

하절기 전기자동차(EV) 충전기 충전전력 제어를 통한 냉방전력저감 및 온도관리방법

양승권*, 이한별, 임유석
한전 전력연구원

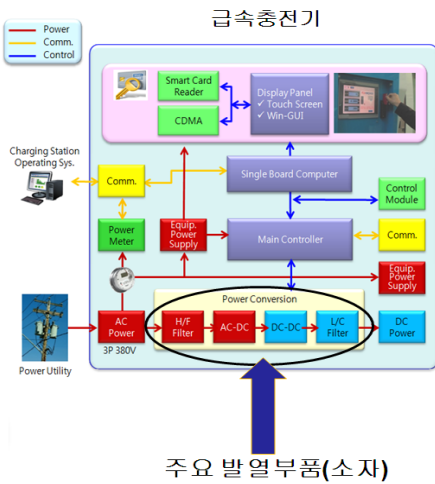
The optimizing method of temperature and cooling power load of EV charger through EV charging power control during summer season

Seung-Kwon Yang*, Lee Han Byul, Lim yu suk
KEPRI

Abstract - 최근 친환경 교통수단중 하나인 전기자동차 보급을 위한 정부정책이 강화되고, 관련연구개발 및 시범사업, 실증이 이루어지고 있다. 하지만 아직까지 국내에서는 본격적인 전기자동차 생산단계에 이르지 못하고 있고, 전기자동차 배터리에 전력을 공급하는 충전인프라 구축도 미흡한 실정이다. 전기자동차와 충전인프라는 마치 일반자동차와 주유소와의 관계와 비슷하여 전기자동차 운행을 위해 충전인프라 구축은 필수적이다. 그런데 보통 충전인프라는 전력계통, 충전기와 운영시스템 등으로 구분할 수 있다. 이 가운데 충전기는 전력을 계통으로부터 수전받아 차량의 배터리에 공급하는 역할을 담당하며, 특히 급속 충전기의 경우 380V, 85의 교류전력을 수전하여 최대 110A, 450V 직류를 공급하는 관계로 충전 중 내부온도관리가 중요하다. 이를 관리하기 위해 적절한 냉방설비 확보, 충전전력 조정 혹은 발열원(부품) 개선 등의 방법이 있으며 이에 대해 상세히 논해보고자 한다.

1. 서 론

전기자동차 충전기는 높은 전력이 공급되기 때문에 특히 하절기, 외부에 설치된 충전기의 충전 시 온도관리가 매우 중요하다. 충전온도 관리에는 위 Abstract에서 기술한 것처럼 여러 가지 방법이 존재한다. 그 가운데, 발열 부품의 교체나 냉방설비 개선 등의 방법은 비용이 수반되고, 특히 발열부품 교체의 방법도 전력소자가 갖는 기본적 특성 때문에 충전시 발열량을 억제하는 데는 한계가 있고, 특히 냉방설비 개선 측면에서는 더욱 냉방능력이 좋은 설비를 구비할 수도 있겠으나 충전기 공간 점유 문제와 설비비용, 그리고 냉방전력 소비에 따른 유지비용문제도 간관 할 수 없기 때문에 역시 한계가 존재한다.



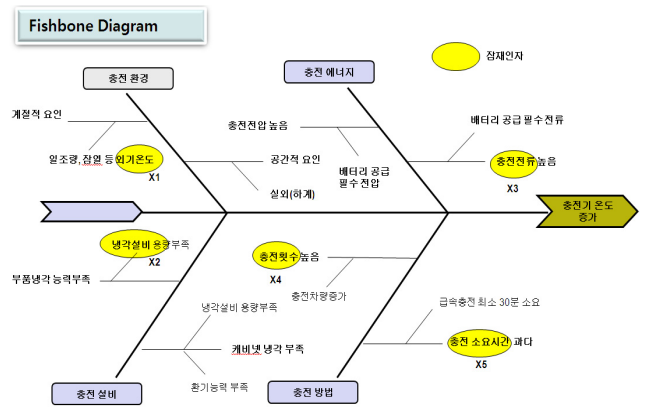
〈그림 1〉 전기자동차 급속충전기 내부 구조

따라서 충전기 내부 온도관리를 위해 운전 및 운영 측면에서 효과적인 온도관리방안을 찾는 것이 보다 현실적인 대안이 될 수 있다. 전기자동차 급속충전기는 그림1과 같이 구성되어 있으며, GUI부분, Communication & Processor부분, Power Conversion부분 등으로 구성된다. 그런데 충전기 내부온도증가요인은 주요발열부품으로 표시된 부분(Power Conversion)이다.

