

IPMSM을 이용한 110cc급 전기 이륜차 개발

김영기*, 엄대식*, 김영란*, 홍찬희*, 김영구**, 목형수***
 *브이씨텍, **대림자동차, ***건국대

Development of 100cc Electric Motorcycle using In-Wheel Type IPMSM

Y.K. Kim*, D.S. Eom*, Y.R. Kim*, C.H. Hong*, Y.G. Kim**, H.S. Mok*
 *VCTech, **DAELIM MOTOR, ***Konkuk Univ.

ABSTRACT

This paper developed 110cc class electric motorcycle using IPMSM. First, Tractive effort calculated by considering the driving environment of motorcycle. And accordingly the motor and inverter were designed and manufactured. It was mounted on motorcycles and test result was compared with the output power of motorcycle with an internal combustion engine.

1. Introduction

현재 화석 에너지 자원의 급격한 소비가 이루어지고 있다. 고갈 되어가는 매장량과 자원을 무기화 하는 움직임 때문에 화석 에너지의 절반 이상을 소비하는 자동차를 대체하고 보조하는 효율적이고 친환경적인 기술이 매우 필요하다. 따라서 친환경 기술은 미래 산업의 생존이 달린 핵심기술로서 선진 국가들은 환경을 위한 기술 개발에 총력을 기울이고 있다. 현재 각광 받고 있는 친환경 기술은 Hybrid Vehicle과 Fuel Cell을 이용한 Electric Vehicle 기술, 그리고 가정에서 사용하는 bicycle을 대체하는 Electric bicycle이나 Electric Scooter가 대표적이다.

본 논문에서는 110cc급 전기이륜차 개발에 관하여 다루었다. 먼저, 전기이륜차용 모터는 축이 고정되어 있고 바퀴가 돌아가는 구조로 이루어진 In Wheel 모터를 사용한다. In Wheel 모터는 전기자동차, 전기자전거 및 전기스쿠터와 같이 전기 동력으로 주행하는 차량에서 차륜에 구동 모터를 내장하여 고성능의 전기 모터를 휠에 직접 장착하여 파워트레인 요소를 모두 제거함으로써 구동 시스템의 효율을 높일 수 있다. 또한 휠에 모터를 장착함으로써 충분한 구동력을 확보할 수 있고 제동 시 회생제동으로 인한 제동에너지 회수를 극대화함으로써 연비를 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 In Wheel type의 IPMSM과 이를 제어하기 위한 구동장치에 대한 제어시스템을 설계 및 제작하였으며 이를 이용하여 기존 110cc급 이륜차의 성능을 가지는 전기이륜차를 개발하였다.

2. Tractive Effort of 110cc Class Motorcycle

전기 이륜차에 적용할 모터와 인버터의 사양을 설계하기 위하여 110cc급 이륜차의 모든 주행저항을 고려한 견인력을 계산하였다. 견인력은 이륜차를 앞으로 나아가게 하는 힘으로써 구동바퀴를 통해 지면으로 전달된다. 고려해야 할 저항으로는 구름저항, 공기저항, 등판저항, 가속저항 등이 있다. 다음 그림은

110cc급의 이륜차의 주행저항을 고려한 견인력 그래프이다.

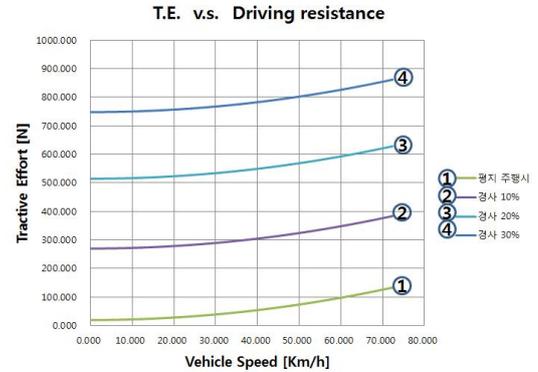


그림 1 이륜차의 주행저항을 고려한 견인력
 Fig 1 Tractive effort considering driving resistance of motorcycle

3. In-Wheel Motor for Electric Motorcycle

In Wheel 모터는 회전자의 위치검출을 위해 레졸버 (Resolver)를 취부하였고, 실제 차량의 성능을 고려해 저속 고토크인 1단과 고속 저토크인 2단이 가능한 두 개의 Gear를 적용하였다. 다음 표와 그림은 In Wheel 모터의 정격과 제작된 모터의 외부 모습이다.

