

DIP-IPM을 이용한 전동기 제어시스템 개발

김남훈\*, 백원식\*, 김민회\*\*, 김동희\*, 최경호\*\*\*  
 \*영남대학교, \*\*영남이공대학, \*\*\*경북전문대학

The Development of AC Motor Control System Using DIP-IPM

Nam-Hun Kim\*, Won-Sik Baik\*, Min-Huei Kim\*\*, Dong-Hee Kim\*, Ho-Kyeong Choi\*\*\*  
 \*Yeungnam Univ., \*\*Yeungnam College of Sci. & Tech., \*\*\*Kyungbuk College

**Abstract** - Due to development of power electronics technology, power conversion system are tend to small size, easy to use and light weight. Especially motor control system have increased concerns and interests about IPM(Intelligent Power Module) inverter, which contains protection circuit, drive circuit and power devices. So, we manufactured 3-phase inverter using DIP-IPM(Dual in-line package IPM) PS21245- E(1.5 Kw) made by MITSUBISHI Electric. Some of these features include  
 -HVIC to provide level shifting and gate drive for high-side IGBTs.  
 -The interface circuit between pwm controller and DIP-IPM can made by direct connection.

In order to validate dynamic performance of the proposed system, the actual experiment worked out at wide speed range. The developed system is shown as a good dynamic characteristics.

1. 서 론

최근 전력전자의 급속한 발달로 인해 모든 전력변환 시스템이 소형화 경량화의 추세로 가고 있다. 특히 전동기 제어용 시스템에 있어서 고성능화 최소화화를 위해 드라이브회로와 보호회로 그리고 전력용 스위치 소자를 포함하고 있는 IPM(Intelligent Power Module)을 사용한 인버터에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 또한 일본과 미국에서는 전기제품의 35%이상 인버터를 이용한 제품을 사용하고 있다. 인버터를 이용한 제품은 크기 제한등의 여러 이유로 인해서 높은 효율과 높은 신뢰성을 요구하고 있으며, 이러한 이유로 전자부품의 추가는 제품의 가격을 상승과 신뢰성을 떨어뜨리기 때문에 IPM을 사용한 인버터는 최근 전자제품에 있어서 가장 큰 관심사 중의 하나이다.

이에 따라 최근 일본의 MITSUBISHI 전기에서 개발된 DIP-IPM(Dual-In Line package IPM)인 PS21245-E(1.5 Kw)를 사용하여 교류전동기용 3상 인버터를 제작하였다. PS21245-E는 내부에 Bootstrap 전원회로를 사용함으로써 기존의 IPM에서 사용되던 HVIC의 절연된 전원을 별도로 사용하지 않아도 되기 때문에, 소형화와 저가격화를 이룰 수 있었고 DSP의 PWM신호를 직접 IPM과 연결할 수 있게 되었다.

개발된 시스템의 운전특성을 알아보기 위해서 TI사의 DSP인 TMS320F240을 이용하여 1마력 농형 유도전동기의 동특성을 살펴본 결과 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

2. DIP-IPM을 이용한 인버터

DIP-IPM은 품질, 구조, 성능등의 최적화를 위하여 새로운 절연기술 및 몰드기술을 도입하여 IGBT, FWDI(Free wheeling diode)의 칩 및 전용IC 기능의 최적화등이 이루어져 초소형, 경량화를 이루었다. 그림 1은 전체 시스템 구성을 보여주고 있다.

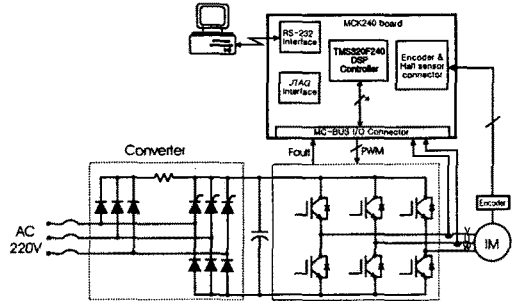


그림 1. 시스템 구성  
 Fig. 1. The system configuration

2.1 DIP IPM의 개념

DIP-IPM의 개념은 일반적인 IPM에서 왔다. IPM은 전력반도체 소자와 게이트 드라이브회로 그리고 보호회로를 내장한 고성능의 산업용 전동기 드라이브 응용에 사용되고 있으며, 200 W에서 150 kW까지 다양한 용도에 사용되고 있다. 이러한 IPM은 설계기간의 단축과 신뢰성의 향상, 손실 감소 그리고 소형화등의 이점을 가지고 있다.

