

# アナログシミュレータ用太陽光発電モデルの開発

太陽光発電が電力系統へ与える影響把握

## Development of a Photovoltaic Generation Model for Analog Simulators

To Grasp the Influence of Photovoltaic Generation on Power Systems

(系統運用部 系統技術G)

近年、低炭素社会の実現に向けた政府方針を受けて、太陽光発電システムが急激に普及している。この太陽光発電システムが、大量に電力系統に連系した際には、「出力変動による電圧変動」「瞬時電圧低下発生時の出力変動」「単独系統発生時の運転継続」など電力系統の安定運用への影響が懸念されている。そこで、当社のアナログシミュレータへ太陽光発電モデルを開発・導入した。

(Power Sysytem Engineering Group, Power System Operations Department)

Photovoltaic power generation (PV) has rapidly expanded in recent years. We have developed a PV model for analog simulators in order to analyze transient characteristics concerning islanding problems, etc. This paper provides an outline of this PV model and the analysis results of the influence of PV behavior on an actual power system conditions.

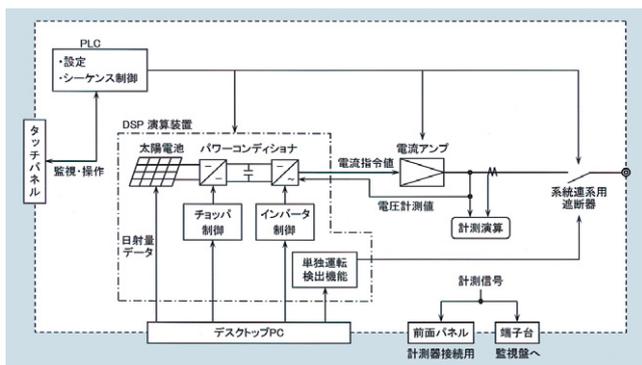
### 1 太陽光発電モデルの構成

第1図は、太陽光発電モデルの外観、第2図は、太陽光発電モデルのシステム構成である。定格電圧・定格電流は50V・62.5mAであり、アナログシミュレータと同様である。パワーコンディショナ・太陽電池のP-V特性等の高速演算部はDSP演算装置を用い、定数設定やシーケンス制御はPLC(プログラマブルコントローラ)を用いている。

日射量の模擬は、CSVデータでの入力、制御画面からの日射量一定入力の方法が可能である。単独運転検出方式は、能動的方式と受動的方式を模擬することが可能である。保護リレーは、系統連系規定に基づいた保護リレーを実装している。



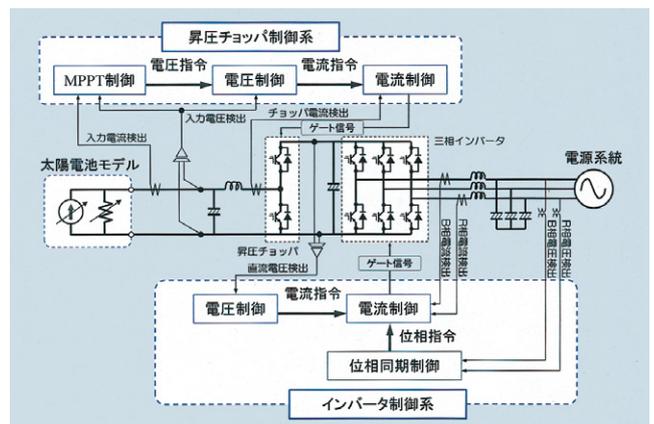
第1図 太陽光発電モデルの外観



第2図 太陽光発電モデルのシステム構成

### 2 太陽光発電モデルの機能

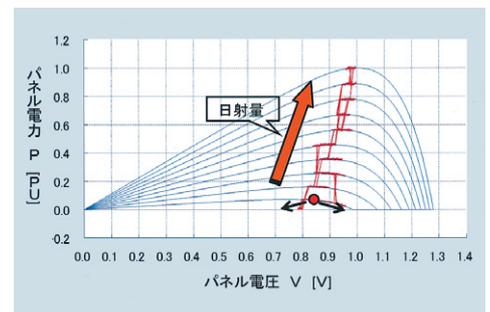
第3図は、開発した太陽光発電モデルの制御系の概略である。本モデルの制御系は、「MPPT(Maximum Power Point Tracking Control)制御」「電圧上昇抑制制御」「FRT(Fault Ride Through)機能」「単独運転防止機能」をモデリングしている。



第3図 太陽光発電モデルの制御系の概略

#### (1) MPPT制御(最大電力追従制御)

日射に応じて、太陽電池のパネル電力が最大になるようにパネル電圧を制御する。周期的にパネル電圧を変動させ、電力が最大となる最適動作点を探索する。第4図に最大電力追従制御について示す。



