

## 전기 이륜차 동력 특성해석에 관한 연구

최진권<sup>1</sup>, 김병우<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 대학원 전기전자정보시스템공학과, <sup>2</sup>울산대학교 전자공학부

### A Study on the Power Characteristics Analysis of Electric Motorcycle

Jinkwon Choi<sup>1</sup> and Byeongwoo Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate school of Electrical Engineering, University of Ulsan

<sup>2</sup>School of Electrical Engineering, University of Ulsan

**요약** 전기 구동 이륜차는 우수한 연비 및 환경공해 능력 때문에 가장 유망한 미래 교통수단 중의 하나이다. 실제 전기 이륜차 시제품을 제작하기 전에 신뢰성이 확보된 시뮬레이션 프로그램을 통하여 전기 이륜차의 설계인자 최적화와 동력원의 능력을 평가할 필요가 있다. 이 같은 과정을 통하여 전기 이륜차 시스템 설계 과정에서의 소요비용을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 수월하게 Simulink와 PSAT을 이용하여 구동 및 동력 시스템을 모델링할 수 있는 Matlab 기반의 전기 이륜차 해석 프로그램을 제시하였다. 전기 이륜차의 최대 출력, 에너지 능력, 충전 상태, 등판 각도와 같은 설계 인자 해석을 실험과 시뮬레이션을 병행하였다. 본 연구에서 개발된 모델에 의해서 예측된 해석결과는 실험에 의해서 얻어진 결과와 양호하게 일치하였다.

**Abstract** Electric Motorcycle is one of the most promising candidates for future transportation because of its outstanding fuel economy and environmental pollution. Before prototyping a realistic electric motorcycle, a reliable simulation program is required to test the capacities of the power sources and optimize the parameters of an electric motorcycle. This process can reduce the expenses during the designing of an electric motorcycle system. In this paper, we present an electric motorcycle system simulation program implemented on Matlab, which can model drivetrain and powertrain systems in an easy, natural way within Simulink and PSAT. And the analysis of design parameters such as max power, capacity, state of charge, slope angle is carried out by the simulation and experimental method. The predicted results by the development model were a good agreement with experimentally obtained results.

**Key Words** : In-Wheel, Electric motorcycle, State of charge, Battery management system, Electric motor

### 1. 서론

전 세계적인 환경규제와 에너지 문제를 해결하기 위하여 자동차 및 이륜차 제조업체에서는 새로운 동력 장치에 대한 연구를 확대시키고 있다. 이의 대표적인 사례가 전기 동력을 이용한 전기 자동차 및 이륜차이다. 전기 자동차는 하이브리드 자동차와 함께 친환경 자동차로서 국내외에서 다양한 연구가 진행되었다. 이와 달리, 전기 이

륜차는 아직까지 강제적 규제 시점과 경제성 문제 때문에 다양한 연구가 진행되지 못한 것이 사실이다. 일반 내연기관과 달리 전기 동력 기반의 이륜차 성능은 일반 기계 기술보다 배터리, 전력변환장치, 모터 등과 같은 전기 전자 장치의 특성에 큰 영향을 받게 된다.[1-2] 이 같은 전기 이륜차 시스템을 최적 설계 및 제작하기 위해서는 이를 구성하고 있는 구성 핵심 부품에 대한 단품별 최적 설계가 요구된다. 또한, 전기 이륜차 단품에 대한 성능을

본 연구는 현대중공업 지원에 의한 울산대학교 전기공학부 일류화 연구비와 지식경제부 산업원천기술개발사업 일환으로 수행된 논문입니다.

\*교신저자 : 김병우(bywokim@ulsan.ac.kr)

접수일 11년 08월 25일 수정일 (1차 11년 09월 06일, 2차 11년 10월 07일, 3차 11년 11월 08일) 게재확정일 11년 11월 10일

만족시켰다 하더라도 구성 단품이 전체 이륜차 시스템에 미치는 영향을 정확하게 해석하여야만 최적의 전기 이륜차 시스템 개발이 가능하게 된다. 그러나 현재까지 진행된 전기 이륜차 연구 및 개발은 전기 이륜차 핵심 부품에 대한 전기 및 동력 특성에 대한 명확한 해석에 기초를 두지 않고 경험적인 방법으로 진행되었다.[3] 특히, 전기 이륜차 핵심 부품이라 할 수 있는 전동 모터와 에너지 저장장치 배터리는 전기 이륜차 주행 모드에 따라서 전기적 특성이 급변하기 때문에 실제 시스템을 제작하기 이전에 핵심 부품에 전기적 특성을 정량적으로 해석하여야 한다. 전기 이륜차 핵심 부품에 대한 수학적 모델링을 기반으로 하여 전기 이륜차의 시스템적인 수학적 모델링을 실시하게 되면 전체 이륜차 시스템에 끼치는 핵심 부품의 영향 및 기준을 정량적으로 해석할 수 있을 것이다.

