

수소전기버스의 에너지소비효율 측정을 위한 차대동력계 시험 적용 타당성 연구

김정철·박현창·안진한*

한국에너지공단 자동차연비센터

A Feasibility Study on the Application of Chassis Dynamometer Test for Energy Efficiency Measurement of Fuel Cell Electric Buses

Jung Chul Kim · Hyun Chang Park · Jin Han An*

Vehicle Energy Efficiency Center, Korea Energy Agency, 15 Sincheoksandan3-ro, Deoksan-eup, Jincheon-gun, Chungbuk 27850, Korea
(Received 9 May 2024 / Revised 7 June 2024 / Accepted 27 June 2024)

Abstract : To achieve energy savings in the transportation sector, the Korean government has been implementing various policies promoting the widespread adoption of eco-friendly vehicles. Fuel cell electric buses are recognized as an effective alternative due to their environmental friendliness and potential for alternative energy utilization. Currently, the energy efficiency of fuel cell electric buses is measured under real-road conditions. Outdoor measurements are influenced by weather factors, such as external temperature, wind direction, and wind speed, leading to low accuracy and challenges in achieving repeatability and reproducibility. This study aims to investigate the applicability of an indoor measurement method conducted on the chassis dynamometer to improve the current outdoor measurement method for assessing the energy consumption efficiency of fuel cell electric buses. The goal is to enhance the accuracy and reliability of the results. This research applied the temperature/pressure method to measure the energy efficiency of fuel cell electric buses. Twenty tests were conducted under different conditions, including variations in vehicle weight(i.e., curb weight, laden weight) and driving modes(i.e., KS R 1135 constant-speed driving, K-WHVC driving mode). The test results revealed that, among the tested conditions, the laden weight combined with the K-WHVC mode exhibited the highest validity for applying the indoor measurement method to assess the energy efficiency of fuel cell electric buses.

Key words : Fuel cell electric buses(수소전기버스), Energy efficiency(에너지효율), Chassis dynamometer(차대동력계), Fuel-cell(연료전지), K-WHVC(에너지효율 시험 주행모드), Pressure/temperature method(온도압력법), Correction factor(보정계수)

1. 서론

수송부문의 글로벌 온실가스 감축을 위해 전 세계 주요 각국들은 친환경차 보급 확대를 위한 정책과 함께 자동차 에너지소비효율 향상을 위한 기술개발 연구를 병행하고 있다. 특히, 2022년 러시아-우크라이나 간 전쟁의 여파로 인한 전 세계적 유가가 폭등한 후, 아직까지 유가 회복이 더딘 상황 속에서 온실가스 감축을 위한 자동차 에너지소비효율 향상은 더욱 중요한 요소로 작용되고 있다.

우리나라는 2023년 기준 자동차 등록대수가 2,595만

대를 돌파할 정도로 자동차 보급이 꾸준히 확대되고 있으며, 이에 따른 수송부문의 에너지소비는 지속적으로 증가하고 있다.¹⁾ 이러한 수송부문의 에너지소비를 절감하기 위해 정부는 다양한 친환경차 보급 정책을 시행하고 있으며, 그 중 수소전기차는 2018년(893대)부터 2023년(34,258대)까지 연평균 107%의 큰 증가 폭을 보인다.

수소전기차는 수소를 동력원으로 활용하여 연료전지를 통해 전기에너지를 생성하고, 전기모터를 이용하여 구동한다. 이러한 시스템은 유해 배출물이 전혀 없고, 더 높은 에너지 효율성을 제공하기 때문에 전기차 대비 긴

*Corresponding author, E-mail: jhahn@energy.or.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

주행거리와 짧은 충전시간을 갖는 장점이 있다. 이러한 이유로 수소전기버스는 친환경적이고 대체 에너지 활용이 가능한 대중교통 수단으로써 효과적인 대안으로 인정받고 있다.

현재 수소전기버스는 산업통상자원부 고시 「환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정」²⁾에 따라 일정 수준의 에너지소비효율을 충족할 경우, 환경친화적 자동차로 분류되어 소비자가 해당 차량을 구매 시 세제감면 혜택을 받을 수 있다.