그림2는 DIP-IPM의 기본적인 블록다이어그램을 나타내고 있다. DIP-IPM의 가장 큰 특징은 high-side IGBT를 위한 게이트 드라이브와 Level shifting을 제공하는 HVIC의 집적화이다. 이것은 결과적으로 6개의 IGBT 제어신호와 DSP제어기의 PWM신호와 직접적으로 연결할 수 있게 함으로써 상당한 가격적인 효과를 얻을 수 있게 되었다. HVIC는 부스트스트랩(bootstrap) 기술을 사용하여 전원회로를 구성하여 단지 몇 개의 소자만을 이용하여 3상 전원부를 하나의 15V 전원만을 사용하여 가능하게 하였다.

부스트스트랩 회로는 전형적으로 저전류 600V의 ultra/fast-recovery 다이오드, 충전 전류를 제한하는 작은 저항 그리고 floating 전원을 저장하는 캐패시터로 구성된다.

부스트스트랩 전원회로의 동작은 그림 3과 같다. low-side IGBT가 on 될 때, 다이오드를 통해서 캐패시터를 충전시키고, Low-side IGBT가 off 될 때, 캐패시터에 저장

된 에너지는 High-side 게이트 드라이브회로에 전원을 공급하게 된다. 이러한 기술은 6개의 IGBT 게이트 드라이브를 하나의 전원만으로 가능하게 하였으며, High-side 게이트 드라이브의 전원을 공급하는 매우 효과적이면서 저가의 방법이다. 하지만 스위칭 주파수를 높이지 못한다는 단점이 있다.

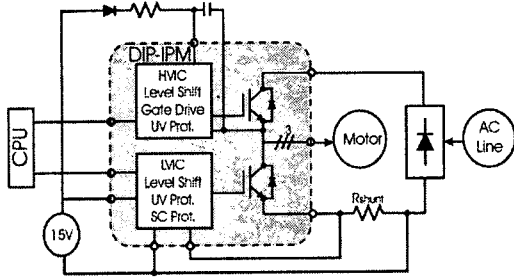


그림 2. DIP-IPM의 블록다이아그램  
Fig. 2. DIP-IPM block diagram

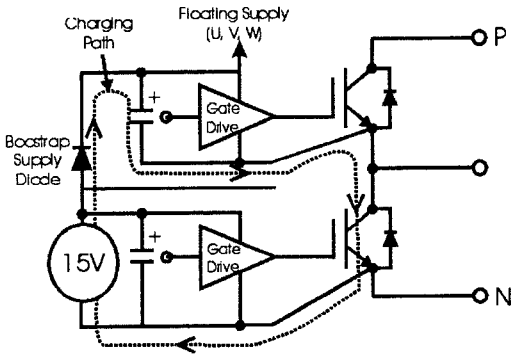


그림 3. 부스트랩 전원회로 동작  
Fig. 3. Bootstrap supply operation

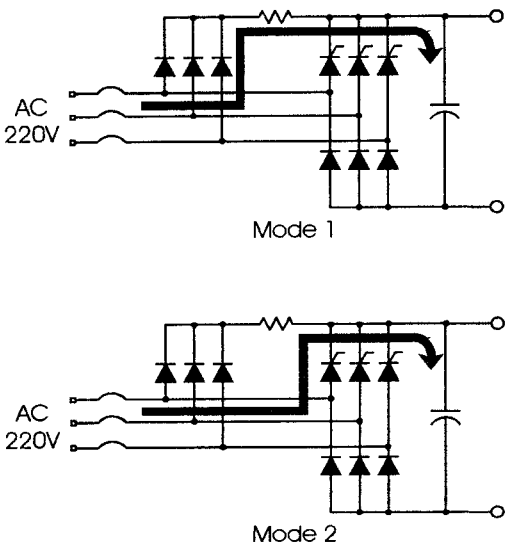


그림 4. 컨버터의 동작  
Fig. 4. The converter operation

## 2.2 컨버터 제작

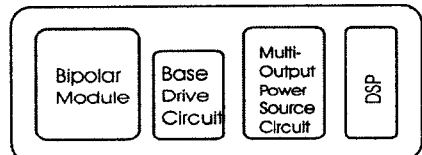
인버터를 구동하기 위해서는 안정된 DC전원이 요구되므로 용량이 큰 평활용 전해 콘덴서를 반드시 사용해야 한다. 충전에는 구동초기 돌입전류(Inrush current)를 제한하기 위해서 릴레이를 이용하여 마그네트 스위치를 사용하였다. 이러한 방식은 다음과 같은 문제점들이 있다.