그 동안 국내에서 추진된 전기 이륜차 연구 및 개발이 제한적인 성공에 머문 것은 앞서 기술한 선행 연구개발 방법이 적용되지 않았고 요철이 많은 국내 주행도로 특성을 고려하지 않았기 때문이다. 이 같은 국내 주행도로 모드를 반영하지 않은 상태로 개발된 전기 동력 핵심 부품 및 시스템은 내구성능이 현격히 저하되기 때문에 이 성능저하를 예방할 수 있는 주행모드 기반의 이륜차 설계 기준 제시가 요구된다.[4-5]

따라서, 본 연구에서는 전기 이륜차 핵심 부품인 전동 모터와 에너지저장장치 배터리에 대한 PSAT을 활용한 로직 형태의 모델링과 시스템 모델링을 통한 정량적인 성능평가와 설계인자를 제시하고자 하였다. 또한, 전기 이륜차의 상용화 가능성을 향상시키기 위하여 국내 실제 주행 모드를 고려한 이륜차 핵심 부품 및 시스템의 설계 가이드라인을 제시하였다.

## 2. 전기 이륜차 동력 설계

### 2.1 전기 이륜차 구성도 및 목표 성능

전기 이륜차는 Fig. 1 과 같이 차체장치, 에너지 저장장치, 구동장치, 제어장치, 전력변환장치 및 편의장치 등으로 구분된다. 본 연구에서는 전기 이륜차를 구성하고 있는 다양한 부품 중에서 충전모듈과 전동모터를 집중적으로 해석하고자 한다. 본 연구대상인 전기 이륜차는 충전 편의성을 높이기 위해 차체에 내장된 충전모듈과 이를 효율적으로 제어하는 고성능 BMS(Battery management system)로 구성되어 있다. 또한, 전기 이륜차의 내구 및 순간 기동 특성 향상을 위하여 BLDC 구동 모터가 내장된 In-Wheel 구동 모듈을 포함하고 있다. 본 연구에서는

110cc급 가솔린 내연기관 이륜차를 전기 구동 이륜차로 대체하기 위한 것이기 때문에 Table 1과 같이 기존 가솔린 이륜차의 성능을 측정하여 설계목표를 설정하였다. 본 설계목표 달성여부를 정량적으로 판단하기 위하여 국내 이륜차 평가기준으로 활용되고 있는 CVS(Constant volume sampling) 40 주행모드를 활용하였다. 최고 주행 속도는 국내 시내 주행 제한속도인 80km/h로 설정하였고 1충전 주행 거리는 50km/h 기준에 70km로 설정하였다.



[그림 1] 전기이륜차 부품 구성  
[Fig. 1] Components of electric motorcycle

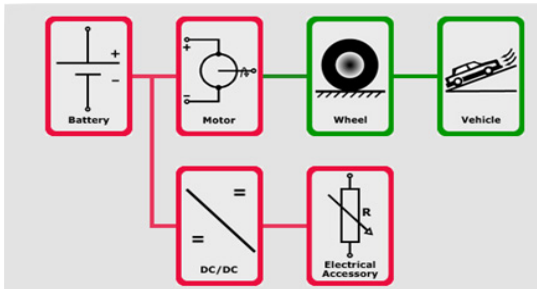
이륜차 등판능력은 국내 지형특성을 고려한 30% 등판 조건에서 출발 후 15초 동안 주행속도를 14km/h, 최대 주행거리는 90km로 설정하였다. 이륜차에 적용되는 전장품의 크기와 적용 전류 크기를 축소시키기 위하여 전력 체계를 72V 고전압 시스템을 적용하였다. 마지막으로, 이륜차와 운전자 전체의 무게는 총 285kg로 설정하여 해석을 실시하였다.