환경친화적 자동차로 분류되기 위한 수소전기버스 에너지소비효율 측정에는 KS R 1135에 따라 실제로도 주행 시험장(Out-door)에서 72.96 km/h의 속도로 약 20 km를 정속주행하여 측정하고 있다. 하지만, 실외 측정은 외부 온도, 풍향, 풍속 등의 날씨 영향으로 측정결과의 정확도가 낮으며, 반복성과 재현성이 확보되지 않는 문제가 있어 해당 측정방법에 대한 개선이 필요한 상황이다.

일반 전기버스의 경우도 기존의 실외 측정방법을 실내 측정방법으로 변경하는 타당성 연구를 수행하였고,³⁾ 이를 2022년 7월부터 산업통상자원부 고시 「환경친화적 자동차의 요건 등에 관한 규정」에 반영하여 일반 전기버스의 에너지소비효율 측정결과에 대한 신뢰도를 확보하였다.

정영우 등⁴⁾은 수소전기차의 에너지소비효율 측정방법 중 시험 전/후의 탱크 무게를 측정하여 수소소모량을 산출하는 중량법과 시험 전/후의 탱크 내부 온도 및 압력을 측정하여 이상기체방정식을 통해 수소소모량을 산출하는 온도/압력법(PT법) 결과를 서로 비교 분석하였다. 중량법이 온도/압력법 대비 측정 정확도는 높으나, 시험장비 설치 등을 위한 고가의 설비 필요, 번거로운 절차 등의 문제점이 있어 온도/압력법의 정확도 확보 방안이 필요하다고 하였다.

Ahmadi 등⁵⁾과 Teng 등⁶⁾은 수소전기차의 에너지 관리 최적화를 위한 에너지 관리 전략(EMS)를 제시하여 하이브리드 동력구조로 구성된(①연료전지→배터리→모터, ②연료전지→모터) 수소전기차의 에너지효율 개선 개발을 위한 기초 연구를 하였다. 이와 같이 수소전기차의 에너지효율 관점에서 많은 연구자들이 에너지효율 측정과 개선을 위한 폭넓은 연구를 진행하고 있다.

본 연구 목적은 현재의 수소전기버스 에너지소비효율 실외 측정방법 개선을 위해 차대동력계 상에서 실시하는 실내 측정방법에 대한 적용 타당성을 연구하여, 수소전기버스 에너지소비효율 측정 결과의 정확도를 높이고 신뢰도를 제고하기 위함이다.

본 연구에서는 수소전기버스 에너지소비효율 측정방법 중 온도/압력법을 적용하였고, 시험차량의 중량별(공

차중량, 반적중량), 시험 주행모드별(KS R 1135 정속주행, K-WHVC 주행모드) 조건으로 총 20회의 시험을 하였다. 이를 통해 보다 정확한 수소전기버스 에너지소비효율 실내 측정방법을 적용하여 향후 수소전기버스의 차량 성능 개선과 보급 확대에 기여할 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험차량

본 연구에서는 국내 시판 중인 총 승차인원 47인승 대형승합 규격의 시내주행용 수소전기버스로 시험하였으며, 상세 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Vehicle specifications

Length × Width × Height	10,995 × 2,490 × 3,400 (mm)
Wheel Base	5,400 mm
Curb weight(Front/Rear)	12,640 kg(4,635 kg/8,005 kg)
Half weight(Front/Rear)	14,040 kg(5,148 kg/8,892 kg)
Motor power(Max.)	180 kW
Battery capacity	78.4 kW
Fuel cell capacity	180 kW
Hydrogen tank capacity	875 L
Tire size	275/70 R22.5

2.2 시험장비

본 시험은 항온항습이 가능한 중대형 상용차 전용 시험실의 상온 20~30 °C에서 실시하였으며, 시험차량의 실제도로 주행저항(Road Load) 재현, 주행거리 측정 등을 위해 중대형 상용차 전용인 72인치 차대동력계 장비를 활용하였다. 차대동력계는 환경부 고시에 의한 형식승인 및 정도검사 기준을 만족하도록 하였고, 상세 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Specifications of chassis dynamometer

Type	72 inch single Roll
Inertia	3,500 ~ 40,000 kg
Maximum axis allowable load	20,000 kg
Rated power	450 kW
Maximum speed	160 km/h

