

철도차량 냉난방 소비전력 예측을 위한 모델링 및 시뮬레이션

Modeling and Simulation for Cooling and Heating Energy Prediction of EMU

김명한*[†], 백승호*, 엄경수*

Myong-Han Kim*[†], Seung-Ho Baek*, Kyong-Su Eom*

초 록 전동차에서 소비하는 에너지의 대부분은 추진제어장치에서 소모하고 있으며 나머지는 서비스 기기 및 차량 제어를 위한 장치에 의해 소비 된다. 이러한 보조 부하 중에서도 가장 큰 에너지를 소비하는 장치는 냉난방 장치로 최대 부하 조건에서 보조전원 소비 에너지의 대부분을 차지하게 된다. 추진제어장치의 소비 에너지는 모의주행 시뮬레이션을 통해 예측이 가능하지만 냉난방 장치의 경우 태양광, 온도, 습도 등의 환경적인 요인과 승객수, 도어 열림/닫힘 시간, 정차시간, 역간 거리, 지상/지하 노선 등의 운행 환경 그리고 단열재, 윈도우 사이즈 등의 차량 사양 등 다양한 요소의 영향을 받게 되므로 정확한 예측이 어렵다. 본 논문에서는 이러한 조건들을 멀티 도메인(multi-domain) 시스템 시뮬레이션 툴을 이용하여 각 구성 요소를 모델링하고 시뮬레이션하여 소비되는 에너지를 예측하였다.

주요어 : 소비전력, 에너지, 냉난방, HVAC, 모델링, 시뮬레이션

1. 서 론

전동차의 소비전력은 추진제어장치와 보조전원 장치에서 소비 하고 있으며, 보조전원 장치의 가장 큰 부하는 냉난방 부하로 이를 정확히 예측해야만 입찰 시 경쟁력 있는 에너지를 제안하고 에너지 소비를 최적화 할 수 있다. 하지만 냉난방 부하의 경우 주위 환경, 차량 운행 조건과 차량 및 냉난방장치 사양 등 다양한 요인에 의해 영향을 받으므로 예측이 어렵고 변동성이 크다. 따라서 본 연구에서는 운행 조건을 포함한 다양한 영향 요인들을 멀티 도메인 시뮬레이션 툴(Multi domain simulation tool)을 사용하여 상세 모델링하고 시뮬레이션 하였으며 예측한 소비전력은 차량 단위의 챔버 환경 시험 결과와 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 모델링

냉난방 소비전력 예측을 위한 주요 부하는 아래와 같다.

Table 1 Modeling items

No.	Load
1	Transfer heat load(Qw)
2	Solar heat gain factor(Qr)
3	Equipment heat load(Qf)
4	Passenger heat load(Qp)
5	Fresh air heat load(Qa)

위와 같은 부하의 모델링을 위해 차체, 윈도우, 도어, 주행 패턴, 주변 환경 및 목표 실내 온도 등의 각 항목에 대한 모델링 스케치 결과는 아래 Fig. 1과 같다.

[†] 교신저자: (주)현대로템 기술연구소, 스마트시스템팀 (hans@hyundai-rotem.co.kr)

