

전기자동차 충전전원 공급설비의 안전성 확보를 위한 기준 연구

이기연, 김향곤, 길형준, 김동욱
한국전기안전공사 전기안전연구원

Study on Standard for Ensured Safety of Electric Vehicle Charger

Ki-Yeon Lee, Hyang-Kon Kim, Dong-Ook Kim, Hyoung-Jun Gil
Electrical Safety Research Institute(subsidiary of KESCO)

Abstract - 환경오염에 대한 규제가 강화됨에 따라 친환경자동차의 개발과 보급이 활발하게 이루어지고 있기 때문에 전기에너지를 구동에너지로 사용하는 전기자동차의 보급을 위한 필수 요소인 전기자동차 충전설비의 안전성 확보를 위한 제도가 확립되어 있지 않은 상태에서 시범 보급되고 있는 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 국내의 전기자동차 및 전기자동차 충전전원 공급설비관련 기준 및 표준 분석을 통하여 현재 전기설비기술기준 및 판단기준에 명시된 내용 분석을 통하여 전기자동차 충전전원 공급설비에 대한 안전성 확보를 위한 충전기, 충전케이블, 커플러 등의 시설기준에 대하여 나타내었다. 본 연구결과에 대한 활용에 따른 전기자동차 충전설비의 안전성 확보로 전 세계적인 기후변화 대응과 우리나라의 저탄소 녹색성장정책에 대응하기 위한 스마트그리드 산업의 활성화에 기여하고자 한다.

1. 서 론

최근 자동차 산업의 급속한 발달로 지구 온난화, 산성비, 오존층 파괴 등 화석연료자동차에서 발생하는 환경오염이 갈수록 심각해지는 등 지구 대기오염의 주원인이 자동차 배기가스에 의해서 발생하고 있으며, 국제적으로 환경오염에 대한 규제 수준이 점차 강화되고 있는 추세로 바뀐에 따라 이에 부합하는 저공해의 환경 친화적인 자동차의 개발과 보급이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 요구에 각 국에서는 친환경자동차인 하이브리드자동차(HEV; Hybrid Electrical Vehicle)의 개발 및 보급을 시작으로 전기자동차(EV; Electrical Vehicle), 플러그인 하이브리드자동차(PHEV; Plug-in Hybrid Electrical Vehicle), 연료전지자동차(FCV; Fuel Cell Vehicle) 등을 개발하고 있다.

친환경자동차는 기존의 내연기관 자동차와는 달리 구동전동기와 내연기관 2가지 동력원을 함께 사용하는 하이브리드자동차와, 전기에너지에 의한 구동전동기를 사용하는 전기자동차, 수소와 산소의 화학적 반응에 의해 발생하는 전기에너지를 이용하여 구동전동기를 사용하는 수소연료전지 자동차 등이 있으며, 이러한 친환경자동차 중에서 외부로부터 충전된 배터리의 에너지를 사용하는 구동전동기를 사용하는 자동차는 플러그인 하이브리드 자동차와 전기자동차가 있다[1-2].

전기적 에너지를 동력원으로 사용하는 자동차의 에너지 사용효율은 내연기관 자동차에 비하여 우수하며, 환경오염의 주범인 온실가스 배출이 약 40% 이상의 탄소배출량이 절감되기 때문에 국내외적으로 전기에너지를 동력원으로 사용하는 자동차의 개발과 보급이 활발하게 진행되고 있으며, 이에 따라 차량에 전기에너지를 공급하기 위한 충전전원 공급설비(충전인프라) 구축을 위한 기술개발이 진행되고 있으며 친환경자동차의 보급에 필수적인 요소로 나타났다.

따라서, 본 연구에서는 친환경자동차의 보급에 필수적인 기반요소라 할 수 있는 전기자동차(전기에너지를 동력원으로 사용하는 자동차(EV, PHEV 등)) 충전전원 공급설비에 대한 안전성 확보로 전 세계적인 기후변화 대응과 우리나라의 저탄소 녹색성장정책에 대응하기 위한 스마트그리드 산업의 활성화에 기여하고자 한다.

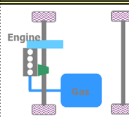
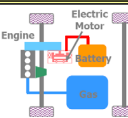
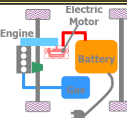
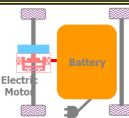
2. 친환경자동차의 정의 및 분류

친환경자동차는 전기자동차, 태양광자동차, 하이브리드자동차 또는 연료전지자동차로서 에너지 소비효율이 지식경제부령에서 정한 기준에 적합하고, 대기환경보전법에 따른 무공해·저공해 자동차에 해당하는 자동차를 말한다(환경친화적자동차의 개발 및 보급촉진에 관한 법률).