수소전기버스의 에너지소비효율 산출을 위해 수소탱크 내부의 온도와 압력을 측정하였다. 수소탱크 온도는 구조상, 안전상 계측의 어려움으로 인해 수소전기버스 차량 내 OBD-II 규격의 CAN 테이터에서 제공하는 온도값을 활용하였다. 수소탱크 압력은 압력센서와 멀티미



Fig. 1 Installation of pressure sensor for hydrogen tank pressure measurement

터를 활용하여 측정하였으며, 모두 검교정을 완료한 장비를 활용하였다. 압력센서는 수소탱크에서 연료전지로 흐르는 압력 라인을 T자로 분기하여 압력값을 측정하였으며, Fig. 1과 같다.

2.3 시험조건

본 연구에서는 수소전기버스 에너지소비효율 측정을 위한 시험조건을 크게 시험차량 중량, 시험모드, 시험횟수 총 3가지로 구성하여 총 20회 측정하였다.

첫 번째로 시험차량의 중량조건은 공차중량과 반적중량((차량총중량+공차중량)/2)으로 하였다. 일반 전기버스의 경우, 실외측정에서 실내측정으로 개선된 후부터 반적중량 조건에서 측정하고 있기 때문에 기본적인 공차중량과 반적중량을 추가 조건으로 설정하였다.

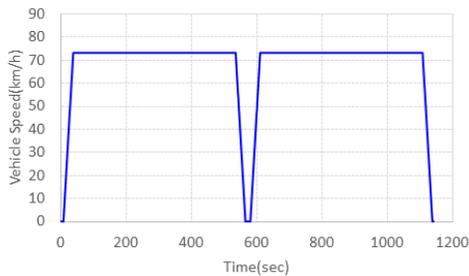


Fig. 2 Fuel cell electric bus test mode(constant velocity)

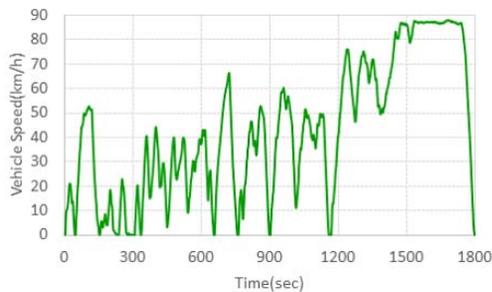


Fig. 3 Fuel cell electric bus test mode(K-WHVC)

두 번째로 시험모드는 기존의 실외측정에 적용하고 있는 KS R 1135에 따른 정속주행 시험방법(Constant velocity)과 중대형 상용차의 연비를 산정하는 HES (Heavy-duty vehicle Emission Simulator)에 적용 중인 K-WHVC(Korea-World Harmonized Vehicle Cycle) 시험방법으로 하였다. KS R 1135에 따른 정속주행 시험방법은 72.96 km/h의 속도로 10 km 주행 후 15초 간 정차하고 다시 가속하여 72.96 km/h의 속도로 10 km를 주행하여 총 20 km를 주행하는 시험방법이다. K-WHVC 시험방법은 도심, 국도, 고속도로 구간에 대한 가감속 구간을 반영하여 총 20.7 km를 주행하는 시험방법으로써 정속주행 시험방법보다 주행패턴이 더욱 복잡한 구조로 되어 있다. 각 시험모드는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

세 번째로 시험횟수는 「자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시」 [별표5] 수소연료전지자동차의 에너지소비효율 및 연료소비율 측정방법에 따라 보정계수 적용을 위해 5회씩 측정하였다(보정시험 4회, 본 시험 1회).

2.4 시험방법

2.4.1 주행저항 측정

차대동력계에서 수소전기버스의 에너지소비효율 측정을 위한 실제도로 주행저항값(RL : Road Load)을 측정하였다. 주행저항 측정방법은 SAE J2263에 따라 탑재식 기상정보 방식의 장비를 활용하였고, 시험차량의 공차중량과 반적중량 조건에서 주행저항값을 측정하였다. 측정장비 모습은 Fig. 4와 같다.



Fig. 4 RL(Road load) measuring equipment of fuel cell electric bus

2.4.2 에너지소비효율 측정방법

수소전기버스 에너지소비효율을 측정하는 방법은 중량법, 유량법, 온도/압력법으로 3가지 방법이 있다.

