

등가연비 최적화 전략(ECMS)을 적용한

연료전지 하이브리드 트램의 에너지 관리 성능 최적화

김 동 언¹⁾·연 제 휘¹⁾·성 혜 인¹⁾·김 남 옥^{*1)}

한양대학교 기계설계공학과 – BK21 4단계 ERICA-ACE 센터¹⁾

Energy Management Performance Optimization Strategy for

Fuel Cell Hybrid Trams applied ECMS

Dongeon Kim¹⁾ · Jehwi Yeon¹⁾ · Hyein Sung¹⁾ · Namwook Kim^{*1)}

Department of Mechanical Engineering and BK21 FOUR ERICA-ACE Center, Hanyang University¹⁾

Key words : Fuel Cell Hybrid Tram(연료전지 하이브리드 트램), Equivalent Consumption Minimization Strategy(등가 연료 최소화 전략), Rule-based Control(규칙 기반 제어), Predefined Path(사전에 정의된 경로)

* 교신저자, E-mail: nwkim@hanyang.ac.kr

“이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 RS-2024-00421310)”

지구 온난화로 인한 전세계적으로 환경문제에 큰 관심을 가지게 되었고 이에 대응하여 Net zero 등 여러 환경 규제가 시행되고 있는 상태이다. 특히 수송 관련 업계에서는 이 문제를 대해 전동화 파워트레인 개발으로써 대응하고 있으며 기존의 내연기관 시스템에서 벗어나 엔진과 모터가 혼용되는 하이브리드 시스템, 순수 배터리에 의한 모터로만 작동되는 전기 시스템, 배터리 외의 다른 동력원인 연료전지를 사용하는 연료전지 하이브리드 시스템이 발생하게 되었다.

대중교통 중 도시에서 높은 편의성과 효율적인 운송 수단인 트램에서는 해당 변화에 대응하여 활발한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 구조가 간단한 전기 시스템이 초반에 채택되었지만 장거리 주행 상황에서 빠른 충전속도와 높은 주행거리를 충족시켜주는 연료전지 시스템으로 변화가 되는 상황이다. 여기서 연료전지 트램의 효과적인 주행을 위해서 연료전지 시스템의 적절한 동력분배 전략이 요구된다.

동력 분배 전략이란 특정 상황에 따른 두 가지 이상의 에너지원 사이 분배 정도를 결정하는 전략으로, ‘online control’ 과 ‘offline control’ 으로 나뉜다. ‘online control’ 은 외부 정보에 반응하여 그 때 상황에 맞춰 제어 전략을 변화하는 방식이고, ‘offline control’ 은 변화하는 상황에 대응하지 않고 설계자가 시스템에 작동 이전에 설정한 제어 전략을 유지하는 방식이다. 후자의 방식이 더 강건하고 주행 환경이 크게 변화하지 않는 트램에 적용하기 적합하지만, 탑승 승객, 에어컨 및 히트 가동 여부 등 변화하는 요구 에너지에 대응할 필요가 있기에 최종적으로 전자의 방법을 채택하여야 한다.

본 연구는 수소 트램에 적용되는 두가지 방식의 offline control인 규칙 기반 제어 전략과 최적 제어 기반 제어 전략(ECMS)을 맵으로 적용하여 각각의 SOC 밸런싱 조건 만족하는 결과의 연비 성능비교를 진행하였다. 규칙 기반 제어 전략의 합리적 적용을 보이기 위해 제어 파라미터 기반의 파라메트릭 스터디를 진행하였고, 미래 주행 상황을 트램이 주행하는 정거장 사이만 예측이 가능하다는 가정하에서 section별 ECMS 해석을 진행하여 추가적으로 규칙 기반 제어 방식과 성능비교를 하였다.