

Global Report

전기 자동차 열부하 저감 기술

1. 개요
2. Enhancing thermal storage.
3. Reducing thermal load

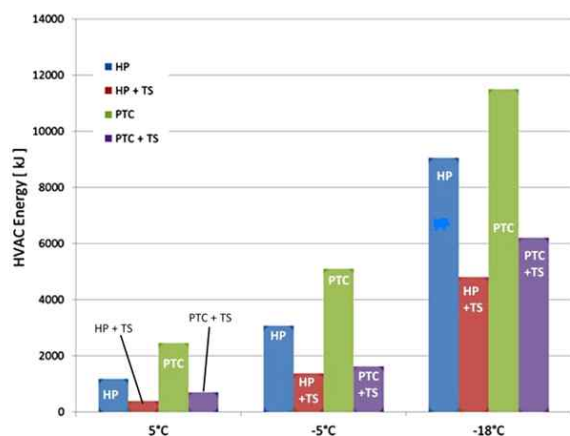
1. 개요

순수배터리 전기자동차 (BEV)가 자동차시장에 진입하려면 자동차 실내 히터, 환기 및 에어컨 (HVAC)에서 발생하는 50-60%의 에너지손실을 해결해야 한다. 겨울철의 난방과 여름철의 냉방은 전기자동차 배터리에 저장되어 있는 전기에너지 소모에 큰 영향을 끼친다. 이에 대한 수많은 발표되고 혁신적인 시스템이 개발 차량에 탑재되었으나 시스템이 복잡해지고 비용 상승의 문제가 발생한다. 최근의 SAE WCX 2018 회의에서 심플하고 비용측면에서 효율적인 대안이 2편 발표되었다.

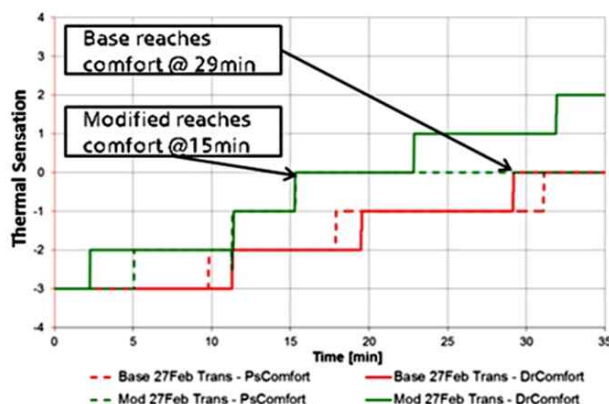
첫번째 해결책은 에너지저장 용량을 증가시켜 자동차 실내에서 발생하는 열손실을 커버하는 것이다. 다른 하나는 겨울철과 여름철 냉난방부하를 줄이는 것인데 이는 작거나 동일한 용량의 배터리 팩을 사용하여 활용범위를 연장해서 자동차 실내를 좀 더 빠르게 쾌적하게 유지하는 기술이다.

2. 열에너지 저장용량 개선 (Enhancing thermal storage)

비용과 차량 크기가 주된 인자가 아닌 경우, 배터리 팩의 용량을 증가시켜서 자동차 실내의 온습도쾌적성을 유지하고 일충전 주행거리도 확보할 수 있다. 열펌프 시스템을 설치하는 것도 또 다른 해결방법일 수 있다. 예를 들어, Toyota의 현재 Prius Prime 플러그인하이브리드 전기자동차(PHEV)는 액가스 분리기술을 이용하여 -10°C (14°F)까지 쿨다운할 수 있는 고성능 히트 펌프 시스템이 장착되어 있다. 자동차 히트 펌프는 주변 온도가 낮아질수록 냉매의 유동량이 감소해서 일반적으로 0°C (32°F)까지만 온도가 내려가지 않는다. 프라임에 액가스 분리 기술은 배터리 팩의 에너지가 부족한 경우 차량의 가솔린 엔진으로 차실내 열을 공급할 수 있는 테스트베드로도 사용되고 있다.



<그림1 thermal-collection-storage-graph>



<그림2 nrel-faster-to-comfort-graph>

한온시스템은 현대기아 북미기술센터(Hyundai-Kia America Technical Center)와 DoE NREL (National Renewable Energy Laboratory)과 공동으로 2015년부터 Kia Soul BEV 프로젝트를 시작하였다. Soul EV는 출퇴근계층과 지역에 한정되어 운행하는 수요층을 위해 75-100 마일 (120-160 km) 주행이 가능한 보급형 BEV를 판매하고 있는데 추운 겨울과 더운 여름에는 상당한 주행거리감소 문제가 있다.

