



친환경 자동차 기술의 개발 동향

I. 서론

세계 각국에서는 온실가스 허용기준과 자동차 연비규정이 강화되면서 친환경 자동차에 관심이 높아가고 있다. 미국은 평균연비 목표를 2025년까지 54.5mpg (23.2km/ℓ)로 정하고, 2016년까지 평균연비를 35.5mpg (15.1km/ℓ)에 충족해야하며 평균연비가 기준치 초과되면 완성차 업체 및 수입회사에 벌금이 부과되며, 2016년 이후 최대 25,000달러까지 벌금을 부과하는 법안을 추진 중에 있다. EU는 주행거리당 CO₂ 배출량을 2015년까지 125g/km, 2020년까지 95g/km, 2025년까지 70g/km로 감축을 계획하고 있다.^[1]

미국 캘리포니아 등 11개주는 판매차량의 2%('18년), 6%('20년), 그리고 16%('25년)를 전기자동차(Zero Emission Vehicle) 등 친환경차 의무판매제를 시행하고 있다. 미 이행시에는 페널티가 5,000[\$/대]로 부과될 예정이다.

각국 정부는 전기자동차를 신성장 산업으로 육성하기 위해 R&D 투자, 보조금, 세제혜택 등 정책적

미국은 오바마 정부의 그린 뉴딜 정책으로 2015년까지 연방정부의 차량 전부를 그린 자동차로 전환할 계획이며 중국은 2020년 전기자동차 5백만대 보급을 목표로 전기자동차 개발과 보급에 1,000억RMB(약 17조원)지원할 예정이다.

지원을 통해 전기차 보급 확대를 추진하고 있다. 미국은 오바마 정부의 그린 뉴딜 정책하에 전기자동차 개발 관련 프로젝트에 24억 달러를 지원(전기차와 충전 인프라 사업에 4억달러, 배터리와 부품을 생산하는 업체에 15억달러, 전기자동차에 필요한 부품 제조업체에 5억달러 지원)하고, 2015년까지 전기자동차 백만대 보급을 추진중이며 전기차 보급 확대를 위해 2015년까지 연방정부의 차량 전부를 그린 자동차로 전



유 동 주
아주자동차대학



환할 계획이다.

중국은 2020년 전기자동차 5백만대 보급을 목표로 전기자동차 개발과 보급에 1,000억RMB(약 17조원)지원할 예정이다. 전기자동차 시범도시는 2009년 13개 도시에서 2010년 25개 도시로 확대하였다.

국내의 경우 2016년 ‘자동차 온실가스연비기준 개정안’으로 온실가스는 140g/km, 연비는 17km/l 이하를 만족해야 하며 2016~2020년까지는 온실가스 97g/km, 연비 24.3km/l를 만족해야 함에 따라서 자동차 완성차 메이커에서는 온실가스가 적게 배출되고 연비가 좋은 자동차를 생산 판매해야 될 상황이다.^[2]

환경부 “환경친화적 자동차 요건 등에 관한 규정”에서 친환경자동차인 전기자동차(Electric Vehicle, EV), 하이브리드전기자동차(Hybrid Electric Vehicle, HEV), 그리고 플러그인 하이브리드전기자동차(Plug-In HEV, PHEV)에 대한 에너지 소비 기준으로 친환경자동차를 정의하였다. <표 1>은 전기자동차 기준을 나타낸 것이다.

전기자동차는 종류별로 다음과 같은 요건을 갖추어야 한다.

1. 저속전기자동차(승용자동차/화물자동차/경·소형 승합자동차)
 - 가. 1회충전 주행거리 : “자동차의 에너지소비효율 및 등급표시에 관한 규정”에 따른 도심 1회 충전 주행거리는 19 km 이상
 - 나. 최고속도 : 60 km/h 미만
2. 고속전기자동차(승용자동차/화물자동차/경·소형

<표 1> 전기자동차 기준

구분	승용자동차/화물자동차/경·소형 승합자동차					중·대형승합 자동차
	저속		고속			
	경형·소형·중형	경형	소형	중형	전기버스	
에너지소비효율 (km/kWh)	3.5 이상					1.0 이상

<표 2> 하이브리드전기자동차 기준

구분	배기량	에너지소비효율 기준(km/ℓ)		
		휘발유	경유	LPG
HEV	1000 cc 미만	19.4	-	15.5
	1,000 cc~1,600 cc 미만	15.8	21.6	13.2
	1,600 cc~2,000 cc 미만	14.1	16	11.4
	2,000 cc 이상	11.8	14.3	9.7
PHEV	18.0(km/ℓ)			

승합자동차)

가. 1회충전 주행거리 : “자동차의 에너지소비효율 및 등급표시에 관한 규정”에 따른 복합 1회충전 주행거리는 57 km 이상

나. 최고속도 : 60 km/h 이상

3. 전기버스(중·대형 승합자동차)

가. 1회 충전 주행거리 : 한국 산업표준 “전기 자동차 에너지 소비율 및 일 충전 주행 거리 시험 방법(KS R 1135)”에 따른 1회충전 주행거리는 50 km 이상

나. 최고속도 : 60 km/h 이상이어야 한다.