표 1. 모터의 상세사양

Table 1 Parameters and ratings of Motor

구분	Motor 사양	비고
Motor type	IPMSM	
Poles / Slots	8 / 12	
Core Diameter	290	Unit : mm
Core Stack	37	Unit : mm
권선 방식	집중권	
설계 온도	150	Unit : °C
유기전압 제한치	36	Unit : Volt , 상 전압
상 전류	247	Unit : Apeak
전류 밀도	5.2	Unit : Apeak/mm ²
접적율	45	Unit : %



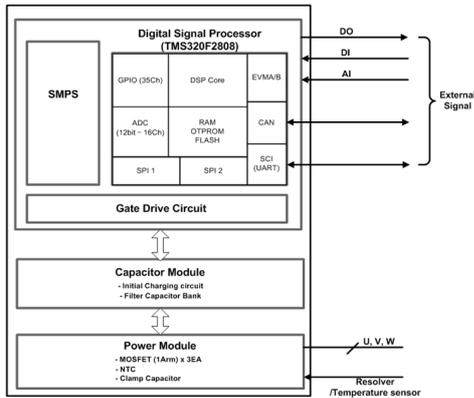
그림 2 전기이륜차용 IPMSM의 외관 모습

Fig 2 Outward Appearance of IPMSM for E-Motorcycle

4. Drive system for Electric Motorcycle

In Wheel type의 IPMSM을 구동시키기 위해 컨트롤은 TI사의 TMS320F2808을 사용하였고, 인버터는 1Arm 단위로 설계하여 3상 인버터 구성을 위해 3개의 파워모듈을 적용하였다.

다음 그림은 In Wheel 모터를 구동시키기 위한 제어보드의 컨트롤 블록도와 제작한 제어기이다.



(a) 컨트롤 블록도



(b) 인버터

그림 3 컨트롤 블록도와 인버터

Fig 3 Control Block Diagram and Inverter

5. Experiment Result

In Wheel 모터 제어시스템의 구성은 3상 IPMSM을 3상 인버터로 구동하며 Torque Control을 위해 벡터제어 알고리즘을 이용하여 Torque를 제어하였다. 또한, PI Parameter를 이용하여 MTPA(Maximum Torque Per Ampere)영역과 약계자(Flux Weakening)영역에서 일관되게 제어하는 방법을 적용하였다. 다음 그림은 완성된 전기 이륜차의 외관 모습이다.



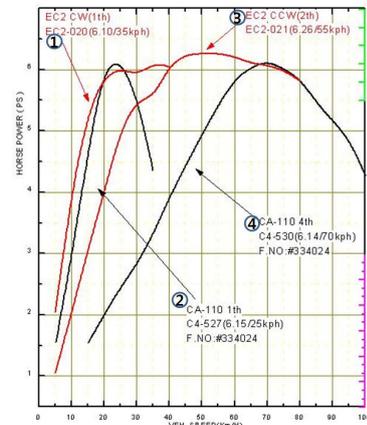
그림 4 전기 이륜차 외관모습

Fig 4 Outward Appearance of E-Motorcycle

다음 그림은 전기이륜차의 성능 시험을 위한 시험 사진과 내연기관으로 이루어진 기존 110cc급 이륜차의 성능과 개발한 전기 이륜차의 성능을 비교한 그래프이다. 그래프에서 1번과 3번은 전기이륜차의 성능을 나타낸 그래프이고 2번과 4번은 일반 이륜차의 성능을 나타낸 그래프이다. 저속과 고속에서 내연기관을 가진 일반 이륜차의 성능보다 전기이륜차의 성능이 다소 우수함을 알 수 있다.



(a) 다이내모장치에서의 성능시험



(b) 110cc급 일반이륜차와 전기이륜차의 성능 비교 그래프

Fig 5 전기이륜차 성능 시험 및 결과

Fig 5 Performance Test and Result of E-motorcycle

6. Conclusion

본 논문에서는 모터와 인버터를 제작하여 110cc급에 해당하는 전기이륜차를 개발하였다. 성능을 검증하기 위해서 실제주행환경을 적용한 차량 다이내모 장치에서 실차시험을 하였고 내연기관을 가진 110cc급 일반 이륜차와 성능 결과를 비교하여 우수함을 검증하였다.

참고 문헌

[1] James Larminie, John Lowry, "Electric Vehicle Technology", A JIN.