A CPAT Simulation Analysis on the Effect of Islanding Protection under Clustered PV Application 500 PV Systems

Shuichi Shibata Member (Electric Power Engineering Systems Co., Ltd., shibata@dentec.co.jp)

Kazuya Miyanami Member (Electric Power Engineering Systems Co., Ltd., miyanami@dentec.co.jp)

Kiyoshi Takigawa Member (Electric Power Engineering Systems Co., Ltd., takigawa@dentec.co.jp)

Hiroyuki Sugihara Member (Kanden Co., Ltd., sugihara-h01@kanden.co.jp)

Keywords: PV system, clustered installation, islanding protection, simulation analysis

Since the FY2003, the demonstration site Josai-no-mori including over 500 residences with PV system has been under construction at the Ota City, Gunma prefecture. It is important to clear the safety of the islanding protection. However, it is very difficult to verify the islanding phenomena including many PV systems on the actual utility grid, where the people are leading life actually. Therefore, it becomes important to develop a technique employing simulation analysis for the safety evaluation.

Purpose of our study is to clear the details of dangerous islanding phenomena and the effects of various protection methods under clustered installation of over 500 PV systems within a partial area of utility grid. To solve these problems, a new analysis method has been developed, that is based on the CRIEPI's Power system Analysis Tools (CPAT) technology implemented by CRIEPI, so called "Y-method".

As a conventional analysis method of the islanding phenomena, EMTP has been generally applied so far. However, EMTP method based on the instantaneous value analysis has a severe restriction to the applicable number of PV systems and computation speed. The new method is based on the effective value analysis, and has a capability of large scale and high-speed computation by a personal computer. The applicable number of PV units compared with the conventional EMTP method (Table 1). It is one of merits in this model that PV system is expressed briefly as the constant current source equipped with the islanding protection. The number of applicable PV systems was extended to 500.

Figure 1 show the image of whole Analysis model of demonstration site. Table 2 shows distribution of Grid-connected PCSs at the Demonstration Site. Figure 2 shows variations of line voltage and frequency at the entrance of housing complex on the islanding condition simulated by CPAT. On the active islanding protection, when the function of phase synchronization was equipped, the variation both of line voltage and frequency amplify by strengthening each other. On the other hand, when the function of phase synchronization was not equipped, the variation both of line voltage and frequency become small by denying each other. It has been verified that newly proposed analysis method using CPAT has a capability that can expand to the large scale clustered installation model including many PV systems on a utility grid.

A new simulation method based on CPAT was successfully developed. It has ability of high-speed simulation analysis, for the utility grid including 500 PV systems. As a result, it was verified that a total required computation time on 500 PV systems by the proposed method was within 100 seconds.

Table 1. Comparison of performance for islanding analysis by CPAT and EMTP

	Resolution of Frequency	Number of Applicable PV Systems	Required Time for Analysis [s]	
			30 units	500 units
CPAT	50 Hz	500 units	18.6	99.3
EMTP	50 kHz	30 units	25.0	N/A

Fig. 1. Analysis model of demonstration site

Table 2. Distribution of grid-connected PCSs at the demonstration site (FY2005)

PCS model	3.0 [kW]	3.3 [kW]	4.0 [kW]	4.5 [kW]	5.0 [kW]	Total
A	10	—	46	—	—	56
C	—	—	54	—	—	54
D	18	—	2	28	—	48
E	—	48	—	—	8	56
G&H with battery	—	—	130	—	—	130
Total	28	48	232	28	8	344

(a) Phase synchronized reactive power variation and frequency shift

(b) Phase random reactive power variation and frequency shift

Fig. 2. Line voltage and frequency of clustered installation by new simulation method (344 PV systems)

500台規模太陽光発電システム集中連系時の 単独運転検出機能のY法解析手法

正員 柴田 秀一* 正員 宮南 一也*
正員 滝川 清* 正員 杉原 裕征**

A CPAT Simulation Analysis on the Effect of Islanding Protection under Clustered PV Application 500 PV Systems

Shuichi Shibata*, Member, Kazuya Miyanami*, Member,
Kiyoshi Takigawa*, Member, Hiroyuki Sugihara**, Member

Since the FY2003, the demonstration site Josai-no-mori including over 500 residences with PV system has been under construction at the Ota City, Gunma prefecture in Japan. It is important to clear the safety of islanding protection. However, it is very difficult to verify the islanding phenomena including many PV systems on the actual utility grid, where the people are leading life actually. Therefore, it becomes important to develop a technique employing simulation analysis for the safety evaluation.

