

국내·외 이동식 현장형 전기자동차 충전기의 시험·검정 방안에 관한 연구

황승욱*, 이명준*, 김지명*

*한국화학융합시험연구원

e-mail:swhwang@ktr.or.kr

A Study on Domestic and International Testing and Verification Methods for Mobile On-site EV Chargers

Seung-Wook Hwang*, Myeong Jun Lee*, Ji-Myung Kim*

*Korea Testing & Research Institute

요약

최근, 전세계적으로 전기자동차의 보급이 증가하면서, 전기자동차 충전 인프라도 크게 증가하고 있으며, 이러한 전기자동차 충전기는 「계량에 관한 법률」에 따라 제작 검정 후 일정 기간이 지나면 재검정을 받아야 한다. 이에 따라, 전기자동차 충전기의 재검정 수요는 전기자동차 충전기의 형식승인 및 검정 제도가 운영된 2020년으로부터 약 7년이 지난 2027년에 약 4,000대, 2028년에는 약 38,000대, 2029년에는 약 77,000대로 급격하게 증가할 것으로 예상되며, 국내 재검정 기준을 분석한 결과, 단일 전류 시험으로 간소화된 국내 전기자동차 충전기 현장 재검정은 장기적인 계량 신뢰도에 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서, 본 논문에서는 4가지 전류 조건을 엄격하게 적용하는 국제 기준(OIML G 22)을 준용하여, 국내 재검정 평가 체계의 세분화 및 고도화 필요성이 요구됨을 확인할 수 있다.

1. 서론

최근, 전세계적으로 전기자동차의 보급이 증가하면서, 그림 1과 같이, 전기자동차 충전 인프라도 크게 증가하고 있다. 여기서, 전기자동차 충전기의 보급은 약 39만 대로 '24년 기준 최근 3년간 보급 증가율은 104.2%로 급증하고 있음을 알 수 있다[1].



[그림 1] 전기자동차 충전기 보급 현황

이러한, 전기자동차 충전기는 「계량에 관한 법률」에 따라, 법정 계량 시험 방법 및 절차에 따라 운용되고 있으며, 일정 기간(검정 유효 기간) 마다 재검정을 통하여 지속적으로 상거래에 대한 신뢰성과 공정성을 확보한다. 하

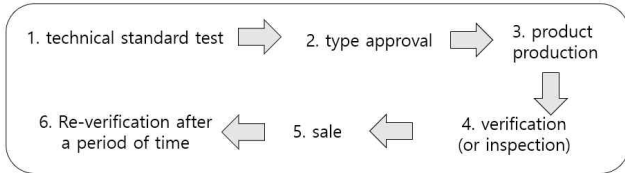
지만, 전기자동차 충전기의 형식승인 및 검정 제도가 운영된 2020년으로부터 약 7년이 지난 2027년에 전기자동차 충전기의 재검정 수요는 약 4,000대, 2028년에는 약 38,000대, 2029년에는 약 77,000대로 급격하게 증가할 것으로 예상된다. 따라서, 본 논문에서는 향후 발생할 다수의 국내 전기자동차 충전기의 재검정 기준에 대하여 분석하기 위해 국내·외에서 시행되고 있는 전기자동차 충전기 시험, 검정, 재검정 방법에 대해 제시한다.

2. 법정 계량 시험 방법 및 절차

국내에서는 거래의 정확성과 공정성 확보를 위하여 표 1과 같이, 계량에 관한 법률로 전기자동차 충전기, 전력량계, 비자동차용, 분동 등 13종의 법정 계량기로 정의하고 있으며, 전기자동차 충전기도 법정 계량기 대상 품목 중 하나로 형식승인 및 검정을 받아야 함을 알 수 있다. 여기서, 법정 계량 형식승인·검정 방법은 그림 2과 같이 나타낼 수 있다.

[표 1] 법정 계량기의 종류

항목	내역	항목	내역
1	비자동차용	8	요소수미터
2	분동	9	LPG미터
3	가스미터	10	눈새김 탱크
4	수도미터	11	적산열량계
5	운수미터	12	전력량계
6	오일미터	13	전기자동차 충전기
7	주유기		



[그림 2] 법정 계량 시험 방법 및 절차

먼저, 기업에서 개발한 전기자동차 충전기는 형식승인 기관으로부터 기술기준에 따라 형식승인을 수행해야 한다. 여기서, 형식승인은 계량기가 적합하게 설계되었는지 측정범위, 성능 및 특성 등이 기술기준에 적합여부를 결정하기 위한 제도를 의미한다.

전기자동차 충전기가 형식승인 인증을 받은 후 생산하고 판매 전 검정 기관으로부터 검정을 받아야 한다. 여기서, 계량기 검정제도는 불량 계량기의 유통을 방지하고 건전한 상거래 질서를 확립하기 위하여 계량기의 구조, 오차(정밀도)에 대하여 출하 전에 검사하는 제도이다. 전기자동차 충전기의 검정은 전수검사를 기본으로 하며, 모든 생산품에 대해 검정을 진행하여 제품에 대한 신뢰성과 정확성을 확보한다.