第4図 最大電力追従制御

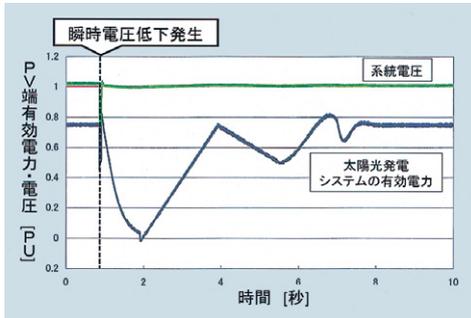
#### (2) 電圧上昇抑制制御

太陽光発電システムは通常、力率100%にて運転しており、連系点電圧が設定電圧を超えた場合は進相運転を

行う。それでも電圧が高い場合には、太陽光発電の有効電力を制限することにより、連系点電圧の上昇を抑制する。

### (3) FRT機能(瞬時電圧低下時の運転継続機能)

系統故障時、広範囲で瞬時電圧低下が起これ、太陽光発電が一斉に解列し、停止する可能性があるため、瞬時電圧低下発生時に有効電力を一時的に制限することにより、太陽光発電システムの不要な解列を防止する。第5図にFRTの動作例を示す。



第5図 FRTの動作例

### (4) 単独運転防止機能

送電線のルート断故障等で切り離された系統において負荷と発電がバランスした場合に単独運転となる可能性がある。単独運転が発生すると、太陽光発電システムから電力が供給され、「公衆感電」「事故点の電力機器の損傷」「再閉路時の非同期投入による電力機器の損傷」といった問題が生じるおそれがあるため、配電系の太陽光発電システムでは、単独運転検出機能を設置する必要がある。今回開発したモデルでは、単独運転検出機能は、代表的な能動的方式と受動的方式を任意に適用できるモデルとしている。

## 3 「メガソーラーいいだ」の解析結果

今回、開発した太陽光発電モデルを用いて、平成23年1月に当社管内において運開した「メガソーラーいいだ」に関する解析を実施した。

### (1) アナログシミュレータによる配電系単独系統解析

第6図に配電系単独系統解析の試験系統を示す。「メガソーラーいいだ」は、定格出力1MW(運転力率100%)であり、飯田市内の配電線約3kmにて連系する。負荷は軽負荷期の休日を考え、1MW(進み力率95%)とする。単独系統発生前にて負荷とメガソーラーの出力はバランスした状態である。単独系統の発生は変電所の変圧器二次側遮断器の開放にて模擬する。



第6図 配電系単独系統解析の試験系統

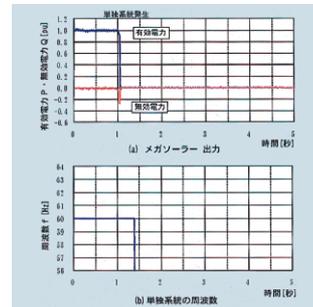
第7図にメガソーラーの単独運転防止機能を使用した際の解析結果を示す。単独運転防止機能には、能動的方式として周波数シフト方式、受動的方式として電圧位相跳躍検出方式を適用している。単独系統発生後、速やかにメガソーラーが解列している。

第8図にメガソーラーの単独運転防止機能を除外した際の解析結果を示す。(系統連系規定により実際の配電系統では単独運転防止機能を除外できないが、現象の把握のため、解析を実施した。)今回の解析では1秒以上単独系統が継続している。

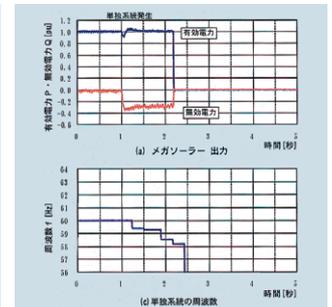
周波数については、単独系統の発生とともに低下した。メガソーラーの出力と負荷の容量はともに1MWであるが、火力発電のように「有効電力のバランス」により周波数が決まらず、太陽光発電システムは、第1表のように発電と負荷の力率「無効電力のバランス」により周波数が決まり、メガソーラーは力率100%運転、負荷は進み力率95%の容量性であるため、単独系統の周波数が低下している。

第1表 単独系統発生時の負荷特性による周波数応動

負荷	PV	力率100%	遅れ力率	進み力率
抵抗性		周波数不変	周波数低下	周波数増加
誘導性(遅れ力率)		周波数増加	条件により変動	周波数増加
容量性(進み力率)		周波数低下	周波数低下	条件により変動



第7図 単独運転防止機能使用



第8図 単独運転防止機能除外

## 4 まとめ

これまで、太陽光発電の挙動や太陽光発電が電力系統に与える影響等について正確に把握・模擬できる手段がない中で、今回、アナログシミュレータ用の太陽光発電モデルを開発することにより、様々な現象解析や知見の蓄積が可能となった。また、単独系統にて火力発電機とは異なる新しい周波数応動を確認することができた。

太陽光発電は、今後は一般家庭への大量導入も予想され、「メガソーラーたけとよ」「メガソーラーしみず(仮称)」も計画されるなど、太陽光発電モデルを用いた系統解析は基盤技術として今後も益々重要になると考えられる。今後、関係部署との連携を強化しつつ、様々な現象解析や技術力の向上に努めていく予定である。



執筆者/ 葉丸幸仁