친환경자동차는 표 1에 나타난 것과 같이 크게 배터리에 의해 전기동력만으로 구동하는 전기자동차와 내연기관과 전기동력을 이용하는 하이브리드 자동차, 연료전지자동차에서 전기를 생성하여 전기동력을 이용하는 수소연료전지자동차로 나누어지며, 전기자동차는 외부에서 전원을 인가

하여 충전하는 방식과 배터리 교환방식으로 구분할 수 있다. 하이브리드 자동차는 주행 중 제동시 발생하는 에너지를 전기에너지로 변환하는 회생제동을 이용한 배터리 충전방식과 외부에서 전원을 인가하여 배터리를 충전하는 플러그인 하이브리드 자동차로 구분할 수 있다[3].

<표 1> 에너지 저장시스템에 따른 친환경자동차의 분류

종류	ICV	HEV	PHEV	EV
구조				
사용동력	엔진	엔진+모터	엔진+모터	모터
주입연료	화석연료	화석연료	화석연료 + 전기	전기
배터리	Lead Acid	Ni-MH	Li 계열	Li 계열

3. 관련 규격 분석

3.1 친환경자동차 관련 국내·외 규정

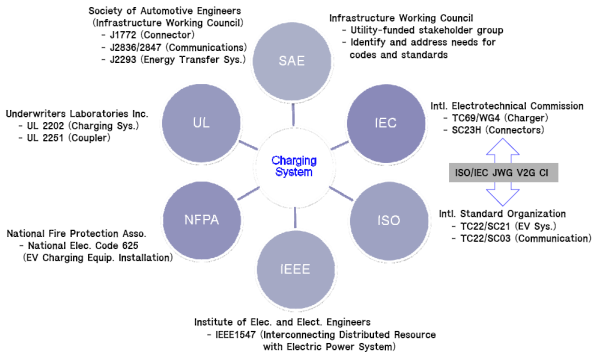
친환경자동차 관련 국외의 규정은 국제적인 강제 규정으로 UN/ECE/WP29를 중심으로 규정의 제정이 활발하게 진행 중에 있다. UN/ECE/GRSP/ELSA를 중심으로 주행시 및 충돌시 전기안전에 관한 규정을 제정 중에 있으며, EV/PHEV/HFCV 등 차량의 성능 및 안전에 관한 국제 기준 및 기술표준 제정을 위하여 노력하고 있다. 자동차에서의 전기안전관련 국제 기준인 UN/ECE/WP29 이외의 각 국에서는 미국의 FMVSS와 SAE 등의 규정에서 충돌시 구동축전지 전해액의 누출, 구동축전지 부품의 차실내 공간의 침입 및 전기적 감전 등으로 인한 사망을 줄이고, 온-보드 배선시스템 케이블 하니스의 디자인과 적용에 대해 다루며, 50VDC 이상, 25VAC 이상의 전압에서 작동하는 배선 시스템에 적용하는 관련 규정을 다루고 있다. 그 외에 유럽국가에서는 IEC 표준을 제정하여 관련 기준과의 조화를 하고 있으며, 그 외에 ISO에서 자동차 관련 전기안전에 관한 규정을 제정하여 각국에서 참고하도록 노력하고 있다.

3.2 전기자동차 충전전원 공급설비 관련 국내·외 규정

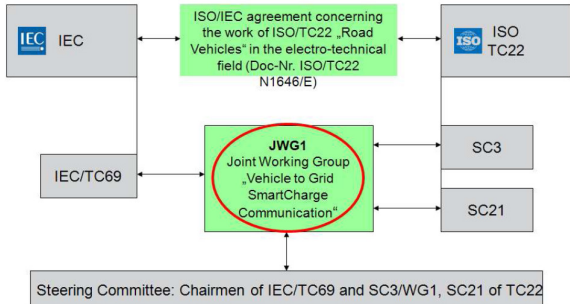
친환경자동차로 각광받고 있는 전기자동차의 구동축전지를 충전하기 위한 충전전원 공급설비에 관한 국내·외 규정은 아직 미비한 실정이며 전 세계적으로 현재 표준화가 진행 중이다. 전기자동차 충전전원 공급설비인 충전인프라에 대한 표준화는 그림 1에 나타난 것과 같이 현재 미국, 독일, 일본 등을 중심으로 ISO, IEC 등의 국제표준화기구와 SAE(미국자동차공학회), JARI(일본자동차연구소) 등의 기관을 통하여 활발하게 진행되고 있으며, 전기자동차 충전 인프라를 위해서는 구동축전지(배터리), 전기자동차, 충전기 및 스마트 그리드와 연동 등 다양한 부분에서의 표준화가 요구되고 있는 실정이다.

