

# ディザリングによる電流制御形インバータの特性改善

小太刀 博和\* 齋藤 勇 野口 季彦 (長岡技術科学大学)

Performance Improvement of Current-Controlled Inverter by Means of Dithering.  
Hirokazu Kodachi, Isamu Saitoh, and Tosihiko Noguchi (Nagaoka University of Technology)

## 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、瞬時空間ベクトルに基づく複雑な特性改善策が講じられてきた<sup>(1)</sup>。筆者らが提案したディザ信号を利用する電流制御法については、既にシミュレーションによりその有効性が確認されている<sup>(2)</sup>。本稿では、提案法の制御特性を実験的に確認したので報告する。

## 2. システムの構成

Fig.1 は実験に使用したシステム構成である。提案法の電流制御系は、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（ヒステリシスコンパレータ方式およびキャリア変調方式）の構成を大幅に変更する必要がない。提案法はヒステリシスコンパレータ方式に類似しているが、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）を重畳する点で従来法と異なる。このときヒステリシス幅とディザ信号の振幅および周波数を適切に選定することにより、ヒステリシスコンパレータ方式とキャリア変調方式双方の制御特性が得られる。

## 3. 実験結果

### 3.1 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 PWM インバータは、電流指令値と実電流の誤差をヒステリシス幅で制限

するようにインバータのスイッチングを行う。Fig. 2(a)はこの方式による運転特性の例である。実験結果からこの方式は、(a)追従（応答）性が良好である、(b)実電流と指令値の間に位相差が生じない、(c)PWM 波形が最適化されない、(d)スイッチング周波数が一定とならない、(e)ヒステリシス幅の設定が必要、などの長短所をもつことがわかる。

### 3.2 キャリア変調方式

キャリア変調方式では、電流誤差を比例補償器で正弦波電圧

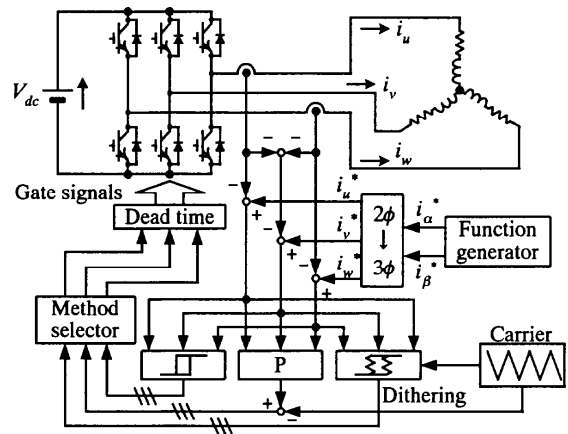
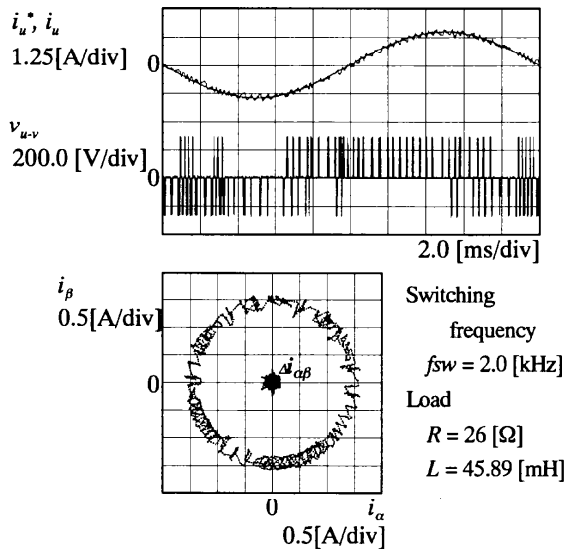
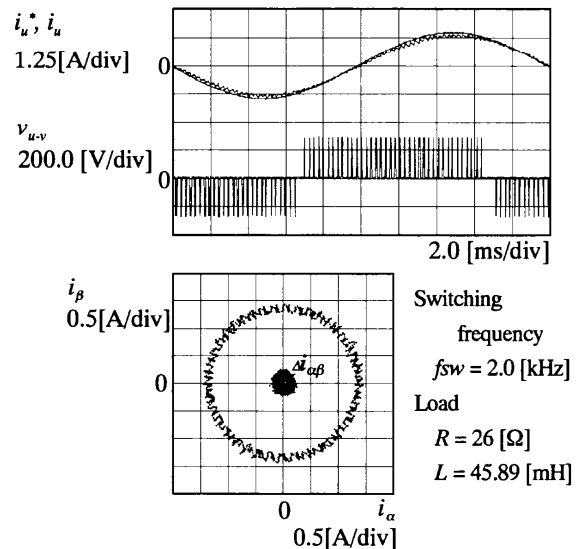


図 1 実験システムの構成

Fig. 1. Implementation of experimental system.



(a) ヒステリシスコンパレータ方式  
(a) Hysteresis comparator method.



(b) キャリア変調方式  
(b) Carrier modulation method.

図 2 従来法の動作波形

Fig. 2. Operating waveforms of conventional methods.

