

25kW급 EV용 InWheel Type IPMSM의 구동장치

김영기*, 염정환*, 이진우**, 이정중***, 홍정표***, 목형수*

*건국대, **두원공대, ***한양대

Drive System of 25kW In Wheel Type IPMSM for Electric Vehicle

Y.K. KIM*, J.H. Yeom*, J.W. Lee**, J.J. Lee***, J.P. Hong***, H.S. Mok*

*Konkuk Univ., **Doowon Technical College, ***Hanyang Univ.

ABSTRACT

본 논문에서는 EV용 25kW급 In Wheel Type의 IPMSM을 제어 할 수 있는 구동장치를 제작하였다. 여기서 In Wheel Motor는 고성능의 전기모터를 Wheel에 직접 장착하여 파워트레인 요소를 모두 제거함으로써 차량 시스템의 효율을 높이고, 친환경 차량에 적용할 수 있는 신개념의 플랫폼을 제공할 수 있는 고효율, 고성능 차량 시스템이다. 따라서 본 논문에서는 EV용 In Wheel Motor와 이를 제어하기 위한 구동장치에 대한 제어시스템을 제안하고 이를 실험을 통해 검증하였다.

1. 서론

친환경 기술은 미래 산업의 생존이 달린 핵심기술로서 선진 국가들은 환경을 위한 기술 개발에 총력을 기울이고 있다. 현재 대표적인 친환경 기술은 하이브리드 자동차 및 연료전지 자동차 등의 전기 자동차 기술이 대표적이라 할 수 있다. 이러한 친환경기술을 만족시키는 새로운 구조로 In-Wheel 구동시스템이 주목받고 있다.[1]

In-Wheel 구동시스템은 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차 및 전기자동차와 같이 전기 동력으로 주행하는 차량에서 대형의 단일 모터를 사용하지 않고 각 차륜에 구동 모터를 내장하여 분산 구동하는 시스템으로 고성능의 전기 모터를 휠에 직접 장착하여 파워트레인 요소를 모두 제거함으로써 차량 시스템의 효율을 높이고, 추후 친환경 차량에 적용할 수 있는 신개념의 플랫폼을 제공할 수 있는 고효율 · 고성능 차량 시스템이다. 또한 휠에 모터를 장착함으로써 충분한 구동력을 확보할 수 있고 제동 시 회생제동으로 인한 제동에너지 회수를 극대화함으로써 연비를 향상 시킬 수 있다.[2]

In-Wheel 구동시스템의 개발을 위해서는 전기에너지 사용을 최소화하기 위한 각 wheel 모터의 동력분배 최적화 알고리즘, 제동에너지 회수 극대화를 위한 회생제동 제어로직 최적화, In-Wheel 모터의 경량화 및 설계 최적화, 브레이크와 Suspension과 같은 사시 모듈의 통합화, 각 wheel 모터의 direct yaw moment 제어에 의한 차량 안전성 제어로직 개발, 차량의 동적거동 해석 시뮬레이션 툴 개발 등이 요구되며, In-Wheel 구동시스템은 위의 기술들을 모두 융합할 수 있는 핵심 원천 기술이라 할 수 있다. 본 논문에서는 In-Wheel 구동시스템에서 가장 중요한 wheel 모터를 구동할 수 있는 구동장치를 제작 및 검증을 하였다.

2. In-Wheel Motor

In-Wheel 모터의 고정자는 제작의 용이성과, 집적율을 높이기 위하여 분할코어를 사용하였고 코일은 편각동선을 사용하여 86턴 적용하였다. 또한, 회전자 적층길이는 50mm로 설계하여 제작하였다. In-Wheel 모터는 회전자의 위치검출을 위해 레졸버(Resolver)를 취부하였고 실제 차량의 속도를 고려해 4:1 감속기어를 장착하였다. 방열효과를 고려하여 하우징을 설계하였고, 축 방향 핀을 회전방향으로 3등분하고 핀의 개수를 높여 핀의 방열효과를 높였다. 브레이크는 기존 차량과 동일한 유압식 캘리퍼와 디스크를 사용하여 안전도를 최대한 고려 검토하였다. 다음 표와 그림은 In-Wheel 모터의 정격과 제작된 Motor의 외부 모습이다.

