

## 특집 : 전기 주전 시스템(I) – 전기자동차

# 근거리 전기자동차 개발 사례

## 권 용 기

(지엔디원텍 자동차연구소 연구소장)

전기자동차는 2차전지가 발달함으로 가능해지는 차량의 흐름인데 그 또한 높은 배터리 가격 때문에 딜레마에 빠져 있다. 이런 틈새의 시장을 만들기 위하여 이동 목적에 따라 접근할 수 있는 차량이 근거리 전기자동차 (neighborhood electric vehicle, NEV)이다. 또한 운전 형태의 변화와 더불어 초기 순수전기자동차의 시장 진입을 위하여 전세계적으로 개발, 실증 및 보급을 활발히 추진하고 있다. 본 고에서는 개발중인 (주)지엔디원텍의 NEV 개발 현황과 및 기술을 소개하고자 한다.

### 1. 서 론

요즘 자동차의 화두인 그린카는 자원의 한계와 지구 온난화 등 지구가 겪고 있는 문제의 연장선에서 연비가 높고 배출가스, CO<sub>2</sub> 배출량이 적은 차로 하이브리드자동차, 연료전지자동차, 전기자동차, 클린디젤자동차, 대체연료전지자동차 등

으로 분류할 수 있다. 단기적으로는 내연기관의 개선이 효율적이지만, 중장기적으로는 하이브리드자동차와 클린디젤자동차, 장기적으로는 전기자동차, 연료전지자동차가 주류의 시장을 선도할 것으로 예상되고 있다.<sup>[1-2]</sup>

복잡한 도시의 이동수단으로 편리성과 안정성이 향상된 전기자동차에 대한 연구개발과 상용화가 추진되고 있다. 또한 운전의 안전성과 도심주행의 편리성을 확보하기 위해서 4인승 NEV 개발이 활발히 진행되고 있다.

본 고에서는 4인승 NEV의 차체·섀시시스템, 구동시스템, 전장시스템 및 시험인증에 대해 소개하고자 한다.

### 2. NEV 전기자동차 구성

#### 2.1 NEV 시스템 구성

설계된 4인승 NEV는 One-Body, Two-Chassis로 차량을 나눌 수 있다. 즉 Upper Body는 하나인데 구동 방식에

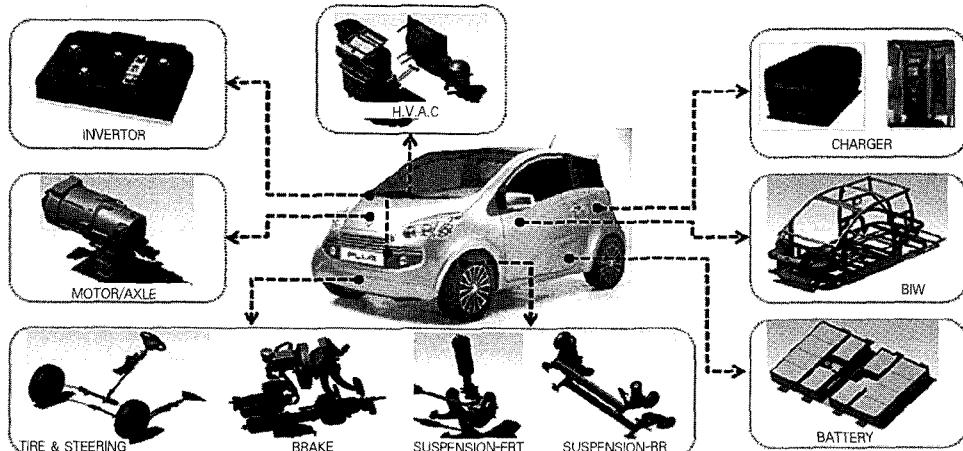


그림 1 4인승 NEV 시스템 구성도

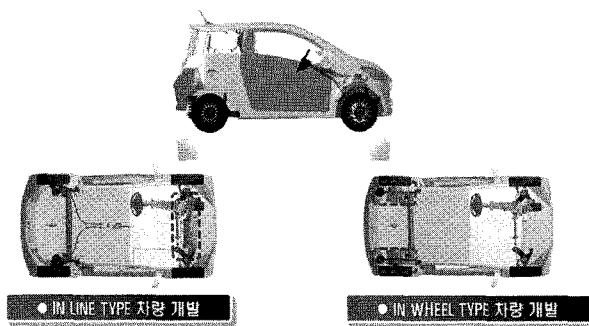


그림 2 아이플러그 구동방식

따라 In-Line Motor Type과 In-Wheel Motor Type으로 구분할 수 있으며 차량의 핵심 요소들은 구동 모터, 신개념 변속시스템을 적용한 변속기, 구동 인버터, 배터리, 공조장치, 친환경 소재를 적용한 전기자동차 전용 타이어, 충전기, 경량 바디 등으로 구성되어 있으며 그림 1과 같이 정리할 수 있다.

