

전기차 파워트레인의 기술 동향과 발전 전망

전기차에도 변속기가 사용될 것인가?



김정윤 교수/공학박사
파워트레인 및 차량동역학 연구실
대구가톨릭대학교 미래자동차공학과
Tel: 053-850-2714
E-mail: kjungyun@cu.ac.kr

전 세계적으로 전기자동차가 머지않아 내연기관 자동차를 대체할 것이라는 데에는 누구도 의심의 여지가 없다. 초창기 모델부터 전기차 파워트레인(동력전달계)은 내연기관과는 다른 전기모터의 구동력 특성(저속도-고토크) 때문에 대부분 감속기를 사용한 단순한 구조를 채용하였다.

전기차 파워트레인의 기술 동향

전 세계적으로 전기자동차가 머지않아 내연기관 자동차를 대체할 것이라는 데에는 누구도 의심의 여지가 없다. 초창기 모델부터 전기차 파워트레인(동력전달계)은 내연기관과는 다른 전기모터의 구동력 특성(저속도-고토크) 때문에 대부분 감속기를 사용한 단순한 구조를 채용하였다. 이러한 감속기에 주로 사용되는 외치차는 그 구조와 패키징(packaging)이 간단하고 동력전달 효율이 매우 높으며 비용이 저렴한 장점이 있다. 하지만 전기차의 동력성능에 대한 소비자의 요구가 커지면서 모터의 운전전압 및 용량, 회전속도가 증가하게 되고 이로써 감속비가 커지면서 파워트레인의 구조가 복잡해지고 있다. 최근에는 전륜과 후륜에 별도의 구동모터를 사용하거나 후륜 양쪽 바퀴에 독립 구동모터를 연결하여 2개 이상의 구동 모터를 사용하는 구조도 발표되고 있다. 이렇듯 다소 복잡해지는 파워트레인의 구조변화는 전기차의 구동 성능을 높이고 전기모터의 효율적인 구동을 통한 차량의 주행거리 연장이 가장 큰 이유이다.

국내에서도 현대자동차에서 전륜과 후륜에 구동모터를 각각 사용하여 상시 4륜구동이 가능한 아이오닉5를 2021년에 출시하였다. 아이오닉5에 적용된 전기차 전용 플랫폼 E-GMP는 특히 전륜 감속기에 마치 자동화수동변속기(AMT: Automated Manual Transmission)처럼 도그클러치와 모터 액츄에이터를 사용한 디스크백터를 적용하여 차량의 요구동력성능에 따라 2WD와 4WD 구동방식을 전환해서 차량의 동력효율과 주행거리를 향상할 수 있도록 하였다.[그림 1]

전기차 파워트레인의 기어비 증가와 고급 차량동역학 성능 요구
전기차에서 최근 10 이상으로 커지고 있는 감속 기어비(총감속비 포함)를 외치차로 구현하려면 감속기 크기가 커지고 다수의 기어 열로 인한 축 배열 등 구조 및 레이아웃에서 불리한 점이 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 유성기어를 사용한 동축(Co-axial) 구조의 감속기가 검토되고 있으나 다소 복잡한 구조와 비싼 가격 문제를 해결하는 것이 필요하다. 최근에는 고가의 전기차에 유성기어를 사용한 2단 변속기를 적용하여 감속기의 한계를 극복하거나 양 바퀴에 각각의 구동모터를 장착하여 좌우 독립 구동이 가능한 제품도 발표되고 있다.[그림 2, 3]

유성기어는 작은 부피로 큰 감속비를 만들 수 있고 파크기어, 클러치와 같은 변속 기구와 연결하면 전기차에서 EMB(Electro-Mechanical Brake)를 이용하거나 ECU(Electronic Control Unit) 소프트웨어 알고리즘을 통해 구현하는 크립(Creep), 힐-홀드(Hill-hold) 등의 기능을 보다 안정적으로 하드웨어로 구현할 수 있다. 또한 클러치와 유성기어의 조합은 고급 차량동역학 성능인 TCS(Traction Control System), LSD(Limited Slip Differential), 토크 벡터링(Torque vectoring)을 구현하기에도 유리하다. 특히 전기차 파워트레인 레이아웃의 종착점인 인