첫 번째로 중량법은 시험 전/후의 수소탱크 중량을 측정 비교하는 방식으로써, 정확도가 가장 높지만 수소탱크 중량을 측정하기 위한 방폭설비와 고가의 설비가 필

요하다는 단점이 있다.

두 번째로 유량법은 시험 중 수소탱크와 연료전지 사이의 유량을 측정하여 적산하는 방식으로써, 다른 방법 보다는 유량계 설치가 간편해 보이지만, 일반적인 유량계 특성 상 유량계 전/후단 부분에 일정 정도의 직선 거리가 확보되어야 유량계의 정확도를 확보할 수 있다. 하지만, 구조적으로 복잡하고 공간이 협소한 수소공급 시스템 내에 유량계의 설치는 용이하지 않기 때문에 유량계 설치의 애로사항에 따른 정확도 확보가 어렵다는 단점이 있다.

마지막으로 온도/압력법은 시험 전/후의 탱크 내부 온도와 압력을 측정 비교하는 방식으로써, 중량법과 유량법 사이의 중간 수준 정확도 확보가 가능하며, 설치가 간편하고, 계측장비 설치에 공간적 제약이 가장 적은 방법이기 때문에 가장 사용이 용이하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 상기 3가지의 수소전기버스 에너지소비효율 측정방법 중 장단점과 적용 가능성을 고려한 온도/압력법을 활용하여 측정하였다.

2.4.3 에너지소비효율 산출방법

온도/압력법을 활용하기 위해 수소 물질량, 수소탱크 용적, 시험 전/후의 수소탱크용기 온도 및 압력, 압축인자 값 등을 사용하였고, 산출식은 식 (1)과 같다.

$$W = m \times \frac{V}{R} \times \left(\frac{P_1}{Z_1 \times T_1} - \frac{P_2}{Z_2 \times T_2} \right) \quad (1)$$

- W = Consumption of hydrogen fuel(kg)
- m = Molar mass of hydrogen(2.01588×10^{-3} kg/mol)
- V = Volume of hydrogen tank(L)
- R = Gas constant(0.008314472 Mpa L/molK)
- P₁ = Hydrogen tank pressure(Before test, Mpa)
- P₂ = Hydrogen tank pressure(After test, Mpa)
- T₁ = Hydrogen tank temperature(Before test, K)
- T₂ = Hydrogen tank temperature(After test, K)
- Z₁ = Hydrogen gas compressibility factor(Before test)
- Z₂ = Hydrogen gas compressibility factor(After test)

2.4.4 수소탱크 온도/압력 안정화

수소전기버스 에너지소비효율 측정 전, 시험차량 예열을 위해 측정하는 시험모드를 1회 예비주행하고, 예비주행 종료 30분 후 시험을 시작하였다. 각 시험 시작 전, 시험차량의 시동을 켜고 1분간 수소탱크 내부의 온도 및 압력 안정화를 하였고, 시험 시작과 동시에 수소탱크 내부 온도(T₁) 및 압력값(P₁)을 계측하였다.

각 시험모드 종료 후에는 수소탱크 내부의 온도 및 압력 안정화를 위해 30분간 유지한 후, 수소탱크 내부 온도(T₂) 및 압력값(P₂)을 계측하였다. 이상기체 방정식을 사용하여 수소소모량을 산정하였기 때문에, 수소탱크 내부 온도와 압력을 계측하기 위한 수소탱크 내부 안정화 시간을 충분히 반영하였다. 해당 절차를 도식화하면 Fig. 5와 같다.

2.4.5 보정계수 및 보정연비

수소전기버스의 구동 원리는 하이브리드(수소에너지+전기에너지)방식으로, 고전압배터리가 충전되어 있을 경우, 전기에너지 생산을 위한 수소탱크 내 수소가 소모되지 않으므로 실제 수소 소모량 산정을 위한 보정계수를 적용하였다. 보정계수를 산출하는 방법은 아래와 같은 순서로 진행하였다.