그림 2와 같이 In-Line Motor Type은 전륜 구동 방식을 적용하여 구동부가 운전석 앞에 배치하고 있으며, In-Wheel Motor Type은 후륜 구동 방식을 적용했다. 배터리는 운전석 하부에 배치하여 차량 중심 배치에 따른 조안성을 향상 시켰다. 그리고 공조장치는 일반차량과 동일한 전방배치를 하였으며, 구동 모터 전압은 72V로 설계되었다.

## 2.2 구동방식<sup>(3)</sup>

전기자동차 구동 방식에는 그림 3과 같이 보통 4가지로 크게 구분할 수 있다.

그 중에서 In-Line Motor Type 구동방식을 적용하는 플랫폼은 그림 4와 같으며, 일반차량에서 엔진과 밸브를 모터와 변속기로 치환하는 구조이며, 변속기에서 전달된 구동력은 전달 축을 통하여 바퀴에 전달된다.

동력전달 효율적 측면에서는 기계적 손실만이 발생하며, 엔진구동 시스템 대비 모터 부품수 감소, 흡기장치 삭제, 배기장치 삭제, 쿨링장치 삭제 등 엔진룸 폐기지 단순화에 따라 중량 절감, 비용 절감, 조립 단순화에 따른 직·간접 효과를 얻을 수 있다.

In-Wheel Motor 구동시스템은 바퀴에 동력발생장치를 일체화시킨 시스템으로 하이브리드자동차, 연료전지자동차 및 전기자동차 등과 같이 전기 동력으로 주행하는 친환경 차량에서 대형의 단일 모터를 사용하여 차량을 구동하지 않고, 각 차륜에 구동 모터를 내장하여 분산 구동하는 시스템, 고성능의 전기 모터를 차륜에 직접 장착하여 디퍼렌셜 등의 파워트레인 요소를 제거함으로써, 차량 구동 효율을 높이고, 차체의 공간 활용성을 증대할 수 있는 장점을 가지고 있다. 향후 고

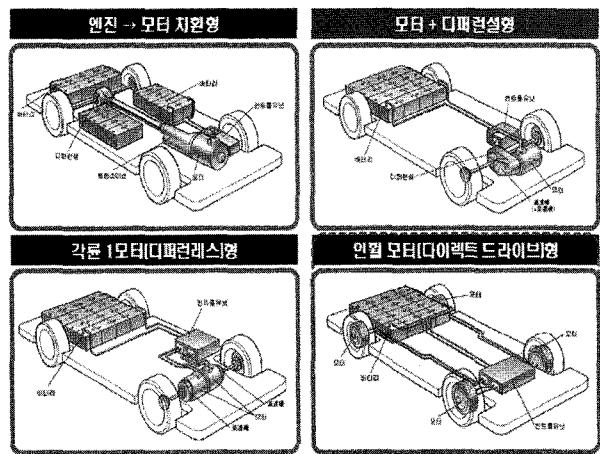


그림 3 구동 방식에 따른 분류

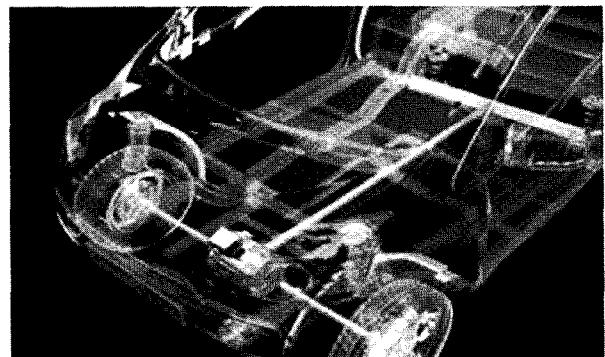
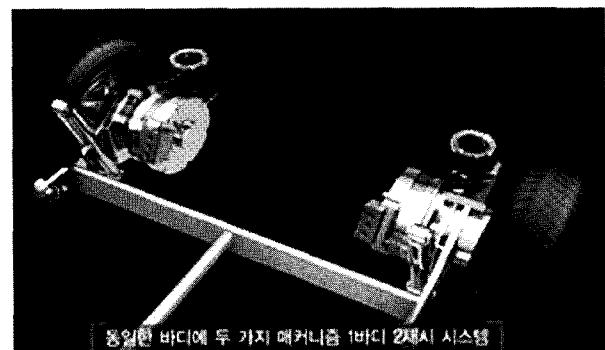


