

전기자동차 급속충전기 성능시험

한승호, 양승권, 김상범, 이한별
KEPCO-전력연구원

Performance Test of Quick Charger for Electric Vehicle

Seung-Ho Han, Seung-Kwon Yang, Sang-Bum Kim, Han-Byul Lee
KEPCO-KEPRI

Abstract - 본 논문은 전기자동차(EV, Electric Vehicle)에 충전용 대용량 직류(DC) 전력을 공급할 수 있는 급속충전기를 개발하고 그 성능을 정의하며 충전성능시험장치를 개발하여 급속충전기의 성능시험을 한 결과에 관한 것이다. 급속충전기는 EV의 충전에 필요한 시간을 단축하고자 배터리가 허용하는 한계까지 전압, 특히 전류를 높여 급속히 충전을 한다. EV와 충전기 사이에는 이러한 전력공급 외에도 커넥터 연결확인 및 차량준제 유무 등의 안전을 체크하는 아날로그 시그널과 EV의 배터리관리장치(BMS)에서 충전기에 필요전력을 통보하는 디지털 통신이 필요하여 충전성능을 시험하기 위해서는 전력, 아날로그 시그널, 디지털 통신을 차량 대신 동시에 주고받으며 충전기를 시험하는 충전성능 시험장치가 필요하다. 본 논문에서는 어떻게 시험장치를 구성하여 이러한 실험을 수행하였는지, 그리고 충전기성능 분석결과를 설명하고자 한다.

1. 서 론

급속충전기는 EV의 충전에 필요한 시간을 가능하면 단축하고자 EV에 탑재된 배터리가 허용하는 한계까지 전류를 높여 충전을 하며 차량 내부에 이에 필요한 대용량 교류전력을 직류(DC)로 변환하는 전력전자 부품들의 무게를 줄이고자 차량에 탑재하지 않고, 통상, 충전기에서 직류전력으로 바꾸어 EV에 전달한다^[1]. EV에 주로 사용되는 이차전지는 차량안의 좁은 공간에 최소의 무게로 많은 에너지를 저장하기 위해 Li-ion 또는 Li-Polymer를 사용하며, 배터리 보호를 위해, 통상, SOC(충전상태, State of Charge) 80%까지는 CC(Constant Current)모드로 전압을 상승시키며 충전하고 80%부터 완충전까지 CV(Constant Voltage)모드로 전류를 감소시키며 충전한다. 이 전압 및 전류의 제어는 급속충전기의 전력공급 성능이자 중 가장 중요한 것들이며 배터리를 보호하고 장수명으로 사용하기 위해서 필수적인 요소이다.

EV와 급속충전기 사이에는 이러한 전력제어 뿐만 아니라 전압목표치, 전류목표치, 배터리 SOC 등 여러 인자들을 전달하기 위한 디지털 통신이 필요하다. 현재 국내에서는 차량의 CAN2.0 통신을 확장하여 급속충전기와 차량 간 디지털 통신에 사용하고 있다^[2]. 또한 안전을 위하여 누전차단, 차량의 근접확인을 하기위한 Proximity 시그널, 커넥터 체결확인을 위한 Pilot 시그널 등의 아날로그 시그널로 구성된 통신도 동시에 진행된다^[3].

충전기의 EV에 대한 충전특성은 연결된 각 차량의 특성에도 좌우되므로 차량과 무관하게 급속충전기의 충전성능이 결정되기 위해서는 전용 충전시험장치가 필요하다. 이 충전시험장치는 급속충전기에 대해 차량의 역할을 대신하여 EV의 BMS처럼 통신명령을 충전기에 보내서 충전전력을 공급받고, 동시에 이 충전전력에 대해 측정 및 성능분석을 할 수 있어야 한다.

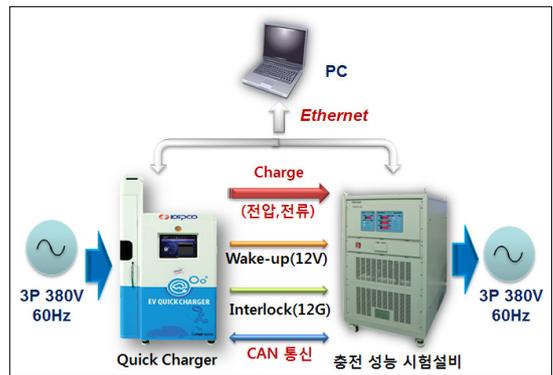
본문에서는 충전기의 많은 성능 중에서 가장 대표되는 충전전압, 충전전류 위주로 실제 Full Speed EV에 충전한 실측자료와 자체 기술로 개발한 충전시험장치를 이용하여 측정한 충전성능을 비교해 보기로 한다.