<표 2>는 HEV와 Plug-In HEV에 대한 에너지 소비효율 기준을 나타낸다.^[3]

II. 친환경 자동차 시스템

1. 친환경 자동차 종류와 정의

<표 3>은 환경부에서 고시한 친환경 자동차 종류와 정의내용을 나타낸 것이다.^[4]

가. 친환경자동차 구조

위에서 정의한 친환경자동차 중에 EV, HEV, PHEV 그리고 수소연료전지자동차(Fuel Cell Vehicle, FCV)에 대한 동력계 구조를 <표 4>에 나타내었다.^[5]

캘리포니아 환경보호국(California Air Resources

〈표 3〉 친환경 자동차 종류

종류	정의
하이브리드 자동차	휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 또는 산업통상자원부령으로 정하는 연료와 전기에너지(전기공급원으로부터 충전 받은 전기에너지를 포함*)를 조합하여 동력원으로 사용하는 자동차 * 플러그인하이브리드차가 이에 해당
전기자동차	전기 공급원으로부터 충전 받은 전기에너지를 동력원(動力源)으로 사용하는 자동차
연료전지 자동차	수소를 사용하여 발생시킨 전기에너지를 동력원으로 사용하는 자동차
천연가스 자동차	천연가스(압축천연가스 및 액화천연가스를 포함한다)를 동력원으로 사용하는 자동차
태양광 자동차	태양에너지를 동력원으로 사용하는 자동차
클린디젤 자동차	경유의 연소가 기관의 내부에서 이루어져 열에너지를 기계적 에너지로 바꾸는 기관을 동력원으로 사용하는 자동차로서 「대기환경보전법」 제46조제1항에 따른 오염물질을 하이브리드자동차나 천연가스자동차와 유사한 수준으로 배출하는 자동차

〈표 4〉 친환경 자동차 동력계 구조



〈표 5〉 CARB (2단계)배출가스 등급

등급	배출가스	비고
ZEV	Zero Emission Vehicle	EV, FCV
AT PZEV	Advance Technology Partial ZEV	HEV, PHEV
PZEV	Partial ZEV	LNG
SULEV	Super Ultra Emission Vehicle	클린디젤
ULEV	Ultra Low Emission Vehicle	승용차
LEV	Low Emission Vehicle	승용차

Board, CARB)에서는 승용차 배출가스 2단계를 〈표 5〉와 같이 6등급으로 구분한다. 2010년부터 2016년은 3단계로 ILEV, PZEV, AT-PZEV, NLEV로 4등급으로 축소하여 강화하였다.

친환경차인 전기자동차와 수소연료전지자동차는 ZEV등급에 해당되며, 하이브리드와 플러그인 하이브리드는 AT PZEV에 속한다. 미국 환경청(EPA)도 자동차 배출허용을 강화해 클린디젤자동차는극초저 배출 차량 (SULEV)으로 분류하였으며, 국내에서 2015년 9월부터 배출가스 기준인 ‘유로6’가 9월부터 적용된다. 또한 친환경 자동차의 미배출가스 차량 (ZEV) 비율을 점차 높이는 추세이다.

나. 전기자동차

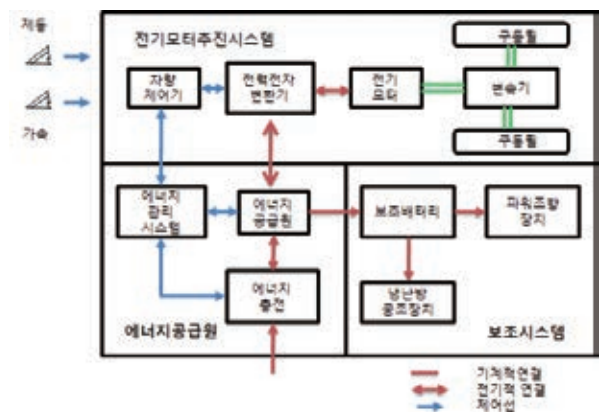
첫 번째 전기자동차는 1830년대에 1차배터리 장착하여 개발되었으며 19세기 말에 2차 배터리 대량 생산으로 전기자동차는 폭넓게 사용되었다. 1920년대에서는 수 만대의 전기자동차가 승용차, 밴, 화물차 그리고 버스 용도로 사용되었지만 저렴한 오일과 1911년에 개발된 내연기관 시동 모터 개발로 인하여 전기자동차는 인기는 점차 사라지게 된다. 그리고 전기자동차에서 사용하기 위해 개발된

2차배터리는 내연기관 자동차 보조배터리로 채용하여 오늘날 대부분 내연기관을 탑재한 자동차로 성장하였다.

20세기말 환경에 대한 관심이 집중되고, 에너지 밀도가 커진 2차 배터리, 모터 그리고 제어기 등의 기술발달과 연료를 재공급할 수 있는 연료전지 등으로 다시 전기자동차가 주목받게 되었다.^[6]

일반적인 전기자동차는 순수한 배터리 전기자동차(Battery Electric Vehicle, BEV)로 칭한다.

〈그림 1〉은 일반적인 배터리 전기자동차 시스템 구조



〈그림 1〉 일반적인 전기자동차 구조

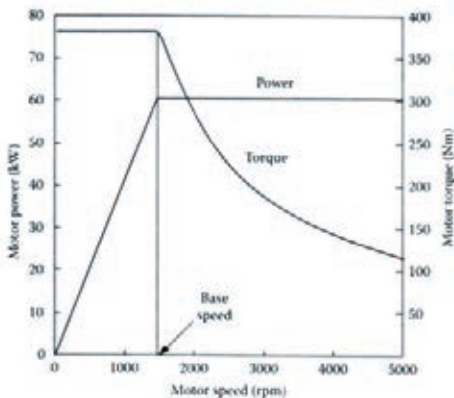


이다. 시스템은 전기모터 추진시스템, 에너지 공급원 그리고 보조시스템으로 구성된다. 전기모터 추진시스템은 차량제어부, 전력전자변환부, 전기모터 그리고 기계적 요소인 변속기와 구동 휠로 구성된다. 에너지 공급부는 에너지공급원, 에너지 관리시스템 그리고 에너지 충전로 이루어졌으며, 보조시스템은 파워조향장치, 보조배터리 및 냉난방공조장치(HVAC)로 구성된다.