* (주)현대로템 기술연구소, 스마트시스템팀

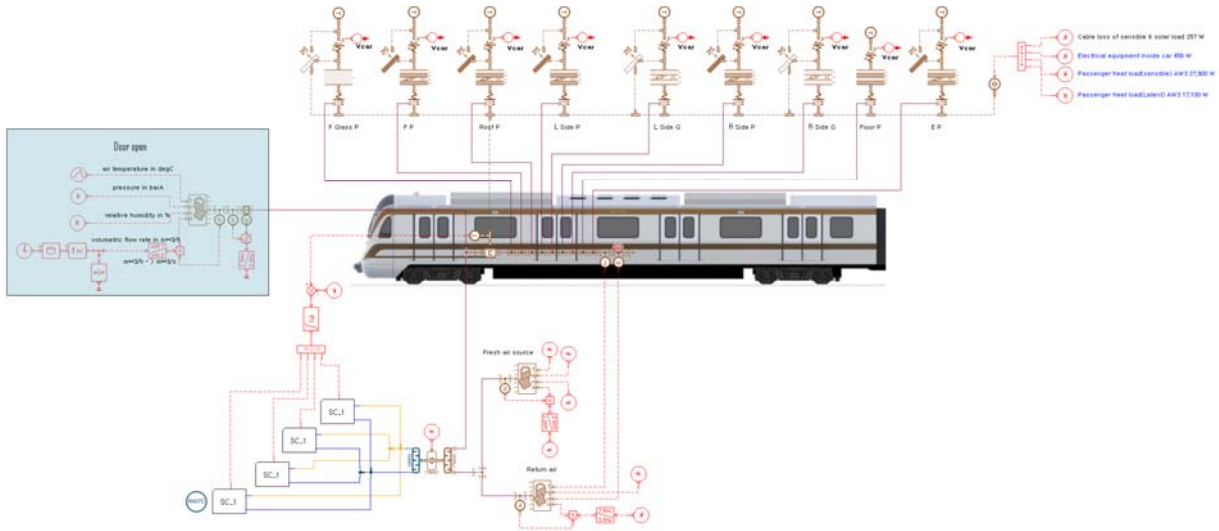


Fig. 1 Train modeling for heating and cooling

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 통해 실내 온도, 압력, 습도, 유속 등을 확인한 결과는 아래 Fig.2와 같이 목표 온도인 23℃를 유지하고 있는 것을 확인 할 수 있다.

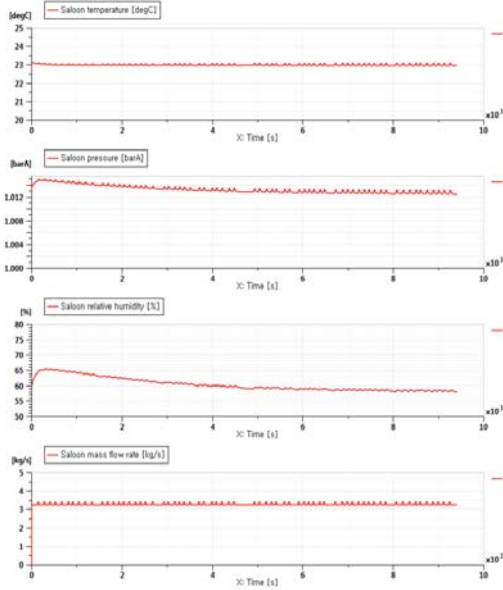


Fig. 2 Damage diagn locations.

소비전력의 경우 시험 결과 대비 약 110%로 예측 되어 유사한 수준을 보이고 있으나, 오차 개선을 위해서는 모델링과 시험에 적용된 부하 조건, 시험 조건의 추가 co-relation이 필요하다.

3. 결론

본 논문에서는 냉난방 소비전력 예측을 위해 다양한 조건을 모델링하고 시뮬레이션 하여 소비전력을 예측하였으며 결과를 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과는 시험 결과와 유사한 수준으로 오차는 추가 co-relation 및 다양한 시험 데이터 확보를 통해 정확성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 차량 성능 최적화 및 무가선 차량, 연료전지 차량의 에너지 소비와 주행 가능 거리 예측, 저장 장치 수명 등의 예측에 활용 가능하다.

참고문헌

- [1] Andrew Kusiak, Guanglin Xu, Zijun Zhang, "Minimization of energy consumption in HVAC systems with data-driven models and an interior-point method" Energy Conversion and Management, Sep. 2014
- [2] Michael A. Roscher, Wolfgang Leidholdt, Jens Trepte. "High efficiency energy management in BEV applications" International Journal of Electrical Power & Energy Systems, May 2012.
- [3] Nadège Vetterli; Prof. U.P. Menti; F. Sidler; E. Thaler; Prof. G. Zweifel, "ENERGY EFFICIENCY OF RAILWAY VEHICLES" CISBAT 2015, 955-960.