[표 1] 전기이륜차 설계 목표  
[Table 1] Design objective of electric motorcycle

Parameter	Value	Unit
Maximum rating speed	80	km/h
Cruising range (Constant 50km/h)	70	km
Gradeability (Slope 30%, after 15sec)	14	km/h
CVS 40	90	km
Nominal voltage	72	V
Maximum weight	285	kgf
Wheel size	576	mm

### 2.2 핵심 구성부품 모델링

본 연구에서는 미국의 아르곤 연구소에서 개발한 PSAT 프로그램을 활용하였다. PSAT 프로그램은 차량의 연료 효율, 성능 평가 그리고 제어 최적화 등에 활용할 수 있다. 또한, 본 프로그램은 MATLAB 기반으로 개발되어 타 프로그램과의 호환성이 우수하다. 전기 이륜차 해석을 위하여 먼저 전체 이륜차 시스템에 대한 구성 요소를 기반으로 하는 시스템 모델을 생성하였다. 본 PSAT 프로그램에는 전기, 하이브리드, 연료전지 등 다양한 수송기계에 적용되는 전기동력 해석용 라이브러리가 존재한다. 이 중에서 전기 이륜차와 가장 유사한 In-wheel 구동 자동차 라이브러리를 선정하였다. 이를 기반으로 하여 전체 이륜차 모델을 선정하고 다음 단계에서 전체 이륜차를 구성하는 세부 부품 항목을 결정하였다. 전기이륜차 부품 모델로는 배터리, 모터, 휠, 차량, DC/DC 컨버터 그리고 보조 장치로 구성되어있다. 그 중 모터와 배터리 분야가 동력 발생장치, 구동장치 이므로 가장 중요한 파트라고 할 수 있기 때문에 이 부분을 세부적으로 모델링하였다.



[그림 2] 전기이륜차 부품 모델  
[Fig. 2] Electrical motorcycle components model

먼저, 모터 초기 입력에 필요한 파라미터를 분석하였다. 초기 입력 값에는 토크와 효율 등의 특성 값들이 포함되었다. 모터 모델은 최대 토크 출력과 최대 토크 계산으로 나눌 수 있다. 정격 토크는 각속도 변수를 가지는 출력 값으로 정해지고, 그 값에 출력 명령 값을 곱하여 최종 토크 값을 결정하게 된다. 전동 모터의 갑작스런 토크 변화를 방지하기 위하여 식 (1)과 같은 전력제어가 활용된다. 또한, 전동 모터의 정격출력과 최대출력은 모터에서 발생된 온도의 영향을 받게 된다. 따라서 주행단계에서는 입력변수인 온도 항목을 식 (2)와 같이 이용하여 최대 출력을 결정하였다. 식 (1), (2)에서 활용한 전력제어와 온도제어 관계식은 In-Wheel 기반의 전기 동력 시스템에 일반적으로 적용되고 있다. 본 연구에서는 자동차

와 이륜차의 유사성을 참조하여 식 (1), (2)를 적용하고 타당성을 검토하였다.[6] Fig 3. 은 모터 내부 로직을 표현한 것으로, Fig 3.(a) 는 모터 출력 계산 로직으로 최대 토크 값, 각속도 그리고 명령 값을 받아서 계산하였다. Fig 3.(b)는 (a)에서 사용된 최대 토크 값 계산 로직 내부를 표현한 것으로 각속도 입력에 따른 출력을 계산하였다. Fig 3.(c)은 열 계수를 기반으로 하여 최대 토크 출력을 산출하기 위한 제어로직 블록도이다.

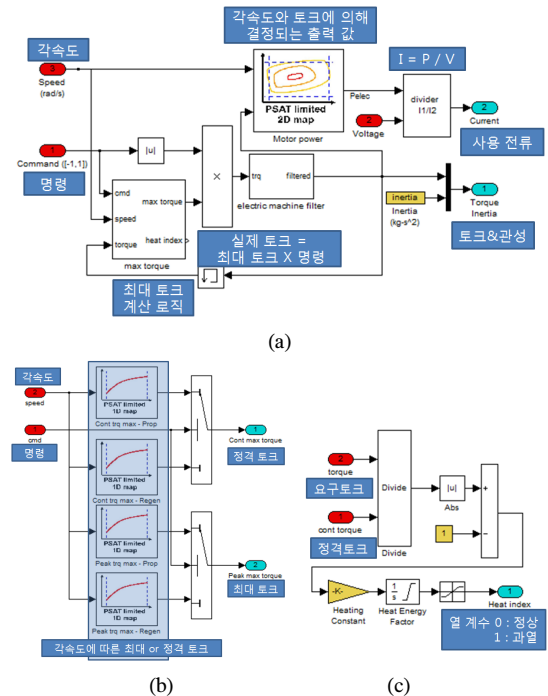
$$PWM_{Heat\_index} = -0.3 + \int_0^t \left( \frac{T_{out}}{T_{cont}} - 1 \right) \cdot dt \quad (1)$$

$$T_{max\_mechanical} = T_{cont} \cdot PWM_{Heat\_index} + T_{peak} \cdot (1 - PWM_{Heat\_index}) \quad (2)$$

