

# 大容量太陽光発電インバータと小水力発電 系統連系システムの開発について

会員 ○ 大友 哲 (NPO 法人太陽光発電所ネットワーク)

## Development of Large Scale Photovoltaic Power Inverter and Grid-Connected Power System For Micro-hydroelectric Satoru OTOMO

Photovoltaic owner's-Network, Japan  
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

Large scale photovoltaic power inverter is expensive than the small system. We propose the outline of development on the low cost photovoltaic power inverter for grid-connected power distribution system.

High cost and technical difficulties prevent wide practical application of grid-connected micro-hydroelectric power system. We attempt to develop low cost grid-connected power system for micro-hydroelectric.

キーワード：太陽光発電インバータ，小水力発電システム，系統連系システム

Keywords : photovoltaic power inverter, micro-hydroelectric power system, grid-connected power system.

### 1. はじめに

大容量太陽光インバータは市販品が無く、特注品として高価である。本研究では、過去に開発した3相インバータを改良して安価なインバータを開発し、そのインバータの発電電力を系統に逆潮流する事を目的とした、系統連系保護装置の所要条件と開発概要に関して述べる。

小水力発電により低圧系統連系を行なう場合、その系統連系方式には様々な方法が考えられるが、本研究

では低コストで最も効率の良い方式を提案する。現在その確立された方法は無く、小水力発電の電力を電力系統へ逆潮流した事例は少ない。また、日本の電気設備の技術基準解釈および、電力品質確保に係わる系統連系技術要件ガイドラインでは、低圧配電線への系統連系において「逆変換装置無し」・「逆潮流有り」の方式を原則的に認めていない。それら諸外国には無い厳しいガイドラインをクリアするための方式について提案する。

### 2. 3相系統連系インバータの性能評価

1997年、共同研究者・浅川初男・佐藤章一・高橋元広・大友義郎らと共に東京電力(株)公募の太陽光発電実用化に関する研究に応募し採択された。その研究で3相系統連系インバータを開発した。このインバータは本研究の基礎となるもので、1999年9月より新たに改良を加えて農地太陽光発電所に設置した。そして2006年現在まで17.7kWの太陽電池パネルにより正常に稼働し、設置から7年間に約15万kWhの電力を東京電力へ売電した。今回その性能評価を行なった。

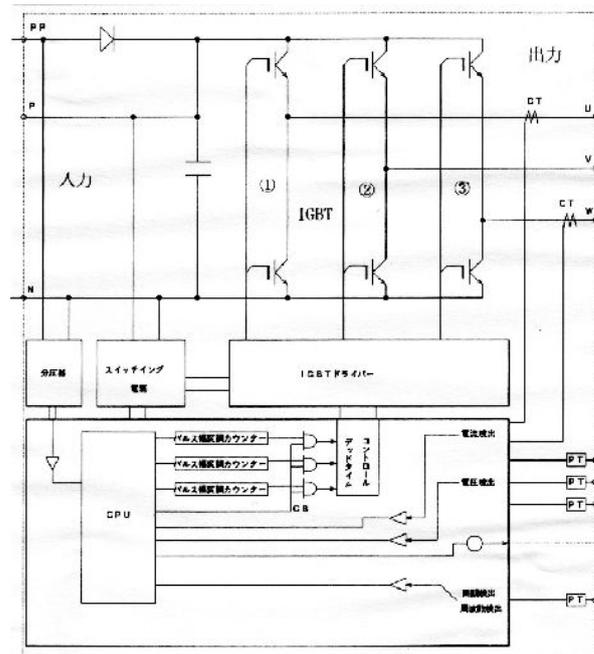


Fig.1, circuit of 3 phase inverter

システム	2005年								2006年				合計
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
開発した 3相インバータ (17.72kW)	2266	1898	1698	1848	1725	1513	2190	2122	2043	1966	2311	2062	23642
	17.2	14.9	12.9	14.0	13.5	11.5	17.2	16.1	15.5	16.5	17.5	16.2	15.2
日本電池 LBSC-4.5-S3 C(4.79kW)	592	496	407	463	402	348	573	593	561	540	622	543	6140
	16.6	14.4	11.4	13.0	11.7	9.8	16.6	16.6	15.7	16.8	17.5	15.7	14.6
オムロン KP40F (3.84kW)	502	422	376	419	396	344	502	489	468	453	523	460	5354
	17.6	15.3	13.2	14.7	14.3	12.0	18.2	17.1	16.4	17.6	18.3	16.6	15.9
三菱電機 PV-PN04B2 (3.32kW)	442	375	343	377	357	309	444	441	415	397	459	404	4763
	17.9	15.7	13.9	15.2	14.9	12.5	18.6	17.8	16.8	17.8	18.6	16.9	16.4
東芝 PVM-U0040 (3.36kW)	419	355	322	358	343	296	432	435	414	392	449	385	4600
	16.8	14.7	12.9	14.3	14.2	11.8	17.9	17.4	16.6	17.4	18.0	15.9	15.6

