

# 太陽光発電システム複数台連系時における運転特性 - 電圧上昇抑制特性のモデル化 -

石川 崇\*, 黒川 浩助 (東京農工大学) 岡田 有功, 滝川 清 (電力中央研究所)

Operation Characteristics in Multiple Interconnection of Photovoltaic Power Generation System  
- Modeling of Grid Voltage Control Performance -

Takashi Ishikawa, Kosuke Kurokawa (Tokyo University of Agriculture and Technology)  
Naotaka Okada, Kiyoshi Takigawa (Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI))

## 1 はじめに

近年、低圧系統連系型太陽光発電システム（以下PVシステム）は、コスト低減や国の補助政策などもあり、一般需要家に普及が進んでいる。本システムの普及が進むと、同一フィーダ内に複数台のPVシステムが連系される可能性が生じる。複数台連系時には、系統連系ガイドライン<sup>(1)</sup>に基づいて、配電線の電圧を適正值（101V $\pm$ 6V、202V $\pm$ 20V）に保つよう定められている。そのため、PVシステムは進相無効電力制御または、有効電力制御による電圧抑制機能<sup>(2)(3)</sup>を持つ。

しかし、これらの電圧抑制機能を有するPVシステムが実際の系統に複数台連系された場合、配電系統側から見た適正值を越える地点の数や、PVシステム側から見た発電出力の抑制の程度は、定量的に把握されていない。

そこで、本研究では、複数台連系時のPVシステムの運転特性について、シミュレーション解析した。

## 2 シミュレーションモデル

### 2.1 配電線モデル

複数のPVシステムが連系した配電線モデルを図1に示す。高圧配電線を11区間（ノード）に分割し、各区間に柱上変圧器を介して低圧配電線を配置した。低圧ノード1つあたり180戸の需要家が連系するとし、1軒あたりのPVシステム設置量は3kWと仮定した。

配電線モデルに連系するPVシステムは、日射量を入力データとする機能及び、ガイドラインによる電圧抑制機能を付加した。ガイドラインモデルについて図2に示す。ノード電圧が適正值を越えていた場合、PV発電電力を減少させ、ノード電圧を維持するものである。

実際の配電系統は、電圧を適正值に維持するよう設計されている<sup>(4)</sup>。配電線モデルにおいても、電圧を適正值に維持するようにノード16で、変圧器のタップを6750V/210Vから6450V/210Vに切り替えた。また、ノード0からの送り出し電圧を負荷量に応じて変化させ、最大需要（2100kW/フィーダ）時は送り出し電圧を6900Vとした。配電線モデルの電圧分布を図3に示す。

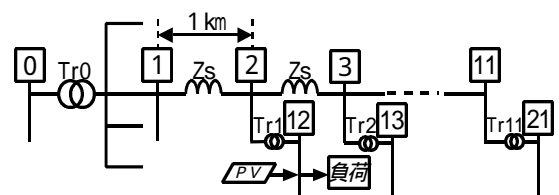


図1 配電線モデル

Fig.1 Distribution system model

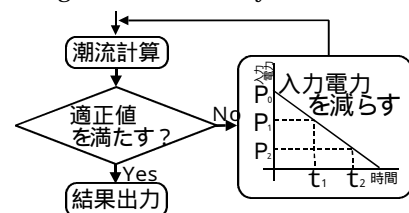


図2 ガイドラインモデルフローチャート

Fig.2 Flow chart of guide line model

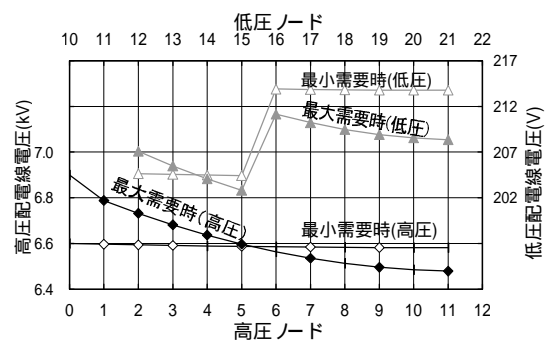


図3 配電線モデル電圧分布

Fig.3 Grid Model Voltage

### 2.2 計算条件

配電線モデルの全ノード電圧を求めるために、電力潮流計算を行った。入力データとして、中間期における1日の日射量と負荷量（住宅地域）を与えた。これは、負荷量が夏期に比べて少ない中間期に、電圧が適正值を越えることが多くなるからである。解析パラメータとして、PVシステムの普及率（戸数に対する割合）を0～50%と変化させた。

### 3 シミュレーション結果

#### 3.1 適正值超過地点

PV普及率に対して適正値を越える地点の割合を図3に示す。この場合、ある時刻において、配電線電圧が適正値を越える割合を適正值超過率とする。普及率の増加に伴い、適正值超過率が増加している。これは、PV普及率が増加すると、PVシステムの電圧上昇を抑制する機能が働く地点が増えることを意味している。