차량제어부는 운전자의 가속과 제동 페달 신호를 입력 받아서 전기모터와 에너지 공급원사이에 전력을 공급할 수 있도록 전력전자변환부를 제어하는 역할을 수행한다. 전기자동차의 제동회생 에너지는 충방전 특성이 좋은 울트라 캐패시터를 사용하고 있다. 또한 에너지 관리시스템은 회생제동과 에너지 재공급을 차량제어기와 차량통신네트워크인 CAN을 통하여 제어한다. 에너지공급원은 배터리, 연료전기 그리고 울트라 캐패시터 등으로 구성된다. 보조시스템은 조향장치와 냉난방 공조장치를 제어한다.^[7]

(1) 전기모터 추진시스템 (Electric Propulsion subsystem)

내연기관 자동차 성능은 가속시간, 최대속도 그리고 등판력 등의 제원으로 나타내며, 전기자동차 성능은 모터 정격전력과 전기 모터의 토크 특성에 의해 좌우된다. <그림 2>는 전기모터 모크-속도 특성을 나타낸 것이다. 일반적인 전기모터는 기저속도(base speed)보다 낮은 저속 구간에서는 일정한 토크 특성을 가지며, 고속구간에서는 일정한 전력 특성을 갖는다.



<그림 2> 전기 모터 토크-속도 특성

전기모터에 의한 구동축 휠 견인력(F_t)과 차량속도[V]는 식 1, 식 2와 같다.

$$V = \frac{\pi N_m r_d}{30 i_g i_o} [m/s] \tag{1}$$

$$V = \frac{\pi N_m r_d}{30 i_g i_o} [m/s] \tag{2}$$

여기서, T_m : 전기모터 토크 출력 [Nm]

N_m : 전기모터 회전속도 [rpm]

i_g : 변속기 기어비

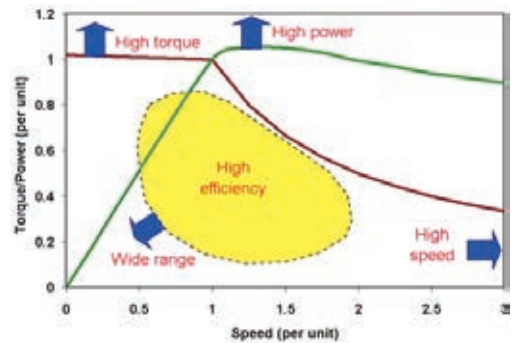
i_o : 최종 구동축 기어비

η_t : 전기모터에서 구동축의 전체 효율

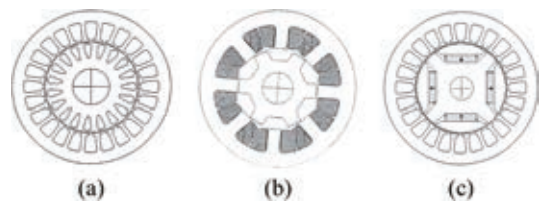
r_d : 구동축 반경 이다.^[8]

산업용 모터와 자동차 전기모터 차이점은 “Stop & Go” 주행패턴을 갖기 때문에 필요한 특성은 다음과 같다.

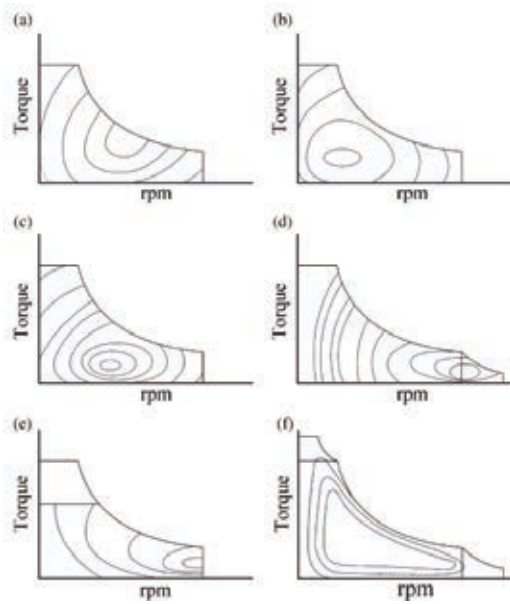
- 상시 고전력과 고전력밀도
- 출발, 등판과 같은 저속구간에서 고토크이며, 고속운행시 고전력
- 넓은 모터속도 구간에서 일정 토크와 전력
- 빠른 토크 응답



<그림 3> 도심 주행시 전기 모터 토크 및 전력



<그림 4> 전기자동차 견인 모터 종류
(a) 유도전동기 (b) 리액턴스전동기 (c) 영구자석전동기



〈그림 5〉 전기자동차 견인 모터 효율 특성

(a) 외장영구자석형전동기 (b)내부영구자석형전동기 (c) 유도전동기
(d) 직류전동기 (e) 리럭턴스 전동기

- 회생제동시 고효율
- 다양한 운행구간에서 고신뢰성 등이 요구된다.

이 밖에 모터 소음과 토크 리플이 적게 설계하는 것이 중요한 조건이 된다. 〈그림 3〉과 같이 도심운행할 때, 전

기모터는 기저속도 근처에서 회생제동 및 주행할 때 문에 기저속도에서 최대 효율과 모터 소음이 최소

전기자동차에서 사용되는 모터는 고전력, 고토크이며 고효율, 고신뢰성을 요구하기 때문에 정류자가 없는 유도전동기 (Induction Motor, IM), 리럭턴스 전동기 (Switched Reluctance Machines, SRM) 그리고 영구자석 전동기(Permanent-magnet, PM)를 주로 이용하고 있다.