그림 4 In-Line Type 구동방식



동일한 바디에 두 가지 매커니즘 1바디 2제시 시스템

그림 5 In-Wheel Type 구동방식

효율, 고성능의 친환경 차량의 궁극적인 구동 시스템으로 평가 받는 기술이라 할 수 있다. 그림 5와 같이 In-Wheel Type 구동시스템의 개발을 위해서는 차량 효율 향상을 위한 각 휠 모터의 동력분배 최적화 및 운전 최적화 알고리즘, In-Wheel 구동 모터 및 변속기의 경량화 및 효율 최적화, Brake

및 Suspension 등의 샤시 모듈의 통합 재설계, 모터 구동을 위한 고효율 전력변환기인 인버터의 설계 기술 및 이를 융합할 수 있는 통합 기술이 필요하다.

### 2.3 샤시 시스템

자동차에서의 샤시는 동력을 받아서 움직이게 하는 장치, 방향을 제어하는 조향장치, 운전자의 필요에 의해 출발하고 멈추는 제동장치, 운전자의 피로도를 감쇄하여 승차감을 향상시키고 Upper Body를 떠받치는 현가장치 등을 통합해서 말한다. 전기자동차의 새시 부품인 조향장치와 제동장치의 경우 엔진에 의한 유압시스템에서 전기에너지를 보다 효율적으로 이용할 수 있는 전자계 시스템으로 전환이 필요하고 최근 일부 차량에서 적용되고 있으며, 또한 활발히 기술 개발이 진행되고 있다.

전기자동차의 샤시 시스템은 다음과 같은 기술이 요구된다.

- 1) 에너지 효율 및 경량화 실현을 위해 유압시스템 대체 전동 시스템들이 도입 필요
- 2) EV용 새시 시스템이 전기제어로 통합됨으로써 조향장치, 제동장치, 현가장치 및 자세유지 장치 등과 함께 동력계까지 통합적으로 제어하여 에너지 효율성을 물론 주행 안정성과 편의성을 동시에 실현하는 방향으로 기술 개발 필요
- 3) 전기자동차의 경우 유압펌프가 필요한 조향장치가 우선적으로 대체 필요
- 4) 전동식 조향 시스템(Electronic Power Steering System)은 전자계 시스템을 이용하여 유압식 조향장치를 대체하는 것으로 조향차륜과 기계적 결합이 없는 전선(Wire) 연결방식과 기존 기술인 기계적 연결방식으로 구분할 수 있으며, 기계적 결합방식은 다시 액추에이터인 전동기 위치와 동작형태에 따라 스티어링 휠 컬럼에 전동기가 부착된 컬럼타입(Column Type)과 피니언타입(Pinion Type), 렉타입(Rack Type) 등 개발 필요

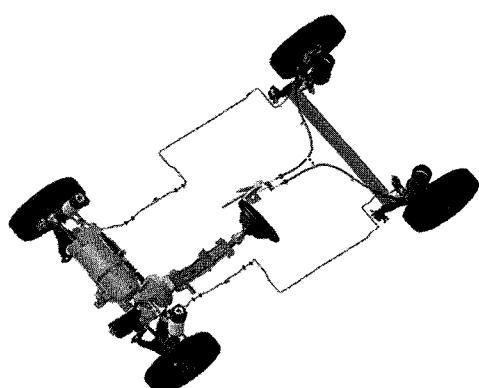


그림 6 샤시 시스템

5) 현가장치는 속업 소바, 스프링 및 스테빌라이저를 주요 구성품으로 하며, 수축 이완시 댐퍼의 감쇠력과 탄성을 조율하여 파칭과 롤링으로 인한 차량의 안정적인 자세 유지와 승차감을 돋는 장치이나, 구조적인 장치만으로 속도와 도로 여건에 따라 원하는 목적을 이루기 어려운 경우가 발생되며, 악영향을 미치는 경우도 있어 이러한 문제 해결을 위해 지능형 현가장치가 개발 필요

