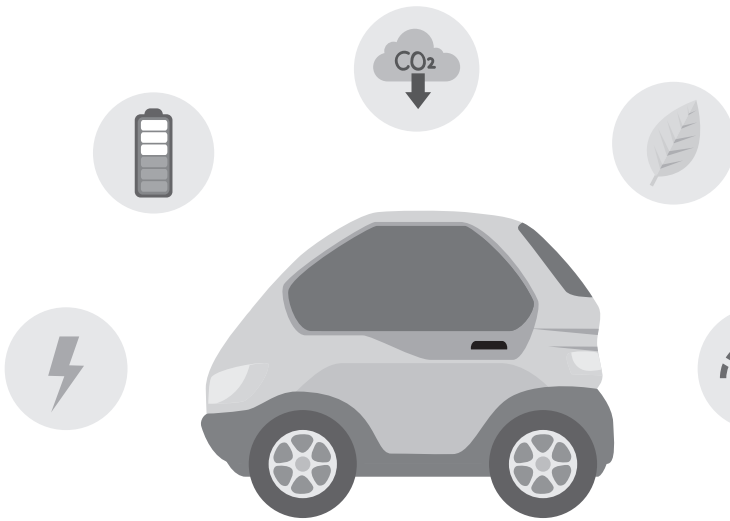


EV 통합 열관리 기술 동향 및 미래 Trend

Future Trends of EV's Integrated Thermal Management and Technology



각국의 CO₂ 규제 및 연비 규제 강화로 인해, EV의 개발 및 판매가 가속화되고 있다. EV 차량 특성상 열관리가 매우 중요하게 대두되고 있다.

전기차(EV : Electric Vehicle)의 경우 기존 내연기관 차량 대비 배터리, 모터 및 전력변환장치(PE : Power Electric) 등의 부품이 신규로 탑재되고, 반면 엔진이 사라지게 된다. 기존의 엔진 차량의 경우 열관리가 연비에 차지하는 비중이 2~7%라고 통상 알려져 있다. 반면 전기차의 경우 차량 및 외부 온도에 따라 차이가 날 수 있지만, 그 차이가 20~60%로 보여진다. 그 이유는 내연기관 차량의 경우 실내 난방을 냉각수 폐열을 이용하기 때문에, 연비에 큰 영향을 주지 않는다. 냉방의 경우도 엔진의 운동 에너지를 에어컨 컴프레서가 벨트를 통해 전달받아 사용하는 구조로, 냉방에 사용되는 에너지는 상대적으로 적은량이라 할 수 있다. 반면 EV의 경우 난방을 위해서는 신규 에너지가 필요하며, 냉방을 위한 에너지 또

향후 미래에는 전기차 시대라고 할 수 있다. 현재도 많은 전기차들이 달리고 있다. 전기차 시대가 도래하면서, 열관리 부문은 기존 내연기관 차량 대비 더욱 중요해지고 있으며, 또한 현재 계속 발전하고 있다. 본 고에서는 EV의 현재까지 열관리 기술 동향과 미래를 위해 필요한 기술을 제시하고자 한다.

오만주
현대자동차
Manju Oh
Hyundai Motor Company



한 상대적으로 큰 비중을 차지한다.

본 고에서는 전기차의 열관리 개념과 통합 열관리가 필요한 이유를 설명하고, 현재의 트렌드 및 향후 개발 방향에 대해 고민해 보고자 한다.

열관리 통합 회로

EV의 열관리는 통상 5개의 회로로 구성된다.

첫번째로 전력변환 기구와 모터를 냉각시킬 수 있는 PE 냉각 회로이다. 통상 라디에이터를 이용하여 냉각수로 PE를 냉각시키고 PE에서 발생한 폐열을 난방으로 이용할 수 있도록 열 교환기와 밸브가 회로에 구성된다.

두번째는 배터리를 냉각 및 승온시키는 회로이다. 배터리의 온도가 고온일 때 내구 성능이 저하되므로, 배터리를 적정온

도를 유지하기 위해 냉각시켜야 된다. 냉각시켜야 되는 배터리 온도가 외기온 대비 차이가 크지 않은 경우 에어컨 냉매를 이용한 칠러를 사용하는 모드와 외부 온도와 배터리 온도의 차이가 클 경우 즉 외기온이 낮은 경우 라디에이터로 냉각하는 모드가 있다. 또한 배터리 열관리 회로는 급속충전 성능 확보 및 동절기 출력 저하를 방지하기 위해 승온 기능이 필요하다. 따라서 배터리 승온을 위해 냉각수 가열 히터가 작동하는 배터리 승온 모드가 필요하다.