한온시스템기술위원인 John J. Meyer 박사는 WCX발표에서 기존의 PTC히터 외에도 Soul BEV는 이미 최대 주행거리 확보를 위한 모든 기술이 적용 중이고 히트 펌프, 열선시트, 열선 스티어링휠, 충전 중 실내공조냉난방, 부분 재순환 냉방, 듀얼 존 및 드라이버 전용 HVAC, Eco BEV Mode 그리고 공랭식 배터리 냉각장치 등이 개발 장착되고 있다고 설명하였다. 또한, 현재 Meyer는 별도 열에너지저장장치에도 관심을 가지고 있다

Meyer는 Soul EV에 설치된 히트펌프는 열손실을 30-40% 줄일 수 있어서 공조장치를 작동한 상태에서 100miles를 운행할 수 있는 순수 전기차가 약 60% 또는 60miles (96km) 주행이 가능하다고 주장했다. 그러나 히트 펌프 추가 장착으로 인해 원가상승, 복잡성, Package문제를 유발할 수 있고 냉매 충전량 또한 증가되므로 히트 펌프가 최선의 선택이 아닐 수 있다. 결과적으로 미국 시장 차량 중인 히트 펌프는 주로 R-134a를 냉매로 사용되고 있는데 R-1234yf보다 원가가 1/10로 저렴하기 때문이다. 열교환기, 다중유로배관이 있는 히트펌프는 유동 냉매량이 거의 두 배가 되지만, Soul EV는 냉매유동량이 33 온스(900g)이고 히트 펌프가 없는 경우는 19 온스(550g)이다. 게다가, 미국환경보호국 (EPA) 규정에 따르면 신차에 사용할 수 있는 R-134a는 2021년이면 종료된다.

한온시스템에서는 Soul EV에 열 교환기의 냉매량이 2L(0.5 gal)인 2개의 valve-connectible glycol 냉각수라인이 있다. 여기에는 열교환기인 캐빈 프리컨디셔닝 히터코어와 냉각수를 가열하는 1500W 전기 히터가 장착되어 있다. 차량 운전 중에는 전기공급을 차단하고 난방 시스템은 저장된 열에너지와 외부로 방출되는 모터 / 전자 회로의 에너지를 회수하여 사용한다.

Meyer박사는 일반적인 순수전기차(BEV)를 대상으로 EPA UDDS 드라이브사이클로 40분 동안 50km (30mi)주행을 총 3회 풍동에서 시험평가하였다. 배터리팩은 완충전이고, 초기 HVAC온도는 22°C (72 °F)로 설정하였으며, 시험온도는 5°C (41°F), -5°C (23°F) 및 -18°C (0°F)였다.

각각의 시험결과, 시험온도에서의 히트펌프 열에너지 사용량이 PTC 히터보다 많았고 히트펌프는 열저장장치가 연결된 경우에만 작동하였다. 주행거리에 민감한 BEV는 단거리운전의 경우 PTC 히터와 열에너지저장시스템 조합이 효율적이고 장거리 운전의 경우, 아직 데이터가 나오지 않았지만 히트 펌프가 주로 작동할 것으로 예측된다.

3. 열부하 저감 (Reducing thermal load)

NREL에서는 자동차 공조장치 열부하 저감기술 개발 과제를 통해 동절기와 하절기에 평균 20% 전기자동차 주행거리 향상결과를 도출했다고 Jason Lustbader 연구원이 설명하였다. 이 결과는 Soul BEV에 해당되는 Small BEVs 75-100mi 열부하 저감 요구조건보다 높다. 본 연구에서는 plug-in hybrids (PHEVs)을 사용하였다. 과제 1단계에서는 현재의 상용기술을 모델베이스로 연구하였고 2단계에서는 Hyundai Sonata PHEV에 적용해서 EPA city/highway drive cycles로 실차평가를 하였다. 2차종의 Sonata PHEVs를 사용하였는데 하나는 개선 전, 다른 하나는 special thermal reduction package를 장착하여 시험하였다. Special thermal reduction package에는 Pittsburgh Plate Glass에서 공급한 열선유리와 태양열차단유리(solar reflective glass)가 장착되어 있다. 또한 Gentherm에서 공급한 solar reflective paint기술이 적용되어 있고, 운전자 보조 열선(heated surfaces around the driver), 측면유리 성애제거장치(door glass demisters), 그리고 열선시트(climate-controlled seats)가 추가되어 있다. 동절기에는 2017년 2월말 알래스카 Fairbank(최고온도 -7°C) 하절기에는 캘리포니아 모하비 (38~50°C)에서 시험하였다. 알래스카에서 의미있는 시험결과를 도출하였는데, 전면창유리 열선을 사용한 경우 0.1kWh의 전기를 사용하여 6분 만에 서리를 제거하였지만 서리제거장치(Defroster)를 통해서는 2.6kWh의 열을 사용해서 19분 만에 서리를 제거하였다. 차실내 쾌적성은 승객의 감성을 기초로 측정하였다. 연구결과에 따르면 운전자와 동승자는 설정온도를 낮추고 HVAC작동을 감소시켜서 에너지 소비를 절감하였다. 동절기 시험에서 Sonata는 15분만에 쾌적성을 만족시켰고 열부하저감장치 (Thermal Loading Improvement)를 장착하지 않은 경우는 29분이 소요되었다. 하절기 시험은 모하비에서 수행하였는데, 열부하 저감장치를 장착한 경우 그렇지 않은 경우에 비해 BEV 주행거리가 11.4% 증가하였고 에어컨사용에 따른 에너지 소비도 23.7% 감소하였다. 기타 실내챔버 시험에서도 열부하 감소효과와 신속한 쾌적성을 확인할 수 있었다. NREL에서는 미국전역에서 열부하 시험과 연구를 진행할 예정인데 한온시스템과의 공동연구와 같이 비용절감과 동시에 온난화를 막을 수 있는 효과적인 전략을 추진할 것이고 배터리 소형경량화와 주행거리증가를 요구하는 소비자의 니즈에 부합한 연구를 진행할 예정이다.