3. 전기자동차 충전기 법정 계량 특성

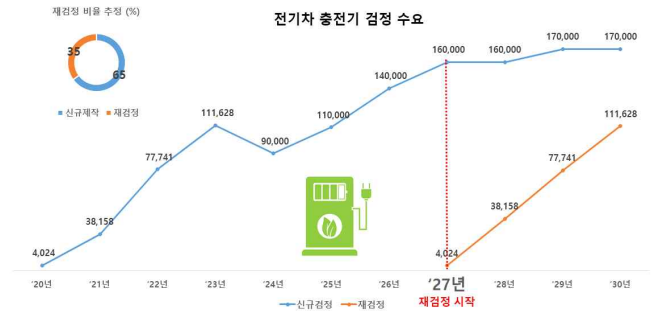
기존의 전기 분야의 법정 계량기인 전력량계는 일반적으로 검정유효기간을 약 7~13년 사이로 운영되는데, 전력량계는 전기자동차 충전기보다 상대적으로 가격이 저렴하고 유지보수에 필요한 비용 등이 낮음에 따라, 검정 유효기간만료 직전에 신제품 전력량계로 교체하는 현상이 대부분인 것으로 나타난다. 하지만, 전기자동차 충전기는 단일 제품에 대한 가격이 비교적 높으며, 제품을 설치하는 비용, 공사비 등 유지보수에 대한 비용 등이 높게 산정됨에 따라 그림 3과 같이, 검정 유효기간인 7년이 지나면 현장 재검정을 실시할 계획이다[2].



*검정유효기간 만료 시 사용이 불가

[그림 3] 재검정 절차

즉, 현장에서 재검정이 필요한 전기자동차 충전기는 그림 4와 같이, 전기자동차 충전기의 형식승인 및 검정 제도가 운영된 2020년의 7년 후인 2027년 이후로 대규모의 재검정수요가 발생될 것으로 보고된다. 특히, 2028년 기준으로 재검정 대수는 약 38,000대가 예상되나 현재 검정기관으로 지정받아 업무를 수행하는 기관들의 예상 검정 대수는 38,000대에 크게 못미치는 실정이다.



[그림 4] 전기자동차 충전기 검정 수요

4. 국내·외 전기자동차 충전기 현장 검정 방안

4.1 국내 전기자동차 충전기 현장 검정 방안

국내의 전기자동차 충전기는 전기자동차 충전기 기술기준(산업통상자원부 고시 제2024-115호)에 따라 그림 5, 그림 6과 같이 7.5.1 충전전류에 대한 최대허용오차 시험을 시행해야 하지만 재검정 시에는 현장에서의 여건에 따라 그림 7과 같이 7.5.2 실 충전에 따른 허용오차 시험을 수행한다. 여기서, 7.5.1은 I_{max} , $0.5 I_{max}$, I_{tr} , I_{min} 의 4가지 전류에 대해서 전력량계의 오차가 허용범위 이내에 들어오는지 확인하지만 7.5.2는 정해진 전류 없이 실 충전에 따라 1가지의 전류값에 대하여 오차가 허용범위 이내에 들어오는지 확인한다. 이와 같이, 현장에서 재검정시 전기자동차 충전기는 다소 간소화된 시험 방법으로 운용되고 있으며, 장기간에 걸쳐 다수의 전기자동차 충전기가 재검정되어 운용될 시 계량값에 대한 신뢰도에 영향이 미칠 수 있다.

7.5 최대허용오차

7.5.1 충전 전류에 따른 최대허용오차
본 기준의 제1-1절 전기자동차 충전기 일반 요구사항의 해당 항에 따르며, 표 1-9에 해당 하는 충전 전류별 최대허용오차를 초과하지 않아야 한다.

표 1-9 충전 전류에 따른 최대허용오차

충전전류 A	역률 (cosΦ)	등급별 최대 허용오차	
		1.0 급	0.5 급
$I_{min} \leq I < I_{tr}$	1	±1.5	±1.0
$I_{tr} \leq I < 0.5 I_{max}$		±1.0	±0.5
$0.5 I_{max} \leq I \leq I_{max}$		±1.0	±0.5

[그림 5] 완속 전기자동차 충전기 기술기준

7.5 최대허용오차

7.5.1 충전 전류에 따른 최대허용오차
본 기준의 제1-1절 전기자동차 충전기 일반 요구사항의 해당 항에 따르며, 표 1-13에 해당 하는 충전 전류별 최대허용오차를 초과하지 않아야 한다.