인 모터를 설계해야 한다.

전기자동차에서 사용되는 모터는 정류자가 없는 유도전동기(Induction Motor, IM), 리럭턴스 전동기(Switched Reluctance Machines, SRM) 그리고 영구자석 전동기(Permanent-magnet, PM)를 주로 이용하고 있다. 〈그림 4〉는 전기자동차 견인 모터 코어를 나타낸 것이며, 〈그림 5〉는 견인 모터 종류별 토크-속도 특성

〈표 6〉 대표적인 전기자동차 모델 제원

전기자동차모델	배터리 타입	에너지 용량 (kWh)	주행 거리 (km)	개발 년도	전력 (kW)	전기 모터 종류
Tesla Boel S	Li	42	258	2012	215	IM
Tesla Boel S	Li	65	370	2012	215	IM
Tesla Boel S	Li	85	483	2012	215	IM
Lightning Gt	Li	40	240	2012	150	PM
Hyundai BlueOn	Li	16,4	140	2012	61	PM
Honda Fit Ev	Li		113	2012		IM
Toyota RAV4 EV	Li	30	160	2012		IM
Saab 9-3 ePower	Li	35,5	200	2011	135	IM
CODA Sedan	Li	34	193	2011	100	
Ford Focus Electric	Li	23	160	2011	100	
Skoda Octavia Green E Line	Li	26,5	140	2011	85	
Volvo C30 DRiVe Electric	Li	24	150	2011	82	
Renault Fluence Z.E.	Li	22	161	2011	70	SB
Renault ZOE	Li	22	160	2011	60	SB
Tata Indica Vista EV	Li	26,5	241	2011	55	PM
Ford Touneo Connect EV	Li	21	160	2011	50	SB
Kangoo Express Z.E	Li	22	170	2011	44	SB
Fiat Doblo	Li	18	140	2011	43	IM
Peugeot iOn	Li	16	130	2011	35	PM
Renault Twizy	Li	7	100	2011	15	
BYD F3M	Li	15	100	2010	125	PM
Nissan Leaf	Li	24	175	2010	80	PM
Ford Transit Connect EV	Li	28	129	2010	50	IM
Citroen C zero	Li	16	130	2010	49	PM
Gordon Murry T-27	Li	12	130	2010	25	
Wheego Whip LiFe	Li	30	161	2010	15	IM
Venturi Fetish	Li	54	340	2009	220	
Mini E	Li	35	195	2009	150	IM
BYD e6	Li	60	330	2009	115	PM
Mitsubishi i MIEV	Li	16	160	2009	47	PM
Subaru Stella EV	Li	9,2	80	2009	47	
Smart ED	Li	16,5	135	2009	30	PM
Citroen C1 ev'ie	Li	30	110	2009	30	IM
Micro-Vett-Fiat Panda	Li	22	120	2009	15	IM
Micro-Vett-Fiat 500	Li	22	130	2009	15	IM
Tazzari Zero	Li	19	140	2009	15	IM
Tesla Roadster	Li	53	395	2008	215	IM
Th!nk City	Li	23	160	2008	34	IM
Lumeneo SMERA	Li	10	100	2008	30	PM
REVAi	Li	9,3	80	2008	13	IM
AC Propulsion eBOX	Li	35	250	2007	150	IM
ZAP! OBVIOL 828E	Li	39	386	2007	120	IM
Phoenix sut	Li	35	209	2007	100	
Phoenix sut	Li	70	403	2007		
City Car	Li	7	120	2007		
Cree SAM	Li	7	100	2001	11,6	PM
Hypermini	Li	15	115	1999	24	PM
Nissan Altra	Li	32	190	1997	62	PM



〈그림 6〉 에너지 관리시스템

을 나타낸 것이다. 1970대에서는 내연기관 자동차를 전기자동차로 개조하는 개조 전기자동차(Revised Electric Vehicle, REV)에는 DC 모터를 많이 사용했다.^{[9],[10]}

〈표 6〉은 현재 시판중에 전기자동차 모델에 대한 배터리 타입, 에너지 용량, 주행거리, 전력 그리고 전기모터 종류에 대한 데이터이다.

여기서, Li : 리튬배터리계열, IM : 유도전동기, PM : 영구자석형 전동기, SB : 동기식 브러쉬 모터이다.

(2) 에너지 공급원 (Energy Source Subsystem)

전기자동차 에너지 공급원은 차량제어부와 같이 가속과 제동 패달이 눌러질 때 전력전자변환부에 에너지를 공급하며, 회생제동 에너지를 저장하는 역할을 수행한다. 또한 차량내에 탑재된 On-Board 충전기와 급속충전기를 통하여 에너지를 배터리에 충전한다. 〈그림 6〉은 에너지 관리시스템(Energy Management System, EMS) 역할을 나타낸 것이다. EMS는 각 센서 입력신호를 감지하여 배터리 SoC 상태에 따라서 배터리충전 알고리즘과 주행정보 최적화하여 운행할 수 있도록 한다. 또한 네이게이션 정보와 결합하여 교통상태에 따라서 이동거리를 예측하여 충전할 수 있도록 하는 역할도 수행한다.^[10]

〈그림 7〉은 닛산자동차의 리프(Leaf) 전기자동차를 미국서부지역에서 네이게이션 정보 및 차량 내부신호를 사용하여 운행거리, 충전소, 냉난방온도 조절 및 충전시간 등 정보를 핸드폰에서 확인할 수 있는 사례이다.