Fig.2 , comparison data of inverter the upper (kWh/month) the lower (increase%)

開発した3相インバータの概要について説明する。回路構成は図1に記載している。各2個のIGBTとFWDで構成されている富士電機IGBTモジュール3個を組み合わせて、PWMインバータを製作した。IGBTモジュールとIGBTドライバー、スイッチング電源とCPUを含む制御回路の4つのブロックから成り立っている。スイッチング電源は、太陽電池の変動する電圧から24V1Aの安定した直流電力を得るためのもので、イーター社製の既製品を使用している。制御回路は、既製のCPUユニットとそれを外部から制御する独自の回路から成り立っている。CPUの電源は、スイッチング電源よりDC-DCコンバータで5Vに変換して供給している。インバータの連系保護装置はCPUのプログラムにより全てを制御している、したがって連系保護装置という回路は、OVR・UVRの一部しか存在しない。システムが停電した場合に運転継続を防止するための単独運転検出機能には、能動的方式として、周波数シフト方式を、受動的方式として周波数変動検出を用いている。また、電力変換高率を高めるために、最大電力追尾方式を搭載している。これは太陽電池モジュールの温度変動により変化する、最適動作電圧を追尾する方式である。

次に開発した3相インバータの発電性能を他のインバータと比較する。図2は、同じ農地発電所敷地内に設置した4組の市販の住宅用太陽光発電インバータとの比較データである。2005年5月から2006年4月まで各システムの毎月の発電電力量(実測値)と設備利用効率を比較した。それぞれのシステムの太陽電池モジュールが異なることと、設置角度が35~40度とわずかに異なることから、性能の厳密な比較は出来ないが、それぞれの発電システム利用効率のばらつきは、

±1%の範囲に納まっている。3相インバータは、直流成分の漏出を防止するために低周波トランスを設置している。トランスレス方式の住宅用インバータと比較して効率が悪い反面、3相電力の変換効率が良い事が想定される。したがってそれらを総合的に評価すると、3相インバータはほぼ期待通りの性能を発揮していると言える。

太陽光発電システムを設置している農地発電所について紹介する。大友が自ら耕作する20aの農地とその法面の一部に約33kWの太陽電池モジュールを設置している。写真1~3はその外観を西面・南面・東面から眺めている。写真4は、3相インバータの全体を写真5は、単相3線式回路に4台の市販インバータを設置した状態を写した。これら2回線で東京電力へRPS契約により売電している。 Pic. 1, from west





Pic.2, from south



Pic.3, from east



Pic.4, 3 phase inverter

### 3. 大容量インバータの開発概要について

受電容量が50 kWを超える施設は6600Vの高圧で受電している。それら設備の負荷容量に合わせて、単相・3相それぞれに20~50kWの太陽光発電インバータを設置する。2~3台のインバータを複数台並列設置して、最大で100kW程度までの発電能力を目指す。

インバータの価格は市販品の卸売り価格と同程度のkW/5万円を目指す。以上の条件を満たすために既存のインバータへ次のような改良を加える必要がある。



Pic.5, inverters on the market

1. トランスレス方式とするために、保護装置に直流分検出機能を追加する。

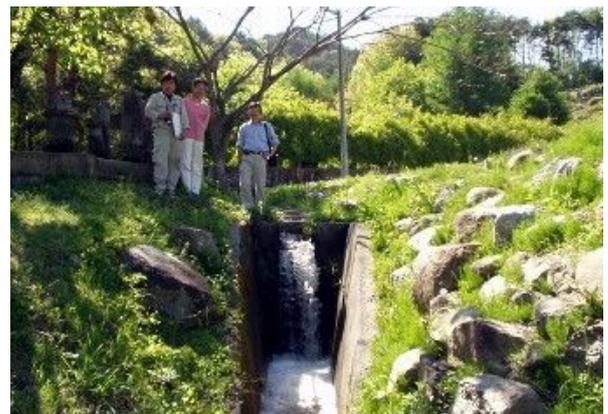
2. インバータを複数台並列設置しても単独運転検出機能が相互干渉を起こさない改良を行なう。

分散型電源系統連系技術指針によれば、高圧受電設備において、「線路無電圧装置」を設置すれば、単独運転検出機能を省略出来ると記載されている。この装置は変電所からの信号により遮断する装置で、非常に高価なため設置する事例は殆ど無い。一般には単独運転検出機能と、高圧受電点に高圧電路側の地絡を検出する、「地絡過電圧継電器」(OVGR) の設置を行なう必要がある。

