2020년도 한국철도학회 추계학술대회 논문집 KSR2020A058

철도차량 형식 별 수소연료전지 적용 방안 및 성능 연구

Feasibility and performance study in accordance with a type of hydrogen fuel-cell powered rolling stock

김명한*†, 이원상*, 엄경수*, 강광호*, 조연호*

Myong-Han Kim*†, Won-Sang Lee*, Kyong-Su Eom*, Kwang-Ho Kang*, Yon-Ho Cho*

초 록 전세계적으로 수소연료전지를 포함한 친환경 철도차량에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있으며 동차를 개조한 수소전기 전동차 및 수소전기 트램이 영업 운전을 시작하였다. 이외 영국, 독일, 오스트리아, 일본 등에서 수소 연료전지를 동력원으로 하는 전동차를 개발 중이며 대부분 2022년 까지 영업 운전을 목표로 하고 있다. 본 논문에서는 이러한 시장의 요구에 따라 수소연료전지를 적용한 트램, 전동차, 준고속, 기관차 등의 차량 형식 별 수소연료전지 적용을 위한 차량 구성, 수소연료전지 적용을 위한 관련 장치 및 차량 설계 방안과 주행가능 거리, 수소 소모량 등의 성능을 제시한다.

주요어 : 수소, 연료전지, 친환경, 무가선, 트램, 전동차, 기관차, 시뮬레이션

1. 서 론

현재 영업운전 중인 친환경 철도차량은 배터리와 수소연료전지를 동력원으로 사용하는 전동차가 있으며 배터리의 경우 장거리 운행 시 중량과 싸이즈가 증가하고 비용 또한 비례적으로 증가하게 되므로 수소전기 전동차가 개발되고 있다. 본 논문에서는 이러한 시장 요구를 고려하여 수소연료전지를 동력원으로 사용할 경우 트램, 전동차, 준고속, 기관차의 차량 형식 별 차량 구성과 성능을 제시한다.

2. 본 론

수소연료전지를 동력원으로 적용할 경우 BOP, 냉각장치, 수소탱크, 컨버터, 배터리 등의 부가적인 장치가 필요하여 기존 차량 대비 약 20~30%의 공간이 추가적으로 필요하며 중량 또한 증가하게 된다. 차량의 성능은 증가된 중량을 반영하고 연료전지와 배터리의 최대 파워와 견인 전동기의 정출력 영역(Constant power area)을 고려한 적절한 선정이 필요하다. 또한 연료전지, 배터리의 최적 용량 선정 및 전력 분배 제어가 되어야 하며 각 철도차량 형식에 대해 최적의 성능, 차량 구성, 수소 탱크 용량, 목표 주행거리 등의 검토가 필요하다. 본 논문에서는 연료전지의 경우 현대자동차의 95kW급을 기준으로 사양을 제안한다.

2.1 트램(노면전차)

트램의 경우 모든 장치가 지붕에 설치되어 연료전지 관련 장치를 취부하는데 어려움이 있으며, 축중 한계로 중량 밸런스와 대차의 수량 등을 종합적으로 고려해야 한다. 아래 그림은 구성 및 주요 사양을 보이고 있으며 최악 조건에서 주행거리는 약 150km로 예상된다.

† 교신저자: ㈜현대로템 기술연구소, 스마트시스템팀(hans@hyundai-rotem.co.kr)
* ㈜현대로템 기술연구소, 스마트시스템팀

Fig. 1 Tram configuration

Table 1 Specifications

Config.	Max.Spd	Fuel cell	Battery	H2 Tank
5Module	70km/h	95kWx4	130kWx2	21kgx2

2.2 전동차

수소전기 전동차는 모든 차를 동력차로 적용하여 연료전지 및 관련 장치를 상하에, 수소 탱크는 지붕에 설치하고 최악조건에서 300km 이상 주행 가능할 것으로 예상된다.

Fig. 2 Tram configuration

Table 2 Specifications

Config.	Max.Spd	Fuel cell	Battery	H2 Tank
Mc+Mc	100km/h	95kW x4	180kWx2	78kg x2

2.3 준고속 열차

고속열차의 경우 공력저항에 따른 요구 파워가 기하급수적으로 늘어나게 되며 준고속 열차의 경우 최대 속도 150km/h 에서도 요구 파워가 크기 때문에 동력 집중식을 적용하며 주행가능거는 300km 이상으로 예상된다. 회생에너지 저장을 위한 배터리는 공간과 중량을 고려하여 적절하게 조정이 가능하다.

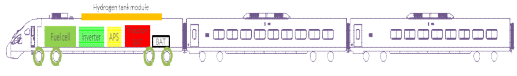

Fig. 3 Tram configuration

Table 3 Specifications

Config.	Max.Spd	Fuel cell	H2 Tank
PC+T+T	150km/h	760kWx2	78kg x2

2.4 기관차

기관차의 경우 디젤 전기기관차의 대체가 가능할 것으로 보이며 디젤 엔진을 대체하여 수소 연료전지 및 관련 장치를 적용하고 최고 속도 150km/h, 고 출력으로 장거리 운행이 필요하므로 차량의 성능은 기존 차량과 동일한 약 3,000kW를 적용한다. 회생에너지 저장을 위한 배터리는 공간 및 중량을 고려하여 적절하게 조정이 가능할 것으로 판단된다. 또한 수소 탱크는 별도의 차량에 적재하여 주행 가능 거리를 늘일 수 있으며 800km 이상 주행 가능할 것으로 판단된다.

2절의 모든 검토 조건은 최대 부하를 적용하고 연료전지 및 배터리의 수명(EOL, End of Life)을 고려하지는 않았다. 또한 검토 결과는 노선 및 시뮬레이션 조건에 따라 차이가 발생 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 장거리 주행이 가능한 친환경 철도차량에 대한 시장의 요구에 따른 수소연료전지를 적용한 철도차량의 형식 별 차량 구성, 용량, 주행 가능거리 등을 연구하였다. 차량 형식 별로 요구되는 특성과 프로파일이 상이하고 대용량 연료전지의 라인 업이 다양하지 않으므로 최적의 성능과 설계 최적화가 필요하다.

참고문헌

[1] Andreas Hoffrichter, Stuart Hillmansen, Clive Roberts " Conceptual propulsion system design for a hydrogen-powered regional train" Birmingham Centre for Railway Research and Education

[2] Arnold R. Miller a,*, John Peters b, Brian E. Smith b, Omourtag A. Velev c "Analysis of fuel cell hybrid locomotives" Journal of Power Sources 157 (2006) 855–861

[3] Pablo Garcia, Luis M. Fernandez, Carlos A. Garcia, and Francisco Jurado, Senior Member, "Energy Management System of Fuel Cell-Battery Hybrid Tramway" IEEE