그 외에 국제 표준화 기구인 ISO와 IEC에서는 그림 2에 나타난 것과 같이 ISO에서는 전기자동차의 성능, 안전성 관련된 국제표준을 주로 개발하고 있으며, IEC는 이차전지 셀, 충전시스템 등 전기적 부품 관련 표준화를 담당하여 개발하고 있다.

하지만, 전기자동차와 배터리 기술 및 충전 관련 기술들이 빠른 속도로 진화하고 있어서 표준화의 범위가 제한적인 단점은 존재하며, 현재 주로 진행되고 있는 전기자동차 충전인프라의 표준화는 주로 전기자동차와 충전기 부분을 중심으로 국제 표준 개발 작업이 활발하게 진행되고 있는 실정이다.



〈그림 1〉 충전시스템관련 국제 표준 동향

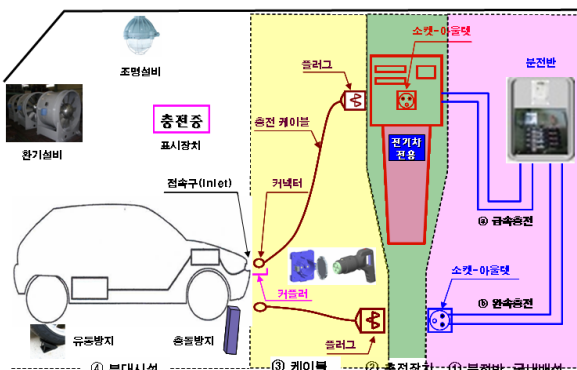


〈그림 2〉 ISO/IEC 전기자동차 표준화 조직

4. 전기자동차 충전전원 공급설비

4.1 전기자동차 충전전원 공급설비 구성

전기자동차 충전전원 공급설비는 일반적으로 그림 3에 나타난 것과 같이 구내전력설비(분전반, 구내배선 등), 충전장치(급속충전기, 완속 충전스탠드, 홈 충전장치 등), 케이블 및 부속품(충전케이블, 커넥터, 플러그 등) 및 부대시설 등 4개 분야로 나눌 수 있다.



〈그림 3〉 전기자동차 충전전원 공급설비의 구성

전기자동차 충전전원 공급설비는 전기설비 기술기준에서 1,000V 이하의 표준 교류 전원전압 또는 1,500V 이하의 직류 전압을 이용하여 전기자동차를 충전하는 장치와 그 충전장치에 전기를 공급하는 전기공급설비, 전기수용설비에 적용한다고 명시되어 있으며, 전기설비기술기준의 판단기준 제286조에 전기안전을 위한 기본 요건에 대한 충족여부를 판단하는 기준이 명시되어 있다[4-6].

구성은 전기자동차에 전기를 공급하기 위한 저압전로의 개폐기 및 과전류차단기와 배선기구에 대한 시설기준과 충전장치의 접지 및 기계적 강도, 방수 보호등급, 충전 케이블 및 부속품에 대한 시설기준 등이 명시되어 있다.

4.2 전기자동차 충전전원 공급설비의 안전성 확보를 위한 방안

전기자동차 충전전원 공급설비의 안전성 확보를 위한 방안 도출을 위하여 전기설비기술기준의 판단기준 및 KS C IEC 61851-1, 61851-21, 61851-22와 NEC 625항 등의 충전설비에 대한 기준 및 규격과 ECE R 100 및 SAE 등 자동차 관련 기준 분석을 통하여 도출하였다.

전기자동차 전원공급설비는 충전을 위한 불특정 다수가 직접 사용하는 시설이므로 감전사고 예방을 위하여 위험표시와 전기자동차 충전장치임을 쉽게 보이는 곳에 표시해야 한다.

