

「SANUPS P73J JEM1505 (ステップ注入付周波数フィードバック方式)」の 開発

松崎 昭憲

Akinori Matsuzaki

犬飼 将弘

Masahiro Inukai

藤巻 哲也

Tetsuya Fujimaki

松沢 哲也

Tetsuya Matsuzawa

1. まえがき

太陽光発電用パワーコンディショナは、商用系統の停電を速やかに検出するため能動的方式と受動的方式を備えている。しかし、メーカーにより能動的方式が異なるため、既にパワーコンディショナが設置されている商用系統に他メーカーのパワーコンディショナを設置する場合は、電力会社から能動的方式の干渉確認のため、他メーカーとの単独運転試験が必要となりその試験に時間と費用がかかっていた。

2012年8月に太陽光発電用単相パワーコンディショナでは単独運転検出(能動的方式)において業界標準としてJEM1498「分散型電源用単相パワーコンディショナの標準形能動的単独運転検出方式(ステップ注入付周波数フィードバック方式)」が制定され、当社製品では「SANUPS P61B」に組み込まれている。

しかし、太陽光発電用三相パワーコンディショナは回路方式の相違と系統連系規定の適用範囲の違いにより、JEM1498は適用することができないため、業界標準規格の制定が求められていた。

2015年9月に太陽光発電用三相パワーコンディショナの単独運転検出(能動的方式) JEM1505「低圧配電線に連系する太陽光発電用三相パワーコンディショナの標準形能動的単独運転検出方式(ステップ注入付周波数フィードバック方式)」が業界標準として制定された。

新たにJEM1505(ステップ注入付周波数フィードバック方式)に対応した太陽光発電用三相パワーコンディショナ「SANUPS P73J」を開発した。図1にP73Jの外観を示す。

本稿ではその概要と機能確認結果を紹介する。

2. ステップ注入付周波数フィードバック方式の概要

ステップ注入付周波数フィードバック方式による単独運転検出(能動的方式)は、無効電力を注入することにより交流電圧周波数を変化させ周波数変化を検出する方式である。

図2にステップ注入付周波数フィードバック方式の回路ブロック図を示す。

周波数フィードバック部は、商用系統の交流電圧周波数を計



図1 P73J外観

測することにより、停電発生時に発生する周波数偏差から無効電力注入量 $\theta 1$ を算出する。

ステップ注入部は、商用系統に接続されている負荷が平衡状態の場合、停電が発生し単独運転状態となっても周波数変化が小さい場合にステップ注入条件が成立すると強制的に無効電力 $\theta 2$ を注入する。

インバータは、無効電力 $\theta 1$ と $\theta 2$ を加算した電流指令で制御することにより交流電圧周波数が変化する。

単独運転検出部は、計測した周波数から周波数変化が閾値を越えると単独運転状態と判断しパワーコンディショナを停止する。

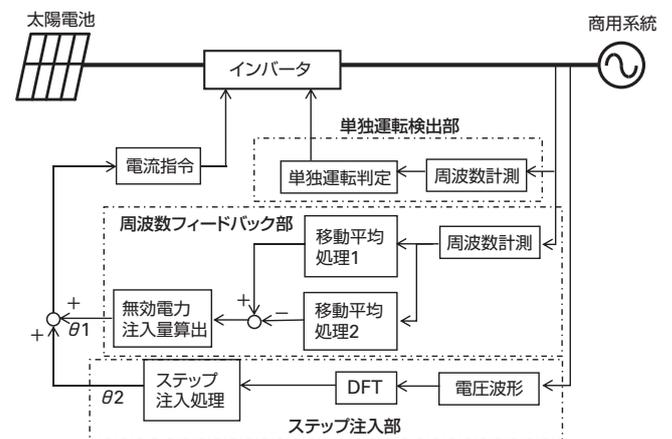


図2 回路ブロック図

2.1 周波数フィードバック部

周波数フィードバック部は、商用系統の周波数を計測し、最新の40msec間の移動平均周波数値から200msec前の320msec間の移動平均周波数値を減算した結果を周波数偏差とする。その周波数偏差に一定値を乗算して無効電力注入量 $\theta 1$ を算出する。