〈그림 7〉 닛산 리프와 IT 솔루션

대표적인 이차전지로는 니켈 카드뮴전지(Ni-Cd), 니켈 수소전지(Ni-MH), 리튬이온·폴리머전지(LiB·LPB) 등이 있으며, 리튬이온·폴리머 전지 시장이 동일 부피 당 낮은 중량, 높은 에너지밀도, 안전성 문제 해소 등으로 인해 시장을 주도하고 있으며, 최근 시장이 빠르게 확대되는 전기자동차 시장도 니켈수소전지 중심에서 리튬이온·폴리머 전지로 바뀌고 있다.

리튬이차전지는 전해물질의 형태에 따라 리튬이온전지(Lithium-Ion Battery, LIB)와 리튬·폴리머전지(Lithium-Ion Polymer Battery, LPB)로 구분되며, 리튬이온전지의 전해물질이 액상인데 반해, 리튬·폴리머전지의 전해물질은 Gel 또는 고체 폴리머형태로 구성되어 있다.

전기자동차에서 사용하는 이차전지로는 니켈 카드뮴전지(Ni-Cd), 니켈 수소전지(Ni-MH), 리튬이온·폴리머전지(LiB·LPB) 등이 있으며, 리튬이온·폴리머 전지 시장이 동일 부피 당 낮은 중량, 높은 에너지밀도, 안전성 문제 해소 등으로 인해 시장을 주도하고 있다.

리튬이온이차전지는 1991년 소니에너지테크에서 처음 개발하였으며, 리튬금속을 음극에 도입하는 경우 야기되는 안전성 문제를 카본음극을 사용함으로써 해결한 가장 각광받는 환경 친화적인 차세대 이차전지이다.

리튬이온 이차전지는 리튬금속을 전극에 도입한 관계로 안전성면

에서는 불안정한 형태로 보호회로를 채용해야 하지만, 높은 에너지 저장밀도와 소형, 박형화가 가능하며 소형 휴대용기기의 전원으로의 채용이 본격화되고 있다. 리튬이온폴리머전지는 리튬이온이차전지와 유사하나 리튬이온 이차전지의 전해액을 고분자물질로 대체하여 안정성을 높인 것으로, 장점은 안전하고 모양을 자유자재로 만들 수 있다.

따라서 리튬폴리머전지의 경우 리튬이온전지와 같이

알루미늄 캔 등과 같은 외장틀로 밀봉할 필요 없이 간단한 packaging 형태로 포장할 수 있다는 장점이 있으며, 발화 및 폭발위험이 기존의 리튬이온전지 대비 현저하게 감소되고 있다.

리튬이온 작동원리는 리튬이온의 물질 상태가 양극과 음극에서 서로 다른데 따른 물질의 고유에너지로 인한 전압차로 전자는 도선을 통해, 전자를 잃은 리튬이온이 전해물질을 통해 음극에서 양극으로 이동하게 되는 과정을 방전이라고 충전기 등에 의해 전자는 도선을 통해, 전자를 잃은 리튬이온이 전해물질을 통해 양극에서 음극으로 재이동하여 음극활물질의 층구조 사이에 저장되는 과정을 충전이라고 한다.

방전시 양극에서 리튬이온을 활성화시켜 음극으로 전달해 주고 음극의 리튬이 활성화되어 양극으로 이동, 양극 재료의 리튬이온의 활성화 능력 및 음극 재료에서 리튬이온을 삽입(intercalation)할 수 있는 충분한 공간의 존재가 전지의 성능을 좌우한다.

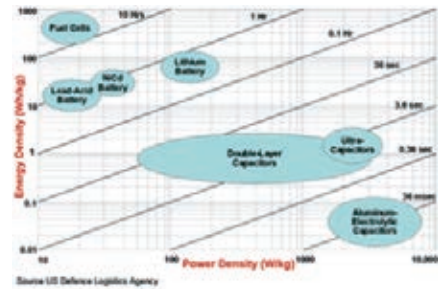
층상 구조를 갖는 LiCoO_2 는 결정 층 사이에 리튬이 자유로이 출입하는 것이 가능하며, 전지를 처음에 제작한 단계에서 리튬은 모두가 양극활물질에 들어있고, 음극의 탄소에는 리튬이 없는 방전상태로 되어있다.

일단 충전하면 양극에 있던 리튬은 음극의 탄소에 들어가며 이것이 방전될 때 탄소에 고정된 리튬은 모두 LiCoO_2 로 되돌아가지 못하고 일부 남겨진 상태에서 충·방전이 반복된다.

LiCoO 는 잘 발달된 층상구조이고, 합성과정에서 쉬우며, 리튬의 출입이 빠르고 가격적이어서 양극재료로서 많은 장점을 가지고 있지만 코발트의 독성문제와 고가의 비용이 단점이다.

실제의 전지에서는 주 반응 외에 다른 부 반응이 일어나게 되는데 주된 부 반응으로는 음극상에서의 리튬과 전해액의 반응, 양극활물질의 충·방전에 따른 구조적 열화, 전해액의 열화 등이 있고, 이러한 원인으로 사이클 수명이 떨어지게 된다.^{[1],[11]}

〈그림 8〉은 전기자동차에서 사용하는 배터리와 울트라캐패시터에 대한 에너지밀도(Wh/kg)와 전력밀도(W/Kg)의 관계를 표시한 Ragone plot이다. 전력 밀도가 우



〈그림 8〉 전기자동차 배터리종류별 Ragone Plot

수한 울트라캐패시터는 전기자동차에서 가속시에 필요한 충분한 방전에너지와 감속시에 발생하는 회생제동 에너지의 충전 효율을 높이는 목적으로 사용되고 있다.

