

전기자동차 인프라 스트럭처의 경제성 분석

하 회 두, 박 정 우, 김 종 무
한국전기연구소

Analysis of the cost of Electric Vehicle infrastructure

Hoidoo Ha, Jung-woo Park, Jong-mu Kim
Korea Electritechnology Research Institute

Abstract - In order to widen the radius of electric vehicle (EV) travel recharging points must be provided in sufficient numbers and at convenient places. The cost of providing side an infrastructure is at preset, not well documented and this lack of information acts as a deterrent to prospective investors in EV technology. This paper acts as a preliminary investigation into the cost of infrastructure is the different situation i.e for the private owner, the fleet owner or for the public. It provides an overview of the items required and this relative costs. Cost will however, vary from country to country and application to application, and this paper two acts purely as guide to the type of equipment and its relative costs.

1. 서 론

전기자동차의 운행반경을 넓히기 위해서는 적재적소에 충분한 충전소가 설치되어야 한다. 이러한 인프라 구축에 대한 구축비에 대해서는 아직까지 조사 보고된 보고서가 없으며 이러한 사전지식의 부족이 전기자동차 기술에 투자하고자 하는 투자자들에게 제약요인으로 작용한다. 개인 소유자나 fleet 운영기관이나 대중교통으로 사용하는 사업체등 각각의 상황에 따른 인프라 구축비에 대한 예비조사를 함으로서 필요한 기기가 무엇인지 또한 인프라 구축비는 얼마나 드는지에 대하여 어느 정도의 정보를 제공해 줄 수 있을 것이다. 그렇지만 인프라 구축비는 나라마다 운영방법에 따라 다르므로 이러한 조사는 각 기기의 설치에 대한 상대적 비교 분석 자료로 활용되어 질 수 있다.

다른 차와 마찬가지로 전기자동차도 에너지의 공급을 필요로 한다. 이것은 단순히 기존의 가정용 소켓에 전선을 삽입함으로써 이루어질 수 있고 빠른 충전이 요구되어 전원계통의 보강 등 높은 설치비가 들 수도 있다. 재 충전 설비의 설치비는 전체 지출의 큰 부분을 차지하고 있으므로 이것을 간과해서는 안된다. 전기자동차의 상용화를 촉진 하기 위해서는 충전 인프라를 적정한 값이 되어야만 한다. 전기자동차 인프라에 관한 주요 현안 중에 하나가 아무도 책임질 주체가 없다는 것이다. 관련 기관들은 전력회사, 지방 자치단체, 지방 의회, 정부, 충전기 업체, 자동차 회사등이다. 그렇지만 어떠한 특정기관도 전기자동차 인프라 구축에 대한 책임을 지고 수행하려고 하지 않는다. 또 다른 전기자동차 인프라에 관한 현안은 전기자동차와 현재 이용가능한 전기자동차 인프라 사이에는 장벽이 있다. 즉 사람들을 충분히 전기자동차 인프라가 구축되어 있지 않으면 전기 자동차를 사지 않으려고 하고 전기자동차가 충분히 많아서 전기자동차 인프라를 설치 시 투자가치가 있다고 판단하지 않으면 인프라를 구축하려고 하지 않는다. 이것은 닭이 먼저냐 달걀이 먼저냐 하는 논쟁과 같다.

이러한 현안들을 해결하는 하나의 방법이 가용한 모든 정보의 수집이다. 전기자동차 인프라 구축에 대한 설치비는 인프라 구축을 하고자 하는 사람들에게 필수적인 정보이다. 전기자동차 시장 확대의 큰 장벽은 가격 문제이다. 현재의 전기자동차는 제한된 주행거리를 가지고 있으며 이것을 극복하는 길은 현재로서는 많은 충전소를 가지는 망을 구성하여 전기자동차 사용자들이 빨리 충전하여 사용하는 것이다. 이것을 위하여서는 충전소는 가격이 싸야만 한다.