- 유접점 사용으로 수명이 짧다.
- 응답특성이 늦다.
- 무게가 무겁고 용적이 크다.
- 수동으로 동작시간을 셋팅하여야 한다.

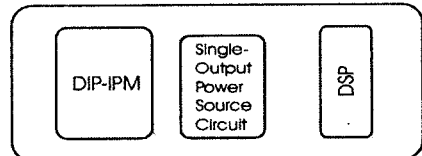
본 논문에서는 사이리스터와 다이오드를 함께 사용하여 컨버터를 구성하였으며, OP-AMP와 Tr등의 전자회로로 사이리스터 제어회로를 구성하여 DC링크단의 전압이 170[Vdc] 이하이면 저항과 다이오드를 통해서 캐패시터를 충전시키고, 170[Vdc]이상이면 사이리스터를 ON시켜 캐패시터를 충전시킨다. 그림 4는 컨버터회로의 동작을 나타내고 있다. Mode 1에서는 저항과 다이오드를 통해서 콘덴서에 충전을 하고 있으며, Mode 2에서는 사이리스터를 통해서 DC 링크단의 콘덴서에 충전을 한다.

## 2.3 인버터 제작

그림 5는 기존의 IPM을 사용한 제품의 PCB보드 구성과 DIP-IPM을 사용한 경우의 PCB보드의 구성을 비교하였으며 실질적으로 약 25%정도의 공간을 줄일 수 있으며, 20%정도의 손실을 줄일 수 있다[1].



Configuration of Circuit Board with Discrete device



Configuration of Circuit Board with DIP-IPM

## 그림 5. PCB보드의 구성

Fig. 5. Configuration of PCB

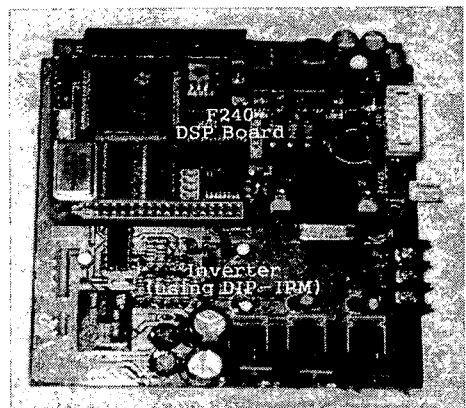


그림 6. DSP보드와 인버터

Fig. 6. DSP board and Inverter

그림 6은 실제 제작된 인버터와 DSP보드를 보여주고 있으며, 그림 7은 제작된 시스템의 전체 모습을 보여주고 있다.

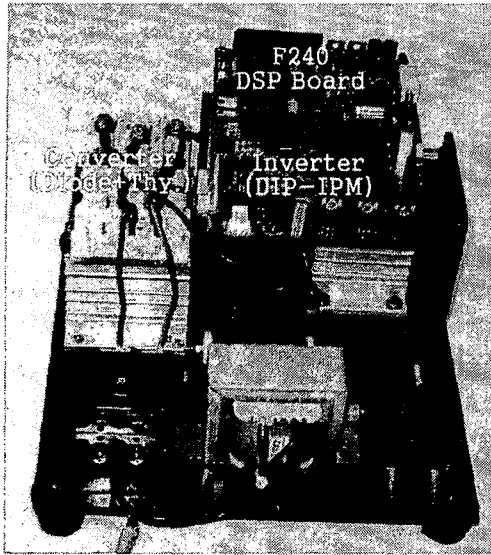
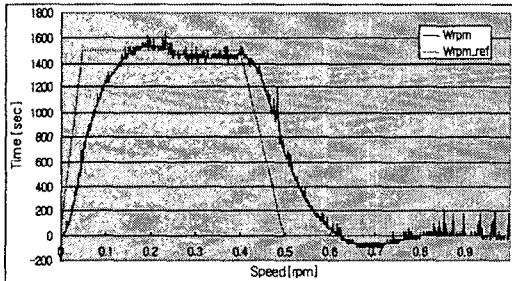