세번째는 난방 회로이다. 실내를 난방하기 위해 공기 가열식 PTC 히터를 사용하는 경우와, 냉각수 가열 히터를 사용하여 난방과 배터리 승온을 동시에 하는 경우가 있다. 또한 Heat Pump의 실내 방열기를 이용하는 경우도 있다.

네번째는 냉매 회로이다. 기존 내연기관 차량의 경우 냉매 회로는 실내 냉방을 위한 에어컨 회로였다. 하지만 전기차에서는 실내 냉방 이외에도 배터리 냉각, 자율주행 컴퓨터 냉각을 위한 냉각 모드와 난방을 위한 Heat Pump 회로가 추가된다. 냉매 회로는 폐열 회수를 통한 난방 및 적절한 냉방 성능의 배분이 필요하여 그 기능이 더욱 더 복잡해지고 있다.

마지막으로 컴퓨팅 냉각이다. 이 부분은 자율주행 차량이 구성되면 반드시 필요한 부분으로 냉각 및 승온 기능에 대한 구체적인 사항은 현재 검토중에 있다.

열관리 회로의 가장 큰 문제는 상기 회로는 각기 독립적으로 구성되지 않는다는 것이다. 각 회로는 유기적으로 연결되며, 기능이 추가될수록 더욱 복잡해진다.

〈그림 1〉과 같이 냉각을 위해서는 외기온을 이용한 냉각과 냉매를 이용한 냉각이 있다. 외기온을 이용한 냉각 방법에는 PE, 배터리, 컴퓨팅, 냉매 회로가 각각 방열기를 구성하여 사용하는 방법과 회로를 공유하여 방열기를 공용으로 사용하는 방법이 있다. 냉매를 이용하는 방법에는 칠러를 이용해 냉각수 온도를 낮추는 방법을 적용하고 있으며, 배터리, 자율주행 컴퓨팅, 실내 냉방 회로에서 모두 공유하고 있다. 또한 난방 및 승온을 위해서는 Heat Pump 회로가 각 회로에 연결되어 폐열을 흡수하는 구조로 구성된다. 각 모드는 통상 7~14개의 모드로 작동된다.

통합 회로의 사례를 보면 그림과 같이 복잡한 회로와 수많은

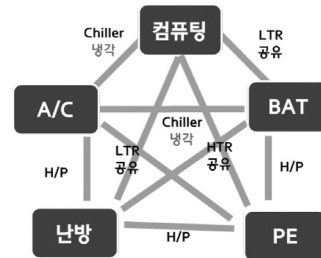


그림 1. 열관리 회로 상호 연관성

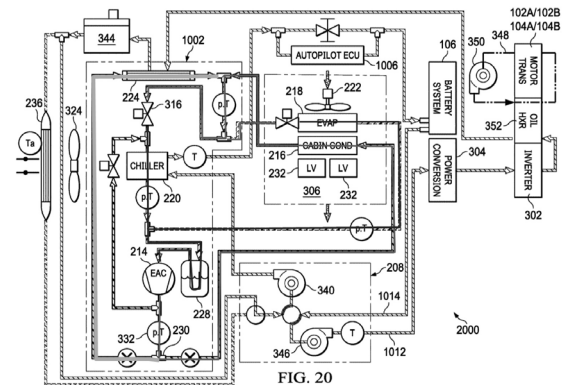


그림 2. Tesla model Y 냉매 회로 (특허)

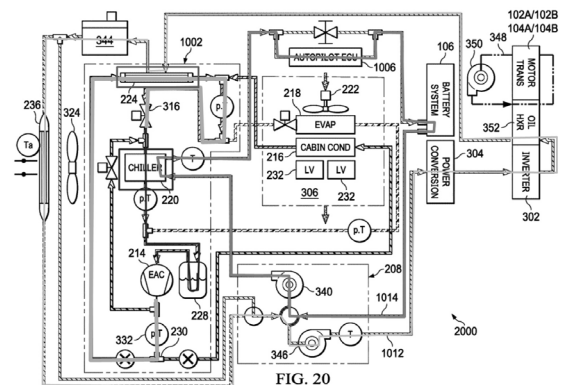


그림 3. Tesla model Y 냉각수 회로 (특허)

은 Valve, Pump, 열교환기로 구성된다.