普及率40%と50%の適正值超過率が等しい。これは、電圧が適正値を超える地点は、タップ切り替え後のノード16～ノード21の6ヶ所に限られているためである。

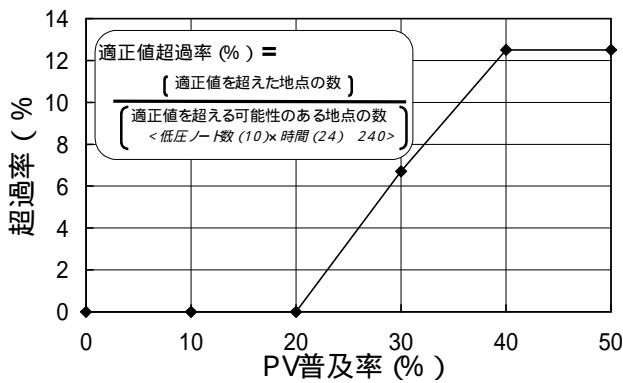


図3 適正值超過率(中間期)

Fig.3 The rate of exceeding suitable value

#### 3.2 PV発電電力抑制

PV普及率40%におけるPV発電電力(1軒あたり)の日変化を図4に示す。9時からPV出力の抑制が始まり、13時になると抑制が終わる。これは、住宅地域では13時から負荷量が増加しはじめ、PVシステムが発電した分は負荷ですべて消費され、電圧上昇が起きないためである。

ノード16と21の変化を比べると配電線末端部であるノード21の方が抑制量大きいことがわかる。これは、配電線末端電圧は、本来、線路インピーダンス等により減少する。しかし、複数台連系時ではPVシステムによる逆潮流により電圧が底上げされ、フェランチ効果が起きたことと同じ状態になる。その状態で、底上げされた電圧が柱上変圧器によって昇圧されることで、適正値を越えてしまうためである。

PV普及率に対する損失率の変化を図5に示す。損失率とは、日射量による最大発電電力量に対する発電抑制量の割合とする。PV普及率の増加に伴い、損失率が増加している。これは、本来PVシステムにおいて発電されるべき発電量が、電圧上昇抑制機能によって制限され、発電抑制量が増加していることを示している。同一フィーダ内でPV普及率が40%の場合、配電線末端(ノード21)に設置されたPVシステムの発電量は、最大26%の損失が生じる可能性がある。

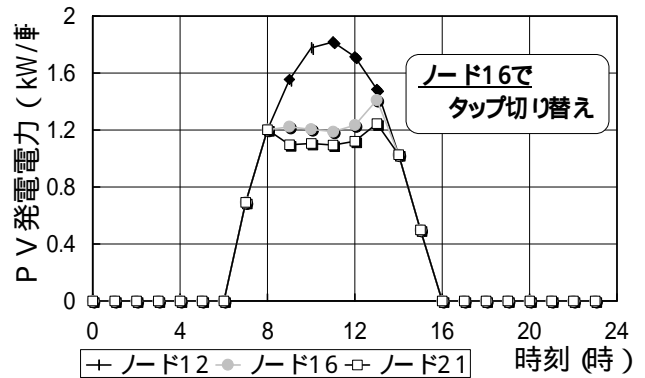


図4 PV発電電力パターン(中間期)

Fig.4 Pattern of PV generated power

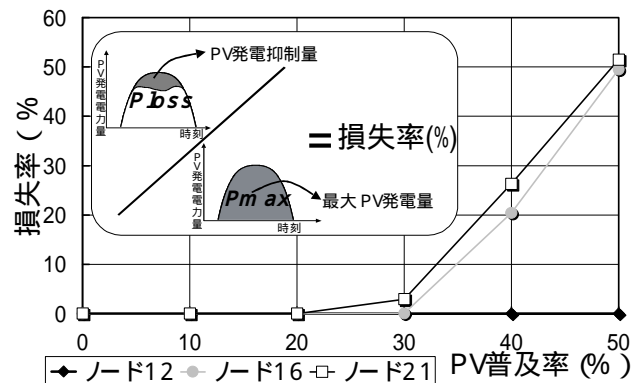


図5 損失率(中間期)

Fig.5 The rate of loss

### 4 むすび

本論文では、電圧上昇抑制モデルを追加した、PVシステム複数台連系時の配電線モデルにおける運転特性を、特に有効電力制御に注目してシミュレーション解析評価した。この結果より、

- (1) 同一フィーダ内に、PVシステムが複数連系される場合、配電線電圧が適正値を越える地点が現れる。
- (2) PVシステムの普及が進むと、ガイドラインによる抑制量が増加する。

ことが定量的に明らかになった。

今後、無効電力制御による電圧上昇抑制方式をモデル化し、解析を行う予定である。

#### 文献

- (1) 資源エネルギー庁：「系統連系技術要件ガイドライン解説書」(平9)
- (2) 嶋田他：「PV複数台連系時における無効電力による連系点電圧制御特性」、平10電気学会B部門大会、pp474-475
- (3) 松岡他：「太陽光発電システムの電圧調整機能特性試験結果」、平10日本太陽/風力エネルギー学会、pp89-92(1998)
- (4) 電力中央研究所、関西電力：平成10年度NEDO委託業務成果報告書 太陽光発電システム実用化技術開発「太陽光発電システムの実証研究」(高密度連系技術の研究)

