

80C196MC 를 이용한 유도전동기 벡터제어

이 동명⁰, 김 창현, 이 주환, 김 학원, 홍 석중, 김 정철, 신 휘범^{*}

LG 전자 리빙시스템 연구소 , * 경상대학교 전기공학과

Vector Control of Induction Motors using 80C196MC

Dong-Myung Lee⁰, Chang-Hyun Kim , Joo-Hwan Lee, Hak-Won Kim,

Seok-Jong Hong, Jung-Chul Kim , Hwi-Beom Shin^{*}

LG Electronics Co. Living System Lab. , * Gyeongsang National University

ABSTRACT

This paper proposes the vector controller of induction motors using one chip microprocessor.

For developing a small and cheap speed control system, we use the one chip microprocessor - 80C196MC.

By using the one chip microprocessor we can make an inexpensive and small-sized vector controller for induction motors. We apply indirect vector control method and space vector modulation method to this system.

The experimental results show that the proposed inverter has high performance features.

1. 서 론

유도전동기 가변속제어에 사용되는 인버터는 종래의 V/F 제어를 통한 오픈루프방식의 속도제어가 일반적이었으나, 최근 고속의 마이크로프로세서의 등장으로 정밀한 속도 제어 및 토크제어가 가능한 벡터제어 방식을 채용한 인버터가 출

시되고 있다.

범용 인버터의 제어방식인 V/F 제어방식은 주파수에 따라 전압비를 조정하여 전동기를 제어하는 오픈 루프 방식으로 one chip 에 의한 구현이 비교적 쉽다. 그러나 벡터 제어방식은 고성능의 속도 및 토크제어를 위하여 고정자의 전류를 토크분과 자속분으로 분리 제어하는 방식으로 응답 속도를 빠르게 하기 위하여 DSP 와 같은 고속의 프로세서를 필요로 한다. 또한 전류 제어를 위한 HCT, 엔코더 관련 회로, 메모리 관련 회로 등이 필요하므로, V/F 제어방식과는 달리 one chip 에 의한 구현이 용이하지 않다. 본 연구에서는 저가격, 소형화된 속도 가변속 시스템의 개발을 위하여 DSP 소자를 사용하지 않고, 전동기 제어에 적합하도록 개발된 80C196MC 를 이용하여 벡터제어 인버터를 개발하였다. 본 연구의 인버터는 간접벡터 제어방식을 채용하였으며, 공간전압 변조법 등을 통하여 제어 회로를 디지털화하였고, 80C196MC 가 지닌 기능을 이용하여 데드타임, 엔코더 관련 회로 등을 최소화함으로써 저가격, 소형

의 유도전동기 속도제어시스템을 가능하게 하였다.

2. 벡터제어시스템

본 연구의 벡터제어방식은 간접벡터 제어방식으로 이 방식은 자속을 직접 검출하거나 전동기의 단자 전압과 전류를 이용하여 자속을 연산하는 직접벡터 제어방식과는 달리 전동기의 매개변수와 고정자 입력 전류를 이용하여 자속의 위치를 추정 제어하는 방식으로 슬립주파수형 방식이라고도 한다.

이 방식은 직접벡터 제어방식과는 달리 측정상의 오차를 감소시킬 수 있는 방식이다.

간접벡터제어방식에 필요한 방정식 중 전동기 매개변수에 의해 계산되는 슬립식과 전압방정식의 관계는 아래와 같다.

우선 농형 3상 유도전동기의 전압 방정식을 동기속도 ω_e 로 회전하는 d-q 축으로 나타내면 다음과 같다.

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

고정자 전류의 자속성분과 토크성분 중 토크성분 전류에 의하여 전동기 토크가 제어되도록 회전자 자속축과 제어기의 자속축을 일치시키면 식(2)의 관계가 요구된다.

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

식(1)에서 식(2)를 이용하여 슬립식과 자속식을 구하면 다음과 같다.

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

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

3. 소프트웨어 구성

벡터제어 프로그램은 빠른 처리 속도를 요구하므로 어셈블러 언어를 사용하였다.

우선 마이크로프로세서에 전원이 인가되면 80C196MC 내부 레지스터를 초기화, 인터럽터 vector table 초기화, 내부 RAM clear 등의 루프를 수행한 후 인터럽터 대기 상태에 이르게 된다.

그림 1은 소프트웨어 전체 흐름도이다.

