



전기자동차 보급과 충전인프라 구축



한 승 호
한국전력공사 전력연구원 책임연구원

전기자동차(EV)는 내연기관 자동차들과 달리 외부 전력을 에너지원으로 공급받아 배터리에 화학에너지로 저장하고(충전) 이를 다시 전기에너지로 변환(방전) 하여 모터를 가동시켜 동력을 얻는다. 이는 도심에서 원거리에 있는 발전소로부터 전력에너

지를 공급받아 배기가스가 없는 에너지로 전환이 가능하여 대기오염을 유발하지 않으므로 매우 환경친화적인 수송수단이다. 또한 국내의 경우 원유, LNG 등 고가의 화석연료 수입에 의존하는 차량용 에너지원은 원자력, 석탄 등으로 다변화가 가능한

발전소의 전력으로 대체될 수 있어 미래의 국가 에너지안보에 기여하는 바가 크다.

전기자동차가 첫선을 보인지 무려 100년이 지났지만 아직도 상용화 되지 못한 것은 여러 원인들이 있을 수 있으나, 강력하고 사용하기 편한 내연기관 자동차들의 꾸준한 개발에 비해 배터리, 모터, 전력 전자, 제어기술 등 관련기술의 개발이 상대적으로 낙후되어 경제적이며 편리한 교통대안을 제시하지 못했기 때문일 것이다. 이 중에서도 가장 기술적으로 어려웠던 점이 충분한 용량의 에너지를 저장할 수 있는 2차전지의 개발이다. 1990년대까지는 통상 연축전지라고 부르는 납(Pb)을 주 소재로 하는 2차전지가 주종이었으며, 약 10여년전에는 니켈금속계(NiMH, Nickel Metal Hydride)전지가 제시되었다. 그러나 EV에서 요구하는 수명, 출력, 효율

등을 만족시키기에는 부족하여 Li-ion (또는 Li-Polymer) 전지가 대안으로 제시되어 전기자동차 개발 붐을 조성하고 있다.

전기자동차는 외부에서 충전용 전력을 공급받아야 한다. 이러한 전력공급 장치를 충전기(Charger)라고 통칭하며 ①전력전자를 이용하여 교류를 직류로 변환시켜 차량의 배터리에 직접 전력을 공급하는 급속충전기(Quick Charger, 또는 Fast Charger) ②공공장소에서 교류전력을 공급하는 역할을 하는 완속 충전스탠드(Charging Stand) ③가정용 또는 직장 등에서 간단하게 설치하고 교류전력을 공급하는 홈 충전기 등으로 분류할 수 있다. 충전스탠드나 홈 충전기의 경우, 교류전력을 그대로 공급하기 때문에 차량 탑재형 충전기(OBC, On-Board Charger)에서 이를 직류로 변환하여



▶ 완속 충전스탠드



▶ 급속충전기

배터리에 충전한다. 차량에 충전시 가정용 전력설비의 용량과 충전시의 안전 등을 고려하여 교류전력을 공급하는 경우에도 이러한 충전기들을 사용하는 것이 세계적인 추세이다.

충전기와 전기자동차 사이의 접속부위인 충전용 커넥터(Connector)는 차량의 외함에 장착하는 소켓형태의 인렛(Inlet)과 전력을 공급하는 접속구인 권총 모양의 충전용 아울렛(Outlet)으로 구성되며, 충전기 측의 커넥트는 충전기 외함에 장착하는 충전용 소켓(Socket)과 이의 접속구인 충전용 플러그(Plug)로 구성된다. 그리고 충전용 아울렛과 플러그는 여러 가닥의 전선으로 구성된 케이블로 구성되어 있다. 이 케이블 선의 개수는 동력을 공급하는 전선과 안전 또는 고객 서비스 목적의 각종 통신선으로 구성되며, 커넥트의 핀(Pin)수에 따라 충전스탠드의 5핀으로부터 급속충전을 위한 7핀 또는 9핀 등으로 제시되고 있다. 또한 전력선 외에 통신선들은 커넥터의 물리적 결속확인을 위한 근접(Proximity) 센서와 전기적 체결유무를 확인하는 파일럿(Pilot) 신호를 아날로그 방식으로 체크할 수가 있다. 또한 디지털 방식의 CAN(Closed Area Network) 또는 PLC(Power Line Communication) 등의 신호를 주고받을 수 있도록 활용되고 있다.

이러한 충전 커넥터 및 케이블의 구성은 차량과 충전인프라의 구조 및 통신을 결정하는 사회적 인프라 요소이므로 표준화의 대상이다. 현재 해외에서는 미국, 일본, EU, 중국 등의 진영으로 나누어져 경쟁과 협력을 통해 표준화를 추진하고 있다. 전 세계적으로 자유무역이 추진되는 현시점을 고려한다면 국내의 인프라일 경우에도 세계적인 표준을 무시하고 진행될 수는 없으므로 해외 표준화 논의와 보조를 맞추어 국내 충전인프라 표준화과정을

조절해 나갈 필요가 있다.