2. 본 론

2.1 충전시험장의 구성

급속충전기의 성능시험을 위해서는 실제 EV에 연결된 것과 같은 환경을 만들어 주어야 한다. 이를 위해 <그림 1>에서와 같이 3상 교류전력이 급속충전기에 공급되고 이를 다시 DC전력으로 충전시험장치로 보낸다. 충전시험장치는 급속충전기로부터 전력을 받음과 동시에 이를 측정하여 그 성능을 파악할 수 있어야 하며 EV와는 달리 전력을 저장할 수 있는 배터리가 없으므로 이를 다시 삼상 교류전력으로 바꾸어 전력계통으로 환원한다. 이 장치로 읽을 수 있는 정보는 급속충전기의 출력전압, 전류, Wake-up전압, Interlock 전압 등이며 충전기에 CAN통신을

통해 충전기에 사전에 시퀀스로 만든 명령을 보낼 수 있다.



<그림 1> 급속충전기 충전성능시험 설비 구조

2.2 Analog 및 Digital 통신 시험

급속충전기는 EV에 충전을 하기 위해 충전케이블의 체결을 검사하며, 아래 그림의 시퀀스로 커넥터 단자 전압을 측정하여 판단한다.

충전단계	Can 정보
↓ 케이블연결	No. 이름 값 EVHECI 의견상. 의견하.
	M1 Interlock 1 1 0.000 0.000
	M2 Wakeup 0 1 0.000 0.000
↓ 충전 완료	No. 이름 값 EVHECI 의견상. 의견하.
	M1 Interlock 1 1 0.000 0.000
	M2 Wakeup 0 1 0.000 0.000
↓ 케이블 제거	No. 이름 값 EVHECI 의견상. 의견하.
	M1 Interlock 0 1 0.000 0.000
	M2 Wakeup 0 1 0.000 0.000

<그림 2> 급속충전기 Sequence 및 Interlock 시험

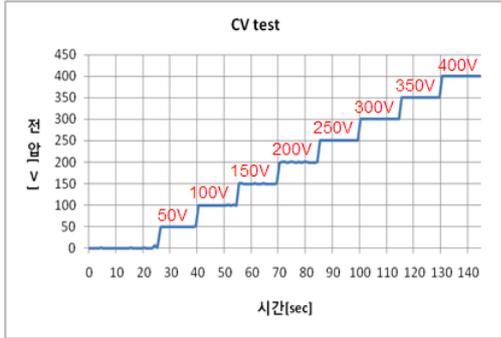
또한 EV와 급속충전기 사이에는 배터리 및 충전전력 등에 관한 많은 정보를 주고받아야 하는데 충전시험기에서 차량의 BMS를 대신하여 아래 표와 같은 내용을 CAN2.0 통신 프로토콜을 이용하여 충전기에 보낸다.

<표 1> EV-급속충전기 CAN 통신 시험항목

정보 분류	시험항목	비고
BMS 상태정보	BMS Ready	Not Ready / Ready
	BMS Warning	Display only
	BMS Fault	OFF / ON
	Relay State	OPEN / CLOSE
	BMS Charge Finish	OFF / ON
충전제어 정보	BMS Remain Time	min.
	Mode Command	CC / CV / CP
	Current Command	0 ~ 110A
	Voltage Command	0 ~ 450V
	Power Command	0 ~ 49500W
	Battery SOC (%)	0 ~ 100 %
	Battery Current (A)	0 ~ 110A
Battery Voltage (V)	0 ~ 450V	

2.3 전압 및 전류 정밀도 시험

상기 CAN 통신으로 충전시험기는 급속충전기에 필요한 전압과 전류 명령을 보내면 충전기는 즉각 그에 해당하는 전력을 만들어 보낸다. 다음 그림은 0~400V 사이에 특정 DC전압을 요구하여 충전기가 그에 해당하는 전압을 보내는 지에 대한 시험이다. 실제로 Li-ion 배터리를 장착한 Full Speed EV에서는 300~400V 사이의 전압으로 충분하지만 근거리 전기차인 NEV(Neighborhood EV) 전압영역(50~100V)도 포함하기 위한 것이며 특히 오차 퍼센트가 큰 영역의 시험이다.



<그림 3> CV Mode Test 결과

아래 그림은 0~60A 사이의 특정 DC전류를 요청하고 그 결과를 확인한 결과이다. 본 충전성능시험기는 120A까지의 전류를 시험할 수 있다.

