

# NEV용 IPMSM 모터 드라이브 개발

이진우, 목형수, 김상훈, 이용규, 최유영  
두원공과대학, 건국대학교, 강원대학교, (주)성암전기, (주)키네모션

## Development of IPMSM Motor Drive for NEV

Jin-Woo Lee, Hyung-Soo Mok, Sang-Hoon Kim, Yong-Gue Lee, You-Young Choe  
Doowon Technical College, Konkuk Univ., Kangwon Univ., Sung-Am Electric Co., Kinemotion Co.

### ABSTRACT

This paper deals with the development of an IPMSM motor drive for NEVs. The drive system consists of 7kW IPMSM motor, DSP-based controller, and MOSFET-based inverter. The controller provides the same accelerator function as the conventional vehicle for an easy NEV drive.

### 1. 서 론

최근 환경 및 에너지에 대한 이슈가 부각되고 있는 가운데 전기자동차에 대한 개발이 활발히 이루어지고 있다. 세계 유수의 자동차업체에서는 도요타의 프리우스(Prius)를 선두로 한 하이브리드 자동차를 개발하여 판매하고 있으며, 아울러 여러 가지 전기자동차에 대한 개발을 진행하고 있다. 한편 중국을 비롯한 여러 국가에서 근거리 전기자동차에 대한 개발도 새롭게 부각되고 있는 추세이다. 근거리 전기자동차는 NEV( Neighborhood Electric Vehicle)라 하며 국내에서도 CT&T를 비롯한 여러 업체에서 개발을 진행하고 있는 상황이다.<sup>[1]</sup>

NEV용 모터 드라이브(Drive)로 직류전동기, 유도전동기, 영구자석 동기전동기를 사용한 장치가 개발되고 있으며, 저가의 경우에는 직류전동기 또는 유도전동기를 채택하고 있는 상태이다. 본 논문에서는 고효율/고출력 밀도를 갖는 IPMSM을 사용한 NEV용 모터 드라이브 개발과 관련한 모터 사양, 시스템 구성 및 제어방법을 제시하고 실험결과를 통하여 개발한 모터 드라이브의 타당성을 보이고자 한다.

### 2. NEV용 7kW IPMSM 모터 드라이브 시스템

#### 1.1 7kW IPMSM Motor 사양

NEV용 모터의 사양은 공차중량 730kg, 최고속도 60km/h 등

표 1 7kW IPMSM 모터의 사양  
Table 1 Specifications of 7kW IPMSM Motor

|      |          |      |          |
|------|----------|------|----------|
| 정격출력 | 7kW      | Rs   | 0.00984Ω |
| 최대속도 | 6,000rpm | Ld   | 0.105mH  |
| 극수   | 8극       | Lq   | 0.179mH  |
| 최대전류 | 300A_pk  | 정격자속 | 0.0395Wb |

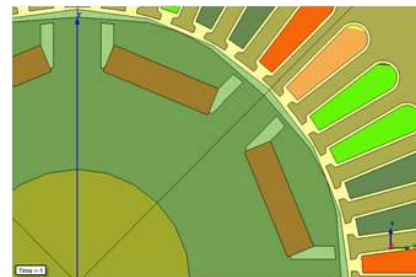


그림 1 7kW IPMSM 모터의 형상  
Fig. 1 Shape of a 7kW IPMSM Motor

의 차량 요구 성능을 고려하여 설계되었다. 표 1은 모터의 주요 정수이며, 그림 1은 설계된 모터의 형상을 나타낸 것이다.

#### 1.2 모터 드라이브 시스템

NEV용 모터 드라이브 시스템의 구성은 그림 2와 같다. 배터리의 정격전압은 72V이고, 전력용 반도체 소자는 3상 150V/300A MOSFET모듈을 사용하였으며, 제어기는 TI사의 150MHz TMS320F28335 DSP를 사용하여 구성하였다. 제어기 입력으로 액셀, 전진/중립/후진/주차, 브레이크 입력 신호와 레졸버, 전력용 반도체 소자 및 모터 온도 센서 등이 있다.