전기자동차의 충전방식은 일반 가정이나 건물에서 교류(AC)를 이용하여 5~6시간 동안 충전하는 완속충전방식과 주유소와 같이 전기차 충전소에서 콤보(AC/DC 겸용) 또는 직류(DC)를 전원으로 15~20분 안에 충전하는 급속충전방식이 있다. 교류충전은 국가별로 편수가 다른 커플러를 채택하고 있으며, 직류충전 또한 제조사마다 커플러 형상이 다른 충전방식을 적용하고 있다. 〈표 7〉의 교류충전 커플러는 한국·미국·일본(5핀)이며 유럽·중국(7핀)을 사용하고 있다. 〈표 8〉은 급속충전용 콤보 커플러를 나타낸다.^[12]

전기자동차의 충전 방식은 단자 접촉에 의한 에너지원 공급기에서 전기 자동차로 충전하는 접촉식방식과 변압기의 전자유도에 의해 충전하는 무선충전 방식이 있다.

전기자동차에는 3.3[kw]과 6.6[kw]의 탑재형 충전기(On Board Charger, OBC)중에 한 개 충전기 내장하고 있다. 〈그림 9〉는 플러그인 하이브리 자동차의 충전시스


〈표 7〉 교류 충전기 커플러

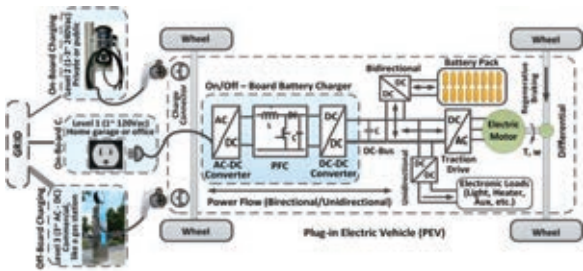
KSRIEC 62196-2	AC 5핀	AC 7핀
교류충전 (AC) 커플러		

〈표 8〉 교류 충전기 커플러

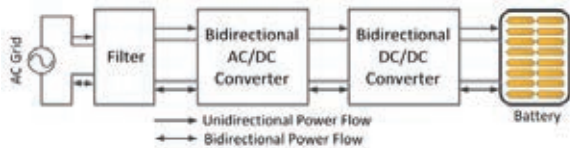
KSRIEC 62196-3	5핀 콤보	7핀 콤보	차데모(DC전용)
직류(DC) 및 콤보 (AC/DC 겸용) 충전 커플러			

〈표 9〉 국내 전기자동차의 전력 및 커플러방식

제조사	기아	르노삼성	한국GM	기아	BMW	닛산
차량명	 RAY (경형)	 SM3 (중형)	 SPARK (소형)	 SOUL (준중형)	 i3 (준중형)	 LEAF (준중형)
전력	AC/DC	AC	AC/DC	AC/DC	AC/DC	AC/DC
커플러	5핀(AC) 차데모 (DC)	7핀	5핀 콤보	5핀(AC) 차데모 (DC)	5핀 콤보	5핀(AC) 차데모 (DC)



〈그림 9〉 플러그인 하이브리드자동차 On/off 충전시스템



〈그림 10〉 단방향과 양방향 전송가능 충전기

램을 나타낸다.

단방향 충전기로 구성된 전기자동차는 전력 그리드(grid)에 전력을 공급할 수 없지만, 〈그림 10〉과 같이 양방향 충전기를 구성하여 전력 그리드에 충방전을 할 수 있는 시스템 블럭도이다.^[13]

다. 하이브리드 전기자동차

배터리 전기자동차는 전기모터를 사용하여 구동축 휠에 동력을 전달하지만, 하이브리드 전기자동차는 전기모터와 엔진 등 2개 동력을 사용하는 자동차이다. 모터와 엔진의 동작모드로 구분하여 직렬 하이브리드전기자동차(Series Hybrid Electric Vehicle, SHEV), 병렬 하이브리드 전기자동차(Parallel Hybrid Electric Vehicle,



〈그림 11〉 직렬하이브리드전기자동차 시스템

〈표 10〉 SHEV DC/DC컨버터 동작모드

SHEV 동작모드	방전	충전
에너지공급원건인	Boost	-
에너지공급원충전	-	Buck
회생제동	-	Buck, Buck/Boost

PHEV) 그리고 도요타의 프리우스에서 사용되는 복합하이브리드 전기자동차(Complex Hybrid Electric Vehicle)가 있다.

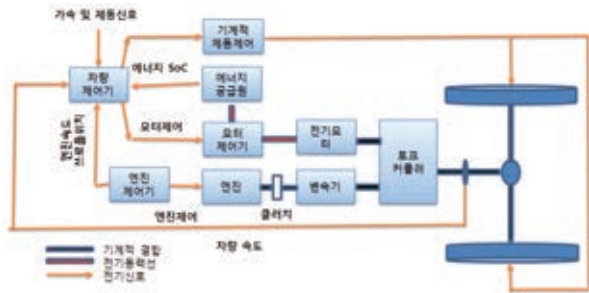
직렬하이브리드전기자동차는 전기자동차의 단점인 짧은 이동거리, 제한된 적재량, 승차인원 및 긴 충전시간의 단점을 보완하고 내연기관의 낮은 에너지 효율을 높일 수 있도록 크랭크샤프트 회전을 최적 구간으로 동작시켜 연료절감과 배출가스를 최소화 하는 전기자동차이다.

〈그림 11〉은 직렬하이브리드 전기자동차 시스템이다. 운전자의 가속페달 신호가 입력되면 에너지공급원의 충전상태(SoC)를 감지하여 전기모터를 구동하는 방식과 엔

진을 사용하여 발전된 전기로 전기모터를 구동하는 방식이 있고 복합(엔진+배터리) 에너지를 사용할지를 결정한다. 제동시에는 전기적제동과 기계적제동 그리고 복합제동(전기적제동+기계적제동) 등 제어전략에 따라서 동작한다.^[6-8]

〈표 10〉은 직렬하이브리드전기자동차에서 DC/DC컨버터의 동작을 나타낸 표이다.