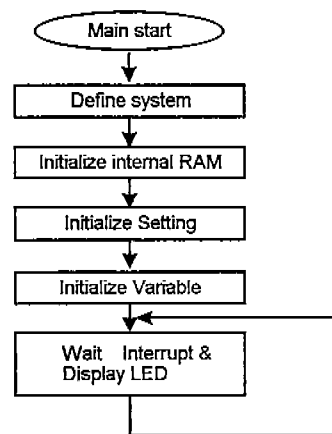


그림 1. 소프트웨어 전체 흐름도

인터럽터 서비스 루틴 중 전류 제어루프은 우선 인터럽트가 걸리면 내부의 A/D 변환기를 이

용하여 10bit로 두 상의 전류를 변환한다. 이 때 전류제어 루프 샘플링 주기는 250[usec]이다, 검출된 전류를 PI 제어를 통하여 전압 지령으로 변환한 후 인버터를 스위칭하기 위하여 공간전압 PWM 방식을 사용하여 각 상의 on duty 시간을 결정하여 준다. 이때 공간벡터 PWM은 3상 대칭변조 방식 (Center aligned PWM)을 이용하였고, 파워 소자의 상하 두개의 스위치가 동시에 ON이 되어 발생하는 암 쇼트를 방지하기 위한 Dead time은 4[usec] 인가하였다.

80196MC에는 소프트웨어적으로 Dead time 인가 및 변화가 가능하므로 Dead time 인가 회로가 필요하지 않다.

그림 2는 전류제어루프 흐름도이다.

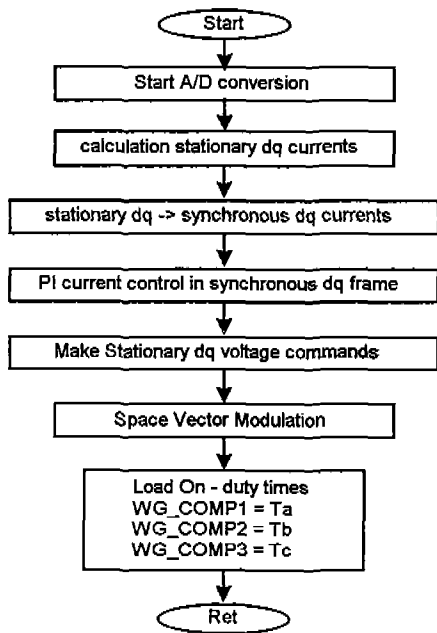


그림 2. 전류 제어루프 흐름도

속도제어루프의 샘플링 주기는 1[msec]이다. 이 때 속도제어 방식은 M/T 방식을 사용하였다. Timer1을 M 카운터로 Timer2를 T 카운터로 사용하였다.

속도제어 인터럽터가 걸려오면 엔코더를 통하여 얻은 속도 정보로 정토크 영역과 약계자 영역을 구분하여 자속 지령치를 구한 후, Flux estimator를 통하여 얻은 회전자 자속과의 비교하여 자속분 전류지령치를 만든다. 이 Flux estimator에 의해 구해진 회전자 자속과 전동기매개변수를 이용하여 슬립주파수를 만들고, 속도로부터 좌표 변환에 사용되는 단위벡터를 만든다. 또한 토크분 전류지령은 속도지령치와 전동기 실제 속도를 비교를 통하여 만들어진다.

한편 속도 측정을 위하여 일반적으로 엔코더의 A,B 상을 4 체배하여 사용하게 되지만 80C196MC에서는 Port 1.2와 1.3을 이용하여 A,B 상을 4 체배한 것과 같은 효과를 얻을 수 있으므로 4 체배 회로를 필요로 하지 않는다.

본 연구에서 사용된 엔코더 펄스수는 360 PPR이다.

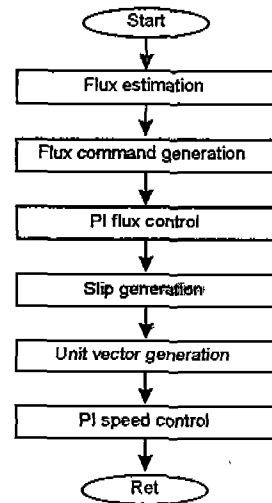


그림 3. 속도 제어루프 흐름도

한편 전체 제어기 블록도는 그림 4와 같다.

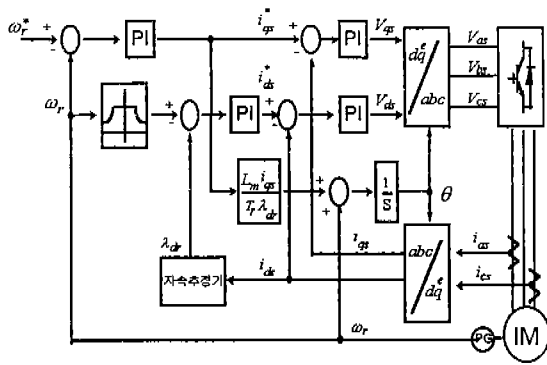


그림 4. 전체 제어기 블록도

4. 하드웨어 구성

하드웨어부는 크게 제어회로부, 파워회로부로 구성된다. 파워회로부는 정격전류 10[A]인 IPM을 사용하였다. 이 IPM은 브리지 다이오드, DB TR, 과전압 과전류 등의 보호 회로를 포함하고 있다. 또한 절연회로를 포함하고 있어서 인버터 파워부와 제어회로의 연결에 별도의 회로가 필요하지 않다.