전기자동차 충전장치에 부착된 케이블은 안전한 유지관리 및 케이블의 손상 방지를 위하여 충전케이블을 거치할 수 있는 거치대 또는 수납공간이 있어야 하며, 거치대 또는 수납공간은 케이블의 손상 방지와 침수, 물 튀김 등 경우의 물기가 내부로 유입되는 것을 방지하기 위하여 옥내의 경우 45cm 이상, 옥외의 경우 60cm 이상 위치해야 하며, 케이블 인출 위치는 소켓 아울렛의 최저 높이는 지면으로부터 0.9~1.3m에 위치해야 하며, 특별한 환경조건의 경우, 최대 1.3m를 초과하지 않아야 한다. 또한, 충전케이블의 경우 충전장치와 전기자동차 접속을 위한 전용의 충전케이블을 사용하여야 하며 직접적인 접촉 또는 위험한 부품들(과부하 위험, 보호도체의 결핍 등)의 위험한 사용을 피하고 절연성능 확보 등을 위하여 연장코드를 사용해서는 안되며, 길이는 자동차 인렛의 위치 및 자동차의 길이, 폭 등의 서비스를 위한 기준과 충전케이블의 전압강하를 고려하여 7.5m 이내여야 할 것이다.

충전케이블과 전기자동차를 접속 가능하게 하는 장치인 커플러는 충전케이블에 부착된 커넥터와 전기자동차의 인렛 두 부분으로 구성되어야 하며, 커플러는 전용의 것을 사용해야 하기 때문에 대체 불가능한 구조로 되어 있어야 한다. 커플러는 인체 감전보호를 위하여 접지극이 있는 커플러로서 전원 투입시 접지극이 먼저 접속되고 차단시 나중에 분리되는 구조를 가져야 할 것이다. 또한, 의도하지 않은 부하의 차단을 방지하기 위한 잠금장치 또는 탈부착을 위한 기계적 장치가 있어야 한다. 이와 같은 구조적 보호요건 이외에도 감전사고 예방을 위하여 충전 전원에서부터 전기자동차가 단로되면 1초 후에 접속할 수 있는 도전부사이 또는 접속할 수 있는 도전부와 접지간의 전압은 42.4V 피크 또는 60VDC 이하로 되는 성능적 보호요건도 만족해야 할 것이다.

그 외에 부대설비로 충전장치의 보호대 및 차량 멈출턱, 유도 방지장치 등을 시설하여 충전설비의 외부 충격으로부터 사고가 발생하는 것을 보호해야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 전기자동차 충전전원 공급설비와 관련된 국내·외 법, 기준, 표준, 지침 등을 조사, 분석하였다. 현재 제정된 전기설비기술기준 및 판단기준에 언급된 적용범위, 배선기구의 시설기준, 접지 시설기준 등에 대한 분석을 통하여 안전성 확보 방안과 충전 장치의 부가설비 및 충전케이블 등에 대한 분석을 통하여 불특정 다수가 사용하는 전기시설에 대한 안전성 확보 방안에 대하여 간략하게 언급하였다.

이와 같은 전기자동차 충전전원 공급설비에 대한 안전성 확보를 위한 연구를 통하여 우리나라 실정에 맞는 관련 기준 제정에 활용될 것이며, 향후 새롭게 부각되는 V2G/G2V 등 전기자동차 전원공급설비와 관련된 기술의 발전 및 국내·외 법, 기준, 표준, 지침 등의 제·개정 동향 등에 대한 면밀한 분석을 통하여 전기자동차 전원공급설비와 관련된 전기설비기술기준 및 판단기준 등 관련 규격 개발로 전기자동차 충전전원 공급설비에 대한 전반적인 안전성 확보에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원 (07교통체계-미래02)에 의해 수행 되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] 김호기, "하이브리드 전기자동차의 전기동력기술", 전기의 세계 제 54권 제 5호, pp.26-34, 2005.
 [2] 이현동 외, "전기, 하이브리드 및 연료전지 자동차의 향후 동향", 전기학회지 제 49권 5호, pp.4-10, 2000.
 [3] 이기연 외 4, "하이브리드자동차의 전기적 특성분석에 관한 연구", 대한전기학회 전기설비전문위원회 추계학술대회 논문집, pp.140-145, 2008
 [4] 강성만, "전기자동차 전원공급설비 기술기준기술기준", 대한전기학회 전기설비전문회 추계학술대회, pp.557-570, 2010.
 [5] 지식경제부, "전기설비기술기준", 제143호, 2010.
 [6] 지식경제부, "전기설비기술기준의 판단기준", 제320호, 2010.