

Calorimetric Method를 통한 주행사이클의 PE시스템 손실 추정

김 세 현¹⁾, 박 인 상¹⁾, 김 영 웅¹⁾, 박 철 수²⁾, 안 희 원²⁾, 민 경 덕^{*1)}

서울대학교 기계공학부¹⁾, 현대자동차²⁾

Estimation of PE System Loss in Driving Cycle by Calorimetric Method

Sehyun Kim¹⁾ · Insang Park¹⁾ · Youngwoong Kim¹⁾ · Cheolsoo Park²⁾ · Heewon An²⁾ · Kyoungdoug Min^{*1)}

Division of Mechanical Engineering, Seoul National University¹⁾, Hyundai Motor Company²⁾

Key words : Power electric(PE, 파워 일렉트릭), Multi cycle test(MCT, 다중 주행 사이클 시험), Calorimetric method(칼로리메트릭 방법), Electric vehicle;EV(전기자동차), Coolant(냉각수)

교신저자, E-mail: kadmin@snu.ac.kr

PE시스템은 내연기관차의 엔진과 변속기의 역할을 전기차에서 수행하는 시스템을 말하며 이 시스템은 모터, 인버터, 감속기로 이루어져 있다. PE시스템은 시스템 효율, 공간 효율성, 냉각시스템 단순화 및 원가절감 등의 이유로 3세대에 이르러 일체형으로 구성되었다. 일체형으로 구성되면서 일반적으로 배터리에서 들어가는 전기에너지와 바퀴에서 출력되는 기계적 에너지의 차이를 통해 전체 PE시스템의 손실을 예측하였다. 전체 PE시스템의 손실만 알게 되면 어떤 부품에서 손실이 많이 발생하는지 원인 파악이 불가능하여 효율 개선의 방향성을 잡기 어렵다. 이는 부품의 잘못된 설계 변경으로 인한 비용 낭비가 가능해진다. 또한, 모터, 인버터, 감속기는 각각 필요한 냉각량과 허용 온도가 다르다. 이에 전체 손실만 알면 비효율적인 열관리 설계가 생길 수 있고 특정 부품의 과열 위험을 정확히 예측하기 어렵다.

본 연구에서는 PE 시스템의 손실 모델링을 통해 주행 사이클에 따른 PE 시스템의 손실을 추정하였다. 모터, 인버터, 감속기 각 요소의 손실을 먼저 수식으로 모델링하였다. 모델링 수식은 토크, 각속도, 전류의 함수로 구성되며 각 작동점의 손실을 계산할 수 있다. 각 부품별 손실 분리를 위해 칼로리메트릭 방법으로 접근하였고 유량 센서와 온도 센서를 직접 설치하여 유량과 각 컴포넌트별 온도 차이를 취득하였다. 4축 다이내모미터에서 진행한 실험을 통해 수식에 대한 타당성을 확인하였다. 이를 기반으로 전체 PE시스템의 손실을 분리하였고 다양한 주행 사이클을 모사했을 때 실시간으로 각 부품별 손실을 예측할 수 있다.

이 연구를 통해 PE시스템의 정확한 손실 메커니즘을 분석하는 데 있어 도움이 될 수 있을 것이다. 또한, 열관리 설계에 있어 최적화의 효과를 기대할 수 있다. 특히, 모터의 경우 모터 온도를 정확하게 예측하는 것이 모터의 열 안정성과 최고 성능을 향상하는 데 있어 매우 중요하기 때문에 정확한 모터 손실 예측은 온도 예측의 정확성 향상에 있어서 도움이 될 것이다.