$T_{peak}$  = Peak torque

$T_{cont}$  = Continuous torque

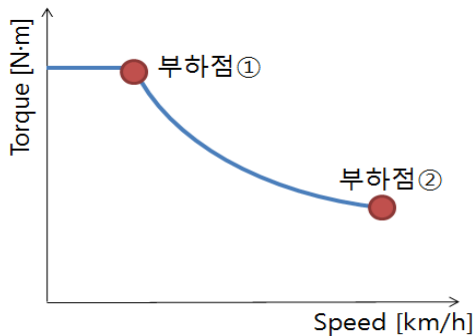
$PWM_{heat\_index}$  = Heat index



[그림 3] 모터 내부 로직  
[Fig. 3] Motor inside logic

본 연구에서 구현하고자 하는 목표 사양은 최소한 기존 내연기관 기반의 이륜차에서 발생하는 동력특성이 구현되어야 하기 때문에 전기 이륜차 동력 특성 목표 사양은 내연기관 이륜차를 기준으로 설정하였다. 이 같은 설계 목표를 달성하기 위하여 전기 이륜차의 부하 특성을 해석하였다. 부하점 ①인 경우, 등판 주행 속도 14km/h를

구현하기 위해서는 휠 직경 576mm 조건에서 138 rpm으로 회전되어야 한다. 전기 이륜차가 구동될 때 발생하는 전동 모터의 구동 토크는 식 (3)을 이용해 구한 전기이륜차가 구동될 때 발생하는 구름저항 9.7N·m, 식 (4)를 이용해 구한 공기저항 1.3N·m 그리고 식 (5)를 이용해 구한 구배저항 231.1N·m의 전체 부하 토크인 242.1N·m 보다 커야 되기 때문에, 식 (6)과 같이 전체 부하 토크에 각속도 14.44rad/s를 곱한 3.50kW 이상이 요구되었다. 그리고 부하점 ②인 경우, 정격 최고 속도 80km/h를 구현하기 위해서는 휠 직경 576mm 조건에서 737rpm 회전되어야 한다. 전동 모터의 구동 토크는 전기이륜차가 구동될 때 발생하는 구름저항 9.7N·m 와 공기저항 36N·m의 전체 부하 토크인 45.7N·m 보다 커야 되기 때문에, 식 (6)과 같이 전체 부하 토크에 각속도 77.14rad/s를 곱한 3.53kW 이상이 요구되었다. 주행조건이 평지이기 때문에 구배저항은 0N·m이 되어 소거시켰다. 위와 같은 전기 이륜차 동력 특성을 만족시키기 위한 전동 모터의 설계 사항을 정리 하면 Table 2와 같다. 또한, 전기 이륜차 전동 모터의 각속도에 따른 정격 토크 변화는 Fig. 4와 같이 나타낼 수 있었다.



부하점 ① : 등판각 30%에서 시속 15Km/hr 운전.  
부하점 ② : 등판각 0% 에서 시속 80Km/hr 운전.

[그림 4] 부하 설계  
[Fig. 4] Load design

$$P_{rolling} = MgC_r \tag{3}$$

$$P_{air-drag} = \frac{1}{2} \rho (C_d A) V^2 \tag{4}$$

$$P_{slope} = Mgsin\alpha \tag{5}$$

$C_r$  = rolling resistance coefficient

$C_d$  = drag resistance coefficient

$$P = \omega \times \tau \tag{6}$$

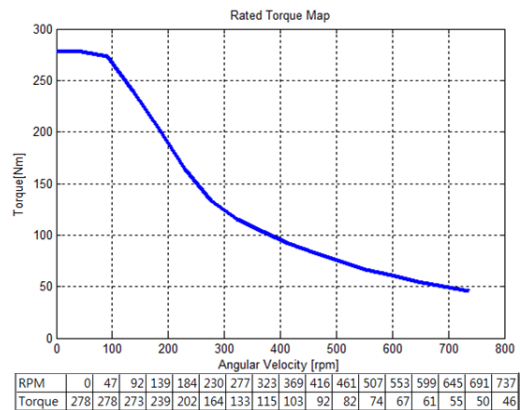
$\omega$  = angular velocity,  $\tau$  = torque

