 No. 947(1993)
- 4) 黒川、若松「太陽光発電システム設計ガイドブック」オーム社(1993)
- 5) K.Kiefer, et al: Measurement and analysis programme within the thousand roofs programme, 12th EU - PSEC, April 1994.
- 6) U.Jahn, et al: Detailed monitoring results and operating experiences from 250 grid connected photovoltaic systems in Germany, 12th EU - PSEC April 1994.