그림 7. 전체 시스템 사진  
Fig. 7. Photo of the total system

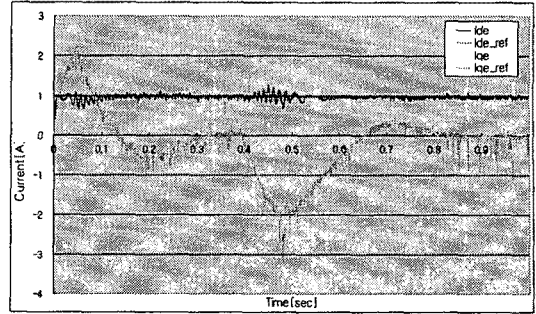
### 3. 실험 결과

제작된 인버터 시스템의 특성을 알아보기 위해서 기본적인 유도전동기의 백터제어를 수행하였다. 실험에 적용된 제어용 DSP는 TI사의 TMS320F240 을 사용하였다. 전류 제어주기는 200[usec], 속도 제어주기는 1[msec] 실제 실험에 사용된 유도전동기 파라미터는 표1과 같다.

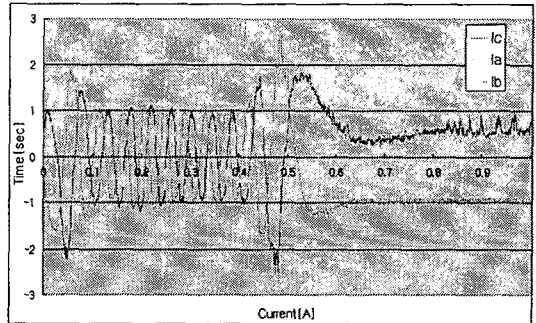
그림7은 실제 시스템의 실험결과를 나타내고 있으며 1500 [rpm]에서 0[rpm]으로 지령 속도를 주었을 때의 응답특성을 나타내고 있으며, (a)는 속도 응답특성, (b)는 동기좌표계에서의 전류응답 특성, 그리고 (c)는 3상전류 파형을 나타내고 있다.



(a)속도 응답 특성



(b)동기좌표계에서의 전류응답특성



(c) 3상 전류 파형

그림 7. 1500 rpm에서의 실험결과  
Fig. 7. The experimental results at 1500rpm

### 4. 결 론

최근 환경적인 문제가 제기되면서, 산업분야와 가전 제품에서 에너지 사용과 물소비에 대해 관심이 고조되고 있으며 인버터를 사용한 제품이 크게 증가하고 있는 추세이다.

이에 따라 소형, 경량화, 고성능화 그리고 높은 신뢰성을 가진 교류전동기용 인버터를 만들기 위해서 MITSUBISHI 전기에서 만든 1.5 Kw급의 DIP-IPM인 PS21245-E를 사용하여 인버터와 OP-Amp등의 전자회로에 의해서 제어되는 다이오드와 싸이리스터 이용한 컨버터를 제작하였다.

제작된 시스템의 성능을 확인하기 위해서 TI사의 TMS320F240 DSP와 1마력 유도전동기를 이용하여 속도 제어 동특성을 살펴본 결과 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 차 후 소형 고효율의 제품을 제작하는데 많이 사용될 것으로 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Jhon Dnlon, Hoanne Achhammer, Hideo Iwamoto and Mitsutaka Iwasaki, "Power Modules for Appliance Motor Control", IEEE IA. Magazine, pp 26-34, July/Aug. 2002.
- [2] E.R.Motto, J.F. Donlon, G. Majumdar, S. Hatae, S. Ohshima, and K. Takahashi, "A New Generation of Intelligent Power Devices for Motor Drive Applications", in conf. Rec. IEEE IAS Annual Meeting, 1993, vol 2, pp.1332-1338, 1993.
- [3] 김민희, 김남훈, "DSP를 이용한 유도전동기 디지털 제어 시스템", 한국산업융합학회 논문집, Vol. 3, No. 1, pp. 9-15, 2000.