Purpose of our study is to clear the details of dangerous islanding phenomena and the effects of various protection methods under clustered installation of over 500 PV systems within a partial area of utility grid. To solve these problems, a new analysis method has been developed, that is based on the CRIEPI's Power system Analysis Tools (CPAT) technology implemented by CRIEPI, so called "Y-method".

As a noteworthy result, it has been confirmed that the new simulation method has a capability to expand to the large-scale clustered installation model including 500 PV systems on utility grid. The validity of simulation analysis has been verified by comparing with preliminary indoor tests. In addition, it has been clarified that the combination of passive and active protection methods is very effective to avoid the islanding phenomena.

キーワード：太陽光発電システム，集中連系，単独運転検出，Y法解析

Keywords: PV system, clustered installation, islanding detection, simulation analysis

1. はじめに

2003年以來，500台を超える太陽光発電（以下PV）システムを含む住宅団地「城西の杜」の建設が進められている。このように配電線に多数のPVシステムが集中連系された状況では，安全性確保の面から単独運転の防止が重要な課題である^{(1)~(3)}。単独運転とは配電線が何らかの原因で電力系統から切離された際に，PVシステム群が配電線負荷を背負って運転継続し，配電線に電圧を供給し続ける危険な現象である。PVシステムでは一般にパワーコンディ

ショナ（以下，PCS）の中にこれを防止するための各種の保護機能が組込まれているが，集中連系時にはこれらの保護機能が相互干渉し不動作となる懸念がある。しかし，人が居住する地域で危険な単独運転特性試験を実施する訳にはいかないので，解析によって安全性を検証することが重要になる。

これまで単独運転特性の解析にはEMTPが多く使用されてきたが⁽⁴⁾，PVシステム数を増やすと行列計算の次数が急速に増大し解析時間が膨大になるほか，複雑な配電線マップの入力が難しいなどの問題点があった。これを解決するためY法⁽⁵⁾⁽⁶⁾を活用することで，500台のPVシステムを含む配電線の単独運転特性について高速解析する手法を開発した。

2. 解析手法

〈2・1〉 Y法解析手法の採用 EMTPでは数 μ 秒ベースの瞬時値解析が可能であるが，市販のPV用PCSにおけ

* (株) 電力テクノシステムズ 技術統括部
〒157-0066 東京都世田谷区成城 6-16-3
Electric Power Engineering Systems Co., Ltd.
6-16-3, Seijo, Setagaya-ku, Tokyo 157-0066

** (株) 関電工
〒108-8533 東京都港区芝浦 4-8-33
Kanden Co., Ltd.
4-8-33, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 108-8533

表 1 単独運転検出：能動方式モデルの概念

Table 1. Typical design of analysis model on active is-landing protection.

Active method	Algorithm of active methods
(1) Reactive Power Variation	Reactive power (Q) is always shaken at a constant period. The amplitude is increased according to the change of line frequency to the average frequency. $Y=X \cdot \exp[j\{\alpha+\beta \cdot f-f_a \cdot \sin(\delta \cdot t+\theta)\}]$ where: α : static bias of Q variation (Q: $\pm 7\%$) β : amplitude of Q variation (0.05[rad/Hz]) f_a : average of frequency, δ : velocity of phase rotation (10.46[rad/s]) θ : initial phase of Q variation
(2) Frequency Shift	Reactive power (Q) is always shaken at a constant period for the frequency shift. The amplitude is increased according to the change of line frequency to the average frequency. $Y=X \cdot \exp[j\{\alpha+\beta \cdot f-f_a \cdot \sin(\delta \cdot t+\theta)\}]$ where: α : static bias Q for frequency shift (0.1[Hz]) β : amplitude Q for frequency shift (10%/s) f_a : average of frequency δ : velocity of phase rotation (0.126[rad/s]) θ : initial phase for frequency shift

る単独運転検出アルゴリズムに関する調査では、単独運転検出機能の受動方式は配電線の電圧（実効値）、周波数、位相（ゼロクロス）など 1 サイクル毎の計測値をもとに単独運転を検出している。また、能動方式は表 1⁽⁴⁾ に例示するとおり、数 100 ms ベースで無効電力変動や周波数シフトを行なうが、これに必要な有効もしくは無効電力の注入制御は 1 サイクル毎の実効値レベルの操作である。したがって、これらの解析に必ずしも瞬時値解析をベースとする EMTP を採用する必要はない。