EV의 종류 및 용도에 따라 배터리, 전력 변환기, 모터의 발열 용량이 다를 것이며, 냉각 요구 용량 또한 다양하다. 이에 따라 최적 회로도 각기 달라진다.

열관리 부품을 가장 적게 사용하면서 최적의 모드를 구성할 수 있는 회로가 가장 좋은 회로라고 할 수 있을 것이다. 따라서 각 회사마다 독자적인 회로를 개발하기 위해 활발한 연구가 진행되고 있으며, 계속 진화되고 있는 분야이다.

모듈화

열관리 기술 분야 중 다음으로 중요한 부분은 부품을 통합하는 모듈화이다. 모듈화의 목적은 공장 자동화율을 상승시켜 조립 원가를 낮추고, 복잡한 사양 관리를 모듈 내에서 가능 하도록 함으로써 다품종 소량 생산을 효율적으로 하기 위함이다.

EV의 특성에 따라 회로가 정해지면 다음 단계로 모듈화를 위한 모듈의 범위를 정해야 한다. 모듈화 범위에 따라 모듈내 부품의 배치 및 구조가 정해진다. 특히 통합 열관리 회로는 앞서 언급한 것처럼 매우 복잡할 수 밖에 없다. 복잡한 회로를 부품간 연결을 호스와 파이프로 조립하면 많은 공간이 필요할 것이며, 또한 협소한 공간으로 인해 작업이 난이하거나 불가능하다. 따라서 모듈화를 통해 회로의 연결부위를 최대한 삭제하고 단순하게 만드는 것이 필요하다. 다수의 호스와 파이프로 구성된 복잡한 회로를 모듈화를 통하여 일체화한 사례는 <그림 5>와 같다.

일부 메이커의 경우, 통합 열관리 모듈의 범위를 차량 설계의 가장 높은 순위에 두고 열관리 부품을 대부분 모듈화하였다. 모듈화는 부품 간 통합으로 시스템이 차지하는 부피를 줄여 레이아웃을 개선하는 효과가 있다. 하지만 여러 부품이 통합된 모듈은 그 자체의 부피로 인해 차량 전체의 레이아웃 관점에서 우선 검토되어야 한다.

이러한 결과로 <그림 7>과 같이 열관리 모듈의 배치에 따라 기존과 전혀 다른 차량 PE룸 내부 구조가 개발되고 있다.

