

# マイクロ水力・太陽光ハイブリッド発電 システムの特徴について

会員 ○ 大友 哲（山梨自然エネルギー発電株式会社）

## Experimental results on Hybrid system of Micro-hydroelectric and Photovoltaic Power System

Satoru OTOMO

Yamanashi Greenenergy Co.,Ltd.

Address : 3545-3902kiyosato, Takane-cho,  
Hokuto-shi, Yamanashi-ken, 407-0301,Japan

Tel/Fax+81-551-48-3822

E-mail: satoruot@eps4.comlink.ne.jp

### ABSTRACT

We present the experimental results on the grid-connected hybrid system of micro-hydroelectric and photovoltaic power system. In this case, micro-hydroelectric power system is also using the photovoltaic power inverter.

キーワード: ハイブリッドシステム, 小水力発電システム, 系統連系システム

Keywords : hybrid system, micro-hydroelectric power system, grid-connected power system.

### 1. はじめに

小水力発電は、農業用水路などに設置して使用する発電方式です。設置可能な場所は多数存在し、将来のエネルギー源として期待されています。しかし、現状ではあまり普及していません。特に低圧電力系統に連系されて発電しているものは、日本国内ではほとんどありません。また、分散型電源系統連系技術指針によれば、誘導発電機などの回転する機器を低圧で直接系統連系することは原則的には認めていません。

今回の実験では、すでに系統連系して稼働している太陽光発電インバータに200Wの小水力発電機を接続して、マイクロ水力・太陽光ハイブリッド発電システムとして稼働させ、その発電特性を解析しました。

### 2. 小水力発電システムの概要

当社の太陽光発電システムは山梨県北杜市大泉町の田んぼの南側の土手に設置されています。単相3線式100~200V16kWと三相200V17kWのシステムが稼働しています。その3相インバータに200Wの小水力発電機を接続しました。接続方式は図1の単線結線図の通りです。

マイクロ水力発電機は、ベトナム（本社はカナダ）パワーパル社製のMHG-200LHです。最大出力は200Wです。それに対する必要水量は35リットル毎秒・落差は1.5mとなっています。総合効率は約40%、発電機の仕様は、永久磁石交流発電機です。出力は単相220V・50~60ヘルツで、負荷により周波数が変動します。写真2は、水車の回転部分です。このタービンの上部に発電機が接続されています。



pic2. turbine of hydroelectric system



小水力・太陽光ハイブリッド発電単線結線図 (Fig.1, circuit of hybrid system)