이런 기술적 진보와 더불어 설계된 4인승 NEV의 조향장치는 수동식과 전동식의 조향 시스템을 적용하고 있으며, 제동장치도 엔진이 없으므로 모터를 이용한 전공배력장치 시스템을 적용하였고, 현가장치는 차량 중량 및 차량용도 등을 고려하여 그림 6과 같이 전륜 맥퍼슨 스트럿 타입과 후륜 트레일링 타입을 적용하였다.

### 2.4 차체 시스템

전기자동차는 배터리라는 한정된 에너지에 의존한 구동을 하기 때문에 차량 무게가 아주 중요하다. 차체 경량화 기술은 경량소재를 이용한 개발이 주를 이루고 있으며, 마그네슘, 알루미늄, 티타늄을 이용한 합금과 플라스틱, 세라믹을 이용한 복합재료 등을 재료로 개발되고 있다.

전기자동차의 차체 시스템은 다음과 같은 기술을 요구한다.

- 1) 고강도 탄소강판의 경우 자동차의 범퍼, 새시, 프레임 및 내·외장 패널 등에 폭넓게 적용되고 있으며, 인장 강도 증가로 차체내력이 강화되는 반면 연신율이 현저히 감소하게 되어 제품 가공성이 떨어지는 문제를 안고 있음
- 2) 알루미늄(Al)은 비중이 철강의 1/3로 철강재료를 대체 할 경우 40% 이상 경량화 효과를 볼 수 있고, 충돌시 50% 이상의 에너지를 흡수하며 내식성과 열전도도, 가공성이 우수한 재료로 주조, 단조, 박판 스탬핑, 압출, 분발 성형 기술 등이 개발·적용되고 있으며, 최근에는 알루미늄 재료의 저연신율 문제 해결을 위한 기술개발



그림 7 차체 경량 소재 적용

- 을 통하여 용접 최소화로 내력을 높일 수 있는 하이드로 포밍 기술 개발이 되고 있음
- 3) 마그네슘(Mg) 합금은 절삭성, 주조성, 진동감쇄, 치수 안정성 등이 우수한 경금속으로 100% 리사이클이 가능하나 고내식성을 위한 기술과 고순도 재생기술이 필요한 물질로 현재는 플라스틱과 금속의 중간재적 용도로 주로 사용되고 있음
- 4) 형상 자유도와 가공성이 뛰어난 플라스틱과 내열성과 내식성, 내마모성이 우수한 세라믹, 고강도로 내구성과 용접성이 우수한 지르코늄 등을 재료로 한 기술개발과 구조적인 형상을 달리하여 초경량, 고강성을 실현하는 샌드위치 기술들이 개발되어 적용되고 있음

설계된 4인승 NEV의 차체 소재는 그림 7과 같이 경량 알미늄 스트럿쳐로 구성하였고, 알미늄 프로파일에 의한 압출, 차량 형상에 따른 성형을 위한 벤팅 그리고 연결부 용접성 및 용접 강도 증대를 위하여 조인트 주물을 적용하였다.

무빙 부품은 내구성 및 품질에 대한 상품성을 고려 일반 스텔을 적용하였으며 내장재는 PP 소재를 적용하여 차량 경량화에 기여하였으며, 일부는 친환경 소재를 적용하기도 하였다.

## 2.5 전장 시스템

전기자동차의 전장시스템은 일반차량과 유사하며 차량전압과 구동전압 사양을 분리했다는 것이 다른 점이다. 전기자동차의 시스템 구성 및 운영은 12V 하에서 구성하는데 배터리에 대한 전압은 차량 용도와 가격등을 고려 다양하게 가지고 가지고 있다. 고전압 차량에서는 구동부 고전압 배터리와 시스템 구성인 저전압 배터리를 분리하여 장착 총·방전할 수 있도록

록 구성한다. 또 일반차량 보다 고전압 사양을 적용하니 EMC에 대한 법규가 강화되어 여기에 대한 대응도 필요하다.