표 1-13 충전 전류에 따른 최대허용오차

충전전류 A	등급별 최대 허용오차		
	2.5 급	1.0 급	0.5 급
$I_{min} \leq I < I_{tr}$	±3.0	±1.5	±1.0
$I_{tr} \leq I < 0.5 I_{max}$	±2.5	±1.0	±0.5
$0.5 I_{max} \leq I \leq I_{max}$	±2.5	±1.0	±0.5

[그림 6] 급속 전기자동차 충전기 기술기준

3.4.1 오차 검사
오차검사는 전수검사로 실시하며, 다음 항목을 실시한다.

표 2-1 전기자동차 충전기 종류 별 오차검사 항목

오차검사 항목	충전 전류에 따른 종류	
	교류 전기자동차 충전기	직류 전기자동차 충전기
충전 전류에 따른 최대허용오차	7.5.1 충전 전류에 따른 최대허용오차	

비고 초기검정은 검정기관 또는 소재장소(제조 공장)에서 수행한다. 재검정시 등 현장설치로 인해 7.5.1 충전 전류에 따른 최대허용오차 시험이 불가능할 경우 7.5.2 실 충전에 따른 최대허용오차 시험을 적용한다

[그림 7] 재검정 시 전기자동차 충전기 기술기준

4.2 국외 전기자동차 충전기 현장 검정 방안

국외의 전기자동차 충전기는 OIML G22 Electrical Vehicle Supply Equipment Edition 2022에 따라 그림 8과 같이, I_{max}, 0.5I_{max}, I_{tr}, I_{min}의 4가지 전류에 대해서 전력량계의 오차가 허용범위 이내에 들어오는 지를 확인한다. 특히, 국외에서는 국내의 기술기준과 달리 re-verification시 그림 8과 동일하게 4가지 전류값에 대하여 오차가 허용범위 이내에 들어오는지 확인한다. 이와 같이, 국외에서는 현장에서 재검정시에도 기준과 동일한 전류값에서 시험을 수행하며, 장기간에 걸쳐 다수의 전기자동차 충전기가 재검정되어 운용될 경우에도 제조사의 신뢰도와 유사한 신뢰도를 유지할 수 있음을 알 수 있다.

3.3.3 Base maximum permissible errors
The intrinsic error shall be within the base maximum permissible error stated in Table 2 for the specified current ranges when energy is at least MMQ and when the EVSE is otherwise operated at reference conditions.

Table 2 – Accuracy classes

Quantity		Base maximum permissible errors (%) for class		
Current, I	Power factor	A (2 %)	B (1 %)	C (0.5 %)
$I_{tr} \leq I < I_{min}$	> 0.9	±2.5	±1.5	±1.0
$I_{min} \leq I < I_{tr}$	> 0.9	±2.5	±1.5	±1.0
$I_{tr} \leq I \leq I_{max}$	> 0.9	±2.0	±1.0	±0.5

Note: Electric vehicles are constrained by standards to operate at power factors of greater than 0.9.

[그림 8] Base Maximum permissible errors

9.2.4.2 Current dependence
EVSE shall comply with the accuracy requirements of Table 2. As a minimum these shall be checked at the following currents:
 $I_{min}, I_{tr}, 50\% I_{max}, I_{max}$
If an EVSE can operate in both single-phase and three-phase modes, then both modes shall be tested.
For EVSE operating at a voltage in the range 208 V–240 V, testing may be done at any U_{nom} within the range. Otherwise, tests shall be run at the lowest U_{nom} and the highest U_{nom} .

[그림 9] verification and re-verification current dependence

5. 결 론

본 연구에서 국내·외 전기자동차 충전기 검정 기준을 비교 분석한 결과, 현장 재검정 평가 체계에 있어 유의미한 차이를 확인할 수 있다. 국내 기술기준의 경우 최초 검정 시 4가지 전류 조건(I_{max}, 0.5 I_{max}, I_{tr}, I_{min})에서 허용오차를 평가하나, 현장 재검정 시에는 실 충전 환경에 따른 단일 전류 조건으로 시험을 간소화하여 운영하고 있다. 이러한 방식은 다수의 충전기가 장기간 운영될 경우 계량값에 대한 신뢰도에 영향을 미칠 수 있다. 반면, 국제 기준인 OIML G 22는 재검정 시에도 최초 검정과 동일하게 4가지 전류 조건에서의 오차를 엄격하게 평가함으로써 초기 제조 시와 동등한 수준의 높은 계량 신뢰도를 유지하도록 규정하고 있다. 결론적으로, 국내 전기자동차 충전기 계량의 장기적인 신뢰성 확보와 글로벌 스탠다드 부합을 위해서는 국제 기준을 준용하여 현장 재검정 시험 방법을 세분화하고 평가 체계를 고도화할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Charge info, 한국스마트그리드협회
- [2] 전기자동차 충전기 기술기준, 개정 산업통상자원부 고시 제 2024-115호 (2024. 7. 17.)