〈그림 12〉와 같이 병렬 하이브리드전기자동차는 전기모터와 엔진이 구동축에 병렬로 연결되어 있다. 직렬하이브리드전기자동차와 비교했을 때 발전기가 필요하지 않으며, 일반적인 경우에 엔진과 변속기 사이에 전기모터가 있어서 토크가 작아도 되지만 제어전략에 있어서는 직렬 하

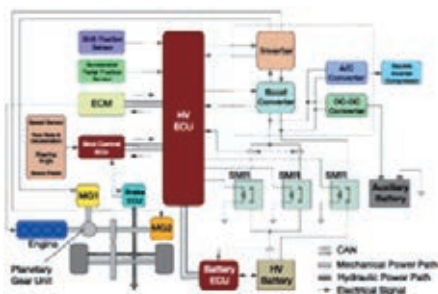


〈그림 12〉 병렬 하이브리드전기자동차 시스템

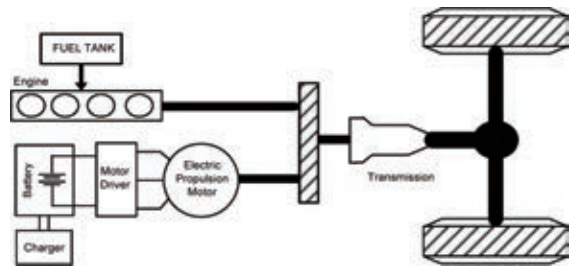
이브리드전기자동차보다는 복잡하다. 제어변수로는 차량 속도, 엔진속도, 쓰로를 위치 그리고 에너지공급원의 충전상태 등을 이용하여 가속과 제동 동작모드를 수행한다. 병렬하이브리드 자동차의 내장된 에너지공급원 전력량은 보통 2[kW]미만으로 주행시에 엔진 동력을 보조하는 역할을 수행한다.^[6]

〈그림 13〉는 도요타 프리우스 II 시스템으로 직렬과 병렬하이브리드와는 다른 동력전달계통을 갖고 있다. 동력 분배장치(Power Split Device, PSD)로 유성기어를 사용하는데 링(ring)기어에는 토크가 큰 모터(MG2)를 연결하여 주행에 사용되며 선(sun)기어에는 토크가 작은 모터(MG1)를 연결하여 발전기로 사용한다. 피니언(pinion)기어는 엔진 샤프트 축과 연결하여 공선도(nomograph) 즉 엔진, MG1 그리고 MG2의 회전과 차량속도에 따른 제어 전략을 실행한다.

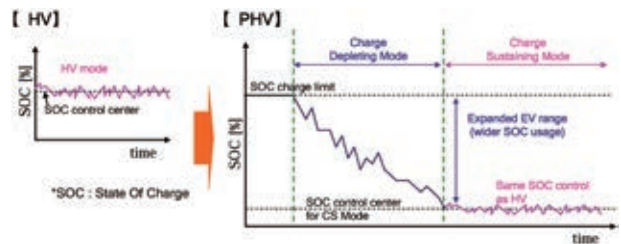
하이브리드전기자동차 에너지공급원은 방전된 경우는 차량 내부에 발전기 사용하여 방전된 에너지를 충전하는 시스템으로 방전깊이(Discharge of Depth, DoD)가 20~30%로 작은 단점이 있었다. 이러한 단점을 극복하기 위해 차량내부에 탑재용 충전기를 장착하여 전기자동차



〈그림 13〉 복합 하이브리드전기자동차 시스템



〈그림 14〉 플러그인 하이브리드전기자동차 시스템



〈그림 15〉 플러그인 하이브리드전기자동차 동작모드

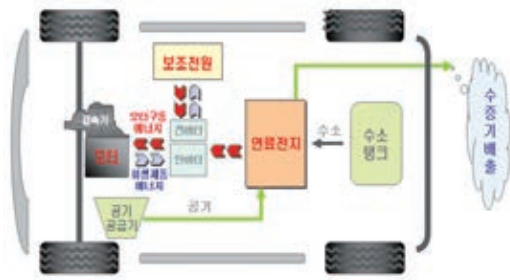
와 같이 외부에서도 에너지공급원에 전류를 공급할 수 있도록 한 친환경자동차가 플러그인 하이브리드전기자동차 (Plug-In HEV, PHEV)으로 〈그림 14〉와 같다.

〈그림 15〉는 HEV와 플러그인 HEV자동차의 충전전 전략을 나타낸 그림이다. HEV는 배터리 보호하기 위하여 일정량 방전깊이내에서 충방전을 수행하지만 PHEV는 CD(Charge Depletion)모드로 탑재된 에너지공급원으로 모터에 동력을 제공하는 모드이며 CS(Charge Sustain) 모드는 엔진과 에너지공급원으로 충전 및 동력전달을 하는 제어전략이다.^[15]

연료전지는 화학에너지를 전기에너지로 직접 전환하는 일종의 에너지 변환장치이다. 자동차용으로는 높은 출력밀도, 낮은 작동온도, 짧은시동시간의 장점을 가진 고

〈표 11〉 국내외 플러그인 하이브리드자동차 개발현황

제조사	차종	배터리 [kW]	모터 정격[kW]	최대마력
현대자동차	쏘나타 PHEV	리튬 9.8	50	156
토요타	Prius Plugin	리튬 4.4	60	-
쉐보레	2세대 Volt	리튬 18.4	111	-
혼다	어코드 PHEV	리튬 6.7	124	196
아우디	A3 스포트백 e-트론	-	75	204
포르쉐	카이엔 SE+HEV	-	-	416
BMW	i8	리튬 5	-	362



