

# ディザ信号を利用した電圧形PWMインバータの電流制御法

齋藤 勇      野口 季彦  
(長岡技術科学大学)

1. はじめに 従来、電流追従形PWMインバータの制御法として、ヒステリシスコンパレータ方式やキャリア変調方式が良く知られている。これらは相補的に長短所を有するため、これまで瞬時空間ベクトルに基づく複雑な改善策が講じられてきた<sup>(1)</sup>。本稿ではディザ信号を利用した新電流制御法を提案し、従来法との比較検討を通じてその制御特性について述べる。

## 2. 従来法

2.1 ヒステリシスコンパレータ方式 ヒステリシスコンパレータを使用した電流追従形インバータは、電流指令値と実電流の誤差がヒステリシス幅で制限されるようにインバータのスイッチングを行う。Fig. 1はこの方式による運転特性の例である。シミュレーション結果からこの方式は次のような長短所をもつことがわかる。

- 追従（応答）性が良好である。
- 実電流と指令値の間に位相差が生じない。
- PWM波形が最適化されない。
- スwitching周波数が一定とならない。
- ヒステリシス幅の設定が必要。

2.2 キャリア変調方式 キャリア変調方式では、電流の誤差を比例補償器で正弦波電圧指令値とする。この電圧指令値を三角波キャリアでパルス幅変調することによりインバータの

スイッチングを行う。Fig. 2は本方式による運転特性の例であり、ここに示されたように以下の長短所をもつ。

- 追従（応答）性が悪い。
- 実電流と指令値の間に位相差が生じる。
- PWM波形が良好である。
- スwitching周波数は一定に保たれる。
- 電流ループゲインの設定が必要。

3. 提案法 Fig. 3に本稿で提案する電流制御系を示す。この電流制御系はヒステリシスコンパレータ方式とキャリア変調方式を融合したもので、従来法の構成を大幅に変更することなく両者の長所を引き出すことができる。本方式はヒステリシスコンパレータ方式に基づいており<sup>(2)</sup>、ヒステリシス幅を決定する上限値と下限値に微小振幅を有する三角波（ディザ信号）を重畳する。このときヒステリシス幅とディザ信号の振幅・周波数を適切に選ぶことにより、ヒステリシスコンパレータ方式とキャリア変調方式の制御特性が同時に得られる。

Fig. 4はヒステリシス幅と重畳するディザ信号の振幅、およびRL負荷の時定数を変化させて、電流波形やPWMパターンがどのように変化するかを調べたシミュレーション結果である。ヒステリシス幅とディザ信号の振幅の組み合わせを変化させると、ある点を境にヒステ

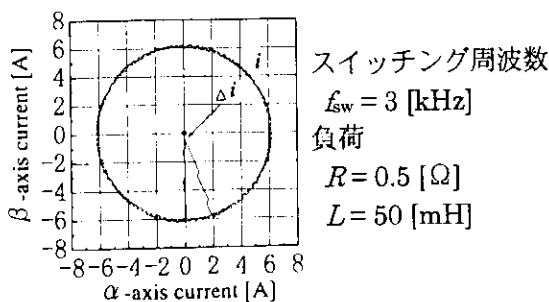
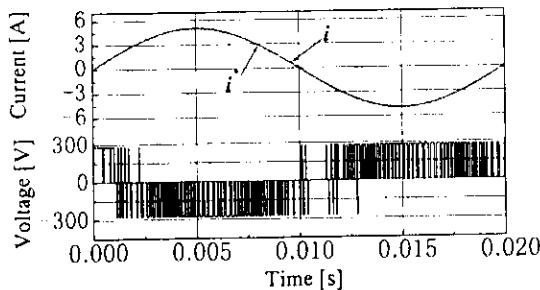


Fig. 1 Operating waveforms of hysteresis comparator method.

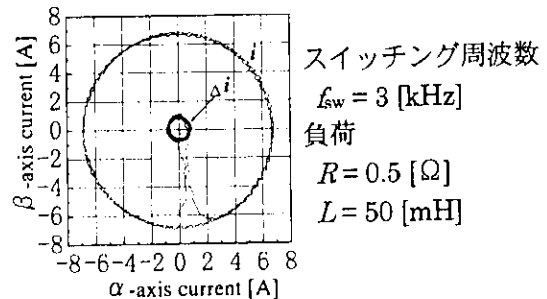
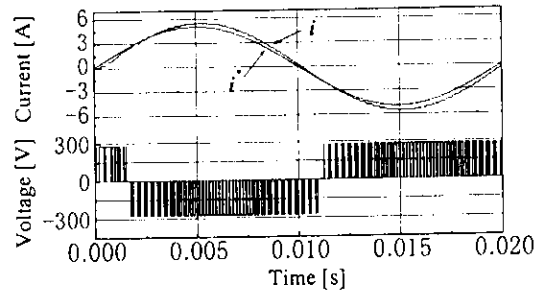


Fig. 2 Operating waveforms of carrier modulation method.

