

KEPCO 전기자동차용 충전기

정문규*, 양승권*, 송택호*, 김철우*
한전 전력연구원*

KEPCO Charger for Electric Vehicle

Moon-Gyu Jeong*, Seung-Kwon Yang*, Taek-Ho Song*, Chul-Woo Kim*
KEPCO KEPRI*

Abstract - 본 논문은 KEPCO에서 개발되어 실증이 완료된 3가지 종류의 충전기에 대해 설명한 것이다. 전기자동차용 충전기는 충전시간 및 용량에 따라 급속충전기, 완속충전스탠드, 홈충전기로 분류할 수 있으며, 설치장소 및 용도를 고려하여 설치하는 것이 바람직하다. 따라서 급속충전기는 50[kW]급의 기본형과 100[kW]급의 분리형으로, 완속충전스탠드는 7.7[kW]급의 기본형과 15.4[kW]급의 2소켓형으로, 홈충전기는 3.3[kW]급의 단독형과 7.7[kW]급의 공동형으로 나누어 개발하도록 하였다. 본 논문에서는 이러한 충전기들을 정의하고, 구성을 설명하며, 기능 및 사양을 제시하고자 한다. 이를 통해 KEPCO에서 개발된 충전기와 충전 기술 등이 국내 전기자동차 시장 활성화와 충전인프라 조기구축에 기여할 수 있음을 보이고자 한다.

1. 서 론

최근 리튬이온 배터리의 기술발달, 기후변화에 따른 친환경 자동차의 필요성 증가 등의 환경변화에 따라 전기자동차의 보급이 활발하게 이루어질 것으로 보이며, 이에 맞추어 전기자동차 보급에 따른 녹색성장을 기반으로 하는 전력수요창출을 위한 인프라 기반 조성이 절체적으로 필요한 상황이다. 이를 위해서는 전기자동차 배터리에 전력을 공급함에 있어서 고객의 불편을 최소화하면서 전기자동차의 판매시기를 반영하여 적기에 인프라가 구축될 수 있도록 충전기술과 같은 기술개발이 이루어져야 한다.

전기자동차에 장착된 배터리를 충전하는 충전기는 크게 세 부류로 나눌 수 있다. 첫 번째 형태는 급속충전기로서 20~100[kW]급의 출력을 내며 차량을 만(滿)충전하는데 걸리는 시간은 약 10~30분 정도가 소요된다. 전용 전기자동차 충전소, 고속도로 휴게소 등 차량접근이 용이한 장소에 설치될 수 있는데, 국내에서는 현재 KEPCO, PNE솔루션, LS전선, 효성, 코디에스 등 10여 기업 이 기술개발을 진행중에 있다. 해외기업 으로서는 대표적으로 일본의 Hasetec, Kataoka, 미국의 AeroVironment, ETEC, Cascade등을 꼽을 수 있다. 최근 KEPCO에서는 제주 스마트그리드 실증단지 와 서울-대전간 고속도로 휴게소(음성,오창,이천) 상하행선에 급속충전기 9대를 시험 운용 중에 있다.

두 번째 종류는 2~15[kW]급의 출력을 내며 약 2~5시간 정도의 충전시간이 소요되는 완속충전스탠드이다. 대형마트, 백화점 등과 같은 민영주차장이나 관공서 등 공영주차장에 설치될 수 있다. KEPCO에서는 제주 스마트그리드 실증단지(KEPCO, PNE솔루션, LS산전, 효성)와 서울, 대전에 완속충전스탠드 6대를 설치하여 시험 운용 중에 있다. 마지막 형태는 홈충전기로서, 2~7[kW]급의 출력을 내며, 충전시간은 약 4~8시간 정도이다. 아파트, 직장 내 주차장과 같은 공동관리가 필요한 장소와 음식점, 개인주택 등과 같은 주인이 직접 관리하는 장소에 각각 설치될 수 있다. KEPCO에서는 홈충전기를 공동형과 단독형으로 나누어 정의하고 개발을 2단계에 걸쳐 수행하여 완료하였으며, 올해 안으로 제주 스마트그리드 실증단지에 설치, 실증을 예정하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 2009년 말부터 현재까지 KEPCO에서 개발된 3가지 종류, 즉 50kW급 급속충전기, 7.7kW급 완속충전스탠드, 3.3kW급 홈충전기를 각각 정의하고, 각 충전기들의 구성을 상세히 설명하고, 기본적인 사양을 제시하며, 최종 개발된 충전기의 형상을 제공하여, 전기자동차 충전인프라에 대한 이해와 향후 개발방향을 예측해 보고자 한다.