図3に10kWパワーコンディショナの周波数偏差と無効電力注入量の関係を示す。

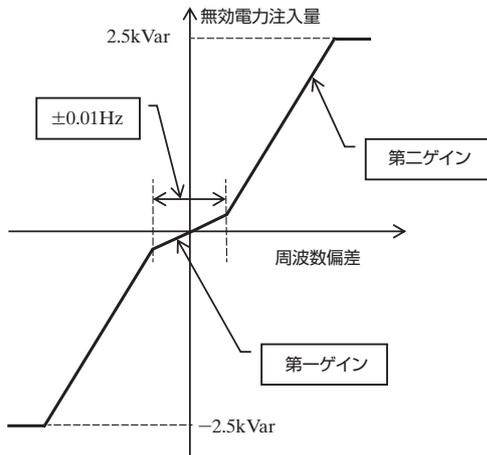


図3 周波数偏差と無効電力注入量

2.2 ステップ注入部

ステップ注入部は、商用系統の電圧波形に基本波から第7次高調波までの離散フーリエ解析 (DFT) をおこなうことにより、商用系統電圧波形に含まれる基本波電圧から第7次高調波電圧を算出する。

検出した基本波電圧と高調波電圧が図3に示す周波数偏差が $\pm 0.01\text{Hz}$ 以下で、JEM1505に記載の基本波電圧および高調波電圧の検出条件が成立した場合に10kWパワーコンディショナでは1kVarの無効電力を一定時間注入する。

2.3 単独運転検出

単独運転検出は、商用系統の周波数を計測し、その周波数計測値が単独運転状態の時にある閾値を超えた場合に単独運転状態と判断する。

3. 各部の動作

ステップ注入付周波数フィードバック方式の各部の動作について試験結果を報告する。

3.1 周波数フィードバック部

図4、図5にシステム交流電源にて周波数を50Hzから51.5Hzと51.5Hzから50Hzに2Hz/secで周波数変化を模擬的に発生した時の波形を示す。波形より周波数の増加、減少により無効電力の注入極性が図3と一致する結果を得た。

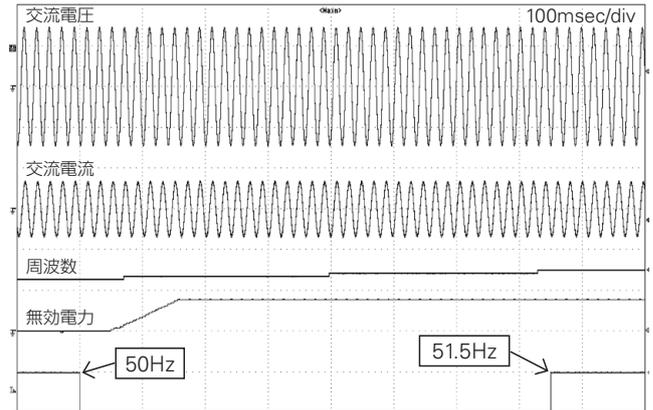


図4 周波数変化波形 (50Hzから51.5Hz)

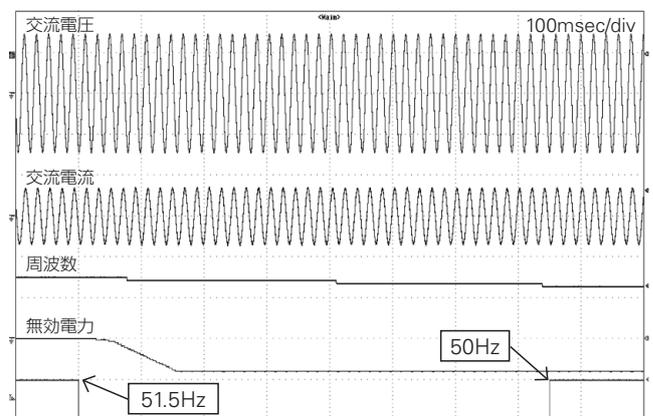


図5 周波数変化波形 (51.5Hzから50Hz)

3.2 ステップ注入部

図6にシステム交流電源にて模擬的に交流基本波電圧を202Vから204.5Vに変化した時の無効電力の注入動作波形を示す。図7に代表例として第7次高調波電圧を0Vから2Vに変化した時の無効電力の注入動作波形を示す。

図6、図7より基本波電圧、第7次高調波電圧変化を検出し無効電力を一定時間注入している結果を得た。

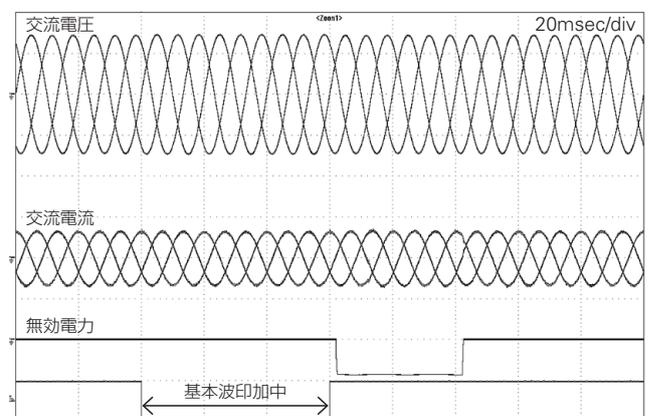


図6 基本波変化波形 (202Vから204.5V)

