

太陽光発電運転データからの 損失因子・特性パラメータの推定方法

学生員 杉山 尚 (東京農工大学) 正員 黒川 浩助 (東京農工大学)
正員 津田 泉 (電子技術総合研究所) 正員 大谷 謙仁 (電子技術総合研究所)
正員 上迫 浩一 (東京農工大学)

Loss Factors and Evaluation Parameters Estimated with Measurement Data of PV System

Hisashi SUGIYAMA*, Kosuke KUROKAWA*, Izumi TSUDA**

Kenji OTANI**, Koichi KAMISAKO*

* Tokyo University of Agriculture and Technology ** Electrotechnical Laboratory

1. はじめに

地球環境問題の顕在化から太陽光発電システムの普及が積極的に進められ、すでに多くの太陽光発電システムが各種公共施設等にフィールドテストプラントとして設置されている。しかし、これらのシステムの評価方法は確立されておらず、運転特性は明らかになっていない。

太陽光発電システムの評価においては、日射変動、外気温度などの気象条件およびインバータ効率、さらには周囲の建造物などの影の影響等を考慮し、システム効率を低減させる損失因子を明らかにすることが重要である。

本研究では、システムの運転特性を明らかにするため特性パラメータを定義し、損失因子の推定方法を考察した。評価対象を工業技術院つくば研究センター内に設置された研究協力センター70kW太陽光発電システムとし、その運転データから損失因子を推定した結果を報告する。

2. 研究協力センター70kW太陽光発電システム

2.1 システム構成および計測点

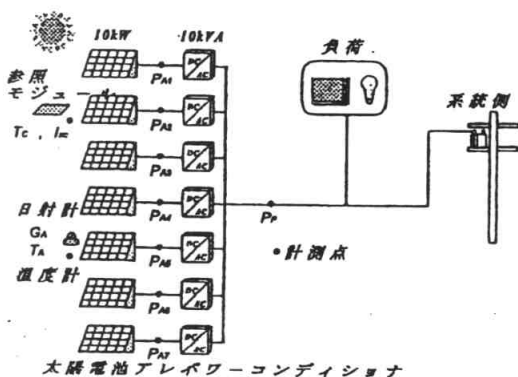


図1 研究協力センター70kW太陽光発電システム構成図

Fig1. 70kW PV System Construction Block Diagram

図1に評価対象とした研究協力センター70kW太陽光発電システムの構成図および計測点を示す。この太陽光発電システムは蓄電池設備無しの系統連系形システムである。

2.2 計測項目

図1で示した計測点で太陽光発電システムの運転データを取得している。運転データはサンプリング間隔を10秒とした値の1分間平均値である。以下に計測データの項目を示す。

G_A	傾斜面日射強度	kWm^{-2}
T_A	気温	$^{\circ}\text{C}$
T_C	アレイ代表温度	$^{\circ}\text{C}$
I_{SC}	参照モジュール短絡電流	A
$P_{A1} \sim P_{A7}$	太陽電池出力電力(DC)	kW
P_P	太陽光発電システム出力電力(AC)	kW

3. 損失因子・特性パラメータの推定方法

太陽光発電システムの効率を低減させる主要な損失因子として、以下に示すものがあげられる¹⁾。

- ①影の影響による損失
- ②温度上昇によるモジュール効率の低下による損失
- ③最大電力点追尾制御のミスマッチによる損失
- ④各モジュールの特性のばらつきによる損失
- ⑤入力電力減少によるインバータ効率の低下

これらの損失因子を運転データから算出するために特性パラメータを定義²⁾し、システムを評価する。以下に特性パラメータの定義式を示す。

$$K_H = \frac{E_H}{E_B} \quad (1)$$

$$K_{PT} = 1 + \alpha_{P_{max}} (T_{CR} - T_S) \quad (2)$$

$$K_{PM} = \frac{E_A}{H_A \cdot A \cdot \eta_{PS} \cdot K_H \cdot K_{PT}} \quad (3)$$

$$K_c = \frac{E_p}{E_A} \quad (4)$$

$$K = K_H \cdot K_{PT} \cdot K_{PM} \cdot K_C \quad (5)$$

各測定値からの算出量は次式で表され、 Σ は日積算を示す。Pmax制御は、ある日射条件(0.4kWm^{-2})以下では追従が思わしくなく、影の影響とPmax制御のミスマッチの影響が分離できない。このことを考慮して E_H 、 E_B の算出においては、影の影響を評価する条件として 0.4kWm^{-2} 以上の状態を仮定した。

$$H_A = \sum G_A \quad (6)$$

$$E_A = \sum (P_{A1} + P_{A2} + P_{A3} + P_{A4} + P_{A5} + P_{A6} + P_{A7}) \quad (7)$$

$$E_H = \sum (P_{A1} + P_{A2} + P_{A3} + P_{A4} + P_{A5} + P_{A6} + P_{A7}) \quad (G_A \geq 0.4\text{kWm}^{-2}) \quad (8)$$