2. 본 론

2.1 하드웨어 비용

2.1.1 충전기

충전소는 커넥터를 가진 별치형이며 전력계통에 연결되어 있고 필요한 사용전력 측정방법과 요금부과기능을 가지고 있다. 충전소는 충전기를 포함할 수도 그렇지 않을 수도 있다.

가장 간단한 충전소는 Residual Current Device(RCD)와 같은 보호기기를 가진 박스이다. 이러한 형태의 충전소는 Coventry 시범운영사업에 사용되었다. 가장 복잡한 충전소는 충전기와 모니터링 디바이스를 가지면서 지능형 충전제어 알고리즘을 채택한 것이다(Norvik 충전소 같은 것). 대부분 전기자동차는 탑재형 충전기가 내장되어 있으며 이것이 가장 일반적이다. 그러나 대형버스나 fleet 차량들은 별치형 충전을 하는 것이 보통이다.

1.1. 급속 충전기

공공 장소에서 전기자동차 사용자가 일정 수준 이상의 충전을 위해서는 급속 충전이 요구된다. 자동차들은 대략 30분 정도 공공장소에 머무는 것이 통상적이므로 보다 더 많은 차량들을 충전해서 많은 수익을 얻기 위해서는 급속 충전이 필수적이다. 그렇지만 이러한 급속 충전은 가정에서의 충전보다 추가적인 기능을 위한 비용이 많이 든다. 즉 사용 가능한 고객의 인식, 충전량 측정 및 요금 부과 기능, 기물파괴에 대한 대책 등의 기능이 필요하기 때문이다. 다른 상표, 다른 모델의 자동차들이 호환성 있게 사용하는 것이 필수적이기 때문에 표준화 작업도 절대적으로 필요하며 또한 진행 중에 있다.

급속 충전 장치는 정의에 의해서 대략 용량이 20kW에서 100kW이나 300kW급도 있다. 이러한 용량을 이동시키려면 가격이 꽤 비싸지며 전지의 상태를 알고 그에 맞추어서 충전하는 것이 필수적이다. 더구나 이러한 충전이 대부분 낮에 이루어지기 때문에 전력회사의 입장에서는 그다지 원하지 않는 데다가 부하관리가능까지 부가적으로 필요하게 된다. 프랑스 파리에서는 공공장소에서의 급속 충전이 높은 전압을 필요로 하기 때문에 안전성을 높이는 방법을 강구하고 있다. 영국 전력회사인 Power Gen은 탑재형과 별치형 급속 충전에 대한 연구를 완료하였다. 탑재형 급속 충전을 하기 위해서 Wavedriver란 급속 충전기를 사용하였다. 이것은 급속 충전 기능뿐만 아니라 유도전동기 제어기로도 사용된다.

30개의 25kVA 충전소를 설치하는데 토목과 전기공사비를 합쳐서 US \$ 160,000정도 소요되었다. 탑재형이기 때문에 충전기 자체의 가격은 포함되지 않았다. 별칭형 급속 충전소 설치에는 25kVA당 약 2만불 정도의 설치비가 들 것으로 예상된다.(탑재형일 경우 4800불) 또 하나의 보고는 단상 7.4kVA와 3상 25kVA 충전기 설치에 가격이 거의 비슷하게 든다는 사실이다. 급속 충전은 IEC 309-2 플러그 및 소켓을 사용해서 이루어질 수 있다. 이것은 단상이나 3상 그리고 16A 나 32A 전류를 사용할 수 있다. 3상 전원과 IEC 309-2 플러그 및 소켓을 사용해서 20kW용량의 급속 충전소를 설치하는 데는 탑재형 충전기를 포함해서 약 9000 US\$ 정도 소요된다. 캐나다의 Norvik 급속 충전기의 가격은 용량에 따라 105,000불에서 150,000불 정도이다. 이것은 전지의 수명은 최대한으로 연장시킬 수 있는 지능형 급속 충전기이다. 그러나 양산 체제로 들어가면 이러한 가격들을 상당히 내려갈 것으로 기대된다.

