

요지

수소 전기차 추진 시스템으로 사용되는 연료전지 시스템은 일반적으로 고분자 전해질 막 연료전지 스택(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)과 이를 운용하기 위한 주변 운전 장치(Balance of Plant)로 구성되어 있다. 이러한 연료전지 시스템은 차량이 요구하는 전력을 만족시키고 긴 주행거리를 보장해야 할 필요성이 있다. 연료전지 시스템의 성능과 효율은 주변 운전 장치의 운전 조건에 따라 달라지므로 이를 고려하여 운전 전략을 설계하는 것이 중요하다.

그동안 연료전지 시스템의 운전 조건을 최적화하는 방법으로서 시스템의 정적 운전(Static operating)을 가정하는 방법을 많이 사용해 왔다. 그러나 차량용 연료전지 시스템은 다양한 범위를 가진 모터의 요구 전력에 맞게 성능을 최적화해야 한다. 또한 급변하는 요구 전력은 스택의 내구 성능을 저하시킬 수 있기 때문에 이를 고려한 운전 조건이 필요하다.

따라서 본 연구는 다중 도메인 시스템 시뮬레이션(Multi domain system simulation) 기법을 통해 전기화학 기반 연료전지 스택 모델과 열유체역학 기반 주변 운전 장치 모델 그리고 동역학 기반 차량 모델을 통합한다. 차량 수준 시뮬레이션을 이용하면 기존 연료전지 시스템 수준에서 분석할 수 없었던 수소 전기차의 연료 소모량을 최소화하기 위한 운전 조건을 탐색할 수 있다. 설계 변수는 공기 공급 시스템의 산소 과급율과 열 관리 시스템의 스택 온도

이고 차량 시스템의 전력 분배 파라미터이고 설계 목표는 수소 전기차가 WLTC 사이클을 주행하는 동안 사용한 수소 연료 소모량의 최소화이다. 이때, 스택의 내구 성능 저하를 방지하고자 전해질 막 수분 함량의 범위를 두어 제약조건으로 하였다. 최적화를 수행하는 방법으로 계산 비용을 줄이고 전역적 해를 구하기 위해 대체 모델을 이용하였다. 최적화 결과 기본 조건 대비 4.6%의 연료 소모량 감소가 있었다. 이를 통해 차량 수준 시뮬레이션을 이용한 연료전지 시스템 운전 조건 최적 설계 방법의 유효성을 확인할 수 있었다.