① 보정계수 산출시험(보정시험) 4회 측정 → ② 4회 수행한 보정시험의 전/후 전류수지(A-h)와 연비(km/kg) 상관식 산출 → ③ 산출 상관식 (y=ax+b)의 기울기 a값을 보정계수로 적용 → ④ 측정연비 계산을 위한 본 시험 1회 측정 → ⑤ ④항 측정연비에 보정계수 및 전류수지를 적용하여 최종 보정연비를 산출하며, 산출식은 식 (2)와 같다.

$$F_{CORR} = F_{MEAS} - a \times Ah_{MB} \quad (2)$$

- F_{CORR} = Corrected Energy Efficiency(km/kg)
- F_{MEAS} = Measured Energy Efficiency(km/kg)
- a = Regression slope
- Ah_{MB} = Current balance(Ah)

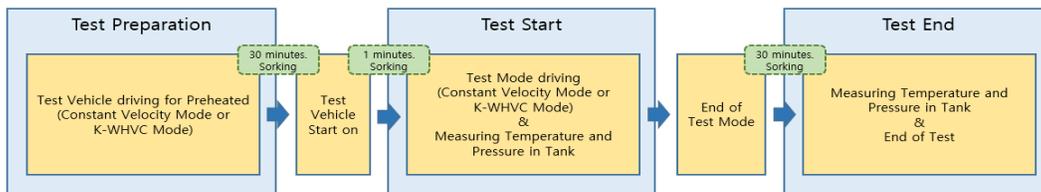


Fig. 5 Stabilization of hydrogen tank temperature and pressure

3. 결과 및 고찰

3.1 조건별 측정 결과

수소전기버스 에너지소비효율 실내 측정방법의 적용 타당성을 분석하기 위해 시험 조건별로 5회씩 측정한 종합적인 결과는 Table 3과 같다.

시험차량의 2가지 중량조건(공차중량, 반적중량), 2가지 시험모드 조건(정속주행 모드, K-WHVC 모드) 및 보정계수 적용을 위한 조건별 5회씩 측정으로 총 20회 측정하였다. 측정 결과를 통해 측정연비 분석, 고전압배터리-구동모터 간 전류수지량 분석, 실내측정 연비값과 실외측정 연비값의 비교 분석을 하였다.

3.2 측정연비 분석

수소전기버스 에너지소비효율 측정 후, 보정계수를 적용한 보정연비 산출을 위해 조건별로 5회(보정시험 4회, 본 시험 1회)씩 측정하였다. 조건별로 5회씩 측정한 결과, K-WHVC 모드 조건에서 측정연비의 표준편차는 공차중량 시 0.118, 반적중량 시 0.214로 가장 작게 측정되었다. 이는 정속주행 모드 대비 K-WHVC 모드가 가감속 구간이 더 많기 때문에 수소전기버스에 탑재된 고전압배터리의 충방전 빈도수가 많게 되었고, 고전압배터리 충방전이 “0”에 가깝게 수렴하여 5회 측정연비 간의 편차가 작은 것으로 판단된다.

3.3 전류수지 분석

시험조건별 5회 측정 시, 고전압배터리와 구동모터 사이의 전류수지량에 대하여 분석하였다. 전류수지량은 “0”에 가까울수록 시험차량이 주행모드를 주행하면서 기존 고전압배터리에 저장된 전기를 사용하는 것이 아니라, 수소탱크 내 수소의 비중을 더욱 높게 사용하였다는 것을 의미한다. 수소전기버스 에너지소비효율 측정은 실질적인 수소소모량만을 산출하고 주행거리를 반영하여 km/kg의 단위로 산정하는 방법이기 때문에 전류수지량을 분석하는 것은 매우 중요하며, 이는 5회 측정 후, 보정계수를 적용하는 부분과도 상호 연관되는 부분이다.