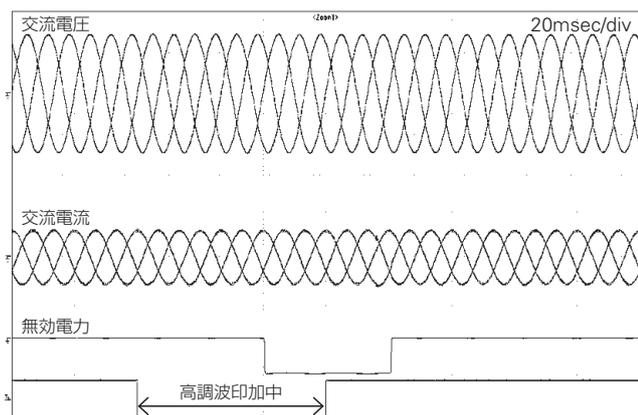


図7 第7次高調波変化波形 (0Vから2V)

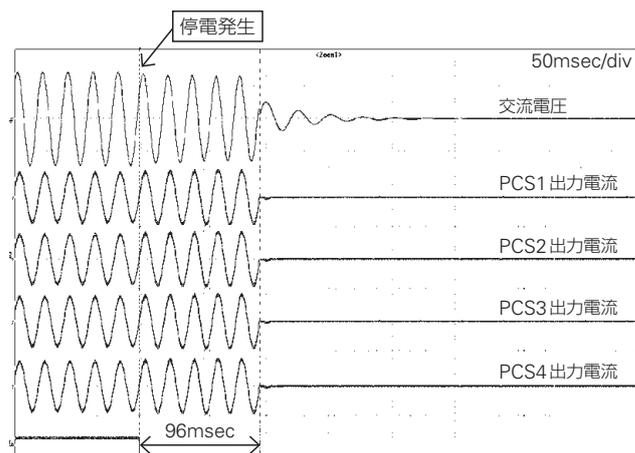


図10 4台運転時単独運転検出波形

3.3 単独運転検出

図8, 図9, 図10にパワーコンディショナ (PCS) が2台運転中, 3台運転中, 4台運転中に模擬的に停電を発生した時の単独運転検出波形を示す。

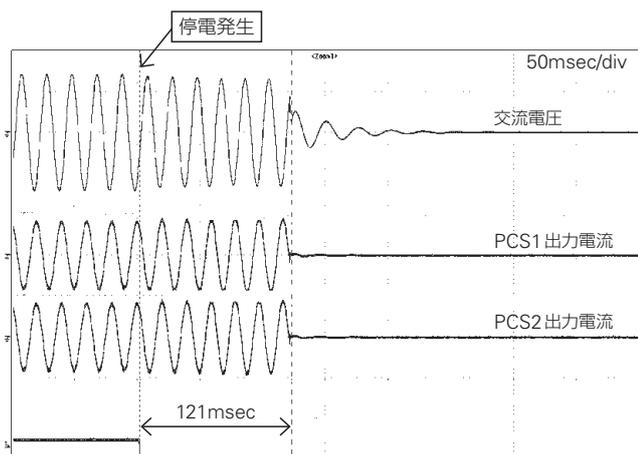


図8 2台運転時単独運転検出波形

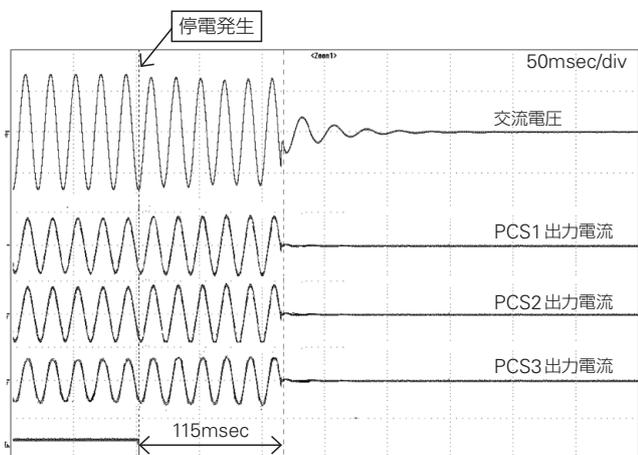


図9 3台運転時単独運転検出波形

図8から図10よりパワーコンディショナの運転台数が増加してもパワーコンディショナの単独運転検出に干渉がなく, 停電発生から200msec以内に停止している結果を得た。

