

LSTM-EKF를 이용한 고분자 전해질 연료전지의 열화 예측

이 광 언^{*1)}·성 동 환¹⁾·양 현 준¹⁾·오 승 민¹⁾·차 석 원^{**1)}

서울대학교 기계공학부¹⁾

Degradation Prediction in polymer electrolyte membrane fuel cells using LSTM-EKF

Gwangeon Lee^{*1)} · Donghwan Sung¹⁾ · Hyunjun Yang¹⁾ · Seungmin Oh¹⁾ · Suk Won Cha^{**1)}

Seoul National University¹⁾

Key words : Long Short Term Memory(장단기 메모리), Extended Kalman Filter(확장 칼만 필터), Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell(고분자 전해질 연료전지), Degradation(열화), Model Calibration(모델 캘리브레이션)

* 발표자: 이광언, E-mail: rhkddjs115@snu.ac.kr

** 교신저자: 차석원, E-mail: swcha@snu.ac.kr

최근 급격한 기후 변화로 인한 지구 온난화 문제가 전세계적으로 큰 관심을 받고 있는데, 차량 업계에서도 온실 가스 배출을 줄이기 위해 여러 방안들을 모색하고 있다. 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)는 약 80℃의 낮은 구동 온도와 높은 에너지 효율로 인해 친환경적인 차량 에너지 동력원으로 주목을 받고 있다.

연료전지는 시간에 따라 열화가 진행되어 성능이 감소하는데, 모빌리티 사용에 초점을 맞춰 최대 전력 값이 특정 값보다 낮아지는 시점 또는 최초 전압에서 10% 감소한 전압에 도달하는 시점을 EOL(End of Life)로 정의할 수 있다. 열화가 일어나는 정확한 메커니즘은 알려지지 않았지만, 주요 원인으로는 촉매와 전해질 내부의 산소와 수소가 반응해 일어나는 화학적 열화, 전해질의 기계적 변형이 일어나 연료가 전해질을 뚫고 지나가 버리는 fuel crossover 현상 등이 있다. 열화가 진행됨에 따라 더 많은 요인과 메커니즘이 관여하게 되고 비선형적 형태의 열화율을 갖게 된다. 이에 따라 최근에는 인공 신경망 등의 데이터 기반 학습을 이용한 열화 예측 모델이 각광받고 있다.

본 연구에서는 확장 칼만 필터(EKF)와 장단기 메모리(LSTM)을 활용하여 연료전지 출력 전압 및 노화 매개변수를 예측하는 방법을 제시한다. 훈련 단계에서는 EKF를 사용하여 예측 매개변수를 얻고, 예측 단계에서는 LSTM과 EKF를 결합하여 열화를 예측한다. RMSE를 성능 지표로 삼아서 LSTM-EKF 예측 모델이 LSTM 단일 모델, DNN 모델, RVM 등 다른 방법보다 우수함을 검증한다. 이러한 열화 예측은 예측적 의사결정을 위한 보다 자세한 정보를 제공하고 연료전지 수명을 효과적으로 연장할 수 있다.