2. 본 론

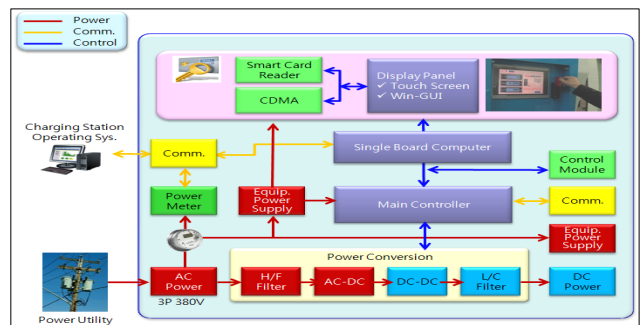
2.1 50[kW]급 급속충전기

일반적으로 급속충전기의 구성에는 하드웨어적인 요소로서 교류전력을 직류전력으로 변환하는 전력변환장치, 사용자가 충전상태 등을 확인할 수 있도록 하는 입출력 표시장치, 차량과 충전기간의 충전케이블을 포함한 충전인터페이스, 안전 및 보호기능을 구비한 외함 등의 기타장치로 구분할 수 있다. 소프트웨어적인 요소로서는 전기자동차와 충전기간

의 상호정보교환을 위한 통신프로토콜 등을 들 수 있다.

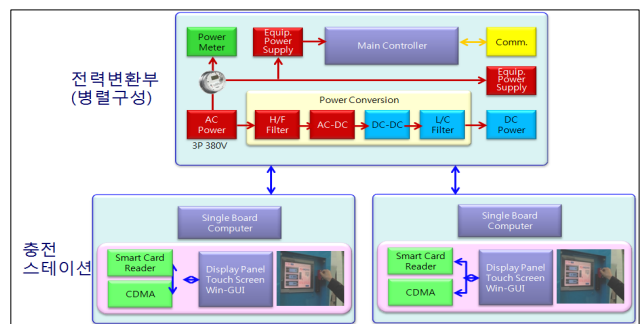
이중에서 전력변환장치는 전력계통으로부터 교류전력을 공급받아 직류전력으로 변환시킨 후 전기자동차 내부에 장착된 BMS(Battery Management System)와 실시간으로 통신하며 요구하는 충전전력을 공급하는 장치로서 그림 1에서 볼 수 있다.

KEPCO에서는 급속충전기를 기본형과 분리형으로 나누어 개발하도록 하였다. 그림 1과 표 1의 급속충전기는 불특정 고객을 대상으로 실시간 요금정산이 가능하며, 전용 전기자동차 충전소, 고속도로 휴게소 등 차량접근이 용이한 장소에 설치될 수 있다.





〈그림 1〉 급속충전기(기본형)의 시스템 구성도

급속충전기가 상용화되어 확대·보급되기 위해 해결해야 할 장애요인 중 하나로서, 이들을 구성하는 각 구성요소들이 하나의 몸체에 일체형으로 제작되어 부피와 무게가 크다는 점이다. 또한 관공서, 충전소, 고속도로 휴게소 등 주로 옥외에 설치되는 급속충전기의 특성상 온도, 습도에 취약하며, 다수의 대용량 냉각팬 사용에 따른 소음 또한 심각한 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 KEPCO에서는 그림 2와 같이 급속충전기의 전력변환부와 입출력 표시부를 상호 분리하도록 한 분리형 충전기를 개발하였다. 즉, 급속충전기의 Converter, Inverter, Filter 등의 전력변환부를 별도의 합체 내 또는 실내에 보관하며, 옥외에는 Display, Speaker, RFID 결제단말기, Connector 등의 부분을 소규모 충전스탠드 형태로 제작 설치하여 이들 간을 상호 분리하도록 하였다. 이에 따라 옥외에 노출되는 충전기의 부피와 무게를 대폭 축소하여 주차공간 점유면적을 줄일 수 있으며, 온도, 습도와 같은 외부환경에 영향을 거의 받지 않아 제작비용 절감, 사용자 안전성 강화를 기대할 수 있으며, 냉각팬 미사용에 따른 무소음이 가능하여 고객 불편 해소에도 기여할 것으로 사료된다. 표 1에서는 KEPCO에서 개발된 급속충전기(분리형)의 실물을 보여주고 있다.