1.2. 인덕티브 충전

인덕티브 충전은 높은 주파수를 이용하여 두 개의 권선 사이에 전기적 힘을 이동시키는 것이다. (하나는 충전소에서 다른 하나는 차체에 있음.) 이 시스템의 이점은 훨씬 더 안정성이 높다는 점과 자동화 및 소형화가 가능하다는 점이다. 가격은 대체적으로 6kW급이 약 15,000 US\$ 이다. 미국에 Delco사의 Magne 인덕티브 충전기가 많이 설치되어 있다.

1.3. 일반 충전기

충전기가 가정에서 사용된다면 충전하는 동안 전지에서 수소가 방출되기 때문에 수소가 차고 내에 축적되지 않도록 충분한 공기순환이 이루어질 수 있도록 차고 내에 환기 기능이 강화되어야 한다. 공기 중에 3%이상의 수소가 있을 경우 폭발할 가능성이 있기 때문이다. 밀폐형 전지는 수소를 방출하지 않으므로 환기 기능이 그다지 필요치 않다. 스위스의 Mendrisio의 모든 새로운 건물에는 충전 소켓들이 설치되어 있어서 전기자동차 소유자들이 시간과 돈을 절약할 수 있다. 캘리포니아의 특정지역(세크라멘토, 랑카스터 및 L.A.)은 모든 주거지역의 건물들은 전기자동차용 충전 소켓을 설치하는 것을 의무화하였다. 유럽에서는 일반 전원계통의 충전은 16A 230V 전원을 사용하므로 약 3.6kW정도이다. 이것이 가장 싼 인프라 형태라 하겠다. 이러한 인프라에는 탑재형 충전기와 일반적인 가정용 플러그와 소켓만이 필요하다. 탑재형 충전기의 가격은 약 2000불 정도이고 소켓 가격은 200불을 넘지 않는다. 그러나 이러한 시스템은 안전성이 문제되기 때문에 그다지 바람직한 시스템은 아니다. 더구나 미국은 가정용 공급전압이 120V이고 일본은 100V이기 때문에 전기자동차에서 충분한 전력을 공급해 주지 못할 것이다. 충전시간도 보통 소형에 12시간에서 14시간 정도 소요된다. 영국의 Coventry에서는 14대의 푸조 106을 탑재형 충전기를 이용해서 단상 13A전원으로 충전하고 있다. 플러그와 소켓은 안전성을 보완해서 새로 설계되어 일반적인 가정용 소켓 위에 추가적으로 설치하였다. 각 충전소의 설치비는 스탠드와 RCD 보호용 계기를 포함해서 약 1120\$ 정도 소요되었다.

2.1.2 커넥터

전 세계적으로 5종류의 커넥터가 사용되고 있으며 Marechal과 IEC309(Mennekes)이 가장 보편적으로 사용되고 있다. IEC309(Mennekes)시스템은 유럽과 미국에서 이미 캠프용 차량이나 항구에서 광범위하게 사용되고 있다. 단상으로 청색, 3상으로 적색이 표시되고 있으며 16A 전류를 받을 수 있다. IEC309는 약간 변경되어 두 개의 추가적인 커넥션을 가지고 있다. 이 두 개의 추가적인 커넥션이 있으면 일반 충전을 차량이 할 수 있으며 콘트롤 파이롯트선이 있으면 32A 충전이 가능해서 좀 더 충전을 빠르게 할 수 있다. 이것의 가격은 차량 탑재 장치의 경우 약 3000 US\$정도이고 별

차 장치(소켓과 스탠드)는 500 US\$이다.

Marechal은 비싼 커넥터로 알려져 있으나 높은 전압에도 가능하기 때문에 어느 정도 수공이 가는 가격이다. 이것의 단점은 상당히 무겁고 사용하기에 불편하다는 것이다. 이것은 런던에 있는 Camden 구청의 전기자동차 버스 운행에 사용되고 있다.