4. 仕様

表1に「SANUPS P73J」ステップ注入付周波数フィードバック方式の電氣的仕様を示す。

5. お客様のメリット

業界標準のJEM1505 (ステップ注入付周波数フィードバック方式) を採用することによるお客様のメリットを下記に示す。

- (1) 各社パワーコンディショナ間の単独運転検出 (能動的方式) に干渉が発生しないため, 分散電源用パワーコンディショナの多数台連系に有利となる。
- (2) 多数台連系となった場合に同期信号の配線が不要となる。
- (3) 他社パワーコンディショナと同一系統へ連系となる場合, 電力協議が必要となる他社パワーコンディショナとの単独運転試験が不要となり, 電力協議にかかる負担 (費用, 時間) が軽減できる (ただし, ステップ注入付周波数フィードバック方式対応のJET認証品に限られる)。

表1 「SANUPS P73J」ステップ注入付周波数フィードバック方式の電氣的仕様

項目		系統連系タイプ		備考
出力容量		9.9kW	10kW	
主回路方式		自励式電圧形		
スイッチング方式		高周波PWM		
絶縁方式		高周波絶縁方式		
冷却方式		強制空冷		
直流入力	定格電圧	DC400V		
	最大許容入力電圧	DC570V		
	入力運転電圧範囲	DC150V ~ 570V		定格出力範囲 DC250V ~ 540V
	最大出力追従制御範囲	DC190V ~ 540V		
	入力回路数	7回路 (MAX11A /回路) 1回路 (一括入力の場合)		一括入力の場合は、外部に接続箱が必要
交流出力	相数・線数	三相・3線		
	定格電圧	AC202V		
	定格周波数	50Hz / 60Hz		
	定格出力電流	AC28.3A	AC28.6A	
	交流出力電流ひずみ率	総合電流5%以下, 各次調波3%以下		定格出力電流比
	出力力率	0.95以上		定格出力時, 力率1.0設定の場合 力率設定範囲: 0.8 ~ 1.0 (0.01ステップ)
効率		93% (接続箱機能除く)		JIS C 8961に基づく効率測定方法
連系保護		過電圧 (OVR), 不足電圧 (UVR), 周波数上昇 (OFR), 周波数低下 (UFR)		OVGRは外付けとし無電圧b接点入力を標準とする
単独運転検出	受動的方式	電圧位相跳躍検出		
	能動的方式	ステップ注入付周波数フィードバック方式		
通信方法		RS-485		
騒音		50dB以下		A特性 正面1m
使用環境	周囲温度	-25°C ~ +60°C		40°Cを超える場合は出力制限にて運転
	相対湿度	90%以下 (結露しないこと)		
	標高	2000m以下		
塗装色		マンセル5Y7/1 (半ツヤ)		
発熱量		688W	695W	
トランスジューサ機能		あり		日射計用, 気温計用
質量		64kg		

6. むすび

以上、業界標準のJEM1505 (ステップ注入付周波数フィードバック方式) の概要を説明した。また、太陽光発電用三相パワーコンディショナ「SANUPS P73J」に組み込み多数台の単独運転試験で良好な結果を得た。

なお、今回の開発、製品化にあたり、多くの関係者から協力と助言を得られたことに感謝する次第である。

文献

- (1) (社団法人) 日本電機工業会規格: JEM1498「分散型電源用単相パワーコンディショナの標準形能動的単独運転方式 (ステップ注入付周波数フィードバック方式)」
- (2) (社団法人) 日本電機工業会規格: JEM1505「低圧配電線に連系する太陽光発電用三相パワーコンディショナの標準形能動的単独運転方式 (ステップ注入付周波数フィードバック方式)」



松崎 昭憲

1981年入社

パワーシステム事業部 設計第一部
太陽光発電システムの開発, 設計に従事。



犬飼 将弘

2009年入社

パワーシステム事業部 設計第一部
太陽光発電システムの開発, 設計に従事。



藤巻 哲也

2011年入社

パワーシステム事業部 設計第一部
太陽光発電システムの開発, 設計に従事。



松沢 哲也

2015年入社

パワーシステム事業部 設計第一部
太陽光発電システムの開発, 設計に従事。