$$E_B = \sum P_{A8} (w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7) \quad (G_A \geq 0.4\text{kWm}^{-2}) \quad (9)$$

$$E_p = \sum P_p \quad (10)$$

$$T_{CR} = \frac{\sum (G_A \cdot T_c)}{\sum G_A} \quad (11)$$

(1)~(4)式に示す特性パラメータから、システム損失を入射エネルギー ($H_A \cdot A$)に対する損失量として次式より算出した。

$$L_H = H_A \cdot A \cdot (1 - K_H) \quad (12)$$

$$L_{PT} = H_A \cdot A \cdot \eta_{ps} \cdot K_H \cdot (1 - K_{PT}) \quad (13)$$

$$L_{PM} = H_A \cdot A \cdot \eta_{ps} \cdot K_H \cdot K_{PT} \cdot (1 - K_{PM}) \quad (14)$$

$$L_C = H_A \cdot A \cdot \eta_{ps} \cdot K_H \cdot K_{PT} \cdot K_{PM} \cdot (1 - K_C) \quad (15)$$

ここに、

K_H	日影補正係数	
K_{PT}	温度補正係数 ¹⁾	
K_{PM}	Pmax制御ミスマッチ補正係数	
K_C	インバータ出力補正係数	
K	システム出力係数	
L_H	影による損失	kWh/day
L_{PT}	温度上昇による効率低下分の損失	kWh/day
L_{PM}	Pmax制御のミスマッチ損失	kWh/day
L_C	インバータ損失	kWh/day
H_A	日積算傾斜面日射量	$\text{kWhm}^{-2}/\text{day}$
E_A	日積算太陽電池出力電力量	kWh/day
E_p	日積算システム出力電力量	kWh/day
E_H	日積算太陽電池出力電力量 (影有)	kWh/day
E_B	日積算太陽電池出力電力量 (影無)	kWh/day
T_{CR}	加重平均PVアレイ面温度	°C
T_s	標準状態のPVモジュール温度	25°C
η_{ps}	標準状態のPVモジュール効率	13.7%
α_{pmax}	PVモジュール最大出力の温度係数	-0.5%/°C
A	PVアレイ面積	525.55m^2

$w_1 \sim w_7$ アレイ出力のばらつき補正係数

であり、晴天時のアレイ出力から $w_1=1.00$ 、 $w_2=1.00$ 、 $w_3=0.99$ 、 $w_4=0.98$ 、 $w_5=0.99$ 、 $w_6=0.99$ 、 $w_7=0.99$ とした。

4. 結果

太陽光発電運転データから推定した損失量を図2に示す。

図からわかるように、夏期においては温度上昇によるモジュール効率の低下による影響が大きい。また、松林の影の影響は夏期から冬期にかけて増加し、冬期から春期にかけては減少していることを明らかにした。

図3にシステム出力係数 K の変動を示す。 K は冬期において低下している。この原因は、図2より影の影響であることが明らかである。なお、1995.7月から1996.4月におけるシステム出力係数の平均値は66%であった。

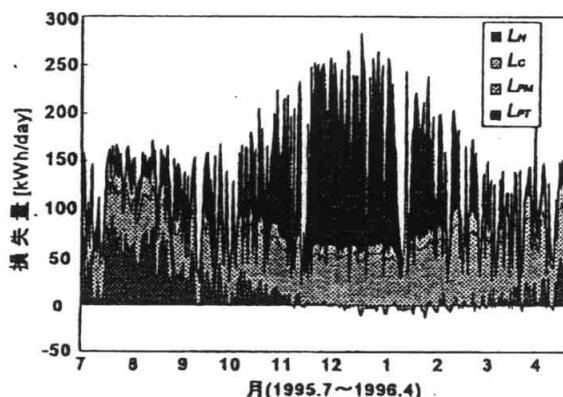


図2 システム損失

Fig2. System Losses

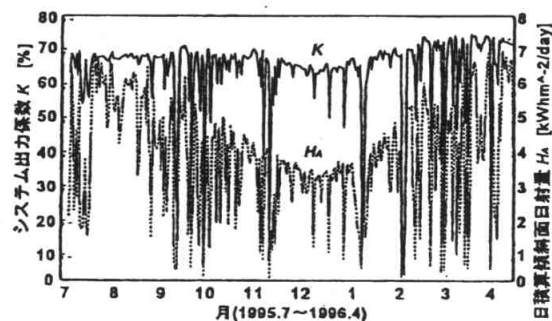


図3 システム出力係数 K の変動

Fig3. Change of System Performance Ratio

5. おわりに

太陽光発電システムの運転データからシステム効率の低下となる損失因子をある条件下で L_H 、 L_{PT} 、 L_{PM} 、 L_C に分離し、推定することができた。また、本システムは冬期に影による影響が大きいことを明らかにした。このことからシステムの設計において影の影響を考慮する必要がある。この方法を一般化する事ができればシステムの設計に反映され、PVの普及に大いに役立つものと考えられる。

参考文献

- 1)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)
- 2)杉山、黒川他、「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」平成7年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同発表会、1995