[표 2] 모터 특성

[Table 2] Motor specifications

Parameter	Value	Unit
Rated torque	278	N·m
Rated power	4.09	kW
Inertia	0.0145	kg·m <sup>2</sup>
Nominal efficiency	0.91	

위에서 제시한 이론적 설계기준인 최대 토크 232.1N·m 대비하여 실측한 전동 모터의 최대 토크 는 239N·m가 발생되어 설계기준을 만족하였다. 부하토크 구간이 부하점 ①을 경과하고 47 rpm 지점부터 감소하는 경향을 나타냈다. 토크 값이 차츰 감소하여 부하점 ②에서 이론적인 설계기준 45.7N·m 대비 실측한 전동 모터의 토크 46 N·m가 발생되어 설계기준을 만족하였다.



[그림 5] 모터 토크 맵  
[Fig. 5] Motor torque map

배터리 초기 입력에 필요한 파라미터를 분석하였다. 분석 결과 셀의 개수와 치수 등의 일반적인 파라미터와 열 계산에 필요한 열 관련 파라미터 그리고 에너지 밀도 관련 파라미터로 나눌 수 있다. 일반적인 파라미터에는 팩을 구성하는 셀과 모듈의 개수, 내부 저항 배열, 전류와 전압 특성 등이 포함되어 있다. 또한, 열 계산 파라미터에는 방출되는 열의 양을 계산하기 위한 질량, 유량, 단면적 그리고 열전도 계수 등이 포함되어 있다. 에너지 밀도에는 방전 출력과 비에너지를 사용하였다.

배터리 모델은 계산 속도를 향상시키기 위해 각 셀마다의 조건은 동일하다고 가정하고 셀을 기준으로 계산하였다. 입력된 초기 파라미터들을 활용하여 배터리의 충전 상태를 연산하였다. 또한, 모터에서 소비하게 되는 전류

를 입력받아 용량 식 (6), SOC (State of charge)식 (7), 전압 식 (8) 그리고 온도 계산에 필요한 열 계산 로직 식 (9)를 활용하였다. 식 (6)은 사용된 용량을 나타낸 식으로 초기 값으로 사용된 용량에 전류 값을 적분하여 연속적으로 부가된다. 식 (7)은 잔류 충전상태 SOC를 나타낸 것으로 최대용량에서 잔류용량의 비를 나타낸다. 식 (8)은 배터리 온도 계산에 필요한 발생된 열량을 계산한 식으로 내부열량 및 쿨롱 계수를 활용하여 구하게 된다.

$$Capacity\_used = \int i_{ndt} + (1 - SOC_{init}) \cdot Capacity\_max \quad (6)$$

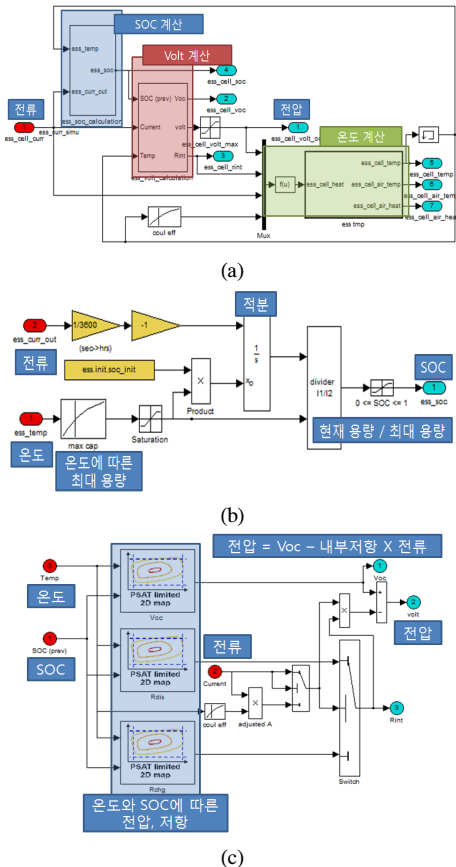
$$SOC_{abs} = \frac{Capacity\_max - Capacity\_used}{Capacity\_max} \quad (7)$$

$$Voc\_per\_cell = function(Temperature, SOC) \quad (8)$$

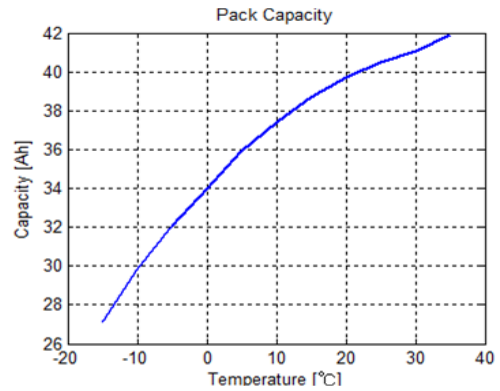
$$Q_{gen} = R_{int} \cdot I_{in}^2 - V_{in} - I_{in} \cdot (1 - \eta_{coulombic}) \cdot (I_{in} < 0) \quad (9)$$