一方、Y 法は動特性解析部分をルンゲクッタ法、系統部分はガウス法による数値積分に基づく過渡安定度解析プログラムである。これは実効値をベースとする比較的緩やかな過渡現象解析に適したプログラムで、大規模電力系統の過渡安定度解析などに利用されている⁽⁷⁾。すなわち実効値ベースの過渡現象解析手法であり、多数の PV システムを含む配電線における単独運転現象の高速解析に適している。

〈2・2〉 単独運転現象の発生メカニズム 単独運転現象の発生メカニズムを説明するため、単独運転解析回路の構成を図 1 に示す。

回路は模擬系統電源、回生負荷、線路負荷 (RLC) を含む模擬配電線に PV システムを連系する構成である。回生負荷には共振回路と回転機が考えられるが、ここでは線路上の回転機、および他種分散電源を模擬するものとして、回

図 1 単機解析モデルの構成図

Fig. 1. Schematic diagram of single machine model for the islanding analysis.

転機（フライホイールを装着した誘導モータ）を用いている。なお PV 用 PCS は一般に電流源として作動する設計である。単独運転は上記回路において、CB 開放後に運転継続する現象である。この現象はフライホイールに蓄積されるエネルギーを基本に、次の (1)~(4) 式を用いて以下のように説明できる。

$$A = I \cdot (\omega_0 \pm \omega)^2 / 2 \quad [J] \dots \dots \dots (1)$$

$$P = \pm I \cdot (\omega_0 \pm \omega) \cdot d\omega/dt = \pm T \cdot (\omega_0 \pm \omega) \quad [W] \dots \dots \dots (2)$$

$$\omega = \pm(P/T - \omega_0) \quad [\text{rad/sec}] \dots \dots \dots (3)$$

但し

$$P = P_{PV} - P_{LD} \quad [W] \dots \dots \dots (4)$$

ここに、

A：蓄積エネルギー（定常状態）、P：同左（変化分）、I：慣性モーメント、 ω_0 ：角速度（定常状態）、 ω ：同左（変化分）、T：トルク（変化分）、 P_{PV} ：PV 発電出力、 P_{LD} ：線路負荷

系統電源に連系している状態では、線路電圧と周波数は系統電源に一致しており、(1) 式に示すとおりフライホイールには慣性モーメント I と角速度 ω_0 で決まる運動エネルギー A が蓄積されている。一方、(2) 式に示すとおり系統電源から切離されると、フライホイールの蓄積エネルギーによって線路電圧や周波数の変動が抑制される。このため PCS の単独運転検出機能の能動方式の相互干渉により検出しにくくなる。すなわち、PV 発電出力 P_{PV} のウエイトが大きければ、フライホイールが線路から余剰エネルギー (+P) を吸収し、線路電圧の上昇が抑制される。このとき (3) 式から角速度が若干上昇する。逆に線路負荷 P_{LD} のウエイトが大きければ、フライホイールが不足エネルギーを放出 (-P) し、線路電圧の低下が抑制される。このとき角速度が若干低下する。フライホイールの慣性モーメントが大きいほど、

図2 2相電流源モデルの開発

Fig. 2. Development of 2 phase current sources model.

表2 市販PCSにおける単独運転検出機能の組合せ

Table 2. Combinations of the islanding protection installed in PCSs on the market.

PCS Model	PV Output	Islanding Detection	
		Passive method	Active method
A	4.0kW	Frequency Shift Rate	Reactive Power Variation
B	4.5kW	Voltage Phase Jump	Reactive Power Variation
C	4.0kW	Voltage Phase Jump	Frequency Shift.
D	3.0kW	Voltage Phase Jump	Frequency Shift.
E	3.3kW	Voltage Phase Jump	Frequency Shift.
F	4.0kW	Frequency Shift Rate	Effective Power Variation
G&H with battery	4.0kW	Voltage Phase Jump	Frequency Shift
		Voltage Phase Jump	Reactive Power Variation

線路電圧や周波数の変動が小さく抑えられ、単独運転し易くなる。

以上は有効電力を例とした動作説明であるが、PCSが単独運転検出のために無効電力を変動させても、フライホイールから逆位相の無効電力が供給されるため、線路電圧や周波数の変動は抑制される。以上の理論式を基に、シミュレーション解析モデルの作成を進めた。