〈그림 16〉 수소연료전지 시스템

〈표 12〉 국내외 수소연료전지자동차 개발현황

제작사	추진사항
현대자동차	세계 최초로 수소차 양산체제 구축('13.2) 투싼 X 시판
토요타	4인승 세단형 수소차 미라이 시판
혼다	5인승 세단형 수소차 '16년 출시 예정
닛산	포드(미), 다임러(독)와 함께 수소차 공동 개발 추진
아우디	스포츠 모델인 A7을 기반으로 수소차 개발 중
다임러	'17년 양산체제 구축을 위한 수소차 개발 중
BMW	도요타와 수소연료전지시스템 공동 개발을 예정

분자 전해질 연료전지(PEMFC: Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)을 사용한다.

〈그림 16〉은 수소연료전지자동차의 시스템 구성을 나타낸다. 수소·연료전지 자동차 구조와 방식은 제작사 및 차종마다 조금씩 다르나 고압의 수소는 압력조정기를 거쳐 스택의 음극으로 들어가며, 공기는 필터, 가습기, 블로워를 거쳐 스택의 양극에 공급된다. 연료전지 스택에서는 앞서 기술한 전기화학 반응을 통하여 수백 볼트의 직류를 만들어내고 전력 변환 제어기에서 직류를 교류로 변환하여 모터를 구동한다. 실제 차량에서는 배터리나 울트라 캐패시터 등의 보조전원장치가 적용되는데 시동 시, 급가속 시의 보조전원공급 또는 회생제동 시 에너지 저장 매체로서 사용된다.^[16]

〈표 12〉는 국내·외 수소연료전지자동차에 개발현황이다.

III. 결론

전 세계 자동차 시장은 급격하게 친환경자동차 중심으로 개편되고 있다. 2007년에는 50만대였으나 2011년에는 100만대, 2013년에는 196만대로 전체 자동차시장의

약 2.3%였다. 신차기준으로 일본은 친환경자동차비율이 22%, 미국은 약 6% 그리고 유럽은 5%수준이지만 국내는 0.84%로 매우 열악한 상태이다.

친환경자동차 법규, 세제지원 및 충전 인프라 등 부족한 상황을 정부와 공공기관 그리고 친환경자동차 메이커, 관련 부품 개발 생산업체와의 긴밀한 협동체제를 통하여 친환경자동차 보급 노력이 요구된다.

참고 문헌

- [1] 신성장동력산업정보기술연구회, 이차전지/전기자동차의 국내외 시장현황과 비즈니스 전략, 산업경제리서치, 2부 전기자동차, 2012
- [2] 환경부고시, 제2014-235호, 자동차 평균에너지소비효율기준·온실가스 배출허용기준 및 기준의 적용·관리 등에 관한 고시, 12월, 2014.
- [3] 산업통상자원부고시 제2015-111호, 환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정, 6월, 2015.
- [4] 환경부보도자료, 친환경자동차 구매 지원 대폭 확대, 2월, 2015.
- [5] Iqbal Husain "Electric Hybrid Vehicles Design Fundamentals", CRC Press, pp. 1-26, 2011
- [6] James Larminie and John Lowry, "Electric Vehicle Technology Explained", Wiley, pp. 1-21, 2003
- [7] Mehrdad Ehsani and Yimin Gao and Ali Emadi, "Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles Fundamentals, Theory, and Design" CRC Press, pp. 105-122, 2010
- [8] Chan, C.C, and Wong, Y.S, "The state of the art of electric vehicles technology" IEEE Power Electronics and Motion Control Conference, 2004, IPEMC 2004, The 4th International, Vol.1, pp. 46-57, 2004
- [9] Z. Q. Zhu and David Howe "Electrical Machines and Drives for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles", Proc. of The IEEE, Vol 95, No. 4, pp. 746-765, April, 2007
- [10] Chan, C.C, and Chau, K. T., "An Overview of Power Electronics in Electric Vehicles", IEEE Trans. On Industrial Electronics, Vol. 44, No. 1, pp. 3-13, Feb., 1997
- [11] Juna de Santiago, and Hans Bernhoff, Boel Ekergrad, and Sandra Erisson, and Rafael Waters, and Mats Leijon,



“Electrical Motor Drivelines in Commercial All-Electric Vehicles : A Review”, IEEE Trans., On Vehicular Tech., Vol. 61, No. 2, pp. 475-484, Feb., 2012

[12] 산업통산자원부보도자료 “전기차 충전은 표준으로 통한다”, 5월, 2015

[13] Muran Yilmaz, and Philip T. Krein, “Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles”, IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 28, No.5, pp2151-2169, May, 2013

[14] Masayuki Komatsu, and Toshifumi Takaka, “Development of Toyota Plug-In Hybrid System, SAE International 10.4071/2011-01-0874, 2011

[15] Sanjaka G. Wirasingha, and Ali Emadi, “Classification and Review of Control Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicle”, IEEE Trans. On Vehicular Tech., Vol. 60, No. 1, pp. 111-122, Jan., 2011

[16] 안병기, “친환경 수소·연료전지차 개발 동향”, 기계저널, Vol. 52, No. 2, pp34-3, 2012



유 동 주

- 1987년 2월 명지대 전자공학과
- 1989년 2월 명지대 대학원 전자공학과(석사)
- 1996년 2월 명지대 대학원 정보공학(박사)
- 1996년 3월~현재 아주자동차대학 자동차계열 하이브리드자동차전공 부교수

〈관심분야〉
친환경자동차, 자동차네트워크