〈그림 2〉 급속충전기(분리형)의 시스템 구성도

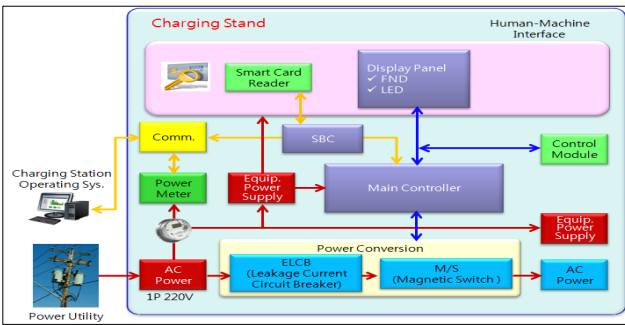
<표 1> KEPCO 급속충전기(기본형,분리형)

기본형(50[kW])	분리형(100[kW])
	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력 : 3상 AC380[V]±10[%], Max. 56[kW] ○ 출력 : DC50~450[V], 50[kW] ○ 고조파 : 2.7[%], 역률 : 98[%] ○ 통신 : CAN2.0(EV), TCP/IP(Server), RS232(PC) ○ Window OS 및 SBC 탑재 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 요금정산이 가능 ○ V,I 측정정밀도 : ±1.0[%] ○ O, I 측정정밀도 : ±1.0[%] ○ RS232(PC) * 분리형은 별도 사양 선택 	

2.2 7.7[kW]급 완속충전스탠드

완속충전스탠드의 구성에는 장치제어, 전력계량 및 보호기능을 수행하는 제어 및 계량장치, 사용자에게 충전정보를 제공하는 입출력 표시장치, 전기자동차와 충전스탠드간의 기계적, 전기적 연결을 위한 충전인터페이스 및 외함 등의 기타장치로 구분할 수 있다. 이 중에서 제어 및 전력계량장치는 전력계통으로부터 교류전력을 공급받아 전기자동차 충전에 필요한 전력을 공급 계량하며 이상상태를 자동 감지·차단하여 사용자, 충전스탠드 및 전기자동차를 보호하기 위한 요소이다.

KEPCO에서는 완속충전스탠드를 기본형과 2소켓형으로 나누어 개발하였다. 그림 3과 표 2의 완속충전스탠드는 불특정 고객을 대상으로 실시간 요금정산이 가능하며, 대형마트, 백화점등과 같은 민영주차장이나 관공서 등 공영주차장에 설치될 수 있다.



<그림 3> 완속충전스탠드(기본형)의 시스템 구성도

완속충전스탠드가 상용화되어 확대·보급되기 위해 해결해야 할 장애요인으로는 완속충전스탠드가 전기자동차 한 대를 충전시키기 위해 보통 수 시간이 소요되며, 이에 따라 전기자동차 전용 주차 공간 한 곳마다 한 대씩 설치되어 상당한 양의 충전스탠드가 필요하다는 점이다. 또한, 충전인프라 구성의 중요장치인 완속충전스탠드는 가격요소가 상당히 중요한데, 2소켓 또는 멀티형 완속충전스탠드로 개발함에 따라 제조사의 스탠드 제작비 및 시공비가 대폭 절감되어 전기자동차 충전인프라 조기에 기여할 것으로 사료된다. 표 2에서는 KEPCO에서 개발된 완속충전스탠드(2소켓형)의 실물을 보여주고 있다.

<표 2> KEPCO 완속충전스탠드(기본형,2소켓형)

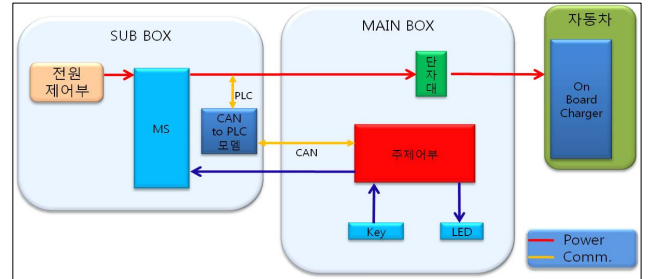
기본형(7.7[kW])	2소켓형(15.4[kW])
	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력, 출력 : 1상 AC220[V]±6[%], 35[A], 7.7[kW] ○ 실시간 요금정산이 가능 ○ 제어 : Control Pilot, Proximity 국제규격 적용 ○ 통신 : TCP/IP(Server), RS232(PC) ○ Window OS 및 SBC 탑재 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ V,I 측정정밀도 : ±1.0[%] * 2소켓형은 별도 사양 선택 	