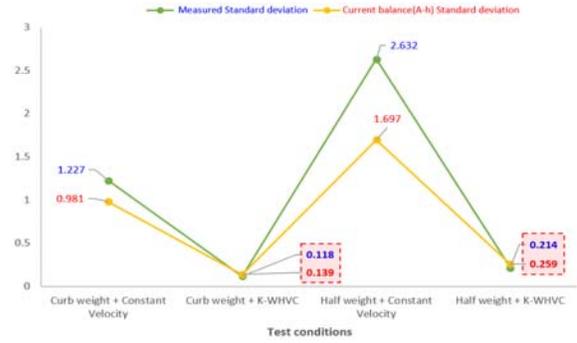


Fig. 6 Current balance & measured energy efficiency by test conditions

시험조건별 전류수지량의 평균 및 표준편차 결과, K-WHVC 모드 조건에서 공차중량 시 평균 -1.666, 표준편차 0.139로 측정되었고, 반적중량 시 평균 -0.538, 표준편차 0.259로 가장 작게 측정되었다. 이 결과를 통해 전류수지량이 측정연비의 분석 결과와 유사한 경향을 보이며, 전류수지량이 5회 측정 결과 간 편차에 영향 인자임을 알 수 있다. 시험조건별 전류수지량 및 측정연비의 표준편차 경향을 나타내는 그래프는 Fig. 6과 같다.

3.4 실내측정 vs 실외측정 연비 분석

본 연구에서 시험하는 실내측정 연비값과 비교하기 위한 실외측정 연비값은 실제도로에서 KS R 1135에 따라 정속주행 모드로 측정한 결과값인 21.9 km/kg을 적용하였다. 실외측정 연비값은 Proving ground(주행시험장)에서 외부온도 8.7 °C, 풍속 약 4 m/s, 시험중량 13,166 kg (전축 4,816 kg/후축 8,350 kg, 운전자 및 시험장비 포함), KS R 1133 4.4.2 도로시험 장소조건을 만족하는 조건에서 1회 측정한 결과이다.

시험조건별 5회씩 측정한 후, 산출한 보정연비값과 실외에서 측정한 연비값을 비교한 결과, 반적+K-WHVC 모드 조건에서 연비차이가 -0.032 km/kg, -0.147 %로 가장 편차가 작게 나타났다. 현재, 전기버스의 경우에도 실내 측정방법 적용 시, 반적중량 조건으로 측정하는 것을

Table 3 Result of measurement by test conditions

Items	Energy efficiency (km/kg)					Current balance (A-h)	
	Measured		vs Outdoor measured			Average	Standard deviation
	Average	Standard deviation	Corrected	km/kg	%		
Curb weight + Constant velocity	24.090	1.227	21.121	-0.779	-3.557	2.413	0.981
Curb weight + K-WHVC	20.562	0.118	21.498	-0.402	-1.837	-1.666	0.139
Half weight + Constant velocity	26.869	2.632	19.141	-2.759	-12.600	4.961	1.697
Half weight + K-WHVC	20.641	0.214	21.868	-0.032	-0.147	-0.538	0.259

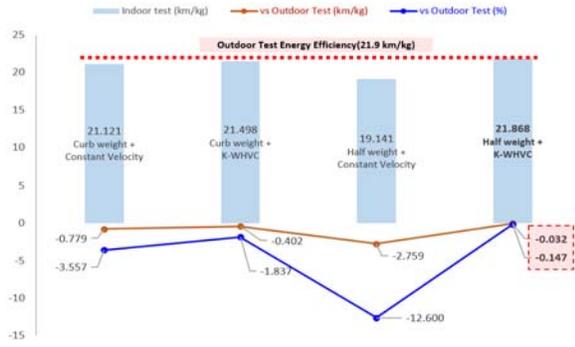


Fig. 7 Result of indoor test vs outdoor test

감안하였을 때, 반적중량으로 측정하는 것이 타당하다는 것을 다시 한 번 확인할 수 있는 결과로 판단된다. 실내측정 연비값과 실외측정 연비값에 대한 비교 그래프는 Fig. 7과 같다.

3.5 실내 측정방법 적용 타당성 분석

시험중량, 시험모드, 시험횟수에 따른 조건별 수소전기버스 에너지소비효율 측정 결과, 5회씩 측정한 연비 간의 편차 및 전류수지량이 가장 작고, 또한 실외측정 연비값과의 차이가 가장 작은 반적+K-WHVC 모드 조건이 실내 측정방법 적용에 가장 타당성이 높은 것으로 판단된다.

