

A-30 PWM インバータによる瞬時空間電流ベクトル制御系の実験検証

◎小太刀 博和 野口 季彦 (長岡技術科学大学)

1.はじめに 著者らは逆起電力を考慮した高速電流ベクトル制御法を提案し、シミュレーションによりその妥当性を検討してきた^[1]。本稿では、基本的な制御特性を実験により検証したので報告する。

2.制御原理 本システムでは三相平衡誘導性負荷と逆起電力 $v_c(k)$ の影響を考慮し、サンプリング周期 T_s 毎の制御偏差を最小化する。まず、Fig. 1(a)のように現在の実電流ベクトル $i(k)$ が存在したとする。 T_s 後の電流指令ベクトル $i^*(k+1)$ は、正弦波状に変化すると仮定すれば容易に予測できる。次に、 $i^*(k+1)$ に最も近づくインバータ非ゼロ電圧ベクトル $v_{1-6}(k)$ を Fig. 1(b)の中から一つ選択する。しかし、逆起電力ベクトル $v_c(k)$ の影響で負荷に印加される電圧は、 $v_{1-6}(k)$ と $v_c(k)$ の合成ベクトル $v(k)$ になる。また、ゼロ電圧ベクトル $v_{0,7}(k)$ の出力時には、 $v_c(k)$ の影響だけを受けて電流ベクトルが $v_c(k)$ の方向に変化する。そこで、 $v(k)$ と $v_c(k)$ を用いて T_s 後に最も $i^*(k+1)$ へ近づく座標を求める。ここで、 $v_c(k)$ の振幅と位相はセンサからの情報によりわかっているものとする。インバータ非ゼロ電圧ベクトルの印加時間を T_{1-6} 、ゼロ電圧ベクトルの印加時間を $T_{0,7}$ とした場合、 T_s 後に到達する電流ベクトルの位置は、 $T_s = T_{1-6}$ の場合 $i_{1-6}(k+1)$ 、 $T_s = T_{0,7}$ の場合 $i_{0,7}(k+1)$ になる。また、 $T_s = T_{1-6} + T_{0,7}$ の関係を保ちながら各々の印加時間を変化させると電流ベクトルの到達点は $i_{1-6}(k+1)$ と $i_{0,7}(k+1)$ を結んだ直線上にのる。次サンプリング点において制御偏差が最小となるのは、この直線と $i^*(k+1)$ からの垂線の足が交わる点であり、それを電流ベクトル目標座標 $i_{des}(k+1)$ とする。次に、 $i(k)$ から $i_{des}(k+1)$ へのベクトル $v_{des}(k)$ を $v(k)$ と $v_c(k)$ の合成ベクトルから求め、 $v(k)$ と $v_c(k)$ の印加時間 (T_{1-6} および $T_{0,7}$) の割合を決める。各々の印加時間は、電流ベクトルの移動距離と移動速度から次式により求められる。

$$\begin{cases} T_{1-6} = \frac{v_{cn}(k)[i_{des\beta}(k+1) - i_{\beta}(k)] - v_{cp}(k)[i_{des\alpha}(k+1) - i_{\alpha}(k)]}{v_{\alpha}(k)v_{cp}(k) + v_{\beta}(k)v_{cn}(k)} L \\ T_{0,7} = T_s - T_{1-6} \end{cases}$$

このようにして得られた印加時間だけ $v_{1-6}(k)$ と $v_{0,7}(k)$ を出力することにより、サンプリング毎に制御偏差の最小化を実現することができる。

3.実験結果 Fig. 2 に実験システムの構成を示す。各種フィードバック量は 14bit と 16bit の A/D コンバータを通じて DSP (TMS320C6711) 内に取り込まれている。サンプリング周期 T_s は、DSP 内の内部タイマにより管理され 100 [μs] とした。また、制御演算に要する時間は 20 [μs] である。負荷定数は $R = 1.0 [\Omega]$ 、 $L = 50 [mH]$ である。本方式の実験結果を Fig. 3 に示す。実験では電流指令を逆起電力 (波高値 $v_c = 160 [V]$) と同相に生成し、途中、電流振幅をステップ変化させた。

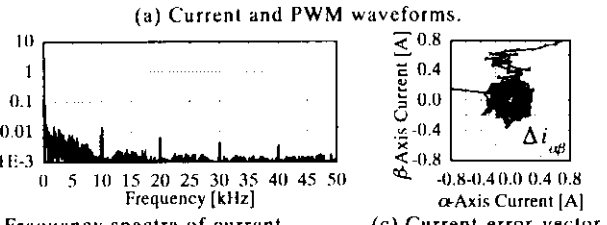
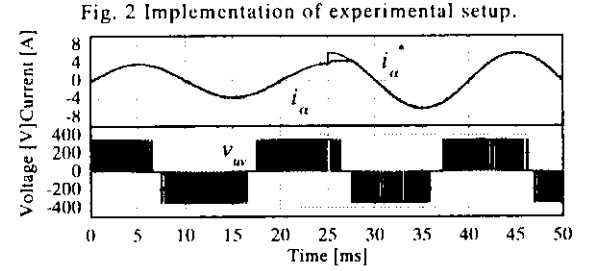
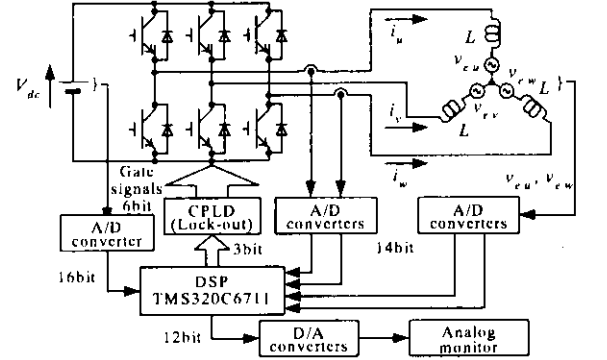
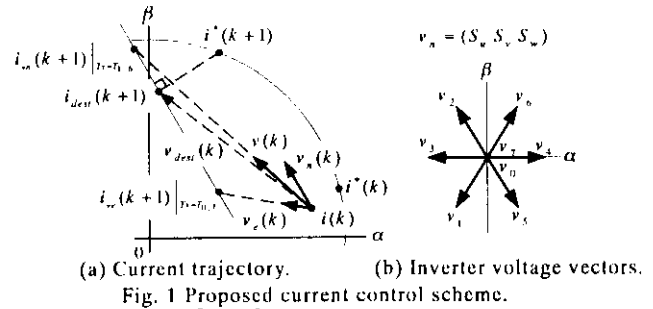


Fig. 3 Operating waveforms of proposed method.

同図より、電流指令に対して実電流が位相差なく追従しており、誤差も 0.4 [A] 以下に抑えられている。また、PWM パターンに関しても、ゼロ電圧付近での無駄なスイッチングが見られない良好な波形となっている。一方、電流の FFT 解析結果を見ると 10 [kHz] 及びその倍数次に高調波が確認される。提案法では、スイッチング周波数が $f_{sw} = 4 [kHz]$ であるにもかかわらず、その 2.5 倍に高調波が移動する。

4.まとめ 本稿では、逆起電力を考慮した高速電流ベクトル制御法を実験的に検証し、その有効性を確認した。

参考文献

[1] 小太刀, 野口, 齋藤: 「サンプリング毎の制御偏差を最小化する PWM インバータの高速電流制御法」H14 電気学会産業応用部門大会, 298