프로그램은 Emulator를 사용하여 down load 하여 사용하였다. 이 때 속도 지령은 Loader로 KEY PAD를 사용하여 인가하였으며, 전동기의 실제 속도의 표시는 Loader의 7segment와 D/A를 통하여 출력하였다.

5. 실험 결과

그림 5는 무부하 가속시의 파형으로 이 때 속도 지령치는 1500[rpm]이다. 그림 5는 위로부터 d축 전류, 전동기 속도, q축 전류와 a상을 나타낸다. 무부하 가속시 초기 여자를 하지 않은 상태로 가속시켰으므로, d축과 q축 전류가 동시에

증가함을 볼 수 있다. 약 60[msec] 이 후에 d축 전류가 일정치로 유지됨을 볼 수 있다.

그림 6은 무부하시 1500[rpm]으로 정역 운전시켰을 경우의 속도와 q축 전류, a상의 전류의 응답 곡선이다.

그림 7은 1500[rpm]으로 정속 운전 중 무부하에서 정격부하를 step 인가한 경우와 정격부하에서 무부하로 했을 경우의 속도 변화분 및 q축 전류 파형이다. 부하 변동 시에도 지령 속도로 운전됨을 볼 수 있다.

한편, 표 1은 실험에 사용된 전동기 상수이다.

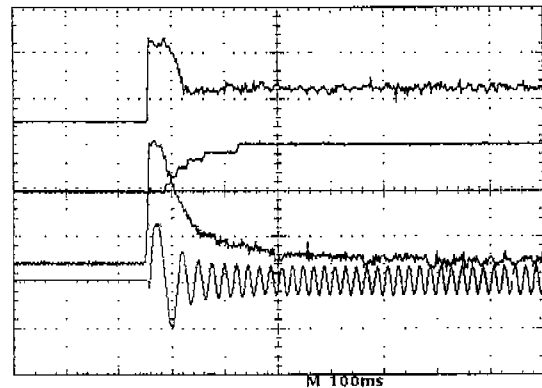


그림 5. 무부하 가속시 파형
(2.2 A/Div. , 1500 RPM/Div. , 2.2 A/Div. , 4A/Div)

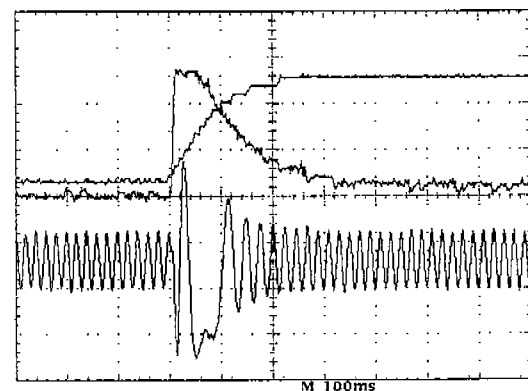


그림 6. 정역 운전시 파형
(1300 RPM/Div. , 2.2 A/Div. , 2 A/Div.)

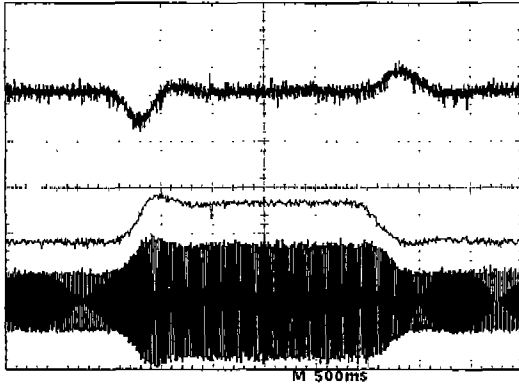


그림 7. 부하 변동시 속도 응답 파형
(63.2 RPM/Div., 7 A/Div., 4 A/Div.)

표 1. 유도전동기 상수

출력	400 Watt
R_s	6.87Ω
R_r	2.85Ω
L_s	264 mH
L_r	268 mH
L_m	256 mH

6. 결 론

본 논문에서는 80C196MC 를 사용하여 저렴하고, 성능이 우수한 유도전동기 속도제어시스템을 개발하였다. 또한 최근 인버터의 소형화 추세에 따라 고속의 스위칭 및 신뢰성이 있는 IPM 소자를 사용하여 파워회로를 모듈화 함으로써 소형화된 유도전동기 가변속 시스템의 개발을 가능하게 하였다. 전류제어를 위하여 공간전압 변조법을 사용하였으며, 제어회로를 디지털화 함으로써 신뢰성을 보다 향상시켰다.

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] 8XC196MC user's manual, Intel Corporation, 1992
- [4] Application Examples Using the 8XC196MC/MD Microcontroller, Intel Corporation, 1993
- [5] B.K. Bose, Power Electronics and Variable Frequency Drives, IEEE PRESS, 1997.