AWD 디스크백터 시스템의 구성



클러치 부분
도그 클러치부 연결/해제를 통해 도로 상황에 맞게 4WD/2WD 구현

액츄에이터 부분
* 디스크백터 모터(검은색 부분)는 발생 전류를 회전 토크로 전환
* 볼스크류는 모터 회전을 축방향 움직임으로 전환

디프 ASSY
동력의 흐름을 필요 전달하는 역할

그림 1. 현대 트랜시스 AWD 디스크백터 시스템

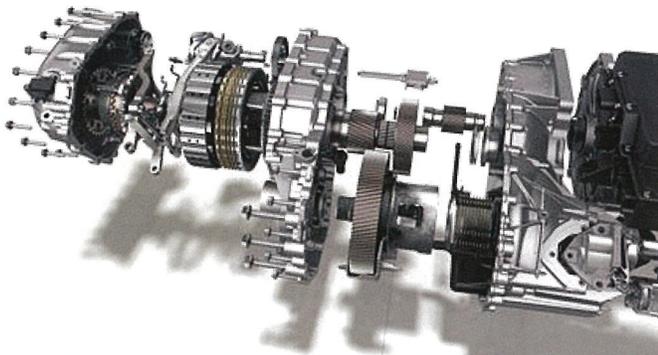


그림 2. 포르세 전기차 타이칸의 후륜 2단 변속기

Audi e-tron S Sportback

Elektrischer Antriebsstrang
Electric drivetrain
07/20

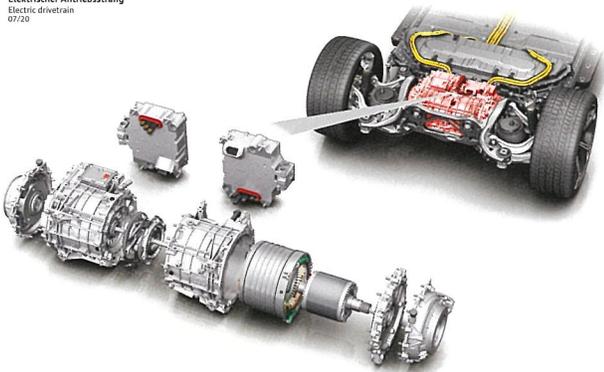


그림 3. 아우디 e-tron 스포츠백 후륜 구동장치

휠 차랑을 고려하면 유성기어를 사용한 동축(Co-axial) 구조의 감속기 또는 변속기의 장착이 곧 이루어질 것으로 예상된다.

배터리 가격과 전기차 전비향상의 압박

최근 출시된 전기차 대부분의 1회 충전 주행거리가 500km 안팎에 이르면서 '500km 주행 전기차'가 대중화되었으며 글로벌 완성차 업체들은 주행거리를 지금의 두 배 수준인 1000km로 늘리기 위해 앞다퉈 투자에 나서고 있다. 배터리를 많이 넣으면 주행거리를 늘릴 수 있지만, 그만큼 차 무게가 늘어나 효율성이 떨어지고 차 가격도 올라갈 수밖에 없다. 이 때문에 배터리 용량을 키우는 것 외에 경량화와 구동계 효율 개선, 공기역학적 디자인, 소프트웨어 최적화 등 종합적인 노력을 하고 있다.

전기차의 주행거리 연장을 위해서 배터리의 성능을 높이면서 배터리의 가격을 낮출 수 없다면 전기차 파워트레인의 동력전달 효율을 높여야 한다. 특히 발전소의 원료가격이 올라가면 발전비용이 증가하게 되어 전기

차 파워트레인의 효율은 매우 중요하게 될 것이 명백하다. 과거에 내연기관 차량의 연비향상 기술이 유가 변동에 따라 크게 발전한 것을 돌이켜 보면 전기요금의 변화에 따른 전기차 전비향상을 위한 파워트레인 기술의 발전도 유사하게 이루어질 것이다.

전기차에 감속기 대신 변속기를 사용하면 차량의 요구 동력성능에 적극적으로 대응할 수 있어 전비향상의 효과가 클 것으로 기대된다. 변속기는 운전자가 요구하는 차량의 구동 성능에 맞추어 전기모터의 작동영역을 다수의 변속 기어비를 통해 고효율영역으로 제한할 수 있어 높은 수준의 동력전달효율 향상이 가능하다. 또한 현재 하이브리드 자동차용 변속기와 부품 공용화가 가능한 장점도 있으나, 변속장치와 구동부(유압식 또는 전기모터식)에 따라 부가적인 동력 소모로 인한 단점을 해결할 수 있도록 레이아웃과 중량, 변속기 효율 향상 등 전기차를 위한 고려가 추가로 필요하다.

변속기를 사용한 차량의 주행 안전성 향상

내연기관 차량은 엔진이나 구동 시스템이 오작동할 때 변속기를 통해 차량의 움직임을 제한하는 림프-홈(Limp-home) 모드로 진입해서 가까운 수리점으로 차량을 옮기거나 견인할 수 있다. 이에 반해 구동모터가 감속기어를 통해 바퀴에 직접 연결된 전기자동차는 모터에 이상이 발생하거나 고장이 났을 때 구동 시스템의 안전을 확보할 수 있는 물리적인 분리장치가 없고, 대부분 ECU 소프트웨어 로직을 통해 모터를 제어하거나 새시부품의 이중화(Redundancy)를 통한 페일-세이프(Fail-safe) 기능을 제공하고 있다.

하지만 감속기를 장착한 전기차는 구동 모터 또는 제어기에 이상이 발생하여 정지 또는 급발진하거나, 페일-세이프 모드에서 운전자가 예상치 못한 가감속의 경우(유령가속)에 모터의 구동력을 물리적으로 연결/해제할 수 있는 장치가 없어 불리한 경우가 많다. 이때 변속기를 사용하면 클러치를 이용해서 비상시 구동 모터와 바퀴 사이의 동력 연결을 제어할 수 있고, 림프-홈 또는 견인 모드로 대응할 수 있으며 클러치 제어를 통한 추가적인 차량 주행 안전성능을 확보할 수 있다.

결론

최근 고급사양의 전기차에 감속기 대신 변속기를 사용한 파워트레인 레이아웃이 발표되고 있다. 이렇듯 전기차에 대해 증가하는 소비자의 구동성능과 주행거리 연장 요구에 대응하는 방법의 하나는 전기차 파워트레인에 현재의 감속기 대신 변속기 장착을 고려하는 것이다. 변속기는 주행 중 차량의 요구동력성능을 구동 모터의 최고효율 영역에서 구현할 수 있어 차량의 전비를 개선할 수 있다. 더불어 변속기의 클러치를 사용하여 차량의 여러 가지 안전 주행기능과 차량의 조종 안전성을 향상할 수 있는 고급 차량동역학 기능을 하드웨어적으로 구현할 수 있다.