〈2・3〉 Y法解析システムの改良 既存Y法からの改良点をまとめると以下となる。

(1) Y法プログラムの改良

- 三相V結線解析機能を拡張し、単相不平衡配電回路が取扱えるように改良した。
- パワエレ機器制御データ(Rカード領域)を拡張し、500台規模のPVを含むネットワークが取扱えるように改良。

(2) 各種PV用PCSモデルの開発

- 単独運転検出機能の実効値解析モデルを開発した(図2参照)。

上記(2)では、単独運転検出機能が1/2波周期の実効値ベースで十分に解析可能であることを明らかにし、2相電流源モデルを開発するとともに、これをもとに表2に示す各種の単独運転検出機能の実効値モデルを開発した。

3. シミュレーション回路の構成

〈3・1〉 PVシステム単機解析モデルの構成 単独運転

図3 連系保護の解析モデル

Fig. 3. Analysis model of protective relaying.

図4 単独運転検出：受動方式モデルの例(周波数変化率)

Fig. 4. Typical example of the model for passive islanding detection (frequency shift rate).

図5 単独運転検出：能動方式モデルの例(無効電力変動)

Fig. 5. Typical example of the model for active islanding detection (reactive power variation).

現象の単機解析モデルはPVシステムを連系保護など制御機能付きの電流源として表現しており、先の図1～図2と同様の構成である。連系保護機能の回路構成を図3に示す。連系保護回路は市販PCSと同様に、単独運転検出回路と配電線異常検出回路の組合せで構成している。

このうち前者は受動方式と能動方式で構成し、後者は電圧異常検出と周波数異常検出で構成している。受動方式と能動方式の回路例を図4、図5にそれぞれ示す。受動方式では線路周波数の微小変化(急変)を検出してPCSをゲートブロックする。能動方式では表1の無効電力変動方式を

表 3 解析で用いた実証試験地区配電系統における
メーカー毎の PCS 連系台数

Table 3. Distribution of grid-connected PCSs at the
demonstration site (FY2005).

PCS model	3.0 [kW]	3.3 [kW]	4.0 [kW]	4.5 [kW]	5.0 [kW]	Total
A	10	—	46	—	—	56
C	—	—	54	—	—	54
D	18	—	2	28	—	48
E	—	48	—	—	8	56
G&H with battery	—	—	130	—	—	130
Total	28	48	232	28	8	344

例にモデル化している。この例では、常時一定周期で PCS 定格容量の $\pm 7\%$ の無効電力 Q を振っておき、一部の配電線区間が系統電源から切離されたあと、能動方式の効果で線路周波数が変動する。

表 2 にモデル化した 8 種の受動・能動方式の組合せを示す。これらは何れも群馬県太田市の実証試験サイト「城西の杜」に設置された PCS に搭載されている方式である。ただし、方式名が同一であっても、検出ロジックの詳細はメーカー毎に異なる。このため詳細は、各社 PCS の仕様と出荷整理に基づいてモデル化を行った。

〈3・2〉多数台集中連系解析モデルの構成 実証試験サイトにおける変電所諸元、6.6kV 配電系統構成、柱上変圧器、低压配電回路、引込み線、需要家負荷、および PV システム諸元等を基に解析モデルを作成した。

また、柱上変圧器以下の低压配電回路では、Y 法を活用することで多数台解析を可能とし、V 結線や単相 2 線式回路についてプログラムデータを作成した。これを図 2 の単機系と同様の PCS モデルを並列接続することで、PV 総数 500 台までの解析を可能とした。6.6kV 高压系統（3 相 3 線式）では、需要家負荷、および連系 PV システム数の違いに基づく相間不平衡状態の単独運転解析を可能にした。本件では表 3 に示すとおり、総数 344 台の PV システム群（平成 17 年度実績）を含む解析モデルを作成した。

4. 解析結果

〈4・1〉Y 法と EMTP との比較解析 Y 法による解析手法の妥当性を検証するため、先に〈3・1〉節で述べた単機モデルを対象に、Y 法と EMTP の比較解析を行った結果を図 6 に示す。なお、Y 法の結果を比較するために、実効値を瞬時値に換算している。この例では計算開始から 0.5 秒で CB を開放し単独運転を発生させている。また、能動方式を有効電力 (P) 変動、無効電力 (Q) 変動、周波数 (F) シフト方式とした場合の線路電圧、周波数、および PCS 出力電流の差異は Y 法と EMTP によるシミュレーションで求め、その標準偏差で評価した（表 4 参照）。その結果、Y 法と EMTP によるシミュレーション波形の差は標準偏差 3% 以

図 6 Y 法と EMTP の波形の比較

Fig. 6. Comparison of Y-method (CPAT) and EMTP analysis (single PV unit model).