2.3 3.3[kW]급 홈충전기

KEPCO에서는 홈충전기를 단독형과 공동형으로 나누어 정의하고, 2단계에 걸쳐 개발 완료하였는데, 그 구성도와 형상은 그림 4와 표 3과 같다. 단독형은 독립주차가 가능한 개인주택과 음식점, 개인소유 건축물

등 주인이 관리가능한 곳에 설치될 수 있으며, 공동형은 아파트 지하주차장 등에 설치되어 관리사무소에서 관리비 청구가 가능하며, 직장 내 주차장 등에 설치되어 사내에서 월별 정산이 될 수 있다.



주요 특징으로, 단독형은 통신을 포함하지 않으며, 공동형은 관리사무소 등에서 통합관리를 위한 부분적인 통신이 필요한데, 국제규격(SAE J1772)에 의거, 충전상태, 안전제어를 위한 Control Pilot, Proximity을 포함한 5pin을 채용한다. 즉, 흔히 주위에서 볼 수 있는 2 or 3pin 콘센트로는 충전을 할 수 없으며, 별도의 전용선을 시설해야 한다는 것이다.



<그림 4> 홈충전기(단독형)의 시스템 구성도

또 하나의 특징으로, 그림 4의 구성도에서 볼 수 있듯이 전력계통 피크부하 억제를 위해 홈충전기에 PLC 통신을 적용하였다. 위에서 설명한 것처럼 홈충전기는 별도의 CAN 통신 등을 포함하지 않으므로, PLC 통신을 통해 부하관리를 하고자 한 것이다. 이를 위해, KEPCO에서는 알고리즘을 개발하여 실증을 완료하였으며 저녁시간대의 충전전력을 저부하시간대로 이전할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

<표 3> KEPCO 홈충전기(단독형,공동형)

단독형(3.3[kW])	공동형(7.7[kW])
	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력,출력 : 1상 AC220[V]±6[%] 15[A], 3.3[kW] ○ 제어 : Control Pilot, Proximity 국제규격 적용 (대기/연결/충전중/고장 등) ○ 범용형상 : 벽걸이/매입형 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 입력,출력 : 1상 AC220[V]±6[%] 35[A], 7.7[kW] ○ 전력량계(AMI)+관리사무소용 PC+소내통신필요 ○ Window OS 및 SBC ○ 번호패드 등 관리요소 필요 	

3. 결 론

본 논문에서는 최근 KEPCO에서 개발된 3가지 종류의 충전기, 즉 급속충전기, 완속충전스탠드, 홈충전기의 정의, 구성, 기능 및 사양을 상세하게 나타내었다. 전기자동차용 충전기의 주요 연구개발 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 급속충전기는 50[kW]급 기본형과 100[kW]급 분리형으로 나누어 개발하였다. 충전기는 고조파 2.7[%], 역률 98[%], 전압·전류 측정정밀도 ±1.0[%]등 우수한 성능을 나타내었으며, 실차량(현대차 블루원)과의 통신도 원활하게 수행되어 성공적인 개발을 입증할 수 있었다. 또한 주요 성과물인 실시간 요금정산이 가능한 급속충전기를 개발함으로써, 향후 전기자동차 및 충전인프라 보급에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

둘째, 완속충전스탠드는 7.7[kW]급 기본형과 15.4[kW]급 2소켓형으로 나누어 개발하도록 하였다. IEC 및 SAE에서 규정하는 국제규격을 채용하여 Control Pilot, Proximity 기능을 충전스탠드에 탑재하여, 실증을 완료함으로써, 향후 국제대응이나 해외수출 등에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

셋째, 완속충전스탠드는 3.3[kW]급 단독형과 7.7[kW]급 공동형으로 나누어 개발하였다. 홈충전기는 별도의 CAN 통신 등을 포함하지 않으므로, PLC 통신을 통해 부하관리를 할 수 있도록 하였다. 이를 통해 저녁시간대의 충전전력을 저부하시간대로 이전할 수 있음을 증명하였으며, 심야피크부하 억제 등의 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 한승호 등, “그리드 연계형 전기자동차 충전인프라 개발(중간보고서)”, 한국전력공사 전력연구원, 2010-2011.