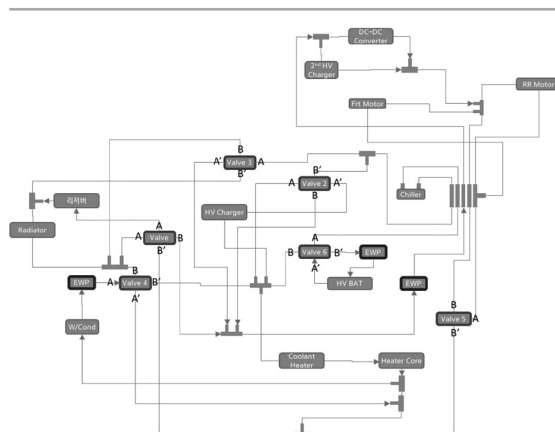


그림 4. Taycan 4S 냉각수 회로

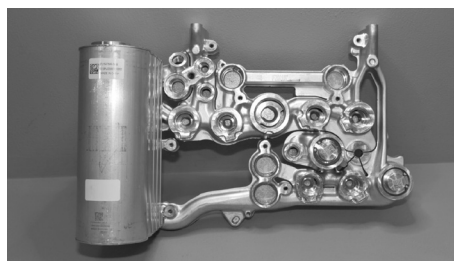


그림 5. Model Y 냉매 유로 Manifold

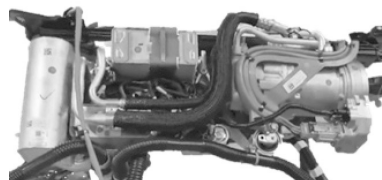


그림 6. Model Y 열관리 모듈



그림 7. Model Y PE룸 구조

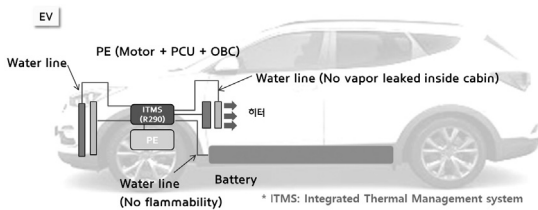


그림 8. R290 Secondary loop system

주행거리 향상

EV의 많은 장점에도 불구하고, 단점 중 하나는 공조 사용에 따른 동절기 주행거리가 많이 줄어 든다는 점이다. 따라서 이를 극복하기 위해 다양한 기술이 개발되고 있다.

첫번째로 가장 활발하게 개발되는 분야가 Heat Pump라 할 수 있다. Heat Pump의 효율을 증대하기 위해서는 폐열을 효과적으로 회수하는 것이 중요하다. 외부 공기, PE, 배터리 작동 조건에 따라 가장 효과적인 폐열 회수 부분을 선택하여 작동할 수 있는 회로와 냉매 미세 제어를 위한 밸브 개발이 시급하다. 또한 복잡한 회로로 인한 원가 상승을 최소화하는 모듈 구조의 개발도 동시에 진행되어야 한다.

두번째로 개발되고 있는 기술은 Heat Pump에 최적화된 신규 냉매를 사용하는 시스템의 개발이다. 현재의 R1234yf 냉매의 경우 Heat Pump 성능이 떨어지는 냉매일 뿐만 아니라 가격이 매우 비싼 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 자연 냉매(R290, R744) 시스템의 개발이 필요하며, EU, 중국 및 인도 지



그림 9. 복사 난방

역에서 활발히 개발 중이다.

세번째는 분야는 새로운 난방 방식의 개발이다. 공기를 가열하여 실내의 온도를 상승시키는 기존의 시스템은 기본적으로 가열된 실내 공기가 외부로 배출되는 환기 손실이 발생되며, 탑승자에게 효과적으로 열기를 전달하기에 비효율적이다. 따라서 적은 에너지로 온열감을 상승시킬 수 있는 근접, 복사 난방 개발이 필요하다.

자율주행 차량 대응

자율 주행의 시대에는 차량 외부 및 실내 형태가 많이 변하게 된다. 시트는 지금까지와는 전혀 다르게 변화될 것이며, 이에 따른 신규 공조장치 구조, 덕트 및 송풍구의 배치와 구조에 대한 신규 컨셉 개발이 필요하다. 또한 개인별 독립 공간과 다목적 공간을 위한 구조가 요구되며, 이를 구현하기 위한 새로운 열쾌적 컨셉의 개발이 진행되어야 한다.

EV에서는 기존과 전혀 다른 대상을 위한 열관리가 필요하고, 또한 컨셉의 시스템 개발이 요구된다. 즉 기존의 Thermostat 형태의 기계적 열관리 시스템 컨셉은 전기차에 적용하기는 불가능하다. 전기차의 열관리 회로는 마치 전기 장치의 PCB와 같은 형태라고 할 수 있다. 복잡한 회로가 필요하며, 집적화된 하나의 모듈 형태, 스마트한 제어가 필요하다. 회로의 기술로 본다면 현재는 아직 주류 기술이 결정되지 않은 춘추전국시대와 흡사하다고 생각된다. 또한 차량 실내의 형태가 변화됨에 따라, 적합한 열관리 회로 컨셉이 개발되어야 된다. 상기의 이유로 기존 컨셉에 얽매이지 않은 신생 스타트업이 오히려 개발에 유리할 수 있다.

전기차 통합 열관리 기술 분야는 큰 변화가 필요한 것은 분명하고, 현재 개발이 활발히 진행되고 있으며, 앞으로 더욱 가속화 될 것으로 보인다.

오만주 한국자동차공학회 미래자동차통합열관리연구회 위원장 : manjuoh@hyundai.com