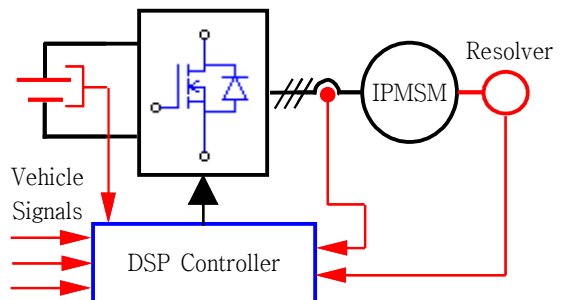


그림 2 NEV용 IPMSM 모터 드라이브 시스템 구성  
Fig. 2 IPMSM Motor Drive System for NEVs

#### 1.3 IPMSM 모터 및 차량 제어 방법

운전자 관점에서 기존 차량을 운전하던 방식과 동일한 방식으로 NEV를 운전할 수 있도록 하는 것이 운전습관 및 안전 측면에서 매우 중요하다. 따라서 NEV용 IPMSM 모터 드라이브는 액셀러레이터 신호를 기준으로 기존 차량과 유사한 운전 방법을 구현하기 위하여 100% 액셀러레이터 입력을 전동기의

속도에 따른 최대 출력 토크에 연동함으로써 액셀러레이터의 조작에 따른 차량의 반응을 기존 차량과 비슷하도록 하였다. 한편 IPMSM 전동기 제어방법으로는 저속영역에서는 전동기의 효율을 높이기 위하여 MTPA (Maximum Torque Per Ampere) 제어 방법을 사용하고, 고속영역에서는 직류전압 제한을 고려하여 약자속 운전(Flux Weakening Operation) 제어 방법을 사용한다<sup>[2]</sup>. 그리고 액셀러레이터 조작 감각을 기존 차량과 유사하게 할 수 있는 액셀러레이터 신호 처리기를 사용하며, 실험을 통하여 액셀러레이터 조작 감각을 조정한다. 그림 3은 NEV용 모터 드라이브 시스템의 제어방법을 나타낸 것이다.

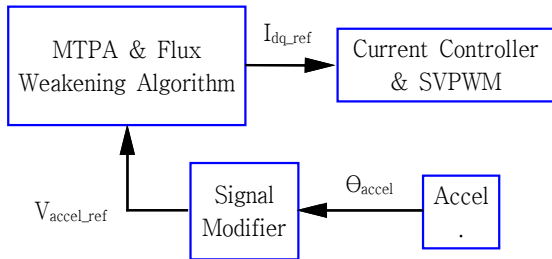


그림 3 NEV용 IPMSM 모터 및 차량 제어 방법  
Fig. 3 Vehicle and IPMSM Motor Control Methods for NEVs

### 3. NEV용 IPMSM 모터 드라이브 실험 결과

그림 4는 개발한 NEV용 모터 드라이브의 사진이다. 실험은 7kW 모터와 모터 드라이브를 CT&T사의 E ZONE 차량에 장착한 후 차량용 다이내모미터를 사용하여 진행하였으며, 전지는 정격전압 12V, 정격용량 165Ah 납축전지 6개를 직렬 연결하여 사용하였다. 그림 5는 다이내모미터로 측정된 차량의 토크-속도 제어 특성 곡선으로 약셀 입력에 비례하는 토크를 발생하여 기존 차량과 유사한 운전방식으로 NEV를 운전할 수 있음을 보여준다. 그림 5에서 100% 약셀 입력의 경우에 5[km/h]의 경우에 토크가 작게 나온 것은 드라이브 시스템의 과열에 따라서 출력을 제한하는 현상이 발생하였기 때문이다. 그림 6은 그림 5에 대응하는 출력을 나타낸 것이다.