본 연구는 국내 보급되어 있는 수소전기버스의 매우 한정적이고 물리적인 제한으로 인해 시험차량 1대로 측정된 연구 결과이다. 하지만, 본 연구를 통해 보다 정확한 수소전기버스 에너지소비효율 실내 측정방법을 적용하여 향후 수소전기버스의 차량 성능 개선과 보급 확대에 기여할 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구는 현재의 수소전기버스 에너지소비효율 실외 측정방법 개선을 위해 차대동력계 상에서 실시하는 실내 측정방법에 대한 적용 타당성을 연구하였다. 수소전기버스 에너지소비효율 측정방법 중 온도/압력법을 적용하였고, 시험차량의 중량별(공차중량, 반적중량), 시험 주행모드별(KS R 1135 정속주행, K-WHVC 주행모드) 조건으로 총 20회의 시험을 하였다. 그 결과는 아래와 같이 요약할 수 있다.

- 1) 수소전기버스 에너지소비효율을 조건별로 5회씩 측정한 측정연비 분석 결과, K-WHVC 모드 조건에서 측정연비의 표준편차는 공차중량 시 0.118, 반적중량 시 0.214로 가장 작게 측정되었다. 이는 정속주행 모드 대비 K-WHVC 모드가 가감속 구간이 더 많기 때

문에 수소전기버스에 탑재된 고전압배터리의 충방전 빈도수가 많게 되었고, 고전압배터리 충방전이 “0”에 가깝게 수렴하여 5회 측정연비 간의 편차가 작은 것으로 판단된다.

- 2) 시험조건별 5회 측정 시, 고전압배터리와 구동모터 사이의 전류수지량에 대하여 평균 및 표준편차를 분석한 결과, K-WHVC 모드 조건에서 공차중량 시 평균 -1.666, 표준편차 0.139로 측정되었고, 반적중량 시 평균 -0.538, 표준편차 0.259로 가장 작게 측정되었다. 이 결과를 통해 전류수지량이 측정연비의 분석 결과와 유사한 경향을 보이며, 전류수지량이 5회 측정 결과 간 편차에 영향 인자임을 알 수 있다.
- 3) 시험조건별 5회씩 측정한 후, 산출한 실내측정 보정 연비값과 실외측정 연비값을 비교한 결과, 반적+K-WHVC 모드 조건에서 연비차이가 -0.032 km/kg, -0.147%로 가장 편차가 작게 나타났다. 현재, 전기버스의 경우에도 실내 측정방법 적용 시, 반적중량 조건으로 측정하는 것을 감안하였을 때, 반적중량으로 측정하는 것이 타당하다는 것을 다시 한 번 확인할 수 있는 결과로 판단된다.
- 4) 조건별 수소전기버스 에너지소비효율 측정 결과, 5회씩 측정한 연비 간의 편차 및 전류수지량이 가장 작고, 또한 실외측정 연비값과의 차이가 가장 작은 반적+K-WHVC 모드 조건이 실내 측정방법 적용에 가장 타당성이 높은 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(20223030030010)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- 1) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Total Registered Vehicles, 2023.
- 2) Ministry of Trade, Industry and Energy Notice 2023-238, Regulations on Requirements for Environmentally Friendly Vehicles, 2023.
- 3) J. H. Jung and K. W. Rho, “A Feasibility Study on the Application of Chassis Dynamometer Test for Energy Efficiency Measurement of Electric Buses,” KSAE Spring Conference Proceedings, pp.743-748, 2021.
- 4) Y. W. Jung, J. K. Park, C. H. Ye, J. J. Park and H. S. Oh, “Development of Fuel Economy Measurement Technology for Fuel Cell Electric Vehicle,” Korean Society for New and Renewable Energy(KSNRE) Spring Conference Proceedings, pp.152-155, 2007.

- 5) S. Ahmadi, S. M. T. Bathaee and A. H. Hosseinpour, "Improving Fuel Economy and Performance of a Fuel-Cell Hybrid Electric Vehicle(Fuel-Cell, Battery, and Ultra-Capacitor) Using Optimized Energy Management Strategy," Energy Conversion and Management, Vol.160, pp.74-84, 2018.
- 6) T. Teng, X. Zhang, H. Dong and Q. Xue, "A Comprehensive Review of Energy Management Optimization Strategies for Fuel Cell Passenger Vehicle," International Journal of Hydrogen Energy, Vol.45, No.39, pp.20293-20303, 2020.