2. 본 론

2.1 충전기 온도상승 요인

급속충전기의 온도 상승요인에는 여러 가지가 존재한다. 이러한 요인들을 Fishbone Diagram으로 표시하면 다음 그림2와 같다.



〈그림 2〉 충전기 주요온도 상승요인 분석

충전기 주요 온도 상승요인을 살펴보면 충전환경(계절적 요인, 외기온도, 일조량 등) 측면, 충전설비(냉방설비, 능력 부족) 측면, 충전에너지(충전전류량 등) 측면, 충전방법(충전 소요시간 등) 측면 등의 요인으로 구분할 수 있다.

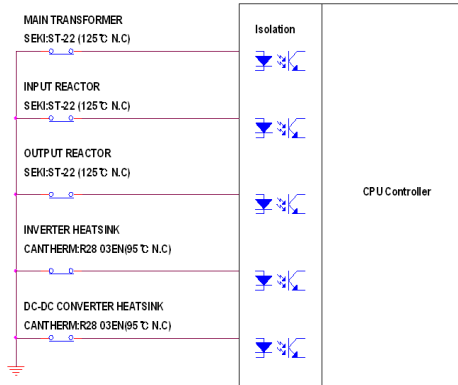


〈그림 3〉 온도상승 억제를 위한 최선의 대안선정

이러한 요인 가운데 운전 측면에서 통제 가능한 충전시간과 전류를 조절하는 방법이 좋은 대안으로 선정될 수 있다. 그런데 전기자동차 배터리는 배터리의 잔존전력량에 따라 충전 소요시간이 다르므로 전기자동차 이용고객의 불편을 최소화할 수 있는 충전시간 선정이 필요하다. 그리고 충전전류도 CC Mode(Constant Current)에서 공급할 수 있는 전류 최저치를 적절히 선정할 필요가 있다. 대개 충전기 온도조절은 일조량이 많고 외기온도와 습도가 매우 높은 하절기에 일시적으로 필요하므로, 최단시간에 수행되어야 하며, 정상적인 충전시 온도가 충분히 안정된다고 판단되는 경우 인위적인 온도조절을 중단하여야 한다.

2.2 충전기 발열소자

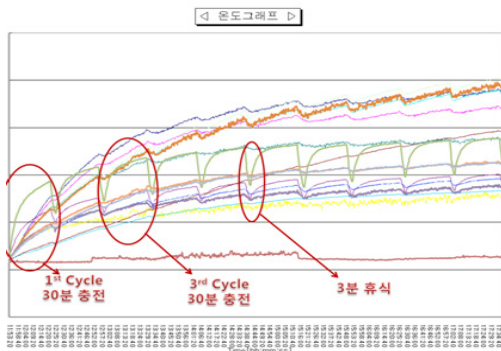
급속 충전기는 기본적으로 AC/DC, DC/DC 및 변압기 등의 전력변환 장치가 필요하므로 전력공급 시 주로 이러한 변환장치에서 온도상승이 이루어진다. 아래 그림4는 전기자동차 급속 충전기 전력변환장치의 주요 발열원 및 보호논리를 보여주고 있다. 가령 Main transformer의 경우 섭씨 125도에서 충전기 운전정지가 이루어지며, DC-DC Converter의 경우 섭씨 95도에서 운전정지가 이루어진다.



<그림 4> 주요 발열 소자 및 보호 논리

2.3 충전시 소자별 온도증가

전기자동차 배터리 충전시 온도변화는 그림5와 같다. 본 그림은 급속 충전기에 의해 정상적인 전력공급 시 소자별 온도증가를 보여주고 있다. 외기온도는 상온이며, 실내에서 측정한 것이다. 그리고 매번 충전은 30분 단위로 이루어지며 충전과 충전사이의 3분 휴식시간이 주어진다. 이와 같은 조건하에서의 실험결과 초기에는 온도가 지속적으로 증가하지만 일정시간이 지나면 충전온도 증가율이 둔화되는 특성을 보여준다.