### 2.5.1 개발된 4인승 NEV 전장 구성

개발된 4인승 NEV는 구동 고전압이 72V이상(국내 기준 60V이상은 고전압)에서 구성되고 있는데 차량 배터리를 이원화하지 않고 DC-DC 컨버터 시스템을 적용하여 12V 사용 전압을 얻을 수 있도록 하였다.

차량에 BCM(Body Control Unit)이라는 메인 컨트롤러가 있으며 배터리의 BMS(Battery Management System), 인버터, 차량 컨트롤 CE-BOX 등에 정보를 주고 받고 제어하고 있으며 CAN 통신 방법을 사용하고 있다.

### 2.5.2. 전기자동차 EMC 규격<sup>(4)</sup>

전기자동차는 엔진구동 차량에 비해 훨씬 다양한 전기/전자 장치를 채용함으로써 많은 EMC 문제를 발생시킨다. 이러한 복잡한 EMC 문제를 해결하기 위해서는 설계 초기 단계부터 부품 선정, 배치, 전원분리, 회로 최적화, 필터링, 차폐 등 EMC를 고려한 설계가 필요하다.

현재 시판되는 하이브리드 차량이나 근거리 저속자동차의 경우 차종별로 각각 다른 전원시스템을 채용하고 있다. 따라서 거의 유사한 배터리와 전원시스템을 사용하는 엔진구동 차량에서와 같이 일률적인 EMC 시험방법과 평가기준을 적용하기에는 무리가 따를 수도 있다. 개발된 4인승 NEV는 일반차량보다 강화된 EMC에 대한 인증을 만족하기 위하여 전문 컨설팅을 받으면서 설계단계에서부터 부품개발 그리고 시험을 통한 준비를 하였다.

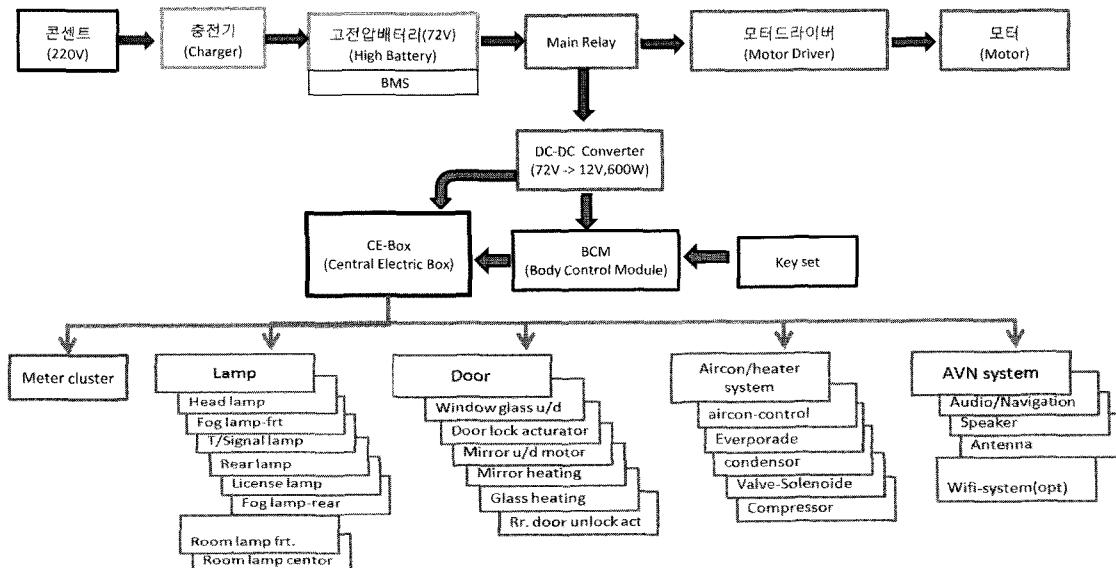


그림 8 개발된 4인승 NEV의 전장 블록도

### 3. 전기자동차 시험 인증

#### 3.1 저속전기자동차 신뢰성 평가

개발된 4인승 NEV 완성차량에 대한 신뢰성 평가는 상품성, 조안성, 제동성능, 주행 모드별 동력성능, 환경시험, 실차 도로주행을 통한 내구시험, PG 가속내구시험, 로드 시뮬레이터를 이용한 가속내구시험 등 항목이나 관련 법규인증 등은 일반 자동차의 연장선에서 다루어지고 있다.

