

系統連系単相インバータの仮想二軸電流制御法

長澤 大和 野口 季彦

(長岡技術科学大学)

1. はじめに

家庭用太陽光発電システムでは電力系統とのエネルギー授受を行うため、単相インバータで電源電圧と電流が同相となるように電流制御を行っている。電流制御はインバータに電流フィードバックを施し、交流指令値と実電流の誤差を比例制御器で電圧指令値とすることにより実現される^①。しかし、比例制御器では定常的に電流指令値と実電流の間に位相誤差や振幅誤差が残留するため、完全な電流制御や力率1運転は困難である。このような問題は制御対象が交流量であるため、制御器として比例積分要素を採用しても解決することはできない。

本稿では以上の問題を克服すべく単相インバータの仮想二軸電流制御法を提案し、シミュレーションによって従来法との比較検討を行ったので報告する。

2. システム構成

Fig. 1 と Fig. 2 に従来法と仮想二軸電流制御法に基づくシステム構成を示す。いずれの構成においても、電流振幅指令値は直流リンク電圧制御系から得られ、電流位相指令値は交流電源電圧位相検出回路のPLL (Phase Locked Loop) を通じて得られる。また、最適なPWMパターンを実現するため、電圧指令値を三角波キャリアと比較するサブハーモニック変調法を採用している。

従来法では電流振幅指令値に交流電源電圧と同相の単位正弦波を乗じて電流指令値を形成し、実電流との誤差を比例制御器に入力することにより電圧指令値を得る。一方、提案法の電流制御系では単相交流量である実電流を直流量に変換するため、これを仮想的に二相交流の α 軸電流とみなし、 β 軸電流には実電流に代えて $\pi/2$ [rad/s]位相が異なる電流指令値を用いる。このようにして得られた二相交流に回転座標変換を施し直流量とした上で、各軸の電流指令値との誤差を比例積分制御器に入力する。比例積分制御器の出力は回転座標上の電圧指令値であるため、これを再び逆回転座標変換して交流量に戻す。

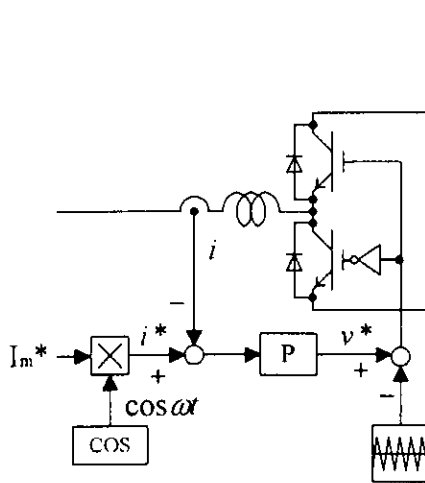


Fig.1 System configuration of conventional method.

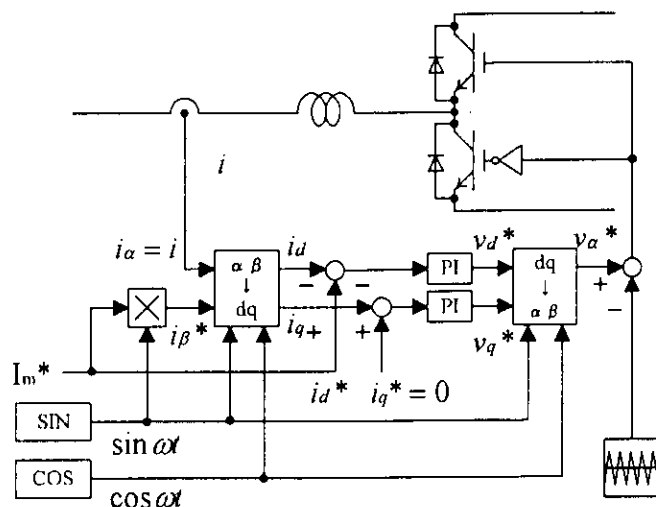


Fig.2 System configuration of proposed method.

3. シミュレーションによる検証

TABLE I にシミュレーションの条件を示す。本シミュレーションでは比較のために、従来法と提案法において電流ループゲインやインバータの各種パラメータに同一のものを使用している。なお、電流制御ループの比例制御ゲインは 5 [A] の電流ステップ変化に対して電圧指令値が飽和しない程度に選び、積分時定数はオーバーシュートを生じないように負荷時定数と一致させている。Fig. 3 及び Fig. 4 は従来法と提案法の電流指令値に対する実電流の時間応答を示したものである。このシミュレーションでは、運転周波数を一定として電流振幅指令値 I_m^* を 2 倍にステップ変化させている。

Fig. 3 より、従来の制御法では電流指令値と実電流の間に位相誤差が認められるが、Fig. 4 の提案法では位相誤差が 1/4 に改善されていることがわかる。また電流振幅指令値をステップ変化させた場合においても、電流制御系が不安定になることはなく、実電流が良好に電流指令値に追従していることがわかる。このように仮想二軸電流制御法を導入することにより、電流指令値と実電流との位相誤差を大幅に低減することができるため、系統連系システムにおいてもほぼ完全な力率 1 運転が可能となる。

4. まとめ

本稿では系統連系太陽光発電システムを念頭に置き、単相インバータの仮想二軸電流制御法について述べた。本方式を用いることによって、過渡的な電流応答性を損なうことなく、定常的な位相誤差を改善することができるため、系統連系時にはほぼ完全な力率 1 運転が可能となる。

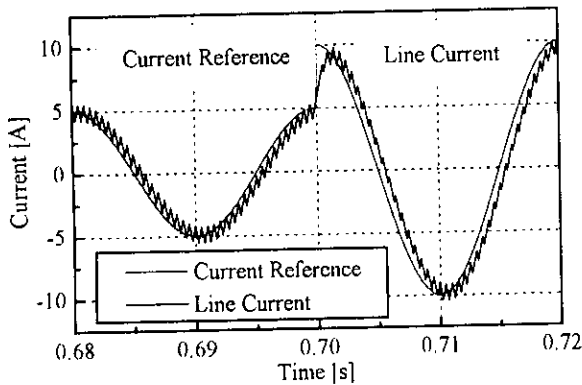


Fig.3 Time response of conventional method.

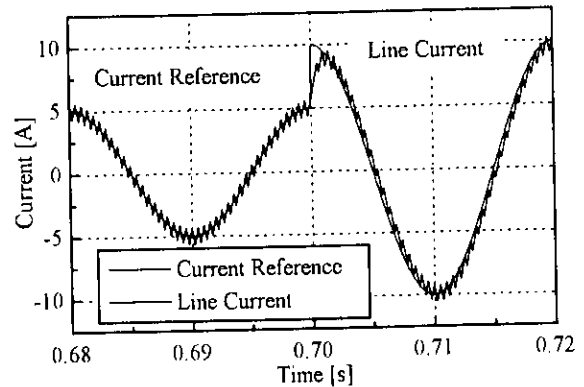


Fig.4 Time response of proposed method.

TABLE I PARAMETERS ON SIMULATION

Operating frequency	50 [Hz]
Inverter switching frequency	2 [kHz]
DC bus voltage	280 [V]
P-gain of PI controller	50 [V/A]
I-gain of PI controller	10 [V/A·s]
Load time constant	0.1 [s]

参考文献

- (1) 成毛・青木・鷹野・沢田：「系統連系太陽光発電システムにおけるインバータ損失を考慮した MPPT 制御法」電学論 D, 118, 953 (平 10-7/8)