최근에는 경량화 및 고출력을 요구하는 전기자동차용 모터와 Li-ion 배터리의 충전을 위해 충전전압이 DC300V~DC400V 정도로 높아졌다. 이를 위해 직류를 공급하는 급속충전기는 배터리제어시스템(BMS)의 지령을 받아 실시간으로 출력하는 직류 전압과 전류를 미세 조정하여야 한다. 전력전자 측면에서는 전력계통으로의 노이즈를 최소화하며, 효율이 높고 컴팩트한 컨버터 개발이 필요하다. 근래에는 역률, 전고조파왜율(THD) 등의 문제를 최소화하여 견고하고 출력의 정확한 제어가 가능한 IGBT를 사용하는 추세이다. 또한 전력전자의 집적화, 경량화 부문의 비약적인 발전으로 차량내부에 OBC를 장착하여 전력변환을 피하고 있어 충전인프라에서 전력변화 장치의 필요성을 경감시켜 값싼 충전인프라 구축에 큰 기여를 하고 있다.

근래의 충전기는 상기 전력변환 소자의 개발 외에도 제어나 통신부분의 성능이 대폭 강화되가는 추세이다. 충전전력, 충전환경의 정밀 측정/제어, 충전기 내부에 일정기간의 충전 데이터를 보존하거나 외부상황에 맞도록 능동대처 하는 기술 등이 선보여지고 있다. 또한 통신부분에서는 충전기와 전기자동차 간의 CAN통신이 성공적으로 활용되고 있으며 PLC, Zigbee 등의 대체 통신수단이 연구되고 있다.

전기자동차 충전인프라 구축은 막대한 사회적 비용이 수반되며 그 수익성도 현 시점에서는 가늠하기 매우 힘든 상황이다. 그러므로 최소의 충전기로 최대의 인프라 구축효과를 내기 위해서는 충전인프라를 설계하는 기술이 매우 중요하며, 충전기

는 요금정산과 충전고객 서비스 등을 위해 지능화 되어야 한다. 현재 기술로는 충전기 1대에서 판매 될 수 있는 전력을 요금으로 환산할 때 충전기를 관리하는 인건비를 충당하기가 어렵기 때문에 무인화를 통해 원격 관리하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 충전인프라를 원격에서 감시하고 요금정산 등을 처리할 수 있는 운영시스템이 필요하다. 또한 유료주차장의 정산소와 공동주거단지 관리사무소 등의 충전스테이션에서 충전기를 감시할 수 있어야 하며, 충전기는 전기자동차측 외에도 운영서버나 충전스테이션의 관리용 PC 등과 원활한 통신기능을 갖추고 있어야 한다. 이러한 통신기능과 향후 각 충전기제조사에서 생산되는 충전기들이 호환성을 갖기 위해서는 최소한의 통신 프로토콜을 표준화 하여야 한다.

충전인프라 운영시스템은 전국 어디서 충전하더라도 통합적으로 요금정산이 가능하여야 하고, 전기자동차 고객에게 SMS 또는 WEB 서비스를 통해 부가서비스를 제공할 수 있어야 한다. 이러한 부가 서비스는 충전기의 위치를 고객에게 제공하는 GPS 서비스와 요금정산 내용을 고객들이 인지할 수 있는 기능 등을 포함할 것이다.

전기자동차의 보급을 위해서는 범국가적 차원의 지원이 필요한데 정부는 지난해 12월 스마트 그리드 국가 로드맵에서 2020년까지 15만2천대의 전기자동차 보급계획과 함께 충전인프라 구축계획을 발표하였다. 이러한 장기적인 계획에 맞추어 충전인프라를 구축해 나가되 이로 인해 발생하는 전력판매요금의 낮은 비중에 따라 정부에서 인프라 구축을 보조하는 형태로 추진될 필요가 있다. 예를 들면 영국과 일본의 경우 충전기 가격의 절반정도를 정

부가 보조하고 전력회사가 추가 지원하는 형태로 인프라 구축이 진행되고 있다. 그러나 이러한 지원책이 있더라도 초기 구축은 어려울 것으로 보인다. 정부, 지자체, 전력회사, 공공기관 등이 초기 구축비용을 분담하고 주차장 등을 소유하고 있는 민간 기업들이 참여하는 방식이 가장 현실적으로 판단된다.

이러한 경제적 지원 외에도 선진국 도시 중 특화된 도시의 지원책을 살펴볼 필요가 있는데 승용차의 도심 진입을 제한하는 도로혼잡 요금 징수와 도심 전기자동차 전용 주차장 제공으로 경제적 목적 외의 전기자동차 보급정책이 성공을 거두고 있다. 국내에서도 경차에 적용하였던 통행료 및 주차료 감면, 차량 통행제한제(요일제 등) 면제 등 각종 혜택을 전기자동차에 동일하게 적용할 필요가 있을 것이다. 충전인프라의 관점에서는 전용주차 공간에서 주차 중 충전이 가능하도록 충전기를 설치하는 것이 바람직하며, 급속충전기는 고속도로, 국도의 휴게소, 일반 주유소 등에 설치가 가능할 것으로 예상된다.

서울시 통계자료에 따르면 약 85%의 서울시내 출퇴근 운전자 통근거리가 30km 이내라고 한다. 현재의 Li-ion 배터리 기술로도 평일 출퇴근용 전기자동차 운행이 가능하다는 것이다. 그러므로 상기 충전인프라가 구축 운영된다면 약간 부족하기는 하지만 현재 또는 가까운 미래에 예상되는 배터리 기술수준에서도 국내 어느 곳에서든 방어적 차원의 전기자동차 운행이 가능해 질 것이다. 향후 차세대 배터리 개발로 기술적 재도약이 이루어진다면, 전기자동차가 내연기관 자동차 보다 경쟁우위를 가질 날이 올 수 있을 것이다. KEA