<그림 5> 충전 시 전력소자(발열소자)온도증가 모습

2.4 온도증가 억제를 위한 실험

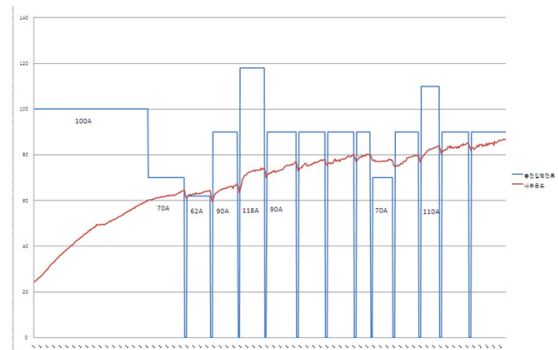
충전시 온도증가를 억제하기 위해서는 충전공급전력이나 충전시간을 최소화하는 것이 최선의 방법이다. 하지만 충전공급전력과 시간은 상호 반비례관계에 있기 때문에 발열소자의 온도증가를 효과적으로 억제하기 위해서는 최적방안을 찾아야 한다. 이러한 최적 운전점을 찾기 위해 표면온도반응법을 적용하여 실험하였다. 이 방법은 온도 증가에 영향을 미치는 시간, 전류를 주요인자로 선정하여 충전기 부품온도증가에 미치는 영향을 분석하는 방법이다. 이러한 방법은 미니탭(Minitab)에 의해 구현 가능하다. 미니탭을 통해 선정된 시험방법은 그림 6과 같다. 아래 그림6의 조건하에 온도증가 실험을 수행한 결과는 그림 7과 같다. 실험결과를 살펴보면 충전전류증가와 온도증가가 상호 비례하며, 충전대기(중단)시 소자의 온도가 급격히 감소한다. 결국 하절기 고온 상태에서 가동중인 충전기의 온도안정을 위해 충전전류 감소와 충전과 충전사이의 충분한 가동중지 시간이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 충전기가 전기자동차를 보유한 고객의 충전 불편을 해소해야 하기 때문에 무조건 충전을 못하게 할 수는 없는 상황이므로, 결국 충전전류를 효과적으로 감소하는 것이 더욱 중요하다.

순서	전류(A)	시간(분)	충전량
1	70	40	17.7Kwh
2	62	30	11.7Kwh (11.2기준 100%이상)
3	90	30	22.5Kwh
4	118	30	22.4
5	90	30	11.7
6	90	30	11.7
7	90	30	11.7
8	90	16	9.0(안됨)
9	70	20	8.8(안됨)
10	90	30	11.7
11	110	20	13.9
12	90	30	11.7
13	90	30	11.7

- 충전량 산정기준: 16KwhX70% = 11.2Kwh
- 충전 전류범위 : 0~110A(CC모드), 2~110A(모드)

<그림 6> 충전전류와 시간을 인자로 Minitab을 수행한 결과

충전전류 감소는 충전시간 증대를 야기하므로, 정상충전전류의 70% 수준을 유지하면 어느 정도 충전시간 증가는 불가피 하지만, 충전기 내부 온도 증가에 의한 고장, 불시정지는 충분히 막을 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 7> 반응표면실험법에 의해 실험한 결과

3. 결 론

지금까지 논의한 것처럼, 충전기 내부온도 증가를 억제하기 위해서는 냉방설비 개선, 충전전력공급 조절 및 충전시간 단축, 주기 조절 등이 적용 가능한 방법들이다. 그 가운데 운전(운영) 측면에서 전기차 이용 고객의 불편을 최소화하기 위해 충전주기의 인위적 조절은 어려우므로, 어느 정도 시간지연을 허용하면서 충전전력을 조절하는 방법이 최선의 방법임을 알게 되었다. 하절기 고온상태에서 무리한 충전기 운전은 고장과 불시정지 및 수명단축의 부작용을 초래하기 때문에 충전 시 충전기 전력의 적절한 조절을 통한 온도 안정은 충전인프라 구축 및 확장, 그리고 전기차 보급에 따른 설비 안전확보 측면에서 매우 중요한 부분임을 간과해서는 안된다.

[참 고 문 헌]

- [1] (주)피앤이솔루션, 위탁연구용역 진도보고서, 위탁연구용역보고서(1차), 2.1.3(2), 2010.12
- [2] Pike Research, Research Report, Electric Vehicles on the Grid, sec4.4.4.2 Implementation Issues, 2009
- [3] (주)피앤이솔루션, 위탁연구용역 진도보고서, 위탁연구용역보고서(3차), p7, p16~17, 2010.8
- [4] 산업자문부, 공조용대용량냉동기 직접제어시스템 개발 및 적용연구, 2차년도 연구개발 내용 및 차년도 사업계획서, p 24~45, 2007