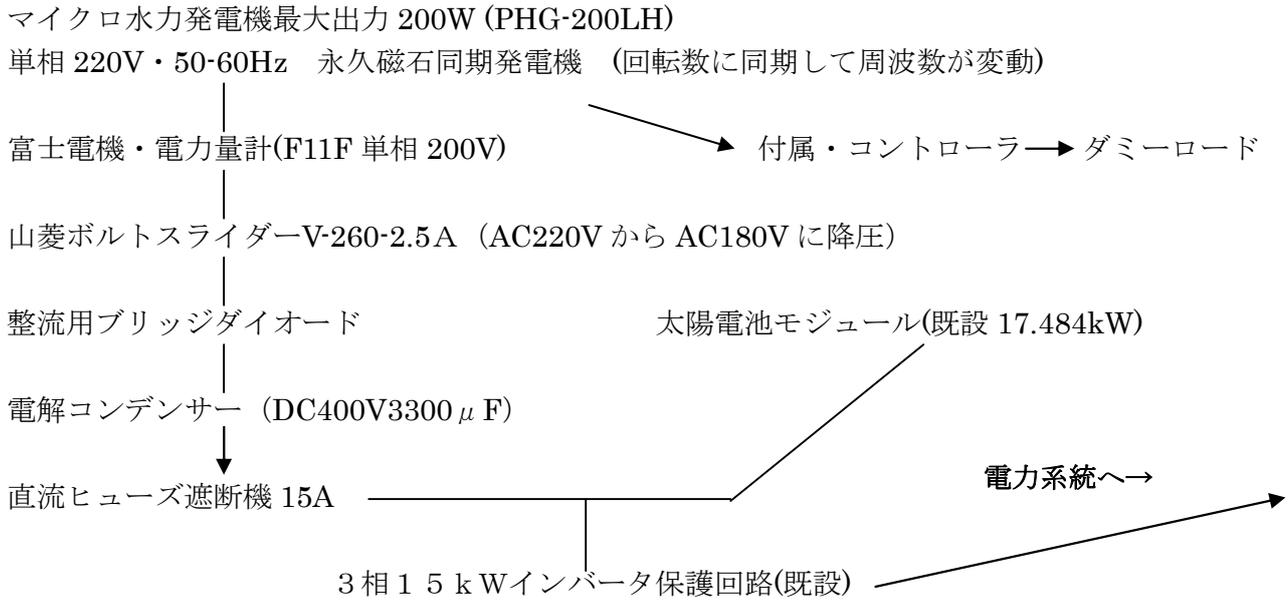


写真 3 は、水力発電機設置前の水路の状況です。写真 4 は、発電機設置後の状況です。水路の上段から下段への落差は 1.5m で、発電機の性能に大変マッチしています。



pic.3 before construction



pic.4 after construction

### 3. 入力電圧の設定

小水力発電システムは、交流で発電した電力を直流に整流し、インバータに入力して発電します。その際、太陽電池アレーの発電電圧に合わせる必要があります。そのために、ボルトスライダで交流電圧を降圧しています。AC220V を直流に整流すると理論値として $\sqrt{2}$  倍の DC310V となり電圧が高過ぎると考えられます。したがって発電した電力を降圧して適切な電圧にしてインバータに入力します。

この発電システムの太陽電池アレー電圧は開放電圧が DC250V、最大出力動作電圧が DC210V ですが、この電圧に水力発電機の直流電圧を合わせる必要があります。その電圧を計測しながら、調節するための制御盤を設置しました。写真 5・写真 6 は制御盤の全体です。



pic.5 control box



pic.6 control box

写真7は、電圧計測用のパネルメータです。上段は交流側の電圧で、右側が入力一次側、左側が二次側です。下段中央は、直流電圧です。左側は直流電流で、右側は水力発電機からの交流電流です。小水力発電機をインバータに接続して発電させた状態で、メータを見ながら、ボルトスライダのつまみを回転し適切な電圧を決定しました。



pic.7 panel meters

結論から申し上げますと、二次側の交流電圧は、AC180V に決定しました。これを直流に変換した場合は、太陽電池モジュールの開放電圧に相当します。ただし太陽光発電で運転中のインバータに入力すると、太陽電池電圧と同じ約 200V の直流電圧になります。実測値としては、一次側 AC220V → 二次側 AC180V → 直流入力電圧 DC200V となります。ただしインバータが停止した夜間は、直流電圧は DC280V となりました。理論値よりもかなり高い電圧ですが、これはリップル電圧に起因していると考えられます。交流を直流に変換する時に発生する高い電圧です。

二次側の交流電圧が、AC180V より低い場合と高い場合に分けてその問題点について以下にまとめてみま

した。ただし稼働しているインバータへ入力すると二次側が一定で一次側の電圧が変動します。

#### ☆入力電圧が低い場合。

水力発電からの入力電圧が低い場合は、発電出力(負荷)が低下する。そのために水力発電の一次側の電圧が上昇し、ダミーロードに電力が流れる結果となる。

#### ☆入力電圧が高い場合。

水力発電からの入力電圧が高い場合は、発電機の負荷が増大する。そのために水力発電機の回転数が減少し、その結果発電出力が低下します。明らかな発電電力の低下を確認するには、かなり入力電圧を高く設定する必要が認められた。AC220V までは、顕著な出力低下は認められなかった。この場合に影響があるのは、インバータが停止した夜間であった。直流入力電圧がインバータの許容電圧より高いと、CPU のプログラムが誤作動し機器を破損する恐れがあります。

太陽光発電のインバータは、太陽電池アレーの最適電圧に合わせて発電し、発電電力が最大になるように、最大電力動作点追尾システムを搭載しています。その影響を受けて、水力発電からの最適な入力電圧が変動しますが、変動幅が小さいので、それほど影響は受けられないと考えられます。

#### 4. インバータ起動特性試験

当ハイブリッド発電システムは、水力発電の規模が著しく小さいために、水力発電単独では、インバータを駆動出来ません。したがって夜間は系統連系していません。ただし一晩中インバータを起動させようと試みています。その時の発電特性について解析しました。写真8・9は、解析システムの部分です。



pic.8 deta loggers and P.C.