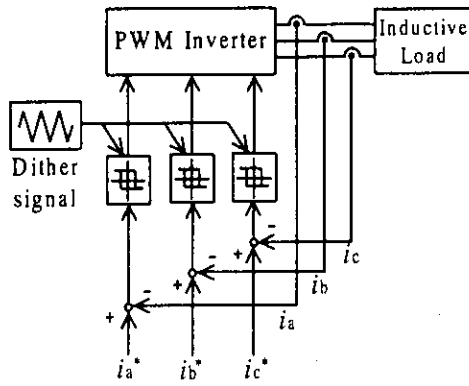


Fig. 3 System configuration of proposed method.

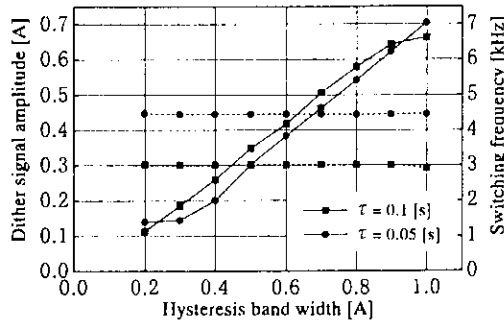


Fig. 4 Transition points between characteristics of two methods and switching frequency at transition points.

リシコンパレータ方式の特性からキャリア変調方式の特性へと遷移することが確認される。その遷移点をプロットすると、同図に示すように負荷時定数に関わりなくほぼ傾きが一定の一次関数となる。また同図の点線で示したようにスイッチング周波数はどの遷移点においてもほぼ一定に保たれる。すなわち、遷移点より上側ではキャリア変調方式の特性が得られ、下側ではヒステリシコンパレータ方式の特性が得られる。遷移点近傍、特にディザ信号の振幅が遷移点での値よりも 50 [mA] 大きい範囲では両方式の長所のみが現れた。

Fig.5 にヒステリシ幅を 0.6 [A]、ディザ信号の振幅を 0.45 [A] にした時の運転特性を示す。Fig. 1 に示した PWM パターンに比べると明らかにゼロ電圧付近での無駄なスイッチングがなくなっている。また Fig.2 に示した電流波形と比較すると電流指令値と実電流の位相差が減少しており、両方式の長所を同時に実現していることがわかる。本稿では示していないが、電流指令値がステップ的に変化した場合、電流誤差がヒステリシ幅に比べ極めて大きくなるため、従来のヒステリシコンパレータ方式と同じ動作となり高速な電流追従特性が期待できる。

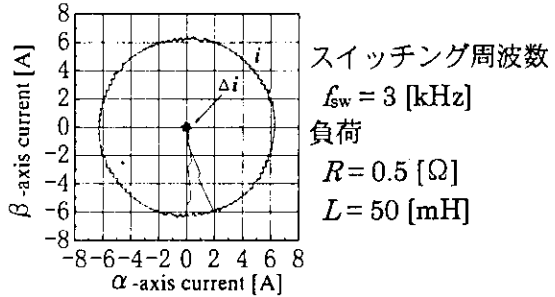
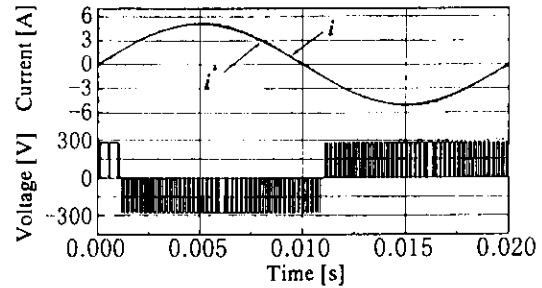


Fig.5 Operating waveforms of proposed method.

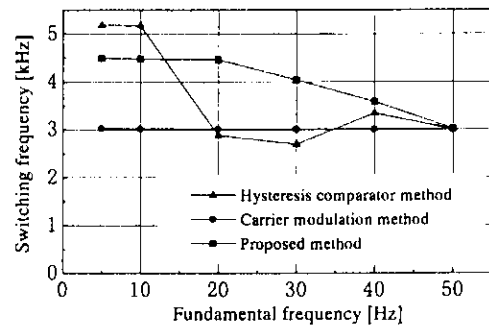


Fig. 6 Characteristic of switching frequency.

Fig.6 に従来法と提案法の基本波周波数に対するスイッチング周波数の変化を示す。周知のようにヒステリシコンパレータ方式ではスイッチング周波数を一定に保つことができない。一方、提案法は基本波周波数によりスイッチング周波数が変化するが、電流の変化率がディザ信号の傾きに対して小さくなるとキャリア変調方式の特性を示すようになる。

4. まとめ 本稿ではディザ信号を利用した新しい電流制御法を提案し、シミュレーションにより運転特性の評価を行った。提案法によればヒステリシ幅とディザ信号の振幅を適切に設定しなければならないが、極めて簡単なアルゴリズムで良好な制御特性を実現できることが確認された。

#### 文献

- (1) 大山・大上・中沢・吉田・常広: 「ベクトル制御における電流制御形インバータの制御法」 電学論 B, 105, p. 901 (昭 61-11).
- (2) B.K.Bose, "An Adaptive Hysteresis-Band Current Control Technique of a Voltage-Fed PWM Inverter for Machine Drive System," IEEE Trans. Ind. Elec., 37, 5, p. 402 (1990).