2.2 전기 판매 가격

이 절에서는 슈퍼마켓이나 식당에서 충전기를 설치해 전기를 판매해서 3년 이내 투자금의 회수가 가능한지를 한 번 검토해 보고자 한다. 슈퍼마켓이나 식당은 충전기를 설치함으로써 고객 유치를 꾀할 수도 있을 것이다. 먼저 고려하고자 하는 것은 전기구매가격을 포함한 설치비의 총규모이다. 이것은 나라마다 다르기 때문에 투자비 대 회수율을 분석해서 대략적인 검토를 하고자 한다. Wavedriver 충전기를 설치할 경우를 가정해서 총 투자비를 계산해 보자.

먼저 전기요금은 10 cents/kWh로 가정한다. 일반적으로 영국에서 슈퍼마켓은 전기 용량이 200kWe 이고 차 한 대당 충전 용량은 약 10kWh이다. 3대의 충전소가 슈퍼마켓에 설치된다고 해도 총 전기용량에 비하면 이것은 그다지 큰 부담이 되지는 않을 것이다. 그러나 식당은 전기용량이 대부분 5에서 10kWe 정도이므로 식당 밖에 전기자동차용 충전소를 설치한다면 용량이 배이상 증가하게 된다. 사용빈도 또한 EV 인프라 투자자들에게는 투자비 회수의 중요 요인이다. 먼저 전기자동차가 많이 보급되기 전에는 총 시간의 10%정도 사용되면 많이 사용하는 것으로 보면 된다. 전기자동차가 보급된다고 하더라도 가게가 문을 닫은 심야에서는 사용되기가 극히 어렵다. 유지비는 현재까지 잘 알려지지 않았으므로 매년 전체 설치비의 10%정도로 계산한다. 위의 가정 하에 계산해 보면 다음과 같은 결과를 가진다.

10년 수명으로 볼 때 : 16 cents/kWh
5년 수명으로 볼 때 : 18 cents/kWh
3년 수명으로 볼 때 : 21 cents/kWh

1. 민감도(sensitivity) 분석

설치비는 매우 유동적이고 잘 모르기 때문에 변수가 변함에 따라 어느정도 영향을 미치는지 센시티브티 분석을 통해서 보여주고자 한다.

1.1 설치비 변동

충전기가 탑재되어 있고 설치비가 2000US\$라고 가정하고 5년 수명으로 본다면 13cents/kWh 이다. 전기자동차에 공급하는 장치는 단순히 플러그와 RCD 보호 계기뿐이며 가격은 약 320US\$이다.

1.2 급속 충전

Norvik은 별칭형 충전 시스템이며 용량은 150kW이다. 이것은 급속 충전 차량과 대형 버스나 트럭에 적합할 것이다. 이 시스템은 과충전을 방지하기 위해서 전기의 상태를 계속해서 감지하고 충전 효율을 높이기 위한 "SMART"라는 시스템을 포함하고 있다. 이러한 부가적인 기능 때문에 150kW 충전기의 가격이 106,000 US\$나 된다. 따라서 5년 수명으로 보고 이것을 다시 계산하면 40cents/kWh가 된다.

1.3 사용 연도

현실적으로 충전기의 사용은 10%이상일 것이다. 사용 빈도를 30%로 보고 센시티브티 분석을 해보면 5년 수명으로 볼 때 20 cents/kWh 이다.

1.4 전기 요금

전기 구매 요금을 가정 요금의 반으로 보면 (5cents/kWh) 5년 수명일 때 13cents/kWh가 된다. 이러한 전기요금은 사용 시간대에 따라 다를 수 있다. 즉 주간이 야간보다는 더 비쌀 것이다.

2.3 설치비

설치비는 지역에 따라 틀리며 설치되는 충전기 개수에 따라 틀린다. 주거지역에 설치되는 충전기의 설치비와 공공지역에 설치되는 충전기의 설치비는 매우 다르다. 전원계통과 서비스 판넬 보강비도 설치비에 고려되어야 하며 새로운 전선을 깔고 그에 따른 트랜치 공사비등도 포함되어야 한다. 어떤 지역에 설치하느냐에 따라 설치비는 굉장히 영향을 받을 수 있으며 설치비에 영향을 미치는 요인은 다음과 같다.

