

# ONE CHIP 마이크로 프로세서를 이용한 유도전동기 벡터제어

이 동명<sup>o</sup>, 이 주환, 김 창현, 홍 석중, 김 정철, 신 위범\*  
 LG 전자 리빙시스템 연구소, \*경상대학교 전기공학과

## Vector Control of Induction Motors using One chip Microprocessor

Dong-Myung Lee<sup>o</sup>, Joo-Hwan Lee, Chang-Hyun Kim, Seok-Jong Hong,  
 Jung-Chul Kim, Hwi-Beom Shin  
 LG Electronics Co. Living System Lab., \*Gyeongsang National University

### Abstract

Recently, as a result of the progress in power electronics and microelectronics, the inverter technology is quickly developing. Also, by using the fast microprocessor and small-sized switching devices, such as IPM, the Inverter becomes more compact and cheap.

This paper proposes an inexpensive and small-sized vector controller for induction motors using 87C196MC and IPM. The proposed inverter contributes further space-saving, and high performance features to motor drives system.

### 1. 서 론

유도전동기의 가변속 제어로 사용되는 인버터는 전력전자기술과 반도체 기술의 발전에 힘입어 그 성능이 급속히 향상되고 있다. 또한 고속의 마이크로 프로세서와 소형의 스위칭소자인 IPM(Intelligent Power Module)의 등장으로 소형화 및 저가격화가 진행되고 있다.

종래의 인버터는 V/F 제어를 통한 오픈 루프방식의 속도제어가 일반적이었으나, 최근에는 정밀한 속도제어 및 토크제어가 가능하도록 벡터제어방식을 채용한 인버터들이 출시되고있다. 이러한 벡터제어 방식은 고정자의 전류를 자속분과 토크분으로 분리제어함으로써 고정밀의 제어가 가능한 제어 방식이다. 일반적으로 적용되는 제어방식은 간접벡터제어법으로, 이 방식은 자속을 직접 검출하거나 전동기의 단자 전압과 전류를 이용하여 자속을 연산하는 직접벡터제어법과는 달리 전동기의 매개변수와 고정자 입력전류를 이용하여 자속의 위치를 추정제어하는 방식으로 슬립주파수형 방식이라고도 한다. 따라서 직접법과는 달리 측정상의 오차를 감소시키는 방식이라 할 수 있다. 그러나, 간접 벡터제어 방식은 연산량의 증가로 인해 DSP와 같은 고속의 프로세서를 필요로 하며, HCT, 엔코더 등을 필요로하여 V/F 제어 방식에 비해 가격이 상승하며 구현에 어려움이 있다.

본 연구에서는 벡터제어 인버터를 16bit 마이크로프로세서인 87C196MC를 이용하여 간접 벡터 제어방식과 공간전압 PWM 등의 제어회로를 디지

탈화하였으며, IPM 소자를 이용하여 파워회로를 모듈화함으로써 소형화된 유도전동기 가변속 시스템의 개발을 가능하게 하였다.

### 2. 벡터제어시스템

전형 3상 유도전동기의 전압방정식을 동기속도  $\omega_r$ 로 회전하는 d-q 축으로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} V_{ds} \\ V_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + pL_s & -\omega_r L_s & pL_m & -\omega_r L_m \\ \omega_r L_s & R_s + pL_s & \omega_r L_m & pL_m \\ pL_m & -(\omega_r - \omega_r)L_m & R_r + pL_r & -(\omega_r - \omega_r)L_r \\ (\omega_r - \omega_r)L_m & pL_m & (\omega_r - \omega_r)L_r & R_r + pL_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} \quad (1)$$

전동기의 발생토크가 고정자 q 축 전류에 의해 제어되도록 회전자 자속축과 제어기의 d 축을 일치시키면 다음의 관계가 요구된다.

$$\lambda_{dr} = \lambda_r = const., \lambda_{qr} = \frac{\lambda_{qr}}{dt} = \frac{\lambda_{dr}}{dt} = 0 \quad (2)$$

식(2)의 관계를 이용하여 슬립식과 자속식을 구하면 다음과 같다.

$$\omega_{sl} = \frac{1}{T_r} \frac{i_{qr}}{i_{ds}}, \quad (3)$$

$$\lambda_{dr} = L_m \cdot i_{ds}, \quad \text{여기서 } T_r = \frac{L_r}{R_r} \quad (4)$$

한편 고정자 전압방정식은 식(1)로부터 다음과 같이 나타낸다 [1].

$$\begin{aligned} V_{ds} &= R_s i_{ds} + pL_s i_{ds} - \omega_r L_s i_{qs} + \frac{L_m}{L_r} (p\lambda_{dr} - \omega_r \lambda_{qr}) \\ V_{qs} &= R_s i_{qs} + pL_s i_{qs} + \omega_r L_s i_{ds} + \frac{L_m}{L_r} (p\lambda_{qr} + \omega_r \lambda_{dr}) \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)에서 고정자 입력 전류의 두 성분을 독립적으로 제어하기 위해서 d 축 전압방정식에서 q 축



입 Dual HCT 를 개발하여 사용하였다. 2차 코일을 이용하여 자속보상원리에 의해 전류를 검출하는 Closed Loop 타입의 HCT 가 있지만 비싸고 Size 가 크다는 단점을 가지고 있기 때문이다.