$Q_{gen}$  = power loss from the battery as heat

$\eta_{coulombic}$  = coulombic efficiency of the battery



[그림 6] 배터리 판단 로직  
[Fig. 6] Battery decision logic



Capacity	27.1	29.9	32.1	34	35.9	37.4	38.7	39.7	40.5	41.1	41.9
Temperature	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35

[그림 7] 온도에 따른 배터리 팩 용량  
[Fig. 7] Results of battery pack capacity according to temperature

[표 3] 배터리 일반 사양  
[Table 3] Battery general specifications

Parameter	Value	Unit
Nominal voltage	3.65	V
Maximum voltage	4.1	V
Minimum voltage	3	V
Max continuous current	70	A
Max peak current (10sec)	150	A
Number of cells	20	ea
Number of packs	2	ea
Capacitance	80	Ah

리튬이온 폴리머 배터리를 사용하여 최소전압 3V, SOC 20% 에는 3.5V 그리고 SOC 100%에는 4.1V로 설계하였다. 셀 20개 직렬 연결하여 팩 구성 하였고, 총 2개의 팩을 사용하였다. Fig 6.(a)는 배터리 출력 계산 로직으로 전류 값을 받아 연산한 결과이다. Fig 6.(b)는 (a)의 SOC 계산 로직 내부를 표현한 것으로 전류와 온도 입력에 따른 SOC 상태를 추출하였다. Fig 6.(c)는 전압 계산 로직 내부를 표현한 것으로 온도, SOC 그리고 전류에 따른 출력전압을 계산하였다. 50km/h 정속 주행속도에서 주행거리 70km를 달성하기 위해서는 84분이 요구된다. 부하점 ②에서는 최대 전압 82V 기준 전류 43.2A가 흐르게 되고, 43.2Ah일 경우 60분을 주행 할 수 있게 된다. 따



라서 84분을 주행하기 위해서는 30.24Ah의 배터리 팩 2개가 요구되었다. 배터리의 지정된 용량은 배터리가 100% 충전 상태 SOC로부터 0% SOC까지 배터리가 공급할 수 있는 충전 양을 가리킨다. 100% SOC 충전 또는 0% SOC 방전은 배터리의 수명을 급격히 단축시킨다. 따라서, 배터리는 완전 방전 또는 완전 충전 상태가 되지 않도록 신중하게 관리해야 된다. 본 연구에서 적용한 배터리의 용량은 수명 사이클 보장을 위하여 설정한 SOC 20% 이하에서 전원 차단이 만족되도록 두 개의 팩을 40Ah로 설정하였다. 배터리 팩 용량은 온도 파라미터 따른 록업 테이블 형태로 출력되었다. 리튬이온 배터리의 안전성을 확보하기 위하여 항상 20℃이상으로 유지해 주고 고온 상태에서 폭발 위험성 제거를 위하여 60℃이하가 되도록 공냉을 실시하였다.

### 3. 주행 모드 특성

상기에서 언급한 설계 기준에 입각하여 전기이륜차를 제작하였다. 전기이륜차의 모델 검증에 위하여 시뮬레이션을 시행하였고 실차 테스트 결과 값과 비교하였다. 50km/h정속 테스트와 CVS 40 주행 모드 테스트의 마지막으로 등판 테스트를 실시하였다.