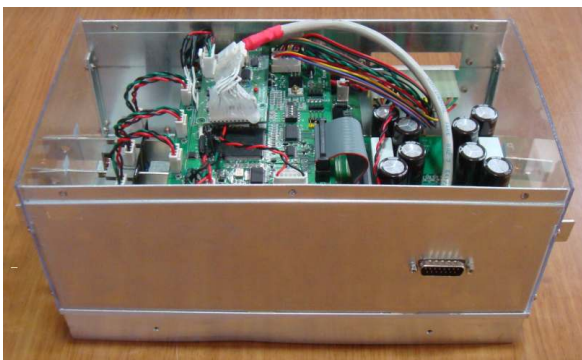


그림 4 NEV용 IPMSM 모터 드라이브 사진  
Fig. 4 Picture of an IPMSM Motor Drive for NEVs

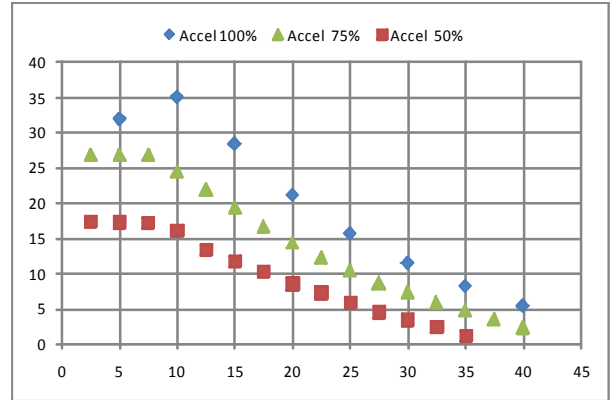


그림 5 IPMSM 모터를 사용한 NEV의 토크-속도 제어 특성 (세로축: 토크[kgfm], 가로축: 속도[km/h])

Fig. 5 Torque-Speed Control Characteristics of NEVs using an IPMSM Motor (y-axis: Torque [kgfm], x-axis: speed[km/h])

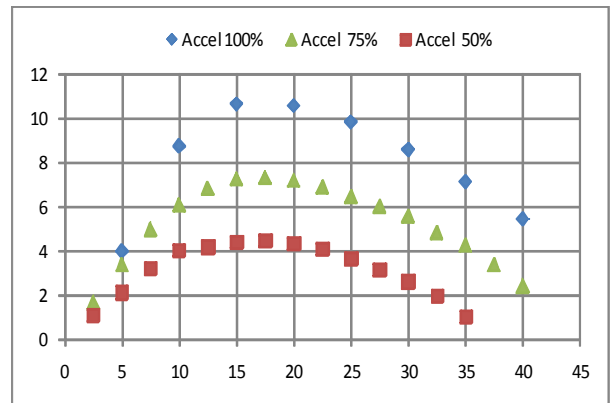


그림 6 IPMSM 모터를 사용한 NEV의 출력-속도 제어 특성 (세로축: 출력[kW], 가로축: 속도[km/h])

Fig. 6 Power-Speed Control Characteristics of NEVs using an IPMSM Motor (y-axis: Power [kW], x-axis: speed[km/h])

### 4. 결론

본 논문에서는 NEV용 7kW IPMSM 모터 드라이브 개발과 관련한 모터사양, 드라이브 시스템 구성 및 제어방법을 제시하고, 차량에 탑재한 후 다이내모미터를 사용한 실험을 통하여 개발한 제어기의 제어성능을 확인하였으며, 이를 통하여 개발한 드라이브는 기존차량과 유사한 운전방식을 제공할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] [http://www.greencarcongress.com/electric\\_battery/index.html](http://www.greencarcongress.com/electric_battery/index.html).
- [2] IEEE-IAS Tutorial Course Notes: Design, Analysis, and Control of Interior PM Synchronous Machines, CLEUP, pp. 8.1-8.33, 2004.