表 4 Y 法と EMTP による単独運転特性解析の比較

Table 4. Comparison of the islanding analysis by CPAT (Y-method) and EMTP.

	Active Islanding Protection		
	P variation	Q variation	F shift
Difference on			
Line Voltage [%]*	0.509	2.759	1.681
Line Frequency [%]*	1.471	2.114	0.423
PCS current [%]*	0.129	0.641	0.385
Run on time by			
CPAT [s]**	1.175	1.215	1.210
EMTP [s]**	1.250	1.255	1.175
Difference [s]**	-0.075	-0.040	0.035

(Notes) *: Standard Deviation for Ratings **: Maximum Value.

表 5 Y 法と EMTP による単独運転解析手法の
性能比較

Table 5. Comparison of performance for islanding analysis by CPAT (Y-method) and EMTP.

	Resolution of Frequency	Number of Applicable PV Systems	Required Time for Analysis [s]	
			30 units	500 units
CPAT	50 Hz	500 units	18.6	99.3
EMTP	50 kHz	30 units	25.0	N/A

*PC CPU: Pentium IV 1.5GHz RAM: 512MB

内、単独運転継続時間の差は最大 0.1 秒以内に留まることが分った。単独運転現象について検討するプログラムとしては妥当な結果である。また、表 5 に Y 法と EMTP の時間刻み幅と解析可能な PV システムの台数を比較して示す。

〈4・2〉PV システム単機試験との比較解析 Y 法によ

図7 Y法解析と試験結果の比較波形

Fig. 7. Comparison of wave form by Y-method (CPAT) analysis and experiment.

る解析手法の妥当性を検証するため、実証試験サイトで使用されている市販PCS（A～F社）の単機試験結果との比較評価を行なった。一例としてA社PCSの例を図7に示す。ここでは、計算開始から0.5秒で系統電源を切離し、単独運転を発生させている。単独運転検出の能動方式は無効電力変動方式である。解析・試験いずれも慣性モーメントは $0.3 [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$ 、PV出力と線路負荷は有効・無効電力ともに平衡させた状態である。線路電圧とPCS電流波形、および線路周波数の動きはよく一致している。なお、慣性モーメント $0.3 [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$ は集中連系を想定するため、一般的な単機試験よりも若干厳しい条件設定である。

また、前述と同じA社PCSの事例で、PV出力と線路負荷の不平衡状態を有効・無効電力ともに $\pm 10\%$ の範囲で変化させ、受動・能動方式の効果について整理・検討した結果を図8に示す。受動・能動方式組合せ、定格出力状態では、同図(a)に示すように、いずれも0.2秒以内に単独運転を検出している。これに対し能動方式のみの場合は、同図(b)に示すとおり単独運転検出に要する時間が増大する傾向を示す。一方、単独運転検出機能が無い場合は、同図(c)に示すとおり単独運転検出時間が0.5秒を越える。同図(d)は、低出力で最も検出し難い事例で、ほとんどのケースで単独運転検出時間が許容値である1秒を超えていた。以上いずれも、解析と試験の検出時間の差はほぼ0.2秒以内であった。検出時間は波形の差異によるものだけではなく、検出ロジックの判定により変わってくる。これらの比較結果から、解析と試験の結果は概ね一致していることが確認できた。今後さらにこれらの差異を縮めて行く必要があるが、PCS内には様々な制御ループが重なり合っているため、両者を完全に一致させることは難しい。今後の課題としたい。

図8 解析と試験の検出時間の比較

Fig. 8. A comparison of run-on time on the results by CPAT and experiment.