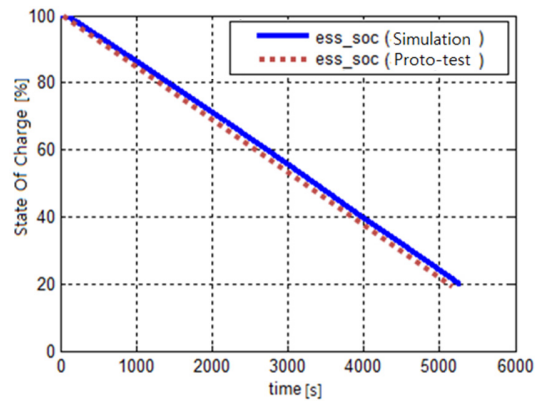
연속주행 능력을 평가하기 위해서 50km/h의 정속주행 시험을 실시하였다. 그 결과 약 72km를 주행하는 것으로 나와 실차 테스트 결과 70.5km와 유사한 결과가 나왔다. Fig. 9 와 같이 배터리 충전상태를 나타내는 SOC 값은 초기 상태에서 완충 상태이므로 100%이고 최소 충전 상태인 20% 잔량에서는 배터리 보호를 위해 시스템 구동이 정지되었다. 실차 테스트 결과 값과 시뮬레이션 결과 값이 비슷하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 아직 전기 이륜차의 연비 규정이 없기 때문에 가솔린 이륜차에서 연비 측정에 사용되는 도시주행모드인 CVS 40 주행 모드를 사용하여 테스트하였다. CVS 40 주행모드는 전기이륜차가 가속 및 감속을 반복하는 테스트 모드이고 평균 차속은 18.35km/h, 최고 속도 50km/h, 주행시간 195초/회, 주행거리 1.013km/회로 구성되어 있다. 핵심 부품 모델을 활용하여 CVS 40 주행 모드에 적용한 결과 92km 결과를 얻었다. 이 결과는 실차 테스트 결과 91.9km와 근접한 결과라 할 수 있다. 전류 측정 결과인 경우, 시뮬레이션에서의 최대 전류는 최대 58A에서 최소 -18A까지 발생되었다. 또한, 실차 테스트 결과에서는 최대 78A부터 최소 -20A 까지 발생되었다. 시뮬레이션보다 실차테스트의 전류 변화가 크게 나타났는데, 이는 인버터 소자 특성 차이 때문으로 판단된다.



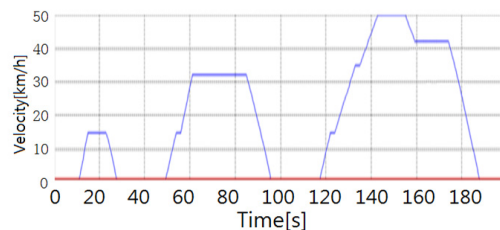
[그림 8] 시작 차량 테스트  
[Fig. 8] Proto-type performance test

[표 4] 50km/h 정속 주행 결과  
[Table 4] Results of 50km/h constant speed driving

Constant speed	Simulation	Proto-type
50 km/h	72.148 km	70.5 km



[그림 9] 50 km/h 정속 주행 그래프  
[Fig. 9] Graph of 50km/h constant speed driving

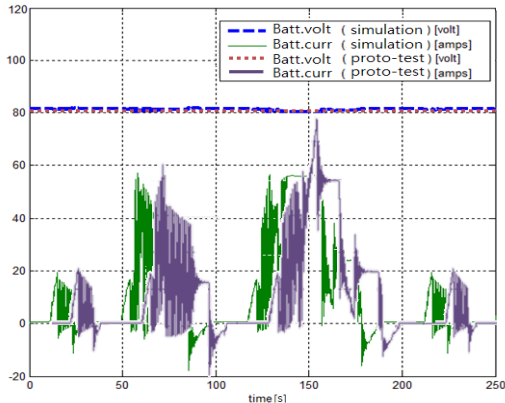


[그림 10] CVS 40 시험 모드  
[Fig. 10] CVS 40 test mode

[표 5] CVS 40 시험 모드 결과

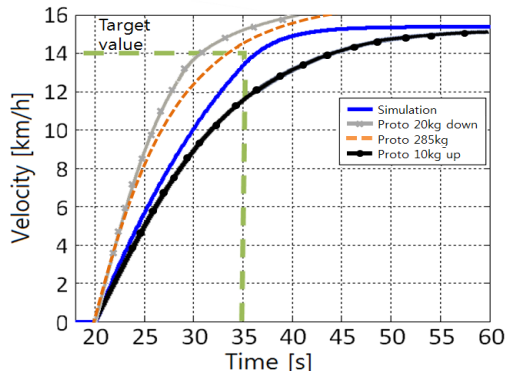
[Table 5] Results of CVS 40 mode driving

Mode	Simulation	Proto-type
CVS 40	91.96 km	91.9 km



[그림 11] CVS 40 시험 모드 주행 그래프  
[Fig. 11] Graph of CVS 40 mode driving

등판능력을 테스트하기 위해 30%의 등판을 출발하고 15초 후에 속도를 측정하였다. 그 결과 13.4km/h로 나와 목표 값인 14km/h에 도달하지 못하였지만, 실차 테스트 결과 14.4km/h에 도달하여 목표를 달성하였다. 다음에는 무게 변수에 의해 결과 값의 변화량을 분석하였다. 그 결과 20kg 감소시켰을 때 15.2km/h로 0.8km/h 증가 하였으며 10kg 증가시켰을 때 11.7km/h로 2.7 km/h 감소하였다. 무게 감소에 따른 속도 증가량 보다 무게 증가에 따른 속도 감소량이 많았다. 이 같은 현상은 무게가 구동 저항에 미치는 영향이 확대되기 때문으로 판단된다.