표 1 In-Wheel Motor의 파라미터와 정격
Table 1 Parameters and ratings of In-Wheel motor

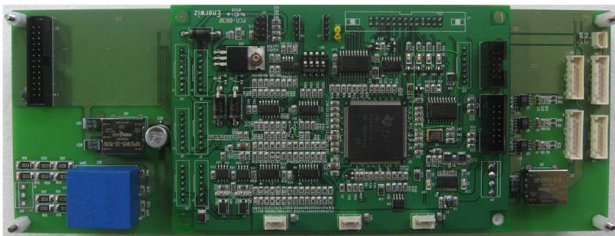
	항목	단위	Value	비고
휠	Size	inch	16	아반떼 및 프리우스급
	RIM 내경	mm	359	
	최대속도	rpm	1250	
	최대토크	Nm	800	
모터 & 인버터	외경 (φ)	mm	350	Stator : 300
	길이	mm	108	Stator stack : 50
	출력	kW	25	
	최대속도	rpm	5000	
	최대토크	Nm	200	
	극수/슬롯 수		12/18	
	인버터입력전압	V _{DC}	300	AC 212 V _{rms}
	모터최대전류	A _{rms}	118	@1250rpm, Max Torque ± 10% 이내
기어	위치센서		Resolver	
	절연계급		N종	
	냉각방식		공랭식	
	PWM주파수	kHz	10	
	종류		유성기어	
	기어비		4:1	1단



그림 2 In-Wheel Motor의 외관 모습
Fig 2 Outward Appearance of In-Wheel Motor

3. 25kW급 In-Wheel Motor의 구동장치

In-Wheel Motor를 구동시키기 위한 인버터 회로에 사용된 소자는 전력용 반도체 소자인 Mitsubishi사의 IPM(Intelligent Power Modules)인 PM300RLA060을 사용하였다. 이 소자는 3-Phase DA/AC Power Conversion을 위한 600V-300A IGBT 인버터이다. 제어보드는 TI사의 C2000 계열 DSP 중에서 최고의 사양과 성능을 가진 실수 연산(Floating-point)이 가능한 마이크로 컨트롤러인 TMS320F28335를 사용하였다. Inverter Stack을 차량에 장착하기 위해 케이스를 제작하였고, 공랭식 강제냉각 방열 시스템을 적용하기 위해 방열판과 Fan을 부착하여 25kW급 Inverter Stack을 제작하였다. 다음 그림은 In-Wheel Motor를 구동시키기 위한 제어보드와 제작한 Inverter Stack이다.



(a) control board



(b) inverter stack

그림 3 제어보드와 인버터스택
Fig 3 Control board and Inverter stack

4. 실험 결과

In-Wheel 모터 제어시스템의 구성은 3상 IPMSM을 3상 인버터로 구동하며 Torque Control을 위해 벡터제어 알고리즘을 이용하여 Torque를 독립적으로 제어하였다. 또한, MTPA(Maximum Torque Per Ampere)영역과 약제자(Flux Weakening)영역에서 일관되게 제어하는 방법을 적용하였기 때문에 전기자동차에서 단지 Accelerator의 지령값을 %로 구하여 사용함으로써 전기자동차의 가장 중요한 지령 값인

Accelerator의 반응을 속도의 변화에 관계없이 항상 유사하게 만들 수 있었다.

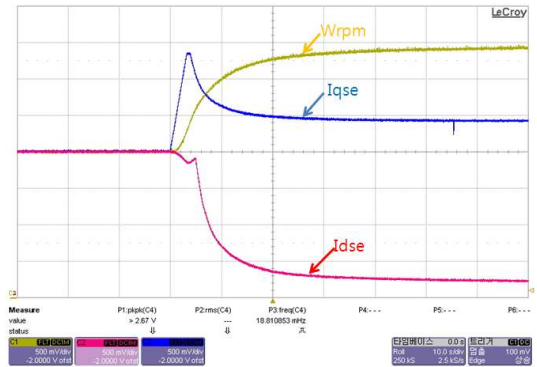


그림 4 실험 결과
Fig 4 Experimental result

그림4는 무부하 상태에서 Accelerator의 지령값을 0%~50%로 변화 하였을 때의 파형이다. Accelerator의 지령값과 비례하여 속도(Wrpm)가 상승하고, Iqse와 Idse값이 변화하는 것을 볼 수 있다.



그림 5 차량에 장착한 스택과 인휠모터
Fig 5 Equip a car with Inverter stack and In-Wheel motor

5. 결론

본 논문에서는 25kW급 EV용 InWheel Type IPMSM의 구동장치를 개발하였다. 인버터는 Mitsubishi사의 IPM을 사용하였고, 제어보드는 TI사의 TMS320F28335를 사용하여 제작하였다. In-Wheel 모터를 Torque Control하기 위해 공간벡터제어 알고리즘을 이용하였고, MTPA영역과 약제자영역에서 일관되게 제어하는 방법을 적용하였다. 이를 차량에 장착하여 실제 Accelerator의 지령값으로 In-Wheel 모터가 제어되는지를 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 김영기 외 6명, "2상 SPMSM을 이용한 In-Wheel Motor의 신뢰성 평가", 전력전자학회 2009년도 하계학술대회 논문집, 2008. 7, pp. 561-563
- [2] J. M. Nagashima, "Wheel hub motors for automotive applications," EVS21, Monaco, 2005