〈4・3〉 PVシステム多数台集中連系のY法解析 先に〈3・2〉節で述べた多数台集中連系解析モデルを用い、総数344台のPVシステムを含む配電システムについて単独運転特性解析を実施した。PV発電出力は定格値、回生負荷の慣性モーメントはPCS1台あたりに対して $0.3 [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$ 、PV出力と線路負荷は有効・無効電力ともに平衡させた状態である。慣性モーメントは若干厳しい条件設定である。計算開始から5秒で系統電源を開放し、単独運転状態を発生させた結果を図9に示す。(a)は能動方式におけるPCS間の位相同期あり、(b)は位相同期なしの実証試験サイト入口の線路電圧・周波数である。

その結果、能動方式の効果について、能動方式の位相同期をとれば波形が重なりあい電圧・周波数の変動量が強調されるが、位相同期なしでは波形が打消しあい変動量が減少することが分る。また、各相に連系されたPVシステム数が異なるため、図10に示すとおり、系統切り離し後の能

(a) Variation phase synchronized

(b) Variation phase random

図9 PVシステム集中連系時の能動方式位相解析

Fig. 9. Effect of active islanding protection on clustered PV installation by CPAT analysis.

図10 PVシステム集中連系時の各相電流解析

Fig. 10. Result of clustered PV systems by CPAT.

動方式による電流変動が不平衡となっていることが分る。

解析に必要な時間はパソコンで100秒程度であり、様々な単独運転現象の検討には十分な解析速度である。実際に人が居住する実証試験サイトで危険な単独運転試験を実施することは考えられないため、解析結果を直接的に検証することはできないが、さらに改良を進め、多数台集中連系時の単独運転特性解析に活用していくものとしたい。

5. まとめ

多数のPVシステムが集中連系された配電システムの安全性解析に役立てるため、新たにY法による単独運転特性の多数台・高速解析手法を開発した。新手法の妥当性を検証するため、従来のEMTPによる単機解析結果との比較解析、およびPCSの単機性能試験結果との比較評価を行ない、妥当性を確認した。また、これをPVシステム500台まで拡張するとともに、実証試験地区城西の杜を想定した解析モデルを作成し、総数344台(平成17年度実績)のPVシステムを含む配電システムの単独運転特性解析を行なった。得られた成果は、今後の太陽光発電の大量導入時における安全性評価に際し、大いに役立つものと考えられる。

謝辞

本研究はNEDO技術開発機構が推進している「集中連系

型太陽光発電システム実証研究」の一環として実施したものである。研究の機会を与えて戴いたNEDO各位をはじめ、Y法についてご指導戴いた(財)電力中央研究所、ならびに解析計算にご協力戴いた関係各位に深く感謝したい。

(平成18年7月26日受付, 平成19年3月12日再受付)

文 献

- (1) (株) 関電工: 「集中連系型太陽光発電システム実証研究」, 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 (2003)
- (2) 杉原裕征: 「集中連系型太陽光発電システム実証研究の概要」, 太陽エネルギー学会誌, Vol.30, No.6, pp.3-10 (2004)
- (3) 西川省吾: 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp.51-56 (2003)
- (4) 電力中央研究所・関西電力: 「太陽光発電システム実用化技術開発(高密度連系技術の研究)」, 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 (2002)
- (5) 柴田秀一・宮下 茂・滝川 清・杉原裕征・大久保嘉人: 「太陽光発電システム集中連系時の単独運転検出機能の解析検討」, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp.487-490 (2004)
- (6) 柴田秀一・滝川 清・杉原裕征: 「PVシステム集中連系時の単独運転防止機能の解析—実証試験システムの解析—」, 平成17年電気学会電力・エネルギー部門大会資料, pp.31-17-31-18 (2005)
- (7) CRIEPI: “Integrated Analysis Software for Bulk Power System Stability”, CRIEPI REPORT, ET90002 (1991)

柴田 秀一 (正員) 1978年5月19日生。2003年3月神奈川大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了。同年4月(株)電力テクノシステムズ入社。現在、太陽光発電システムの研究に従事。

宮南 一也 (正員) 1956年2月15日生。1979年3月武蔵工業大学工学部電気工学科卒業。2002年より(株)電力テクノシステムズにて省エネルギー関連の業務に従事。現在、太陽光発電システムの研究に従事。

滝川 清 (正員) 1944年3月2日生。1962年、電力中央研究所入所。2004年より現職。当初、電力用通信技術の研究に従事。1978年より太陽光発電システムの最適設計技術、系統連系技術、および性能評価技術の研究に従事。系統連系技術の研究にて1985年オーム技術賞、1995年渋沢賞受賞、1997年電気学会論文賞受賞。

杉原 裕征 (正員) 1950年8月15日生。1976年3月東京電機大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月(株)関電工入社。現在、技術開発本部に勤務。主に太陽光発電システムの研究に従事。工学博士。電気設備学会会員。