[그림 12] 등판 시험 결과  
[Fig. 12] Results of climbing test

## 4. 결론

본 연구에서는 이론적인 해석과 실험적인 해석을 통하여 110cc급 전기 이륜차의 성능을 정량적으로 평가할 수 있는 이론적 기반을 마련하였다. 전기 이륜차 핵심 부품에 대한 수학적 모델링 단계에서 대상 모델의 실용성을 극대화시키기 위하여 모델 기반 해석(Model based simulation)을 실시하였다. 전기 이륜차 핵심 부품 및 시스템에 대한 모델 기반의 해석을 실시하여 개발기간 단축 및 재사용성, 정확성 향상에 기여함을 확인할 수 있었다.

일반 내연기관의 110cc급 이륜차 동력특성을 구현하고 국내 도로지형을 만족하는 전기 이륜차 핵심 부품인 전동모터와 에너지저장장치 배터리에 대한 수학적 해석을 통하여 다음과 같은 설계 가이드라인을 얻을 수 있었다. 먼저, 전기 이륜차가 50km/h 정속 주행으로 70km 주행하기 위한 에너지저장장치는 인가전압 72V에서 용량 80Ah, 정격 최대 전류 70A가 요구되었다. 또한, 전기 이륜차에 적용되는 리튬이온 전지의 온도 의존성을 확인한 결과, 동작 온도 20℃에서 60℃ 까지가 가장 최적의 전기 에너지 및 동력 성능이 발휘되었다. 전기 이륜차용 전동모터가 상기 에너지저장장치 조건을 만족하고 실제 도로 주행 등판 각도인 30도를 극복하기 위해서는 정격 토크 278 N·m, 정격 출력 4.09kW 가 적합함을 확인하였다.

마지막으로, 핵심 부품에 대한 모델링을 이용하고 이륜차 주행모드인 CVS 40 주행 모드를 연계시킨 주행거리에 대한 해석 및 실험을 실시한 결과, 해석에서 92km, 실차 실험에서 91.9km 가 발생되어 이륜차 부품 및 시스템 해석의 정확성을 검증하였다.

향후 연구에서는 전기 이륜차 핵심 부품 및 시스템에 대한 모델 해석 결과를 기반으로 하여 전기 동력에 의한 기계적인 동특성 해석 방법을 제시하고자 한다.

## References

- [1] Yoo, S. E and Shin, D. H., "Electric Vehicle Market and Technology Trend", Auto Journal, Vol. 32, No.8, pages 22-107, 2010.
- [2] Meifen, C. and Egashira, J., "High efficiency control of IPMSM for electric motorcycles", Power Electronics and Motion Control Conference, 2009. IPEMC, Pages: 1893 - 1897, 2009.
- [3] Kil, B. S., "The Analysis of a Electric Scooter's Performance through Motor and Battery Capacity Changing", KSAE Annual Conference, A0533, 2009.
- [4] Hearn, C. S., Lewis, M. C., Thompson, R. C.,

Longoria, R.G., "Modeling and evaluation of a plug-in hybrid fuel cell shuttle bus", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference VPPC '09., Page 221 - 228, 2009.

[5] Gao, D. W., and Mi, C., "A Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles", Proceedings of the IEEE , Vol 95, Page 729-745, 2007.

[6] PSAT Reference manual, Page 424-427, 2010.

---

**최 진 권**(Jinkwon Choi)

[준회원]



- 2010년 8월 : 울산대학교 기계자동차공학 졸업(학사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 울산대학교 전기전자정보시스템 석사과정

<관심분야>  
전자제어

---

**김 병 우**(Byeongwoo Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 졸업(석사)
- 2002년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과(박사).
- 1989년 4월 : 일본 KOSAKA연구소 초빙연구원.
- 1994년 1월 ~ 2006년 2월 : 자동차부품연구원 전장기술연구센터장
- 2006년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기전자정보 시스템 공학부 부교수.

<관심분야>  
전자제어