### 4. 小水力発電系統連系システムの開発について

山梨県北杜市白州町の農業用水路へ約3kWの小水力発電設備を設置する計画を進めている。発電電力は全量東京電力へRPSで売電する予定である。利用出来る水路の有効落差は約13mで流量は37ℓ/Sが期待出来る。発電の総合効率を65%として約3kWの発電能力が期待出来る。稼働率90%として年間発電電力量は23600kWhが得られる。設置場所の様子を写真6に掲載する。使用する水車はチェコ製のクロスフロー水車(写真7)を予定している。

Pic.6



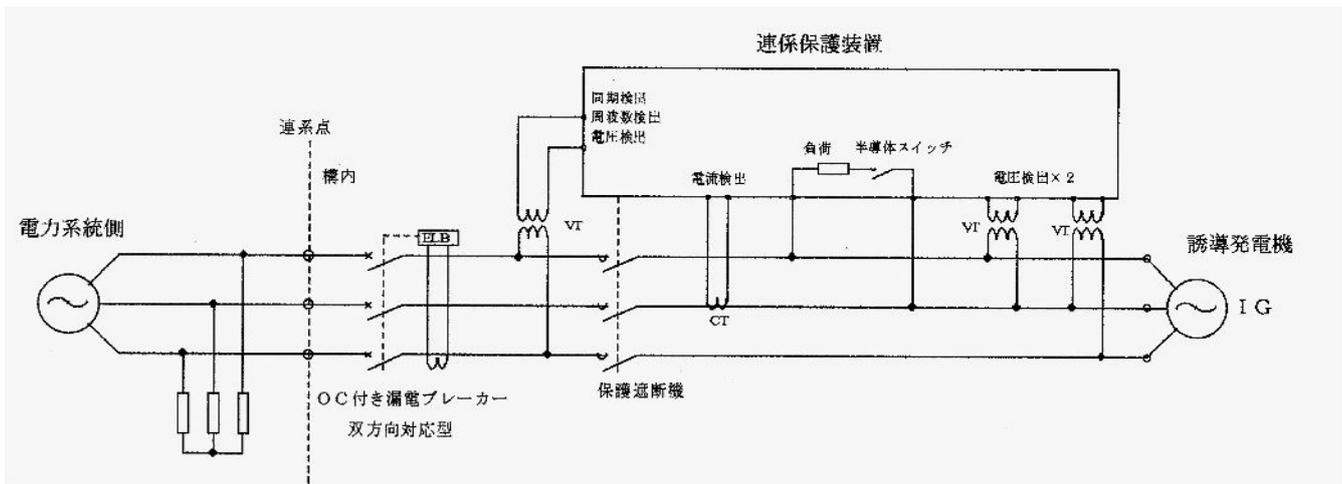


Fig.3, circuit of grid- Connected micro-hydroelectric power system.



Pic.7, water mill dynamo

次に系統連系の方式について述べる。ガイドラインによれば、誘導発電機などの回転する機器を系統連系する場合は、単独運転状態で速やかな停止が困難な事からその方式を推奨していない。一方で、東京電力の見解によれば、単独運転状態における系統との高速遮断（0.5秒以内）が試験結果等で確認出来れば可能としている。図3に、誘導発電機を直接系統連系する場合の回路構成を示した。単独運転検出機能には受動的な方式として電圧位相急変検出、能動的な方式として負荷変動方式を採用している。変動負荷は数msオーダーで加えるため出力損失は無視できる。

もう1つの系統連系方式として、インバータを介す方式が一般的である。水車発電機には永久磁石型3同期発電機(PMG)を用いて発電しその電力をコンバータで直流に変換して、再びインバータで3相交流に変換して系統へと流す方式である。コンバータとインバータの損失がある反面、系統へ流す電力の力率を常に1に近い状態に保つことが出来る利点がある。

他方、誘導発電機を直接系統連系する場合には力率をコンデンサーで0.95以上にする必要がありその損失は無視できない。また単独運転検出時に発電機が系統から切り離されると、瞬時に増速して水車を壊す恐れがある。それを防止するためには、水車が停止するまでの間、発電電力を擬似負荷へ流す工夫も必要である。インバータ方式では、負荷の変動をコンバータへフィードバックして滑らかな停止も可能である。また水量が減少した場合には発電機の電流を最適な状態に制御して、出力の減少を最小限にする事が出来る。いわば水力発電向けの最大電力追尾方式である。

近年、発電効率が良い永久磁石同期型と呼ばれる風力発電が主流になりつつある、小水力発電にもこの方式が有効か今後の検討課題としたい。

## 5. まとめ

大容量の太陽光発電インバータのコスト低減は容易であり、住宅用の発電システムと同程度まで発電コストが下がる目途が立っている。しかし、高圧受電設備の売電単価は11円/kWh程度と電灯契約の半分以下である。したがってその売電価格を補うための制度的な工夫が必要と考えられる。

小水力発電の系統連系方式は未知の部分が多く、効率向上に対する課題も多い。今後どの方式が効率的か実際の設備で定量的に比較検討したい。

## 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」