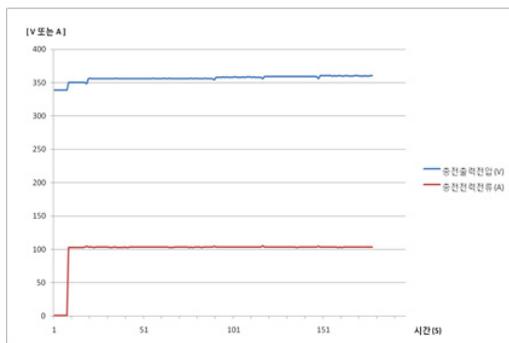


<그림 4> CC Mode Test 결과

여기서 충전기의 오차는 요청한 전압, 전류 각각에 대해 충전기에서 맞추어 보낸 것을 시험장치에서 측정된 전압, 전류 값의 비율이다. 그래프에서 보인바와 같이, 급속충전기는 전압 및 전류 값에 대해 매우 평활하고 적은 오차로 정확한 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

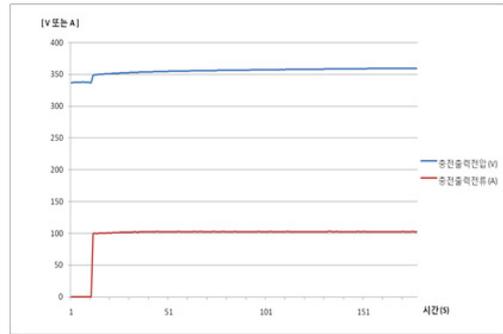
2.4 충전시험장치 시뮬레이션 및 EV 비교시험

충전기를 시험하기 위해서는 실제 차량에서 요구할 전력을 충전시험기의 시퀀스로 입력하여 아래 그림과 같이 특정시간에 충전기에 요구하고 그 전압(위쪽 data) 및 전류(아래쪽 data)의 변화를 체크하였다. 여기서는 SOC 80% 이내의 CC모드이므로 전류가 중요한 인자이며 오차 1%이내로 공급되는 것을 확인할 수 있었다. 급속충전기와 배터리 전압이 규정 내로 맞을 때 충전전류를 방출하며 충전시퀀스가 바뀔 때 작은 리플로 나타나는 PID제어 흔적도 확인할 수 있었다.



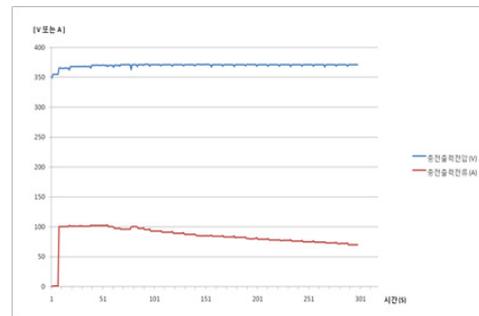
<그림 4> 성능시험 장비를 이용한 모의 데이터

다음 그래프는 충전시험기에서 시뮬레이션 한 것을 실제 Full Speed EV에 적용한 결과이며 1%이내의 오차로 CC모드의 제어를 보여준다.



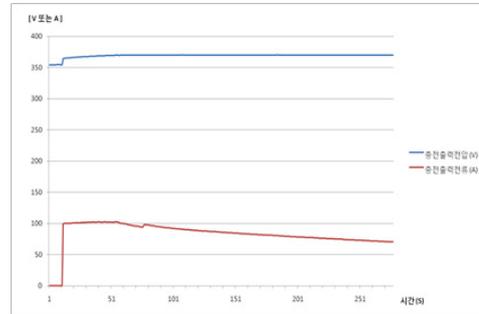
<그림 5> 실제 EV 충전 데이터

아래 그림은 SOC 80% 전후에서의 변화를 본 것이다. 80% 이내에서는 전류가 CC모드로 일정하며 80%이상에서는 CV모드로 전환되어 전압이 오차범위 내로 조정이 되고 전류는 감소하는 것을 볼 수 있다.



<그림 6> 성능시험 장비를 이용한 모의 데이터

다음은 상기 시뮬레이션을 실제 Full Speed EV에 적용한 것이다.



<그림 7> 실제 EV 충전 데이터

역시 SOC 80% 이전에는 CC모드로 전류(아래쪽 data)가 일정하고 전압(위쪽 data)은 상승하며 SOC 80%를 지나며 전류가 감소하는 것이 위의 시뮬레이션 data와 일치한다. 이 CV영역에서는 전압이 중요하며 0.5% 이내로 안정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

이상과 같이 급속충전기의 성능을 사전에 시퀀스를 만들어 자동으로 동작하며 전압/전류 0.01% 이하의 정밀한 충전성능시험장치를 개발하여 측정하였고 1% 오차범위 내로 동작하는 것을 확인하였다. 또한 실사용에 검증하기 위해 실제 Full Speed EV와 비교시험을 하여 그 결과가 일치되었다. 향후 이러한 충전시험장치로 국내외에서 개발되는 많은 충전기들의 성능을 일관되게 검증할 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC61851-23 개정작업 관련 CD문서, 2011
- [2] IEC61851-23 개정작업 관련 CD문서, 2011
- [3] CHAdeMO 급속충전기의 차량연계 규격, ver. 2010