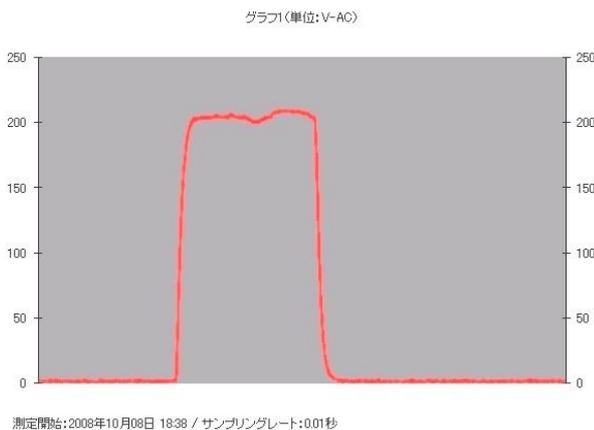
インバータに取り付けられている 5V 出力のトランスデューサーからデータロガーで電圧を取り込み、パ



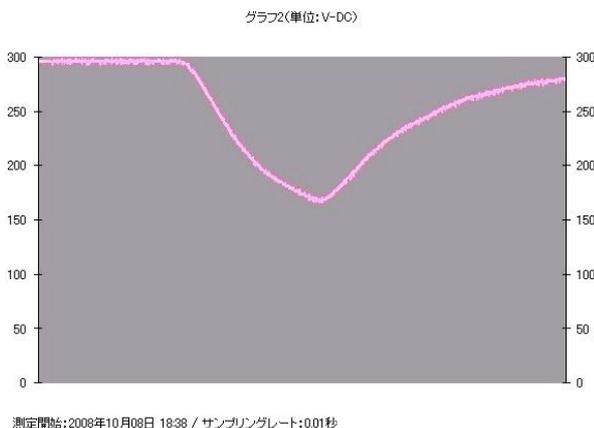
pic.9 transducers

ソコンのプログラムで解析しました。

パソコンに取り込んだデータは、ソーラーグラフと言うプログラムで画像ファイルにすることが出来ます。この画像を当社のサーバーへ転送しグラフとしました。データロガーはソーホーエード社の物を使用しました。データ転送にはAUの携帯電話を用いています。



graph1 AC voltage



graph2 DC voltage

グラフ 1・グラフ 2 は、インバータの交流側と直流側の電圧を計測しています。この 3 相インバータは、起動する際に一定時間交流電圧が維持された状態で、直流側の電圧が一定以上に保たれ

れていると、系統とリレーで接続する構造になっています。そしてこのグラフでは、直流側の電圧が数秒後に許容範囲以下に低下し、発電が中止されインバータが待機状態になった事を表しています。その後 256 秒の待機の後、再び発電を試みることにしています。

太陽電池は、負荷をかけても直流電圧が一定以下に低下しない特性があります。それに対して、回転する発電機は起動時に大きな負荷がかかると電圧が低下するという特性を持っています。したがってインバータ起動時のプログラムを直流側の電圧では無く、電力が一定以上に保たれると言う条件に変更する必要があると考えられます。

## 5. まとめ

マイクロ水力・太陽光ハイブリッド発電システムの特性試験の結果により以下のような条件が決定されました。

- ① 水力発電を直流変換してインバータに接続する電圧は、太陽電池アレーの開放電圧と同じにすることが最適です。
- ② 水力発電の交流を直流に変換する際に、リップル電圧の影響で理論値よりも電圧が高くなるので、インバータを破損しないように注意が必要です。
- ③ 太陽電池と水力発電機では、インバータの起動特性が異なるためにプログラムの変更が必要です。

最後に、小水力発電を普及させるために国にエネルギー政策の転換を要望したいと思います。現在、自然エネルギーは補完的な電源と位置付けられています。それら自然エネルギーを主役とする政策に転換して頂きたいと考えます。特に夜間も発電する小水力発電は原子力発電に代わるエネルギー源と位置付けして推進し、売電価格も太陽光と同じ価格で買い取るように要望します。

また電力会社には、小水力発電を普及させるために、系統連系の手続きを簡素化するように要望します。特にインバータを介在して水力発電を系統連系することは技術的に問題が無いので、太陽光発電と同じように手続きを簡素化するように要望します。

## 参考文献

分散型電源系統連系技術指針・社団法人日本電気協会  
 日経エコロジー・October2006 「同期型の風力発電」  
 太陽/風力エネルギー講演論文集 2006年 No.55