한편, 파워회로부는 One Housing 에 절연회로를 내장한 IPM 을 개발하여 사용하였으며, 이로 인하여 인버터 파워부와 제어회로의 연결에 별도의 절연회로가 필요하지 않도록 하였다.

### 5. 실험 결과

전류 및 속도제어 샘플링시간은 각각 250 [usec], 2 [msec]이며, 무부하 상태에서 1500 [rpm]으로 정역 운전시켰다. 속도제어에는 M/T 방식을 사용하였다.

그림 4는 속도와 회전좌표계 q 축 전류를 나타낸다. 정상상태 및 과도상태에서 속도 지령치를 잘 추종하고 있음을 볼 수 있다. 또한, 가감속시 q 축 전류는 IP 전류제어기로 인해 급격한 변화물 일으키지 않음을 볼 수 있다.

그림 5는 정역운전시 회전좌표계 d 축, q 축 전류를 나타낸다. 과도상태에서 d 축 전류가 일정하게 유지됨을 볼 수 있다.

그림 6은 정역운전시의 정지좌표계 q 축 전류를 나타낸다. 한편, 표 1은 실험에 사용된 전동기 상수이다.

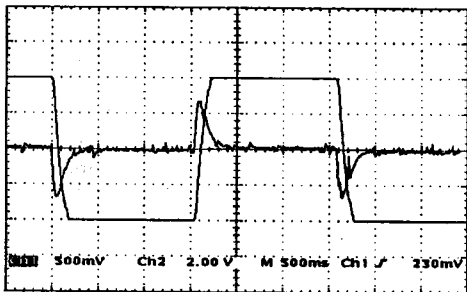


그림 4. 속도응답폭선 ( 750 RPM/Div. , 4.4 A/Div. )

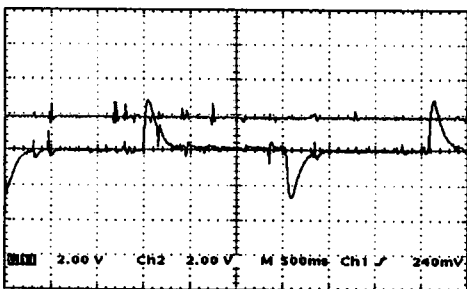


그림 5. q 축, d 축 전류 ( 회전좌표계, 4.4 A/Div. )

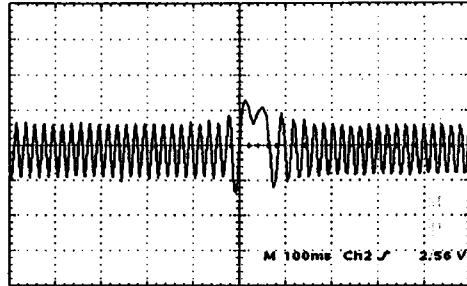


그림 6. q 축 전류 ( 정지좌표계, 5 A/Div. )

표 1. 실험에 사용된 전동기 상수

$R_s$	19 $\Omega$	$R_r$	14 $\Omega$
$L_s$	115 mH	$L_r$	117 mH
$L_m$	111 mH		

### 6. 결 론

본 논문에서는 87C196MC 를 사용하여 벡터제어 인버터를 개발하였다. 전류제어를 위하여 공간전압변조법을 사용하였으며, 신뢰성을 높이기 위하여 제어회로를 디지털화하였다. 또한, IPM 을 사용하여 파워부를 모듈화함으로써 소형화된 유도전동기 가속 시스템의 개발을 가능하게 하였다.

본 연구로 고기능의 벡터제어 인버터를 실용화 시킴으로써, 향 후 국내 산업에 많은 기여를 하리라 생각된다.

### 참고문헌

- [1] B.K. Bose, Power Electronics and Drives, Prentice-Hall, 1986.
- [2] H. Van Der Broeck, et al., "Analysis and Realization of a Pulsewidth Modulator Based on Voltage Space Vectors," in IEEE Trans. Industrial Applications. Vol.24, No.1, Jan/Feb.,1988.
- [3] Pradeep K. Nanda and Paresh C. Sen, " Analog and Digital Speed Control for DC Drives Using Proportional- Integral and Integral- Proportional Control Techniques," IEEE Trans. on industrial electronics. ,vol. 34, No.2, May., 1987.