##### 3.1.1. 전기자동차 주행 성능 평가

전기자동차의 주행성능 평가는 다음과 같이 이루어지고 있다.

- 1) 실차 주행 성능
- 2) 에너지 소비율 및 일 충전 주행거리 시험
- 3) 전기자동차 주행 성능 시험
  - 가속 및 최고속도 시험(KS R 1136)
  - 등판 시험(KS R 1138)
  - 제동 시험(KS R 1139)
  - 타행 시험(KS R 1134, 1011)
  - 횡가속도 시험(KS R ISO 7401)
  - 정상상태 원형 주행시험(ISO 4138)
  - 차선변경시험(ISO 3888-2)
  - 연속 Sine 조향 입력 시험(JASO C706-87)

#### 3.1.2. 저속전기자동차 내구 신뢰성 평가

전기자동차의 내구성 평가는 실차 도로주행을 통한 내구시험, PG 가속내구시험, 로드 시뮬레이터를 이용한 가속내구시험으로 나눌 수 있다. 실차 도로주행을 통한 내구시험은 말 그대로 시험차량을 이용하여 고속도로, 국도/지방도, 시내도로, 비포장로 등의 정해진 도로를 각 모드별 비율로 주행하는 시험이며, 그럼 9와 같이 로드 시뮬레이터를 이용한 가속내구시험 그리고 내구시험 평가인 PG 가속 내구시험에 있는데 개발된 4인승 NEV는 도로를 주행한 실차 내구시험 중에 있다.

#### 3.2 저속전기자동차의 인증<sup>(5)</sup>

개발된 4인승 NEV는 저속전기자동차에 해당되며 관련 법규는 다음과 같은 완화된 법규를 만족하게 되어 있다.

- 1) 기준 적용(56개 기준)
  - 제원, 주행장치, 제동장치, 등화장치 등 기본적으로 도로운행을 위해 갖추어야 할 최소한의 협행 안전기준 적용
- 2) 기준 완화(8개 기준)
  - 서리·안개제거장치 설치기준, 조향장치 및 제동장치 등에 대한 성능기준 완화
- 3) 기준 면제(22개 기준)
  - 계기판넬, 범퍼, 머리지지대 등 각종 충돌, 충격시험

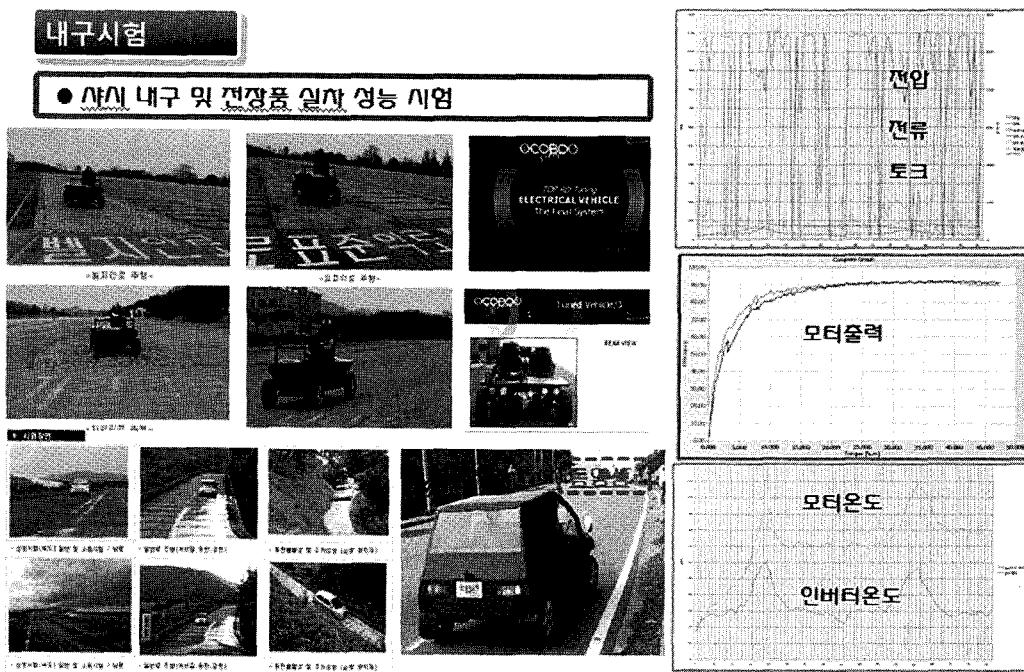


그림 9 아이플러그 플랫폼 가속내구 시험



그림 10 개발된 4인승 NEV (상품명 : iPLUG)