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(b)はこの方式による運転特性の例である。実験結果からこの方式は、(a)追従(応答)性が悪い、(b)実電流と指令値の間に位相差が生じる、(c)PWM 波形が良好である、(d)スイッチング周波数は一定に保たれる、(e)電流ループゲインの設定が必要、などの長短所をもつことがわかる。

### 3.3 提案法

#### 3.3.1 動作原理

Fig. 3 は提案法においてヒステリシス幅と重畳するディザ信号の振幅、および  $R-L$  負荷時定数を変化させたとき電流波形や PWM パターンがどのように変化するかを調べた実験結果である。ヒステリシス幅とディザ信号の関係を種々変化させると、ある点を境にヒステリシスコンパレータ方式の特性からキャリア変調の特性へ遷移することが確認された。この遷移点をグラフ上にプロットすると、同図に示すように負荷によってある傾きをもつ一次関数となる。また、同図の点線で示したようにスイッチング周波数は負荷時定数に関係なく、どの遷移点においてもほぼ一定に保たれる。重畳するディザ信号の振幅が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スコンパレータ方式の特性が得られる。この特性遷移点近傍に各値を設定することにより両従来法の長所のみを融合することが可能である。

#### 3.3.2 制御特性

Fig. 4 にヒステリシス幅を 0.2[A]、ディザ振幅を 0.12[A]と設定した場合の運転特性を示す。Fig. 2(a)に示したヒステリシスコンパレータ方式の PWM パターンと比較すると明らかにゼロ電圧付近での無駄なスイッチングが無くなっており、良好な PWM 波形が得られている。また、Fig. 2(b)に示したキャリア変調方式の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、両方式の長所が同時に実現されていることがわかる。この位相差が減少したことにより、ベクトルで示した電流誤差  $\Delta i_{\alpha\beta}$  が原点近傍に集中してキャリア変調方式と比べその面積が減少し、ヒステリシスコンパレータ方式とほぼ同等まで誤差を低減できることがわかる。

#### 3.3.3 スwitching 周波数特性

Fig. 5 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。前述のようにヒステリシス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はできない。これに対し、キャリア変調方式ではスイッチング周波数は常に一定となる。提案法では基本波周波数に関係なくほぼ一定のスイッチング周波数が得られ、これは重畳するディザ信号の周波数に依存することが確認されている。

### 4. まとめ

本稿では、筆者らが先に提案したディザ信号を用いた電流制御法の実験により検証した。実験結果から、提案法は従来構成からの変更を最小限に留めたまま、ヒステリシス幅とディザ信号の振幅を適切な値に選定するだけで、ヒステリシスコンパレータ方式とキャリア変調方式の長所を両立できることを確認した。本方式により、電流誤差はヒステリシスコン

パレータ方式と同程度まで低減し、基本波周波数に関係なくほぼ一定のスイッチング周波数が得られ、同時に良好な PWM パターンも得られることを確認した。

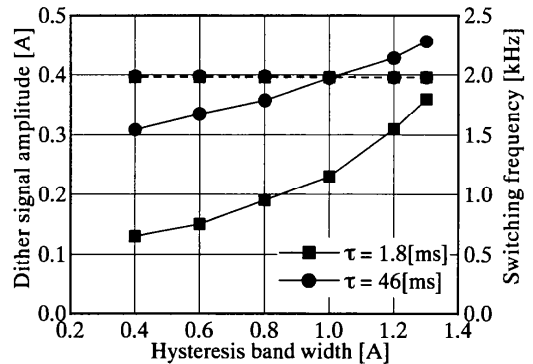


図 3 制御特性遷移点とスイッチング周波数特性  
Fig. 3. Transition points between characteristics of two methods and switching frequency at transition points.

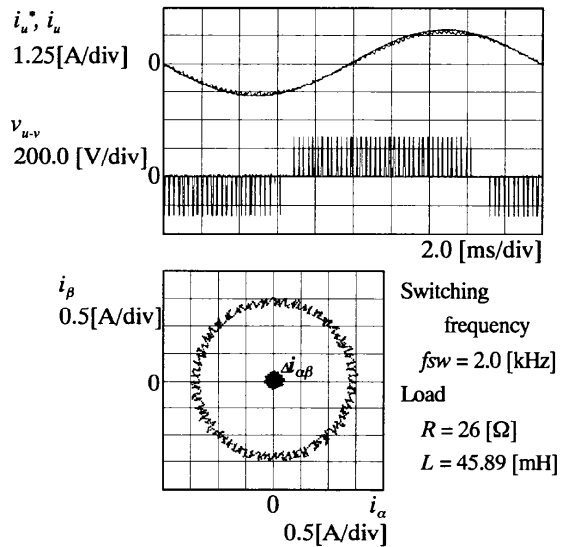


図 4 提案法の動作波形

Fig. 4. Operating waveforms of proposed method.

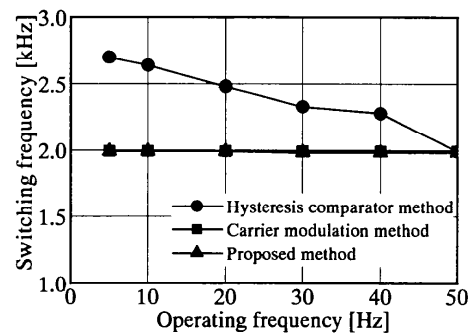


図 5 スwitching 周波数特性

Fig. 5. Characteristics of switching frequency.

### 参考文献

- (1) B. K. Bose, *IEEE Trans. Ind. Elec.*, 37, 5, 402 (1990)
- (2) 齋藤・野口: 電気学会産業応用部門大会, 292 (平 11)