- 안전성 : 충전기는 가연성이나 폭발성이 있는 물질이 있는 곳과는 멀리 떨어져 설치되어야 한다. 잠재적인 범죄 대비책과 보안등의 설치도 필수적이다.
- 편리성 : 건물 가까이 설치되어 특히 장애자를 포함해서 사용이 용이하여야 한다.
- 전원계통의 근접성 : 전원계통이나 변압기 근처에 설치함으로써 필요한 전선 설치비를 줄일 수 있다.
- 케이블 관리 : 케이블은 보행자들에게 위험을 야기시키지 말아야 하며 사용 후에는 케이블을 다시 되감는다는지 하는 기능이 있어야 한다.
- 도로변의 정지선 : 차량이 부주의로 충전소를 들이박는 경우를 방지하여야 한다.
- 표시판 및 시각성 : 표준 표시판 작업이 ISO Working Group 5에서 진행되고 있으며 이러한 표시판이 충전하고 있는 차량 위 충분히 높은 위치에 설치되어야 한다.
- 미관성 : 지하로 매설한다든지등의 주변환경과 조화를 이루어야만 한다.

이상을 고려한 대략적인 설치비를 표 1에 나타내었다. 설치하기 전에 먼저 설치지역의 조사 및 평가가 이루어져서 총 소요경비를 산출하여야 한다. 그리고 여러 가지 제반 인허가 비용이 무엇인지 검토되어야 한다. 준비단계가 완료되면 기초 건설공사가 시작된다. 트랜치를 파고 케이블을 깔고 변압기의 용량을 증가시키거나 새로운 변압기를 서리하는 등의 전원계통 보강작업등을 한다. 이러한 비용은 지면 상태에 따라 많은 비용이 소요될 수도 있다.

표 1 설치비 예

항목	가격(US\$)
인허가	30~100
판넬보드	350~1300
환기(실내 설치시)	750
변압기	3600~4800
케이블/관/케이블조인트	\$3/ft~\$20/ft
전등	580~2500(전등당)
기타 (도로포장,방지막,표지판,미관성등)	0~1000(충전소당)

Southern California Edison 전력회사의 보고에 따르면 평균 차량당 설치비가 1812 US\$이다.

3. 결 론

1. 충전설비의 가격은 사용기술에 따라 상당히 다르다. 전지 상태를 감지하는 기능이 있는 급속 충전기가 가장 비싸며 가정용 전원을 사용하는 것이 가장 싸다. 그러나 후자는 전원계통에서의 전력질을 떨어뜨리는 문제를 야기시킬 수 있으며 적합한 조치가 이루어지지 않았

을 경우에는 전지에 손상을 미칠수 있다.

2. 충전기의 양산 체계가 이루어져서 가격이 낮아지면 충전소 네트워크 형성도 기존 차량의 주유소 건설만큼 경제성이 있을 것이다.

3. 슈퍼마켓이나 회사등에 충전설비를 하는 것이 그다지 수익성이 없는 것이 아니다. 즉 특별히 선정된 전기 요금에 일반 사용자가 충전한다면 충전기를 설치해서 판매하는 자나 사용자 모두가 이득을 볼 수 있다는 것을 앞에서 보여 주었다.

4. 차량 충전형태가 바뀔 수 있다. 즉 기존의 주유소 형태의 충전소에서 급속충전을 하는 것보다는 식당이나 슈퍼마켓등 자신들이 볼일을 보는 동안 충전하는 형태가 보편화 될 수 있다. 급속 충전은 앞에서도 언급했듯이 투자비가 상당히 많이 들기 때문에 보편화하기에는 어려움이 따를 것으로 생각된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 하회두, "전기자동차 Infrastructure 구축연구", 1998. 9. 30. 과학기술부
- [2] "EV charging Facility Installation Guideline 1997", Southern California Edison.
- [3] "EV Community Market Launch Manual", A Guide to Prepare your Community for EVs, Dec. 1995. US ETC/EVVA/DOE/DOT.