표 1 개발된 4인승 NEV (상품명 : iPLUG) 사양

구분	T10	T20
탑승인원(인)	4	—
전장(mm)	3,150	—
전폭(mm)	1,595	—
전고(mm)	1,500	—
최저지상고(mm)	165	—
윤거(mm)	전 1,410 후 1,405	—
축거(mm)	2,150	—
최소회전반경(m)	4.5	—
중량(kg)	총중량 950 공차중량 530 (배터리 제외)	—
최고속도(km/h)	STD 60 OPT 85	—
주행거리(km)	STD 80 OPT 110	—
등급등록(%)	25	—
타이어	전륜/후륜 155/65 R13	—
현가장치	전륜 더블위시본 타입 후륜 토션빔 타입	—
제동장치	전륜 유압 디스크 브레이크 후륜 우인 드럼 브레이크 핸드파킹	—
구동방식	전륜구동(in-line motor) 신개념 디단 변속장치	후륜구동(in-wheel motor) 토크제어 변속장치
배터리	LiFePO4 / Ni-MH	—
충전기	Onboard Charger AC 220V	—
램프	LED	—
기타	7" 모니터 에어컨 / 히터 Jog Shuttle Change Lever	—

\* <http://ev-iplug.com>

## 및 성능시험 기준 면제

## 4) 기준 미적용(43개 기준)

- 이륜자동차 안전기준(29개)과 내연기관 및 상용차 등에 적용하는 기준(14개) 기준 제외

## 5) 충돌시험 완화 적용

- 일반차량과 함께 도로를 운행하게 되므로 충돌기준을 적용하되, 최고속도를 60km/h로 제한하는 점을 감안하여 완화된 기준 적용
- 미국이나 유럽의 경우 NEV에 대하여 충돌기준을 적용하지 않으나, 우리나라에는 미국보다 운행속도가 높음

- \* 미국 최고속도를 40km/h로 제한 (국내 60km/h)
- 저속전기차라 하더라도 충돌기준 중 대표적인 기준을 일부 적용하여 일정수준의 충돌 안전성을 확보하도록 하고 있음

## 4. 결 론

본 고에서는 (주)지엔디원텍의 그림 10 및 표 1과 같은 4인승 NEV(상품명 : iPLUG) 개발에 있어 핵심인 차체·사시 시스템, 전장시스템 및 동력시스템 기술과 시험인증에 대하여 개발사례를 기술하였다. 설계된 NEV는 국책과제로 산·학·연 컨소시엄을 통하여 중소기업의 한계인 연구개발 투자, 고급인력, 시험장비 등을 해결할 수 있었다. (주)지엔디원텍은 본 4인승 NEV 연구개발을 통하여 원가절감, 양산 기술, 성능향상 및 시장경쟁력을 확보에 주력하고 있다. ■

## 감사의 글

본 4인승 NEV 개발에 도움을 주신 호남광역경제권 선도산업 지원단 이준항 PD님, 전자부품연구원 김대경 센터장님 및 광주테크노파크 최진 센터장님을 비롯한 산·학·연·관 관계자분께 감사의 글을 전합니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 자동차의 파워(동력) 혁명, 전기자동차(EV)의 모든 것, A&D 컨설턴트, 2009년도 특별보고서.
- [2] 최전, “국산 전기자동차 개발현황과 전망,” 대한전기협회, 전기저널, pp. 29-33, 2010.11.
- [3] 자동차 설계 기술 기초(1, 2권).
- [4] 신재곤, 최재훈 “미래형자동차 전자파적합성 최신기술동향,” 전자공학회지, pp. 537-547, 2007. 5.
- [5] 전기자동차 안전기준에 관한 규칙, 국토해양부.

## &lt;필자소개&gt;

## 권용기(權溶起)

1968년 10월 15일생. 1992년 조선대 기계설계공학과 졸업. 1992년~2004년 현대기아자동차 연구총괄개발본부 선임연구원. 2004년~2005년 전남대 설계자동화센터 책임연구원. 2005년~현재 (주)지엔디원텍 자동차연구소

연구소장.

